

# LES NANOPARTICULES D'OR

Célia Boukoufi, Margaux  
Berthou, Jordan Beurton,  
Doctorants

Dr. Arnaud Pallotta, MCF



CIBLES  
THÉRAPEUTIQUES  
FORMULATION  
ET EXPERTISE PRÉCLINIQUE DU MÉDICAMENT

EA 3452

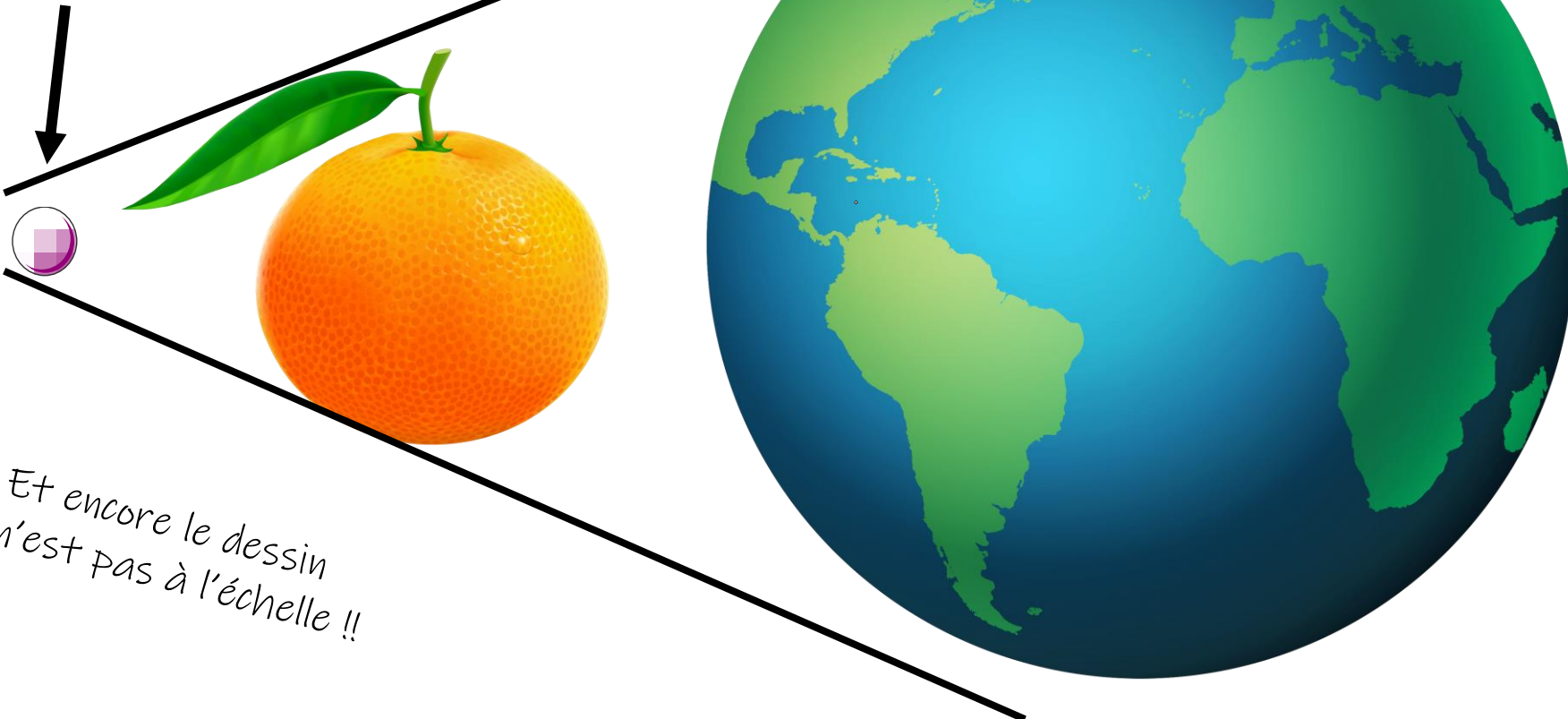


Un laboratoire de

UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE

Dans notre laboratoire nous synthétisons de très très petites particules, des nanoparticules. Si nous voulions comparer la taille de ces particules à celle d'une orange, cela reviendrait à comparer la taille d'une orange à celle de la Terre !

Nanoparticules  
d'or



Et encore le dessin  
n'est pas à l'échelle !!



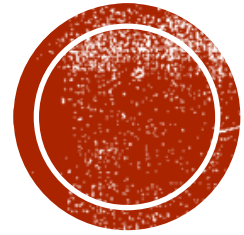
Ces nanoparticules sont en or et sont très intéressantes car leur taille leur confère des propriétés différentes de celle de l'or massif.



**Couleur**  
**Réactivité**  
**Propriétés physico-chimiques**

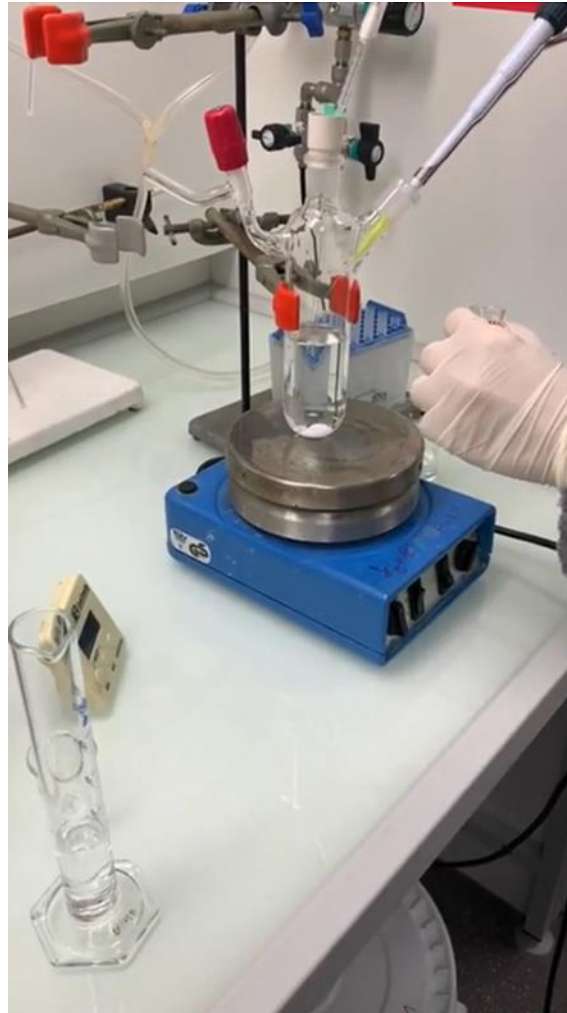
...





