



Le cheveu, c'est comme une éponge



Peut-il absorber les hydrocarbures? Combien de temps?

Réalisé par les élèves de la section Coiffure du Lycée professionnel Isnelle AMELIN :

Oriane Sellon; Liana Sevou; Léa Techer ; Eléandra Tiouira-Mablouke (vidéo-montage)

Laurianne Valgresy ; Mila Rouget ; Morane Romelie (vidéo); Lorena Maillot ; Anne-lyla Vilpont ; Elsa Zilmia;



Présentation



Morane

Oriane

Laurianne

Mila

Liana

Léa



*Pr. Anne Bialecki, Directrice du laboratoire de chimie et biotechnologie
Université de La Réunion*

Sommaire



Introduction - Problématique

4

Partie 1: L'environnement

- a) La Réunion
- b) Le port de plaisance et ses risques
- c) La Réunion, grande route maritime
- d) Qu'est-ce-que l'on peut faire?

5

6

7

8

Partie 2: Le cheveu

- a) Ce qui a déjà été fait
- b) Le cheveu et les cellules cuticulaires
- c) Le cheveu et les cellules corticales
- d) Le cheveu, un assemblage de chaînes polypeptidiques
- e) Le cheveu, un assemblage moléculaire intra-caténaire
- f) Le cheveu, un assemblage inter-caténaire

9

10

11

12

13

14

Partie 3: Expérimentations

- a) Introduction et mise en œuvre
- b) Calcul de la masse volumique
- c) Calcul par diffraction
- d) Extraction des hydrocarbures
- e) Analyse des extraits par spectrométrie de masse

15

16

17

20

22

Conclusion

23

Annexe

24

Remerciements

25





Introduction

La pollution de l'eau à travers le monde représente aujourd'hui un problème de santé publique majeur. Selon l'OMS, chaque année 3.4 millions de personnes décèdent des suites de la pollution de l'eau. Nous souhaitons réagir aux conséquences possibles concernant la pollution de l'eau de mer liée aux hydrocarbures, à La Réunion. Nous fournissons de manière tout à fait naturelle et durable, une matière étonnamment spectaculaire par sa composition physique et chimique que l'on nomme le **cheveu**. A base de kératine, c'est une protéine fibreuse poreuse capable d'absorber et de décontaminer l'eau dans notre environnement. L'intérêt de notre travail est de valider de manière scientifique ce matériau si fragile en apparence, capable de traiter l'eau salée, dans un environnement marin par un procédé d'absorption.

Nous voulons au travers de sa délicate structure, nous rendre compte de sa forte capacité d'absorption, sa très grande capacité de stockage, sa grande sélectivité, un faible coût de production et de fonctionnement. Plusieurs expériences ont été réalisées lors de marées noires, pour freiner et répondre au plus vite à l'entrée de nappes de pétrole sur les côtes. Le dernier naufrage proche de notre île questionne sur les moyens qui pourraient être déployés pour répondre efficacement à une marée noire.

Problématique

Nous allons aborder un problème dont l'intérêt est lié à la protection de notre environnement maritime dans l'océan Indien. Notre problématique répond à l'objectif 14 du développement durable adopté aux Nations Unies, c'est-à-dire « prévenir et réduire nettement la pollution marine de tous types, en particulier celle résultant des activités terrestres, y compris les déchets en mer et la pollution par les nutriments » et répondre à la question suivante:

Si le cheveu est comme une éponge, alors peut-il absorber les hydrocarbures et pendant combien de temps avant qu'il ne soit saturé?

Cette innovation nous permet d'une part de réfléchir sur l'utilité de boudins de cheveux pour absorber les hydrocarbures lors d'une marée noire et d'autre part de réfléchir sur la structure d'un cheveu et de ses capacités à absorber des liquides.



La Réunion



Situé à 9386 km de Paris, La Réunion est un département Français. C'est une île située dans l'ouest de l'océan Indien, dans l'hémisphère sud. Située à 172 km de l'île Maurice et à 679 km de Madagascar. La Réunion bénéficie d'un climat tropical d'alizé maritime et est située sur la route des cyclones.

L'agriculture occupe 44 000 hectares de surface agricole. La Réunion produit du sucre, mais aussi de la vanille. La pêche réunionnaise est importante pour la production vivrière et la culture gastronomique.

Les revenus du tourisme est la première ressource économique, devant la production et la transformation de la canne à sucre.

Le tourisme reste le plus important avec une part de 82,7%, ce qui représente 15 500 emplois directs. Le secteur tertiaire, notamment commercial, est de loin le plus développé.

Ce département Français possède une faune et une flore variées maritimes et terrestres. Malgré la faible surface des récifs coralliens, la biodiversité marine est comparable aux autres îles du secteur.

La Réunion est l'un des endroits au monde les plus extraordinaires pour observer des baleines et des dauphins dans leur milieu naturel. Plusieurs espèces de tortues marines vivent et se reproduisent sur nos côtes.

Parmi les écosystèmes côtiers, les récifs coralliens comptent parmi les plus riches en matière de biodiversité, mais ils sont aussi les plus fragiles.

Le caractère insulaire de La Réunion la rend vulnérable au dérèglement climatique et au risque majeur de pollution maritime.



Le port de plaisance

Situé à l'extrémité de l'aéroport Roland Garros, le port de Sainte Marie abrite environ 180 bateaux. Les bateaux ancrés dans le port de plaisance représentent une pollution potentielle en hydrocarbures mais également, des déchets plastiques, des barques abandonnées au fond du port, ou des ancres rompus. Les entretiens des moteurs des bateaux sont directement réalisés sur les quais.

Il est un lieu de promenade privilégié et d'observation du décollage des avions. Il se situe sur le parcours du sentier littoral Nord.

