

Les couleurs de nos aliments

Fiche **QUESTIONS SUR...** n° 08.01.Q13

novembre 2022

Mots clés : aliment - couleur - pigment - végétal - caroténoïde - bétalaïne - anthocyanine

Nos aliments sont colorés, et leur couleur est une composante essentielle de notre appréciation de leur "qualité". Toutefois, au-delà du plaisir, notre système visuel nous permet aussi de distinguer ce qui est comestible et ce qui ne l'est pas.

C'est sans doute la raison pour laquelle nous voulons que nos aliments aient la couleur de "ce qu'ils sont" : les fraises doivent être rouges, parce que c'est ainsi qu'elles sont mûres ; et les légumes verts doivent être bien verts, parce que cela nous semble le signe de leur fraîcheur. Il nous faut aussi du jaune de l'œuf bien jaune, du poisson bien blanc, de la viande rouge bien rouge...

La recherche de couleur des aliments est une éternelle histoire

Depuis (au moins) le *Viandier* – célèbre livre de cuisine du XIV^e siècle –, on sait extraire du vert *d'épinard* pour verdir davantage des sauces qui évoquaient l'idée du printemps, donc de Dieu et de la résurrection. Les épices, elles, donnaient de vives couleurs, qui égayaient les préparations : le curcuma, le safran, etc. Et quand on n'avait pas des ingrédients coûteux, on produisait des couleurs avec ce que l'on avait sous la main, telles les cochenilles, ces insectes que l'on broyait pour produire une belle couleur rouge.

Les cuisiniers savent que la couleur est essentielle pour notre appréciation des aliments, comme le démontre cette expérience de faire déguster des pâtes de fruit à la pomme, colorées en rouge, jaune, bleu ou vert : nous leur trouvons des goûts différents, même quand les colorants sont sans goût ! Ou encore comme cette extraordinaire expérience de Gil Morrot (INRAE) qui fut un séisme dans le monde du vin : la coloration en rouge de vins blancs fait percevoir à des dégustateurs professionnels des goûts d'objets rouges ou sombres (cerise, framboise...) qui, normalement, caractérisent les vins rouges !

Pourquoi les couleurs ?

Pourquoi les aliments ont-ils leurs couleurs ? Et comment ces couleurs changent-elles lors de la cuisson ? C'est là une affaire de chimie. Non pas de cette chimie que des marchands de cauchemars nous font craindre, mais, au contraire, cette connaissance merveilleuse dont l'application judicieuse permet de maîtriser l'art culinaire, de produire des légumes aux tons frais, des viandes dorées, des poissons bien blancs, des pâtisseries aux vives couleurs...

À la base, il y a les pigments, dont le sens premier est "*toute substance colorée, quelle qu'en soit l'origine, la structure et la nature*", avec cette précision pour la biologie : "*substance produite par un organisme vivant donnant une coloration à divers tissus et liquides organiques*".

Les ingrédients culinaires classiques doivent leurs couleurs à des pigments naturels qui sont des composés "organiques" : cela signifie que leurs molécules sont principalement faites d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Le monde végétal contient quatre familles principales de pigments : les anthocyanes, les bétalaïnes, les chlorophylles et les caroténoïdes, que nous allons considérer successivement. Bien sûr, il y a des exceptions, tels les fruits bleu-métalliques du laurier-tin, dont la couleur est due à des microstructures très particulières, mais ce sont des exceptions.

Les anthocyanes

Les anthocyanes, aussi nommées anthocyanines (*Figure 1*), sont des pigments hydrosolubles de la famille des phénols, dérivés d'un acide aminé nommé phénylalanine (*Figure 2*). Dans la nature, ces pigments sont à l'origine de couleurs variées, qui vont du rouge au violet, en passant par l'orange, le jaune, le vert, le bleu. On en connaît un millier, ainsi que 15 anthocyanidines dont les molécules sont analogues à celles des anthocyanines, à cela près qu'il leur manque le résidu de sucre qui est présent dans les anthocyanes.

