

M1 Biotechnologie microbienne

**VALORISATION DES
SUBSTANCES À
INTÉRÊT
BIOTECHNOLOGIQUE**

Chargé de cours : Dr. CASASNI

Année universitaire : 2024/2025

OBJECTIF DU COURS

L'objectif de cet enseignement est d'étudier les **propriétés biologiques** des **biomolécules** et leur **valorisation** dans le domaine agro-alimentaire.

1. Les **produits naturels d'origine végétale**
2. Les **molécules d'origine microbienne**



PARTIE 1 : GÉNÉRALITÉS ET DÉFINITIONS

Le **métabolisme** est l'ensemble des **réactions biochimiques** au sein d'un être vivant (anabolisme et catabolisme). Un **métabolite** est un composé organique **intermédiaire** ou **issu** du métabolisme.

- **Métabolites primaires**
- **Métabolites secondaires**

MÉTABOLITES PRIMAIRES

Métabolites primaires sont des composés organiques directement impliqués dans les processus physiologiques fondamentaux d'un organisme. Ils sont indispensables à la survie, à la croissance, au développement et à la reproduction d'un organisme.

Catégories : acides aminés, protéines, glucides, acides nucléiques

MÉTABOLITES SECONDAIRES

Le terme « **métabolite secondaire** » a été introduit pour la première fois par A. Kossel en 1891 : « tandis que les métabolites primaires sont présents dans chaque cellule vivante capable de se diviser, les métabolites secondaires ne sont **présents qu'accidentellement** et **ne sont pas d'une importance primordiale** pour la vie de l'organisme ».

MÉTABOLITES SECONDAIRES

- Agents facilitant les **relations symbiotiques** avec d'autres organismes,
- Médiateurs de la **communication entre les organismes**,
- Agents d'**attraction de pollinisateurs**,
- Agents de **défense** contre **d'autres organismes** vivants tels que les animaux, les plantes, les insectes et les microorganismes ou encore contre des facteurs de contrainte liés à l'**environnement** direct : UV, température...
- Rôle en **pharmacologie** (pour leurs diverses activités biologiques)

MÉTABOLITES SECONDAIRES

On retrouve les métabolites secondaires :

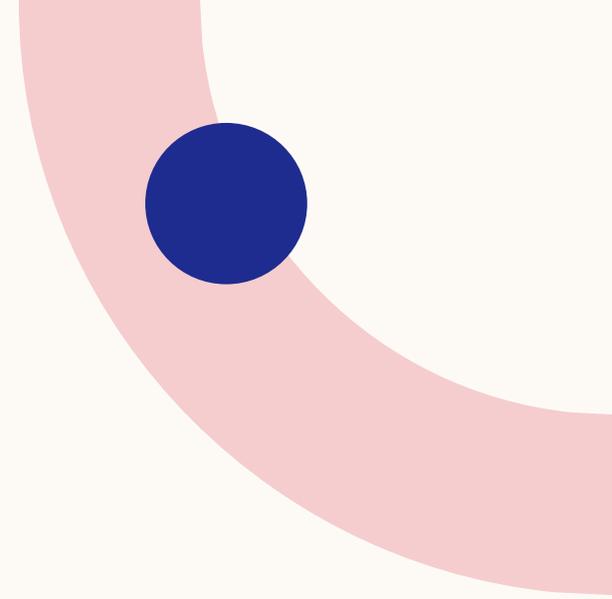
- Dans **certains organismes** parmi : végétaux, microorganismes...
- Dans certaines **cellules/tissus/organes** : feuilles, fleurs, fruits, organes souterrains - cellules spécialisées (ex : poils sécréteurs)
- A certains moments, dans **certaines conditions**.