Les autorités maritimes et militaires considèrent qu'un mètre cube de fuel mélangé à l'eau de mer s'étale sur une surface correspondant à un stade de football.



Et si les cheveux pouvaient absorber les hydrocarbures dans le port de sainte Marie?

Situé à 2 km du lycée, il est accessible facilement et il est possible de réaliser nos expérimentations. Les périodes de formation en entreprise dans les salons de coiffure permettront de récupérer des cheveux coupés pour réaliser nos expériences. Dans le port de sainte Marie, des nappes d'hydrocarbures flottent à la surface de l'eau. Nous pourrions aller à la « pêche au gras » que nous ramènerons au lycée et au laboratoire.



Le navire anti-pollution VASILEIOS basé à l'île Maurice, est doté de moyens de lutte anti-pollution. Il est équipé d'infrastructure pour contenir les déversements de pétrole sur la surface de l'eau et d'un dispositif pour éteindre les incendies sur les navires tant en mer que sur le littoral.

La Réunion, grande route maritime

« Les activités maritimes dans l’océan Indien, et les risques possibles (avarie, échouement, naufrage, pollution) induisent des menaces sur les États côtiers, avec des conséquences potentielles sur la vie humaine, sur l’environnement (lagons, réserves marines, parcs marins) et sur les biens » précise notamment le plan ORSEC maritime.

La Réunion se trouve sur une des grandes routes maritimes de l’Océan Indien, qui relie l’Océan Atlantique par l’Afrique du Sud à l’Asie.

11% des navires en transit aux abords de La Réunion durant l’année 2018 transportaient exclusivement des matières dangereuses (produits pétroliers, produits chimiques, gaz liquéfié etc.), soit 130 millions de tonnes de marchandises dangereuses et/ ou polluantes déclarées au CROSS cette année-là.



Naufrage du Wakashio, île Maurice 2020



Naufrage à La Réunion du Tresta Star (4 février 2022)

Les marchandises dangereuses réceptionnées à La Réunion (principalement des hydrocarbures) sont stockées au port industriel sur la commune du Port et au niveau de l’aéroport Roland Garros à Sainte Marie où la préfecture estime que

« **le risque d’une pollution vers la mer est réel** » comme indiqué dans le plan ORSEC maritime.



Qu'est-ce-qu'on peut faire?

Les dispositifs spécifiques POLMAR définissent l'organisation française de lutte contre les pollutions accidentelles marines (par hydrocarbures ou autres produits chimiques). Ils sont définis dans l'instruction du 4 mars 2002 relative à la lutte contre la pollution du milieu marin.

L'ensemble des activités maritimes représentent 26% de la pollution marine par hydrocarbures. Comme les autres types de pollution marine, celle générée par hydrocarbures est donc, avant tout, une pollution d'origine terrestre.

Nous retiendrons que nous avons un navire anti-pollution, le VASILEIOS basé à l'île Maurice. Si une catastrophe devait arriver sur notre île, 200 km nous séparent. Le temps estimé de la traversée est de 11h30 lorsque les conditions météorologiques le permettent.

SYNTHESE



Des solutions d'urgence peuvent être faites en attendant les secours. Notre formation en coiffure nous invite à réfléchir aux moyens rapides à mettre en place pour contenir une marée noire dans l'attente des secours et ainsi, prévenir d'une catastrophe écologique majeure qui plane au-dessus de notre tête. Mais nous devons auparavant vérifier si les cheveux absorbent bien les hydrocarbures et pendant combien de temps.

Partie 2: Le cheveu

Ce qui a déjà été fait

L'idée, qui peut sembler farfelue, a été lancée par l'association Matteroftrust. Ses membres demandent aux coiffeurs de San Francisco, New York ou Chicago de garder tous les cheveux qu'ils coupent et de les donner à des volontaires qui ensuite, les fourrent dans des bas nylons. L'objectif est de créer des barrages qui absorbent le pétrole.

Un projet très utile quand on sait qu'en France, ce sont entre 3 000 et 4 000 tonnes de cheveux qui sont ramassés chaque année dans les salons de coiffure. Les cheveux représentent 50 % de déchets. Or, ils pourraient avoir une seconde vie et participer à la dépollution des eaux par exemple. Plusieurs entreprises, associations, se sont lancés dans cette aventure pour récupérer et créer des boudins de cheveux anti-pollution maritime. Il semble que pour 1kg de cheveux coupés, 8 litres d'hydrocarbures sont absorbés.

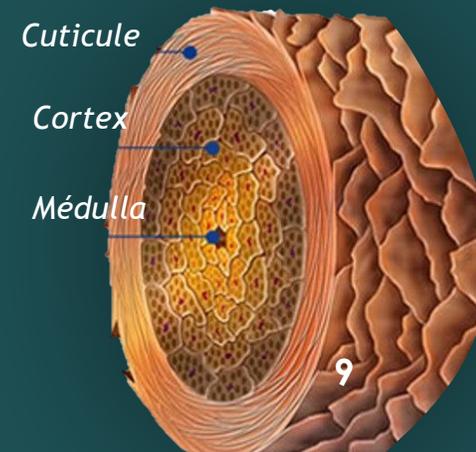
Le cheveu peut constituer un filtre dépolluant et servir à absorber les hydrocarbures en mer. Autre avantage : lavable, il est réutilisable ! Et contrairement à ce que l'on pourrait penser, le cheveu est un matériau solide, il ne s'écrase pas!

Il pourrait renforcer certains matériels en plastique ou en béton. Par ailleurs, il s'agit d'un bon isolant thermique, phonique et il est un excellent engrais naturel et un bon répulsif sur certains animaux.

