

Nom / Prénom du candidat :  
Classe : BCPST 1C

Banque AGRO-VETO  
BCPST 2022

BERNARDINO Andréa  
JOUBIN Anabelle  
DEGRAEVE Maëlle

Domaine **BIOLOGIE**  
Domaine GÉOLOGIE  
MIXTE

**BANQUE AGRO-VETO-Session 2022**

**T.I.P.E.**

Maximum 6 à 10 pages (illustrations comprises), 20 000 caractères maximum, Times New Roman 12 ou Arial 10, interligne simple espaces compris.

**IMPORTANT** : n'inscrire sur cette couverture aucune référence à l'établissement scolaire.

**TITRE** : Les poils de chien, une perspective de demain

Nombre de caractères (espaces compris) : 18 276

Le document, constitué uniquement de feuilles blanches A4, sera **simplement agrafé**, avec en couverture cette présentation. Aucune couverture de couleur, cartonnée, rhodoid ou autre.

*Il ne sera surtout pas relié avec une spirale, ou une reglette.*

## Les poils de chien, une perspective de demain



Le développement durable est de nos jours un sujet au cœur des préoccupations. Mettre en place des solutions telles que le recyclage ou encore l'upcycling, qui consiste à donner une seconde vie de meilleure qualité à des matériaux qui ne sont plus utilisés, devient alors une priorité.

Chaque année, les propriétaires d'animaux ainsi que les toiletteurs canins sont contraints de jeter des centaines de kilos de poils. Et si ces poils devenaient une nouvelle source de matière naturelle et illimitée ?

En effet, l'usage de la laine de mouton dans de nombreux domaines (isolation, prêt-à-porter...) laisse percevoir un avenir similaire pour les poils de nos compagnons. Certains particuliers se sont d'ailleurs déjà lancés dans la conception d'accessoires et de vêtements à base de poils de chien : c'est notamment le cas de Marie-Joseph, une auto-entrepreneuse que nous avons contactée.

Il semblait ainsi intéressant de nous pencher sur une étude plus exacte des propriétés des poils de chien afin de savoir si ceux-ci étaient réellement prometteurs pour le monde de demain.

### **Quelles sont les propriétés biologiques et mécaniques caractéristiques du poil de chien ?**

#### **I) Caractéristiques biologiques du poil de chien**

- 1) Le pelage du chien
- 2) Le poil : poids et épaisseur
- 3) Influence des conditions du milieu

#### **II) Ses propriétés mécaniques**

- 1) Mise en place du montage
- 2) Etude de l'allongement
- 3) Influence et action du dithiothreitol

## I) Caractéristiques biologiques du poil de chien

### 1) Le pelage du chien

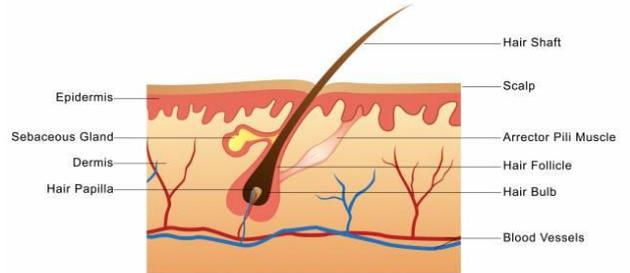
#### Structure du poil et de la peau du chien

##### Le poil :

Le poil est composé de deux parties :

- La tige : la partie visible du poil, elle est composée de l'association de cellules mortes riches en kératine (protéine) et de quelques minéraux.

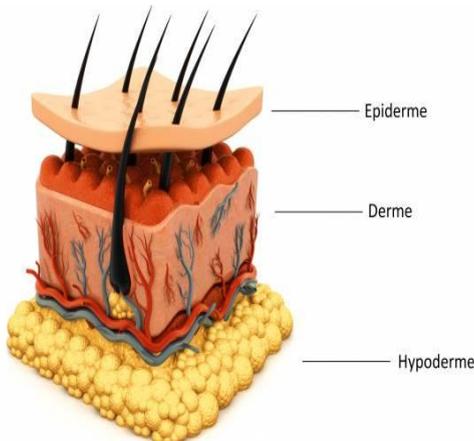
- Le follicule : c'est la racine du poil, il est composé d'une glande sébacée (production de sébum pour lubrifier le poil et hydrater la peau).