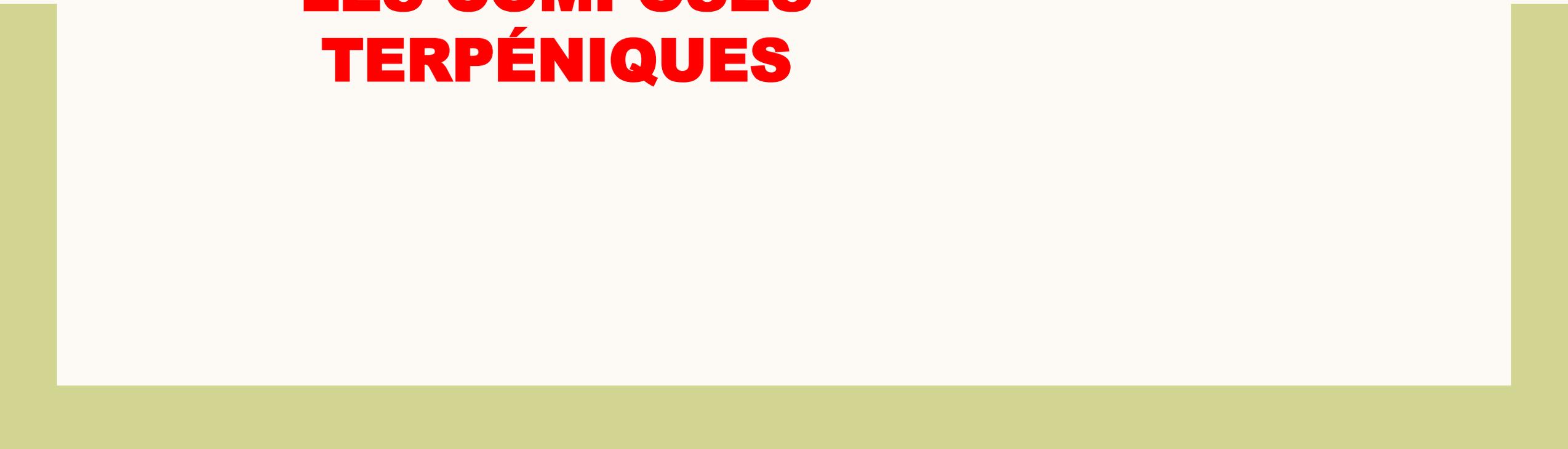
**PARTIE 2 :
LES PRODUITS
NATURELS
D'ORIGINE VÉGÉTALE**

Il existe **3 grandes classes** de métabolites secondaires végétaux :

- **Les composés terpéniques**
- **Les composés phénoliques**
- **Les composés alcaloïdiques**



**LES PRODUITS NATURELS
D'ORIGINE VÉGÉTALE :
LES COMPOSÉS
TERPÉNIQUES**



LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Les composés terpéniques, les **terpènes** ou les **terpénoïdes** constituent une des plus **grandes classes** de métabolites secondaires.

Le nom **terpène** est l'adaptation en français (attestée en 1866) de l'allemand Terpen, dérivé de l'allemand **Terpentin**, « **térébenthine** », et proposé en 1863 par le chimiste allemand Kekulé pour désigner les monoterpènes en $C_{10}H_{16}$ tirés de l'essence de **térébenthine**.