Une étude publiée dans le Journal of Environmental Management conclut que les barrages contenant des cheveux humains étaient plus efficaces pour absorber le pétrole brut que ceux contenant des sous-produits du coton ou de la cellulose recyclée. Les cheveux se révélaient cependant moins efficaces que les barrages faits de polypropylène synthétique.

Zone externe du cheveu: la cuticule

Une étude publiée en 2011 dans *Biotechnology Progress* précise que des bactéries pourraient être attachées à des tapis de cheveux humains dans le but de capturer et décomposer une large gamme d'hydrocarbures trouvés dans le pétrole.



Partie 2: Le cheveu



Comment l'eau s'infiltrerait dans la cuticule

Les cellules cuticulaires



Le cheveu est constitué d'une protéine fibreuse (85 à 93%) riche en soufre appelée kératine dure. Son diamètre de section est entre 50 et 100µm.

Il est composé de

- 50% - Carbone (C)
- 22% - Oxygène (O)
- 17% - Azote (N)
- 6% - Hydrogène (H)
- 5% - Soufre (S)

La *cuticule* est une superposition en tuiles de plusieurs couches (6 à 9). Transparentes, rectangulaires aplaties d'environ 40µm de côté et d'environ 500 nm d'épaisseurs, elles sont situées sur la partie externe du cheveu.

La cuticule permet d'isoler la fibre vis à vis de l'abrasion et de maintenir l'intégrité du cortex. Si l'eau ne semble pas vraiment pénétrer les cellules cuticulaires, la cuticule n'est cependant pas une barrière étanche.

Les cellules cuticulaires se superposent comme les tuiles d'un toit.

Elles sont scellées entre elles par une substance intercellulaire riche en céramide (ciment lipidique) qui constitue une barrière imperméable et hydro-régulatrice.

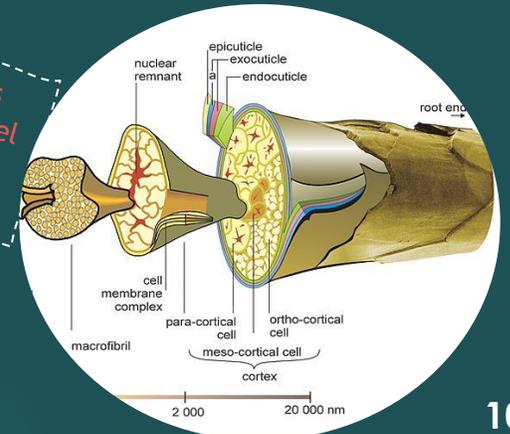
Les cellules cuticulaires se décomposent en compartiments distincts disposés en couches parallèles

□ **Épicuticule** constitue une couche entre la membrane externe et la couche A épaisse de 13 nm d'épaisseur. Elle est constituée de protéines riches en soufre qui sont liées à la surface externe avec une couche d'acides gras saturés

□ **Exocuticule** est constituée de protéines amorphes très riches en soufre liées les unes aux autres par un dense réseau de liaisons covalentes entre les chaînes latérales.

□ **Endocuticule** est constituée de la fusion de matériel d'exocuticulaire avec des débris du noyau et des organites dégradés avant la kératinisation.

« L'espace inter cellulaires forme un réseau au sein duquel l'eau peut s'infiltrer dans le cortex. »



Partie 2: Le cheveu



Si l'eau s'infiltré dans les faisceaux du cortex, alors est-ce que les hydrocarbures aussi?

Les cellules corticales



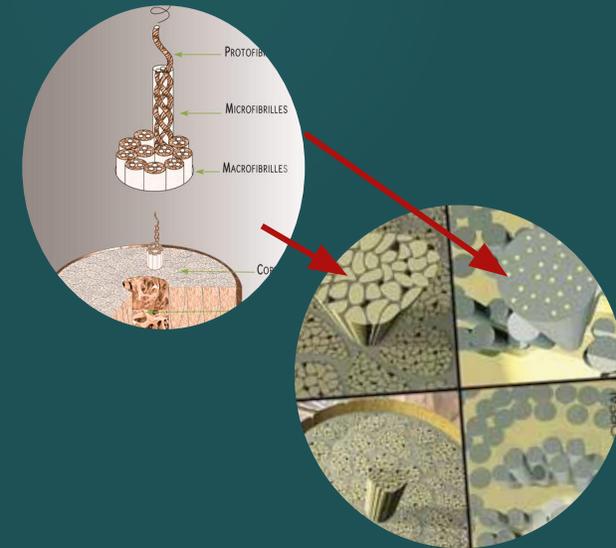
Les *cellules corticales* (cortex) ne sont observables qu'avec un microscope électronique à transmission. Elles représentent la majorité de la structure. Un **ciment cuticulaire** assure le maintien de la cuticule sur le cortex. Le **ciment cortical** assure le maintien de l'édifice du cortex et automatiquement l'architecture du cheveu. Ces cellules sont très longues en forme de faisceaux.

Le cortex est constitué de faisceaux empilés les-uns dans les autres, un peu comme une poupée russe!



- ❑ Les **macrofibrilles** sont constitués de gros faisceaux qui remplissent le cortex. Elles sont elles-mêmes composées de plusieurs centaines de sous-éléments, les microfibrilles.
- ❑ Les constitués de 11 filaments enroulés en torsade (**microfibrilles** sont protofibrilles) enrobés dans une matrice inter filamentaire riche en soufre.
- ❑ Les **protofibrilles** sont constituées de 3 ou 4 brins de filaments (chaînes kératiniques).

Lorsqu'elle existe la *médulla* se retrouve sur une section au centre de la fibre. C'est une superposition de cellules en colonne d'environ 15µm sur 5µm aplaties selon l'axe de la fibre capillaire.



