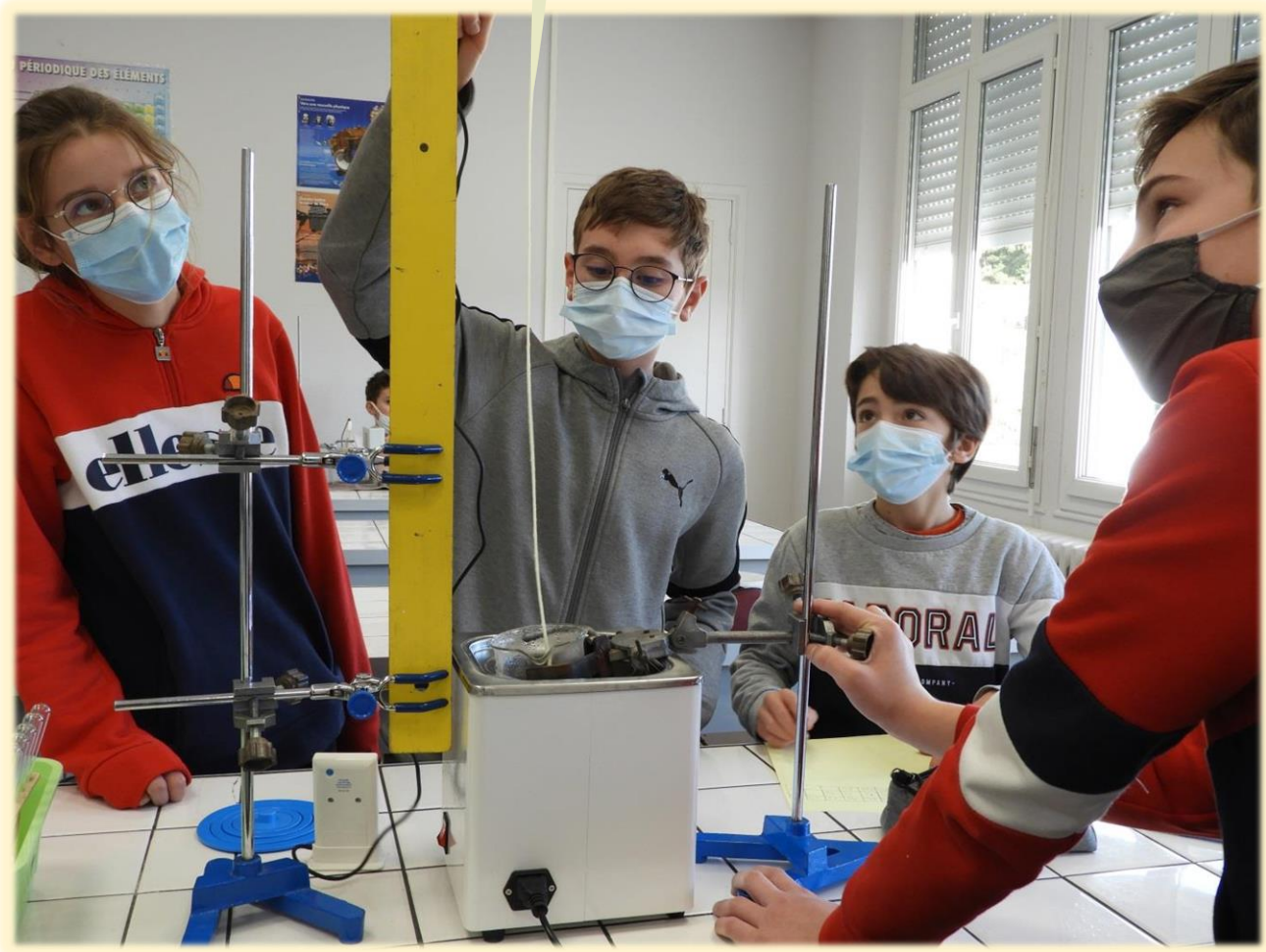
Au fil de l’aligot.



Lien vidéo : https://youtu.be/z-Ulxlet62Y

Collège Lucie Aubrac 12 240 RIEUPEYROUX

MARS 2021

TABLE DES MATIÈRES

PRESENTATION DE L'EQUIPE 2

INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE 3

RENCONTRES AVEC NOS PARTENAIRES 4

LA FERME DE LA ROSELLE 4
L'IMFT 5
L'INTERVENTION DE « CHIMIE ET SOCIETE » 6

NOS DEMARCHES EXPERIMENTALES 9

QUELLE DOIT ETRE LA TEMPERATURE DE L'ALIGOT POUR NOS EXPERIENCES ? 9
A QUELLE CLASSE DE FLUIDE L'ALIGOT APPARTIENT-IL ? 11
POURQUOI NE PEUT-ON PAS FABRIQUER DE L'ALIGOT AVEC DE LA TOME DE BREBIS ? 15
PEUT-ON FABRIQUER UN ALIGOT SYNTHETIQUE ? 16
COMMENT MODELISER LE COMPORTEMENT DE L'ALIGOT ? 18

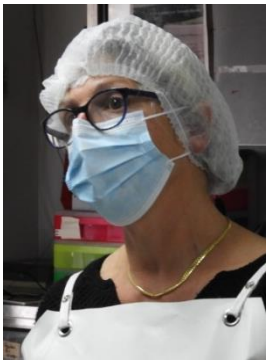
CONCLUSION, PERSPECTIVES 20

ANNEXES 21

LES ELEVES DE L'ATELIER SCIENTIFIQUE

Salomé **BALON-CHEN**	Valentin **BELLOUBET**	Gaby **BRUEL**	Dorian **CABRIT**	Blandine **CHAVATTE**	Crystale **DEFESCHE**
Aymeric **FABRE**	Thaddius **GENNIAUX**	Romane **MICHAUD**	Elise **MOULY**	Sasha **RAMIREZ**	Ivan **ZAMPAGLIONE**

NOS PARTENAIRES



Brigitte **MAZARS**

Agricultrice
Ferme de La Roselle

Dominique **ANNE-ARCHARD**

Chercheuse
IMFT

Sylvie **ROBERT**

Biochimiste
Chimie et Société

Jean-Pierre **CHAMBOST**

Microbiologiste
Chimie et Société

INTRODUCTION, PROBLEMATIQUE

L'aligot est un plat traditionnel de l'Aveyron où nous habitons.

L'Atelier Scientifique et Technique du collège a déjà travaillé sur ce sujet l'année dernière mais le confinement a stoppé le projet. A notre tour, nous nous sommes posé la question :

Pourquoi l'aligot file-t-il ?

Pour pouvoir émettre des hypothèses, et avoir toutes les informations nécessaires afin de répondre à cette question, nous avons visité la **ferme de La Roselle** à La Bastide l'Evèque, l'**Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse** et rencontré, au collège, deux chercheurs membres de **Chimie et Société**. Après toutes ces rencontres, nous avons été amenés à nous poser les questions suivantes :

Quelle doit être la température de l'aligot pour nos expériences ?

A quelle classe de fluide l'aligot appartient-il ?

Pourquoi ne peut-on pas fabriquer de l'aligot avec de la tome de brebis ?

Peut-on fabriquer un aligot synthétique ?

Comment modéliser le comportement de l'aligot ?

Nos différents partenaires, nos professeurs de **physique chimie**, **SVT** et **technologie** et **les cuisinières** du collège nous ont aidés dans notre démarche.

Flyer de la ferme de La Roselle.

RENCONTRES AVEC NOS PARTENAIRES

Jeudi 1er octobre, nous avons pu visiter la **ferme de La Roselle** à La Bastide l'Evèque à quelques km du collège**.**

Brigitte Mazars, agricultrice et conseillère départementale, nous a expliqué comment, dans sa ferme, elle fabrique de la tome fraîche et de l'aligot.

