

Fiche 20
La couleur des crustacés et cuisson

Objectif :

Répondre à la question qui se pose lors de l'observation de la cuisson des crustacés : d'où vient cette couleur orange-rouge qui apparaît ?
Cette question peut-être le fil directeur pour l'entrée dans le programme de physique-chimie de 1°S.

Problématiques :

- comment expliquer l'apparence colorée d'un milieu matériel où les molécules sont présentes?
- comment relier la structure des molécules à la couleur des milieux ?
- comment la cuisson peut-elle modifier la structure de molécules du monde vivant ?

Production attendue : présentation illustrée pour un document tout public (ppt, livre, article, vidéo....)

Séquence proposée

Séance 1 : Spectres visibles de milieux colorés ; tracé d'un spectre.

*Initiation à « couleur et vision »
(1°S&1°LES)*

Spectres visibles de milieux colorés

- Après passage dans un système « dispersif » la lumière blanche est décomposée en lumières de différentes couleurs (à chaque couleur est associée une longueur d'onde) ; l'image obtenue est le « spectre de la lumière blanche ».

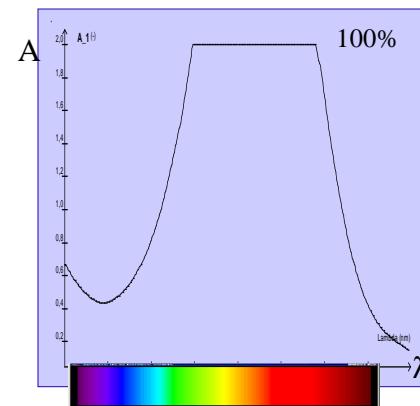


- Couleur d'un objet : un objet éclairé en lumière blanche peut
 - soit diffuser tous les rayonnements visibles qu'il reçoit,
 - soit absorber certains rayonnements colorés, il apparaît alors de la couleur complémentaire.

*Initiation à « couleur et vision »
(1°S&1°LES)*



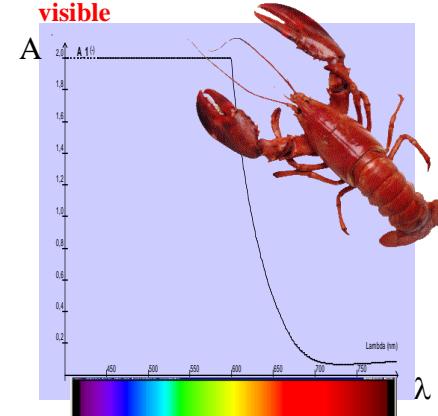
un objet bleu absorbe les rayonnements de grandes longueurs d'onde du spectre visible



Spectres visibles de milieux colorés

Absorption (A) en fonction de la longueur d'onde λ dans le cas d'un objet éclairé en lumière blanche

Un objet rouge absorbe les rayonnements de longueurs d'onde plus courtes du spectre visible



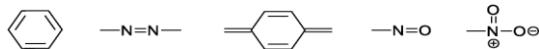
Séances 2 : Etude des molécules de la matière colorée. La couleur dépend de la structure des molécules.

Doubles liaisons conjuguées ; étude documentaire et expérimentale

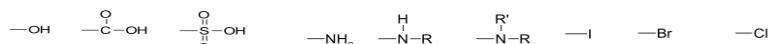
Complément à « couleur et vision » (1°S)

La couleur dépend de la structure des molécules : groupes d'atomes et liaisons

- Un **chromophore** est un groupe d'atomes comportant une ou plusieurs doubles liaisons, et formant avec le reste de la molécule une séquence de doubles liaisons conjuguées, c'est-à-dire une alternance de doubles et de liaisons simples.



- Un **auxochrome** est, dans une molécule, un groupe d'atomes ionisables pouvant changer la fréquence d'absorption d'un chromophore.



Activité expérimentale « couleur et vision » (1°S)

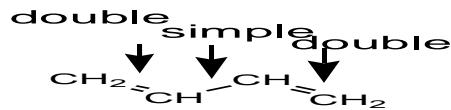
Modification de structure, modification de couleur

Dans un tube à essai, introduire 0,5 mL d'éthanal. Placer le tube dans un bain de glace. Ajouter goutte à goutte 2mL d'hydroxyde de sodium de concentration 2 mol.L⁻¹.

- Quelle est la couleur du mélange initial?
- Homogénéiser, comment évolue la couleur ? Justifier.