# COMMENT FABRIQUONS NOUS NOS NANOPARTICULES D'OR ?

Tout d'abord l'acide chloraurique ( $\text{HAuCl}_4$ ) est mis en solution sous atmosphère inerte, plus précisément sous diazote.  
Après ajout, il se dissocie pour donner des ions  $\text{Au}^{3+}$ .

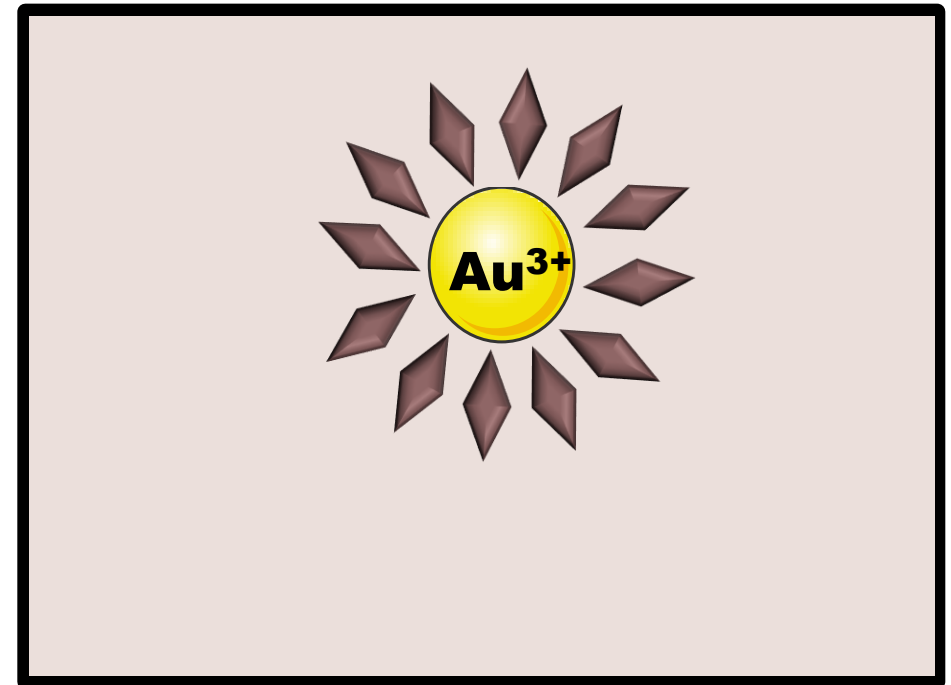
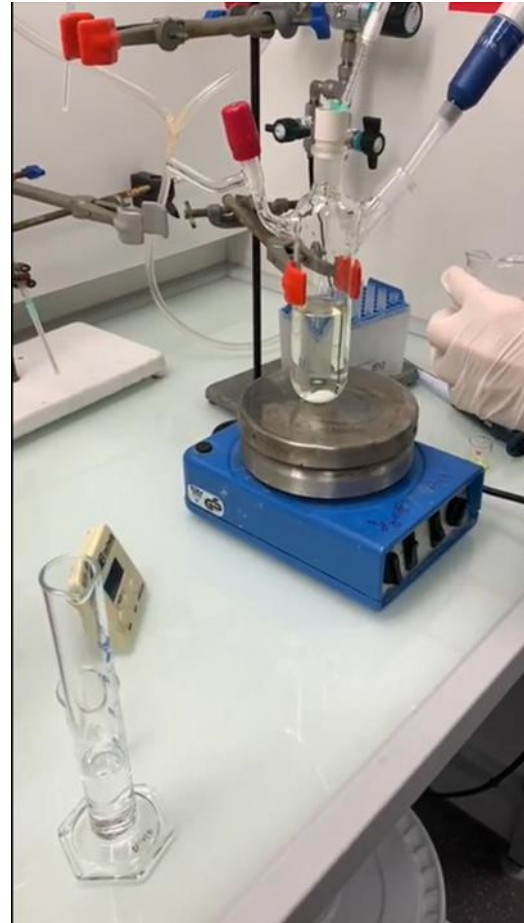


L'ajout d'ions citrate dans le milieu permet de former des agglomérats d'ions  $\text{Au}^{3+}$ .

Il s'agit de l'étape de stabilisation, elle dure précisément 1 min.



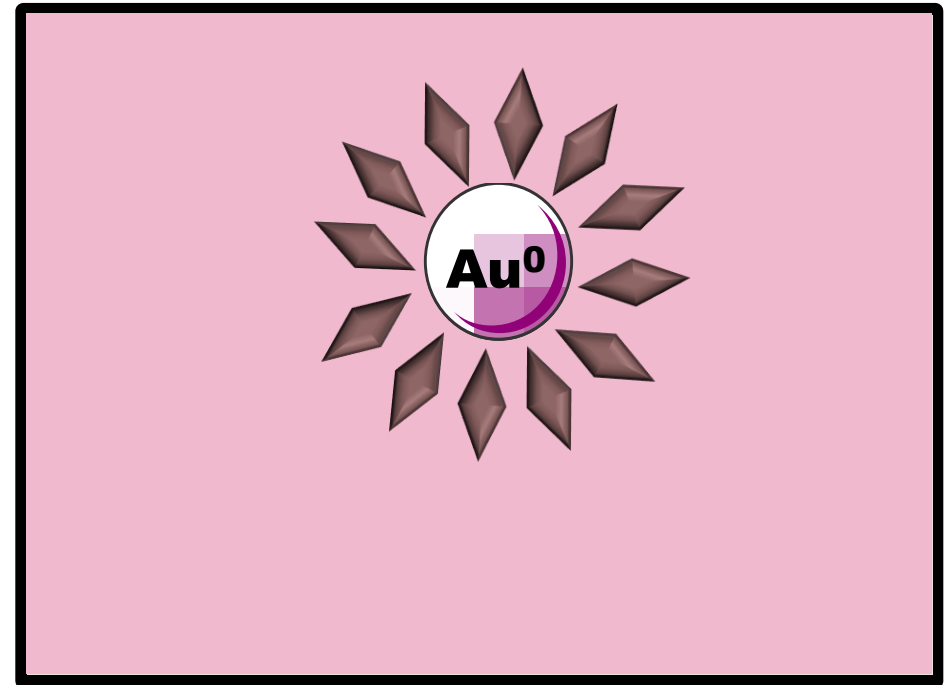
*1 minute tout pile, ça rigole pas les nanos !!!*



