

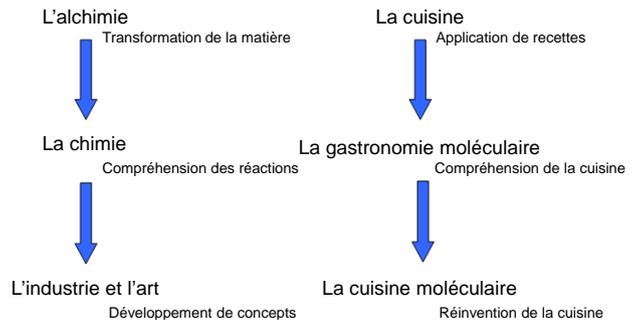
## La cuisine moléculaire

Larla D'Or, Kevin Garnir, Gaëlle Mariaule,  
Chloé Martens, Coryse Smet  
Département de Chimie

### Un petit bout d'histoire

La **cuisine moléculaire** est l'aboutissement de nombreuses recherches mêlant **chimie** et **gastronomie**. Elle a permis de développer l'art culinaire.

La **gastronomie moléculaire** est à la base de ces nouveaux développements, en étudiant les phénomènes physico-chimiques qui surviennent lors des **transformations culinaires**.



### La chimie de l'œuf

#### Sous la coquille



L'œuf est constitué de deux parties:

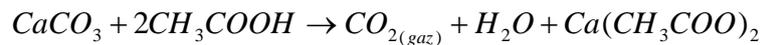
Le **blanc**, composé à 90% d'eau, contient une protéine majoritaire, l'**ovalbumine**.

Le **jaune** sert de réserve énergétique à l'embryon ; il est constitué d'un grand nombre de lipides.

#### Sans la coquille

Seule partie non consommable, la **coquille** agit comme une barrière de protection.

Elle est constituée à 95% de minéraux dont le **carbonate de calcium**,  $\text{CaCO}_3$  sur une épaisseur d'environ 0,3 millimètres.



Une fois la coquille dissoute par l'acide, une membrane perméable préserve la forme de l'œuf.

#### Cuisson ou coagulation des protéines: même combat

Une protéine est une **macromolécule biologique** composée d'une série d'acides aminés. L'ordre de ces acides aminés représente la **structure primaire** qui est définie par les gènes.

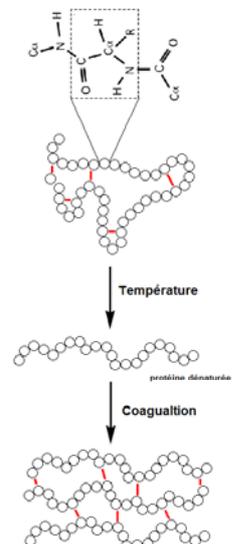
La **structure tridimensionnelle ou tertiaire** d'une protéine est intimement liée aux propriétés physico-chimiques comme la **solubilité**.

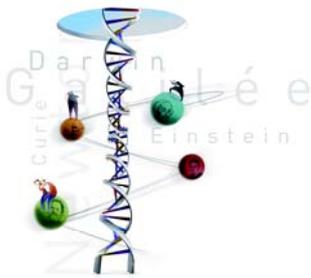
Cette structure est essentiellement dirigée par des interactions spécifiques qui plient la protéine de manière à isoler les parties **hydrophobes** du milieu aqueux et la rendent soluble dans l'eau.

La formation d'une masse compacte à partir de constituants solubles définit le phénomène de **coagulation**. Celui-ci peut être provoqué par divers facteurs comme:

- **La température**, chaque protéine est dénaturée à une certaine température
  - Le blanc d'œuf coagule à partir de 57° C
  - Le jaune coagule à partir de 65° C
- **L'alcool**, modifie l'hydratation des protéines et provoque la formation d'agrégats.

La présence d'agrégats de protéines est à la base de maladies neurodégénératives telles que les maladies de Parkinson et d'Alzheimer.



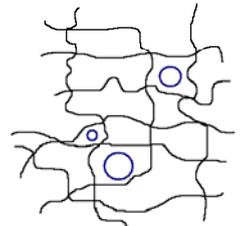


**La cuisine moléculaire**  
Larla D'Or, Kevin Garnir, Gaëlle Mariaule,  
Chloé Martens, Coryse Smet  
Département de Chimie

## Le processus de gélification

Un gel fait partie de la famille des **systèmes colloïdaux macromoléculaires** dont les propriétés d'élasticité sont directement liées à sa structure moléculaire, c'est-à-dire un réseau tridimensionnel de macromolécules.

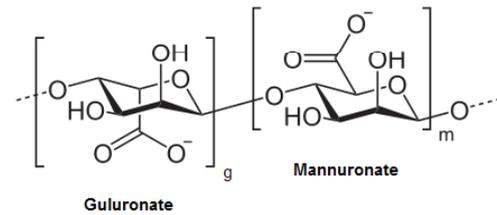
Le gel possède une caractéristique des **liquides**: la diffusion des petites molécules.  
Et celle d'un **solide**: la résistance aux déformations en stockant l'énergie mécanique.



