

# Physico chimie dans les casseroles

Martine STOFFELS



# But de la chimie de la gastronomie moléculaire

- ➔ Présenter la chimie et la physique au grand public sous forme appétissante et digeste.
- ➔ Expliquer les transformations culinaires, modéliser les recettes et mettre en évidence les proportions récurrentes.
- ➔ Inventer des plats nouveaux, fondés sur la connaissance des aliments et la compréhension des transformations culinaires
- ➔ Introduire en cuisine de nouveaux outils, méthodes ou ingrédients.

# Objectifs de la présentation

➔ Révéler certains aspects techniques de la préparation culinaire

- ✓ *Nous aurons besoin de quelques définitions générales des grandes classes d'aliments*
- ✓ *Nous prendrons quelques exemples où ces aliments interagissent pour nous mettre l'eau à la bouche*



# L'art culinaire est une « science » qui comprend trop de paramètres pour être parfaitement prédictible et même reproductible

## ➔ Différentes sortes d'aliments

- ✓ *Différences chimiques, de formes physiques, de provenances (terroir),...*

## ➔ Différents procédés culinaires

- ✓ *Crus ou cuissons, marinades, mélanges,...*

## ➔ Recettes : compositions, temps, ordre de mélange

## ➔ La dégustation : moment, combinaison des plats, compagnie de convive et humeur



VOYONS ÇA... PIMENT ROUGE, TÉRÉBENTHINE, AIL,  
POUDRE A' FUSIL, DÉCAPANT, PIERRE A' BRIQUET,  
GROS ROUGE, CAMPHRE, SAINDOUX, ESSENCE,  
BIÈRE FORTE... ET NATU'RELLEMENT, UN CLOU DE  
GIROFLE POUR L'ARÔME... VOILÀ, VOILÀ, VOILÀ...



# Il y a 4 classes d'aliments

➔ Protides ou protéines

➔ Lipides ou graisses

✓ *(poly)(in)saturés*

➔ Glucides ou sucres

✓ *(in)assimilables, lents ou rapides*

➔ Oligo-éléments ou minéraux

✓ *Sels organiques ou minéraux*



# Les protéines ou protides

## ➔ Où se trouvent les protéines ?

- ✓ *Dans tous les êtres vivants*
- ✓ *Variées dans la viande, le poisson, les graines (fruits secs, blé, maïs), légumes...*
- ✓ *Caséine dans le lait et fromage*
- ✓ *Albumine dans le blanc d'œuf*



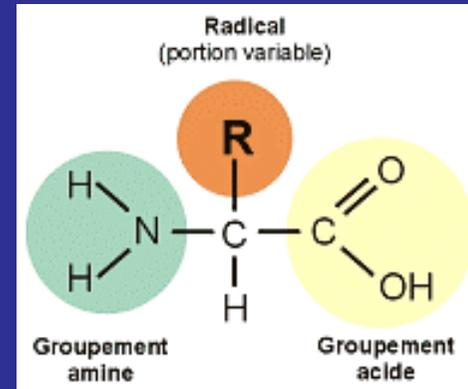
# 4 types de structure des protéines

- ➔ Structure primaire : séquence des acides aminés
- ➔ Structure secondaire. Cette chaîne polypeptidique se replie dans l'espace en hélice  $\alpha$  ou feuillet  $\beta$
- ➔ Structure tertiaire. Organisation dans l'espace des hélices, feuillets et parties amorphes
- ➔ Structure quaternaire. Agrégation de différentes protéines.

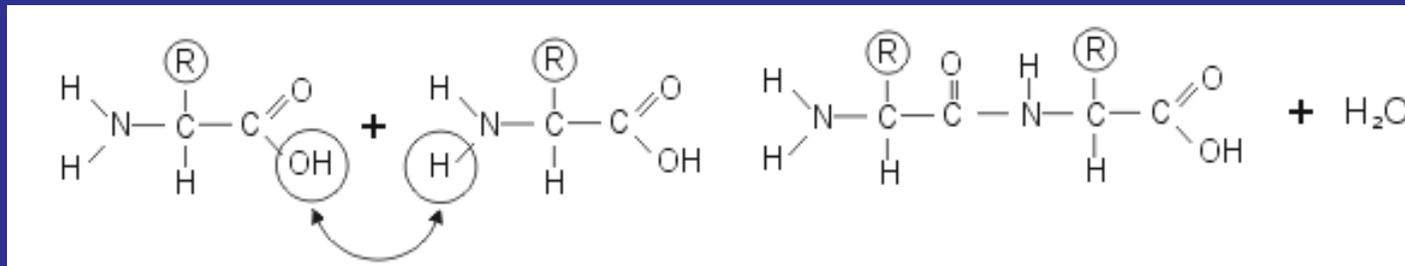
# 4 types de structure des protéines

- ➔ Structure primaire : séquence des acides aminés
- ➔ Structure secondaire. Cette chaîne polypeptidique se replie dans l'espace en hélice  $\alpha$  ou feuillet  $\beta$
- ➔ Structure tertiaire. Organisation dans l'espace des hélices, feuillets et parties amorphes
- ➔ Structure quaternaire. Agrégation de différentes protéines.

# Formule d'un acide aminé



Obtention d'un dipeptide : polymérisation avec élimination d'eau

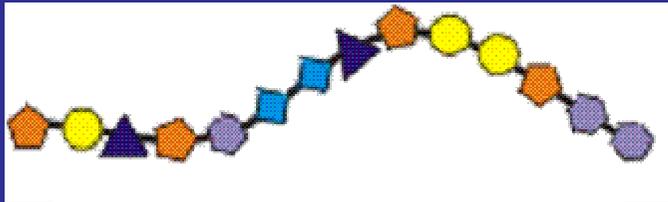


# Pourquoi avons-nous besoin de protéines ?

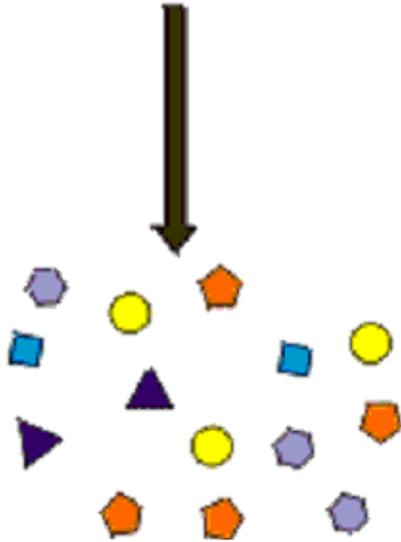
- ➔ Notre source d'acides aminés pour fabriquer nos propres protéines.
- ➔ Il existe 22 acides aminés différents utilisés par le monde vivant.
  - ✓ *Certains acides aminés nous sont indispensables car nous sommes incapables de les synthétiser.*
  - ✓ *Une protéine est plus nourrissante et digeste si sa composition en acides aminés est proche de la nôtre.*



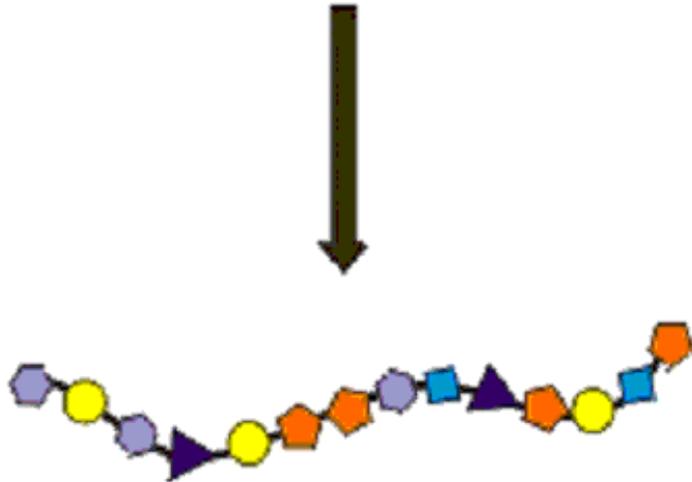
# Digestion des protéines



Sous l'action des sucs digestifs, les protéines des aliments sont brisées en acides aminés



Ces acides aminés libres sont apportés aux cellules par la circulation sanguine...



...où ils sont assemblés pour former les protéines endogènes

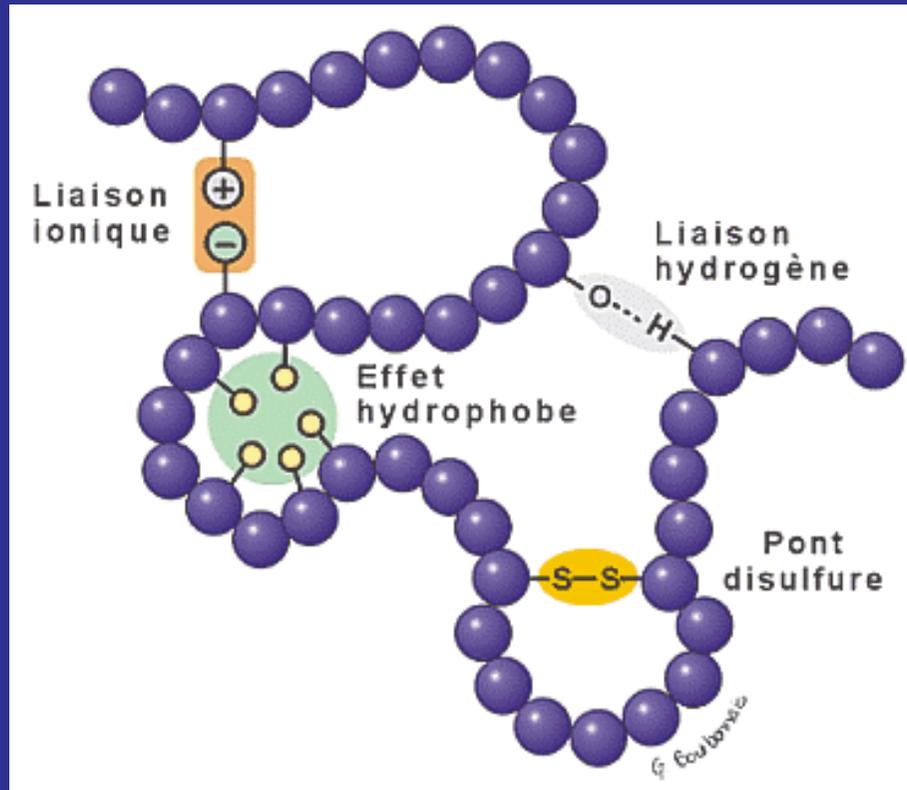
# 4 types de structure des protéines

- ➔ Structure primaire : séquence des acides aminés
- ➔ Structure secondaire. Cette chaîne polypeptidique se replie dans l'espace en hélice  $\alpha$  ou feuillet  $\beta$
- ➔ Structure tertiaire. Organisation dans l'espace des hélices, feuillets et parties amorphes
- ➔ Structure quaternaire. Agrégation de différentes protéines.

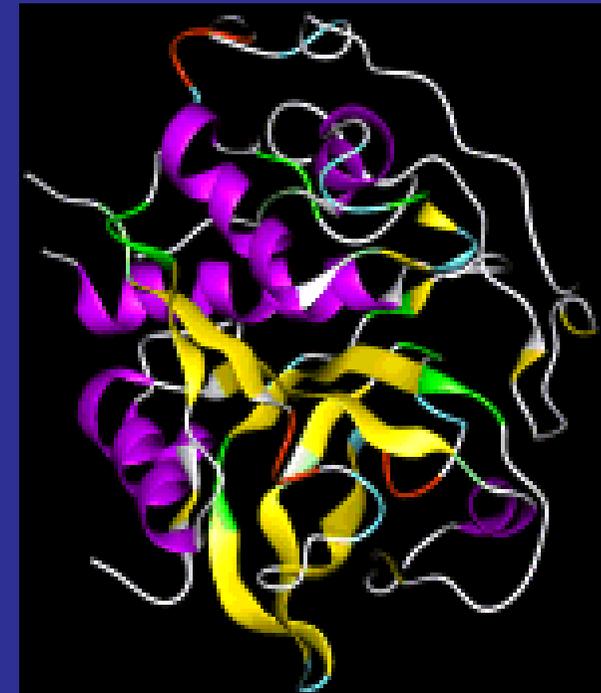
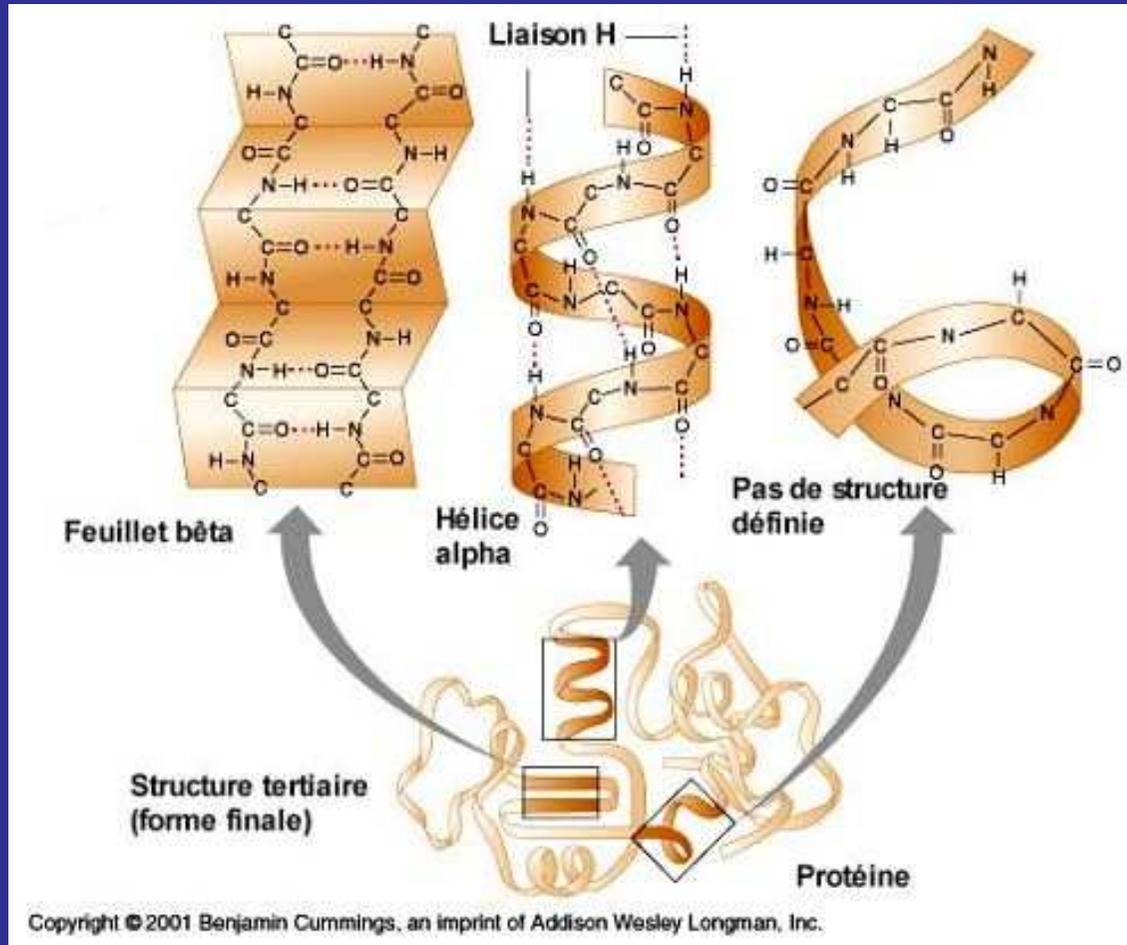
# 4 grands types d'interactions entre les acides aminés de la chaîne polypeptidique