Ancrés dans le derme, les poils traversent la peau grâce aux orifices folliculaires.

##### La peau :

La peau est une protection complémentaire composée de trois parties :



- L'épiderme : composé de cellules « mortes » (en renouvellement constant) permettant le contact avec l'environnement.

- Le derme : composé de fibres nerveuses et de vaisseaux sanguins (qui apportent les nutriments nécessaires : protéines, vitamines et oligo-éléments venant de l'alimentation). Il joue un rôle sensoriel et immunitaire.

- L'hypoderme : riche en graisses, il va stocker les lipides, amortir des chocs et réguler la température.

#### Quels sont les rôles du pelage du chien ?

Le pelage du chien n'a pas qu'un rôle esthétique. En effet, ce dernier joue un rôle essentiel pour l'animal :

- Il protège contre les blessures (le poil amortit des chocs, sert de rempart contre les morsures, griffures, piqûres...)
- Il protège la peau des variations de température (le pelage protège de la chaleur en été et du froid en hiver... C'est le sous-poil qui va jouer ce rôle d'isolant thermique)
- Il protège la peau des coups de soleil (des rayons ultraviolets)

### Le chien a un pelage composé de deux poils différents :

#### - Les poils primaires (ou poils de couverture) :

- Ses caractéristiques : longs, épais, implantés profondément dans le derme.
- Son rôle : protéger des intempéries (neige, pluie...)

#### - Les poils secondaires (ou sous-poils) :

- Ses caractéristiques : courts, fins, souvent ondulés ou frisés
- Son rôle : assurer une isolation thermique

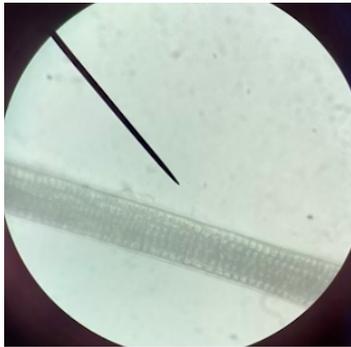
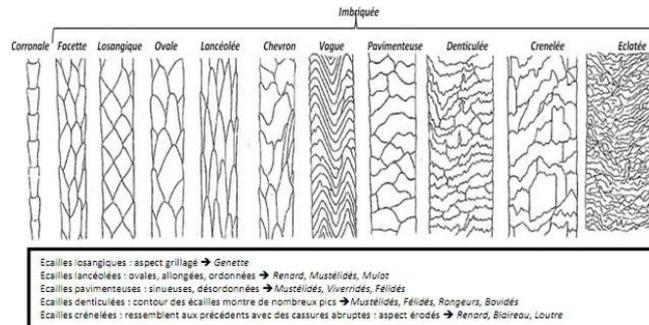
### Les types de pelage chez le chien

Types de pelage	Exemple de race	Sous-poil	Poil de couverture	Avantage	Inconvénient
Nus	Chien Nu du Pérou	Pas de poil	Pas de poil	Race hypoallergénique : Adapté en cas d'allergie aux chiens	Très peu de protection face aux variations de températures et aux rayons UV
À poil ras	Dobermann	Très court	Très court et homogène	Peu de perte de poils	Peu de protection face aux variations de températures et aux rayons UV
À poil dur	Fox Terrier	Peu	Sec et rêche	Les poils morts restent accrochés dans le pelage	Il faut épiler pour retirer ces poils
À poil bouclé ou frisé	Caniche	Très peu	Pousse en continue	Peu de perte de poils Mues très peu prononcées	Poil très emmêlable
À poil court	Labrador	Abondant, dense et laineux	Court et lisse	Poil est peu emmêlable	Muent deux fois (à l'automne et au printemps) donc beaucoup de poil mort à éliminer
À poil mi-long	Golden Retriever	Plus ou moins dense	Abondant, de longueur moyenne	Bonne protection aux variations de températures et aux rayons UV	S'emmêle facilement Muent deux fois (à l'automne et au printemps) donc beaucoup de poil mort à éliminer
À poil long	Berger Belge Tervueren	Très abondant, laineux	Très abondant et long	Bonne protection aux variations de températures et aux rayons UV	S'emmêle facilement Muent deux fois (à l'automne et au printemps) donc beaucoup de poil mort à éliminer

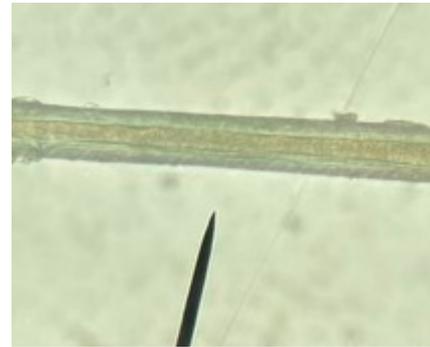
## Autres espèces

Les caractéristiques du pelage que nous venons d'évoquer sont communes à la majorité des espèces, allant de l'ours polaire au dromadaire.

