

Compétences exigibles

- Comprendre le rôle de la chimie de synthèse ;
- Déterminer la masse d'un échantillon à partir de sa masse volumique ou de sa densité ;
- Décrire un protocole expérimental pour réaliser une synthèse d'une molécule et son identification.

Chapitre 7 – Synthèse d'espèces chimiques

(corresponds au chapitre 3 du livre)

1 La chimie de synthèse au service de la santé

Doc. 1 – Le taxol

Le taxol ($C_{47}H_{51}O_{14}N$) est une espèce chimique extraite de l'écorce des ifs (doc. 2). Cette substance empêche le développement de certaines cellules cancéreuses. L'obtention de 300 mg de taxol (quelques doses pour un patient) nécessite l'abattage d'un arbre âgé d'au moins 100 ans.

Des chercheurs ont analysé la molécule de taxol dans le but de la copier, c'est-à-dire de la synthétiser à partir de substances (appelées « précurseurs ») disponibles plus facilement. Toutefois, la synthèse du taxol est difficile et coûteuse, car la molécule est complexe (doc. 3).

Au début des années 1980, le chimiste français Pierre POTIER et son équipe du CNRS découvrirent dans les feuilles d'if une molécule ayant une partie analogue à la molécule de taxol. Cette molécule pouvait donc constituer un précurseur (doc. 3). Aujourd'hui, de nombreux dérivés du taxol sont synthétisés et vendus en tant qu'anticancéreux.

Doc. 2 – L'if

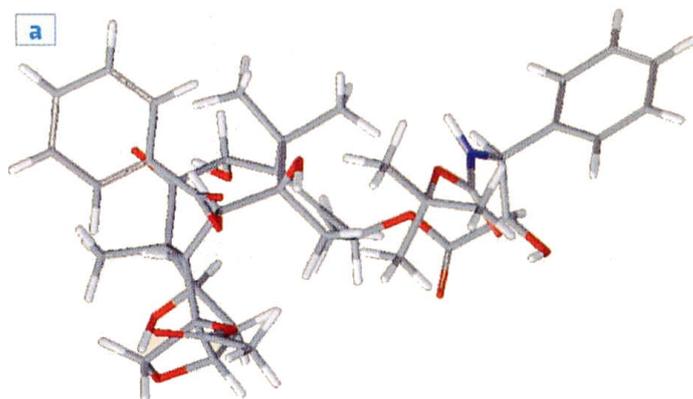


L'if est un conifère dont l'écorce contient le taxol.

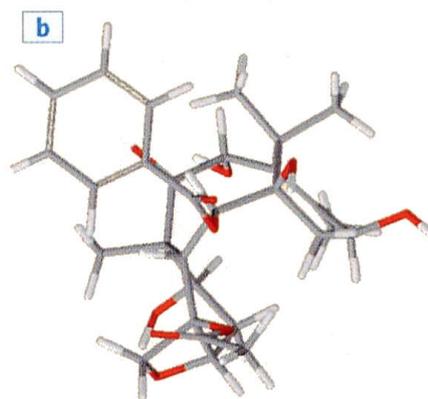
Doc. 3 – Représentations en 3D

Voici les représentations dans l'espace, à l'aide d'un logiciel,

a du taxol :



b d'un précurseur du taxol :



a. Pourquoi est-il préférable d'exploiter les feuilles de l'if plutôt que l'écorce, d'un point de vue économique et écologique ?

.....

.....

.....

b. Expliquer l'intérêt de la découverte effectuée par l'équipe de Pierre POTIER.

.....

c. Supposons qu'un patient ait besoin d'une dose de taxol de 20,0 μL chaque jour. De quelle masse de taxol doit-on disposer pour traiter ce patient pendant un an ? Donnée : masse volumique du taxol : $\mu = 855 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$.

.....

d. Calculer le nombre d'if qu'il faut abattre pour traiter ce patient pendant une année.

.....

e. Le taxol est dissous dans une solution aqueuse colorée en jaune. Indiquer le rôle de l'eau et du colorant dans ce médicament.

