

# Généralités sur les terpénoïdes et leurs voies de biosynthèse connues

Dr. Amal HELALI

Université Abou Bekr Belkaïd

Faculté de Médecine

Département de Pharmacie

E-mail : **amal.helali@univ-tlemcen.dz<sup>1</sup>**

1.0 - Novembre 2025

# Table des matières

|                                                                                 |           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Objectifs</b>                                                                | <b>3</b>  |
| <b>Introduction</b>                                                             | <b>4</b>  |
| <b>I - Définition</b>                                                           | <b>5</b>  |
| <b>II - État naturel et répartition</b>                                         | <b>6</b>  |
| <b>III - Rôles biologiques</b>                                                  | <b>7</b>  |
| <b>IV - Biogénèse</b>                                                           | <b>8</b>  |
| 1. Voie du mévalonate (MVA) .....                                               | 8         |
| 2. Voie du MEP/DOXP .....                                                       | 9         |
| 3. Couplages d'unités C5.....                                                   | 9         |
| <b>V - Structure chimique et classification</b>                                 | <b>10</b> |
| 1. Hémiterpènes (C5) .....                                                      | 10        |
| 2. Monoterpènes (C10) .....                                                     | 10        |
| 2.1. Monoterpènes acycliques.....                                               | 10        |
| 2.2. Monoterpènes monocycliques.....                                            | 10        |
| 2.3. Monoterpènes bicycliques .....                                             | 11        |
| 3. Sesquiterpènes (C15) .....                                                   | 11        |
| 4. Diterpènes (C20) .....                                                       | 11        |
| 5. Triterpènes (C30).....                                                       | 12        |
| 6. Tétraterpènes (C40).....                                                     | 12        |
| 7. Polyterpènes.....                                                            | 12        |
| <b>VI - Propriétés physico-chimiques, extraction, caractérisation et dosage</b> | <b>13</b> |
| 1. Propriétés physico-chimiques.....                                            | 13        |
| 2. Extraction.....                                                              | 13        |
| 3. Caractérisation .....                                                        | 14        |
| 4. Dosage.....                                                                  | 14        |
| <b>VII - Propriétés pharmacologiques</b>                                        | <b>15</b> |
| <b>VIII - Emplois</b>                                                           | <b>16</b> |
| <b>IX - Toxicité</b>                                                            | <b>17</b> |

# Objectifs

À l'issue du cours, l'étudiant sera capable de :

1. **Décrire** le terme terpénoïde.
2. **Illustrer** les voies de biosynthèse (mévalonate et MEP/DOXP) conduisant à l'IPP.
3. **Classer** les terpénoïdes selon le nombre d'unités isopréniques (mono-, sesqui-, di-, tri-, tétra- et polyterpènes).

# Introduction

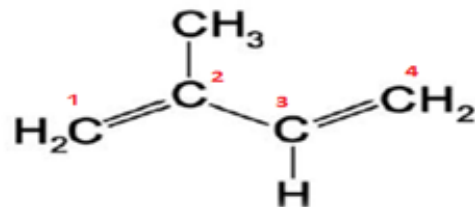
Les terpénoïdes représentent l'une des familles les plus vastes et les plus diversifiées de métabolites secondaires végétaux. Ils sont à l'origine de nombreuses substances bioactives naturelles, allant des huiles essentielles aux stéroïdes, et interviennent dans des fonctions biologiques essentielles chez les plantes (pigments, phytohormones, médiateurs de défense). Grâce à leur grande diversité structurale et fonctionnelle, ils occupent une place majeure en pharmacognosie, en pharmacie et dans l'industrie des arômes, parfums et résines.

# I Définition

Les terpènes forment une large famille de composés naturels. Il s'agit d'hydrocarbures insaturés, composés de multiples unités isopréniques ( $C_5H_8$ ).

Lorsqu'ils contiennent en plus des groupes fonctionnels oxygénés (alcool, cétone, acide, lactone...), on parle alors de **terpénoïdes** ou **isoprénoïdes**.

Le mot '**terpène**' provient de la térébenthine, une oléorésine extraite du térébinthe (*Pistacia terebinthus*). Le chimiste Friedrich Kekulé von Stradonitz (1829-1896) a nommé cette classe de composés.