Les différences de couleurs sont dues aux différences moléculaires, et ces couleurs changent avec l'environnement moléculaire, telles l'acidité ou la présence d'ions métalliques, notamment. On le comprend

mieux en broyant des pétales de roses rouges avec un peu d'eau, puis en filtrant le liquide à l'aide d'un filtre à café : quand on ajoute un acide (comme du vinaigre blanc) ou une base (du bicarbonate), on observe que la

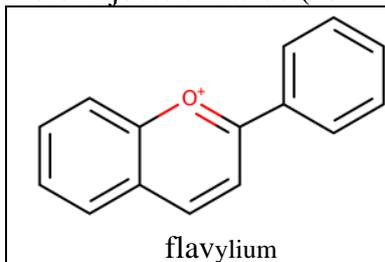


Figure 1 : les anthocyanidines sont des anthocyanes qui ont perdu le sucre auquel elles étaient liées. Elles sont les dérivés oxygénés des sels du flavylum (2-phénylchromenylium), représenté ici.

Sur une telle structure moléculaire, chaque sommet est occupé par un atome de carbone (sauf pour l'atome d'oxygène, en rouge), et tous les atomes de carbone ont quatre liaisons : quand on n'en voit ici que deux ou trois, c'est que l'atome de carbone est lié respectivement à deux ou un atome d'hydrogène (non représentés) (schéma Hervé This).

couleur change considérablement, et réversiblement ; ces changements de couleurs furent utilisés par les chimistes dès le XVII^e s. : on faisait des *syrops de violette* pour mettre en évidence les variations d'acidité.

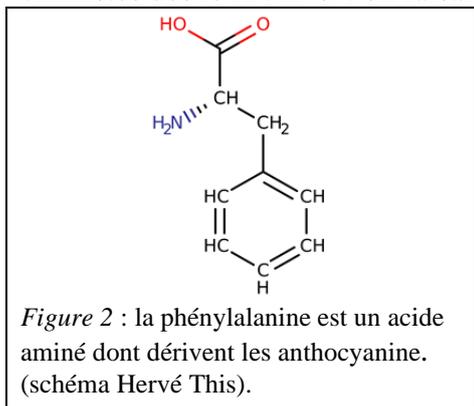


Figure 2 : la phénylalanine est un acide aminé dont dérivent les anthocyanine. (schéma Hervé This).

On peut poursuivre l'expérience, avec des ions métalliques : le liquide change de couleur, selon le sel métallique utilisé ; c'est ainsi que certains livres de cuisine déconseillent de cuire des confitures de fruits rouges dans des casseroles en cuivre étamé, sous peine qu'elles prennent une teinte pourpre, ou signalent que la cuisson de fruits à chair blanche (pommes, poires, coings) conduit à leur rougissement : dans ce dernier cas, c'est l'acidité du milieu qui provoque ces changements de couleur. Le cuisinier qui utilise des fruits ou des légumes qui apportent leur couleur par des anthocyanes doit en tenir compte : pocher des œufs, très peu acides, dans du vin risque de faire virer celui-ci au vert !

Des chimistes strasbourgeois ont même découvert que les anthocyanes de certains végétaux peuvent changer de couleur en se repliant sur eux-mêmes et modifiant alors leur environnement chimique.

Les bétalaïnes

Les bétalaïnes sont des composés hydrosolubles, dont les molécules ont une structure bien différente de celles des anthocyanes, avec notamment des atomes d'azote ; elles sont dérivées d'un autre acide aminé, la tyrosine (Figure 3), et on ne les trouve que dans quelques plantes (comme la betterave) où elles donnent des couleurs jaunes à rouges. Certaines bétalaïnes sont plus teintantes que les anthocyanes, et résistent mieux aux variations d'acidité. On en connaît environ 75, isolées des plantes de 17 familles, toutes dans l'ordre des Caryophyllales.

On distingue deux groupes de bétalaïnes : celles dont la molécule contient un résidu d'indole, ce qui leur donne une couleur rouge ; et celles qui n'ont pas ce résidu, et ont une couleur jaune. Dans le groupe des bétalaïnes, les pigments nommés bétanines (Figure 4) représentent 75 % à 95 % des composés connus.