.....

f. La concentration massique du médicament est de $c_m = 34,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$. Calculer le volume de médicament que le patient doit avaler chaque jour, et exprimer ce volume en nombre de gouttes (1 goutte = 0,050 mL).

.....

g. Comparer les deux molécules du doc. 3, et expliquer pourquoi il est plus avantageux d'utiliser un « précurseur ».

.....

h. Conclusion : quel est l'apport de la chimie de synthèse dans la lutte contre le cancer ?

2 La réaction chimique

2.1 Transformation chimique

Les espèces chimiques peuvent réagir entre elles lorsqu'elles sont mises en

Certaines espèces chimiques sont **consommées**, elles sont appelées

D'autres espèces chimiques **apparaissent**, elles sont appelées

2.2 État initial et final

Un système chimique dont la composition évolue au cours du temps subit une

La composition du système chimique au cours du temps.

Le système chimique passe d'un **état initial** à un **état final** :

- L'**état initial** d'un système chimique est son état à l'instant de la mise en des espèces chimiques ;
- L'**état final** est l'état du système lorsqu'il d'évoluer. Les quantités de chaque espèce du système sont alors , la transformation chimique s'arrête.

2.3 Réactifs et produits

- Un **réactif** est une espèce chimique au cours d'une transformation chimique. Sa quantité entre l'état initial et l'état final.
- Un **produit** est une espèce chimique au cours d'une transformation chimique. Sa quantité entre l'état initial et l'état final.

2.4 Les catalyseurs

Un **catalyseur** est une espèce chimique introduite en dans le milieu réactionnel.

Il la transformation chimique.

La quantité de catalyseur est au début et à la fin de la réaction.

2.5 Le rendement

Le **rendement** d'une synthèse est le quotient de la masse de composé obtenue par la masse théorique maximale qui peut être obtenue :

Le rendement est toujours entre 0 et 1. On peut l'exprimer en pourcentage :

0 %

100 %

3 La synthèse : intérêts et aspects expérimentaux

3.1 Rappel : espèces chimiques naturelles et artificielles

Il existe différents types d'espèces chimiques :

- les espèces chimiques , présentes dans la nature ;
- les espèces chimiques , qui n'existent pas dans la nature.

3.2 Intérêt de la chimie de synthèse

La d'une espèce chimique est la fabrication de cette espèce par une transformation chimique.

• Synthèse d'espèces chimiques naturelles

De nombreuses espèces chimiques **naturelles** ont des propriétés thérapeutiques. Cependant, il est parfois et de les extraire de leur milieu d'origine.

La **synthèse** permet dans certains cas d'obtenir l'espèce chimique souhaitée, en suffisante et à moindre

La **synthèse** permet aussi de préserver les ressources

Il n'existe différence entre l'espèce chimique synthétique et l'espèce naturelle obtenue par extraction.

• Synthèse d'espèces chimiques artificielles

La **synthèse** permet aussi d'obtenir des espèces chimiques qui dans la nature, appelées espèces chimiques **artificielles**.

Certaines ont des propriétés thérapeutiques : elles peuvent servir, par exemple, à la fabrication de nouveaux médicaments.

3.3 Aspects expérimentaux

• Synthèse

Pour synthétiser une espèce chimique, il faut :

- suivre un ou **mode opératoire**, qui indique toutes les étapes à réaliser ;
- respecter les **consignes de** relatives aux réactifs, aux produits et au matériel utilisé.

Le protocole d'une synthèse précise notamment :

- les des réactifs et leur ordre d'introduction ;
- le , qui permet de dissoudre les réactifs, et qui a pour rôle de favoriser la rencontre des espèces chimiques présentes et ainsi permettre la transformation chimique ;
- les (température, pression, catalyseur), qui jouent un rôle sur le rendement et sur la durée de la réaction chimique.

• Synthèse

Après une synthèse, l'espèce chimique produite doit être du milieu réactionnel et

L'extraction s'effectue par filtration si l'espèce est ou par extraction liquide-liquide si l'espèce est

L'identification s'effectue par la mesure d'une ou plusieurs caractéristiques : aspect, couleur, température de fusion ou d'ébullition, etc.