12

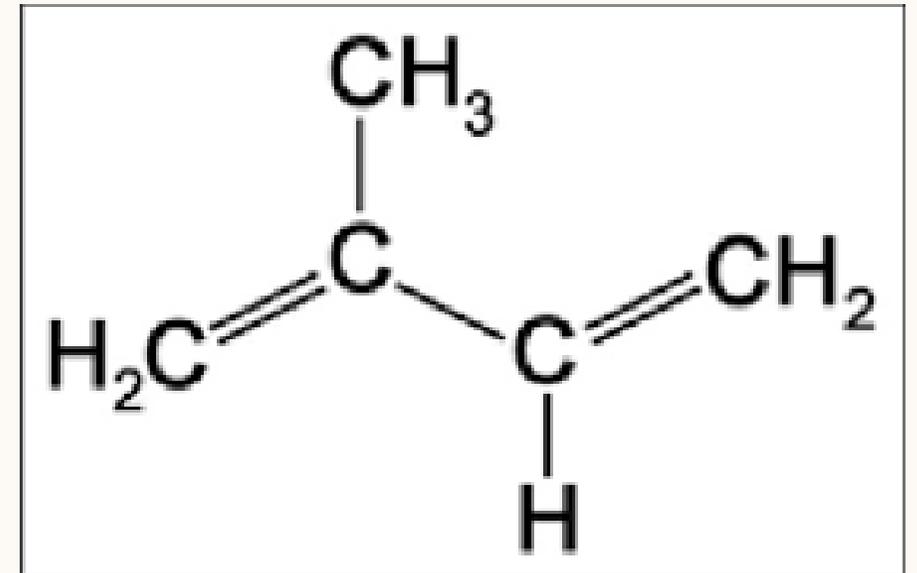


LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Ils sont également appelés **isoprénoïdes** car leur dégradation thermique libère un gaz, l'**isoprène**.

L'**unité de base** des terpénoïdes est l'**isoprène** (C₅H₈).

Les isoprénoïdes regroupent à la fois des molécules **apolaires de faibles poids moléculaires, volatiles** et composants principaux d'**huiles essentielles**, et des molécules **hautement polymérisées**.



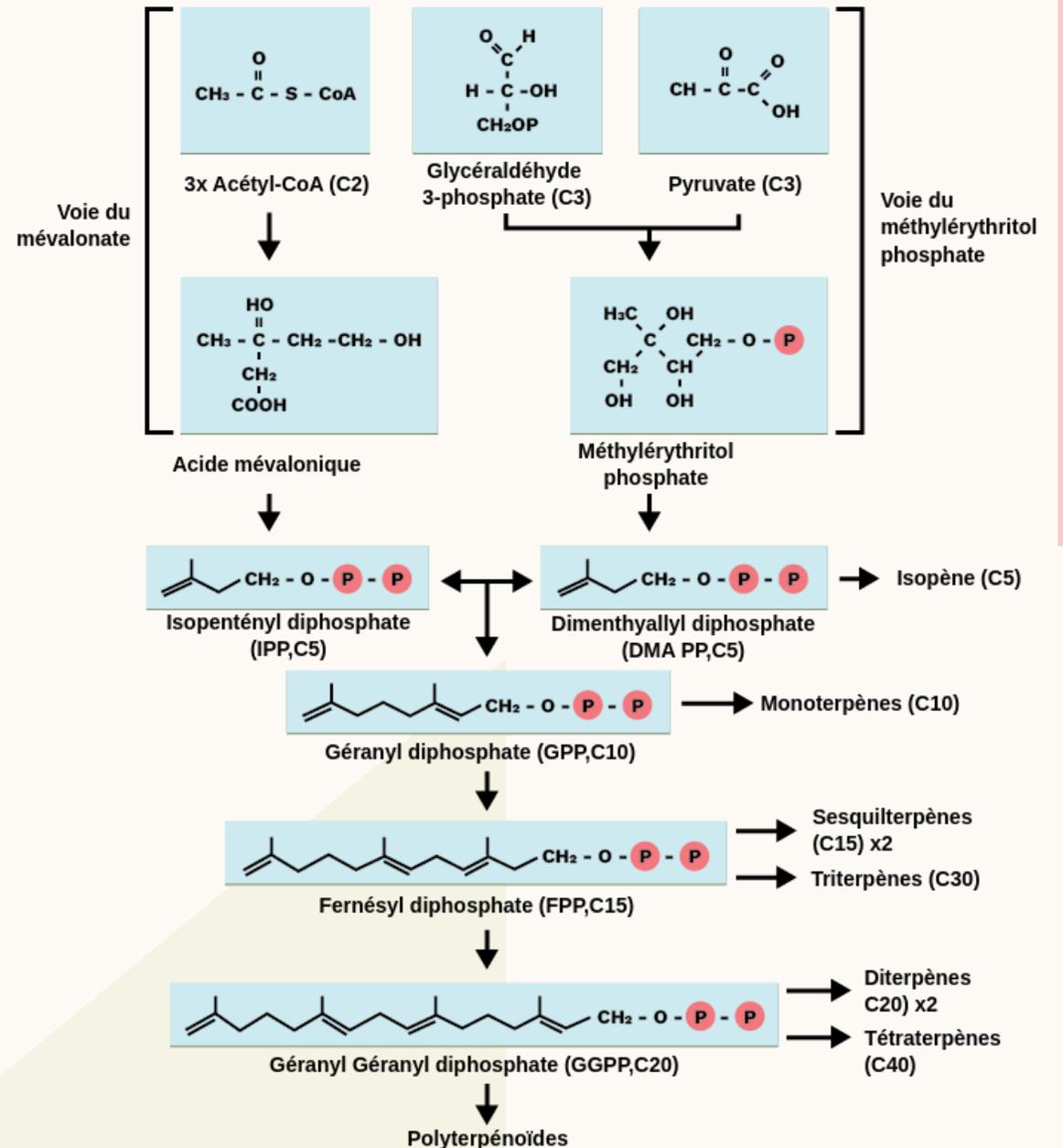
LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Les terpènes ont été isolés chez les **champignons**, les **algues marines**, les **insectes**, mais la plus grande partie de ces substances est retrouvée dans les **plantes**.