➔ Ces interactions sont la cause principale des différentes formes de repliement possibles dans l'espace en : structures

- ✓ *Secondaire*
- ✓ *Tertiaire*
- ✓ *Quaternaire*



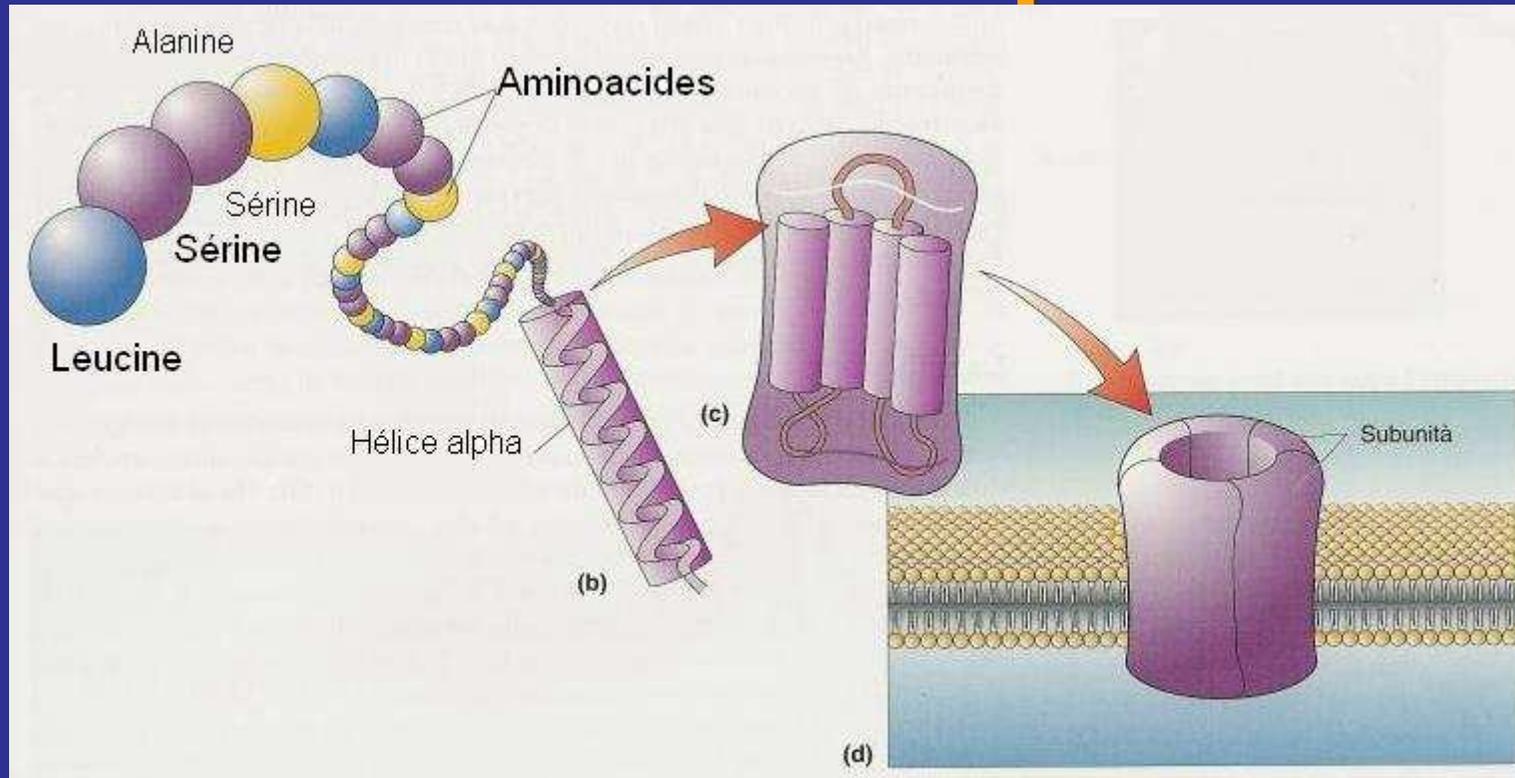
# Structures d'une protéine



# 4 types de structure des protéines

- ➔ Structure primaire : séquence des acides aminés
- ➔ Structure secondaire. Cette chaîne polypeptidique se replie dans l'espace en hélice  $\alpha$  ou feuillet  $\beta$
- ➔ Structure tertiaire. Organisation dans l'espace des hélices, feuillets et parties amorphes
- ➔ Structure quaternaire. Agrégation de différentes protéines.

# Structures d'une protéine



➔ (a) Structure primaire.  
Séquence des acides aminés

➔ (b) Structure secondaire.  
Structure en hélice  $\alpha$  ou  
feuillet  $\beta$

➔ (c) Structure tertiaire.  
Organisation dans l'espace  
des hélices, feuillets,...

➔ (d) Structure quaternaire.  
Agrégation de différentes  
protéines.

# Dénaturation des protéines

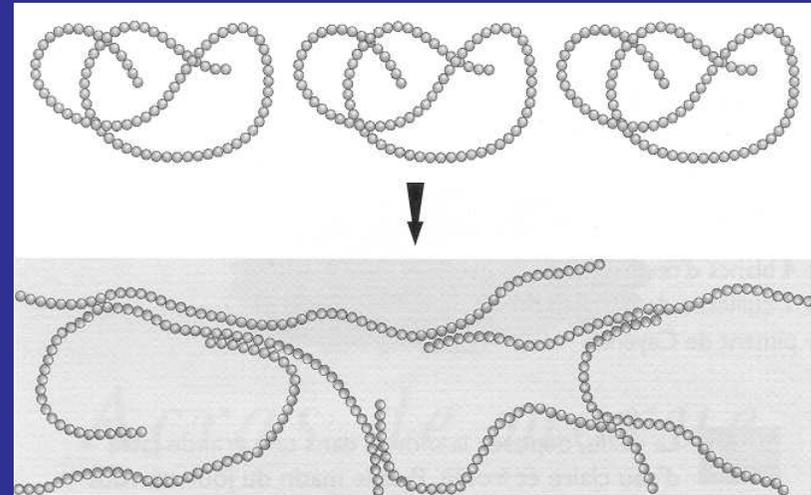
➔ Les protéines peuvent être dénaturées par:

- ✓ *la chaleur*
- ✓ *les variations de pH*
- ✓ *les fortes concentrations d'électrolytes (ions)*
- ✓ *les solvants organiques*

# Exemples de dénaturation sans destruction

## ➡ L'œuf sur le plat

- ✓ *Le blanc contient comme protéine surtout des ovalbumines et globulines*
  - ❑ Structures globulaires difficilement attaquables (hydrolysable) par les sucs gastriques.
  - ❑ La chaleur déroule les pelotes et expose toutes les liaisons à l'hydrolyse (digestion)
  - ❑ Les chaînes protéiques une fois déroulées sont moins mobiles et donc le blanc d'œuf se fige (coagulation)



# Comment se comportent les protides en cuisine ?

- ➔ Liants : collagènes (des os, arêtes et cartilages) pour
  - ✓ *Les fonds de sauces*
- ➔ Stabilisants d'émulsions comme dans
  - ✓ *Le lait, la mayonnaise, sauce hollandaise*
- ➔ Réagissent et se dégradent « harmonieusement » avec d'autres constituants pour donner du goût et de la couleur (réaction de Maillard)
  - ✓ *Friture de viande ou poisson*
  - ✓ *Gratin*



# Phénomènes lors de cuissons

➔ La cuisson est essentiellement une dénaturation des protéines

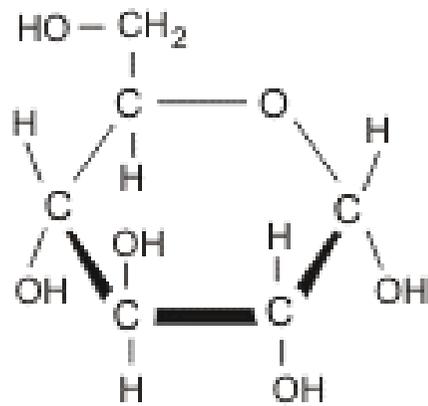
- ✓ *C'est-à-dire l'obtention d'entités plus facilement assimilables*
  - Morceaux de protéines (oligopetides)
- ✓ *Les liaisons entre acides aminés doivent être accessibles à l'hydrolyse par les sucs gastriques*



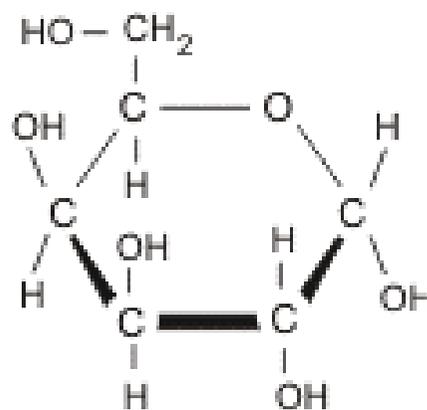
# Les glucides

- ➔ Il existe plusieurs types de glucides mais ils ne sont en fait que des agencements différents d'unités de base comprenant
- ➔ le plus souvent 6 C, 12 H, 6 O

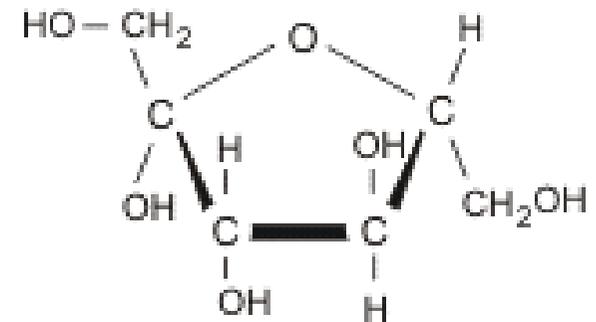
# Les monosaccharides



**Glucose**



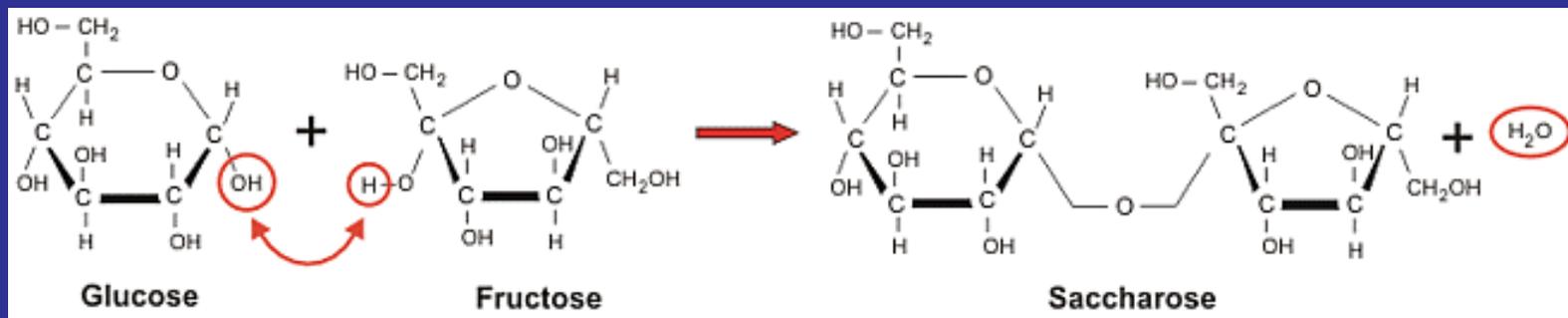
**Galactose**



**Fructose**

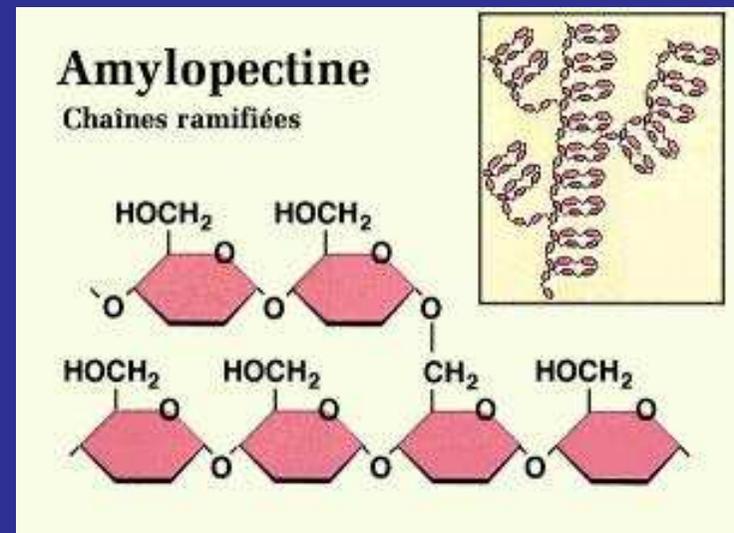
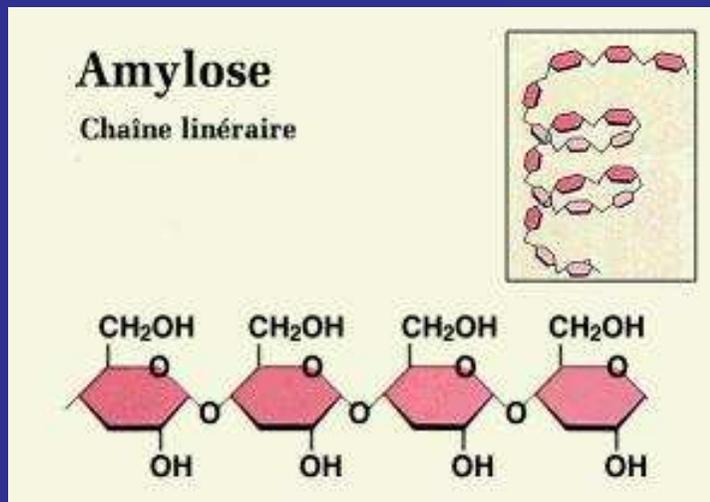
# Les disaccharides

- Le saccharose = glucose-fructose
- Le lactose = glucose-galactose
- Le maltose = glucose-glucose



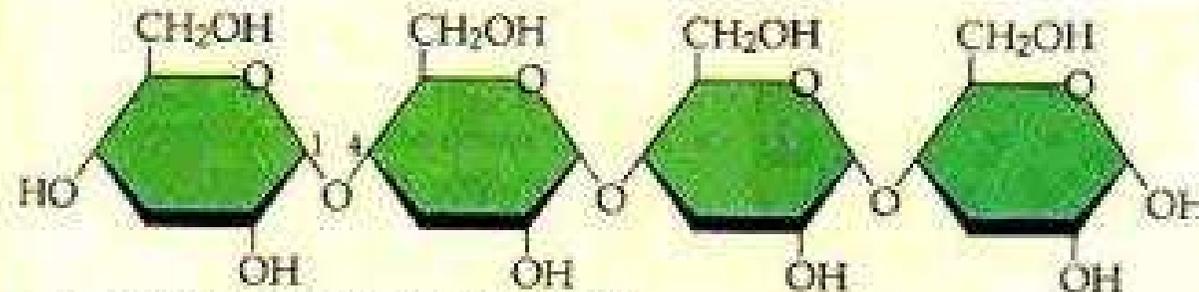
# Polysaccharides : polymères de glucose

