

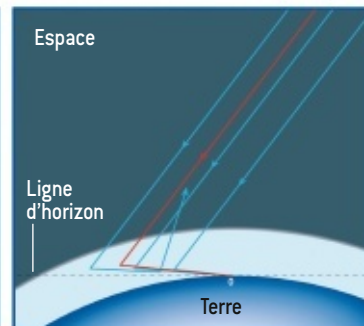
La conséquence sur l'intensité lumineuse est immédiate : plus notre regard s'éloigne du zénith, plus le ciel est lumineux, puisque davantage de molécules diffusent la lumière. Mais ce n'est pas tout : on peut aussi constater que le ciel blanchit (voir la figure 2). Pour en comprendre la raison, remarquons d'abord qu'à cause de la diffusion Rayleigh, l'intensité d'un rayon lumineux diminue à mesure qu'il se propage dans l'atmosphère, jusqu'à s'éteindre presque complètement. Comparons à présent ce qu'il advient à un rayon de lumière bleue et à un rayon de lumière rouge.

Pour de la lumière bleue, il ne reste plus que cinq pour cent de l'intensité initiale après la traversée d'environ dix épaisseurs atmosphériques. Cela signifie que si nous regardons dans une direction pour laquelle l'épaisseur traversée est supérieure (entre 0 et 5 degrés au-dessus de l'horizon), nous ne verrons pas la lumière bleue diffusée par les molécules distantes de plus de dix épaisseurs atmosphériques de nous. Il s'ensuit que l'intensité diffusée dans le bleu cesse de croître lorsqu'on abaisse le regard, et sature avant d'atteindre l'horizon.

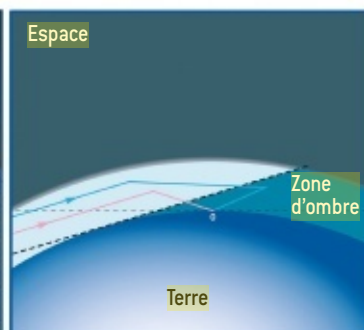
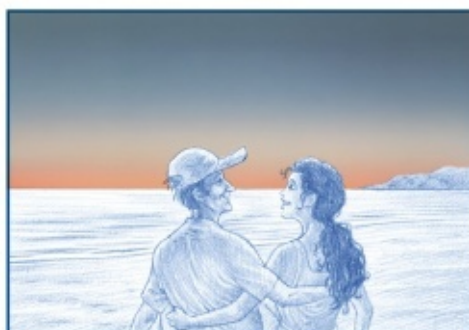
En revanche, pour la lumière rouge, l'épaisseur d'extinction est 4,3 fois supérieure et demeure plus grande que l'épaisseur maximale d'atmosphère : la lumière diffusée dans le rouge ne sature donc pas. Par conséquent, l'horizon envoie autant de lumière bleue que de lumière rouge (cette dernière étant diffusée quatre fois moins que le bleu par chaque molécule, mais par quatre fois plus de molécules) et donc nous retrouvons de la lumière blanche. Ainsi, à mesure que notre regard s'éloigne du zénith, le bleu intense pâlit, jusqu'à devenir presque blanc à l'horizon.

Des coloris au coucher et au crépuscule

Quand le Soleil se couche, de nouvelles couleurs apparaissent. D'une part, la couleur de notre astre change : il devient rouge profond. En effet, puisque la lumière solaire incidente traverse à l'horizon près de 40 épaisseurs atmosphériques, toutes ses composantes autres que les rouges et les



2. EN PLEINE JOURNÉE, le ciel est bien bleu, mais tire vers le blanc juste au-dessus de l'horizon. Ce phénomène est dû au fait que les composantes bleues et rouges de la lumière (blanche) du Soleil qui parviennent à l'observateur depuis l'horizon s'équilibrent à peu près. Le bleu est environ quatre fois plus diffusé que le rouge par chaque molécule de l'air. Il s'ensuit que les rayons bleus devant traverser plus d'une dizaine d'épaisseurs atmosphériques pour atteindre l'observateur (tel le rayon bleu le plus à gauche dans le schéma) sont très atténués, ce qui n'est pas le cas des rayons rouges. Mais ces derniers sont moins diffusés, d'où la compensation.