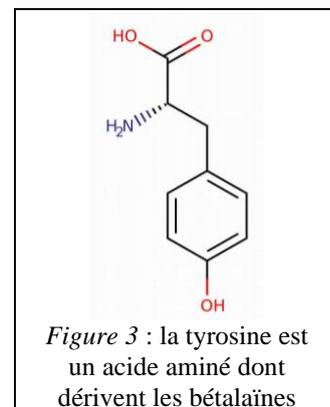


Figure 3 : la tyrosine est un acide aminé dont dérivent les bétalaïnes

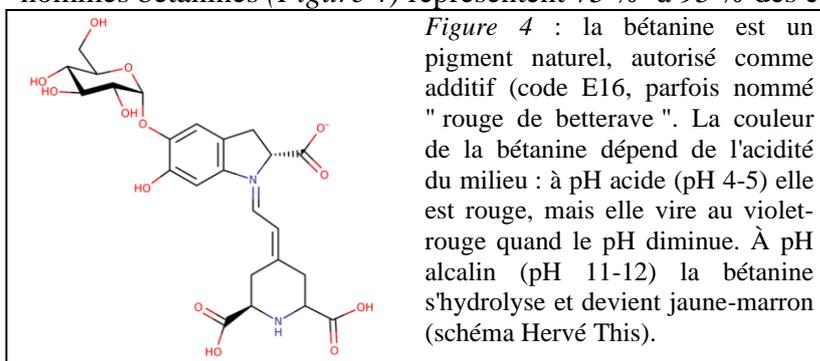


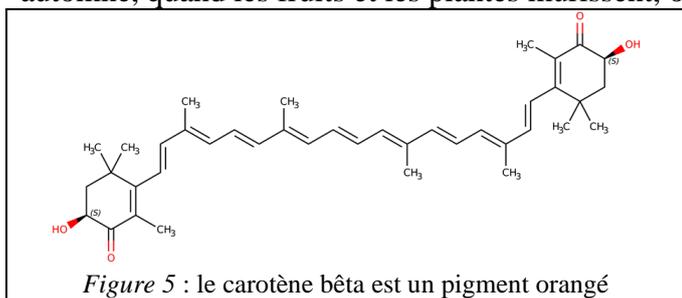
Figure 4 : la bétanine est un pigment naturel, autorisé comme additif (code E16, parfois nommé "rouge de betterave"). La couleur de la bétanine dépend de l'acidité du milieu : à pH acide (pH 4-5) elle est rouge, mais elle vire au violet-rouge quand le pH diminue. À pH alcalin (pH 11-12) la bétanine s'hydrolyse et devient jaune-marron (schéma Hervé This).

Les biologistes végétaux s'étonnent que les végétaux qui contiennent des anthocyanes, ne contiennent pas de bétalaïnes, et *vice versa*. L'industrie alimentaire utilise tous ces composés pour des préparations à base de fruits, des produits laitiers, des glaces, des confiseries, des soupes, des sauces, des boissons.

Carotènes et caroténoïdes

Les carotènes et les caroténoïdes sont particulièrement abondants dans les végétaux : la production annuelle mondiale – naturelle – est estimée à 100 millions de tonnes, et même s'ils doivent leur nom à la carotte, qui contient beaucoup de carotène bêta (Figure 5), ils sont surtout synthétisés par les algues. Dans les plantes supérieures, les caroténoïdes sont souvent masqués par les chlorophylles, que nous examinerons

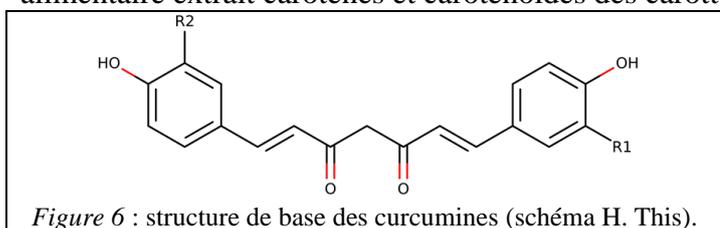
plus loin, mais ils sont bien présents, et ce sont eux qui font les nuances de verts des végétaux verts ; d'ailleurs, les peintres savent qu'il faut incorporer du jaune, de l'orange ou du rouge dans le vert, quand on peint des végétaux verts. La couleur jaune-orange des caroténoïdes devient manifeste dans les végétaux en automne, quand les fruits et les plantes mûrissent, ou quand les chlorophylles sont dégradées.