## → 1. L'amidon

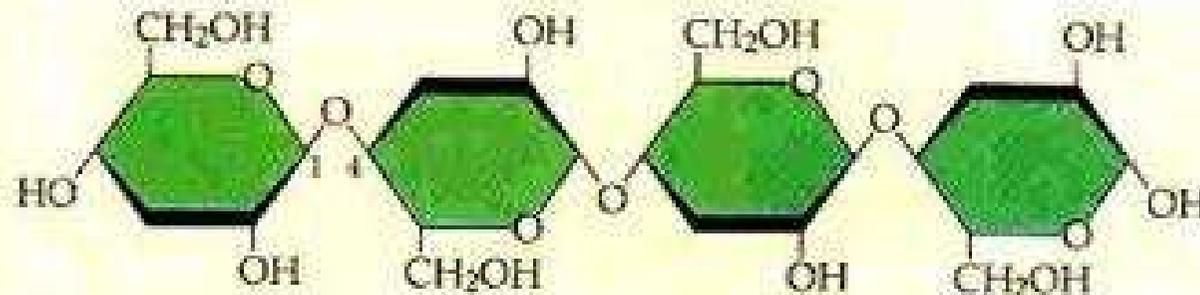


# Polysaccharides : polymères de glucose

## → 2. La cellulose



Amidon (liaisons alpha 1-4)



Cellulose (liaisons bêta 1-4)

# Les glucides, hydrates de carbone ou sucres

## ➔ Importantes sous-catégories

### ✓ *Non-assimilables :*

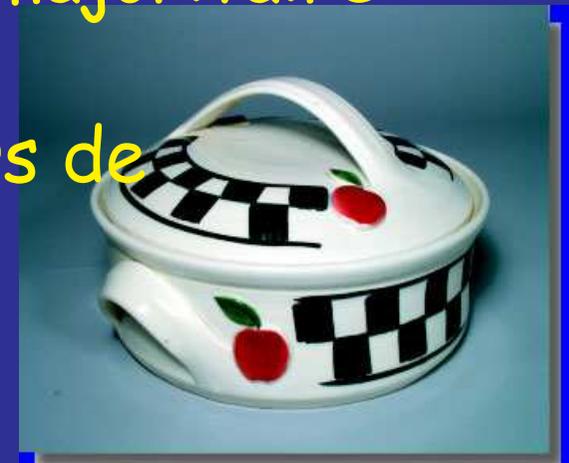
- ❑ Fibres (insolubles dans l'eau)

### ✓ *Assimilables :*

- ❑ Sucres (solubles dans l'eau)
- ❑ Ils favorisent l'assimilation des graisses par le déclenchement de sécrétion d'insuline

## ➔ Le monde végétal est la source majoritaire de glucides

## ➔ Source d'énergie immédiate (lors de l'ingestion de sucres rapides)



# Intérêt et comportement culinaire des glucides

- ➔ Le goût sucré
- ➔ Les fibres et les amidons contribuent à la texture de nombreux plats
- ➔ Les sucres réagissent avec les protéines lors de la friture pour dorer les mets (Réaction de Maillard)

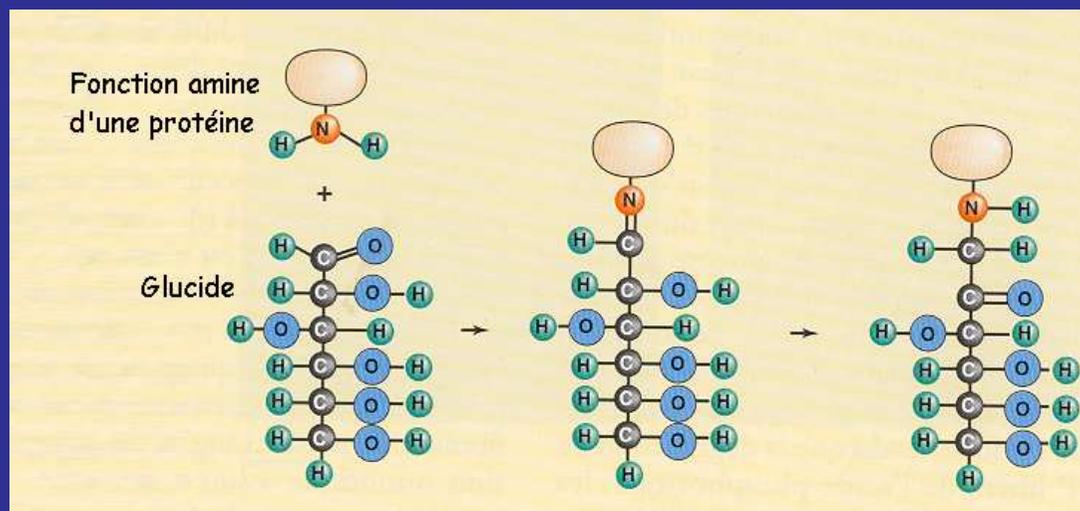


# L'odeur, le goût et la couleur des grillades : Réaction de Maillard

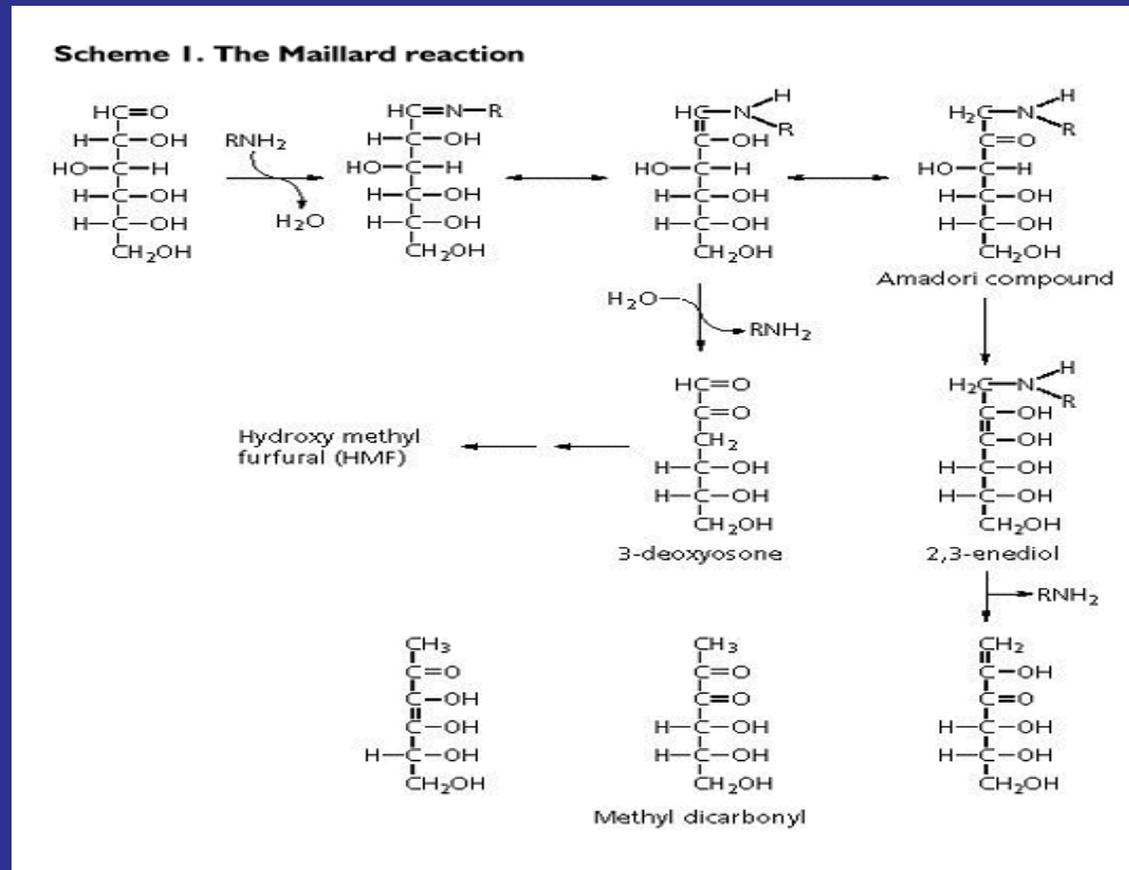
➔ Sous l'action de la chaleur d'autres réactions des protéines sont possibles.

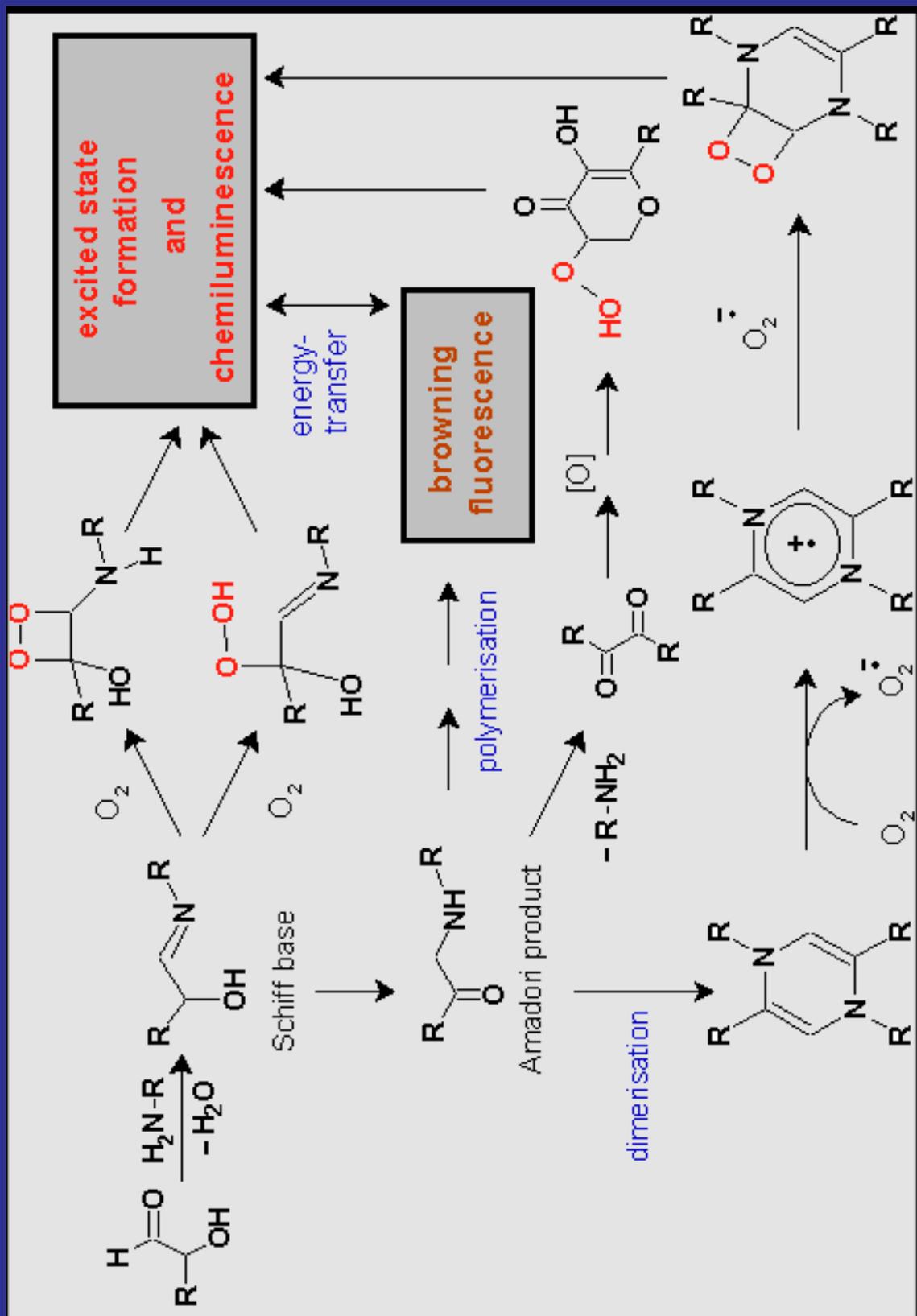
✓ Avec les glucides

✓ Prise de couleur et saveur (rôtis, pains, ...)

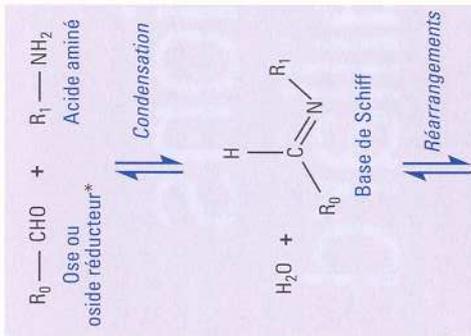
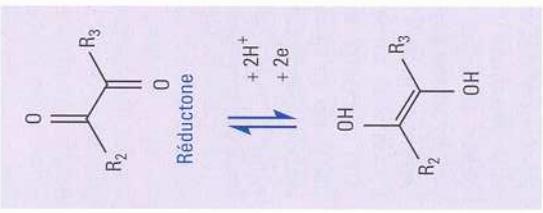


# Réaction de Maillard : une suite complexe de réactions

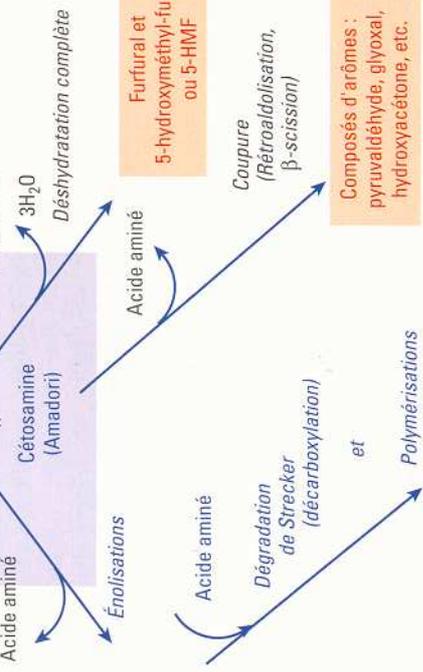
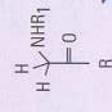




\* Dans le langage courant, on désigne souvent les oses et osides réducteurs sous le nom de sucres réducteurs, par opposition au saccharose, ou sucre, qui est un diholoside non réducteur.