Cependant la structure du poil, elle, diffère. L'observation externe des écailles des poils permet de déterminer l'espèce animale à laquelle elle appartient. Quelques observations :



chez le lapin



chez le lama

Photos d'observations de la tige d'un poil au microscope optique (x40)

## 2) Le poil : poids et épaisseur

Pour notre étude, nous avons travaillé sur les poils d'Austin, un Berger Belge Tervueren.

Les deux types de poils étaient présents dans notre réserve de poils, cependant nous avons tenté de sélectionner exclusivement les poils primaires afin d'obtenir des résultats cohérents entre eux.

De plus, il nous a paru important de mener en parallèle l'étude de poils d'autres espèces afin d'avoir des comparatifs (notamment la laine de mouton, laquelle est connue de tous).



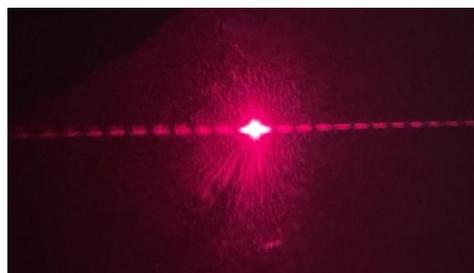
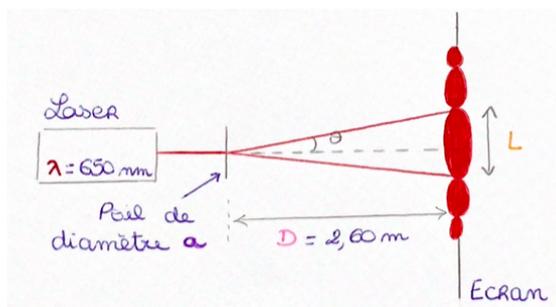
### Détermination du poids d'un poil :

Grâce à une balance de haute précision, nous avons tout d'abord pesé une boule de poils (le poids d'un unique poil n'étant pas détectable). Nous avons alors obtenu une valeur de 0,001g pour 296 poils. Soit  $3,38 \cdot 10^{-6}$  g par poil.

Toutefois, il est nécessaire de préciser que ce calcul présente un fort taux d'incertitude, en raison de l'imprécision du poids affiché par la balance ainsi que celle du compte du nombre de poils, effectué à la main.

### Détermination du diamètre des poils grâce à la diffraction :

Afin de déterminer le diamètre d'un poil, de très petite dimension, nous avons décidé de réaliser une diffraction. Nous avons donc mis en place un dispositif dans lequel un faisceau lumineux (laser) traverse un poil tendu, engendrant une diffraction de la lumière que l'on relève sur un écran (feuille blanche) situé à quelques mètres.



La tache de diffraction centrale est mesurable, ce qui nous indique une longueur  $L$  reliée au diamètre  $A$  du poil par la relation :  $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$ .

En effet,  $\theta = \frac{\lambda}{a}$ . Or,  $\tan(\theta) \approx \theta = \frac{L/2}{D} = \frac{L}{2D}$ .

D'où  $\frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$ .

Cependant, l'épaisseur variant d'un poil à un autre, il semble nécessaire d'établir une moyenne sur plusieurs valeurs pour chacune des espèces. Les différentes mesures sont regroupées dans le tableau ci-dessous :

	Épaisseur n°1	Épaisseur n°2	Épaisseur n°3	Épaisseur n°4	Épaisseur n°5
Chien	$a = 1,02 \cdot 10^{-4}$ m	$a = 7,9 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 1,06 \cdot 10^{-4}$ m	$a = 7,10 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 6,95 \cdot 10^{-5}$ m
Mouton	$a = 6,31 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 4,94 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 5,01 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 4,94 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 5,49 \cdot 10^{-5}$ m
Bison	$a = 3,85 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 2,99 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 2,6 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 2,4 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 2,68 \cdot 10^{-5}$ m
Cheveu	$a = 5,49 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 6,43 \cdot 10^{-5}$ m	$a = 5,49 \cdot 10^{-5}$ m		