Un assemblage polypeptidique



Les lipides capillaires laissent-ils passer les hydrocarbures?

La kératine est le principal constituant du cheveu, viennent ensuite différents minéraux:

Les minéraux dans la chaîne kératinique

- Le Soufre (S)
- Le Cuivre (Cu)
- Le Zinc (Zn)
- Le Sodium (Na⁺)
- Le Potassium (K⁺)
- le Manganèse (MnO₂)



Les cheveux sont constitués de protéines fibreuses insolubles (qui ne se dissout pas dans l'eau). Il y a également 5-10% de lipides capillaires (ciment intercellulaire) dans le cheveu, dont les proportions varient en fonction de la texture du cheveu. Présents dans le cortex et la cuticule, ils jouent le rôle de « colle ».



Les lipides capillaires (ciment intercellulaire) sont dispersés dans toute la fibre capillaire

Partie 2: Le cheveu

Une cohésion moléculaire intra caténaire

L'assemblage moléculaire est possible grâce à différentes liaisons chimiques. Ces liaisons peuvent être longitudinales (intra-caténares) ou latérales (liaisons inter-caténares). La rupture de l'une ou de plusieurs de ces liaisons modifie la cohésion de la kératine.

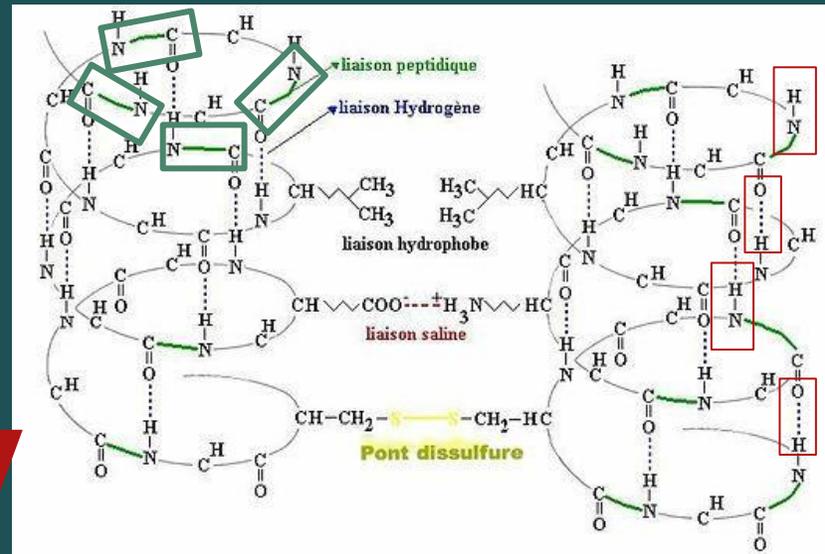


Où sont les hydrocarbures?

Chaînes **intra**-caténares

La liaison peptidique

Ce sont des liaisons covalentes fortes, qui permettent aux acides aminés de former de longues chaînes polypeptidiques. C'est une répétition continue d'un assemblage de carbone et d'azote (C-N). Elle permet à des liaisons hydrogène de se former entre l'atome d'hydrogène (H) attaché à un atome d'azote (N) de la liaison peptidique (C-N) et un atome d'oxygène (O) situé en-dessous de lui dans l'hélice.



Les liaisons hydrogène

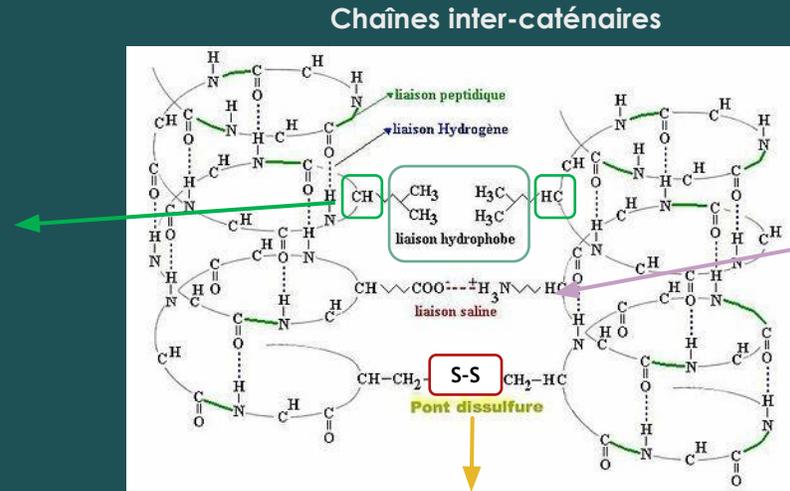
Ce sont des liaisons faibles, très nombreuses. Elles peuvent s'établir entre les $>O=H$ et les $>N-H$ des liaisons peptidiques. Elles peuvent être intra-caténares (longitudinales) ou inter-caténares (latérales). Les liaisons hydrogène (H) longitudinales permettent de maintenir la structure hélicoïdale de la chaîne de kératine alpha. Elles se rompent facilement en présence d'eau.