$\xrightleftharpoons{\text{Réarrangements}}$

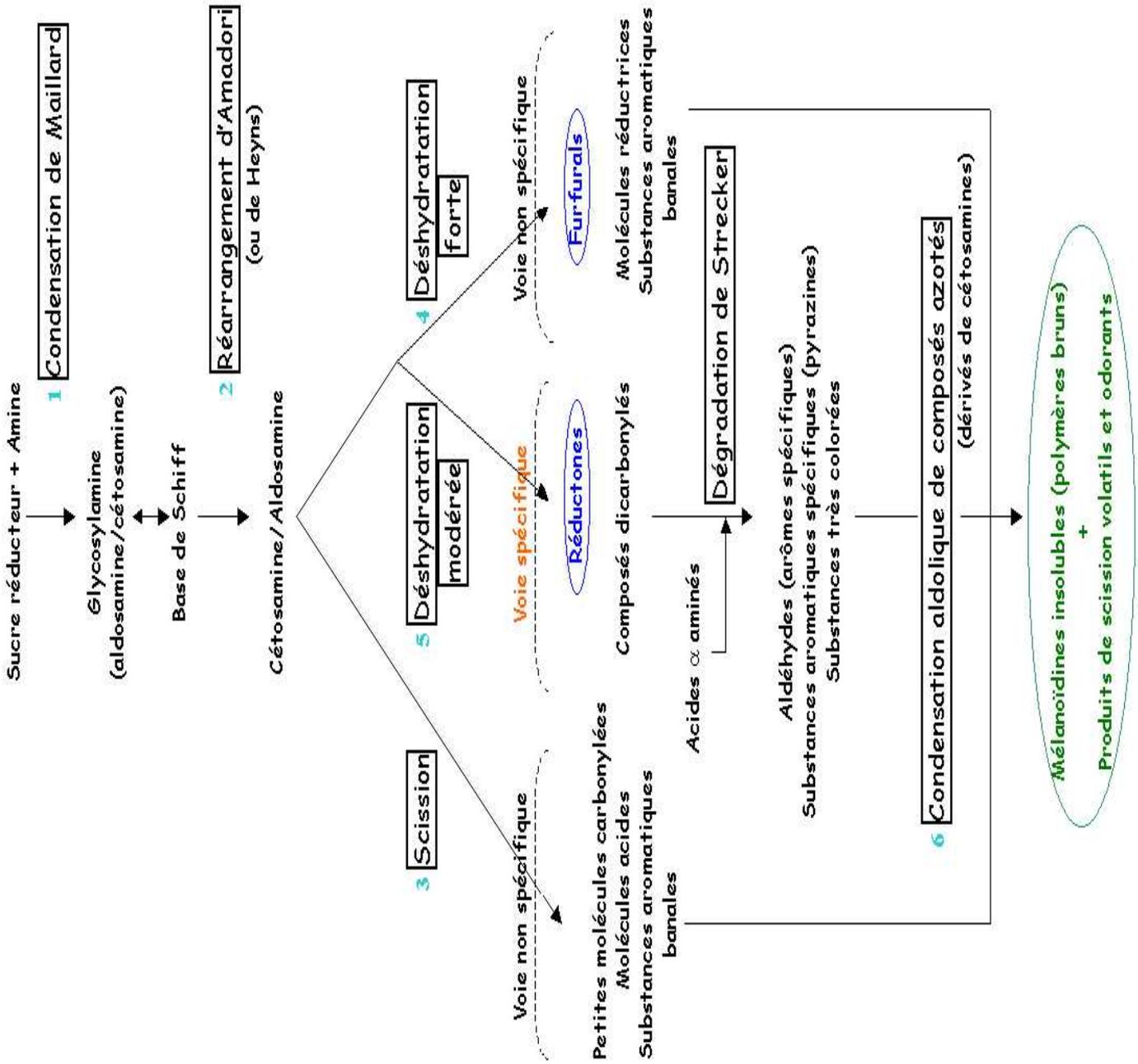


Composés d'arômes : aldéhydes et divers hétérocycles (dérivés du furanne, du pyranne, du pyrrole, du thiophène, des pyrazines, etc.)

Prémélanoïdines incolores

Composés d'arômes  
Polymères colorés

Mélanoïdines



11-10-2017 09:40:00 AM

11-10-2017 09:40:00 AM

# Une friture impeccable

- ➔ Piquer l'objet à frire si possible (meilleure adhésion)
- ➔ Passer successivement l'objet à frire dans
  - ✓ *Dans la farine (glucides)*
  - ✓ *Dans l'œuf battu (protéines)*
    - => Maillard
  - ✓ *Dans la chapelure : pour l'aspect de croquettes*
- ➔ Renouveler l'opération si vous voulez une grosse croûte étanche

# Combien faut-il d'huile pour bien « saisir » un steak ?

- ➔ Il faut s'assurer que le milieu de cuisson restera à haute température (160-180°C)
- ➔ La dépose d'une pièce de viande froide abaissera cette température
  - ✓ *Température insuffisante pour Maillard*
  - ✓ *Une cuisson à l'eau commence (non souhaitée)*
- ➔ Donc nécessité d'un volant (inertie) thermique



# La croûte du steack n'empêche pas l'expansion du jus

➡ Un steack grillé siffle quand il cuit

✓ *Du jus sort donc et l'eau s'évapore*

➡ Un steack grillé mis dans une assiette laisse apparaître un liquide rougeâtre

✓ *Du jus sort donc*

➡ Déglacage de la poêle de cuisson

✓ *Du jus était donc sorti*

# Pourquoi ne peut-on pas griller des carbonades ?

➔ Les carbonades contiennent beaucoup de collagène

- ✓ *Glycine-aa-proline-glycine-aa-hydroxyproline*
- ✓ *Formation de triples hélices par liens H*



# Pourquoi ne peut-on pas griller des carbonnades ?

- ➔ La grillade se passe à haute température donc contracte (dénature) les fibres de collagène et éjecte l'eau.
- ➔ La viande durcit !!
- ➔ La cuisson à l'eau est plus indiquée car elle se passe à moins de 100°C et est prolongée pour hydrolyser le collagène (70°C sont suffisants).

# Les graisses ou lipides

➔ Une très grande variété

✓ *(Poly)(in)saturés, phospholipides*

➔ Ils sont surtout une source d'énergie

✓ *Certains doivent se trouver dans notre alimentation car nous ne pouvons les synthétiser*

➔ On les trouve dans tous les êtres vivants. Nos sources principales sont :

✓ *Les viandes, les poissons,*

□ Quantités et types variables mais principalement des glycérolipides fortement saturés

✓ *Les produits laitiers*

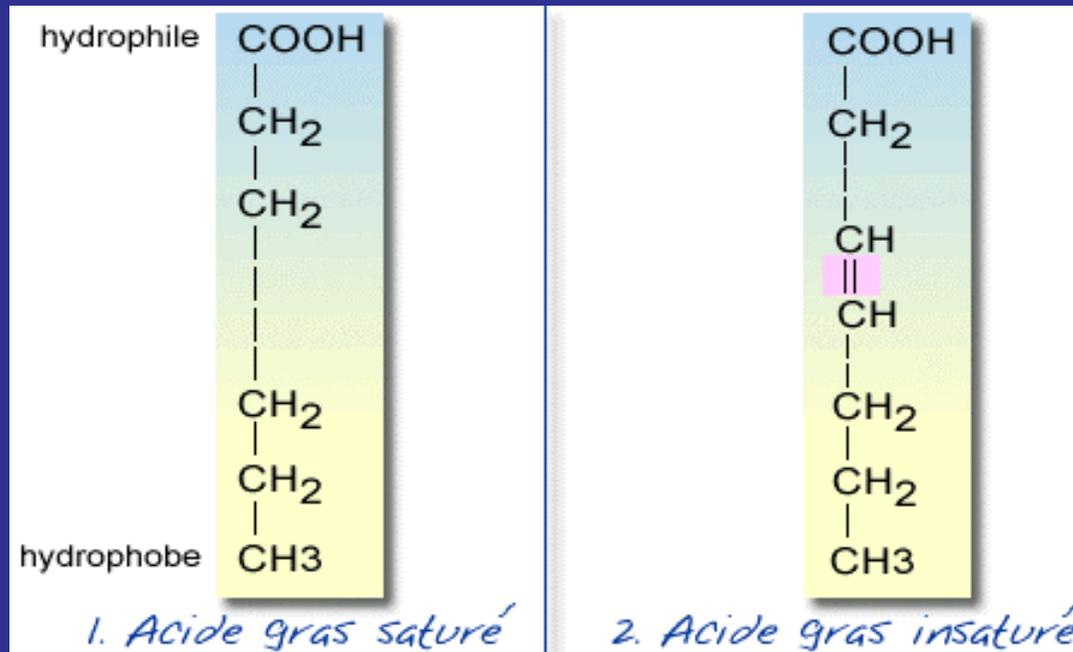
□ Essentiellement source de lipides saturés

✓ *Les oléagineux (noyaux de fruits)*

□ Source très importante de (poly)insaturés



# Exemples de lipides



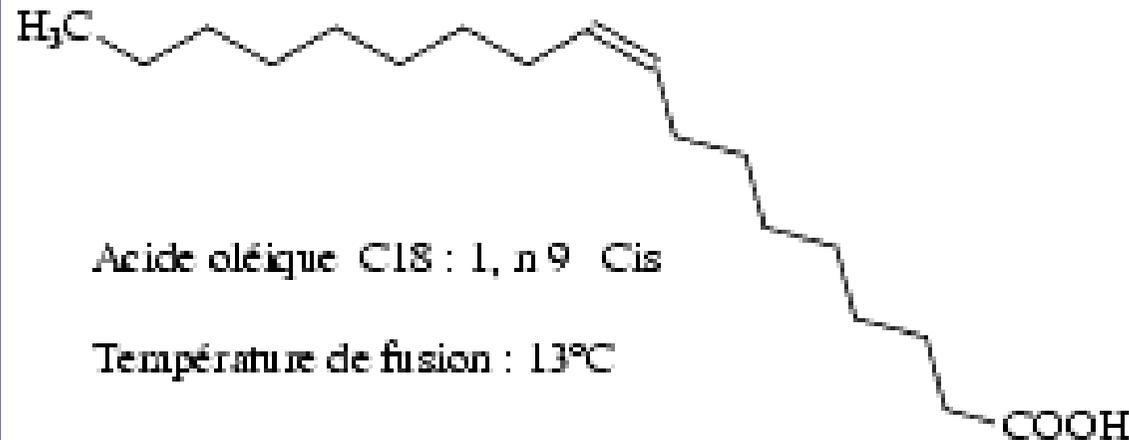
# Exemples de lipides



Acide stéarique C18 : 0 Température de fusion 70°C



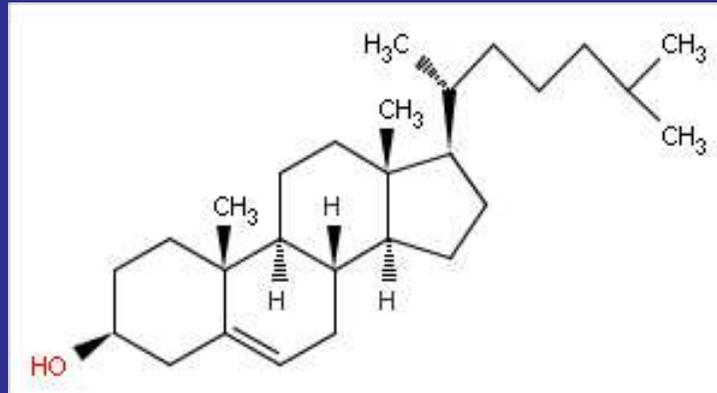
Acide oléique C18 : 1, n 9 Trans Température de fusion : 4°C



Acide oléique C18 : 1, n 9 Cis

Température de fusion : 13°C

# Un lipide traqué : le cholestérol



# Quel est le comportement culinaire des lipides ?

- ➔ Ils participent à de nombreuses émulsions
- ➔ Ils solubilisent de nombreux composés sapides
- ➔ Ils contribuent à l'aspect des aliments préparés (brillant)
- ➔ Ils permettent une cuisson à haute température



# Nouvelles structures physiques

## → Des solutions

- ✓ *Les composants sont mélangés au hasard au niveau moléculaire (p. ex. café, vin)*

## → Des émulsions

- ✓ *Les composants sont organisés au niveau moléculaire (p. ex. lait, mayonnaise)*

## → Des dispersions

- ✓ *Les composants sont mélangés au niveau macroscopique*



# Une émulsion bien connue : la mayonnaise.

## ➡ Questions

- ✓ *Ordre optimum de mélange des ingrédients ?*
- ✓ *Pourquoi la mayonnaise tourne-t-elle ?*
- ✓ *A quelle vitesse ajouter l'huile ?*
- ✓ *Pourquoi la viscosité ...*
  - *augmente-t-elle quand on ajoute l'huile ?*
  - *diminue-t-elle quand on ajoute du jus de citron ?*
- ✓ *Pourquoi faut-il battre vigoureusement ?*
- ✓ *Combien de mayonnaise peut-on préparer avec un œuf ?*

## Ingrédients

- *1 œuf*
- *De l'huile*
- *1 C. à café de moutarde*
- *1 C. à café de vinaigre*
- *1 pincée de sel*
- *poivre*



# On mélange de l'huile et de l'eau ! Comment ce mélange reste-t-il stable ?

- ➔ Car on utilise un tensioactif (émulsifiant, détergent) : la lécithine, protéines
- ✓ *Molécule dont les « jambes » ne sont solubles que dans les lipides (huiles)*
  - ✓ *Et la « tête » n'est soluble que dans l'eau*



Queue(s) hydrophobes



Huile

Milieu lipidique

Milieu aqueux  
Eau

Tête hydrophile

# Où se trouvent ces tensioactifs ?

	Oeuf	Huile	Moutarde	Vinaigre	sel
Eau	+		+	+	
Lipides	+	+	+		
Tensioactif	+		+		

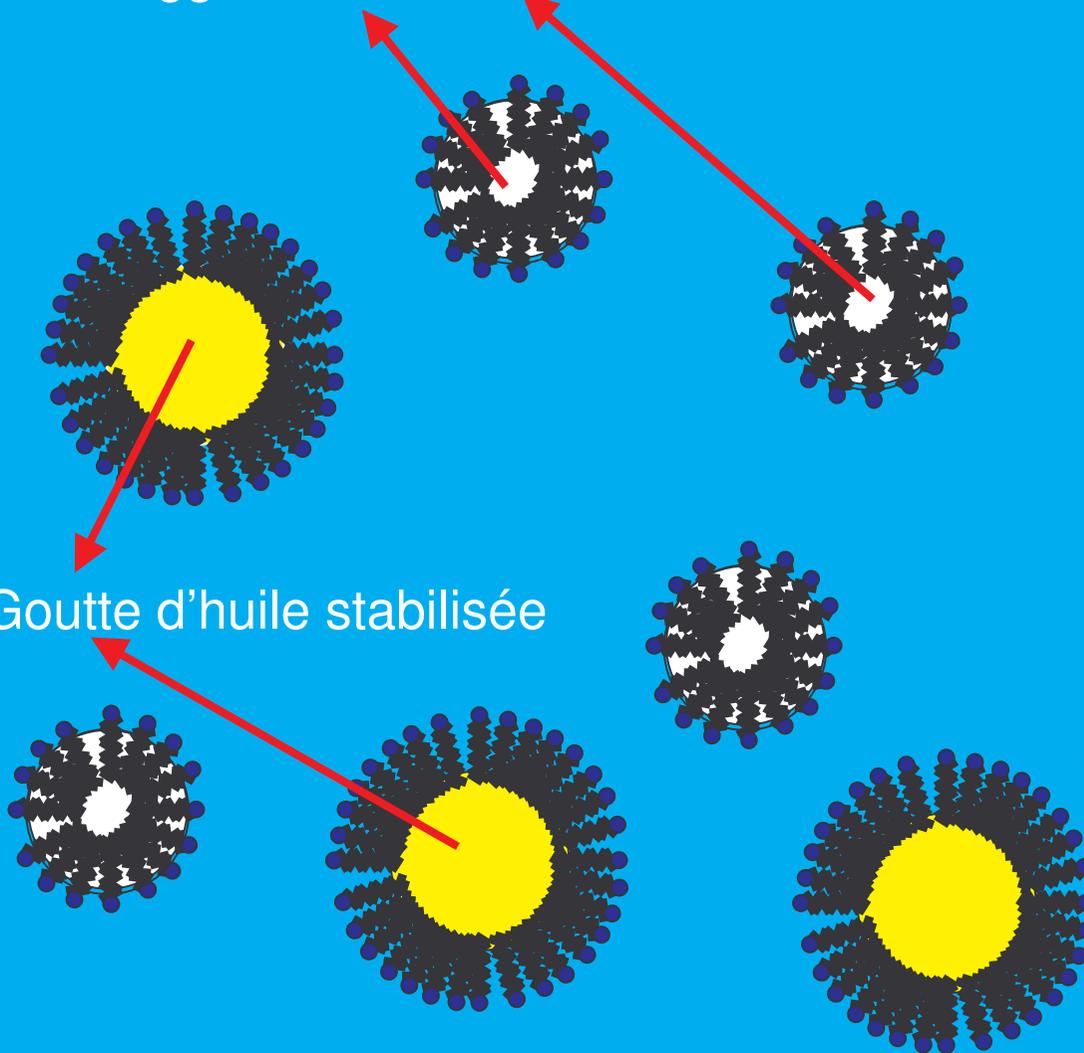
➡ On va disperser progressivement de l'huile dans le mélange œuf, moutarde, vinaigre, sel

