La cyclodextrine : la chimie supramoléculaire dans la vie de tous les jours

Publié le 20.01.13 | Par Claire de March

La cyclodextrine permet de solubiliser de nombreux composés hydrophobes dans l'eau grâce à sa cavité structurale. Elle est utilisée dans divers domaines comme la pharmaceutique, la dépollution de l'eau ou de l'air, la cosmétique ou l'agroalimentaire...

1. Un peu d'histoire

La cyclodextrine a été fabriqué pour la première fois par erreur en 1891 par Villiers. Celui-ci désirait réduire des dextrines grâce au bacillus amylobacter. Il découvrit, qu'en plus du produit qu'il voulait obtenir, quelques beaux cristaux se formaient. Après les avoirs analysés, Villiers découvrit que ce cristal était composé de plusieurs unités $(C_6H_{10}O_3).3H_2O$ et l'appela « cellulosine ». Apparemment, sa formation était due à l'impureté des cultures utilisées par Villiers qui devaient contenir des traces de *bacillus macerans*.

Au début du XXème siècle, Schardinger réussit à isoler plusieurs cyclodextrines mais n'en connaissait pas la structure. Il fallut attendre l'apparition des analyses au rayon X pour qu'en 1948 la structure macrocyclique des cyclodextrines soit déterminée.

2. Structure des cyclodextrines

Les cyclodextrines forment une famille de macromolécules composées de 6 à 12 unités de D-glucose liées par liaison entre le carbone en position 4 d'une unité et le carbone en position 1 d'une autre comme présenté sur le schéma suivant (figure 1) :

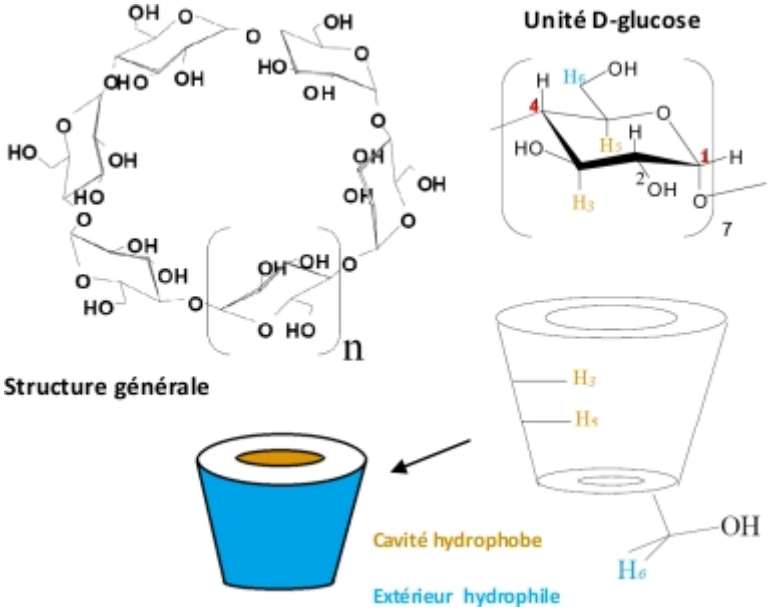

Figure 1. Structure des cyclodextrines.

Les propriétés des cyclodextrines les plus courantes sont détaillées dans le tableau suivant :

	α-Cyclodextrine	β-Cyclodextrine	γ-Cyclodextrine
Nombre d'unités glucose (n)	6	7	8
Masse moléculaire (g/mol)	972	1135	1297
Diamètre extérieur (Å)	14.6	15.4	17.5
Diamètre de la cavité (Å)	4.7-5.3	6.0-6.5	7.5-8.3
Volume de la cavité ($Å^3$)	174	262	427

Elles sont formées par dégradation enzymatique de l'amidon. Les unités de D-glucose forment un macrocycle. On peut le représenter sous la forme d'un cylindre creux.

Les groupements hydroxyle (hydrophile) sont situés vers l'extérieur et les hydrogènes (hydrophobe) sont orientés vers l'intérieur de la cavité donnant ainsi à la cyclodextrine la propriété d'être soluble dans l'eau et de pouvoir contenir des molécules hydrophobes.

3. Propriétés hydrosolubilisantes des cyclodextrines

Certaines molécules ne sont pas solubles dans l'eau. Elles créent des répulsions avec l'eau et se retrouvent dans une autre phase (ex huile non soluble dans l'eau). Ces molécules sont miscibles à toutes les autres molécules hydrophobes, elles pourront donc se placer dans la cavité de la cyclodextrine (figure 2).

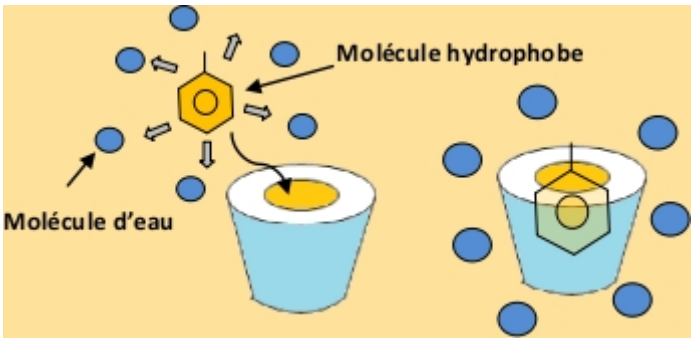

Figure 2. Cavité d'une cyclodextrine - effet d'encapsulation.

Les cyclodextrines étant hydrosolubles, les molécules hydrophobes peuvent ainsi être solubilisées dans l'eau. Le champ d'application des cyclodextines est donc vaste utilisant, entre autre, cette propriété de vecteur de molécule hydrophobe dans l'eau.