**2-méthyl-1,3-butadiène**

## II État naturel et répartition

Les terpènes sont très majoritairement d'origine végétale. On les retrouve particulièrement dans les conifères, mais aussi chez les champignons, les algues, certains insectes et animaux marins.

Ils sont également présents chez les algues rouges (monoterpènes halogénés) et brunes (dolabellanes), ainsi que dans les spongiaires (isomalabaricanes).

## III Rôles biologiques

Les terpènes jouent de multiples rôles dans les plantes. Ce sont notamment :

- Des pigments photosynthétiques (caroténoïdes, chlorophylles)
- Des phytohormones (acide abscissique, gibbérellines)
- Des médiateurs de défense ou de communication (allélopathie, répulsifs contre les herbivores)
- Des attractifs pour les pollinisateurs (parfum, nectar)

# IV Biogénèse

La biosynthèse des terpènes repose sur la formation de l'isoprène actif (IPP – diphosphate d'isopentényle), précurseur universel des terpénoïdes.

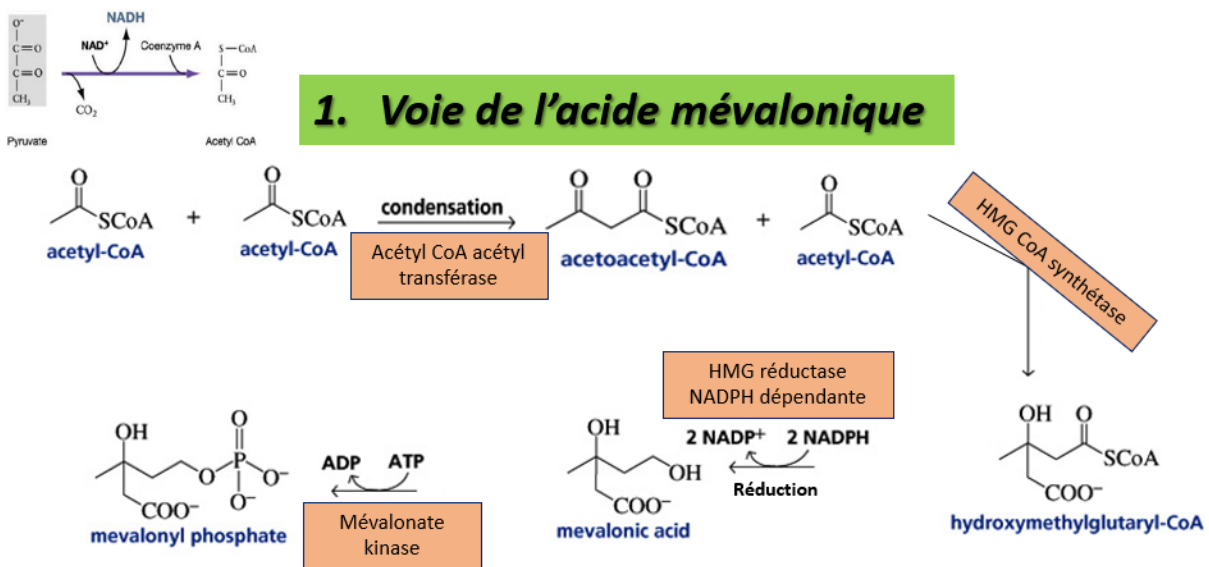
Deux voies principales existent :

- La **voie du mévalonate (MVA)** dans le cytosol,
- Et la **voie du MEP/DOXP** dans les plastides des plantes supérieures et les eubactéries.

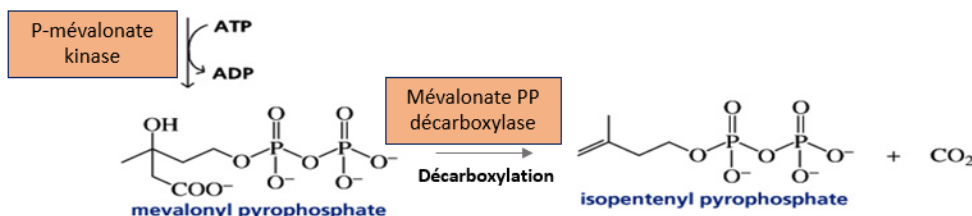
## 1. Voie du mévalonate (MVA)

La voie du mévalonate commence par la condensation d'unités d'acétyl-CoA, suivie d'une réduction en acide mévalonique, puis une phosphorylation double et enfin une décarboxylation conduisant à l'IPP.