 **Citrate de sodium**



Une fois stabilisés, les ions  $\text{Au}^{3+}$  vont être réduits par le borohydrure de sodium pour former un cœur d'or métallique  $\text{Au}^0$  entouré d'ions citrate : ce sont nos nanoparticules d'or. Leur formation est confirmée par l'apparition d'une couleur rouge caractéristique.



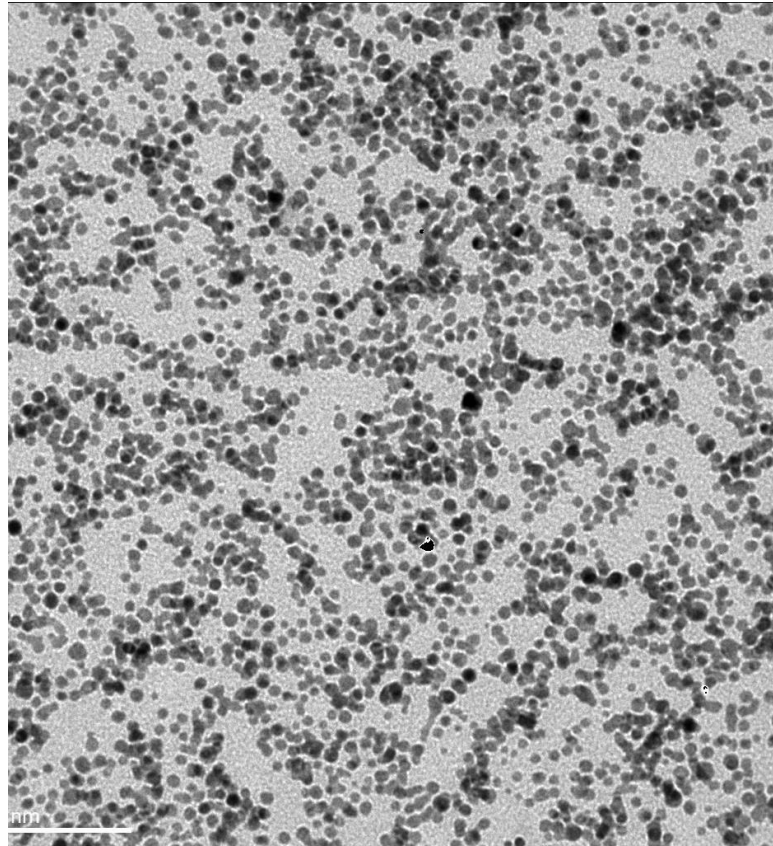
**Tu veux voir une synthèse en entier ?  
Rendez-vous ici !**



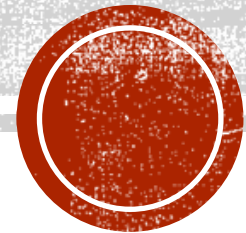
**<https://youtu.be/BzkK8tvhv8s>**







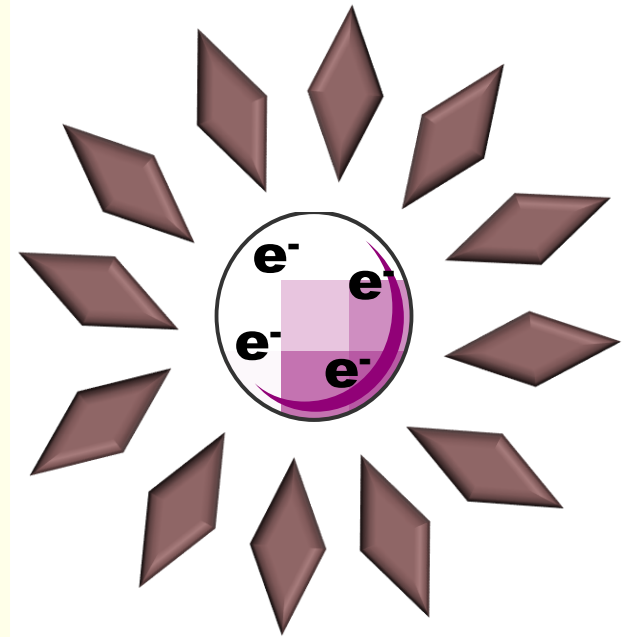
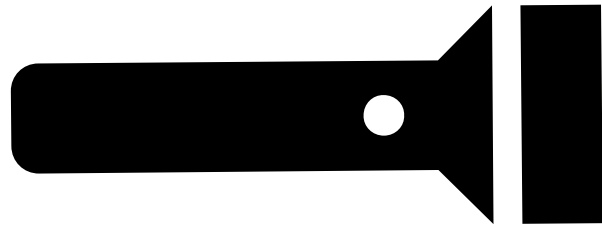
**LES PROPRIÉTÉS DES  
NANOPARTICULES  
SONT LIÉES À LEUR  
TAILLE ET À LEUR  
CHARGE.  
COMMENT LES  
CONTRÔLONS-NOUS ?**



Nous l'avons vu, nos nanoparticules ont une couleur rouge.

En effet, les nanoparticules vont interagir avec la lumière et leur conférer leur couleur. La lumière interagit avec les électrons du cœur d'or des nanoparticules ce qui engendre le déplacement d'une vague d'électrons pour une longueur d'onde particulière.

Cette longueur d'onde est appelée « bande plasmon ».