Partie 2: Le cheveu

Une cohésion moléculaire inter caténaire

Les liaisons hydrophobes

Ces liaisons hydrophobes (qui n'aime pas l'eau) sont repoussées par les molécules d'eau. Ce procédé leur permet de se rapprocher entre elles, mais également entre deux chaînes différentes. Elles peuvent être latérales ou longitudinales. La présence de molécules d'eau dans le cheveu renforce les liaisons hydrophobes. Mais ces liaisons sont sensibles aux tensioactifs



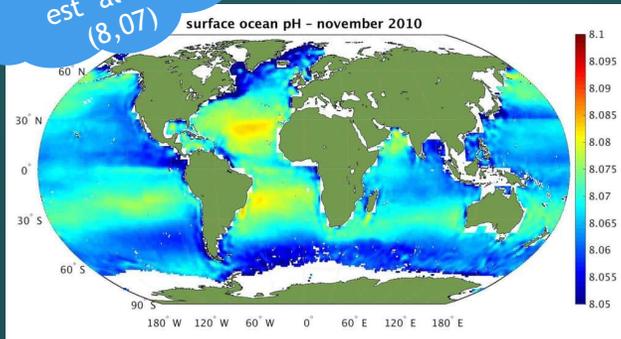
Les liaisons salines ou ionique

Il s'agit d'une liaison non covalente, faible. Elle s'organise entre un radical chargé positivement (NH_3^+) et un radical chargé négativement (COO^-). On trouve ce type de liaison soit entre 2 parties d'une même chaîne polypeptidique, soit entre 2 chaînes différentes. La liaison saline est sensible aux acides, aux bases et à l'eau.

Liaisons disulfure

C'est une liaison covalente, forte permettant de relier deux chaînes entre elles. Cette liaison se fait entre 2 acides aminés soufrés. Le soufre a un rôle important dans la solidité de la structure du cheveu. Deux molécules de Soufre appartenant à deux chaînes différentes s'assemblent pour former une molécule de cystine. Les ponts disulfures peuvent être rompus par des réducteurs (Acide thioglycolique utilisés dans les liquides réducteurs de permanente).

Le pH de l'eau de mer est alcalin (8,07)



L'eau alcaline modifie-t-elle l'organisation moléculaire du cheveu?



Partie 4: Expérimentations

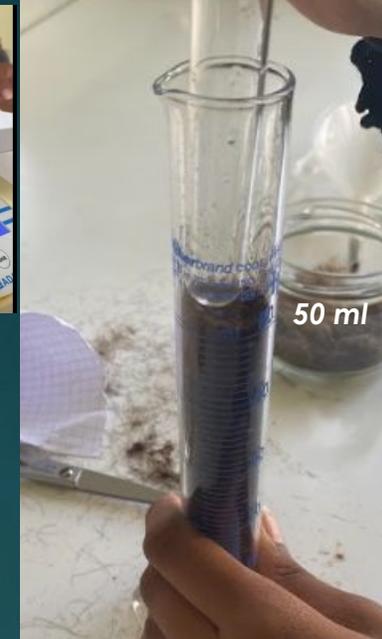
Protocole expérimentales

Nous avons vu que La kératine est perméable. L'eau pénètre au travers de la cuticule pour s'infiltrer dans le cortex. Ce qui se traduit par un gonflement de la tige pileaire, une rupture des liaisons hydrogène et une augmentation de la porosité du cheveu.

Nous voulons vérifier la capacité d'absorption des cheveux lorsqu'ils sont mouillés avec de l'eau naturelle, salée puis avec l'hydrocarbure. Cette expérience (1) nous permettra de vérifier la différence d'absorption de chacun des liquides. Nous avons besoin de réduire les cheveux en poudre pour nous simplifier le calcul de sa masse.

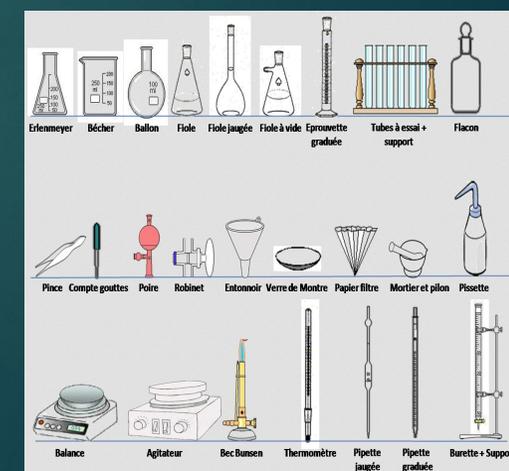
Après avoir vérifier son taux d'absorption, nous voulons savoir si le cheveu a modifié son épaisseur ou son diamètre lorsqu'il est immergé dans l'hydrocarbure (2). Cette expérimentation est ludique et facile à mettre en place. Il s'agit de mesurer la largeur de la tâche émise par un laser lorsqu'il touche un cheveu. Nous trempions un cheveu toutes les 5 minutes dans de l'huile de moteur pour vérifier à quelle moment le cheveu est saturé. Nous savons que plus la tâche est grosse, plus le diamètre du cheveu est petit. Puis nous évaluons et modélisons nos résultats avec l'aide du technicien de laboratoire du lycée .

Enfin, nous ferons appel à un laboratoire de chimie et de biotechnologie pour analyser deux échantillons de cheveux immergés 12 h dans le port de sainte marie. Un premier échantillon est immergé dans de l'eau polluée et l'autre échantillon dans une eau moins polluée du port. L'analyse (3) par Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (CG-SM), nous permettra de valider si le cheveu a bien retenu des hydrocarbures en comparaison avec une eau salée non polluée.



Poudre de cheveux

Utilisation de Verrerie et matériel courants d'un laboratoire



Calcul de la masse volumique

Nous savons que les cheveux prennent un volume important lorsqu'ils sont secs. Quand sera-t-il lorsqu'ils seront mouillés? Aurons-nous une différence avec de l'eau salée prélevée dans le port ou de l'hydrocarbure? Nous réduisons les cheveux secs en poudre pour avoir un calcul plus précis.

Protocole

- Faire la tare avec la balance et le bol
- Mettre les cheveux secs dans une éprouvette
- Tasser les cheveux graduation (50 mL)
- Peser la masse des cheveux secs
- Remplir l'éprouvette du liquide
- Filtrer les cheveux pour éliminer le trop de liquide
- Peser les cheveux
- Faire la différence entre la masse cheveux secs et masse absorbée du liquide
- Calculer la masse volumique
- Calculer le %
- Calculer sa capacité d'absorption à 30 mn

Pour rappel: La masse volumique est une grandeur physique qui définit la quantité de matière (masse) rencontrée dans un espace (unité de volume) donné. Mesurer la masse volumique aide à connaître les niveaux de pureté et de concentration de la matière.

