

Comment donner de belles couleurs aux aliments ?

Objectif pédagogique :

Entreprendre l'exploration des pigments des légumes
Découvrir différentes manières d'extraire « la couleur » des végétaux.
Constater l'existence de différentes familles de pigments.
Etudier des propriétés de la lumière.

Notion principale abordée :

Pigments
Couleur

Autres notions :

Hydrophilie
Hydrophobie
Décoction
Solvants
Lumière

Durée :

2 h 30

Autonomie :

Une partie des manipulations requiert l'utilisation d'une plaque chauffante ou d'un couteau pointu ; ces étapes seront menées par l'enseignant. L'essentiel des expériences peuvent être faites et comprises par les enfants.

Fiche expérimentale :

Matériel pour une classe de 30 enfants :

- 5 carottes
- 10 râpes manuelles (on pourra demander aux enfants d'en apporter de chez eux)
- 1 couteau pointu
- 1 litre d'huile de tournesol
- Une casserole
- Une plaque chauffante
- Une bouilloire (facultatif)
- 5 tomates
- Fruits rouges, betteraves, chou rouge, poivron... (selon la saison)
- 50 gobelets en plastique transparent
- 20 filtres à café
- 1 pilon et un mortier (on pourra prendre un gros galet avec un bol)

Protocole :

Au cours de cet atelier, on extraira la couleur de différents légumes et fruits. On explorera leur miscibilité dans l'eau et dans l'huile. Enfin, on observera l'action de ces solutions colorées sur la lumière.

1. 1. Les élèves râpent des carottes et en mettent la moitié dans de l'eau froide. Ils écrasent les carottes râpées dans l'eau à l'aide d'une fourchette. Ils filtrent. Ils observent. De son côté, l'enseignant fait la même chose avec de l'eau bouillante.
2. 2. Les élèves mettent des carottes râpées dans de l'huile. Ils écrasent les carottes dans l'huile à l'aide d'une fourchette. Ils observent.
3. 3. Les enfants prennent les fanes de carotte ou du gazon ; ils les broient à l'aide d'un pilon et d'un mortier. Ils en mélangent une partie à de l'eau et l'autre partie à de l'huile. Ils filtrent les préparations. Ils cherchent où la couleur verte apparaît.
4. 4. L'enseignant plonge les tomates 20 secondes dans l'eau bouillante de manière à séparer la peau de la pulpe. Les enfants broient la peau et la pulpe séparément. Un binôme sur quatre met de la pulpe dans de l'eau ; un binôme sur quatre met de la pulpe dans l'huile ; un binôme sur quatre met de la peau dans l'eau, et les autres de la peau dans l'huile. Tous filtrent et observent où vont les pigments. .
5. 5. On applique le même protocole pour un fruit rouge, de la betterave, du poivron vert, du poivron rouge, de l'orange (jus et peau)... On cherche des groupes de couleur : celles qui vont dans l'huile et celles qui vont dans l'eau.
6. 6. On découpe un petit trou dans un papier cartonné. On fait le noir dans la classe et on ne laisse allumée qu'une lampe de bureau. On place le papier troué devant la lampe afin d'obtenir un mince faisceau de lumière. On place un papier blanc à 50 cm de la source lumineuse. Puis on place un verre de liquide coloré entre la source et l'écran. Les enfants observent la couleur de la lumière. On place alors plusieurs verres de couleurs différentes sur le trajet de la lumière. On observe le résultat sur l'écran.

Commentaires pédagogiques :

- 1. Les élèves râpent des carottes et en mettent la moitié dans de l'eau froide. Ils écrasent les carottes râpées dans l'eau à l'aide d'une fourchette. Ils filtrent. Ils observent. De son côté, l'enseignant fait la même chose avec de l'eau bouillante.*

La couleur des carottes est donnée par des « pigments », c'est-à-dire des molécules produites par la plante et susceptibles d'absorber certaines composantes de la lumière blanche.

Les pigments des carottes sont contenus dans leurs cellules. Il est donc difficile d'y accéder pour les mélanger à de l'eau ou à de l'huile. En découpant finement les carottes, on brise les parois des cellules comme si l'on crevait de petits sacs. La matière colorante est alors libérée.