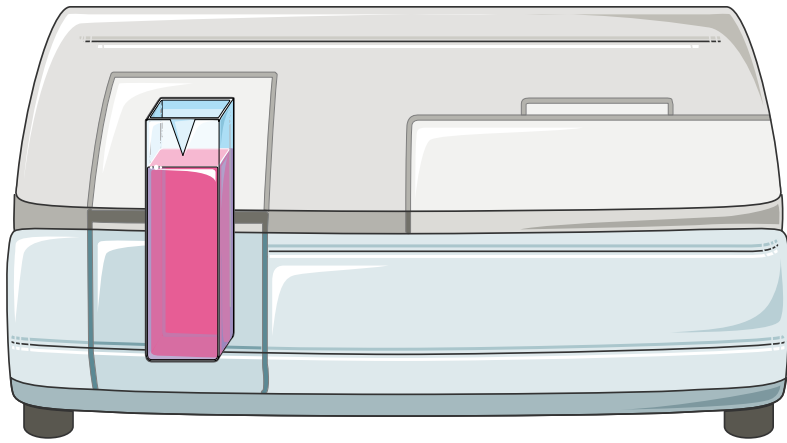


*Bouge moi ces électrons !!*

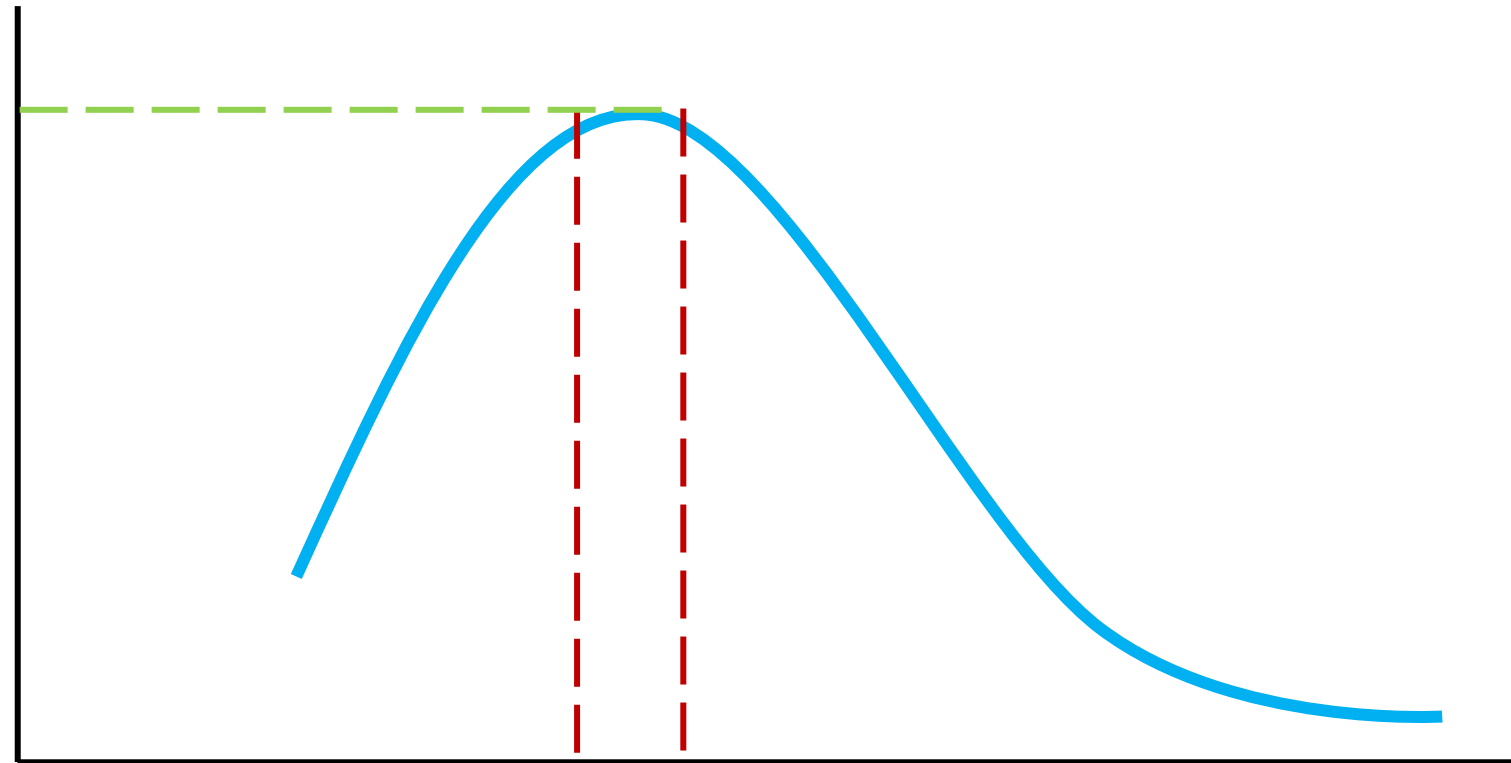


Cette bande plasmon est caractéristique des nanoparticules d'or et est mesurée en spectrophotométrie. Ainsi la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance est la plus importante, le  $\lambda_{\text{max}}$  dépend de la **taille et de la surface** des particules, et l'absorbance à cette longueur d'onde est proportionnelle à leur **concentration**.