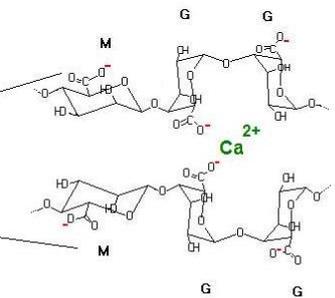
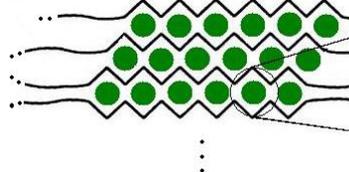
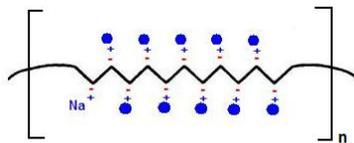
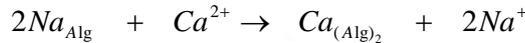
### La gélification chimique

La formation du réseau est basée sur une **réaction chimique** liant les macromolécules d'alginate à l'aide d'ions calcium bivalents.

Les alginates représentent une famille de polysaccharides obtenus à partir d'algues laminaires.  
Ce **polymère** est composé de deux monomères différents: guluronate et mannuronate.



La réaction chimique permettant la formation d'un réseau peut s'écrire:

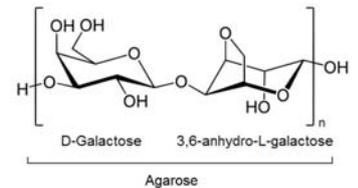


### La gélification physique

La formation du réseau est basée sur les **interactions entre des polymères** non ramifiés formés d'un disaccharide dérivé du galactose, appelé **Agarose**. L'Agarose (ou Agar-Agar) est extrait de la paroi cellulaire de certaines algues.

Lors de l'**abaissement de température**, les polymères d'Agarose vont pouvoir former une structure tridimensionnelle poreuse (gélification) à l'aide d'**interactions non covalentes** telles que:

- des ponts hydrogènes
- des interactions électrostatiques faibles

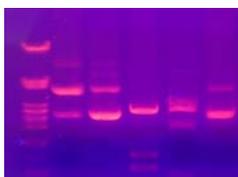


Au dessus de **35° C** l'énergie thermique devient trop importante. Ces interactions sont rompues, les polymères sont alors isolés et ne forment plus une structure de gel. Une perturbation mécanique trop forte peut également briser ces liaisons.

Ce **processus réversible** ne doit pas être confondu avec une réaction de polymérisation.

#### Applications scientifiques

Gel d'électrophorèses



Boîtes de pétri



#### Applications culinaires

Jelly dessert



Confitures





## La cuisine moléculaire

Larla D'Or, Kevin Garnir, Gaëlle Mariaule,  
Chloé Martens, Coryse Smet  
Département de Chimie

### Les émulsions et les mousses

La matière se présente principalement sous forme de **trois états** selon les conditions de **pression** et de **température**:

- L'état gazeux
- L'état liquide
- L'état solide

Dans la nature, selon leurs **propriétés physico-chimiques** et leur état, différents composés se **mélagent** en suivant certaines règles applicables autant au monde scientifique qu'au monde de la cuisine.

#### Les émulsions

Le terme culinaire « émulsion » regroupe l'ensemble des **préparations homogènes**, au niveau macroscopique, formées de **deux composés** à l'état liquide mais ayant des propriétés physico-chimiques différentes les rendant **non miscibles**.

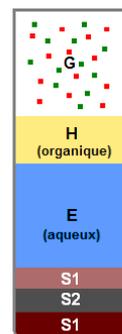
L'un des deux composés se retrouve dispersé dans le second sous forme de petites gouttelettes. Ce mélange est stable grâce à un **troisième constituant** appelé émulsifiant, **tensioactif** ou encore agent de surface.

#### Les tensioactifs

Un tensioactif est une molécule qui possède une affinité pour l'huile et pour l'eau, elle est dite **amphiphile**. Elle possède une tête hydrophile (polaire) et une queue hydrophobe (apolaire). Cela lui permet de stabiliser les interfaces huile/eau en abaissant la tension superficielle.

Ces composés se trouvent naturellement dans certains aliments comme dans le blanc d'œuf qui contient la **phosphatidylcholine (lécithine)**.

C'est la présence de tensioactifs qui permet de différencier une vinaigrette d'une mayonnaise. Dans cette dernière, un blanc d'œuf est ajouté à la préparation. Cela permet la formation de micelles protégeant la phase huileuse de la phase aqueuse.

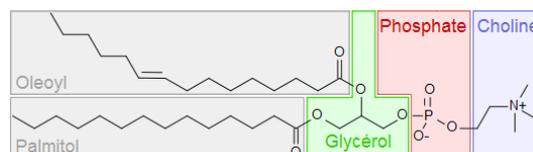


#### Les mélanges

L'état **gazeux** est toujours un mélange **homogène** qui ne présente **qu'une seule phase (G)**.