Toutefois, les pigments des carottes sont des molécules hydrophobes, insolubles dans l'eau. Si l'eau où l'on a broyé des carottes est colorée, c'est parce que des fragments végétaux ont été détachés pendant la découpe. Quand l'enseignant manipule avec de l'eau bouillante, les fragments de carottes se détachent encore plus facilement.

Si on filtre la préparation ou si on la laisse reposer quelques heures, on sépare les particules de carottes de l'eau. On constate alors que l'eau n'est pas colorée.

Pour s'assurer de la non coloration de l'eau, on place un verre d'eau et le verre d'eau ayant contenu les carottes devant un papier blanc. Le verre d'eau sert de référence.

Les pigments des carottes ne colorant pas l'eau, ils n'y sont pas solubles (on vérifie que les fragments colorés ont sédimenté).

- 2. Les élèves mettent des carottes râpées dans de l'huile. Ils écrasent les carottes dans l'huile à l'aide d'une fourchette. Ils observent.*

Quand on écrase des carottes râpées dans l'huile, cette dernière se colore en jaune orangé. Cependant, comme dans l'étape précédente, des particules de carottes sont en suspension dans l'huile, et l'on est en droit de se demander si la coloration est due à des pigments dissous, ou à des particules en suspension.

Si on essaye de filtrer l'huile pour éliminer les morceaux de carotte, à l'aide d'un papier filtre, on voit que le papier filtre s'imbibe de l'huile (en fait, l'huile imprègne le filtre par capillarité, voir fiche sur les viandes marinées) et que l'on ne parvient pas à récupérer l'huile colorée. En revanche, si on laisse reposer l'huile quelques heures, les particules de carotte sédimentent et on peut observer l'huile colorée dans la partie supérieure. On a procédé à ce qu'on appelle une sédimentation.

Pour bien observer la coloration de l'huile, on peut la comparer à l'huile pure, en plaçant deux verres remplis des deux huiles devant un papier blanc. La coloration de l'huile variera selon les binômes : mieux ils auront travaillé (« extrait les pigments »), plus leur huile sera colorée.

On peut alors répéter l'expérience avec la totalité du groupe d'enfants, à partir d'un peu de prendre un peu de carotte râpée que l'on écrase dans un mélange d'huile et d'eau. On remue bien le contenu du verre et on laisse décanter (on laisse reposer jusqu'à ce que l'huile et l'eau se séparent et que les morceaux de carotte tombent au fond du verre).

On observe alors trois couches dans le verre. Dans la partie supérieure du verre se trouve une couche d'huile colorée où se rassemblent tous les solutés non solubles dans l'eau c'est-à-dire hydrophobes. Juste dessous se trouve une couche d'eau incolore ; cette phase aqueuse dissout tous les composés solubles dans l'eau ou hydrophiles. Enfin, au fond du verre, se trouve un résidu de morceaux de carottes trop gros pour se dissoudre dans l'huile ou dans l'eau. Cette

méthode permet d'observer en une seule expérience dans quelle phase va la couleur et donc de déterminer si les pigments sont hydrophobes ou hydrophiles

Les pigments présents dans les carottes sont nommés caroténoïdes. On les trouve aussi dans les légumes jaunes ou orange (citrouilles, patates douces...), dans les légumes verts à feuilles (choux frisé, brocoli...) et dans les fruits rouges et jaunes orange (mangues, ananas, pêches, oranges, pamplemousses roses, tomates, fraises, pastèques, melons).

Enfin, on pourra faire manipuler des carottes râpées à mains nues : on verra que les mains se colorent. Puisque les mains sont composées d'eau et de matière grasse, c'est donc la matière grasse qui dissout les pigments caroténoïdes (les parties molles des doigts et de la paume sont des dépôts de matière grasse, comme le montre l'image suivante (qu'il n'est pas nécessaire de montrer aux enfants)) :



Figure 1. Les parties en jaune sont des dépôts de matière grasse. Ce sont eux qui font les coussinets des doigts et de la paume.