3. AU CRÉPUSCULE, quand le Soleil est sous l'horizon, la lumière solaire rasante est diffusée par l'atmosphère. Le ciel garde donc une certaine luminosité, même dans la partie de l'atmosphère qui se trouve dans l'ombre. La lumière en provenance de l'horizon est rougeâtre, car l'épaisseur atmosphérique traversée est très grande. En direction du zénith, le ciel est bleu sombre.

orangés ont diffusé. D'autre part, on remarque que même si le Soleil est passé sous l'horizon, le ciel reste lumineux, parce que la lumière solaire rasante est diffusée par l'atmosphère, que notre regard embrasse (voir la figure 3). On peut constater qu'au crépuscule, la lumière solaire forme une bande jaunâtre qui embrasse l'horizon de part et d'autre de l'endroit où le Soleil se couche, bande dont la luminosité diminue horizontalement à mesure que l'on s'écarte de l'endroit du coucher.

À quoi est due cette arche crépusculaire ? La lumière qui atteint l'atmosphère au-dessus de nous rougit et s'éteint au fur et à mesure que le Soleil s'abaisse vers l'horizon. Il en est de même de la lumière diffusée de l'horizon vers nous, mais, puisque les composantes de petites longueurs d'onde

LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>



Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur www.pourlascience.fr

BIBLIOGRAPHIE

D. K. Lynch et W. Livingston,
Aurores, mirages, éclipses...,
Dunod, 2002.

restent les plus diffusées, on passe successivement par le jaune quand le Soleil est, disons, 5 degrés au-dessus de l'horizon, puis par l'orange (–5 degrés), le rouge, le rouge sombre (–10 degrés) quand il est au-dessous. Par ailleurs, puisque la lumière diffusée doit traverser de plus en plus d'atmosphère pour nous atteindre et provient de régions de plus en plus basses vers l'horizon, l'arche crépusculaire s'atténue et perd en extension à la fois verticale et horizontale.

Si cette arche nous apparaît aussi spectaculaire, c'est parce qu'elle bénéficie également d'un fort effet de contraste avec le reste du ciel : au crépuscule, lorsque nous regardons vers le zénith, nous voyons une lumière diffusée qui a traversé une épaisseur d'air bien plus faible. La teinte revient donc vers le bleu tout en s'as-

sombrissant, car le nombre de molécules diffusantes diminue. Pour les angles de regard intermédiaires, on observe un mélange qui peut donner des pourpres magnifiques, au hasard des conditions atmosphériques. Puis, à mesure que le Soleil s'abaisse sous l'horizon, la proportion d'atmosphère située dans l'ombre de la Terre augmente.

Le ciel s'assombrit, sans toutefois être complètement noir : il n'est plus éclairé directement par le Soleil, mais indirectement, par la partie du ciel illuminée par le Soleil. Les rayons qui nous parviennent de cette région du ciel ont donc subi deux diffusions pour nous atteindre. Leur intensité est très faible ; cependant, notre œil est suffisamment sensible pour distinguer ce ciel obscur de la noirceur de la nuit à venir.



SCIENCE & GASTRONOMIE

Du vin avec la salade ? Hérésie !

L'astringence, plus une sensation qu'un goût, est multiple.

Hervé THIS



Un vin un peu jeune est astringent : il « resserre la bouche », tout comme le font certains sels de métaux, des acides et des composés déshydratants tels que les alcools. À quoi est dû cet effet ? Une expérience intéressante consiste à mettre en bouche une petite quantité d'un vin astringent, de la faire tourner dans la bouche et de la recracher : on voit apparaître des précipités. On les attribuait à la liaison des tanins du vin aux protéines salivaires, d'où l'astringence.