Carotènes et caroténoïdes ont des couleurs qui vont du jaune au rouge, sont principalement insolubles dans l'eau, avec quelques exceptions (pigments du safran) et forment une sous-classe des terpénoïdes, des composés souvent très odorants, présents dans les végétaux. Les animaux qui consomment des caroténoïdes en contiennent à leur tour : ainsi les œufs, dont le jaune prend une teinte plus soutenue quand les poules sont

nourries avec des produits qui contiennent des caroténoïdes ; ou les saumons, dont la chair rosée est due à la présence d'astaxanthine obtenue par consommation d'algues qui contiennent des caroténoïdes. Ce même pigment rouge est d'ailleurs présent dans les carapaces des crevettes, des langoustines, des langoustes et des homards. Oui, des homards dont les carapaces sont bleues pour les animaux vivants, parce que les caroténoïdes sont alors tordus par des protéines : la cuisson, en dégradant les protéines, libère le pigment, qui reprend sa forme stable, et sa couleur naturellement rouge.

En raison de leur structure moléculaire (qui contient un motif à 40 atomes de carbone, liés à des atomes d'hydrogène), les caroténoïdes sont assez stables dans les conditions culinaires ; ils sont surtout solubles dans les matières grasses, mais la couleur s'affaiblit quand ces graisses sont émulsionnées (la mayonnaise blanchit à mesure que l'on ajoute de l'huile au mélange de jaune d'œuf et de vinaigre). À des températures supérieures à 100 °C, et dans des conditions sèches en présence d'oxygène, les caroténoïdes sont pyrolysés, ce qui engendre de nombreux dérivés oxygénés, avec des odeurs souvent fortes ; ces oxydations se produisent aussi lors de fermentations, telle celle du vin ou le séchage des feuilles de thé vert. L'industrie alimentaire extrait carotènes et caroténoïdes des carottes, de l'huile de palme, de la patate douce, des œillets

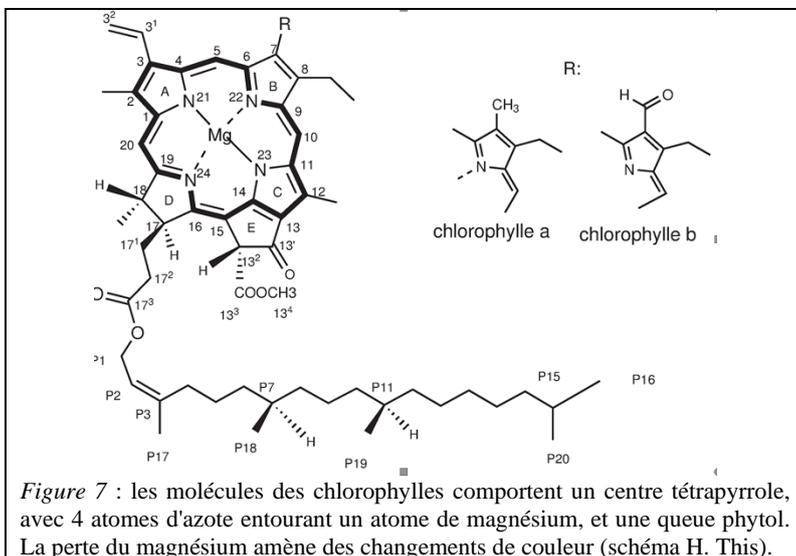


et des microalgues; elle utilise ces pigments dans de nombreux produits : laitiers, boissons, huiles, graisses, émulsions, produits à base de fruits, soupes et potages, produits de la mer, produits à base d'œufs. Enfin, pour cette famille de pigments, citons le cas de la curcumine (Figure 6), ou safran des Indes, très

utilisée pour sa vive couleur jaune ; elle est extraite (à l'aide de solvants organiques) des rhizomes de *Curcuma longa*, puis une purification par cristallisation élimine l'huile essentielle, odorante et piquante, laissant le pigment, utilisé dans les produits laitiers, en boulangerie et en pâtisserie. Bon marché, thermostable, la curcumine est sensible à la lumière (dégradation et perte de couleur).