Ce que nous avons retenu de cette visite :

Les ingrédients d'un aligot sont : la pomme de terre, la tome fraîche au lait de vache, la crème fraîche. Pour que l'aligot file bien, la tome fraîche utilisée pour le fabriquer doit avoir entre 48 h et 5 jours.

Il faut surveiller la température du lait.

Pour fabriquer de la tome fraîche, on fait cailler le lait avec de la présure. Le lait doit être à une température de 34°C et il faut verser 18 cm^3 de présure pour 50 L de lait. Les protéines du lait coagulent. On sépare ensuite le caillé du lactosérum (*petit lait*) dans une presse. On laisse enfin reposer le caillé jusqu'au lendemain sans le saler. La tome fraîche est prête. Par cette méthode, on peut obtenir 5 kg de tome.

Brigitte Mazars nous a dit qu'il serait impossible de fabriquer de l'aligot avec de la tome de brebis. Les élèves de l'atelier, l'année dernière, ont fabriqué leur propre tome de brebis et, avec l'aide de la cuisinière du collège, essayé de fabriquer un aligot … sans succès.

Les élèves de l'atelier scientifique à la ferme de La Roselle.

Mardi 6 octobre, nous avons passé la journée à **l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (*IMFT*)**.

L'atelier rhéologie de l'IMFT.

Nous avons été accueillis par **Dominique Anne-Archard**, chercheuse. Sa spécialité est la rhéologie, c'est-à-dire la science qui étudie l'écoulement des fluides.

Après une visite du laboratoire, Dominique Anne-Archard nous a présenté un atelier sur la rhéologie. Elle nous a exposé les différentes classes de fluides :

- les fluides newtoniens (*comme l'eau ou l'huile*) : leur viscosité ne dépend pas de leur mouvement ;
- les fluides non newtoniens comme :
  - les fluides newtoniens généralisés : leur viscosité dépend de leur mouvement (*comme le mélange eau-maïzena*) ;
  - les fluides viscoplastiques : ils ne se mettent en mouvement que si les forces qu'on leur exerce dépassent un certain seuil (*comme la mayonnaise, le ketchup ou le dentifrice*) ;
  - les fluides viscoélastiques : ils sont visqueux et élastiques (*comme la pâte à gâteau, le blanc d'œuf ou le liquide vaisselle*) ;
  - les fluides thixotropes : leur viscosité varie dans le temps.

<u>Ce que nous avons retenu de cette visite :</u>

La frontière qui sépare les solides des liquides n'est pas si nette que cela.
La **viscosité** correspond aux frottements entre les particules fluides que l'on déplace.
La température peut avoir une action sur la viscosité. Il faudra chercher à travailler à température fixe pour nos expériences.
On peut caractériser un fluide viscoélastique par quelques tests simples comme l'effet Weissenberg (*le fluide grimpe le long d'un bâton en rotation*).
Nous avons commencé à réfléchir à la façon de mesurer la viscosité d'un fluide.

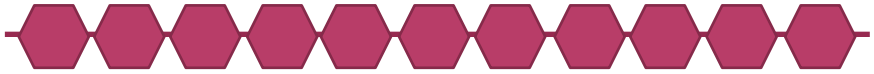
Mardi 1 décembre, nous avons reçu au collège **Sylvie Robert** (*biochimiste*) **et Jean-Pierre Chambost** (*microbiologiste*) qui sont membres de **Chimie et Société**.

Grâce à eux, nous avons mis en place une expérience qui cherche à déterminer le rôle des principaux constituants de l'aligot sur sa façon de filer.

Dans l'aligot, on trouve de la pomme de terre (*qui apporte des glucides : l'amidon*) et de la tome fraîche (*qui apporte des protéines et des lipides*).

Voici comment on peut modéliser :

- l'amidon (*chaînes de glucose*) :



- les protéines (*chaînes d'acides aminés*) :

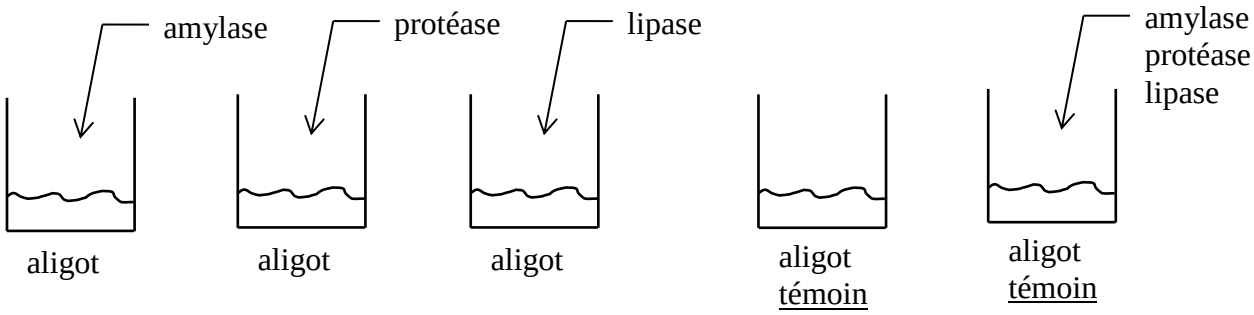
- les lipides (*chaînes d'acides gras*)

Sylvie Robert et Jean-Pierre Chambost nous ont fait découvrir le rôle des **enzymes** d'hydrolyse. Elles permettent de couper des longues chaînes de molécules. Pour notre expérience, nous avons eu besoin des enzymes suivantes :

- l'**amylase** : capable de couper l'amidon en glucose :
- la **protéase** : capable de couper les protéines en acides aminés
- la **lipase** : capable de couper les lipides en acides gras.

A partir de cet exposé, nous avons pu mettre en place le <u>protocole</u> suivant :

- Placer 20 g d'aligot dans chacun des 5 pots en verre utilisés.
- Verser une solution contenant une enzyme et un tampon (*pH 8 pour maintenir le pH pendant l'expérience*) dans chaque pot.
- Ne pas oublier de préparer des témoins (*aligot seul et aligot avec les trois enzymes*).



- Placer les pots dans un bain-marie à 40°C pendant 1h30 (*les enzymes « travaillent mieux » à cette température-là*).
- Réchauffer ensuite chaque échantillon d'aligot grâce à un four micro-ondes.
- Tester le filant de chaque aligot en mesurant la hauteur du fil formé.

Echantillons d'aligot placés au bain-marie à 40°C.

Tout le monde met la main à la pâte.

Observations :

Enzyme ajoutée sur l'aligot	**amylase**	**protéase**	**lipase**	**pas d'enzyme (*témoin*)**	**les 3 enzymes (*témoin*)**
Longueur du fil d'aligot formé	*100 cm*	*0 cm*	*0 cm*	*90 cm*	*0 cm*
Texture	*Pas liquide, visqueux*	*Granuleux*	*Moins liquide*	*Un peu plus liquide*	*Liquide*
Odeur	*Normale*	*Forte*	*Forte*	*Normale*	*Très forte, pas agréable*

Interprétation :

Un aligot dont l'amidon est dégradé file autant qu'un aligot normal. Donc l'amidon n'intervient pas pour faire des fils.

Un aligot dont les protéines sont dégradées ne file pas. Donc les protéines sont impliquées dans la formation des fils.

Un aligot dont les lipides sont dégradés ne file pas. Donc les lipides sont impliqués dans la formation des fils.

Conclusion :

Les protéines et les lipides étant présents dans la tome fraîche, on peut en conclure que **la tome fraîche est responsable du filage de l'aligot**.