L'état **liquide** est un mélange **hétérogène de maximum deux phases** : les composés **polaires (E)** et les composés **apolaires (H)**.

L'état **solide** est un mélange dont les constituants sont distinguables les uns des autres.



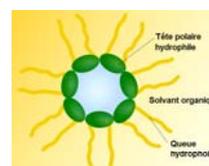
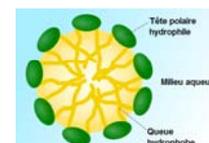
Vinaigrette:  
Émulsion **non stable**, les deux phases se regroupent sous agitation mais se séparent au repos.



ŒUFS = Tensioactifs



Mayonnaise:  
Émulsion **stable**, les deux phases sont **séparées**. Mais l'une reste sous forme de gouttelettes dispersées.

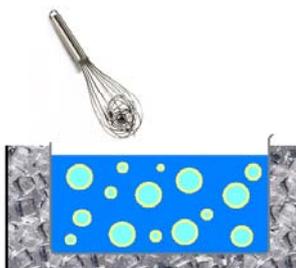


Émulsion = E + H + tensioactif

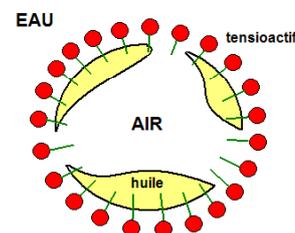
#### Les mousses

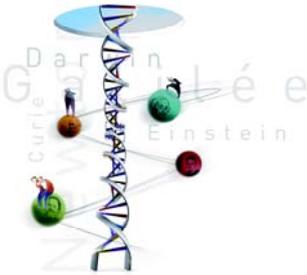
Une mousse est définie comme une émulsion dans laquelle un gaz a été emprisonné.

L'ajout du gaz peut se faire de diverses manières mais le résultat est identique, des bulles de gaz sont piégées par la matière grasse qui se fige avec l'abaissement de la température.



Mousse = émulsion + G





## La cuisine moléculaire

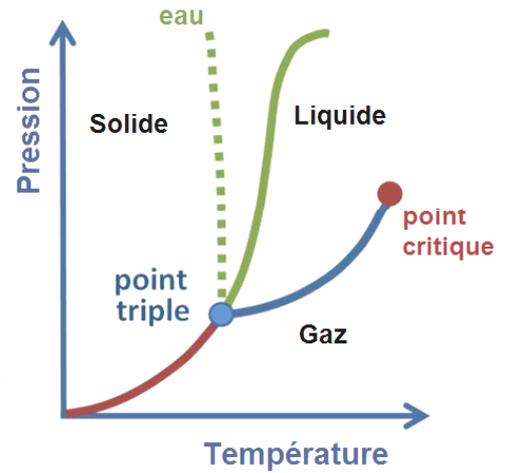
Larla D'Or, Kevin Garnir, Gaëlle Mariaule,  
Chloé Martens, Coryse Smet  
Département de Chimie

### L'azote liquide en cuisine

L'azote gazeux se trouve naturellement sous forme moléculaire de diazote ( $N_2$ ) dans l'air avec une concentration de 78,06% en volume.

L'azote liquide est produit à partir de la distillation fractionnée de l'air liquide.

Comme tout composé chimique, le diazote se trouve dans un des trois états de la matière (gazeux, liquide ou solide) selon les conditions de pression et de température.



#### Les propriétés physiques

- Température d'ébullition à 1 atm : 77,36 K = -195,79 ° C
- Température de fusion à 1 atm : 63,15 K = -210 ° C
- Point triple à T=63,05 K = -210,1° C et P= 0.1237 atm
- Point critique à T=126,15 K = -147° C et P= 33,99 atm
- Masse volumique à 1atm et -195,79° C : 0,810 kg/m<sup>3</sup>

A l'état gazeux, l'azote est incolore, inodore, insipide et a la propriété d'être légèrement plus léger que le dioxygène.

L'application principale de l'azote liquide est d'être utilisé en tant que fluide cryogénique dans l'industrie, dans les laboratoires et aujourd'hui en cuisine.

#### Congélation et surgélation: quelles sont les différences ?



La **congélation** est une technique de conservation de produits biologiques.

Les aliments renferment naturellement une grande quantité d'eau (80 à 90%). La technique de congélation consiste à abaisser lentement la température, transformant ainsi cette eau en cristaux de glace. Ces cristaux finissent par perforer la paroi cellulaire des aliments altérant leur texture et leur saveur.

La **surgélation** est une technique industrielle qui consiste à refroidir brutalement des aliments en les exposant intensément à des températures allant de -35 ° C à -196 ° C. Grâce à ce procédé, l'eau contenue dans les cellules cristallise finement, limitant ainsi la destruction cellulaire.

L'azote liquide est l'une des manières de procéder et consiste à immerger l'aliment dans le fluide à très basse température.



#### Applications

- En laboratoire, pour le stockage du matériel biologique à des températures très faibles où l'action des enzymes est inhibée.
- Réfrigération de matériaux électroniques.
- Utilisation pour la cryothérapie (dermatologie et oncologie).