✓ *Battre vigoureusement pour diviser l'huile en goutellettes microscopiques*



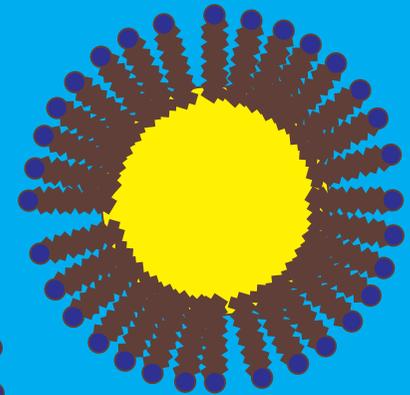
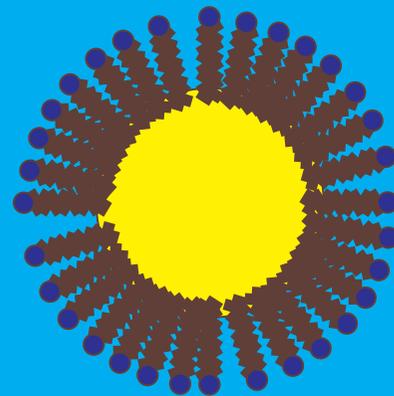
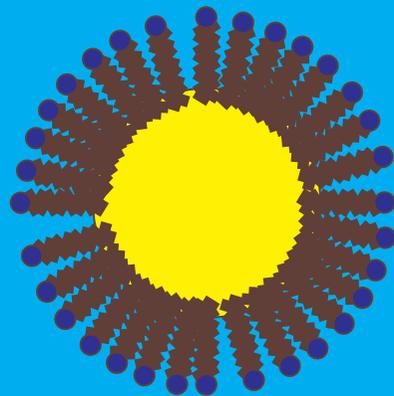
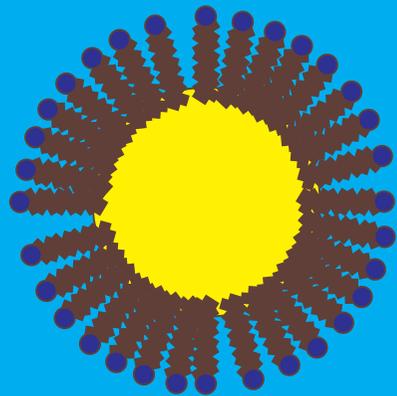
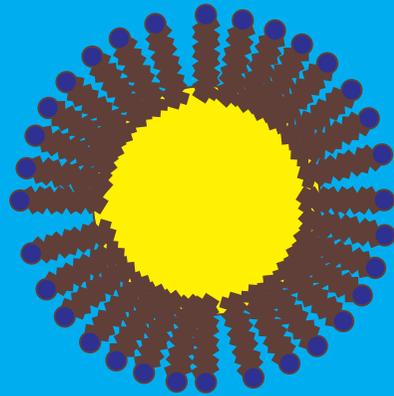
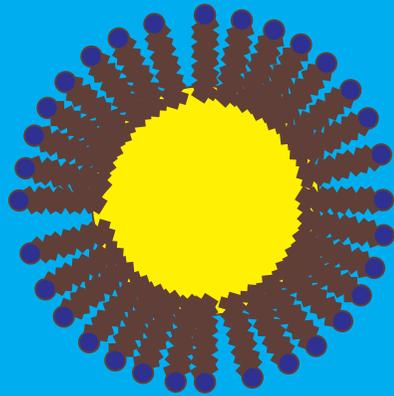
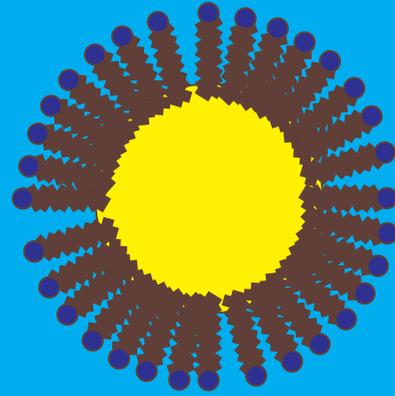
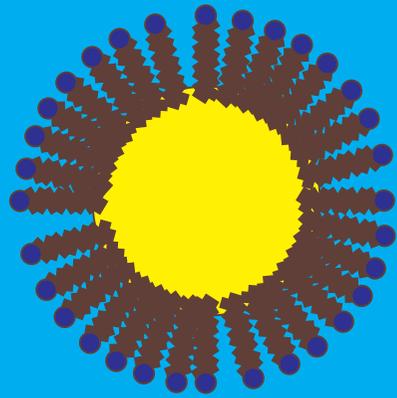
Tensioactif aggloméré en micelle

Goutte d'huile stabilisée



➔ 1ère étape.

- ✓ L'huile se disperse dans l'eau
- ✓ le tensioactif s'installe autour des gouttes d'huile
- ✓ Il y a un excès de tensioactif qui s'organise sous forme de gouttelettes appelées micelles

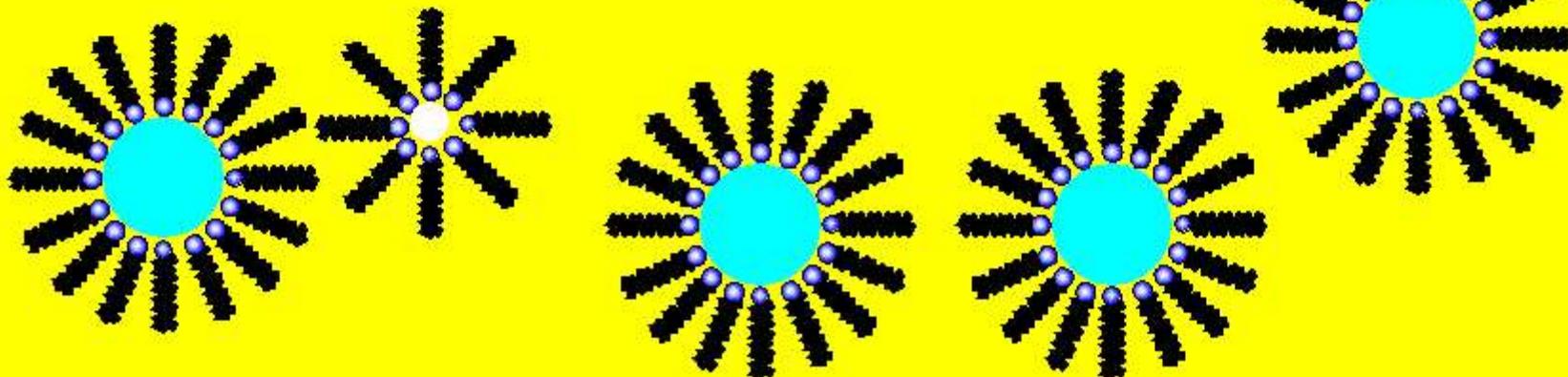


➡ 2ème étape.

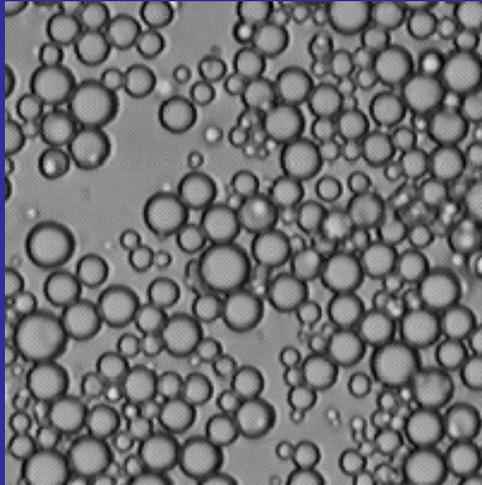
✓ Toutes les molécules de tensioactif sont occupées à la stabilisation des gouttes d'huile

### ➔ 3ème étape.

- ✓ On a dépassé le rapport optimum huile/eau
- ✓ Les gouttes d'huile ont fusionné
- ✓ L'eau se réfugie dans les micelles de tensioactif
- ✓ On a maintenant une émulsion d'eau dans l'huile
- ✓ Il y a à nouveau un excès de tensioactif



# En résumé, une mayonnaise c'est



- Une émulsion d'huile dans l'eau (65% d'huile)
- Les gouttelettes d'huile sont stabilisées par un film moléculaire de tensioactif
- Le tensioactif peut être de nature variable
  - ✓ *Dans la mayonnaise c'est essentiellement les protéines du jaune d'œuf et non les lécithines*
- Il y a un rapport huile/eau au delà duquel l'émulsion s'inverse : la mayonnaise tourne



# Question : pourquoi verse-t-on l'huile dans l'œuf et vinaigre et non l'inverse ?

- ➔ Car c'est l'huile qu'il faut diviser en gouttelles microscopiques dans l'eau
- ➔ C'est plus facile si on part d'une petite quantité d'huile dans beaucoup d'eau
  - ✓ *Donc ne pas verser l'huile d'un coup*
- ➔ Le tensioactif en excès pourra plus rapidement recouvrir ces gouttelles pour les stabiliser



# Combien de mayonnaise peut-on préparer avec un jaune d'œuf ?

➔ Quel est le facteur limitant ?

✓ *La quantité d'eau disponible (dans ce jaune).*

□ Donc on peut utiliser le blanc aussi

✓ *Il y a excès de tensioactif*

➔ Donc si on ajoute suffisamment d'eau on peut préparer **24 litres** de mayonnaise



# Pourquoi mettre dans la mayonnaise

## ➔ Du sel ?

- ✓ *Pour stabiliser par les charges les micelles et donner du goût.*

## ➔ Du citron ?

- ✓ *Idem. De plus, la vitamine C (acide ascorbique) déroule les protéines (=> blanchissement et fluidification)*

# Pourquoi mettre dans la mayonnaise

## ➔ De la gélatine ?

✓ *Pour remplacer le jaune d'œuf*

- Pour des problèmes de cholestérol
- Pour une question de neutralité gustative
  - Mayonnaise aux cèpes
  - Mayonnaise à base de fond de crustacés

# Autres types d'émulsions

- L'eau de vaisselle. (saleté-eau)
- Le lait (graisse-eau)
- La mousse du bain (air-eau)
- La béarnaise ou la sauce hollandaise.
  - ✓ *mayonnaise chaude où l'huile a été remplacée par du beurre frais...*



# Comment obtenir des blancs d'œufs battus en neige qui tiennent ?

➔ Pas de traces de jaune d'œuf

- ✓ *Celui-ci se lie aux parties hydrophobes des tensio-actifs et diminue l'expansion de la mousse*

➔ Ajout de citron ou de sel

- ✓ *Les  $H^+$  brisent les liens ou interactions intermoléculaires faibles*

# Comment obtenir des blancs d'œufs battus en neige qui tiennent ?

- ➔ Battre suffisamment en incorporant assez d'air
  - ✓ *Incliner le fouet en brassant*
- ➔ Si nécessaire ajouter le sucre en 2 fois
  - ✓ *Au début : le sucre capte H<sub>2</sub>O => la viscosité augmente, la hauteur diminue mais la stabilité augmente*
  - ✓ *A la fin : augmentation de la fermeté et donne un effet luisant*

# Comment obtenir des blancs d'œufs battus en neige qui tiennent ?

➔ En ajoutant de la crème de tartre

✓ *Soit du tartrate de K à raison d'une pointe de couteau pour 6 œufs*

□ L'acide tartrique est un acide relativement fort

▪  $PK_{a1}$  3,04

▪  $PK_{a2}$  4,38

□  $NaHCO_3$  + tartrate de K  $\Rightarrow$  dégagement  $CO_2$

# Petites questions simples...

➡ Pourquoi ajouter du sel ou du vinaigre à l'eau de cuisson d'un œuf à la coque ?

- ✓ *Si la coque se fêle, le blanc qui s'échappe coagule plus vite encore, colmatant la brèche*

➡ Pourquoi un œuf dur trop cuit a-t-il un bord de jaune vert et sent-il mauvais ?