Néanmoins la synthèse des terpènes n'est pas propre à la plante, car on peut rencontrer certains terpènes chez les **animaux** (le squalène, le cholestérol, les sesquiterpènes et les diterpènes).

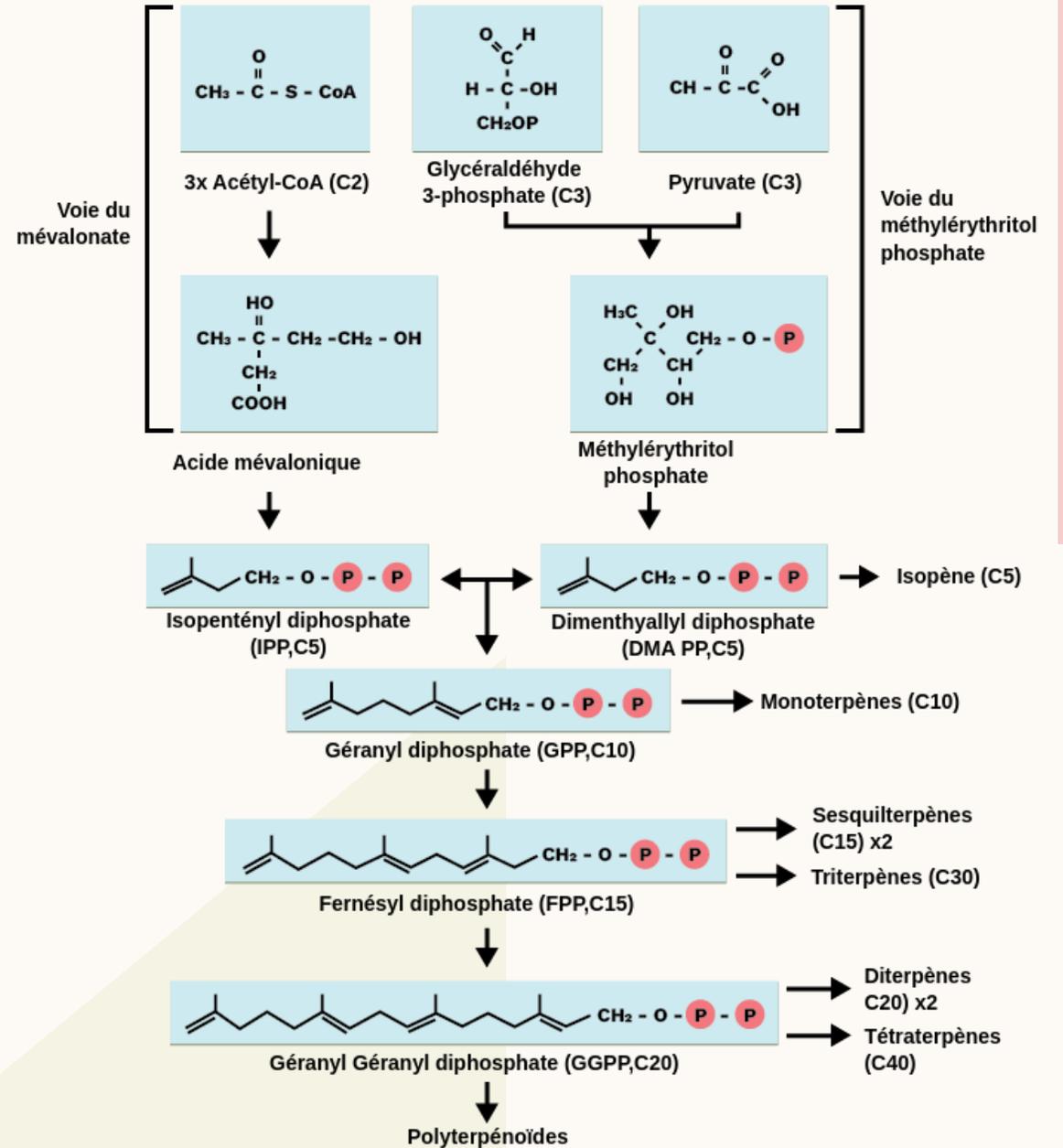
LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