Complément à « couleur et vision » (1°S)

Doubles liaisons conjuguées : elles ne sont séparées que par une simple liaison.



Une molécule organique possédant un système conjugué (**alternance ininterrompue** de simples et de doubles liaisons) d'au moins sept doubles liaisons forme un matériau le plus souvent coloré.

Remarque : en présence de groupes caractéristiques et/ou de cycle présentant des doubles liaisons conjuguées, ce nombre peut parfois être abaissé à quatre doubles liaisons conjuguées.

Expérience : Eau de dibrome sur le jus de tomate :

les doubles liaisons du carotène disparaissent au fur et à mesure de l'ajout de dibrome : la couleur passe du rouge au jaune puis bleu et enfin incolore (absorbe dans les UV)



Interpréter ces observations

Remarque : ces colorations ne s'observent pas sur un jus filtré, l'espèce colorée est concentrée dans la peau de la tomate et se trouve en suspension dans le jus mixé.

Pour la présentation les expériences ont été réalisées dans des éprouvettes, elles peuvent être par souci d'économie faites dans des tubes à essais

Séance 3

Percer le secret du changement de couleur du homard passage du "bleu pourpre" au fond de l'océan au "rouge orange" dans la casserole

Observation de la cuisson des crustacés (crevettes grises par exemple).

Emission de suggestions d'explication : oxydation, action de l'air, transformation chimique, biochimie et protéines et confrontation avec les publications scientifiques traitant du sujet ; recherche de documents et interprétation des publications avec des mots simples en relation avec les connaissances du programme.

Prolongement du questionnement :

- *les truites saumonées tirent leur couleur rouge de leur chair de leur alimentation contenant des carapaces de crevettes : pourquoi sont-elles déjà roses lorsqu'elles sont crues ? de même pour les saumons ?*
- *Le carotène bêta est dit « provitamine A » et intervient dans le processus de la vision crépusculaire. Quelle est la transformation chimique responsable de la vision ?*

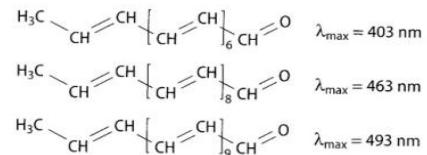
Séance 4 : Travail personnel expérimental en autonomie en vue de réaliser une présentation « tout public » du problème étudié.

Annexe : Informations complémentaires pour l'encadrant.

Activité expérimentale « couleur et vision » (1°S)

Interprétation

- En présence d'un groupe hydroxyde OH⁻, deux molécules d'éthanal réagissent ensemble selon l'équation :
$$\text{CH}_3\text{CHO} + \text{OH}^- \rightarrow -\text{CH}_2 - \text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$$
$$-\text{CH}_2 - \text{CHO} + \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_2 - \text{CHO}$$
 - La molécule obtenue peut réagir avec une autre molécule d'éthanal : la réaction peut se poursuivre, il se produit une polymérisation de l'éthanal en présence d'ions OH⁻
 - Finalement on a :
- $$n \text{CH}_3\text{-CHO} \rightarrow \text{CH}_3 - (\text{CH}=\text{CH})_{n-1} - \text{CHO} + (n-1) \text{H}_2\text{O}$$



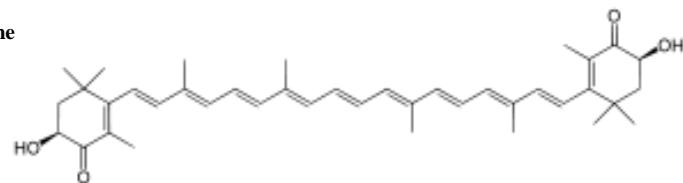
Polycondensation en milieu basique

- Lorsque la réaction se déroule, le produit obtenu comporte un nombre croissant « n » de doubles liaisons conjuguées.
- Simultanément, la solution, qui ne présentait pas d'absorption en lumière visible (de n=1 à n=3), va absorber les rayonnements violets $\lambda = 403 \text{ nm}$ pour n= 6(et apparaître jaune), puis les rayonnements bleus $\lambda = 463 \text{ nm}$ pour n= 8(et apparaître orange) et finalement les rayonnements vertes $\lambda = 493 \text{ nm}$ pour n= 9(et apparaître rouge).
- Cette évolution de l'absorption est donc liée à l'apparition d'un nombre croissant de doubles liaisons conjuguées .