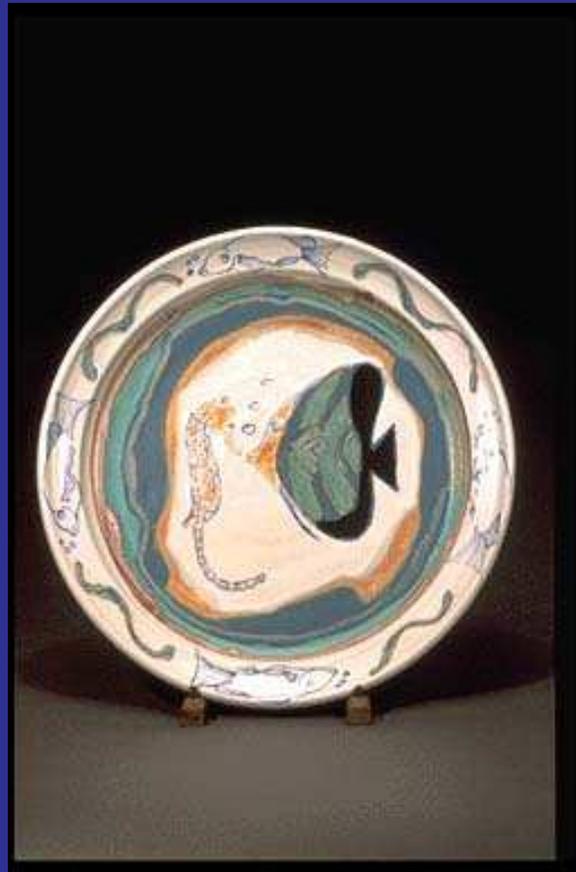
- ✓ *Les acides aminés soufrés produisent du sulfure d'hydrogène*
- ✓ *Ce sulfure est un acide faible qui change la couleur des pigments du jaune d'oeuf*



# Un œuf à la coque sans salmonelle

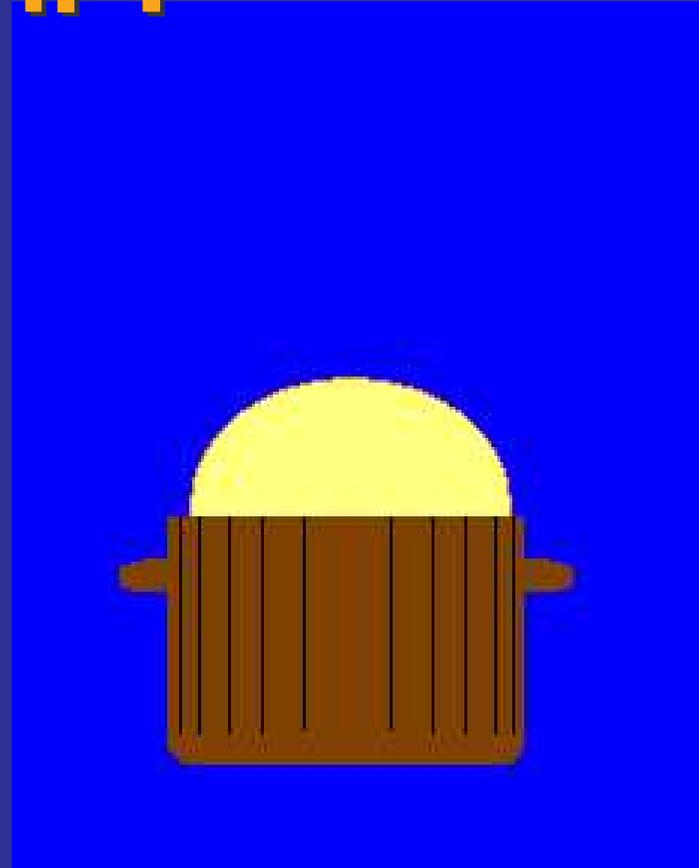
- ➔ La salmonelle meurt à une t° supérieure à 59°C
- ➔ Cuire l'œuf 3 minutes et demi dans l'eau bouillante (le blanc est cuit après 4 minutes)
- ➔ Puis le mettre 12 à 14 minutes dans de l'eau à 60°C
  - ✓ *Le jaune est à 59°C après 8 minutes*
  - ✓ *Le reste du temps de cuisson sert à tuer les salmonelles !*

# Autres petites questions...simples



# Pourquoi un soufflé gonfle-t-il ?

- ➔ Grâce aux blancs d'œufs battus en neige qui contiennent des bulles d'air
- ➔ Oui mais selon la loi des gaz parfaits en passant de 20 à 70°C , on devrait observer une augmentation de volume de 20%
- ➔ Or le soufflé double de volume...



# Pourquoi un soufflé gonfle-t-il ?

➔ A cause de l'évaporation de l'eau

✓ *Oui mais*

- ❑ La pesée avant et après cuisson montre une variation de 3% de la masse seulement
- ❑ A 60°C la vapeur d'eau augmente la pression dans la bulle d'un cinquième

➔ Pour par ex 10 g d'eau, la loi des gaz parfaits donne un volume de...10 l

# Pourquoi un soufflé gonfle-t-il ?

➔ Donc ... il y a contribution des trois phénomènes

- ✓ *Dilatation de l'air*
- ✓ *Transformation de l'eau en vapeur*
- ✓ *Evaporation de l'eau*

# La crème anglaise

➔ Une crème anglaise est réussie si les agrégats de protéines, déroulées par la chaleur, se sont regroupés grâce aux liens faibles. Dès lors, la crème a pris sans se figer ou faire des grumeaux (agrégats de protéines dénaturées).

# Trucs pour ne pas rater une crème anglaise

- ➔ Battre le mélange œufs-sucre jusqu'à ce qu'il blanchisse
- ➔ Porter le lait à frémissement (pas ébullition)
- ➔ Incorporer l'appareil dans le lait en non l'inverse (diminution des risques de surcuisson locale)
- ➔ Chauffer le tout jusqu'à ce que la crème nappe une cuillère

# Trucs pour ne pas rater une crème anglaise

- ➔ Une fois la crème prise, la verser dans un large récipient (plus grande surface d'évaporation et donc diminution plus rapide de la température) au travers d'un chinois (filtration des éventuels grumeaux)

# Rattrapage d'un aspect grumeleux

➔ Filtrer

➔ Mixer

➔ Préventivement :

✓ *pincée de farine*

□ Grains d'amidon gonflés :

- Amylose libéré
- Grosse molécule qui limite le mouvement des protéines => moins d'agrégats

✓ *Eviter de chauffer trop longtemps*

# Comment bien réussir une viande marinée ?

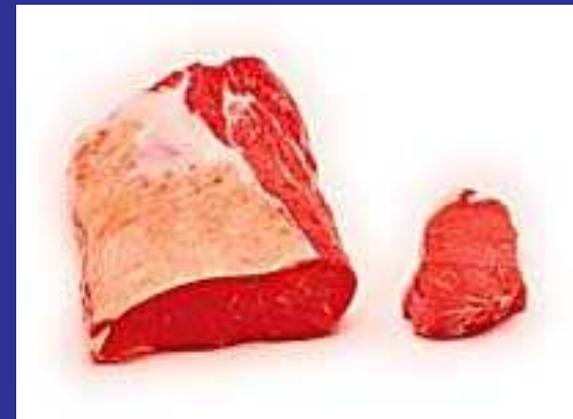
➡ Vitesse d'imprégnation : 25 millimètres par jour !

➡ Solution ?

✓ *Injecter la marinade à raison d'une piqûre tous les 5 ou 10 millimètres*

# Un « shoot » au jus d'ananas ou comment « doper » votre rôti !

- ➔ Filtrer le jus d'ananas frais
- ➔ Préparer une seringue de 100ml remplie du jus d'ananas
- ➔ Placer une aiguille longue sur la seringue
- ➔ Injecter au centre du rôti à plusieurs endroits
- ➔ Rôtir comme de coutume
- ➔ Et alors ...?



**Le résultat sera tout à fait extraordinaire (peut-être après quelques essais...)**

➔ Rôti moëlleux à cœur et croustillant en surface

- ✓ *La broméline (enzyme protéolytique) a dénaturé la protéine responsable de la dureté de la viande : le collagène*



# Comment faire passer du steak pour du canard ?

➔ En le cuisant dans de la graisse de canard

- ✓ *Les molécules sapides sont souvent plus solubles dans les graisses*
- ✓ *Elles diffuseront de la graisse de canard dans le steak*



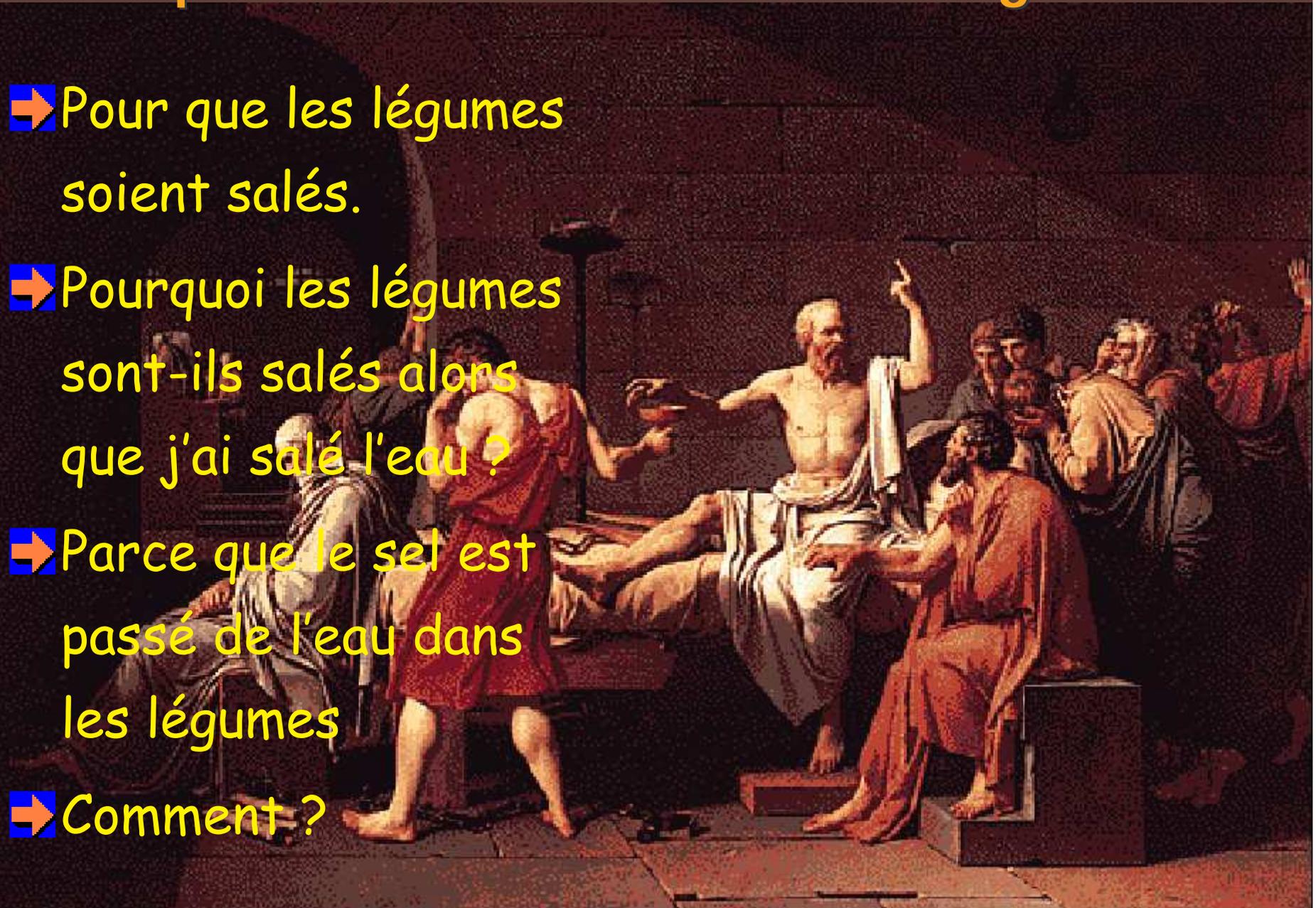
## Pourquoi saler l'eau de cuisson des légumes ?

➡ Pour que les légumes soient salés.

➡ Pourquoi les légumes sont-ils salés alors que j'ai salé l'eau ?

➡ Parce que le sel est passé de l'eau dans les légumes

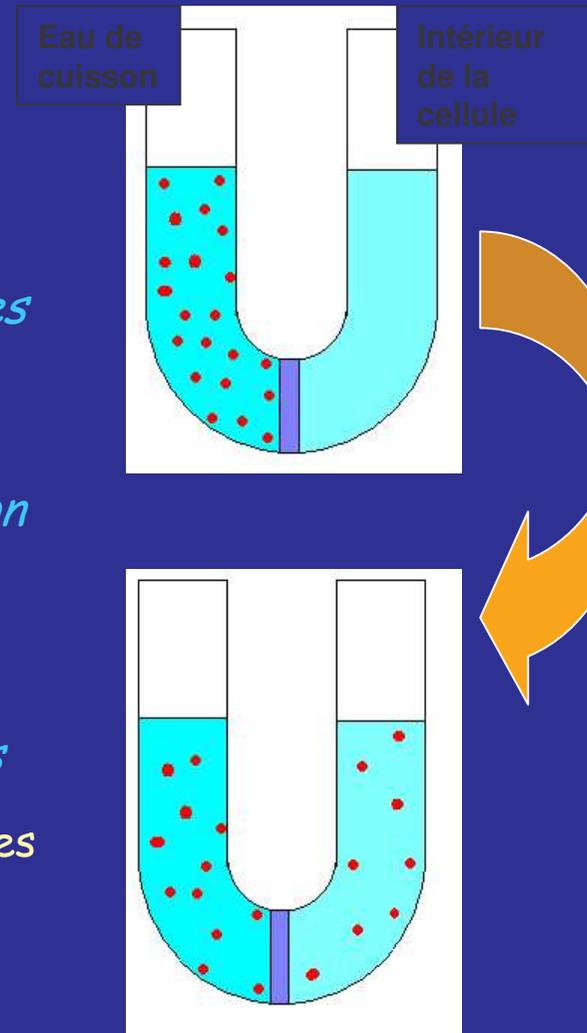
➡ Comment ?



# Par osmose ! ?

➔ Les membranes cellulaires sont perméables

- ✓ Elles laissent diffuser les solutés simples et l'eau
- ✓ Le sel (NaCl) présent dans l'eau de cuisson est plus concentré que dans les cellules
- ✓ Il va diffuser vers l'intérieur des cellules
  - Quand je jette l'eau de cuisson, les légumes restent salés

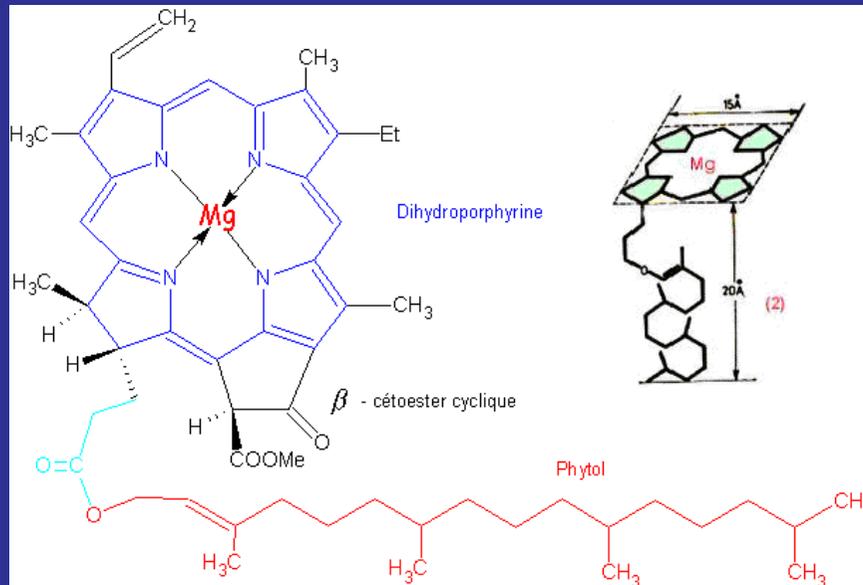


**Question : faut-il saler le steak avant ou après cuisson ?**

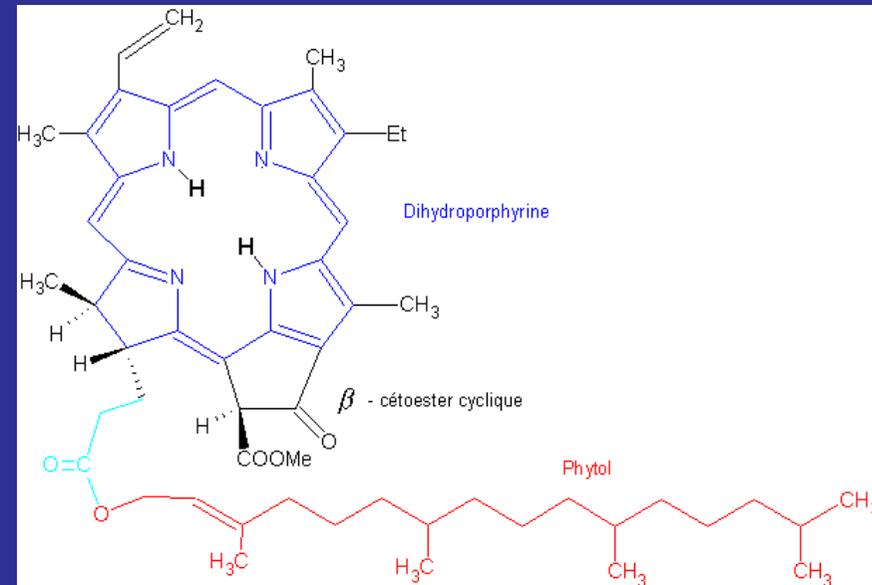
**➡ Si vous salez votre viande avant cuisson, par osmose, le jus va sortir et vous aurez une viande plus sèche après cuisson**