La texture d'un aligot sans protéines est différente de la texture d'un aligot sans lipides. **Les protéines et les lipides ne semblent donc pas jouer le même rôle dans le filage de l'aligot.**

Protéines, lipides, amidon … Quelles sont les molécules responsables de la formation des fils ?

Ce que nous avons retenu de cette rencontre :

Ce sont les protéines et les lipides qui sont responsables du filage de l'aligot.

La tome doit être fraîche pour que l'aligot file bien. Jean-Pierre Chambost nous a expliqué que lors de l'affinage, les bactéries présentes dans la tome fabriquent des enzymes qui agissent sur les constituants. Si la tome est trop vieille, les protéines et les lipides ont été trop « cassés » au cours du temps par les enzymes présentes pour permettre le filant.

La méthode mise en place par Sylvie Robert et Jean-Pierre Chambost est une méthode destructrice (*les enzymes détruisent des molécules*). Nous pourrions imaginer une méthode constructive : il faudrait fabriquer un aligot synthétique.

Quelle doit être la température de l'aligot pour nos expériences ?

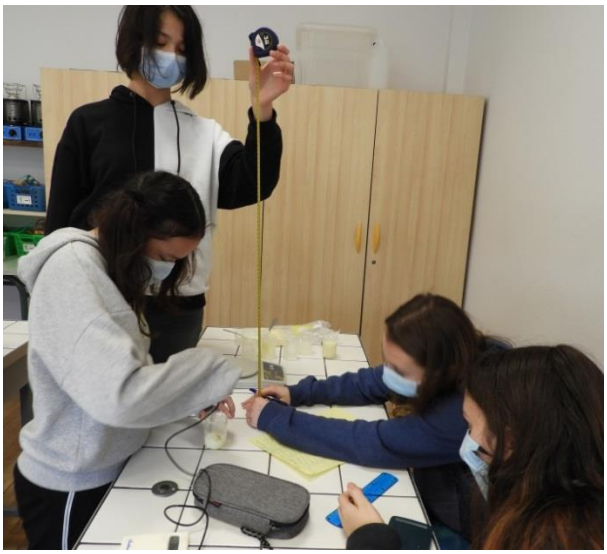
Avant de rechercher à quelle classe de fluide appartient l'aligot, nous avons décidé de suivre le conseil de Dominique Anne-Archard de l'IMFT : il faudra travailler à température constante pour que l'aligot garde la même fluidité. Nous avons donc essayé de connaître la température où nous pourrons manipuler l'aligot pour qu'il soit le plus filant.

Nous avons choisi deux méthodes pour chauffer l'aligot : avec un four micro-ondes et avec un bain-marie.

Méthode avec un four micro-ondes :

Nous avons placé 20 g d'aligot dans des pots en verre. L'aligot a ensuite été placé dans un four micro-ondes pendant une certaine durée. A la sortie du four, l'aligot a été remué 20 s puis sa température et la longueur du fil ont été mesurées.

Cette expérience a été réalisée quatre fois pour chacune des durées de chauffage.



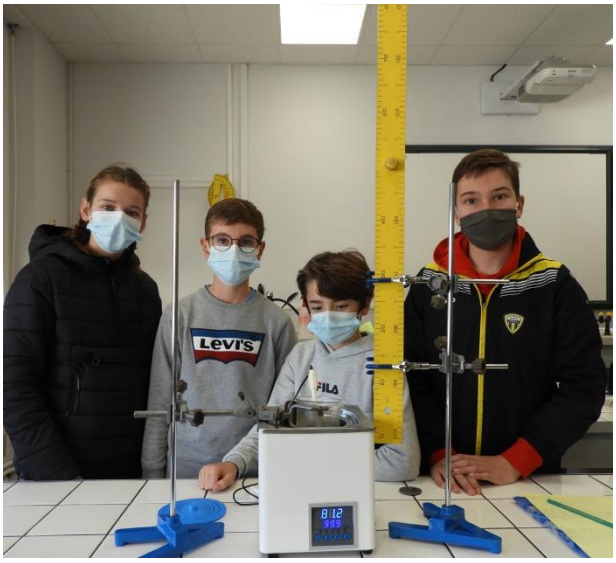
Mesure de la hauteur du fil d'aligot.

Observation :

Durée de chauffage (*s*)	Température moyenne de l'aligot (°*C*)	Hauteur moyenne du fil d'aligot mesurée (*cm*)
10	*57*	*57,5*
15	*78*	*97*
20	*81*	*132,5*
25	*90*	*103*

Interprétation :

Pour 20 g d'aligot, un chauffage de 20 s au four micro-ondes semble être la meilleure durée pour obtenir le plus grand fil. A partir de 25 s, la longueur du fil obtenu est moins grande. Peut-être qu'avec une température trop élevée l'aligot perd en viscosité et file moins bien. Pour que l'aligot file bien, il semble que sa température doit être de 80°C environ.



Méthode avec un bain-marie :

Nous avons placé 100 g d'aligot dans un bécher que nous avons ensuite placé dans un bain-marie. Au fur et à mesure de l'augmentation de température de l'aligot, nous avons mesuré la longueur de son fil.

Cette expérience a été réalisée deux fois.

Observation :

Température moyenne de l'aligot (°*C*)	*49,5*	*56*	*59,5*	*63,5*	*68*	*74,5*	*79*	*83*	*88*
Hauteur moyenne du fil d'aligot mesurée (*cm*)	*0*	*0*	*5*	*17,5*	*40*	*35*	*60*	*100*	*82,5*

Interprétation :

La plus grande longueur de fil a été obtenue pour un aligot à 83 °C en moyenne. Pour une température moyenne plus élevée, le fil est moins long.

Conclusion :

Les deux méthodes utilisées nous montrent que la température de l'aligot doit être d'environ 80°C pour qu'il file le mieux. **Dans nos expériences, notre aligot devra donc être porté à une température de 80°C.**

A quelle classe de fluide l'aligot appartient-il ?

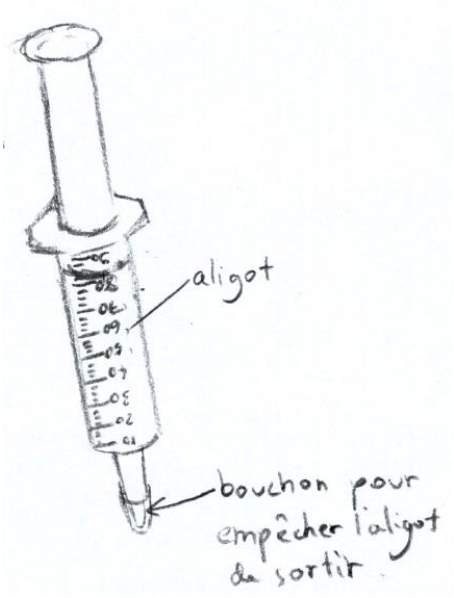
Pour déterminer à quelle classe de fluide appartient l'aligot, Dominique Anne-Archard nous a aidés à mettre en place des protocoles. Nous nous sommes aussi inspirés d'un document qu'elle nous a fourni (*annexe 1*) et de ce que nous avons vu lors de notre visite de l'Institut de Mécanique des Fluides.