Absorbance au  $\lambda_{\text{max}}$   
**CONCENTRATION**



**Spectrophotomètre**



400 nm

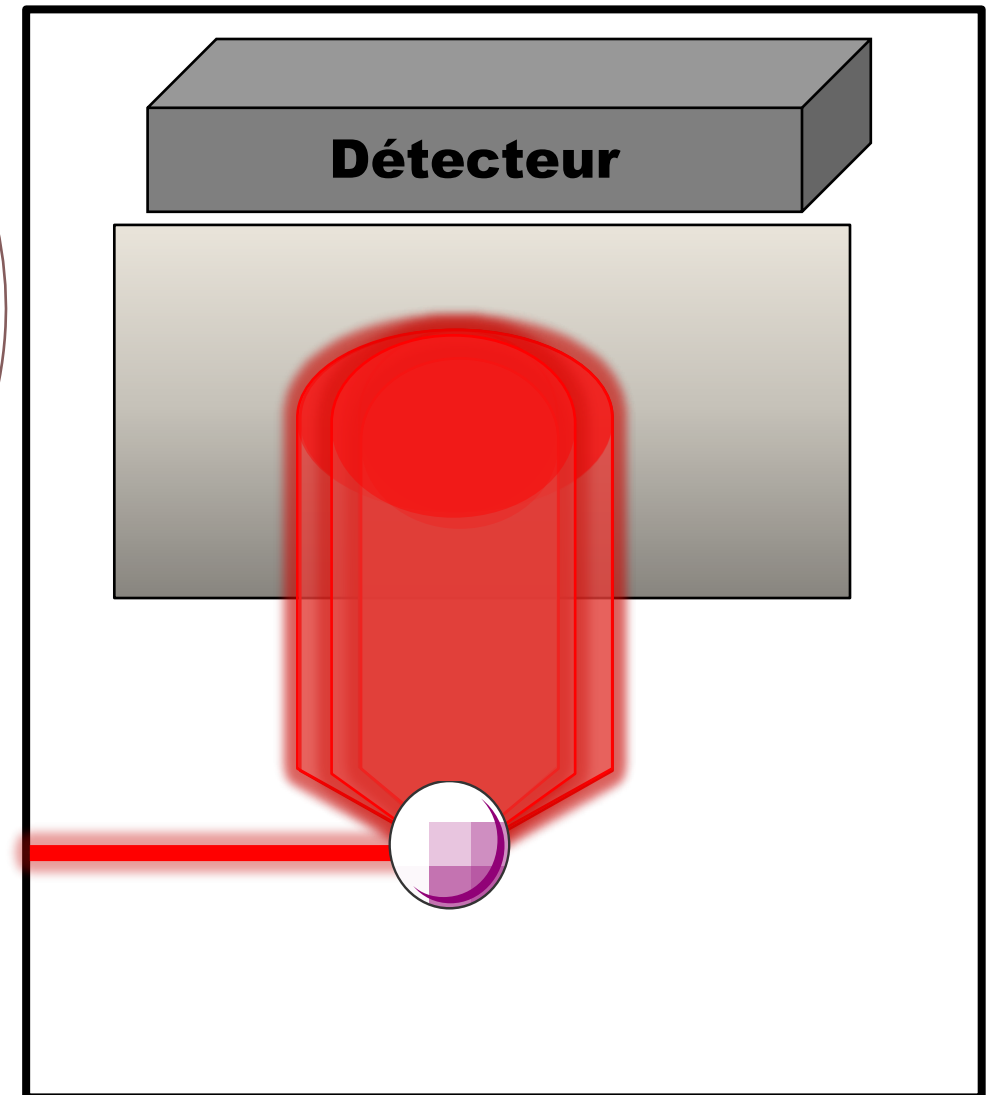
**Bande plasmon  
TAILLE**

800 nm



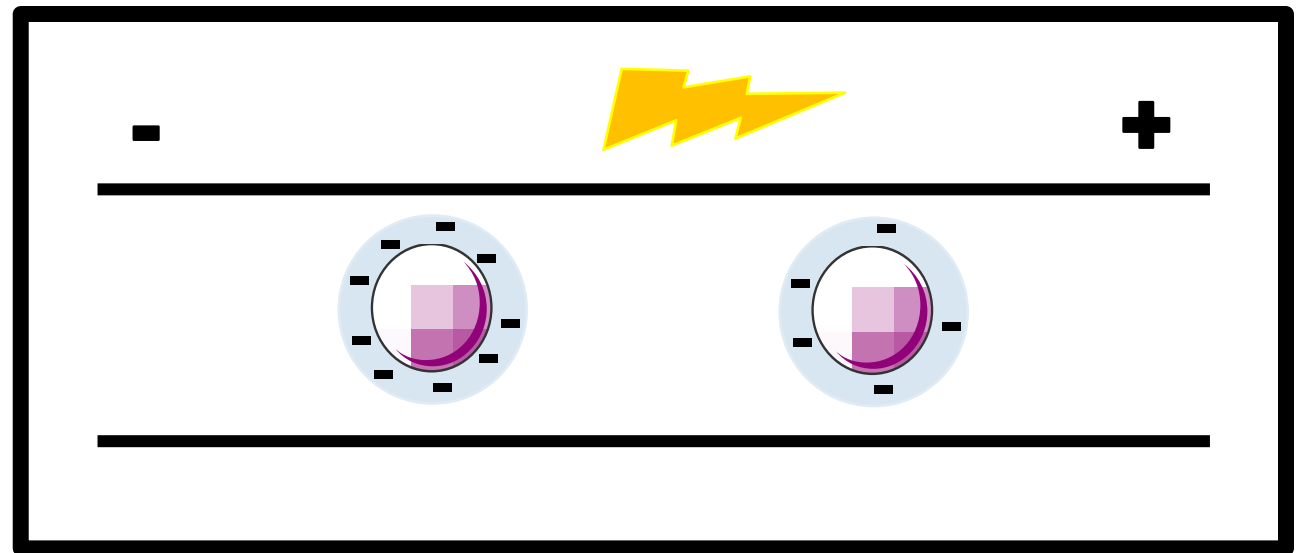
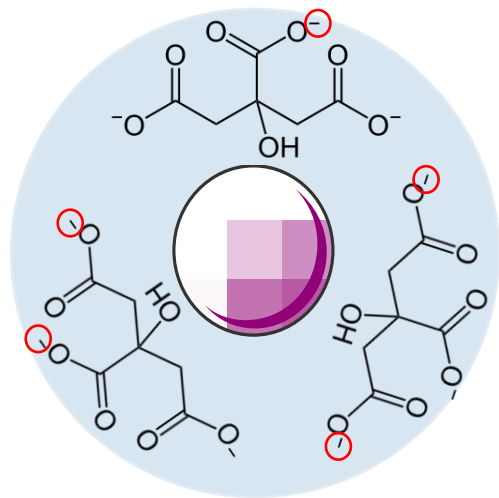
La taille est la caractéristique principale d'une nanoparticule. Elle doit être comprise entre 0,2 et 100 nm.

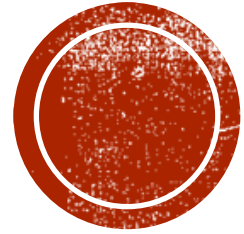
Pour s'en assurer, nous utilisons la diffusion dynamique de la lumière. Les nanoparticules sont éclairées par un laser. La variation de diffusion de la lumière permet de définir leur diamètre hydrodynamique.