La porphyrine contenant un atome de Mg ne réfléchit que la lumière verte



La porphyrine où l'atome de Mg est remplacé par deux atomes d'H, elle, réfléchit la lumière verte mais aussi d'autres couleurs (couleur bûnâtre)



# Deux solutions sont possibles pour éviter cette réaction.

## ➡ Cuire les légumes sans couvercle

- ✓ *Les acides les plus volatiles s'évaporeront et n'attaqueront pas la chlorophylle*

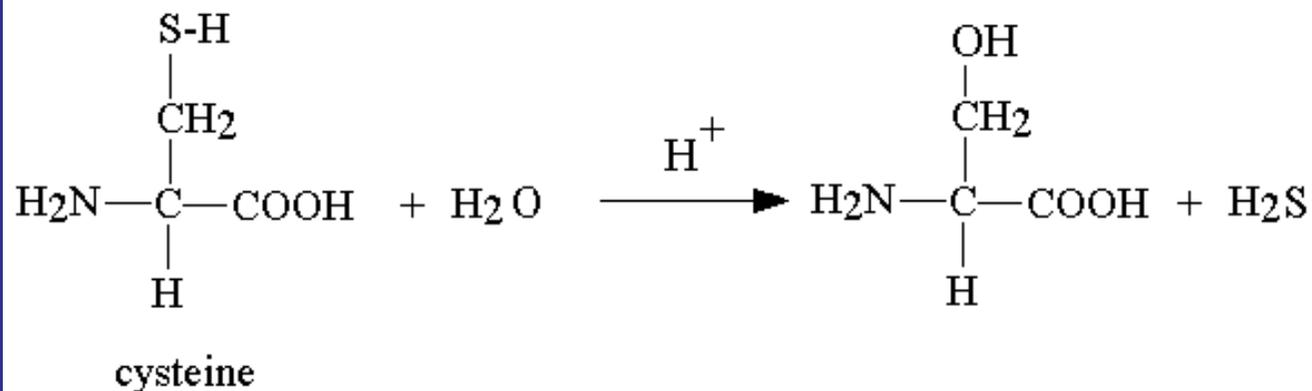
## ➡ Ajouter des substances qui neutralisent ces acides (donc une base)

- ✓ *Bicarbonate de soude*
- ✓ *Apicus « Omne hortus smarugdinum fit, si cum nitro coquantur »*
- ✓ *C'est-à-dire :*
- ✓ *Tous les légumes verts seront colorés en émeraude s'ils sont cuits avec du nitre (salpêtre -  $KNO_3$ )*



# Pourquoi les choux sentent-ils aussi mauvais à la cuisson ?

- ➔ Les choux sont riches en un acide aminé contenant du soufre (cystéine)
- ➔ Les acides libérés par la cuisson attaquent cette molécule qui libère du sulfure d'hydrogène ( $H_2S$  - oeuf pourri)



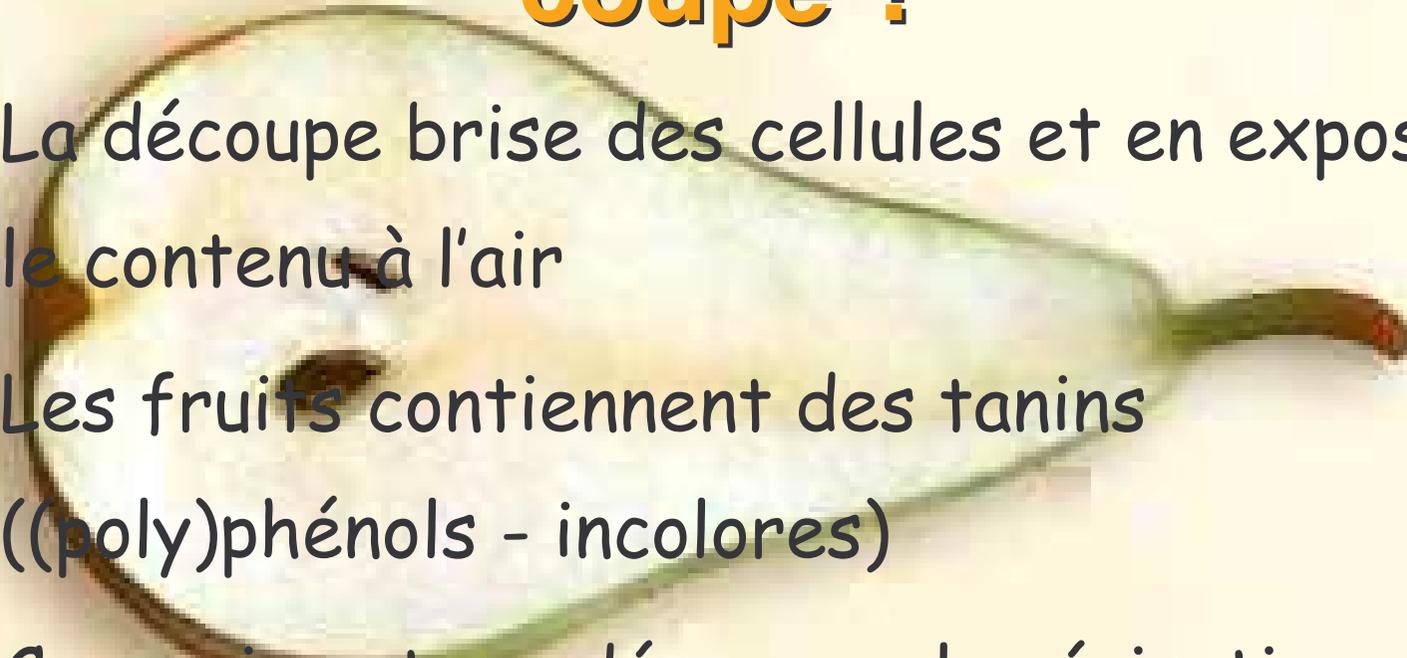
# Pourquoi les fèves sont-elles flatulentes ?

- ➔ Les pois et les fèves contiennent un sucre complexe le raffinose (fructose-glucose-fructose)
- ➔ Ce sucre n'est pas décomposé par la digestion
- ➔ Il se retrouve dans le gros intestin
- ➔ Escherichia Coli le décompose et métabolise en libérant du méthane et du  $CO_2$
- ➔ ...



# Pourquoi la plupart des fruits brunissent-ils quand on les coupe ?

- ➔ La découpe brise des cellules et en expose le contenu à l'air
- ➔ Les fruits contiennent des tanins ((poly)phénols - incolores)
- ➔ Ceux-ci sont oxydés par polymérisation et engendrent de la mélanine (colorée)



# Comment éviter le brunissement des fruits coupés ?

➡ Les enzymes qui favorisent cette réaction sont sensibles

- ✓ *À la température : mise au frigo*
- ✓ *La présence d'acide : citron, orange*
- ✓ *La présence de l'autre réactif : l'oxygène donc on peut envelopper le fruit*



# Comment réaliser des fruits au sirop ?

➔ En jouant sur le phénomène d'osmose !

- ✓ *Si pas assez de sucre : fruits éclatés*
- ✓ *Si trop de sucre : fruits ratatinés*

➔ Concrètement :

- ✓ *Faire un sirop concentré*
- ✓ *Mettre les fruits dedans*
- ✓ *Rajouter de l'eau jusqu'à ce que les fruits se mettent à flotter :*
  - ❑ L'équilibre de densité est atteint
  - ❑ Donc il y a légèrement moins de sucres dans le fruit
  - ❑ Donc le sucre du sirop va pénétrer légèrement dans la cellule du fruit

# Comment « bluffer » vos invités avec un drôle de cocktail ?

- ➔ Remplir 2 verres : l'un avec du jus d'ananas frais, l'autre avec du jus d'ananas en boîte
- ➔ Ajouter une mixture (gélatine et eau à 40°C) en égale quantité dans les 2 verres
- ➔ Faites refroidir dans de la glace pilée
- ➔ 20 minutes après, faites semblant de renverser le verre qui contenait le jus en boîte

# Comment « bluffer » vos invités avec un drôle de cocktail ?

➡ La mixture s'est transformée en gelée d'ananas parce que la stérilisation a détruit l'enzyme protéolytique contrairement au jus frais

# Pourquoi cuire à la casserole à pression ?

## ➔ Gain de temps et d'énergie

- ✓ *Température d'ébullition de l'eau : 130°C*
- ✓ *Vitesse de réaction : huit fois plus vite qu'à 100°C*
- ✓ *Moins de perte d'eau (pas d'évaporation possible)*

## ➔ Inconvénients :

- ✓ *Pas facilement contrôlable*
- ✓ *Pas d'apport d'oxygène en cours de cuisson*

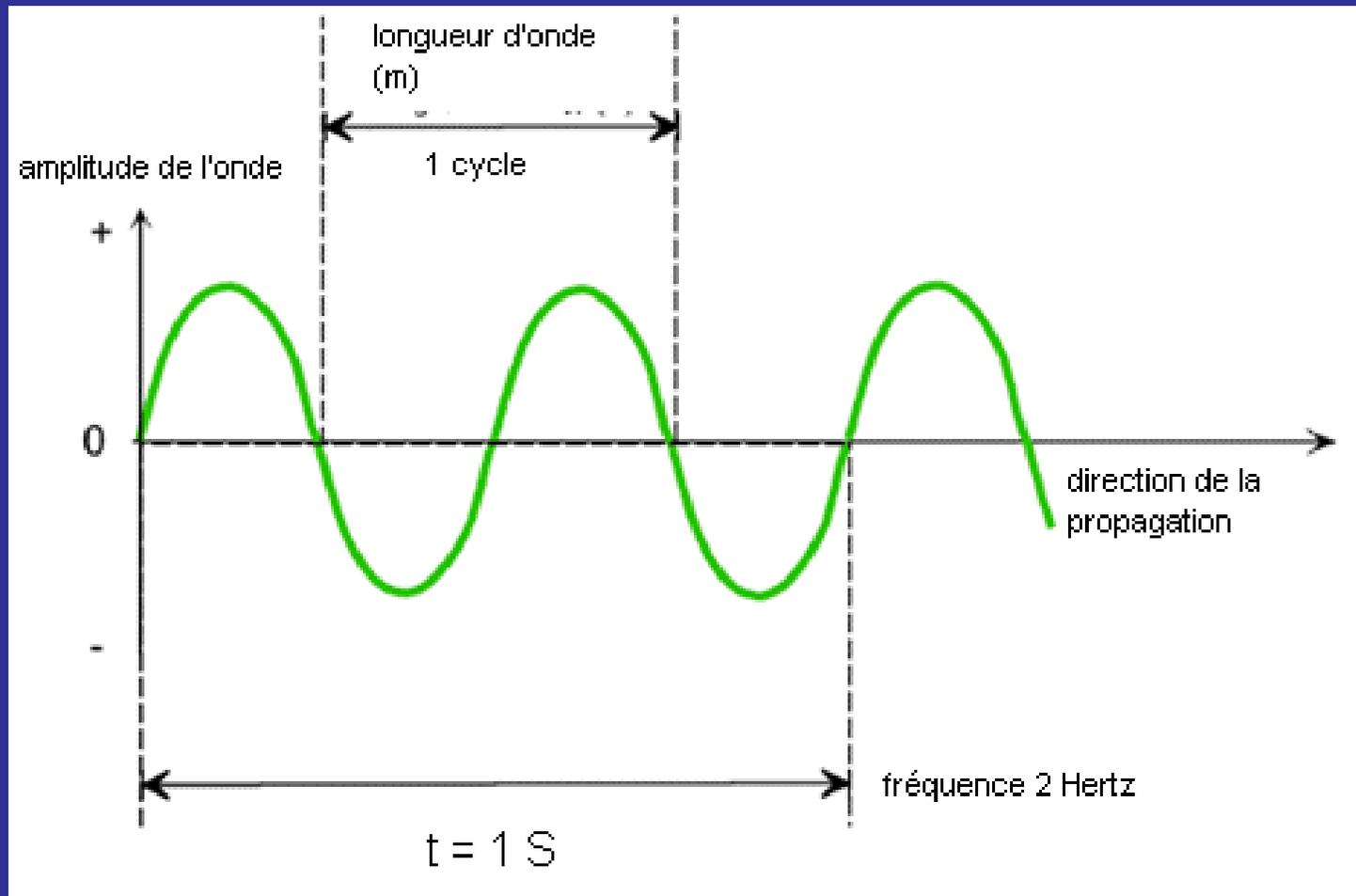
# Conclusion

→ La cuisine, c'est de la chimie  
mais la chimie ce n'est pas que  
de la cuisine...