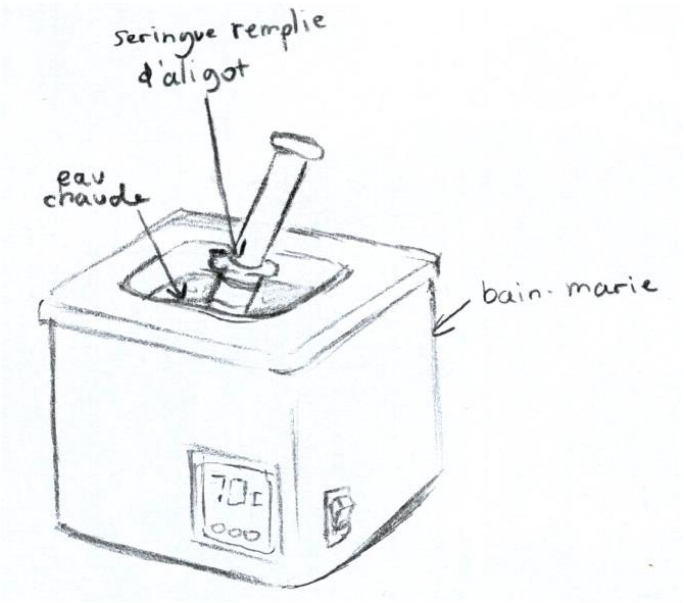
L'aligot est-il un fluide newtonien ou non newtonien ?

Dominique Anne-Archard nous a expliqué que :

- La viscosité d'un fluide newtonien (*comme l'eau*) ne dépend pas de la force qui est exercée sur lui.
- La viscosité d'un fluide non newtonien (*comme le mélange Maïzena-eau*) dépend de la force qui est exercée sur lui (*plus on essaie de remuer fortement un mélange Maïzena-eau, plus il est difficile à remuer*).

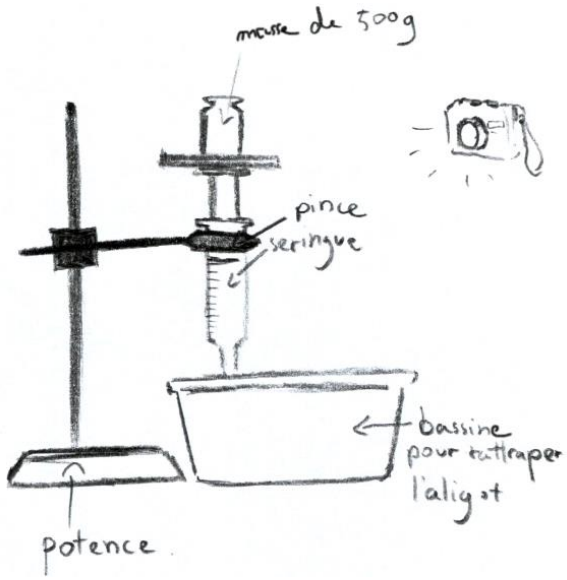
Pour voir comment se passe l'écoulement des fluides en fonction de la force qu'on leur applique, nous avons imaginé l'expérience suivante.

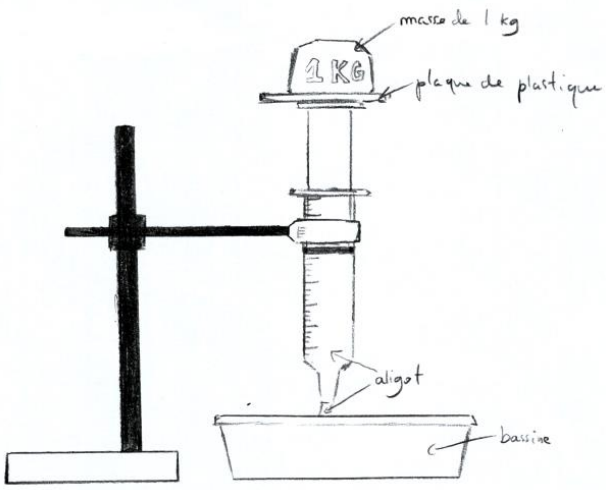




Dessins réalisés par Salomé.

- Enlever le joint au niveau du piston de la seringue pour réduire les frottements.
- Remplir une seringue de 60 mL avec de l'aligot.
- Placer cet aligot dans un bain-marie à 80°C. Laisser la seringue 30 min à cette température.
- Suspendre la seringue à une potence et poser sur le piston une masse de 500 g.
- Filmer l'écoulement de l'aligot lorsque cette masse appuie dessus.





Dessins réalisés par Salomé.

- Transférer la vidéo sur un ordinateur puis utiliser un logiciel de montage vidéo pour mesurer la durée d'écoulement de 10 mL.
- Calculer le débit Q_1 d'écoulement.
- Reproduire les mêmes étapes pour une masse de 1000 g posée sur le piston. Calculer le débit Q_2.

<u>Résultats attendus :</u>

Doubler la masse sur le piston permet d'exercer une force deux fois plus grande sur l'aligot. Nous avons choisi des masses importantes (*500 g et 1 kg*) pour que les autres phénomènes soient négligeables devant l'effet de ces masses. Dans ces conditions Dominique Anne-Archard nous a expliqué que si l'aligot est un fluide newtonien, le débit Q_2 devrait être deux fois plus grand que le débit Q_1. Si l'aligot est un fluide non-newtonien, ce ne sera pas le cas. Si le débit est plus de deux fois plus grand, cela veut dire que sa viscosité a diminué et on dit que le fluide est rhéofluidifiant. Si le débit est moins de deux fois plus grand, sa viscosité a augmenté et on dit qu'il est rhéoépaississant (*comme le mélange Maïzena-eau*).

<u>Observations :</u>

Masse de 500 g sur le piston			Masse de 1000 g sur le piston		
Graduations (*mL*)	Durées d'écoulement (*s*)	Débits calculés Q_1 (*mL/s*)	Graduations (*mL*)	Durées d'écoulement (*s*)	Débits calculés Q_2 (*mL/s*)
40 → 30	18,03	0,55	40 → 30	3,04	3,29
30 → 20	19,07	0,52	30 → 20	3,97	2,52
20 → 10	29,81	0,33	20 → 10	5,14	1,95

On obtient donc en moyenne : Q_1 = 0,47 mL/s et Q_2 = 2,59 mL/s. $\frac{Q2}{Q1} = \frac{2,59}{0,47} = 5,2$

Interprétation :

Si on exerce 2 fois plus de force sur l'aligot, son débit d'écoulement est 5,2 fois plus grand. La viscosité de l'aligot dépend de la force qui est appliquée sur lui.

Conclusion :

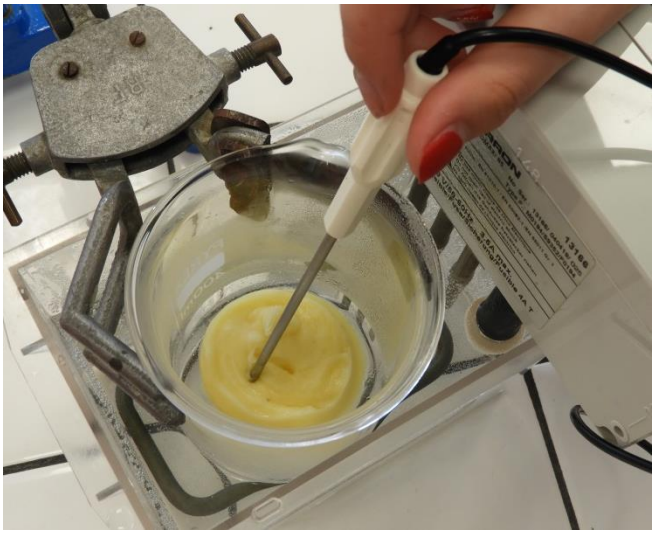
L'aligot est un fluide non newtonien (*fluide newtonien généralisé*) et il est **rhéofluidifiant**.

Remarques : Dominique Anne-Archard nous a expliqué que le débit devait rester constant lors de l'écoulement. L'expérience avec une masse de 1000 g devra être refaite (*peut-être que les frottements étaient trop grands*). Nous avons essayé de travailler le plus rapidement possible pour éviter que l'aligot refroidisse pendant la durée de l'expérience.

Montage expérimental.