Tableau récapitulatif des épaisseurs

On peut ainsi établir les moyennes suivantes :

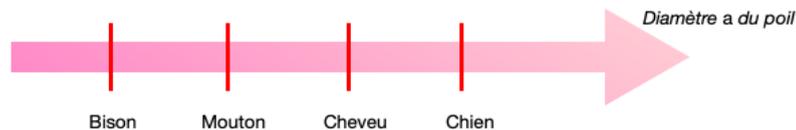
- Chien :  $a = 8,56 \cdot 10^{-5} \pm 1,22 \cdot 10^{-6}$  m
- Mouton :  $a = 5,36 \cdot 10^{-5} \pm 4,98 \cdot 10^{-7}$  m
- Bison :  $a = 2,90 \cdot 10^{-5} \pm 1,53 \cdot 10^{-7}$  m
- Cheveu :  $a = 5,80 \cdot 10^{-5} \pm 5,82 \cdot 10^{-7}$  m

Détails des calculs d'incertitude :

$$u(a) = a \cdot \sqrt{\left(\frac{u(D)}{D}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2} \quad \text{avec } u(D) = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{3}} = 5,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{et } u(L) = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 5,77 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\text{A.N. : } u(a) = \text{moyenne } a \cdot \sqrt{\left(\frac{5,77 \cdot 10^{-3}}{D}\right)^2 + \left(\frac{5,77 \cdot 10^{-4}}{\text{moyenne } L}\right)^2}$$



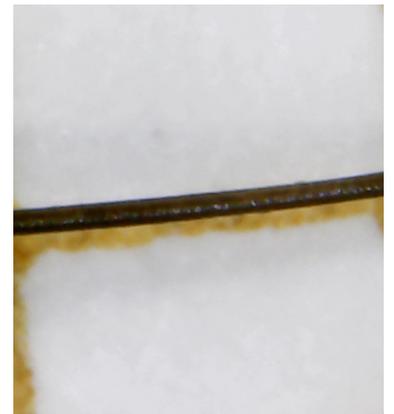
On remarque ainsi que les poils de chien sont les plus épais, ce qui permet de suggérer qu'ils présentent une forte résistance.

### 3) Influence des conditions du milieu

Suite à l'observation au microscope de nos poils à température ambiante, nous avons relevé l'absence totale d'écaillés sur ces derniers. Nous nous sommes alors demandé si les conditions du milieu comme la température ou le taux d'humidité pouvaient être à l'origine d'une modification dans la structure des poils engendrant la création d'écaillés.

Ainsi, nous avons placé quelques poils dans de nouvelles conditions de températures avant de les observer à nouveau :

- A  $-7^\circ\text{C}$  durant 2 jours,
- A  $121,4^\circ\text{C}$  durant 2 minutes.



Observation du poil témoin

Pour l'observation, nous nous sommes servi d'un microscope digital. Celui-ci est une variante du microscope optique : l'objet n'est pas directement observé à travers l'oculaire mais sur l'écran d'un ordinateur auquel le microscope est relié. Il produit alors une source de lumière et sa propre image.



Observation à température élevée



Observation à basse température

Nous nous attendions à ce que les variations de température resserrent ou écartent les écailles des poils, cependant à partir des observations ci-dessus, nous ne remarquons aucune différence avec l'expérience témoin.

Nous pouvons donc supposer que notre hypothèse était fautive ou bien que les variations de température auxquelles ont été soumis nos poils n'étaient pas assez extrêmes, ce qui impliquerait des résultats non concluants.