	Masse (g)	Masse de liquide absorbée	Masse volumique (g/cm ³)	Capacité d'absorption à 30 mn
Masse du cheveu sec	25.57	-	0.51	
Masse du cheveu dans de l'eau naturelle	70.55	44.98	1.411	3 fois plus
Masse des cheveux dans l'eau salée	53.26	27.69	1.06	2 fois plus
Masse des cheveux dans l'hydrocarbure	45.74	20.17	0.914	1.5 fois

Résultats:

Nous observons que les cheveux sont plus absorbant lorsqu'ils sont immergés dans l'eau naturelle. Les cheveux immergés dans de l'hydrocarbure absorbe 1 fois $\frac{1}{2}$ leurs poids en hydrocarbure. Ce qui ne correspond pas aux articles concernant 1kg de cheveux absorbe 8 litres d'hydrocarbure, mais 1kg absorbe 780 grammes d'hydrocarbure.

La masse volumique des cheveux dans l'hydrocarbure est plus lourde. Ce qui s'explique par une densité de l'hydrocarbure inférieure à 1. Nous constatons également que les cheveux absorbent les liquides mais qu'ils saturent au bout de 30 minutes, ce qui rend les filets de cheveux peu productifs et économiques.



Cheveux avec hydrocarbure



Partie 3: Expérimentations



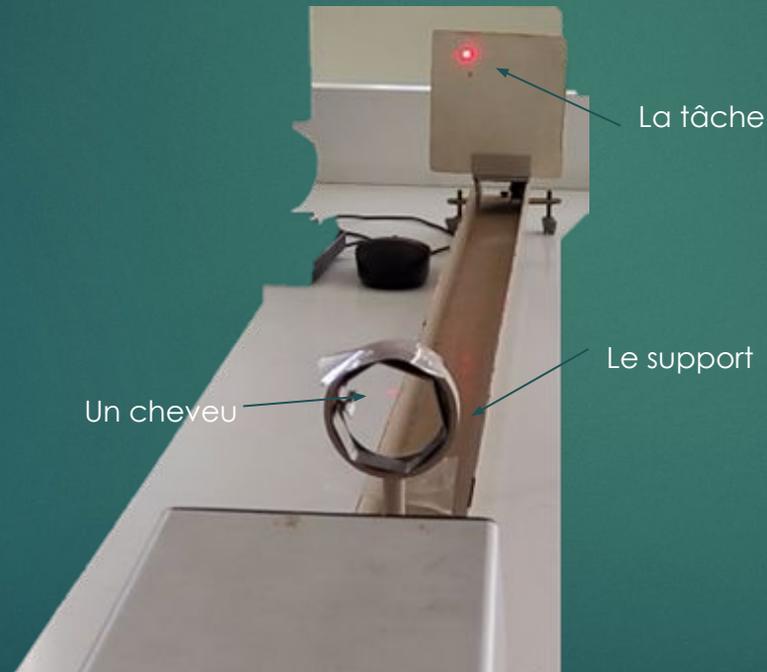
Calcul par diffraction

La méthode la plus facile et la plus efficace pour observer l'épaisseur d'un cheveu est la diffraction. Lorsqu'un cheveu est placé sur le trajet d'un laser, on observe sur un écran, une tâche. Plus le diamètre du cheveu est petit, plus la tâche centrale est grande.

La diffraction est une mesure de la longueur de la tâche centrale. Pour déterminer le diamètre d'un cheveu, on doit réaliser une courbe d'étalonnage donnant la tâche de diffraction en fonction du diamètre du cheveu.

Matériel

- Un laser
- Un écran
- Un décimètre
- Six cheveux longs
- Support
- Scotch
- Huile de moteur
- Six pots
- Règle
- Calculatrice



Courbe d'étalonnage

Diamètre cheveu	Distance de l'écran	Longueur onde	Mesure de la tâche centrale
∅40µm	1m	650nm	33mm
∅60µm	1m	650nm	22mm
∅80µm	1m	650nm	17mm
∅100µm	1m	650nm	13mm
∅120µm	1m	650nm	11mm

Six cheveux sont prélevés dans une mèche de cheveux. Chaque cheveu est immergé dans de l'huile de moteur toutes les cinq minutes.

L'épaisseur de chaque cheveu est de 18mm. Ce qui signifie selon la courbe d'étalonnage a un cheveu de diamètre de 90µm

Calcul par diffraction

Nous vérifions l'absorption des hydrocarbures dans le cheveu toutes les 5mn.

Nous prenons des cheveux assez longs pour les fixer sur un socle avec du scotch (1).

Un cheveu est prélevé et immergé dans de l'hydrocarbure selon des temps bien précis (5,10,15,20,25,30 minutes).

Nous plaçons à chaque fois un cheveu dans le socle selon le temps attendu (2).

Avec une règle, nous mesurons la tâche (3).

Ensuite, nous utilisons un tableur pour écrire les résultats de chaque étape.

Nous pouvons ainsi comparer les résultats.

Avant de commencer, nous vérifions l'épaisseur d'un cheveu sans qu'il soit immergé dans de l'hydrocarbure.