Cette image explique remarquablement pourquoi il ne faut pas manipuler à mains nues des produits contenant des solvants toxiques, notamment des diluants pour peintures : les solvants se dissolvent, comme les pigments caroténoïdes dans les graisses, puis passent dans l'organisme. On comprend aussi pourquoi il faut manipuler le plus souvent sous des hottes et ne faut pas manger dans un laboratoire de chimie : les vapeurs de solvants organiques, solubles dans les graisses, risquent de se dissoudre dans l'organisme ou dans les graisses des aliments, facilement accessibles.

De la même façon, on comprend que le beurre « prenne les odeurs », dans un réfrigérateur : la graisse dissout les molécules odorantes, hydrophobes.

A noter, enfin, que tous les caroténoïdes ne sont pas hydrophobes : les pigments jaunes du safran (les pistils torréfiés de la plante *Crocus sativus* L.) ne sont pas hydrophobes, mais, au contraire, hydrosolubles, ce qui explique pourquoi on utilise le safran pour colorer des solutions aqueuses, telle l'eau de cuisson du riz dans une paella.

3. *Les enfants prennent les fanes de carotte ou du gazon ; ils les broient à l'aide d'un pilon et d'un mortier. Ils en mélangent une partie à de l'eau et l'autre partie à de l'huile. Ils filtrent les préparations. Ils cherchent où la couleur verte apparaît.*

Les végétaux verts doivent leur couleur verte aux caroténoïdes déjà évoqués, et aussi aux chlorophylles, qui donnent, selon les molécules, des couleurs jaune à bleu. Les chlorophylles, comme les caroténoïdes, sont hydrophobes. Ce sera l'objectif de cette manipulation que de le déterminer.

On peut, là aussi, broyer avec de l'eau et de l'huile et mettre le tout dans le même verre pour voir où va la couleur. On s'appliquera à bien broyer l'herbe, afin de bien extraire la couleur. Si l'on ajoute un peu d'alcool au mélange eau huile du broyage, on facilite l'extraction des pigments. En effet, l'alcool permet de récupérer des pigments hydrophobes dans un tissu végétal plein d'eau (voir fiche sur le vert d'épinard).

On attendra quelques heures afin que les particules d'herbe se sédimentent au fond du tube.

On constate que l'eau ne se colore quasiment pas, alors que l'huile prend une teinte verte. L'herbe contient donc des pigments hydrophobes de couleurs vertes. Ces pigments sont les chlorophylles. A noter que les enfants ont souvent entendu parler de « la » chlorophylle, mais que l'expression est fautive, parce que « la » chlorophylle n'est pas une matière pure, mais un mélange de plusieurs molécules différentes.

Des chlorophylles sont présentes dans tous les végétaux verts (épinards, brocolis, salades, chou, pois, algues vertes...), et aussi dans d'autres végétaux (algues...). En effet, un végétal peut contenir plusieurs pigments différents (voir fiche sur le vert d'épinards). La couleur que l'on observe est celle du pigment majoritaire ou bien celle du mélange des pigments.

C'est grâce aux chlorophylles que les plantes peuvent utiliser la lumière pour se développer et se reproduire. .

On pourra faire pousser une plante (type lentille ou haricot) dans une pièce noire ou un placard et constater qu'elle a une couleur blanchâtre et qu'elle se développe mal, alors que la même plante exposée à la lumière sera verte et poussera normalement.

4. *L'enseignant plonge les tomates 20 secondes dans l'eau bouillante de manière à séparer la peau de la pulpe. Les enfants broient la peau et la pulpe séparément. Un binôme sur quatre met de la pulpe dans de l'eau ; un binôme sur quatre met de la pulpe dans l'huile ; un binôme sur quatre met de la peau dans l'eau, et les autres de la peau dans l'huile. Tous filtrent et observent où vont les pigments. .*

L'eau où la peau est broyée prend une teinte rose clair, tandis que l'eau où la pulpe de la tomate est broyée prend une couleur rouge.

L'eau où la pulpe est broyée reste très claire, de même que l'huile où la pulpe est broyée.

C'est l'indication que les pigments des tomates, le lycopène, de la famille des caroténoïdes, est un pigment hydrophobe.

On pourra même inviter les enfants à broyer chez eux des tomates, puis à filtrer le liquide obtenu : ils récupéreront (lentement) un liquide clair, ambré et non pas rouge, au délicieux goût de tomate.

