

Projet de communication scientifique CHIM-F328

L'éveil des arômes

Paulo GONÇALVES TEIXEIRA
Baptiste DUPONT

David VAN MALDEREN
Louis VISAN

Robin JONCKEER

Encadrant : Gwilherm EVANO

Titulaires : Jean-Christophe LELOUP, Yannick DE DECKER

Introduction

Le terme “produit chimique” évoque souvent quelque chose de dangereux, pourtant, la chimie se trouve partout autour de nous et surtout dans les odeurs que nous aimons. L'odorat est l'un de nos sens les plus puissants, une simple odeur peut réveiller un souvenir d'enfance, ouvrir l'appétit ou au contraire provoquer le dégoût. Les molécules odorantes, les arômes, se retrouvent partout dans notre quotidien, cachées derrière la chimie des molécules volatiles.

Au travers de nos activités, nous vous ferons découvrir comment il est possible d'extraire un arôme naturel (le limonène) grâce à une technique simple, la distillation, et comment certaines molécules sont responsables des parfums et d'autres odeurs un peu moins agréables. Ces manipulations nous permettront d'aborder des notions essentielles telles que la distillation, la volatilité, et l'influence du pH sur les propriétés physico-chimiques d'une substance.

Expériences :

Le limonène est le principal composant de l'huile essentielle d'orange (jusqu'à 95%-98%). Le limonène est également une substance très volatile et hydrophobe (insoluble dans l'eau). Il forme un mélange azéotropique hétérogène dans l'eau dont le point d'ébullition est similaire à la température d'ébullition de l'eau pure.

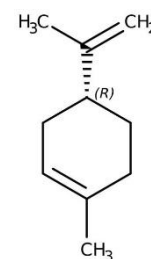
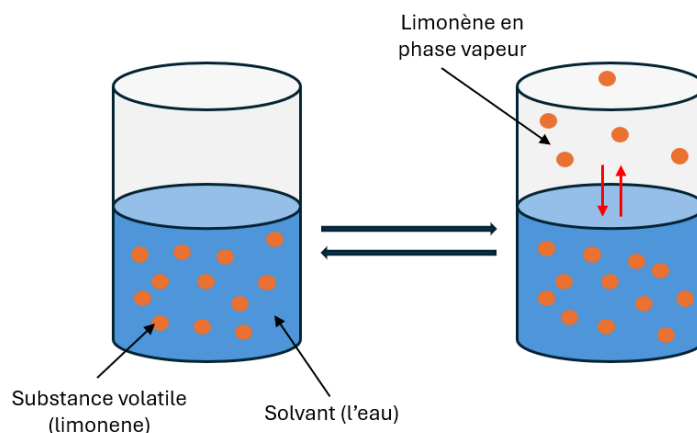


Figure 1 : Structure du (S)-Limonene, composant majoritaire des écorches d'oranges

La volatilité est la mesure de la capacité d'une substance à se vaporiser. Il existe un équilibre chimique entre la substance volatile en phase liquide et phase vapeur.



Le mélange eau-limonène étant immiscible, il forme un azéotrope hétérogène. En tenant compte de la volatilité du limonène, un hétéroazéotrope se forme. C'est un mélange liquide-vapeur dont la vapeur condensée se sépare en deux phases liquide distinctes. Ce principe est utilisé dans la distillation qui consiste à élever la température afin de séparer les constituants de l'échantillon selon leur température d'ébullition.

En utilisant cette propriété et en chauffant le solvant, ici l'eau, jusqu'à ébullition, ses vapeurs permettent de transporter une faible fraction du limonène présente en phase vapeur. Bien que la température d'ébullition du limonène soit d'environ 176°C, il peut être distillé à une température plus basse. Dans ce mélange hétérogène, l'ébullition se produit lorsque la somme des pressions de vapeur saturantes de l'eau et du limonène atteint celle de la pression atmosphérique.