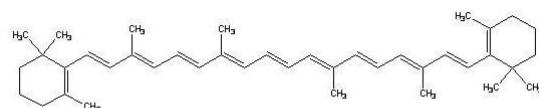
- <http://fr.vikidia.org/wiki/Astaxanthine#L.27astaxanthine>
- <http://pourquoilecielestbleu.cafe-sciences.org/page/12>
- <http://www.bulletins-electroniques.com/vigies/viewtopic.php?id=3004>
- http://biologie.univ-mrs.fr/upload/p259/m_thode_analyse.ppt
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC125020>
- Manuels scolaires 1°S (programme 2011)

Tout vient d'une petite molécule, l'**astaxanthine**. Il s'agit en fait d'un pigment de structure très proche de celle du β -carotène. De couleur rose-orangé lorsqu'elle est solubilisée dans des graisses, responsable de la couleur des crevettes cuites, des plumes de flamands roses (crues), ou de la chair des saumons (crues ou cuites)

Astaxanthine



β -Carotène



En revanche, dès la mort du crustacé puis lorsqu'on le fait cuire, cette protéine (crustacyanine) est dénaturée, libérant l'astaxanthine qui retrouve la couleur orange-rouge des crustacés cuits.

C'est dû à la dénaturation de la crustacyanine.



Crustacyanine non dénaturée astaxanthine complexée, couleur bleue



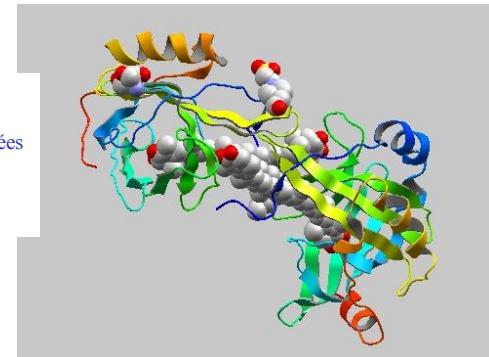
Crustacyanine dénaturée par la chaleur astaxanthine libérée, couleur rouge

Quand la protéine est dénaturée, le pigment (astaxanthine) retrouve une géométrie et un environnement similaire au pigment libre qui possède de nombreuses doubles liaisons conjuguées et absorbe le bleu d'où la couleur rouge.

- L'astaxanthine n'est pas produite lors de la cuisson de la crevette, elle est présente dès le départ, même si on ne distingue pas du tout l'orange.

• Dans le cas des crustacés vivants, ses propriétés optiques sont modifiées par son environnement : l'astaxanthine n'est pas libre, mais est complexée par une protéine la **crustacyanine***. C'est la torsion des cycles de l'astaxanthine en bout de chaîne qui raccourcit le nombre effectifs de doubles liaisons conjuguées. Elle paraît bleue ou incolore...

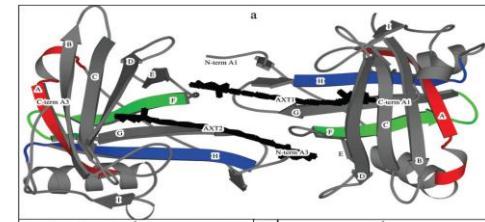
On voit ici au cœur de la protéine deux molécules d'astaxanthine, schématisées par des boules grises (les carbones) et rouges (les oxygènes) (source : PDB)



* ce qui a pour conséquence de perturber ses niveaux électroniques, pour lesquels les écarts en énergie correspondent à des couleurs différentes.

Conclusion

Dimère de deux protéines à l'état natif



- La clé de ce changement de couleur réside dans une protéine présente dans la carapace du crustacé, la bêta-crustacyanine. *Cette protéine est absente de la chair du saumon qui, même crue, est rose.*
- La structure interne de celle-ci agit sur une molécule annexe, l'astaxanthine, dont les propriétés d'absorption de la lumière dépendent de son environnement.
- L'astaxanthine, une molécule de la famille des caroténoïdes, voit en effet ses propriétés d'absorption de la lumière modifiées selon qu'elle est libre en solution ("rouge orange") ou bien complexée à la bêta-crustacyanine ("bleu pourpre").

Sous l'effet de la chaleur, lors de la cuisson, la bêta-crustacyanine se dénature et l'astaxanthine complexée est libérée et retrouve donc sa couleur « libre » rouge orange.