5. On applique le même protocole pour un fruit rouge, de la betterave, du poivron vert, du poivron rouge, de l'orange (jus et peau)... On cherche des groupes de couleur : celles qui vont dans l'huile et celles qui vont dans l'eau.

On constatera rapidement que certains pigments sont présents dans plusieurs végétaux et que certains végétaux contiennent plusieurs pigments majoritaires

Fruit	Couleur de l'eau	Couleur de l'huile	Pigment(s)
Carotte	-		Caroténoïdes
Tomate (chair)			
Tomate (peau)	-		Lycopène
Gazon	-		Chlorophylles
Cerise			Anthocyanines, caroténoïdes
Betterave			Bétabétaïnes
Poivron rouge			Caroténoïdes, lycopène
Poivron vert	-		Chlorophylles, caroténoïdes
Orange (jus)			Caroténoïdes
Orange (peau)			Flavonoïdes, caroténoïdes
Orange sanguine (jus)			Anthocyanines, caroténoïdes
Peau d'oignon		-	Flavonoïdes

Il n'est pas nécessaire de nommer tous les pigments. Ceux qui figurent dans le tableau ci-dessus ne sont donnés qu'à titre informatif. Cependant, les enfants auront peut être entendu parler de certains pigments et de leur bienfaits sur la santé. Le travail suscitera donc peut être des questions.

* Fruits rouges : ils contiennent essentiellement des anthocyanines qui sont hydrophiles et des caroténoïdes qui sont hydrophobes.

Les anthocyanines (du grec *anthos*, la fleur, *kyáneos*, pourpre) sont des pigments solubles dans l'eau, et donnant à cette dernière une couleur qui va du rouge au bleu. Ils appartiennent à la classe des composés nommés flavonoïdes.

Les anthocyanines sont présents dans un certain nombre de végétaux tels que les myrtilles, les mûres, le raisin noir, les aubergines, les prunes, les bleuets, etc. Ils donnent leur couleur aussi bien aux feuilles d'automne qu'aux fruits rouges.

Les anthocyanines sont caractérisées par leurs propriétés antioxydantes, sans doute bénéfiques. Elles permettent aux plantes de se protéger des ultraviolets, des rayonnements électromagnétiques présents dans la lumière solaire et qui nuisent à la santé parce qu'ils provoquent des lésions de l'ADN.

* Betterave : la couleur rouge de la betterave est due à des pigments spécifiques, les bétabétaïnes, qui ne font ni partie du groupe des anthocyanines, ni partie des chlorophylles, ni partie des caroténoïdes. Ces pigments sont hydrophiles. Ce pigment de nature azotée est éliminé partiellement par voie urinaire, ce qui explique la couleur foncée que peut prendre l'urine quand on consomme une quantité importante de betterave. La bétanine, qui est dotée de propriétés colorantes particulièrement puissantes, constitue le " rouge de betterave ", un colorant autorisé comme additif alimentaire (désigné par le numéro de code E 162). La betterave renferme aussi des bétaxanthines (hydrophobes), des pigments jaunes caractéristiques de ce légume.

* Poivron rouge : les poivrons rouges sont très riches en caroténoïdes et en lycopènes, tous hydrophobes. L'huile se colore donc assez facilement en orange foncé. Cependant, l'eau prend également aussi teinte rouge. En effet, les pigments ne sont jamais complètement hydrophiles ou complètement hydrophobes et certains caroténoïdes peuvent se dissoudre dans l'eau.

* Poivron vert : le poivron vert est une variété de poivron rouge que l'on ne porte pas à maturité. On y trouve les mêmes pigments que dans le gazon (chlorophylles, caroténoïdes) qui sont hydrophobes.