4 Exercices du chapitre 7

7.1 N° 3 p. 52 – Définir une synthèse

7.2 N° 5 p. 52 – Naturel ou synthétique ?

7.3 N° 11 p. 53 – Proportionnalité

7.4 N° 15 p. 55 – Aspartame contre saccharose

5 Correction des exercices du chapitre 6

6.1 N° 1 p. 22 – Mots manquants

- Une substance constituée d'une seule espèce chimique est un **corps pur**. Une substance constituée de plusieurs espèces chimiques est un **mélange**.
- Une espèce chimique présente dans la nature est une espèce chimique **naturelle**. Une espèce chimique fabriquée par l'homme est une espèce chimique **synthétique**.
- Une espèce chimique est caractérisée par des grandeurs physiques : sa solubilité, sa **température de fusion ou d'ébullition** ou sa densité.
- Après extraction par macération, on sépare la solution du solide par **filtration**.
- Une extraction liquide-liquide se pratique dans une **ampoule à décanter**.

6.2 N° 7 p. 22 – Masse volumique

- Masse volumique ρ :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

- Exprimons la masse volumique en gramme par litre. Pour cela, le volume est exprimé en litre : $V = 40,0 \text{ mL} = 0,0400 \text{ L}$. On remplace dans la formule littérale :

$$\rho = \frac{31,6}{0,0400} = 790 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$$

6.3 N° 8 p. 22 – Densité

- L'énoncé donne la masse volumique ρ_{eau} de l'eau en kilogramme par litre ; pour pouvoir facilement appliquer la formule, il faut exprimer la masse volumique ρ en kilogramme par litre.
- Densité du toluène :

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}}$$

Application numérique :

$$d = \frac{0,87}{1,00} = 0,87$$

La densité est une grandeur sans unité. Le toluène a une densité plus faible que l'eau ($d < 1$).

6.4 N° 13 p. 23 – Ampoule à décanter

- On agite l'ampoule à décanter pour extraire l'espèce chimique du solvant initial.

- On laisse reposer après agitation afin que les phases se séparent. La plus dense se décante, la moins dense surnage.
- Si l'on n'ôte pas le bouchon, on ne peut pas procéder à la coulée. Ôter le bouchon permet un appel d'air.

6.5 N° 14 p. 23 – Lire un texte

- L'acide salicylique est un exemple d'espèce chimique naturelle, car il est extrait de l'écorce de saule.
- L'acide salicylique produit à partir de 1860 par Hermann KOLBE est un premier exemple d'espèce synthétique, identique à l'espèce naturelle ;

L'aspirine (appelé acide acétylsalicylique) produite à partir de 1897 par Félix HOFFMANN est un deuxième exemple d'espèce synthétique. Cette dernière est une espèce artificielle, qui n'existe pas dans la nature.

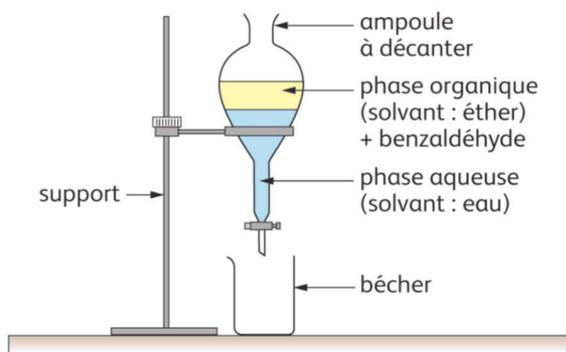
6.6 N° 20 p. 25 – Arôme

- Le benzaldéhyde est à la fois une espèce naturelle (extraite des noyaux de fruits comme l'abricot) et une espèce synthétique.
- Pour extraire le benzaldéhyde, il faut utiliser un solvant extracteur dans lequel cette molécule est plus soluble que dans l'eau (car l'énoncé indique que le benzaldéhyde est initialement en solution aqueuse, c'est-à-dire dans l'eau). Les trois solvants : éthanol, acétone et éther, peuvent convenir, car le benzaldéhyde est très soluble dans ces solvants.