En plus de leur taille, les nanoparticules possèdent une charge. En effet, nos particules sont entourées d'ions citrate leur conférant une charge négative. Afin de déterminer leur charge et leur taille, nous utilisons l'électrophorèse capillaire. Les particules en suspension migrent sous l'effet d'un courant électrique en fonction de leur taille et de leur charge.

Il devient donc possible de différencier différentes populations de nanoparticules dans le même échantillon ! (plus ou moins grosses et/ou plus ou moins chargées).



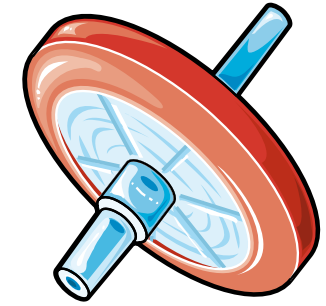


**QUE POUVONS-NOUS BIEN  
FAIRE AVEC NOS  
NANOPARTICULES D'OR ?  
LES IMMOBILISER SUR DES  
SURFACES !**

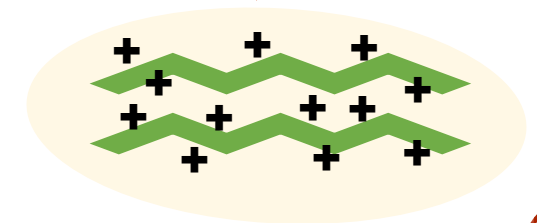
L'immobilisation de nanoparticules d'or sur une surface permet de conférer les propriétés de nos nanoparticules à celle-ci.

Au laboratoire, nous développons des filtres nanostructurés.

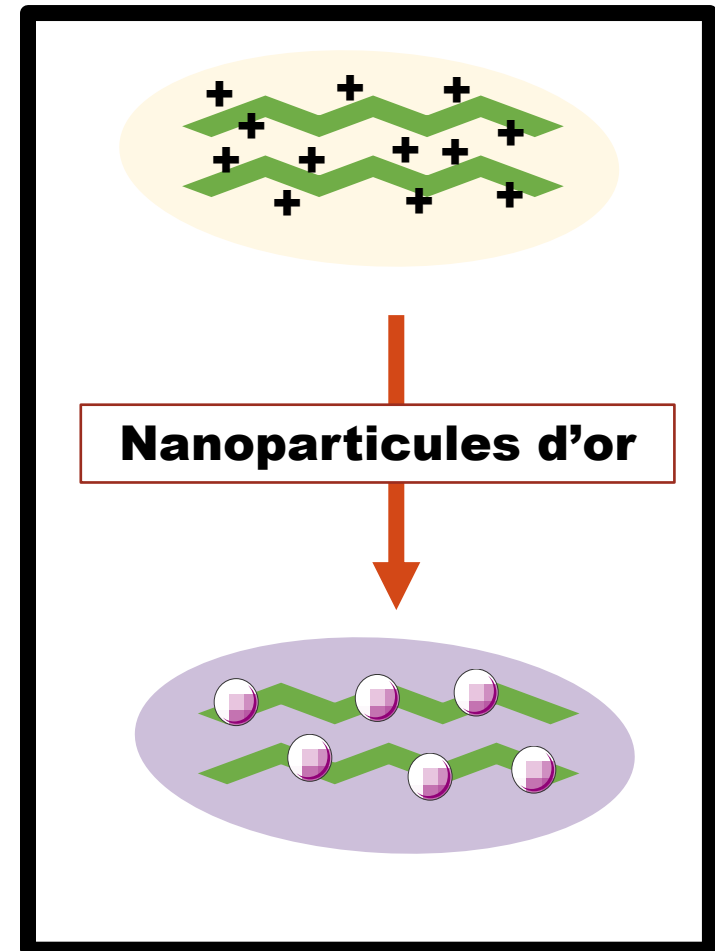
Tout d'abord un polymère (la poly(hydrochlorure d'allylamine)) est déposé sur le filtre. Grâce à sa charge positive, il servira de phase d'accroche, pour retenir nos nanoparticules anioniques.



**Poly(hydrochlorure d'allylamine)**

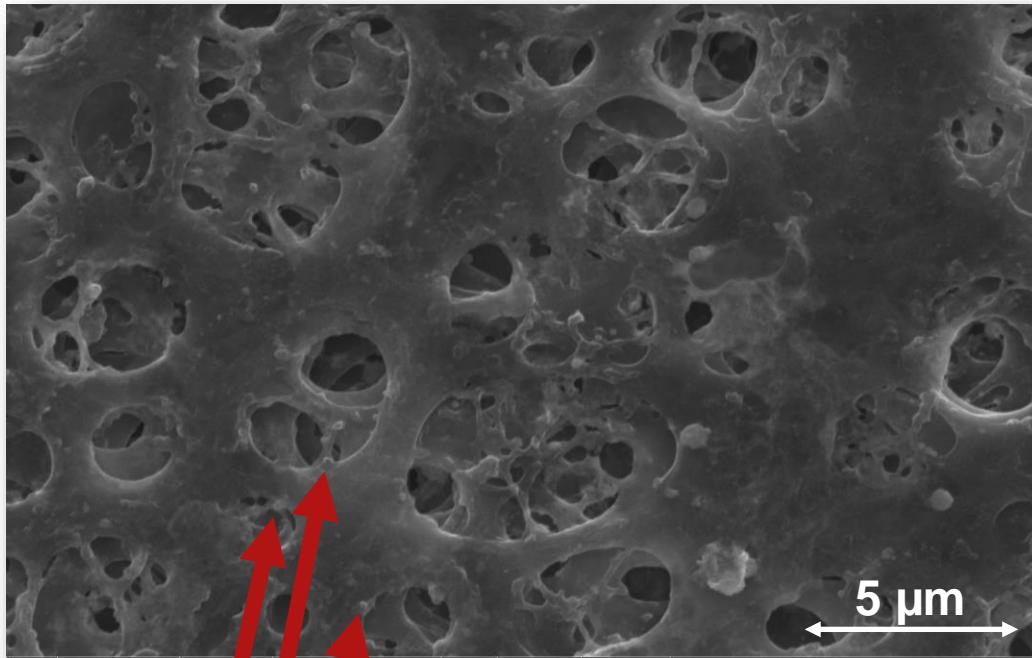


Par formation de interactions électrostatiques, les nanoparticules anioniques vont être retenues sur le filtre. Nous confirmons visuellement l'immobilisation des nanoparticules sur le filtre, car ce dernier se teinte de rose.