- Les terpénoïdes font l'objet d'une synthèse par des enzymes à partir de l'acétyl-coenzyme (acétyl-CoA) et de l'acide pyruvique.
- Une classe d'enzymes dénommées **prényltransférases** entre en jeu dans la synthèse des monoterpenoïdes, sesquiterpénoïdes et diterpénoïdes. Ces enzymes catalysent le transfert des unités IPP à des accepteurs allyliques diphosphate.



LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

- La voie MVA est présente chez les eucaryotes (tous les mammifères, le cytosol et les mitochondries des plantes, les champignons), les archées et certaines eubactéries.
- La voie non mévalonate se produit dans les eubactéries, les algues, les cyanobactéries et les chloroplastes des plantes.



La **classification** des terpenoïdes repose sur le nombre d'unités terpéniques

- C5 : **hémiterpènes** (une unité isoprène)
- C10 : **monoterpènes** (deux unités isoprène)
- C15 : **sesquiterpènes** (trois unités isoprène)
- C20 : **diterpènes** (quatre unités isoprène)
- C30 : **triterpènes**
- C40 : **tetraterpènes** (caroténoïdes)
- Au-delà : **polyterpènes** (caoutchouc...)

LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Hémiterpénoïdes (C5) : Dans la nature, il existe **peu de composés naturels** ayant une formule de **C5 ramifiée**; parmi certains composés naturels trouvés chez les plantes qui peuvent être considérés comme hémiterpène, **seul l'isoprène** a toutes les caractéristiques biogénétiques des terpènes.

- ✓ Contribue au **brouillard naturel**
- ✓ La « **couverture** » d'isoprène peut aider la plante à **supporter la chaleur** en stabilisant les membranes photosynthétiques dans les cellules végétales.
- ✓ Production de cis-1,4-polyisoprène, une version synthétique du caoutchouc naturel.