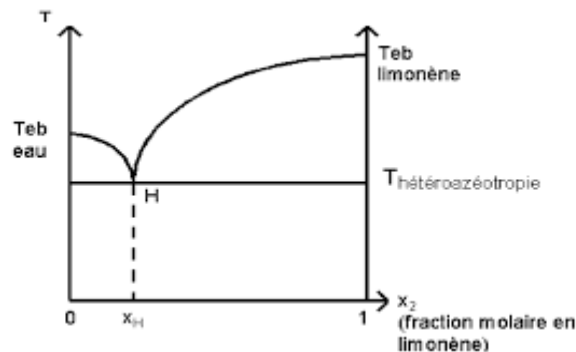


Figure 2 : Diagramme d'ébullition d'un mélange d'eau-limonène montrant un azéotrope

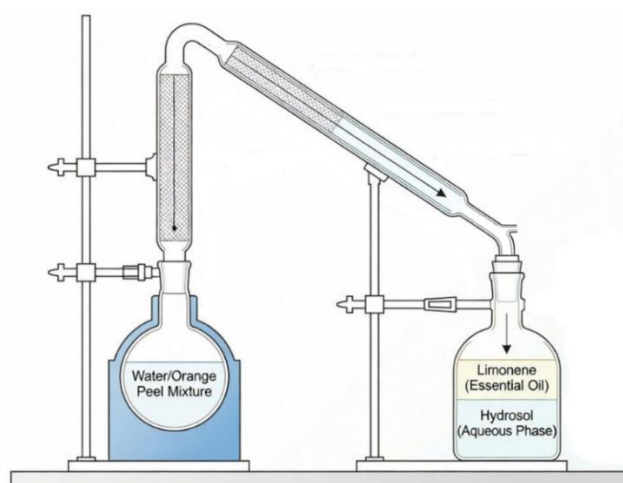
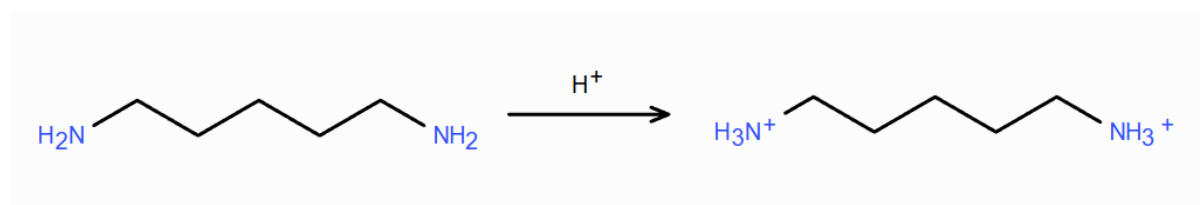


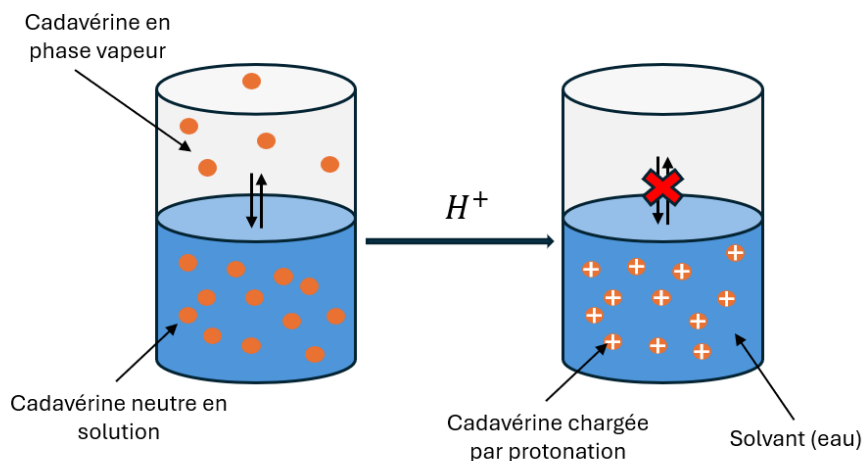
Figure 3 : Schéma illustratif du montage de distillation généré par IAG (outil : GPAI).

C'est une technique très utile afin d'extraire les huiles essentielles en évitant la dégradation thermique de celles-ci.

La seconde expérience met en évidence un autre aspect fondamental de la chimie des arômes : l'influence du pH sur les propriétés d'une molécule. La cadavérine (1,5-diaminopentane) est une molécule produite lors de la décomposition des acides aminés dans les organismes en décomposition. Dans sa forme neutre, elle est très volatile et possède une odeur caractéristique de la putréfaction. Pour comprendre comment le changement de pH affecte l'odeur, il faut rappeler qu'une molécule est perçue par notre odorat que si elle est suffisamment volatile. La cadavérine possède deux groupements amines (NH_2) qui, en milieu acide, peuvent réagir en se protonant pour former des groupements ammonium (NH_3^+). Cette réaction de protonation change la charge totale de la molécule, maintenant chargée positivement.



Or, les molécules chargées interagissent fortement avec l'eau (qui est un solvant très polaire) via des interactions électrostatiques ce qui augmente fortement leur solubilité et réduit leur pression de vapeur. En conséquence, la volatilité de la molécule est diminuée, elle ne passe donc plus en phase vapeur et n'atteint plus nos récepteurs olfactifs car la molécule est piégée par l'eau.