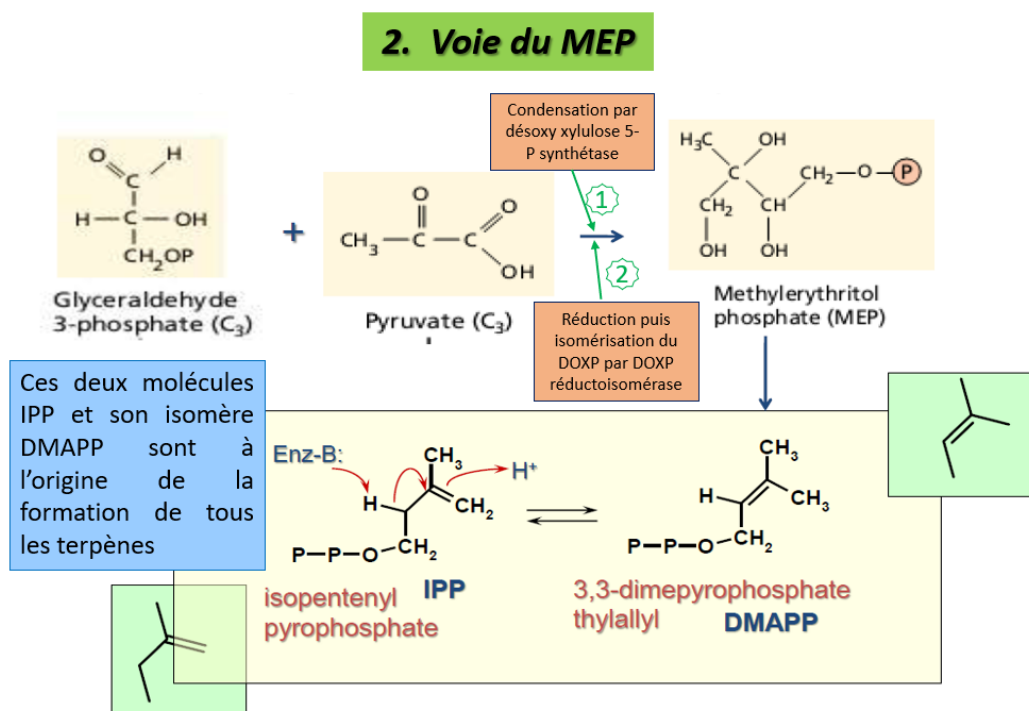
Celui-ci peut être isomérisé en DMAPP (diméthylallyl diphosphate).



Activation de l'acide mévalonique par 2 phosphorylations



## 2. Voie du MEP/DOXP



## 3. Couplages d'unités C5

Les terpènes sont ensuite formés par couplages d'unités C5 :

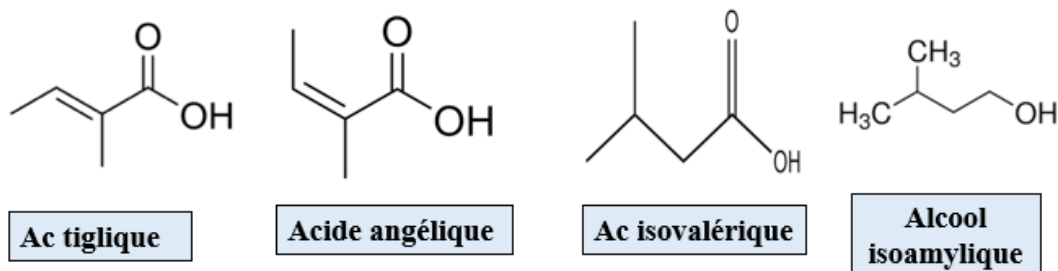
- **Couplage tête-à-queue** : permet la formation de GPP (C<sub>10</sub>), FPP (C<sub>15</sub>), GGPP (C<sub>20</sub>).
- **Couplage queue-à-queue** : forme le squalène (C<sub>30</sub>) ou le phytoène (C<sub>40</sub>).