L'aligot est-il un fluide viscoplastique (*ou fluide à seuil*) ?

Nous avons placé de l'aligot chauffé au four micro-ondes dans un emporte-pièce, placé dans un bécher, lui-même placé dans un bain-marie à 80°C. Nous avons enlevé l'emporte-pièce pour observer comment s'écoulait l'aligot.



Contrôle de la température, emporte-pièce enlevé.

Observation :

Après avoir attendu plusieurs minutes, l'aligot ne s'est pas réparti dans le bécher mais est resté assez compact.

Interprétation :

Une fois l'emporte-pièce enlevé, si l'aligot n'était pas un fluide à seuil, il aurait dû s'écouler jusqu'à couvrir tout le fond du bécher et former une surface libre horizontale.
Dans cette expérience, l'aligot ne s'écoule pas sous l'effet de son propre poids.

Conclusion :

L'aligot est un fluide viscoplastique.

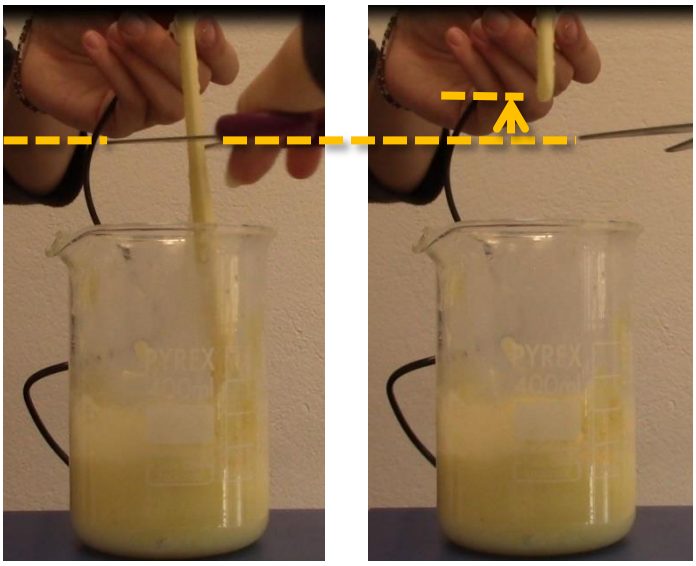
Comment montrer les propriétés élastiques de l'aligot ?

Nous avons chauffé 100 g d'aligot jusqu'à environ 80°C puis l'avons étiré à l'aide de la sonde du thermomètre. Nous avons coupé le fil à l'aide d'une paire de ciseaux.

Observation : l'aligot s'étire et, une fois coupée, la partie supérieure du fil d'aligot monte vers la sonde du thermomètre.

Interprétation : l'aligot se comporte comme un élastique. Il peut être tendu puis détendu.

Conclusion : **l'aligot a des propriétés élastiques.**



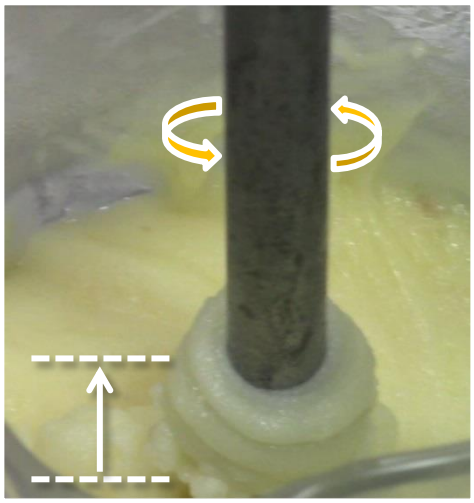
Elasticité de l'aligot.

L'aligot est-il un fluide viscoélastique ?

Si l'aligot est un fluide viscoélastique, l'effet Weissenberg pourra être observé.
Nous avons placé 200 g d'aligot dans un bécher plongé dans un bain-marie à 80°C. Nous avons plongé une tige métallique reliée à une perceuse dans l'aligot.

Montage de visualisation de l'effet Weissenberg.

Effet Weissenberg.



Observation : lorsque la tige métallique tourne dans l'aligot, celui-ci monte le long de la tige. L'effet Weissenberg est observé.

Conclusion : **l'aligot est un fluide viscoélastique.**

Pourquoi ne peut-on pas fabriquer de l'aligot avec de la tome de brebis ?

Composition des laits de vache et de brebis (*valeurs trouvées dans la table de composition REGAL fournie par Sylvie Robert – voir annexe 2*) :

	Pour 100 g de lait de vache	Pour 100 g de lait de brebis
Protéines	*3,2 g*	*5,6 g*
Lipides	*3,5 g*	*6,4 g*

Hypothèse : nous pensons que le lait de brebis doit avoir la même proportion protéines/lipides que le lait de vache pour fabriquer une tome permettant à l'aligot de filer.

Pour avoir les mêmes proportions, il faudrait que 100 g de lait de brebis ait $\frac{6,4\times3,2}{3,5}$ = 5,85 g de protéines. Il manquerait 0,25 g de protéines. Il faudrait donc ajouter 2,5 g de protéines (*caséine*) à 1000 g de lait de brebis pour avoir la même proportion protéines/lipides que le lait de vache.

Protocole mis en place :

- Dans un grand bécher, peser 1000 g de lait de brebis (*lait de traite du matin apporté par Baptiste élève de 3e*).
- Dissoudre dans le lait 2,5 g de caséine (*achetée*).
- Placer le mélange dans un bain-marie à 32°C (*température trouvée sur Internet pour faire de la tome de brebis*).
- Lorsque le lait enrichi en caséine est à 32°C, verser 1/3 de mL de présure (*achetée en pharmacie*).
- Attendre que le caillé se forme, environ 30 min.
- Filtrer et presser le caillé pour le séparer du petit lait et obtenir la tome.

Filtration du caillé.

Tome de brebis enrichie en caséine.

Observations :

Avec ce protocole, nous avons obtenu 217 g de tome de brebis que nous avons répartis en trois.
De la purée a été préparée par les cuisinières de la cantine, puis la tome fabriquée a été incorporée à la purée chaude.
Voici les résultats obtenus, en chauffant et en remuant avec une cuillère :

- purée de pomme de terre + tome âgée de 1 h : pas de fil
- purée de pomme de terre + tome âgée de 48 h : pas de fil
- purée de pomme de terre + tome âgée de 7 jours : pas de fil

Nous avons suivi ce protocole une nouvelle fois mais nous n'avons pas obtenu de fil.

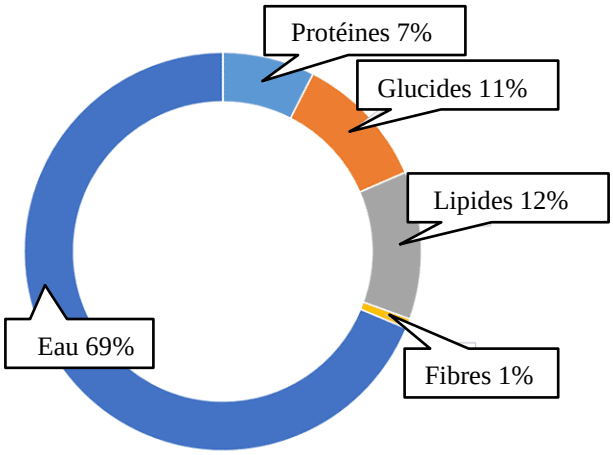
Conclusion :

Il semblerait que **le rapport protéines/lipides n'a pas d'influence sur la formation des fils**.
Nous réfléchissons à d'autres hypothèses.

Peut-on fabriquer un aligot synthétique ?

Nous nous sommes servis du document suivant publié sur le site https://www.aligot.info/valeur-nutritionnelle-aligot.html.