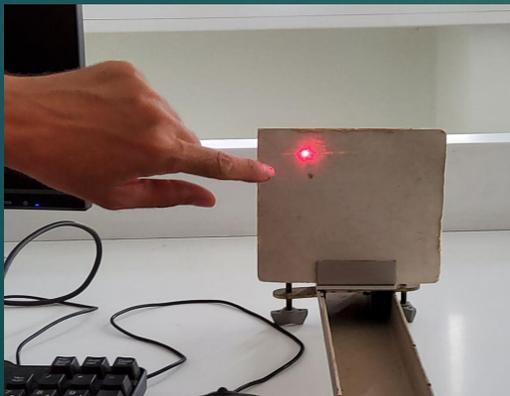
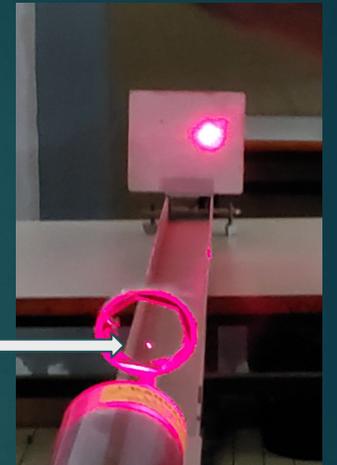
Nous obtenons une épaisseur de la tâche de 18mm.

(1)



Cheveu fixé dans le socle

(2)



(3)

Temps	5 mn	10mn	15mn	20mn	25mn	30mn
Largeur de la tâche (mm)	19mm	20mm	21mm	22mm	23mm	23.5mm

Résultat

Nous comparons le diamètre du cheveu immergé dans l'hydrocarbure. Le cheveu est saturé au bout de 30 minutes. On remarque que lorsque le cheveu est immergé dans l'hydrocarbure, la grosseur de la tâche augmente selon le temps d'immersion.

Calcul par diffraction

Nous avons besoin d'aller plus loin dans notre expérimentation en réalisant une courbe d'étalonnage. Nous faisons une modélisation de la courbe pour déterminer le diamètre des cheveux par rapport à la largeur de la tâche par diffraction. Nous pouvons avec l'aide du technicien de laboratoire obtenir une équation pour évaluer l'efficacité du modèle de la courbe. Le coefficient de détermination (R^2) est 0.975. Celui-ci nous propose de réaliser le calcul des équations pour enfin déduire les différents diamètres du cheveu par rapport à la tâche.

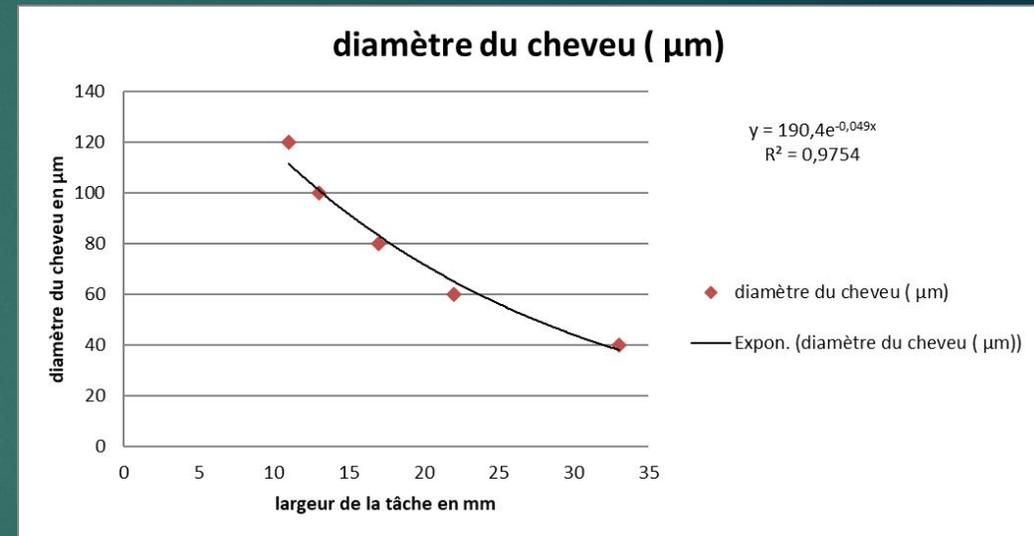
Le résultat

Le cheveu plongé dans l'hydrocarbure ne grossit plus. Il se crée une inversion au fur et à mesure du temps. Ce qui nous amène à dire que l'épaisseur du cheveu se contracte lorsqu'il est immergé dans l'hydrocarbure. Nous ne pouvons pas dire que l'hydrocarbure s'est infiltré dans le cheveu jusqu'au cortex mais nous restons surpris de la diminution de son diamètre dans l'hydrocarbure.

On peut supposer que la forme alpha du cheveu est passé dans une forme bêta avec un allongement de la chaîne de kératine créant ainsi un allongement avec une réduction de son épaisseur au contact de l'hydrocarbure. Le cheveu a absorbé le liquide et en se contractant à modifier sa structure.

Nous concluons que les boudins de cheveux ne sont plus efficaces après 30mn et qu'il est nécessaire de les changer sur un temps très court. Les boudins de cheveux centralisent les nappes de pétrole mais ne sont pas réellement efficaces pour absorber les hydrocarbures.

Avec le logiciel Excel, le technicien réalise une courbe exponentielle. Les résultats sont particuliers. Nous rappelons nos premières observations: L'épaisseur est de 18 mm soit un diamètre de cheveu de $92.67\mu\text{m}$.