# V Structure chimique et classification

Les terpènes sont classés selon le nombre d'unités isopréniques ( $C_5H_8$ ) présentes dans leur structure de base :

## 1. Hémiterpènes (C5)

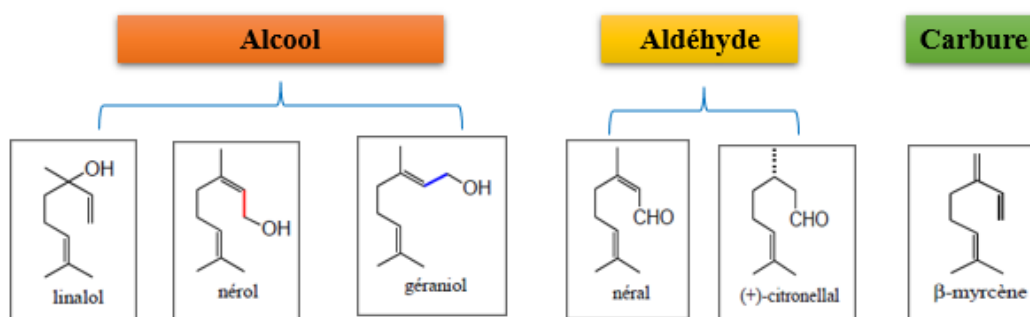
Un seul motif isoprénique.



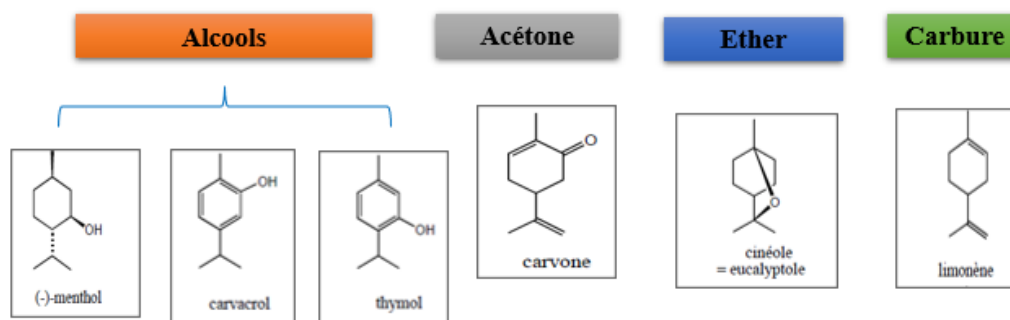
## 2. Monoterpènes (C10)

2 unités isopréniques, abondants dans les huiles essentielles (lavande, menthe, eucalyptus).