Il indique la composition pour 100 g d'aligot.



Sylvie Robert et Jean-Pierre Chambost nous ont expliqué qu'on pouvait trouver des protéines dans le blanc d'œuf (*10% de protéines, 90% d'eau*), des lipides dans l'huile ou le beurre, de l'amidon (*glucides*) dans la fécule de pomme de terre.
Pour respecter la composition, nous avons calculé que pour fabriquer 100g d'aligot synthétique il faudrait mélanger 70 g de blanc d'œuf (*7 g de protéines + 63 g d'eau*), 6 g d'eau, 11 g de fécule de pomme de terre, 12 g d'huile. Nous avons chauffé le mélange. Cette recette ne fonctionne pas, cela ne file pas. Nous avons alors acheté de la caséine (*protéine du lait*) pour remplacer le blanc d'œuf.

Voici tous les essais qui ont été ensuite réalisés, regroupés dans un tableau. Le mélange a été chauffé à chaque fois dans une casserole posée sur un brûleur électrique.

Protéines	Lipides	Glucides	Eau	Hauteur du fil formé
7 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	69 g	*5 cm*
7 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	100 g	*20 cm*
7 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	130 g	*25 cm*
7 g caséine	12 g huile de colza	0 g	0 g	*0 cm*
7 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	69 g	*0 cm*
15 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	69 g	*5 cm*
15 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	100 g	*25 cm*
15 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	125 g	*30 cm*
23 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	125 g	*38 cm*
23 g caséine	12 g huile de colza	12 g fécule de pomme de terre	150 g	*10 cm*

Conclusion :

Pour le moment nous n'arrivons pas à faire des fils aussi longs que pour un vrai aligot.
Il semble que la quantité d'eau joue un rôle dans la longueur du fil formé.
On remarque aussi que plus on met de caséine, plus l'aligot synthétique file. Les protéines jouent donc un rôle important dans la formation des fils. Nous avons eu une confirmation de cela en faisant l'expérience suivante. Nous avons placé une plaquette de gélatine (*protéine pure*) dans un bol d'eau puis nous l'avons égouttée. Nous l'avons ensuite placée dans un four micro-ondes pendant 10 s. En tirant avec une fourchette nous avons obtenu un fil de 1 m ! Ce fil était très élastique.

Nous pensons que **les protéines jouent un rôle dans l'élasticité** de l'aligot. **La présence d'eau semble indispensable.**
Pour la suite de nos expériences, nous pensons changer la masse d'huile tout en gardant la masse de caséine constante. Nous pourrons observer si cela a une importance sur la viscosité et l'élasticité**.**

Mélange caséine + huile + fécule + eau.

Comment modéliser le comportement de l'aligot ?

La réalisation du modèle aura pris deux ans, le confinement de mars 2020 n'ayant pas permis de le terminer. Les élèves de l'atelier de l'année dernière se sont servis de trois informations données lors de leurs rencontres pour imaginer un modèle moléculaire :

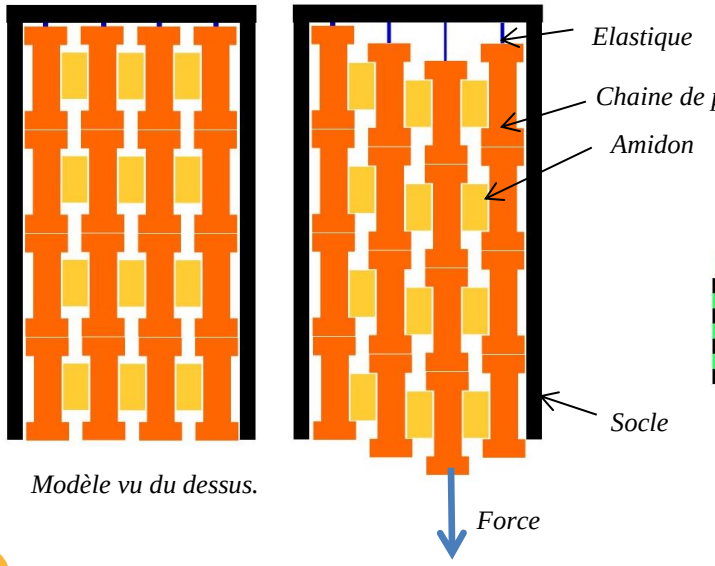
1 – « **La viscosité correspond aux frottements entre les particules fluides que l'on déplace** » (*Dominique Anne-Archard à l'IMFT*). Voici le modèle qui a été présenté à nos camarades et qui a servi à imaginer le leur :

Explication de la viscosité par Dominique Anne-Archard à l'IMFT le 9 octobre 2019.

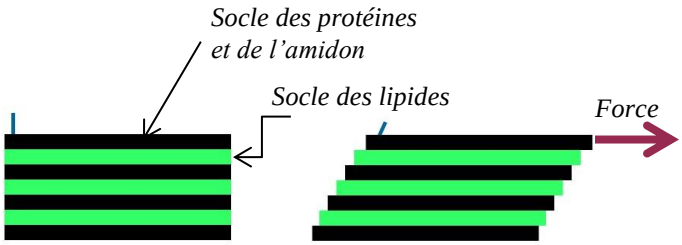
2- « **L'élasticité est due à la présence de protéines qui forment un filet emprisonnant l'amidon** » (*Franck Bourrel lors de la visite de la Coopérative Jeune Montagne le 1er octobre 2019*). Nos camarades ont donc essayé de trouver un modèle qui pourrait expliquer cette élasticité. « **Les lipides permettent aux « filets » de bien glisser les uns sur les autres** » (*Franck Bourrel*)**.** Ils se sont servis du modèle vu à l'IMFT pour représenter cela.

3- Sylvie Robert et Jean-Pierre Chambost, de Chimie et Société, ont montré comment **modéliser l'amidon, les protéines et les lipides**.

Voici le principe du modèle imaginé pour expliquer l'élasticité et la viscosité de l'aligot :

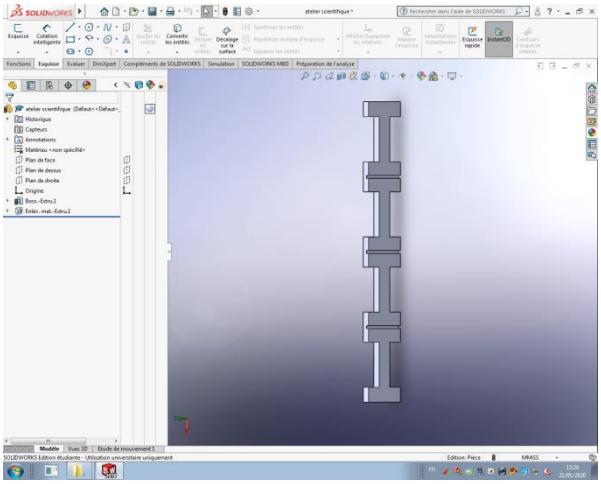


Modèle vu du dessus.

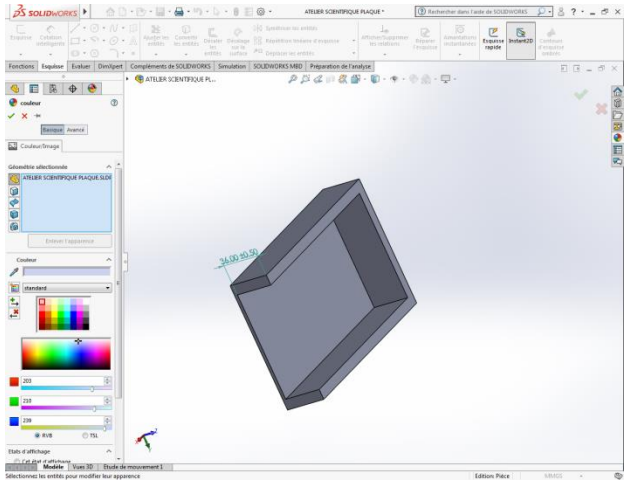


Modèle vu de profil.