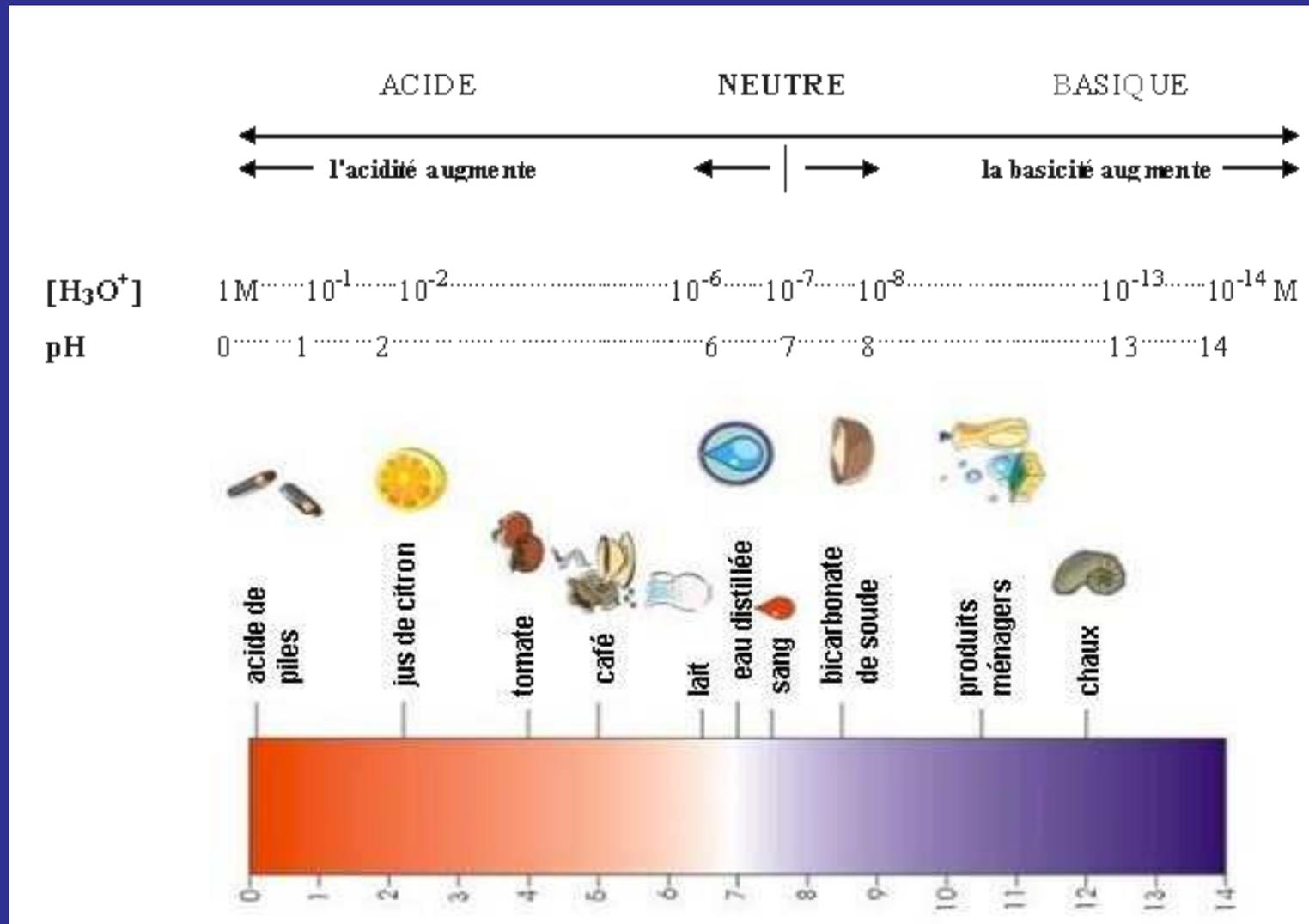
# Recette du moelleux au chocolat

- ➔ 1) 300 g sucre + 8 œufs entiers.  
Battre jusqu'à blanchiment.
- ➔ 2) 230 g chocolat amer + 230 g  
beurre → faire fondre doucement
- ➔ 3) 130 g farine
- ➔ Mélanger au fouet 1 + 2 + 3
- ➔ 4) beurrer et sucrer le moule, cuire  
au four à 200 °C pendant 8 minutes

# Caractéristiques d'une onde

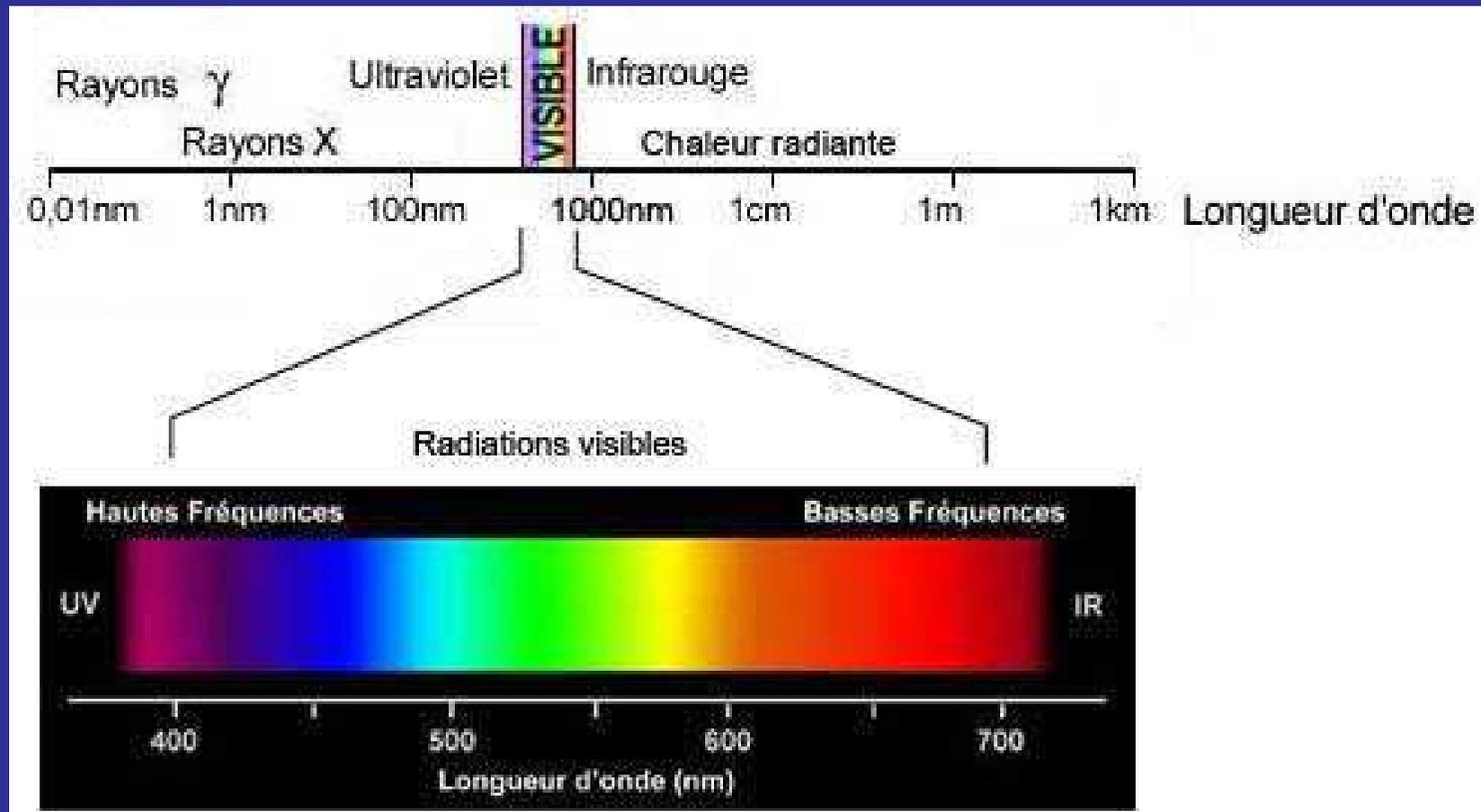


# Le pH : une échelle de mesure de l'acidité





# Longueurs d'ondes et couleurs



# Bibliographie

- ➔ This H., *Les secrets de la casserole*, Belin 1993
- ➔ This H., *Casseroles et éprouvettes*, Belin 2002
- ➔ This H., *La casserole des enfants*, Belin 1998
- ➔ This H., *Révélation gastronomiques*, Belin 1995
- ➔ This H., *Traité élémentaire de cuisine*, Belin 2002
- ➔ Découverte n°311
- ➔ Découverte n°307
- ➔ Bourre Jean-Marie, *La diététique du cerveau*, Points 1990
- ➔ Séminaires de gastronomie moléculaire
- ➔ Divers documents internet dont des images de référence
- ➔ Le site [www.ens.lyon/fr](http://www.ens.lyon/fr) pour la réaction de Maillard



A propos des viandes, par exemple, la connaissance des transformations de la viande chauffée donne des idées :

à **40°C**, les protéines commencent à se dénaturer (elle se déroulent »), et la viande en perd sa transparence

à **50°C**, les fibres de collagène (le tissu de soutien des cellules musculaires) commencent à se contracter

à **55°C**, la myosine (une des principales protéines des cellules musculaires) commence à coaguler

à **55°C**, le collagène commence à se dissoudre

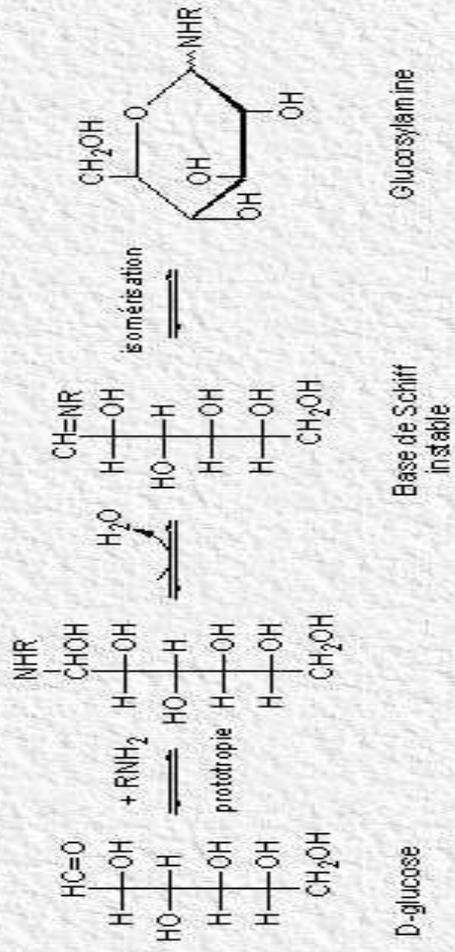
à **66°C**, les protéines sarcoplasmiques, le collagène, la partie globulaire de la myosine coagulent

à **70°C**, la myoglobine; ne fixe plus l'oxygène

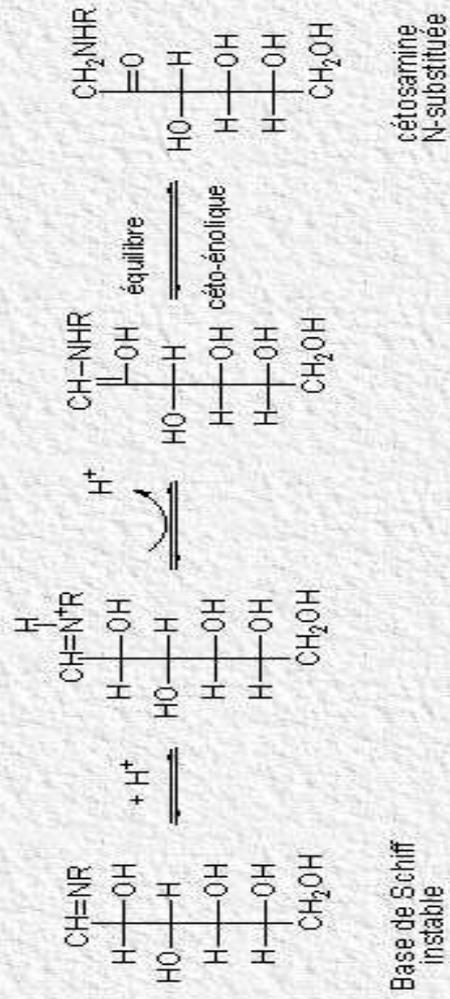
l'intérieur de la viande devient rose à **79°C**, l'actine coagule

à **80°C**, les parois cellulaires sont rompues, et la viande devient grise

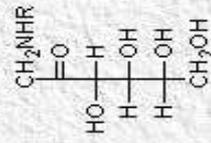
● Condensation de Maillard entre le glucose et une amine



## ● Réarrangement d'Amadori

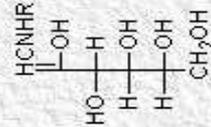


● **Déshydratation forte : synthèse d'un furfural**



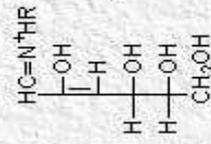
cétosamine  
N-substituée

énolisation 1,2



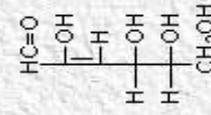
1,2-énaminol  
(instable)

+ H<sup>+</sup>

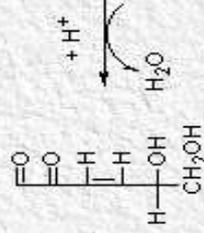


2,3-énol

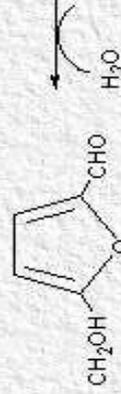
+ H<sub>2</sub>O



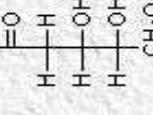
équilibre  
cété-énolique



composé α dicarbonylé  
insaturé



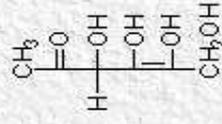
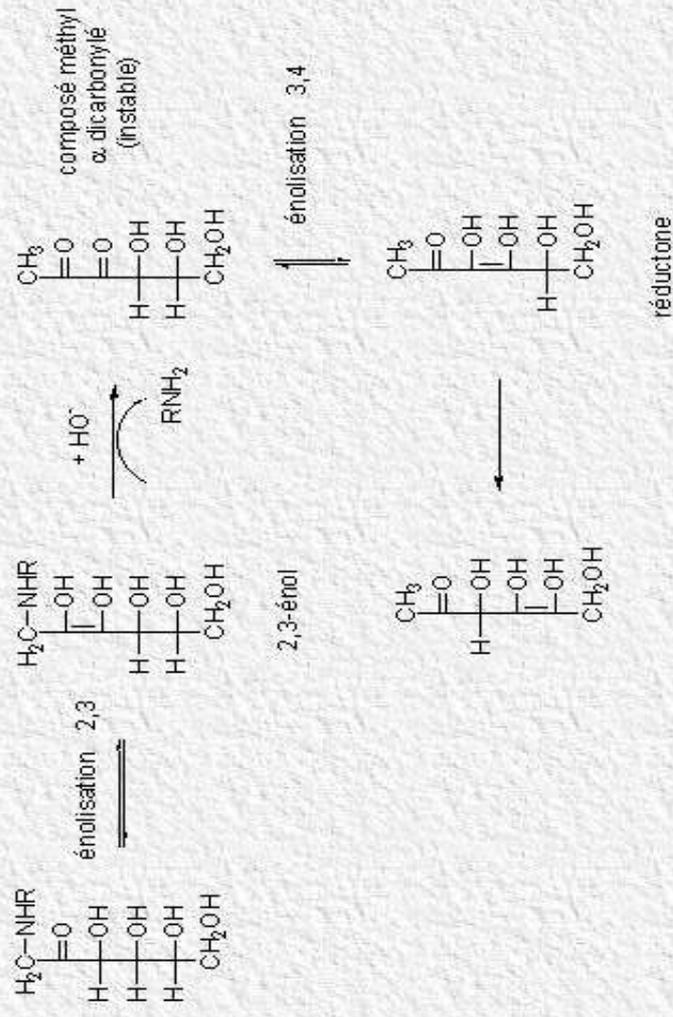
5-hydroxyméthyl-  
2-furaldéhyde



+ H<sup>+</sup>

+ H<sub>2</sub>O

● Déshydratation modérée : synthèse d'une réductone



2,3-éno

réductone

● Polymérisation : synthèse d'une mélanoïdine