Les chlorophylles et leurs dérivés

Les chlorophylles (Figure 7) et leurs dérivés sont un autre groupe de pigments liposolubles, extraits, à l'aide de solvants organiques, de plantes comme la luzerne, les orties, les épinards ou des algues. Ces composés ont une molécule qui contient un groupe tétrapyrrolique, avec quatre atomes d'azote autour d'un atome de magnésium, et une queue hydrogencarbonée (faite seulement d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène), nommée queue phytol. La présence du magnésium dans le groupe tétrapyrrole est essentielle pour la couleur verte ; sa perte, nommée phéophytinisation, fait virer la couleur au jaune olive.



Les plantes supérieures ne contiennent que des chlorophylles particulières repérées par des lettres *a*, *a'*, *b* et *b'*, dans une proportion de 1 à 3 pour les formes *a* et *a'* par rapport aux formes *b* et *b'*, mais qui peut varier avec les espèces, les conditions de développement des végétaux (quantité de lumière reçue, stress hydrique, nutrition minérale, etc.). Par exemple, les plantes exposées au soleil ont un rapport *chlorophylles a* et *a'*/*chlorophylles b* et *b'* plus élevé que les plantes qui se développent dans l'ombre. Généralement entre 0,6 et 1,2 % de la masse sèche des plantes vertes est faite des chlorophylles. Certains organismes marins ont des chlorophylles très différentes, restant sensibles à la phéophytinisation.

Le changement de couleur associé à la phéophytinisation est connu de tous les cuisiniers, qui s'efforcent de l'éviter, d'où des prescriptions culinaires variées, souvent sans effet (Figure 8). En réalité, il existe 4 moyens efficaces de combattre cette phéophytinisation :

- (1) éviter les acides présents dans le milieu de cuisson ou formés lors de cette dernière,
- (2) réduire le temps de cuisson,
- (3) transformer enzymatiquement les chlorophylles en produits stables,
- (4) transformer les chlorophylles en des complexes métalliques stables.



Figure 8 : des haricots verts cuits pendant 15 minutes à 100 °C dans des solutions au pH fixé à :
- 5.0 (à gauche)
- ou à 8.0 (à droite)
(photos H. This)



En cuisine, c'est surtout la première voie qui est suivie : l'ajout de composés alcalins (lessives de cendres, dans le passé, ou le bicarbonate de sodium aujourd'hui) permet aux chlorophylles de ne pas perdre leur atome de magnésium.

Les cuisiniers du passé ont également utilisé la quatrième voie en cuisant dans des récipients en cuivre nu, nommés *bassines à reverdir*. À la fin du XIX^e siècle, on a même ajouté du sulfate de cuivre dans l'eau de cuisson, mais cet usage a été interdit en 1902, et le *Codex alimentarius* limite aujourd'hui le cuivre dans les aliments ; l'emploi de chlorophyllines cuivriques (magnésium remplacé par du cuivre) demeure autorisé avec des doses limites. Les chlorophylles sont extraites d'herbes et luzerne à l'aide de solvants organiques (acétone), et l'ajout d'acétate de cuivre forme des chlorophyllines cuivriques plus stables.

Hervé THIS, membre de l'Académie d'Agriculture de France

Ce qu'il faut retenir :

Pourquoi les végétaux ont-ils des pigments ? Pas pour nous faire plaisir, même si nous apprécions leurs couleurs ! Leur principale fonction est la captation de l'énergie solaire, pour la photosynthèse qui produit des composés organiques faisant la sève élaborée et permettant la croissance. Mais les végétaux doivent aussi assurer leur reproduction et échapper aux prédateurs. Certains phénols pourraient être pesticides, et d'autres (couleurs des fruits ou des fleurs) pourraient contribuer à attirer les insectes pollinisateurs ou les animaux supérieurs qui, consommant les fruits, dispersent les graines et favorisent la reproduction des végétaux, sans concurrence avec la plante mère.

N'oublions pas que les primates que nous sommes ont co-évolué avec les végétaux !

Pour en savoir plus :

- 25 membres de l'Académie d'Agriculture de France : *Le grand livre de notre alimentation*, Éditions Odile Jacob, 2019
- Hervé THIS : *Mon histoire de cuisine*, Éditions Belin, 2012
- Hervé THIS : *Casseroles et éprouvettes*, Éditions Belin, 2008
- Hervé THIS : *La cuisine note à note en 12 questions souriantes*, Éditions Belin, 2014