L'année dernière, les élèves de l'atelier ont utilisé le logiciel Solidworks pour pouvoir construire les modèles avec la machine à commande numérique de la salle de technologie.

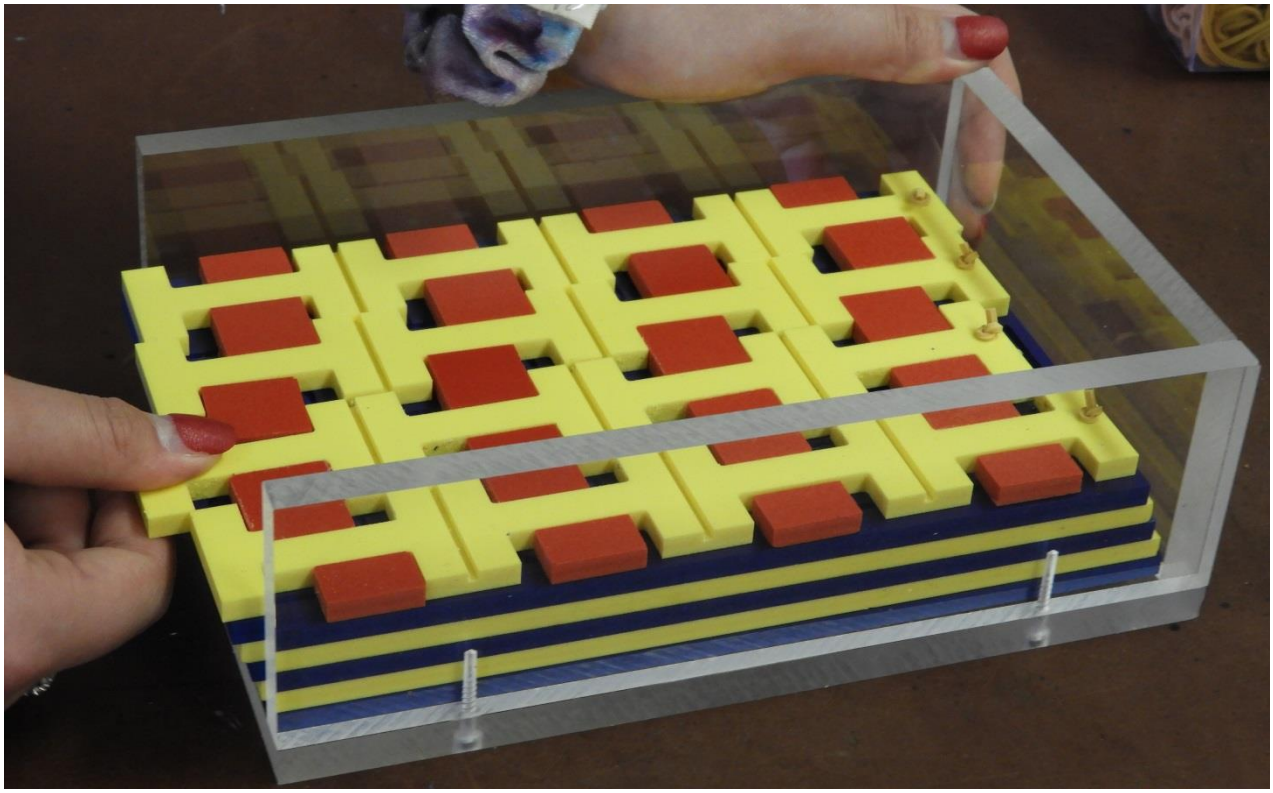


Modèle des protéines avec Solidworks.



Le socle avec Solidworks.

Cette année, nous avons pu terminer la modélisation. En tirant sur une des chaînes de protéines, nous arrivons à étirer un groupe de molécules (*cela modélise l'étirement de l'aligot*). Si nous relâchons l'étirement, la chaîne de protéines revient à sa place grâce à un élastique entraînant avec elle les autres molécules sur les côtés (*cela montre que l'aligot peut être détendu*). Le glissement des plaques les unes sur les autres modélise la viscosité de l'aligot.



Modélisation du comportement de l'aligot.

CONCLUSION, PERSPECTIVES

Pourquoi l'aligot file-t-il ? Cette question nous a donné du fil à retordre… Nous avons dû l'étirer, le pousser dans une seringue, le malaxer, le chauffer, le congeler, le peser, prendre sa température, casser certaines de ses molécules, essayer d'imiter sa composition…1 h par semaine (*et bien plus pour certains groupes*).

Nous pouvons dire pour le moment que l'aligot file car il a des propriétés élastiques et qu'il est visqueux (*c'est un fluide non newtonien, rhéofluidifiant, viscoplastique et viscoélastique*). Protéines et lipides sont indispensables pour obtenir des fils (*molécules apportées par la tome fraîche*). L'élasticité semble liée à la présence des protéines. L'eau semble aussi indispensable. Le rapport protéines/lipides n'aurait pas d'influence sur la formation des fils.
Nous avons construit un modèle moléculaire pour expliquer le comportement de l'aligot.

Les expériences étaient difficiles à mettre en place car l'aligot doit être à une certaine température pour rester fluide. Nous avons fait de nombreux essais avant d'aboutir à nos protocoles. Peut-être trouverons-nous pourquoi on ne peut pas faire un aligot avec de la tome de brebis et, pourquoi pas, une façon d'y arriver. Il faudra poursuivre notre recherche pour améliorer notre aligot synthétique et mieux comprendre la formation des fils.