Revisitons le programme de 1[°]S avec un homard ... ou des crevettes

Extraits du programme 1[°]S 2011

OBSERVER

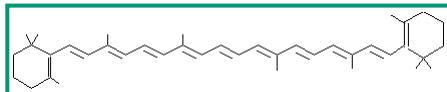
Couleurs et images Comment l'oeil fonctionne-t-il ? D'où vient la lumière colorée ? Comment créer de la couleur ?

Notions et contenus	Compétences attendues Couleur, vision et image	Le homard
..... Couleur des objets. Synthèse additive, synthèse soustractive. Absorption, diffusion, transmission.	Interpréter la couleur observée d'un objet éclairé à partir de celle de la lumière incidente ainsi que des phénomènes d'absorption, de diffusion et de transmission. Utiliser les notions de couleur blanche et de couleurs complémentaires. <i>Pratiquer une démarche expérimentale permettant d'illustrer et comprendre les notions de couleurs des objets.</i> Distinguer couleur perçue et couleur spectrale.	Séance 1
	Sources de lumière colorée	
..... Interaction lumière-matière : émission et absorption.	Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière	Séance 3
Dosage de solutions colorées par étalonnage. Loi de Beer-Lambert.	Matières colorées <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour déterminer la concentration d'une espèce colorée à partir d'une courbe d'étalonnage en utilisant la loi de Beer-Lambert /....</i> Savoir que les molécules de la chimie organique sont constituées principalement des éléments C et H. Reconnaitre si deux doubles liaisons sont en position conjuguée dans une chaîne carbonée. Établir un lien entre la structure moléculaire et le caractère coloré ou non coloré d'une molécule..... Décrire à l'aide des règles du « duet » et de l'octet les liaisons que peut établir un atome (C, N, O, H) avec les atomes voisins. Interpréter la représentation de Lewis de quelques molécules simples. Mettre en relation la formule de Lewis et la géométrie de quelques molécules simples. Prévoir si une molécule présente une isométrie Z/E. Savoir que l'isomérisation photochimique d'une double liaison est à l'origine du processus de la vision. <i>Utiliser des modèles moléculaires et des logiciels de modélisation</i>	Séance 1 Séance 2 Séance 3

Pour s'exercer

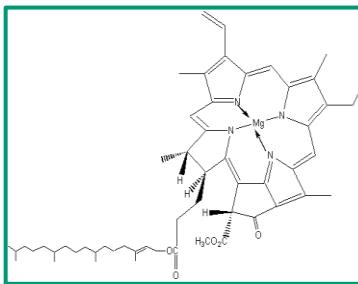
Les molécules des espèces colorées

la carotte



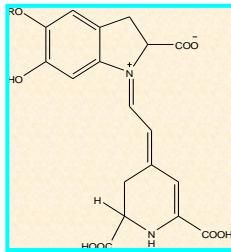
β -carotène

les épinards



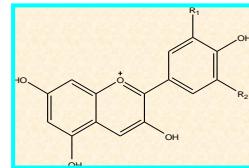
Chlorophylle

la betterave



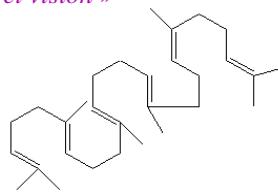
Bétanine.

cyanidine
le chou rouge

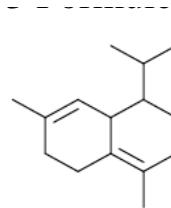


Activité documentaire

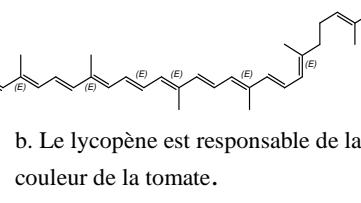
« couleur et vision »
(1°S)



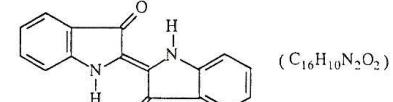
a. le squalène $C_{30}H_{50}$ extrait de certains poissons est incolore



c. Le cadinène est présent dans les huiles essentielles incolores d'agrumes et de pin.



b. Le lycopène est responsable de la couleur de la tomate.



d. l'indigo est connu pour sa couleur caractéristique

1. Comparer les molécules a et b : nombre de carbones, de liaisons simples et doubles.
2. Comparer les molécules c et d.
3. Quels sont les points communs entre les structures des molécules b et d ?