Hélas cette expérience n'était pas tout et le mot « tanin » est imprécis : depuis quelques décennies, on sait que seuls certains de ces composés phénoliques se lient aux protéines. Auxquelles ? D'autres composés que les composés phénoliques se lient-ils aux protéines de la salive ? Et la liaison de composés à des protéines est-elle la seule cause de l'astringence ? C. Lee, B. Ismail et Z. Vickers, à l'Université du Minnesota, viennent de réexplorer la question (*Journal of Food Science*, vol. 77(4), pp. C381-C387, 2012).

Les analyses de l'astringence s'étaient focalisées sur les protéines salivaires PRP riches en proline (un acide aminé) et sur des composés phénoliques nommés tanins condensés. Elles n'avaient pas considéré l'effet d'autres composés sur ces PRP, et n'avaient guère examiné l'effet des divers produits astringents sur d'autres protéines salivaires.

À l'aide d'électrophorèse sur gel (sur un gel, des mélanges de protéines sont soumis à un fort champ électrique : les divers types de protéines migrent alors à des vitesses différentes selon leurs masses et charges électriques), les chimistes américains ont analysé les contenus en protéines salivaires

dans les précipités formés avec les tanins, avec de l'alun (sulfate de potassium et d'aluminium) et avec de l'acide chlorhydrique.

Par ailleurs, afin de déterminer si l'astringence était associée à une lubrification réduite de la bouche, ils ont mesuré le contenu en mucines et en ADN de solutions recrachées après mise en bouche de composés astringents : les mucines sont de grosses protéines salivaires, liées à des sucres, qui sont plus lubrifiantes que les PRP et qui, *in vitro*, sont précipitées par des acides et des tanins.

Dans une telle étude, l'eau distillée est de rigueur, les composés utilisés sont purs, tout est caractérisé et quantifié. Par exemple, les chimistes ont soigneusement consigné et réglementé ce que mangeaient et buvaient les acteurs des tests ; ils ont mesuré la concentration en protéines chaque fois que les dégustateurs recrachaient, en fonction des conditions des tests (le matin, le soir, après s'être rincé la bouche...) ; ils ont cherché si les solutions recrachées contenaient plus d'ADN qu'en période normale, hors sessions expérimentales, ce qui aurait indiqué une desquamation de la muqueuse orale...

Il est apparu que les tanins et l'alun précipitent plusieurs PRP, mais que l'acide est sans effet sur ces protéines. Les mucines, en revanche, étaient précipitées à la fois par l'acide et par l'alun, mais pas par les tanins... ce qui était troublant, car d'autres équipes avaient observé une précipitation : on suppose aujourd'hui soit que la composition en tanins est en cause, soit que ces tanins forment des complexes avec les protéines, mais que ces complexes ne précipitent pas.

Autrement dit, la précipitation des protéines salivaires est une des composantes

de l'astringence, mais la précipitation des PRP n'est pas indispensable. La perte de lubrification n'est pas toujours associée à l'astringence. Par ailleurs, les astringents les plus puissants détachaient notablement plus d'ADN que les autres composés, mais l'interaction des composés astringents et des protéines salivaires ne semble pas éliminer la couche salivaire qui est sur les tissus de la bouche.

Au total, l'astringence n'est pas une, mais multiple dans sa nature et ses sensations. Par exemple, frotter la peau d'une banane verte sur la partie interne des lèvres engendre une sensation de contraction qui n'est pas celle que l'on ressent avec les acides. Pour ces derniers, la désorganisation de la couche lubrifiante semble être en cause. Pour l'alun, des études de tissu porcin semblent montrer que l'astringence est analogue à celle conférée par les acides.

Et à table ? On dit souvent qu'il faut éviter les vins astringents avec la salade. Il est vrai que la sensation est souvent désagréable : plusieurs mécanismes d'astringence pourraient agir en synergie, une astringence due aux composés phénoliques s'ajoutant à l'astringence due aux acides de la vinaigrette.



Hervé This est chimiste dans le Groupe INRA de gastronomie moléculaire, professeur à AgroParisTech et directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Académie des sciences).



Retrouvez les articles de Hervé This sur www.pourlascience.fr