Sur cette image prise en microscopie électronique à balayage, on peut voir les pores du filtre et les nanoparticules d'or immobilisées sur celui-ci.  
Grâce à cette méthode nous pouvons immobiliser environ  $4 \cdot 10^{14}$  AuNP par filtre, soit 50 000 fois l'équivalent de la population mondiale réunie sur  $4 \text{ cm}^2$  !

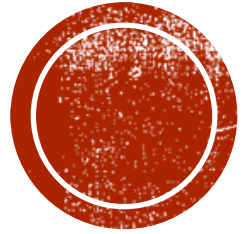


**Nanoparticules  
d'or**



*Ca en fait du monde !*





# MAIS TOUT ÇA... A QUOI ÇA SERT ?

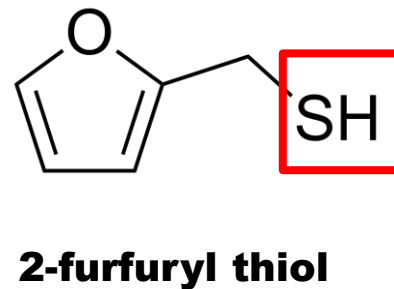
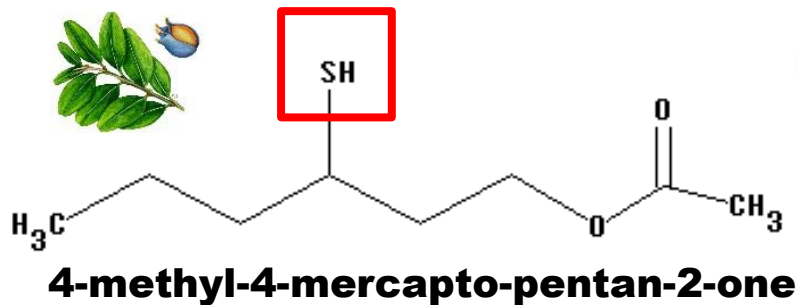
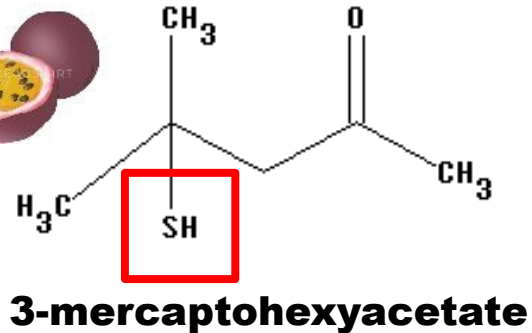
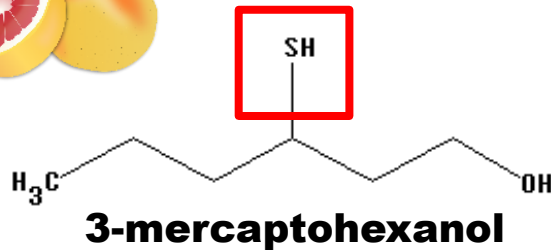
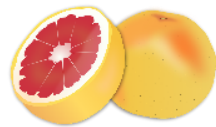
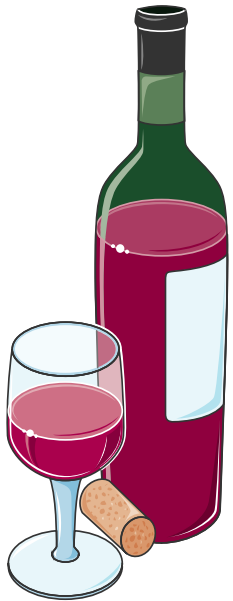
Application à la capture de molécules  
à groupement thiol dans des matrices  
alimentaires

**Les nanoparticules d'or et leur immobilisation sur des surfaces ont des applications dans de nombreux domaines. Dans notre laboratoire nous nous intéressons principalement à des applications biologiques et/ou pharmaceutiques. Mais pour parler au plus grand nombre, nous avons choisis de vous présenter une application dans le domaine agro-alimentaire.**