Temps	0mn	5 mn	10mn	15mn	20mn	25mn	30mn
Largeur de la tâche (mm)	18mn	19mm	20mm	21mm	22mm	23mm	23.5mm
Diamètre du cheveu (μm) après modélisation	92.67 μm	89.04 μm	85.55 μm	82.19 μm	78.97 μm	75.87 μm	74.37 μm

Partie 4: Expérimentations



Extraction des hydrocarbures

Le plus simple, pour connaître l'identité des hydrocarbures fixés sur les cheveux est de faire une extraction des cheveux au moyen d'un solvant organique (cyclohexane) offrant une forte affinité avec les hydrocarbures puis de réaliser une analyse de l'extrait obtenu par Chromatographie Gazeuse couplée à la Spectrométrie de Masse (CG-SM). L'extraction par macération et l'analyse par CG-SM doivent être menées à partir de cheveux ayant été mis à macérer dans une eau de mer polluée mais aussi dans une eau de mer non polluée afin de pouvoir mener une étude comparative.

Le laboratoire de Chimie et de Biotechnologie de l'Université de La Réunion accepte de nous accompagner pour mener cette expérimentation. Il est à noter toutefois que si l'expérience menée nous permet de définir la nature des hydrocarbures retenus par les cheveux, elle ne nous permettra pas en revanche de vérifier si les hydrocarbures se sont effectivement glissés dans le cortex et s'ils ont modifiés la structure interne du cheveu.

Résultat: Après plusieurs analyses, les résultats montrent des traces de squalène (sébum) sur les chromatogrammes sans trace d'hydrocarbure.



Matériel

Cheveux mis à macérer 12 h dans une eau de mer polluée
Cheveux mis à macérer 12h dans une eau non polluée
Matériel du laboratoire



Filtre seringue



Extraits secs



Concentrateur



Solution 2 ml pour analyse dans chromatographe



Colonne composée d'une matière qui va retenir plus ou moins la matière en fonction de la structure de la molécule. Chaque molécule va être séparée et analysée avec le spectrométrie de masse



Conclusion

Contraintes

Nous avons dû lutter contre le temps. Nous avons subi un cyclone retardant nos expérimentations. Les périodes scolaires nous ont réduit considérablement des temps de travail. Nous avons dû travailler dans l'urgence et faire nos expérimentations le mercredi après midi avec l'aide du technicien de laboratoire. Nos expériences mériteraient d'être plus affinées avec une plus grande technologie.

Expérimentations - Difficultés

Nous avons pris conscience de l'intérêt de prendre en compte les unités de poids, de masse. Puis de calculer une masse volumique et prendre en compte la densité. Réduire le cheveu en poudre était une bonne option plutôt que de le peser en vrac, ce qui était trop variable.

Le choix de récupérer des mèches de cheveux de la même personne à limiter la variété du diamètre pour la diffraction. Le calcul de diffraction fut une expérience intéressante avec le laser et la mesure de la tâche. La modélisation faite par le technicien dépasse le champs de nos compétence, mais il était utile de faire cette modélisation pour en déduire une réponse à partir de notre questionnement.

La visite du laboratoire et les explications du professeur Bialecki nous a permis de nous rendre compte des possibilités que l'on peut envisager avec juste des cheveux mais également les différentes recherches sur les pigments naturelles effectuées dans le laboratoire. Les analyses ont permis de vérifier qu'aucune trace d'hydrocarbure étaient présentes sur le cheveu même après douze d'heure d'immersion. Nous nous posons alors la question concernant l'absorption des hydrocarbures?

Dans cette étude, nous pouvons apporter la preuve que les articles de presse ne donnent pas vraiment la vérité sur le fait qu'un kilo de cheveux absorbe huit litres d'hydrocarbure.

Perspectives

Les résultats nous laisse perplexes. Nous en avons déduit que le cheveu absorbe plus quand il est immergé dans l'eau naturelle. Sa masse volumique est 1.411. Nous avons vu également que le cheveu est saturé en eau ou en hydrocarbure après 30 minutes. Ce qui n'est pas favorable concernant les filets de cheveux utilisés pour absorber les hydrocarbures car il faudrait les changer trop souvent.

Son diamètre se modifie en se contractant considérablement, ce qui peut s'expliquer concernant son organisation moléculaire. Le cheveu passe d'une forme Alpha en phase Bêta. Et en passant d'une phase à une autre, le cheveu s'allonge et par conséquent son diamètre se réduit. On peut en déduire que l'hydrocarbure pénètre à l'intérieur du cheveu dans les différentes fibres du cortex.

Les résultats du laboratoires ne sont pas probants et la recherche d'hydrocarbure est trop faible pour en déduire un résultat malgré les 4 essais pratiqués. Cependant, des traces de squalène (sébum) sont présentes ce qui est normal dans les cheveux. Mais aucune trace d'hydrocarbure n'est constaté, ce qui est surprenant après douze heures d'immersion. Il faudrait faire des analyses plus importantes avec un temps d'immersion plus long.

Après projet

Cette expérience nous permettra d'avoir une réflexion plus pertinente pour parler des déchets dans un salon de coiffure. Il ressort que le cheveu peut alors être utilisé, plus comme compost, comme le disait la grand mère de Laurianne. Malgré nos tristes analyses, il ressort tout de même que les cheveux absorbent la moitié de son poids en d'hydrocarbure. Il peuvent être tout de même utilisé pour canaliser les nappes de pétrole.

Remerciements

Nous remercions Arnaud. C dit Jace (artiste réunionnais) pour avoir donné son accord pour l'utilisation de ces peintures Street-art dans le dossier.

Nous remercions le professeur Anne Bialecki, directrice du laboratoire de Chimie et de Biotechnologie de La Réunion pour nous avoir accompagné dans nos recherches scientifiques.

Nous remercions Hubert Sean -Roby technicien de laboratoire pour avoir pris du temps pour expliquer et mettre en œuvre nos expérimentations

Nous remercions le Dr Lionel Vernex-Loset, ingénieur de Recherche, responsable de la plateforme de Spectrométrie de masse à l'Université de Lorraine pour ses conseils et sa participation à notre recherche.