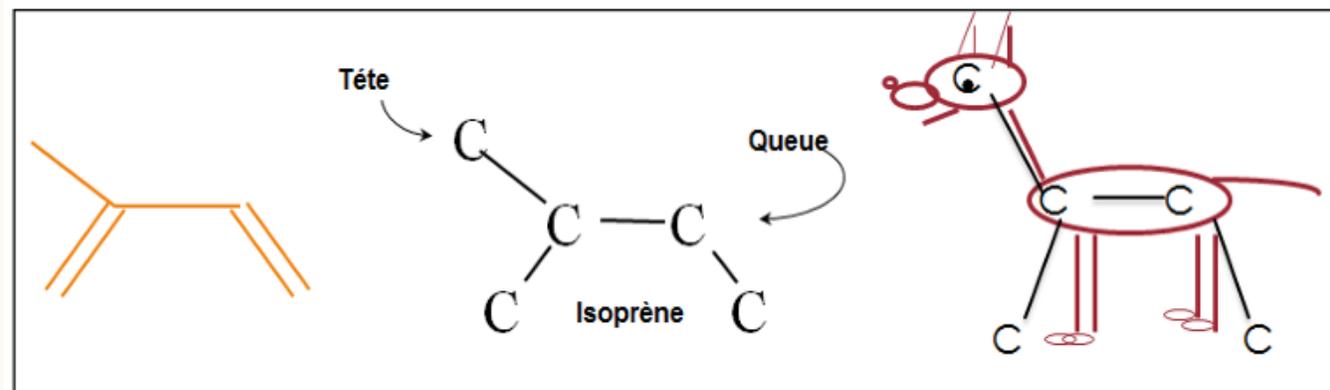
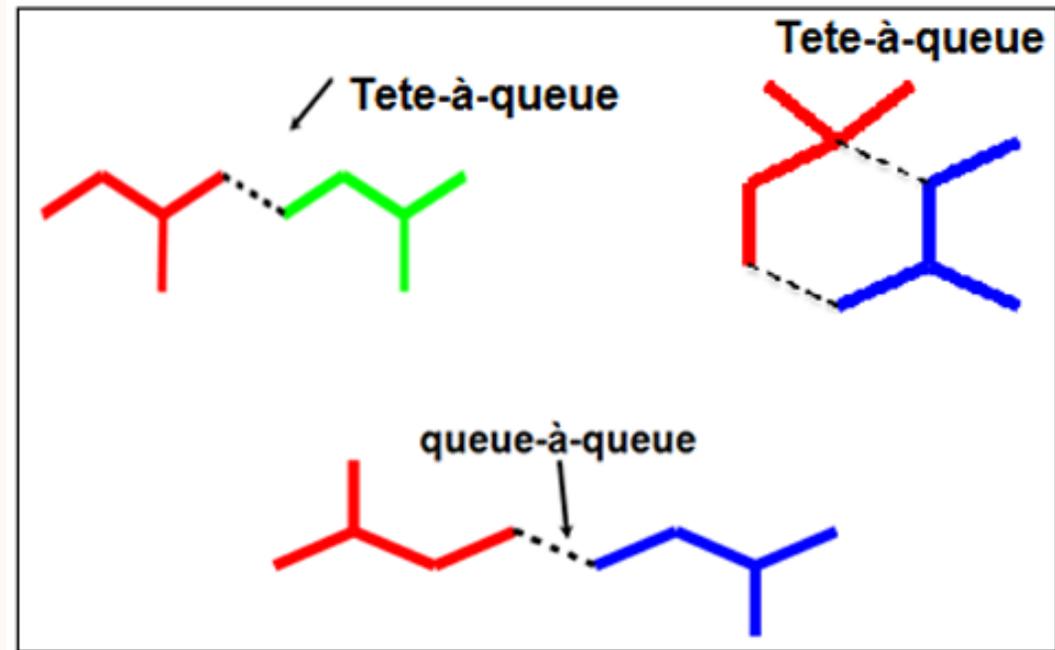
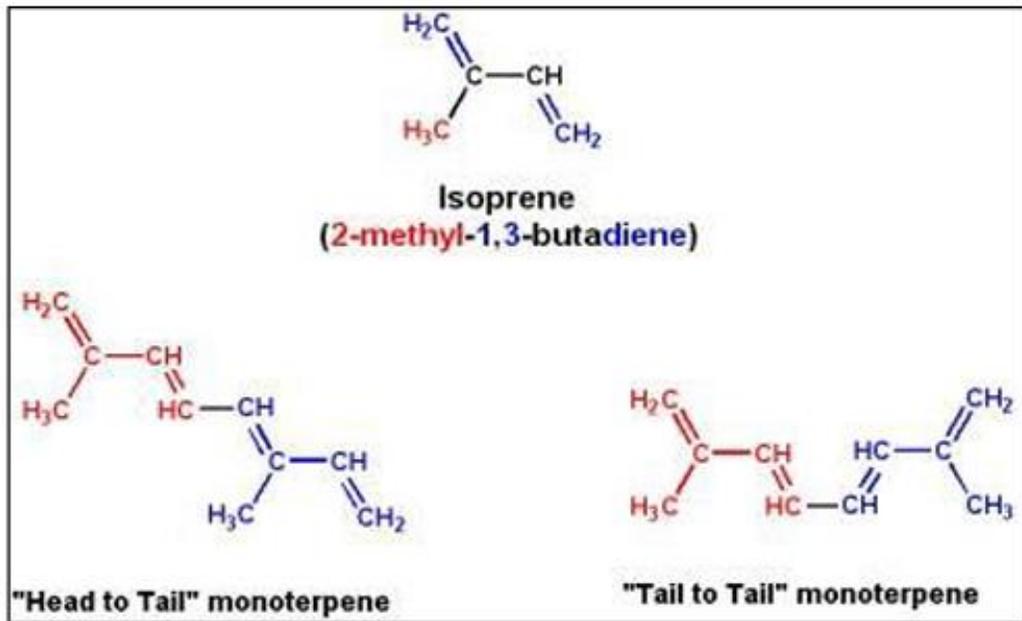
LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Monoterpénoïdes (C10) : Formés par l'assemblage de deux unités d'isoprène (C5). Ils sont volatils et odoriférant, constituent la majeure partie des huiles essentielles des plantes (90%).