Annexe A : Hydrodistillation du limonène

Matériels :

- 1 ballon (B19) 500 mL
- 1 chauffe-ballon
- Colonne à distiller
- Colonne réfrigérante (à eau ou à l'éthylène glycol)
- Thermomètre
- 2 ballons 250 mL
- 2 supports à tige de laboratoire (mobile)

Réactifs :

- 4-5 oranges
- Eau distillée

Mode opératoire :

- Prélever les pelures d'orange en petits morceaux, en faisant attention à récupérer un minimum de la partie blanche (albédo).
- Introduire 30g de pelure d'orange et 300mL d'H₂O dans le ballon.
- Chauffer jusqu'à ébullition et maintenir l'ébullition afin d'extraire le limonène.
- Observer 2 phases, les huiles essentielles d'orange (limonène) et l'eau.

Remarques :

Le limonène est une substance très volatile. Il est nécessaire de bien vérifier l'étanchéité du montage de distillation afin de ne pas perdre du distillat.

Sécurité :

Le limonène est un irritant modéré pour la peau, les yeux et les voies respiratoires et peut causer des allergies cutanées. Il est nécessaire de porter des gants et des lunettes lors de sa manipulation.

Lors de la distillation, le ballon et la colonne de distillation chauffe à de très hautes températures. Il faut également manipuler la verrerie avec soin pour éviter des accidents.

Annexe B : Neutralisation de l'odeur de la cadavérine

Matériel :

- Piluliers/tubes à essai
- Pipettes Pasteur

Réactif :

- 1,5-diaminopentane (cadavérine)
- Acide chlorhydrique (HCl) 1 M
- Eau distillée
- Indicateur coloré : Phénolphtaléine

Mode opératoire :

- Dans un pilulier, introduire 10 gouttes ($\approx 0,5$ mL) de 1,5-diaminopentane à l'aide d'une pipette Pasteur et 1 goutte d'indicateur coloré.
- Procéder à une dilution 1 : 7 en ajoutant de l'eau distillée.
- Relever l'odeur de la solution.
- Ajouter un excès de HCl 1M et observer le virage de couleur.
- Relever l'odeur de la solution et comparer (celle-ci devrait être plus neutre).

Sécurité :

La phénolphtaléine peut provoquer l'irritation de la peau et des yeux en cas d'exposition prolongée. Elle ne doit pas être ingérée. Le port de lunettes et de gants de sécurité est recommandé lors de sa manipulation.

La cadavérine (1,5-diaminopentane) est une substance issue de la putréfaction. Elle peut provoquer une irritation de la peau. Il est impératif de la tenir à l'écart des sources de chaleurs, et de porter des gants et lunettes de sécurité lors de sa manipulation.

Toutes les manipulations sont effectuées par les étudiants selon des protocoles validés par l'encadrant. Les expériences proposées ne présentent pas de risque grave pour le public.

Annexe C

- (1) Department of Food Science and Nutrition, Community Science College and Research Institute, Madurai- 625 104; T, A.; G, H.; Department of Food Science and Nutrition, Community Science College and Research Institute, Madurai- 625 104; S, V.; Department of Plant Biotechnology, Centre for Plant Molecular Biology and Biotechnology, TamilNadu Agricultural University, Coimbatore- 641 003; S, K.; Dean, Community Science College and Research Institute, Madurai- 625 104; K, K.; Department of Agricultural Microbiology, Agriculture College and Research Institute, Madurai- 625 104. Hydrodistillation and Soxhlet Method of Extraction and Analyses of Chemical Composition of Citrus Peel Essential Oil. *MAJ* 2022, 109 (Special).
<https://doi.org/10.29321/MAJ.10.000627>.
- (2) Tran, K. N. T.; Ngo, C. Q. T.; Tran, B. L.; To, P. M. N.; Huynh, P. X.; Pham, T. V. Hydrodistillation of Essential Oil from Peels of Orange (*Citrus Sinensis*) in the Mekong Delta, Vietnam: Process Optimization and Chemical Profiling. *Food Res.* 2023, 7 (6), 272–277. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(6\).816](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(6).816).
- (3) Pagliaro, M.; Fabiano-Tixier, A.-S.; Ciriminna, R. Limonene as a Natural Product Extraction Solvent. *Green Chem.* **2023**, 25 (16), 6108–6119.
<https://doi.org/10.1039/D3GC02068A>.