*Connaissant à présent les caractéristiques biologiques principales du poil de chien, il devient intéressant d'étudier la relation structure-fonction associée, en se demandant ce que la structure du poil implique au niveau mécanique.*

*Par exemple, le poil de chien étant le plus épais de nos échantillons, il est naturel de penser qu'il est également le plus résistant. Est-ce le cas ?*

*Pour répondre à cette question, nous avons pour projet d'exploiter un fil issu d'une pelote de laine canine afin de pouvoir le comparer facilement avec un fil de laine de mouton.*

*La fabrication de pelotes nécessitant une maîtrise et un matériel spécifique, nous avons contacté Marie-Joseph (présentée dans l'introduction) qui nous a directement fourni deux pelotes en poils de chien.*

### Comment la laine canine est-elle fabriquée ?



**1. Cardage**

#### séchage

Matériel utilisé : une cardeuse  
l'eau Rôle : aligner les poils (pour vinaigrée (graisses et faciliter le filage), aérer et pour retirer le sébum.

séchage



**2. Filage**

Matériel utilisé : un rouet, rotor  
Rôle : filage de deux bobines d'un fil puis les assembler à l'aide du rotor



**3. Les écheveaux**

Matériel utilisé : un dévidoir  
Rôle : éviter que la laine ne s'emmêle pendant le lavage



**4. Lavage et**

Plusieurs lavages à l'eau Rôle : éviter que la laine ne s'emmêle pendant le lavage puis produit la laine, enfin

Les pelotes ont été entièrement faites à la main : cela permet d'assurer qu'elles ne sont constituées que de poils de chien, cependant cela entraîne aussi une difficulté. En effet, le fil est inhomogène ce qui rend son exploitation imprécise.

Nous avons donc été contraintes de restreindre l'étude aux poils seuls.

## II) Ses propriétés mécaniques

*Remarque* : Dans la suite de nos expériences, on ne tiendra pas compte des variations de propriétés mécaniques pouvant être associées aux conditions de température et d'humidité.

### 1) Mise en place du montage

Dans un premier temps, nous avons tenté de remplacer le fil de la pelote (inexploitable) par notre propre fil de poils pour pouvoir comparer des échantillons aux caractéristiques similaires.

Pour cela nous avons aligné 25 poils par échantillon (plusieurs échantillons pour plusieurs espèces) que nous avons tourné en hélice droite avec un pas constant. Une fois les échantillons prêts, nous avons testé de nombreux montages dans le but d'analyser leur élasticité ainsi que leur allongement en fonction du poids appliqué.

Nous avons rencontré de nombreuses difficultés, dont un problème majeur : nos échantillons ne cassaient pas, ils étaient trop résistants donc finissaient par se détacher du scotch.

Pour résoudre ce problème, nous avons finalement choisi de tester la résistance d'un unique poil.

Tout au long de notre expérience nous avons donc fait évoluer notre montage afin que nous puissions observer correctement l'allongement et que nous atteignons le point de rupture.



Montage 1



Montage 2

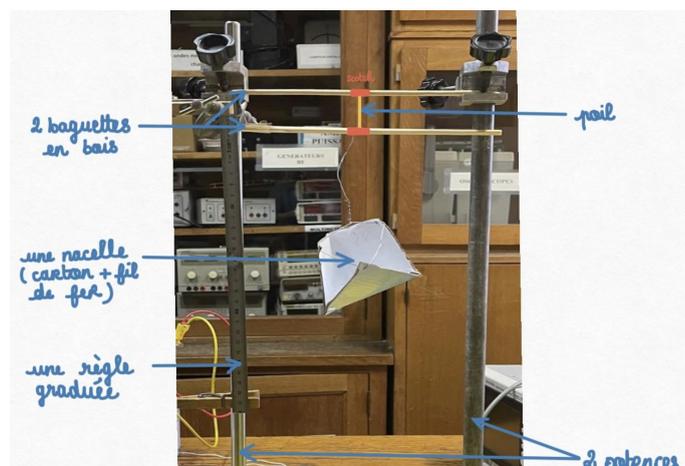


Montage 3



Montage 4

### Montage final



## 2) Etude de l'allongement

Comment avons-nous procédé pour mettre en avant l'allongement des poils ?

Etape 1 : fixer un morceau de scotch à chaque extrémité du poil

Etape 2 : placer le poil dans le dispositif, entre les deux baguettes en bois (3cm)

Etape 3 : attacher la nacelle ou ajouter un crochet métallique (si le poil est fragile)