- Pour réaliser une extraction liquide-liquide, il faut utiliser un solvant extracteur non miscible avec le solvant initial, ici l'eau. Il faut donc ici choisir l'éther, seul solvant parmi ceux proposés ici à être non miscible avec l'eau.

De plus, ce n'est pas indiqué, mais l'éther est très volatil : on pourra donc facilement le faire évaporer en fin d'extraction, afin de récupérer le benzaldéhyde pur.

- Afin de réaliser un schéma de l'ampoule à décanter, il faut savoir comment sont placées les phases. L'énoncé indique une densité $d = 0,713$ pour l'éther, formant la phase organique, donc comme cette densité est plus faible que celle de l'eau $d = 1$, la phase organique surnage et la phase aqueuse se décante.



- e. Afin de récupérer le benzaldéhyde, désormais dissous dans la phase organique, il faut réaliser la coulée. Pour cela, il faut ôter le bouchon de l'ampoule à décanter et ouvrir le robinet au bas de l'ampoule afin de laisser la phase aqueuse s'écouler dans un bécher. Une fois cela fait, on peut alors récupérer, toujours par coulée, la phase organique.

Comme indiqué précédemment, il faudrait encore éliminer l'éther en chauffant la phase organique jusqu'à ébullition de ce dernier (32 °C seulement).

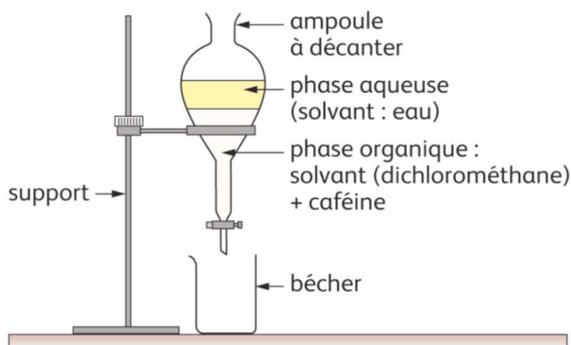
6.7 N° 21 p. 25 – Caféine

- a. Pour l'extraction, il faut utiliser un solvant extracteur dans lequel l'espèce à extraire est très soluble. De plus il faut que le solvant choisi soit non miscible à l'eau, puisque la caféine que l'on souhaite extraire est dissoute dans une solution aqueuse.

Les données du problème indiquent que c'est le cas pour le dichlorométhane.

L'énoncé n'ajoute aucune indication sur les deux autres critères de choix d'un solvant, à savoir sa volatilité et sa dangerosité, par défaut on considère que ces critères sont satisfaits.

- b. Le dichlorométhane, de densité $d = 1,33$, a une densité plus forte que l'eau, $d = 1$ par définition. Par conséquent, la phase organique formée par le dichlorométhane se décante, et la phase aqueuse surnage.
- c. Schéma légendé de l'ampoule à décanter :



- d. Après extraction, la caféine est dissoute dans le dichlorométhane, donc dans la phase organique. Pour récupérer cette phase, il suffit de procéder à la coulée. Pour cela, on ôte le bouchon de l'ampoule à décanter, on ouvre le robinet et l'on récupère la phase organique dans un bécher. Il faut ensuite faire évaporer le dichlorométhane.

6.8 N° 22 p. 25 – Le limonène

- a. Le limonène est caractérisé par sa formule brute : c'est un corps pur.
- b. L'espèce à extraire, le limonène, est contenue dans des fragments d'orange, sous-entendu des fragments solides. On plonge ces fragments dans le cyclohexane, un solvant liquide. Il s'agit donc d'une extraction solide-liquide (et c'est même plus précisément une macération).
- c. Le choix d'un solvant extracteur est principalement guidé par la solubilité de l'espèce à extraire dans ce solvant. Le cyclohexane convient, car le limonène est plus soluble dans le cyclohexane que dans le solvant de départ, ici l'eau.
- d. L'extraction a lieu lors de la macération.
- e. La séparation a lieu lors de la filtration, étape où l'on récupère le cyclohexane contenant le limonène dissous.
- f. Schéma légendé de la filtration :