6. *On découpe un petit trou dans un papier cartonné. On fait le noir dans la classe et on ne laisse allumée qu'une lampe de bureau. On place le papier troué devant la lampe afin d'obtenir un mince faisceau de lumière. On place un papier blanc à 50 cm de la source lumineuse. Puis on place un verre de liquide coloré entre la source et l'écran. Les enfants observent la couleur de la lumière. On place alors plusieurs verres de couleurs différentes sur le trajet de la lumière. On observe le résultat sur l'écran.*

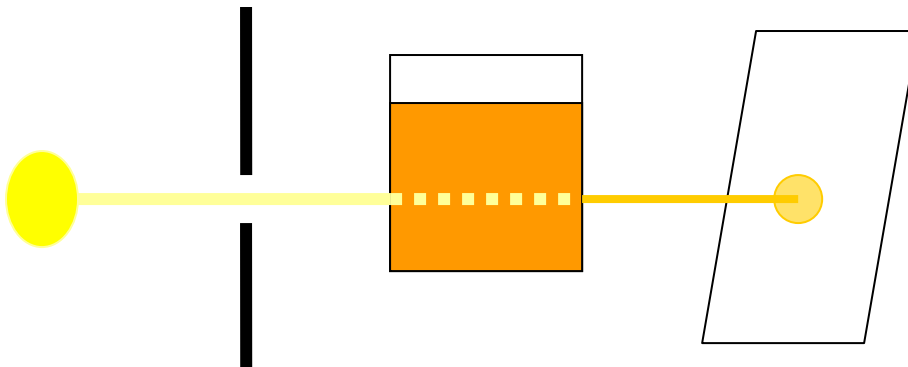


Figure 2. Schéma du montage des expériences sur la lumière

La couleur que l'on observe dans chaque verre est due à l'absorption de la lumière par les pigments dissous dans le liquide. La partie visible de la lumière blanche (il y a aussi la partie invisible : rayonnements infrarouges et rayonnements ultraviolets) peut être décomposée en une infinité de composantes caractérisées par la couleur. Quand on éclaire avec une lumière blanche un objet qui paraît orange, c'est que ce dernier absorbe des composantes de la lumière blanche et transmet ou réfléchit que les rayonnements qui donneront une couleur orange.

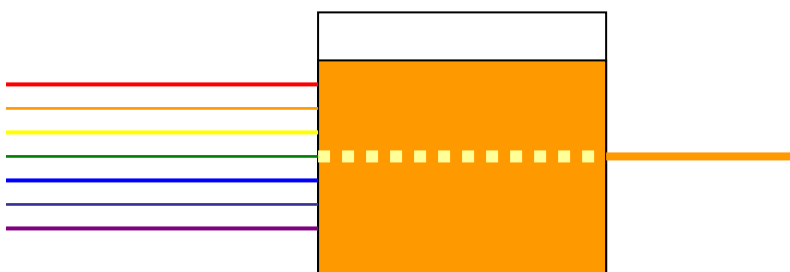


Figure 3. Objet orange éclairé à la lumière blanche. A noter que, souvent, les phénomènes sont plus complexes : on peut obtenir une couleur orange alors que ce n'est pas l'orange qui est transmis, mais un mélange d'autres composantes.

Avec des composés absorbant idéalement (ne laissant passer qu'une longueur d'onde), quand on place un liquide orange, puis un liquide bleu face à une source de lumière, seule la lumière orange traverse le liquide orange, de sorte qu'aucune couleur n'ira au delà du liquide bleu, l'orange étant absorbé. L'association des deux liquides arrêtera donc la lumière.

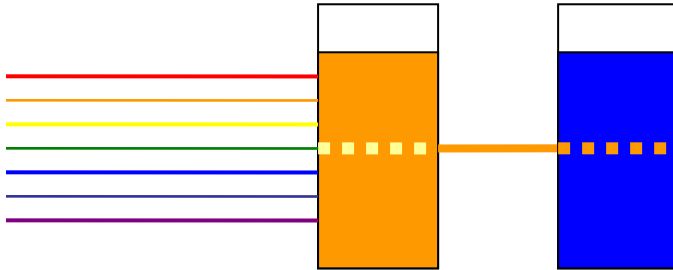


Figure 4. Schéma d'un verre orange et d'un verre bleu éclairés par de la lumière blanche

Prolongements :

* L'enseignant place les gobelets de solutions colorées dans une casserole d'eau afin de les faire chauffer au bain marie. Les enfants remarquent que certaines couleurs disparaissent au cours du chauffage.

* On mélange les solutions colorées pour voir des effets cumulatifs.

Les mélanges de pigments peuvent donner des résultats surprenants, par exemple du jus de chou rouge mélangé à du jus d'oignon donne un liquide bleu vif. Il peut en effet se produire des réactions entre les pigments.

Références :