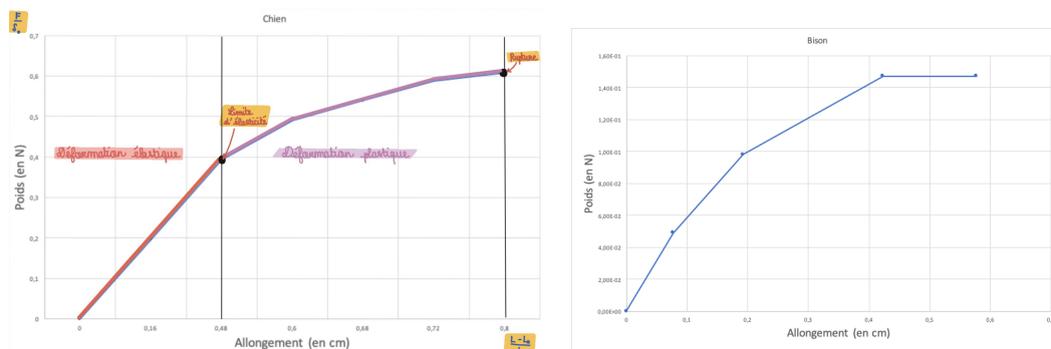
Etape 4 : ajouter progressivement les masses

Etape 5 : relever la longueur du poil à chaque ajout de masse

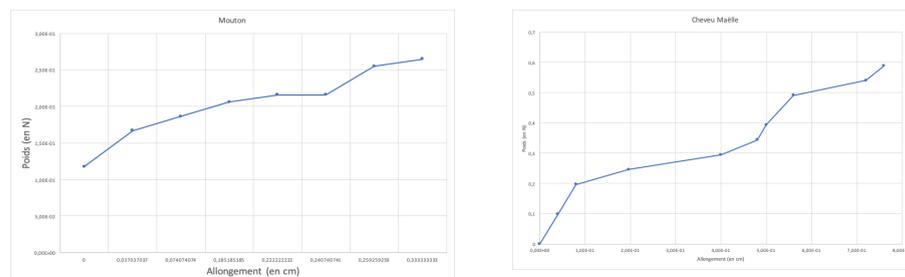
Pour pouvoir situer la résistance du poil de chien, nous l'avons à nouveau comparée à celle du Mouton, du Bison et de l'Homme.

Ainsi, pour chaque masse ajoutée, nous avons calculé l'allongement du poil. Nous avons ensuite regroupé nos valeurs dans un tableau afin de tracer le graphique représentant le poids ( $P = mg$ ) en fonction de l'allongement ( $\frac{L-L_0}{L_0}$ ) pour le Chien, le Cheveu, le Bison et le Mouton.

Certains graphiques comme celui du chien et du bison sont conformes aux courbes d'élasticité que nous souhaitons obtenir.



Cependant pour le cheveu et le mouton, les graphiques ne sont malheureusement pas exploitables. On suppose que la raison principale est l'hétérogénéité du poil.



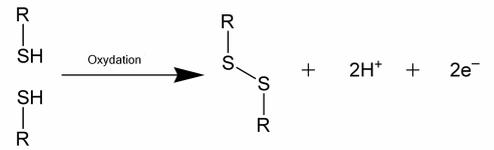
On peut enfin associer à ces graphiques des moyennes sur la masse de rupture :

- Chien : 68,7g
- Mouton : 28g
- Cheveu de Maëlle : 79,7g
- Bison : 18,4g

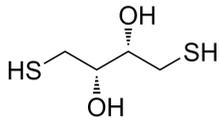
3) Influence et action du dithiothreitol

L'objectif de cette expérience est de déterminer si la solution diluée de dithiothreitol (DTT) peut avoir un impact sur le poil et notamment sur sa résistance face à l'étirement. Pour cela, nous avons tenté de défaire la totalité des ponts disulfures présents dans quelques centimètres de poil afin de mettre en avant l'importance de ces derniers dans sa résistance.

Le pont disulfure est formé par oxydation des protéines (liaison S-S entre des fonctions thiol et les atomes de soufre de 2 cystéines). Ce pont est un élément des structures tertiaires et quaternaires de la protéine.



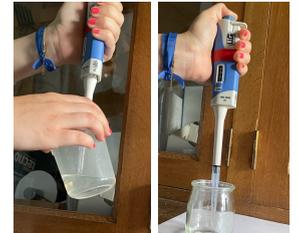
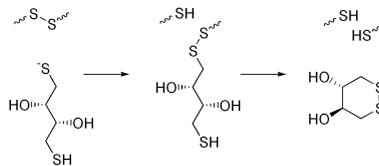
Formation d'un pont disulfure



Le DTT est une molécule redox ayant pour rôle de réduire les ponts disulfures des protéines (kératine) du poil.