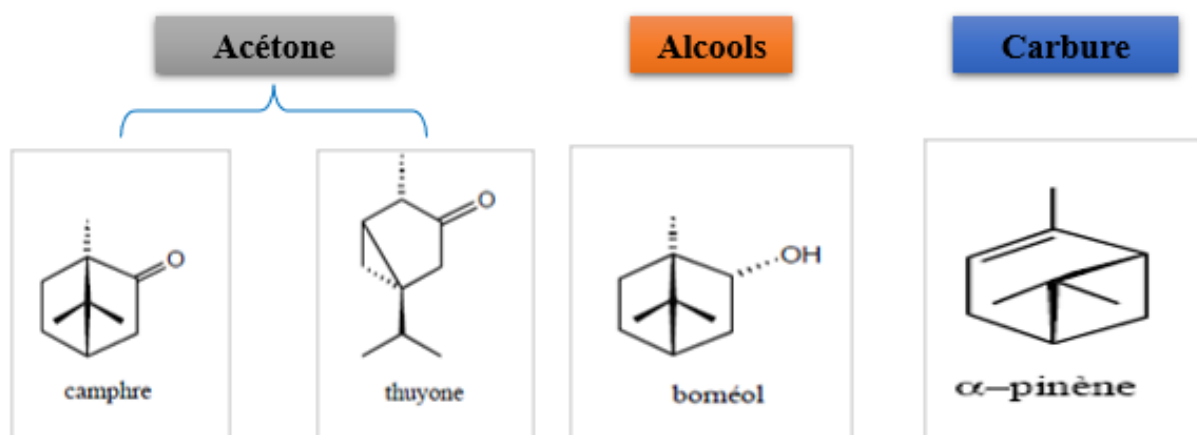
### 2.1. Monoterpènes acycliques



### 2.2. Monoterpènes monocycliques

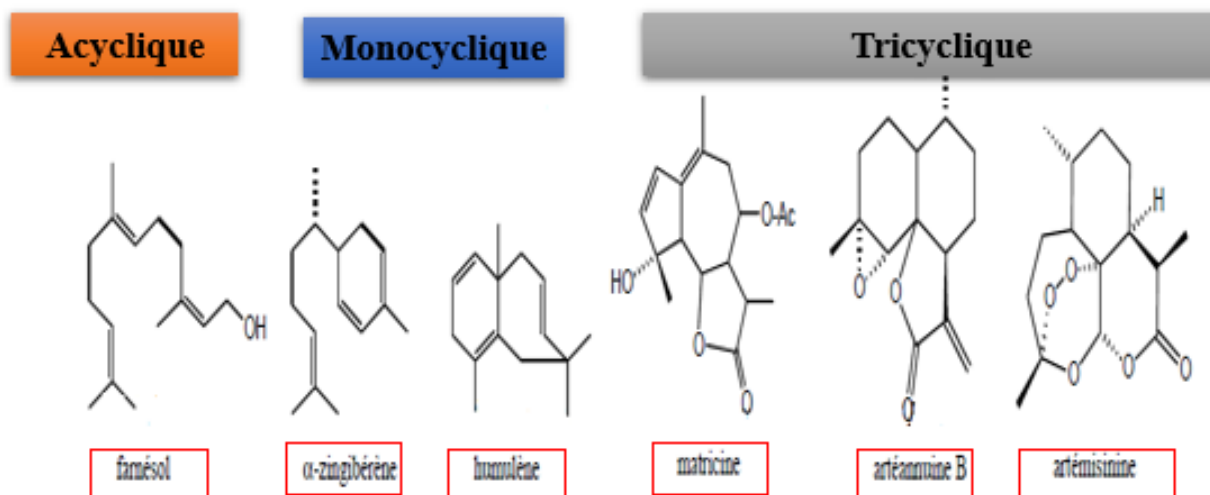


## 2.3. Monoterpènes bicycliques



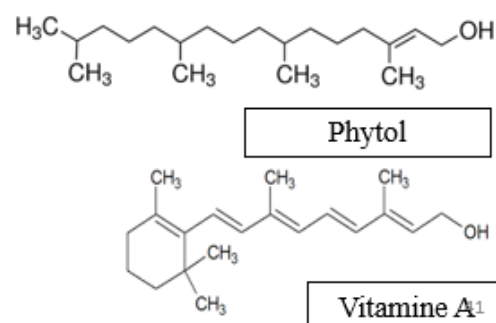
## 3. Sesquiterpènes (C15)

3 unités, grande diversité structurale (houblon, gingembre, armoise).



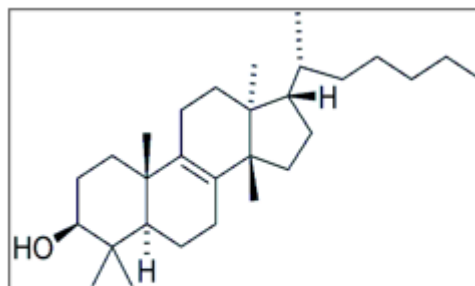
## 4. Diterpènes (C20)

4 unités, précurseurs des résines, phytohormones, vitamines A, K (acide abiétique, taxol).



## 5. Triterpènes (C30)

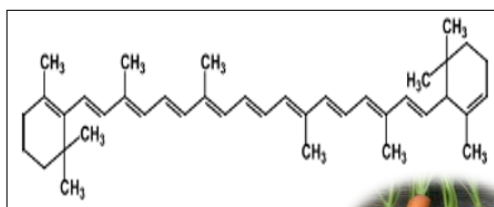
Issus du squalène, présents dans les stéroïdes et les sapogénines.