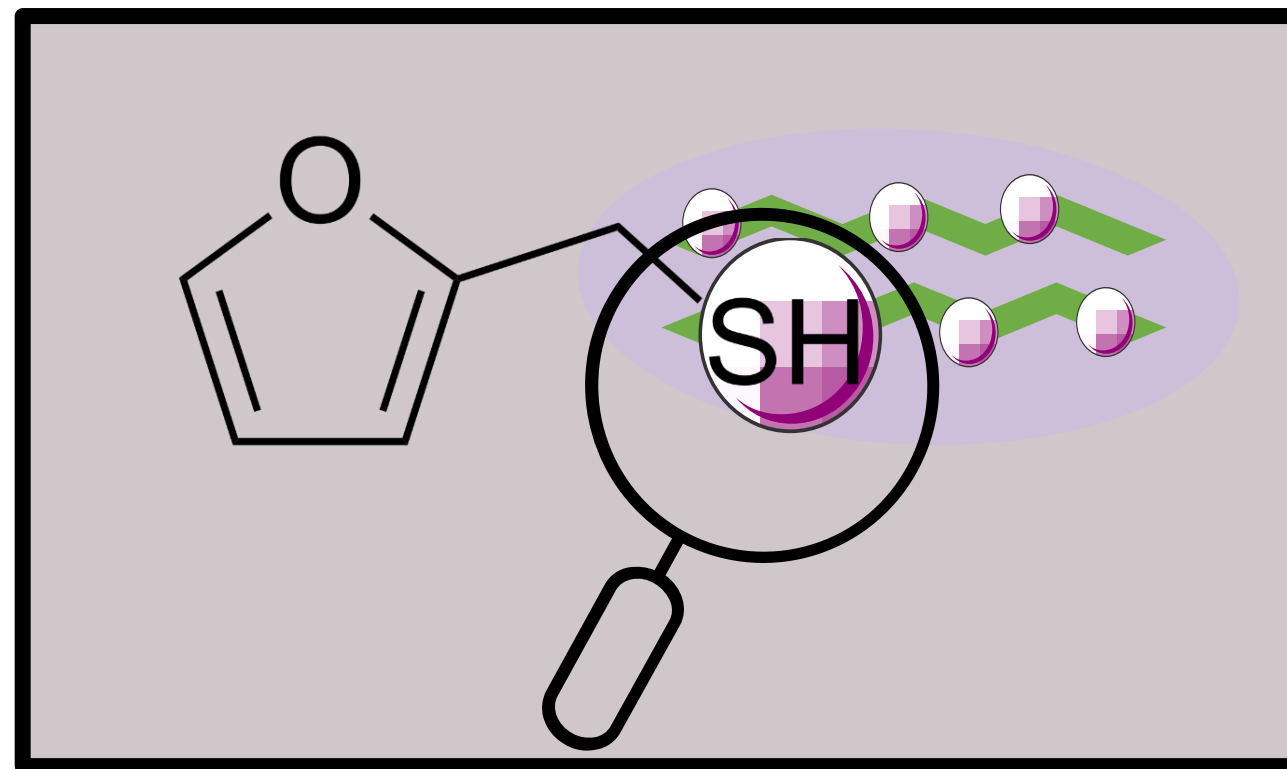


Prenons un exemple concret ! Le goût et l'odeur de boissons sont en parti dûs à des molécules de la famille des « composés aromatiques volatiles à groupements thiols (-SH) ». Ces molécules portent toutes un ou plusieurs atomes de soufre bien connu pour son odeur d'œuf pourri. Ce qui est moins connue en revanche c'est qu'il est aussi responsable d'odeurs agréables que l'on retrouve dans le café ou le vin comme l'odeur de café grillé ou encore fruit de la passion. Ces molécules sont très volatiles et participent donc à l'odeur et au goût de ces boissons.

Mais quel est le lien avec nos nanoparticules ?



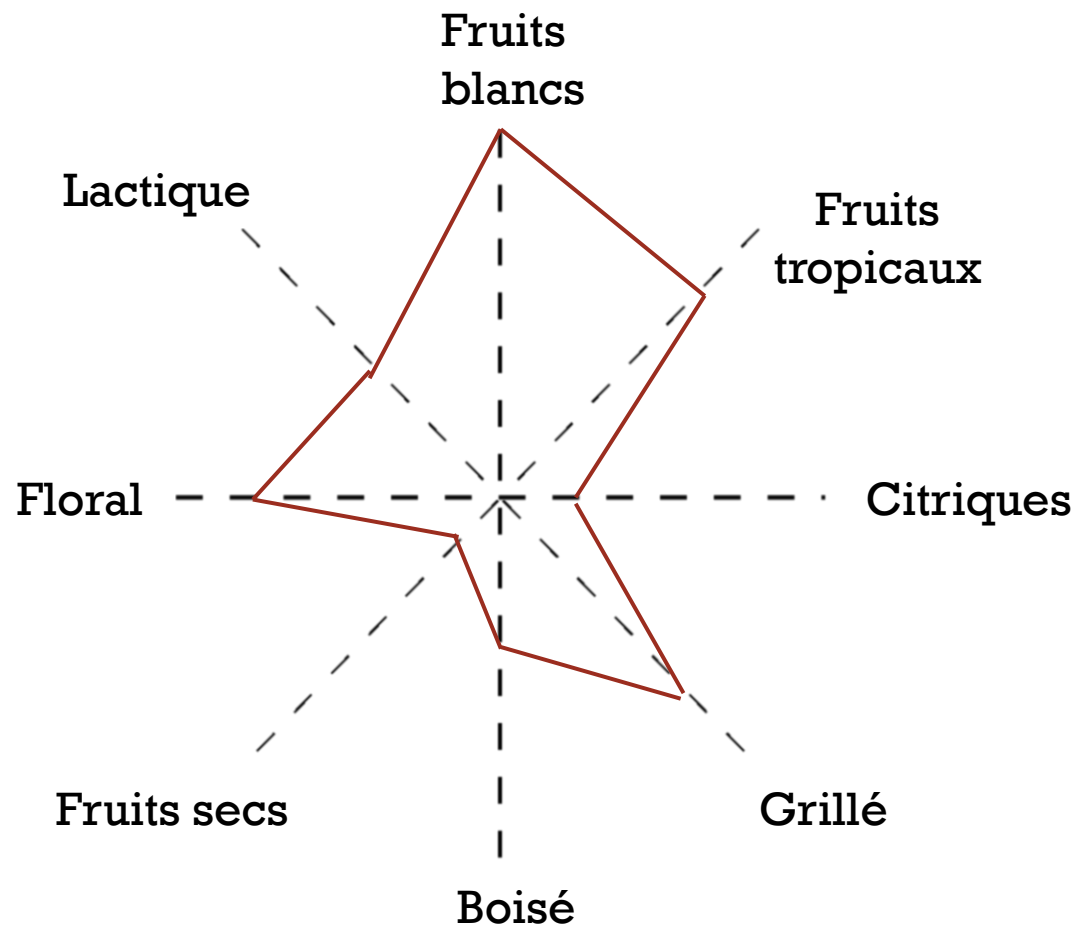
Et bien nos nanoparticules ont la propriété de capter des molécules possédants ce fameux groupement thiol (-SH). Ces molécules sont présentes en très faible quantité et sont très réactives. Ainsi, si nous faisons passer du café à travers d'un filtre comportant des nanoparticules immobilisées, ce filtre va venir retenir les molécules aromatiques à groupement thiol et laisser passer les autres molécules.



*On a dit que les -SH!  
Le reste pas pour  
nous!*



Ceci pourrait permettre par la suite d'analyser et de quantifier uniquement les thiols et d'essayer de définir une « carte d'identité » de la boisson afin de pouvoir prédire son goût et son odeur. Et de comparer cela à la carte d'identité dressée lors de dégustation !



**MERCI POUR VOTRE  
VISIONNAGE...  
ET PEUT-ÊTRE À BIENTÔT**