Les monoterpénoïdes comportent deux unités isopréniques selon le mode de couplage « tête – queue », on distingue 3 catégories structurelles :

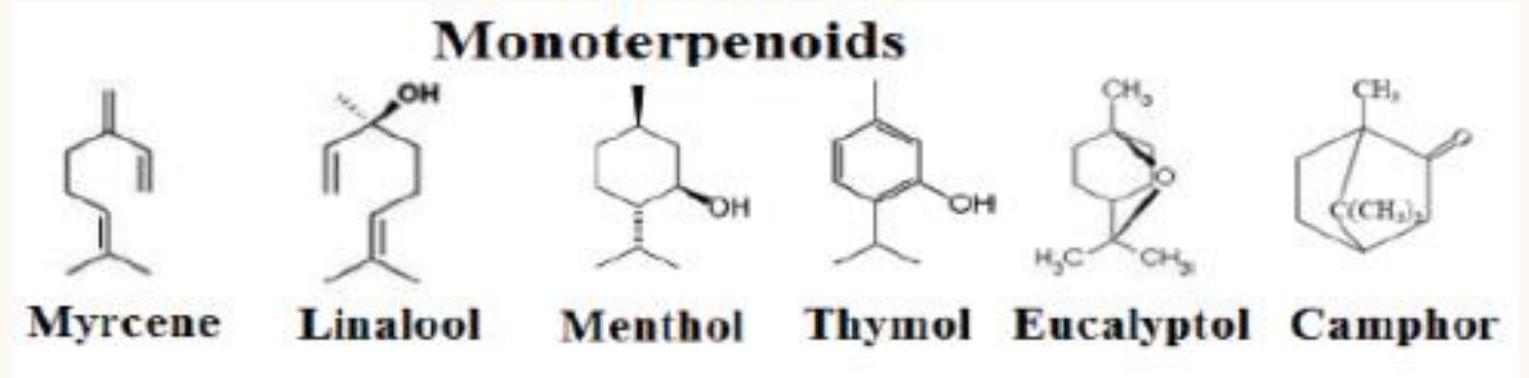
- ✓ Les monoterpènes linéaires (**acyclique**),
- ✓ Les monoterpènes avec un cycle unique (**monocycliques**),
- ✓ Les monoterpènes avec deux cycles (**bicycliques**)

Les termes **tête-à-queue** et **queue-à-queue** sont utilisés pour décrire comment les unités d'isoprène sont assemblées.



LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Monoterpénoïdes (C₁₀) :



- ✓ Protègent les plantes des insectes et des animaux herbivores.
- ✓ Attirent les insectes pollinisateurs vers les fleurs.
- ✓ Inhibent la croissance bactérienne et fongique (usages thérapeutiques).
- ✓ D'autres sont allopathiques.
- ✓ Certains sont toxiques tels que les pyréthroides des feuilles de certain chrysanthèmes.

LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Sesquiterpénoïdes (C15) : Formés de **trois unités d'isoprène (C5)**. Présent dans les **huiles essentielles**, ils peuvent être **acyclique** (farnésol de l'oranger ou de l'acacia) ou **cycliques** (caryophyllène).

- ✓ Le farnésol est utilisé en **parfumerie** pour souligner les **odeurs de parfums floraux**, il est aussi utilisé dans la **fabrication de produit biologique** de traitement de l'environnement car il est un **pesticide naturel** contre les acariens et certainement un précurseur de l'hormone juvénile de plusieurs insectes, ce qui en fait un ingrédient utilisé comme **inhibiteur de croissance des larves de puces** par exemple.

LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Diterpénoïdes (C₂₀) : Formés par l'assemblage de **quatre unités d'isoprène (C₅)**. Ils **ne sont pas volatils**. Peuvent être **acyclique** (phytol : précurseur des vitamines E et K), **monocycliques** (vitamine A), **bicyclique**, **tricyclique**, **tetracyclique** (gibérelline : hormone de croissance végétale) ou **macrocyclique**.

- ✓ Présents dans les **résines**
- ✓ Certains sont connus comme étant des **toxines vis-à-vis des herbivores**.

LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Triterpénoïdes (C30) : Formés par l'assemblage de **six unités d'isoprène (C5)**, ils sont **très répandus**, notamment dans **les résines**, à l'état libre (**phytosterols**), **estérifiés**, ou sous forme hétérosidiques (**saponosides**):

- ✓ **Stérols**: stigmastérol, sistostérol.
- ✓ **Stéroïdes**: diosgénine, digitoxigénine
- ✓ **Limonine**: principe amer du citron et des oranges
- ✓ **L'acide oléanolique** (Olivier)
- ✓ **L'acide glycyrrhétique** uni à **l'acide glycuronique** dans la glycyrrhizine de la réglisse.

LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Tetraterpénoïdes (C40) : Formés par l'assemblage de huit unités d'isoprène (C40). Représentés par les **caroténoïdes** tel que la β **carotène** (carotte tomate) qui est précurseur de la **vitamine A** et le **lycopène** (E 160 de la tomate) et les **xanthophiles** (photosynthèse). De couleur jaune, orange, brune ou rouge, les caroténoïdes sont utilisés comme **colorants** dans l'industrie alimentaire.

- ✓ Les carotènes jouent un rôle majeur dans la **captation de l'énergie lumineuse** lors de la **photosynthèse**.
- ✓ **Lycopène** : propriété **anticancéreuse**.

LES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

Polyterpénoïdes : Formés par l'assemblage d'un nombre d'unités isoprène supérieur à huit $(C_5H_8)_n$. ils ont une structure **linéaire**.

✓ Le **caoutchouc naturel** est un polymère d'isoprène formé par l'assemblage de 1000 à 5000 unités.

RÔLE DES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

27

- ✓ Certains d'entre eux sont des **métabolites primaires** comme des **stéroïdes** et des **groupes prosthétiques des enzymes** et **vitamines** en chaînes latérales (**vitamine K, E**), ou encore des **pigments photosynthétiques** (caroténoïdes) ou des **hormones de croissance** (gibbérellines, acide abscissique).
- ✓ La **majorité** des terpénoïdes sont classés comme des **métabolites secondaires** : fonctions spécialisées associées à des **interactions des plantes avec d'autres organismes vivants**.

RÔLE DES COMPOSÉS TERPÉNIQUES

28

- ✓ Les composés terpéniques sont intéressants et sont largement utilisés dans l'industrie comme des arômes, des parfums et des épices et comme de nombreux autres produits naturels, Ils présentent des activités biologiques, qui ont été exploitées dans la prévention et le traitement des maladies humaines.
- ✓ Les activités biologiques comprennent : anti-inflammatoires, antioxydantes, antiagrégatoires, anticoagulantes, anti-tumorales, sédatifs et analgésiques.
- ✓ Propriétés anticancéreuses du médicament diterpénoïde Taxol® et de l'antipaludique artémisinine, une lactone sesquiterpénique.