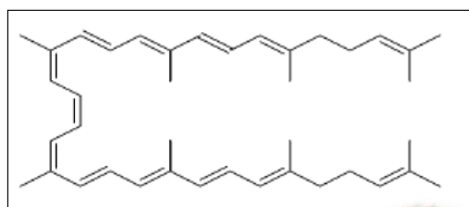
Euphol

## 6. Tétraterpènes (C40)

Caroténoïdes comme le lycopène,  $\beta$ -carotène.



$\beta$ -Carotène



Lycopène



## 7. Polyterpènes

Enchaînement de très nombreuses unités, comme dans le caoutchouc naturel.

# VI Propriétés physico-chimiques, extraction, caractérisation et dosage

## 1. Propriétés physico-chimiques

Les terpènes présentent une diversité de propriétés chimiques en fonction de leur structure.

### Solubilité

La plupart des terpènes sont insolubles dans l'eau, solubles dans l'éthanol, l'éther et le diéther.

### Réactivité

Ce sont des molécules réactives, Ils peuvent subir : hydroxylations, des glycosylations, des acylations et des arylations, ces réactions modifient la taille et la nature physiques de la molécule terpénique et peuvent augmenter leur polarité.

### Stabilité

En général, les monoterpènes sont relativement stables, les sesquiterpènes et les diterpènes sont moins stables.

### Volatilité

- Les terpènes avec un nombre égale ou inférieur à 15 atomes sont volatiles à cause de leur faible poids moléculaire et faible polarité.
- Ceux de plus de 15 atomes ne sont pas volatiles.

## 2. Extraction

**Les terpènes non volatils et apolaires** peuvent être extraits à l'aide d'un solvant organique non polaire tel que :

- Hexane, cyclohexane, éther de pétrole
- Solvants chlorés  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  et  $\text{CHCl}_3$
- Acétate d'éthyle, éther diéthylique

**Les terpènes polaires** par un solvant polaire tel que le méthanol.

**Les terpènes volatils peuvent être extraits directement à l'aide de :**

- **Techniques d'extraction traditionnelles** (hydrodistillation, extraction par solvant organique).

- **Techniques plus récentes**, telles que la micro-extraction en phase solide ou par micro-ondes.
- **La chromatographie en phase gazeuse (CPG)**, qui reste la technique de séparation la plus largement employée pour la caractérisation des terpènes.

### 3. Caractérisation

Les terpènes présentent des réactions colorées dont beaucoup sont communes aux stérols :

- **Réaction de Salkowski** : addition d'acide sulfurique à la solution chloroformique donne une coloration jaune, puis rouge.
- **Réaction de Liebermann** : addition d'anhydride acétique, puis d'acide sulfurique sur l'extrait donne une coloration verte qui vire au rouge ou bleu violacé).

### 4. Dosage

Le dosage quantitatif est réalisé par HPLC ou CPG couplée à la spectrométrie de masse. Des standards de référence sont utilisés pour quantifier les composés cibles dans les extraits végétaux.

## VII Propriétés pharmacologiques

Les terpènes présentent de nombreuses activités pharmacologiques :

- **Antipaludiques** : artémisinine (sesquiterpène de *Artemisia annua*)
- **Antitumorales** : taxol (diterpène de *Taxus baccata*)
- **Anti-inflammatoires** : chamazulène, matricine (sesquiterpènes de la camomille)
- **Antiseptiques** : thymol, carvacrol (monoterpènes du thym)
- **Expectorantes** : 1,8-cinéole (monoterpène de l'eucalyptus)

## VIII Emplois

Les terpènes sont utilisés dans de nombreux domaines :

- **Industrie des arômes et parfums** (menthol, limonène, santalol)
- **Compléments alimentaires** (vitamines A, K)
- **Médicaments** : antitumoraux, anti-inflammatoires, antiseptiques
- **Industrie chimique** : résines, cires, édulcorants naturels

## IX Toxicité

Certains terpènes peuvent être toxiques à fortes doses :

- Le **menthol** est toxique à plus de 2 g (risque vital).
- La **thuyone** (thuya, absinthe) est neurotoxique et convulsivante.
- L'**anéthole** (anis, badiane) à fortes doses provoque des convulsions.

En septembre 2011, l'EMA a contre-indiqué l'usage de suppositoires à base de terpènes chez les enfants de moins de 30 mois et ceux ayant des antécédents de convulsions ou des lésions rectales.