4. Les Applications

4.1. Les cosmétiques

En cosmétique, les cyclodextrines sont utilisées pour protéger les composés actifs de la chaleur, de la lumière, de l'oxydation, de l'hydrolyse, de l'évaporation ou de réactions avec d'autres composés du produit cosmétique.

La cosmétique employant beaucoup d'émulsion eau/huile, les cyclodextrines servent aussi à augmenter la solubilité des composés dans une crème à base d'eau et ainsi à stabiliser le produit (figure 3).



Figure 3. Les cyclodextrines aident à stabiliser les émulsions eau/huile des cosmétiques.

4.2. La pharmaceutique

Le corps humain étant majoritairement composé d'eau, l'administration de médicaments hydrophobes devient problématique. Afin que la molécule thérapeutique atteigne la cible à soigner, elle peut être transportée dans l'organisme enfermée dans des cyclodextrines. Le médicament est ensuite délivré à la surface de la membrane des cellules infectées et la traverse car ils sont tous deux hydrophobes et donc miscibles.

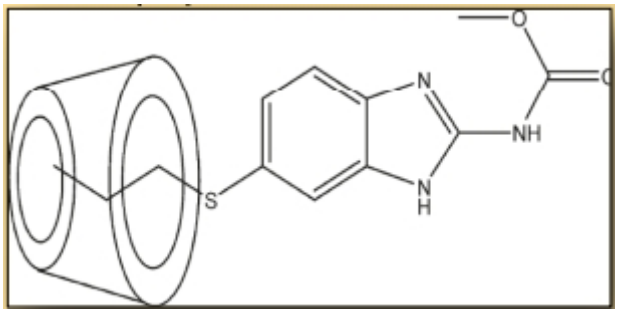

Figure 4. Agent anti-cancer ABZ complexé à une bêta-cyclodextrine.

Très récemment, cette technique a été utilisée pour l'administration de médicaments contre le cancer (figure 4).

4.3. La dépollution de l'eau et de l'air

Les cyclodextrines sont couramment utilisées pour le traitement de l'eau. Elles retiennent beaucoup de pesticides, d'insecticides, de métaux ou de composés organiques toxiques comme des phénols purifiant ainsi l'eau courante.

Elles décontaminent également l'air de composés volatils toxiques voir même cancérigènes comme les PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon).

4.4. L'agroalimentaire

Les cyclodextrines peuvent être ingérées par l'homme, elles sont digérées en étant décomposées en D-glucose qui est assimilé par le corps comme un sucre. Elles sont considérées comme des additifs alimentaires et leurs conditions d'utilisations sont réglementées. Elles possèdent donc leur numéro SIN :

- α-cyclodextrine : E457
- β-cyclodextrine : E459
- γ-cyclodextrine : E458

La β-cyclodextrines est utilisée en agroalimentaire pour retirer le cholestérol du beurre, du lait ou des œufs. L'α-cyclodextrine sert, entre autres, à stabiliser les émulsions comme la crème, la mayonnaise ou la margarine.

Les cyclodextrines sont aussi utilisées pour « encapsuler » des arômes. En effet celles-ci ont une grande affinité avec les composés organiques volatils qui constituent souvent les arômes tels que le benzaldéhyde qui possède un goût et une odeur d'amande.



Figure 5. L'arôme de l'amande encapsulé par les cyclodextrines dans l'agroalimentaire ?

Retenir ainsi ces molécules « aromatiques » est utile lors de stockage long ou de procédé de fabrication lourd : le produit garde toute sa qualité organoleptique.

5. Conclusion

La cyclodextrine permet de solubiliser de nombreux composés hydrophobes dans l'eau grâce à sa cavité structurale. Elle est utilisée dans divers domaines comme la pharmaceutique, la dépollution de l'eau ou de l'air, la cosmétique ou l'agroalimentaire.

Son utilisation est tout de même limitée par le volume de sa cavité hydrophobe, toutes les molécules hydrophobes n'ont pas la bonne taille pour y rentrer ou y rester.

Enfin, concernant son utilisation dans l'alimentaire, sa toxicité n'est pas remise en cause mais sa pureté doit être très grande. En effet, les solvants, catalyseurs et sous produits de sa fabrication peuvent être nocifs pour la santé. C'est la principale raison pour laquelle son utilisation en tant qu'additif alimentaire peut être controversée.

6. Bibliographie

[1] E.M. Martin Del Valle, Cyclodextrins and their uses: a review, *Process Biochemistry* 2004, 39, 1033-1046.

[2] Hans-Jürgen Buchmann and Eckhard Schollmeyer, Applications of cyclodextrins in cosmetic products: A review, *J. Cosmet. Sci.* 2002, 53, 185-191.

[3] T. Vandamme, D. Poncelet, P. Subra-Paternault, Microencapsulation, *Ed. TEC&DOC*, Lavoisier, 2007, p. 280.

[4] Andrée Voilley et Patrick Etiévant, Flavour in food, *CRC Press, Woodhead publishing limited*, 2006, p.218-19, 223.

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

Claire de March

Chercheuse dont les recherches portent sur la description de l'olfaction au niveau atomique. Elle construit un système olfactif virtuel au moyen d'approches informatiques et expérimentales afin de simuler le mécanisme de la perception de l'odorat.

MISE EN LIGNE

Nicolas Lévy

Professeur agrégé de chimie, responsable du Centre de Préparation à l'Agrégation externe de Chimie (École Normale Supérieure de Paris - Sorbonne Université - Université Paris-Saclay), responsable éditorial de CultureSciences-Chimie de 2008 à 2014.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE



Creative Commons - Attribution