Molécule de DTT

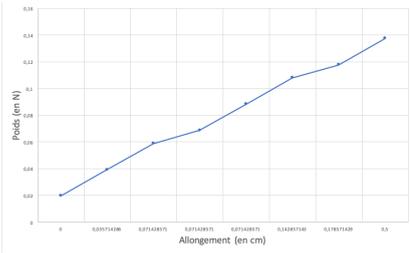
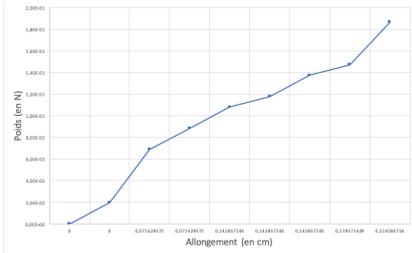
Réaction d'un pont disulfure par le DTT :



Nous avons procédé à deux dilutions ne sachant pas la quantité exacte de ponts disulfures présente dans chaque poil. Nous avons donc prélevé à l'aide d'une micropipette les volumes ci-dessous : (voir tableau)

Tableau de dilutions du dithiothreitol dans l'eau

	Dilution par 10	Dilution par 100
<b>Volume de DTT Volume d'eau</b>	0,800 mL soit 800 µL 7,200 mL soit 7200 µL	0,08 mL soit 80 µL 7,92 mL soit 7920 µL
<b>Graphique du poil de chien</b>		

<b>Poids maximal :</b> <b>Moyenne masse de rupture :</b>	0,08 N 8 g	0,284 N 29 g
<b>Graphique du poil de mouton</b>		
<b>Poids maximal :</b> <b>Moyenne masse de rupture :</b>	0,138 N 14 g	0,19 N 19 g

De la même manière que précédemment, les graphiques sont difficilement exploitables. Cependant, les moyennes de masse de rupture montrent qu'en augmentant la concentration en DTT (en diminuant la dilution) la résistance du poil diminue de manière considérable : on passe de 29g à 8g entre les deux dilutions dans le cas du chien.

La présence de ponts disulfures a donc une influence sur les propriétés mécaniques du poil.

### CONCLUSION :

Pour conclure, les poils de chien ont des caractéristiques biologiques et mécaniques qui leur sont propres.

En effet, grâce à l'expérience de la diffraction, nous avons observé qu'ils étaient plus épais de 0,039mm par rapport aux poils des autres espèces étudiées. Résistants à des variations de température allant de plus de 120°C à moins de -7°C, ils permettent également au chien de s'adapter aux variations climatiques. De plus, les expériences d'allongement ont montré que les poils de chien sont plus résistants que ceux des bisons ou bien encore que ceux des moutons.

Enfin, malgré le fait que nos expériences n'aient pas toujours abouti à des résultats cohérents, nous pouvons affirmer que le poil de chien possède de nombreux atouts, lui assurant une place dans le monde de demain. Aux côtés des poils de sanglier, utilisés pour fabriquer des brosses à cheveux, ou encore du crin de cheval, utilisés pour les balais et les cordes des violons, les poils de chien sauront-ils alors trouver leur place dans notre quotidien ?

*Quelques sujets supplémentaires sur lesquels nous aurions aimé travailler :*

- *Présence d'allergène ?*
- *Combustion du poil*
- *Perméabilité du poil ?*
- *Caractère isolant ?*

## BIBLIOGRAPHIE :

Qu'est ce que l'upcycling :

<https://www.cci.fr/actualites/lupcycling-cest-quoi>

Photographie en introduction:

<https://www.mouss-le-chien.com/conseils/soins/allergie-poils-chien.html>

Caractéristiques du pelage et des poils :

- pour le chien :

<https://www.chien.com/le-chien-50/anatomie-morphologie-du-chien-50006/le-pelage-du-chien-types-de-poils-structure-mues-16600.php>

- pour les autres espèces :

<https://expertsdulcdt.jimdofree.com/identification-humaine/poils-et-cheveux/>  
<https://chirurgieesthetiquelavocat.com/structure-cheveu.html>

Article sur Marie Jo que nous avons eu la chance de contacter :

<https://www.lanouvellerepublique.fr/indre/marie-jo-tricote-malin-avec-du-poil-de-chien>

Photographie de la molécule

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Dithiothréitol>