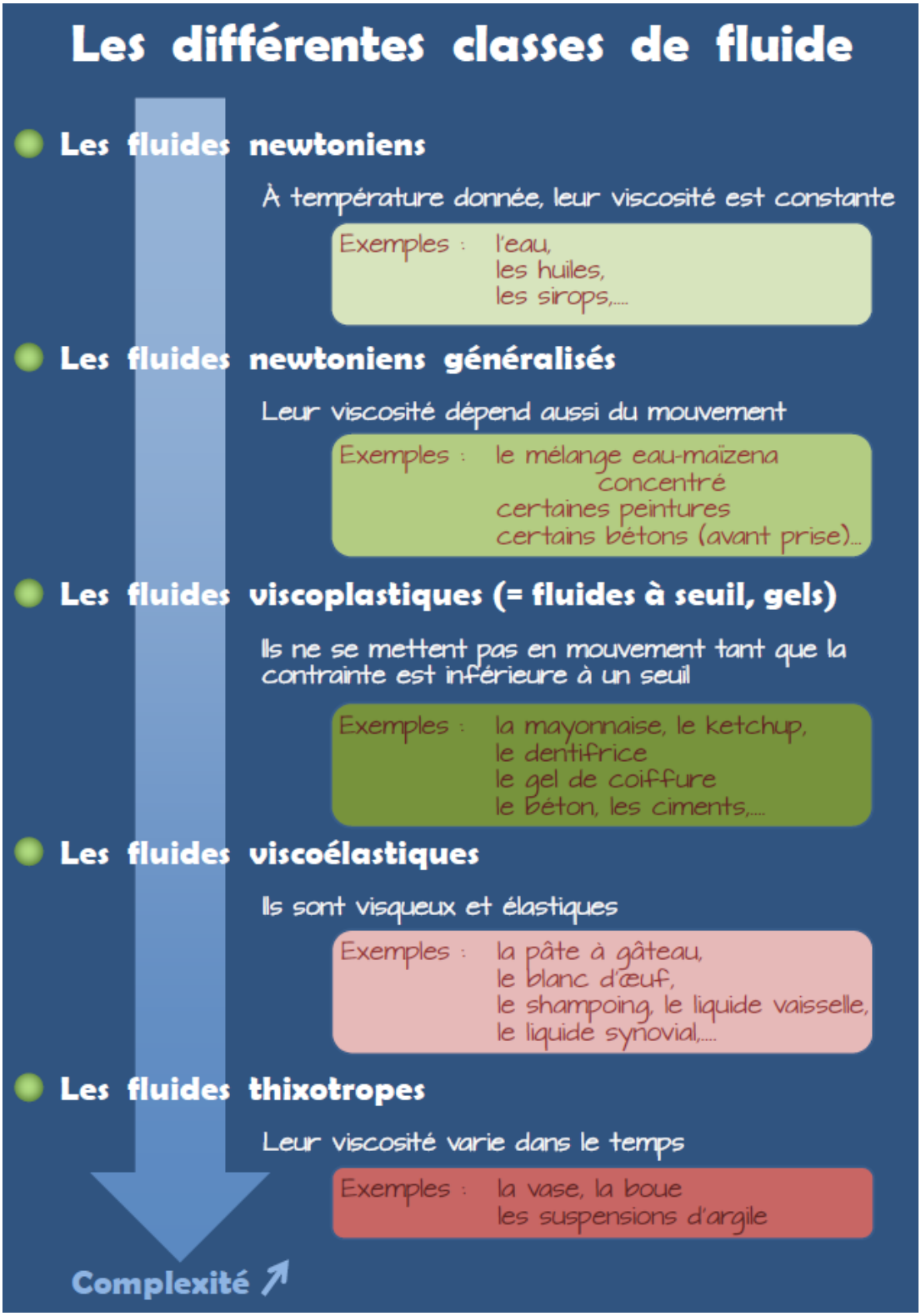
Si le contexte sanitaire le permet, nous irons dans quelques semaines présenter notre travail dans les écoles autour de notre collège.

Nous remercions les chercheurs qui nous ont accompagnés dans notre travail. Leurs conseils nous ont donné des pistes de réflexion et d'expériences à mettre en place. Nous remercions aussi Brigitte Mazars de la ferme de la Roselle pour toutes ses explications et pour nous avoir donné 6 barquettes de 600 g d'aligot sous vide pour réaliser notre démarche expérimentale.

Extrait du flyer de la ferme de La Roselle.

Annexe 1 - Les différentes classes de fluide.

Document fourni par Dominique Anne-Archard (*IMFT*) :



Annexe 2 – extraits de la Table de composition REGAL .

99

Lait de brebis 19100
Milk, sheeps

Teneurs pour 100g

Energie STD (kcal)	100	Phosphore (mg)	141
Energie STD (kJ)	416	Potassium (mg)	146
Eau (g)	82,1	Calcium (mg)	183
Protéines (g)	5,6	Fer (mg)	0,1
Glucides disponibles (g)	5	Rétinol (µg)	45
Glucides dispon. (g mono)	5,2	Equ. ß-Carotène (µg)	5
- Sucres (g)	5	Vitamine D (µg)	0,18
- Amidon (g)	0	Vitamine E (mg)	0,11
Fibres (g)	0	Vitamine C (mg)	4
Lipides (g)	6,4	Thiamine (mg)	0,05
- AG saturés (g)	4,1	Riboflavine (mg)	0,23
- AG mono-insaturés (g)	1,6	Niacine (mg)	0,45
- AG polyinsaturés (g)	0,3	Acide pantothénique (mg)	0,35
Cholestérol (mg)	11	Vitamine B 6 (mg)	0,08
Alcool (g)	0	Vitamine B 12 (µg)	0,5
Sodium (mg)	40	Folates (µg)	5
Magnésium (mg)	16	Proportion comestible	1

A0148 lait ou dérivé = milk or milk product
B2610 brebis = ewe
C0235 lait = milk
E0123 liquide de faible viscosité sans particule visible = liquid, low viscosity, with no visible particles
F0001 niveau inconnu de transformation thermique = extent of heat treatment not known
G0003 pas de méthode de cuisson applicable = cooking method not applicable
H0003 aucun traitement appliqué = no treatment applied
J0001 traitement de conservation inconnu = preservation method not known
K0003 sans milieu de conditionnement = no packing medium used
P0024 alimentation humaine courante = human food, no age specification

111

Lait entier pasteurisé 19024
Milk, whole, pasteurized

Teneurs pour 100g

Energie STD (kcal)	63	Phosphore (mg)	86
Energie STD (kJ)	265	Potassium (mg)	148
Eau (g)	87,8	Calcium (mg)	119
Protéines (g)	3,2	Fer (mg)	0,04
Glucides disponibles (g)	4,6	Rétinol (µg)	39
Glucides dispon. (g mono)	4,8	Equ. ß-Carotène (µg)	18
- Sucres (g)	4,6	Vitamine D (µg)	n.d.
- Amidon (g)	0	Vitamine E (mg)	n.d.
Fibres (g)	0	Vitamine C (mg)	2
Lipides (g)	3,5	Thiamine (mg)	0,05
- AG saturés (g)	2,1	Riboflavine (mg)	0,17
- AG mono-insaturés (g)	1,1	Niacine (mg)	0,1
- AG polyinsaturés (g)	0,12	Acide pantothénique (mg)	0,36
Cholestérol (mg)	12	Vitamine B 6 (mg)	0,03
Alcool (g)	0	Vitamine B 12 (µg)	0,4
Sodium (mg)	45	Folates (µg)	5
Magnésium (mg)	10	Proportion comestible	1

A0148 lait ou dérivé = milk or milk product
B1201 vache = cow
C0235 lait = milk
E0123 liquide de faible viscosité sans particule visible = liquid, low viscosity, with no visible particles
F0018 transformation thermique partielle = partially heat treated
G0003 pas de méthode de cuisson applicable = cooking method not applicable
H0003 aucun traitement appliqué = no treatment applied
J0135 pasteurisé à chaud = pasteurized by heat
K0003 sans milieu de conditionnement = no packing medium used
P0024 alimentation humaine courante = human food, no age specification

Annexe 3 – Centre Presse du 14 octobre 2020 et carte de vœux du collège.

Rieupeyroux

Les collégiens s'intéressent à l'aligot

Les collégiens en visite à la ferme de La Roselle.

Depuis la rentrée scolaire, l'atelier scientifique du collège Lucie Aubrac reprend ses activités avec un groupe de dix nouveaux élèves. Le confinement et l'annulation des concours n'ayant pas permis de terminer le travail mené l'année dernière, le projet « Au fil de l'aligot » reprend son cours.

La problématique principale reste inchangée : pourquoi l'aligot file-t-il ? Pour trouver des pistes de réflexion, les élèves se sont rendus à la ferme de La Roselle, et ont pu mettre la main à la pâte et fabriquer, grâce à Brigitte Mazars, leur propre tome fraîche, ingrédient indispensable de l'aligot. Quelques jours plus tard, Dominique Anne-Archard, chercheuse, les a accueillis à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse pour présenter un atelier sur les différentes classes de fluides et sur leur écoulement.

Avec ces nouvelles connaissances, nos collégiens chercheront à découvrir à quel type de fluide appartient l'aligot : newtonien, non newtonien, viscoplastique, viscoélastique ? Il ne faudra pas perdre le fil.

L'équipe de direction, les personnels, les enseignants et les élèves, du collège Lucie Aubrac de Rieupeyroux

Atelier scientifique et technique, fabrication de l'aligot

vous présentent leurs meilleurs vœux pour l'année 2021

Atelier scientifique et technique, intervention de membres de Chimie et Société