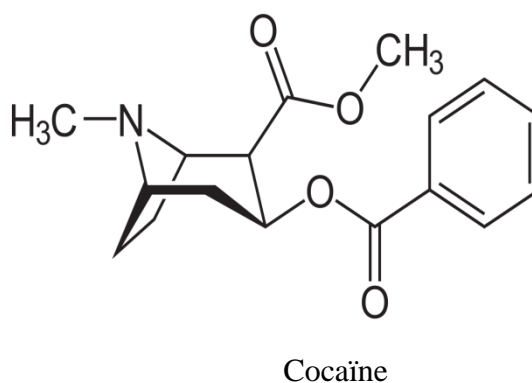
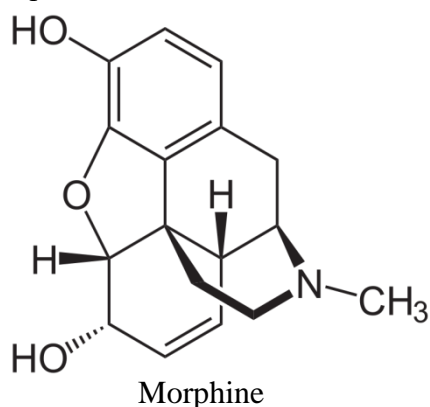


**2.3. Les composés alcaloïdiques :** Leur nom provient du mot (Alcalin) à cause de leur caractère plus ou moins basique. Ils appartiennent majoritairement au règne végétal et rarement chez quelques champignons et animaux. Leur distribution est restreinte, on les retrouve surtout dans les familles suivantes: Papavéracées, Rutacées, Fabacées et Solanacées. Ces molécules ont un goût très amer et sont dotées d'une toxicité aigüe, mais à faibles doses ont des activités pharmacologiques très importantes.

**2.3.1. Structure et biosynthèse:** Ce sont des composés azotés mono- ou polycycliques. La plupart des alcaloïdes sont dérivés d'acide aminés tels que le Tryptophane, l'Ornithine, la Lysine, l'Asparate, l'Anthranilate, la Phénylalanine et la Tyrosine, qui sont décarboxylés en amines et puis couplés à d'autres squelettes carbonés.



**2.3.2. Classification :** On distingue :

- **Les vrais alcaloïdes :** Dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocyclique.
- **Les proto-alcaloïdes :** Dérivent aussi d'acides aminés mais l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle.
- **Les pseudo-alcaloïdes :** Ne dérivent pas directement d'acides aminés mais de l'un de leurs précurseurs ou leurs dérivés (postcurseurs).

**2.3.3. Extraction :** Vu la nature basique des alcaloïdes, l'extraction est basée sur l'utilisation des solvants mais aussi des bases et des acides :

- La plante est pulvérisée en utilisant une solution aqueuse.
- Une extraction solide/liquide est réalisée par un solvant organique. Après filtration, le solvant est évaporé.
- L'extrait obtenu est épuisé par un acide dilué.

- Après alcalinisation, un solvant organique apolaire est utilisé pour une extraction liquide/liquide. La phase organique est récupérée et évaporée pour obtenir un extrait brut d'alcaloïdes totaux.

### **3. Intérêts des métabolites secondaires dans la vie de la plante**

#### **3.1. Rôles physiologiques au sein de la plante**

##### **3.2.1. Hormones végétales :**

Les hormones agissent sur le développement de la plante, elles sont pour cela obligatoirement impliquées dans des mécanismes spécifiques de division, d'élongation et de différenciation cellulaire. Plusieurs terpènes représentent les principales hormones végétales :

\* Les gibbérellines : des diterpènes qui poussent l'allongement de la tige et stimulent la floraison.

\* Les Brassinostéroïdes : des triterpènes qui interviennent dans l'allongement des cellules végétales, l'expansion et l'élongation cellulaire, la division cellulaire et la régénération de la paroi cellulaire.

\* L'acide Abscissique (ABA) : une phytohormone sesquiterpène, il stimule la chute des feuilles et des fruits secs et induit la dormance des plantes ou le repos hivernal.

##### **3.2.2. Stabilisation des membranes cellulaires :**

Les terpènes présentent tous des structures amphiphiles (un groupe hydrophile à chaque extrémité et un squelette hydrophobe), ce qui permet une inclusion optimale dans les membranes. Ils agissent comme des espaceurs et provoquent une réorganisation majeure dans les membranes, conduisant à une augmentation de la dynamique moléculaire globale de ces derniers.

##### **3.2.3. Soutien structurel :**

La lignine (polymère de polyphénols appartenant au groupe de tannins), constituante du bois, sa rigidité permet la croissance verticale des plantes et le transport de l'eau par capillarité à toutes les cellules. Elle a aussi un rôle de protection parce qu'elle est très difficile à digérer par les herbivores et permet une résistance contre le vent.

#### **3.2. Rôles dans l'adaptation de la plante à son environnement**

Les métabolites secondaires assurent des fonctions clés dans la résistance aux contraintes biotiques (phytopathogènes, herbivores, ...) et abiotiques (UV, température, ...), l'attraction des pollinisateurs et participent aux réponses allélopathiques.

### 3.2.1. Défense :

#### \* Défense directe :

Les métabolites secondaires peuvent éloigner les herbivores et les phytopathogènes par leur odeur et goût amer et astringent, réduire leur digestibilité ou même les tuer. Ils ont aussi des effets contre les larves et les micro-organismes. On cite comme exemples :

- **Les terpènes** peuvent agir en lysant les globules rouges des herbivores comme la digitoxine de *Digitalis purpurea*, dont l'absorption d'environ 8 g de feuilles peut être létale. L'Eugénol, produit par les boutons floraux du giroflier, se fixe sur un neurotransmetteur des invertébrés et l'empêche d'agir.
- **Les huiles essentielles** ont des effets antibactériens, antifongiques, antiviraux et insecticides.
- **La résine** est un terpène et exsudat des troncs d'arbres qui forment un gel collant contre les insectes.
- **Les phytoalexines** sont des phénols (coumarines) synthétisés par les plantes en réponses aux parasites (champignons et bactéries).
- **Les tannins** par leur propriété astringente provoque une baisse d'appétence chez le bétail et une diminution de la digestibilité des protéines chez les insectes surtout et leurs larves par la précipitation des enzymes digestives.
- Parmi **les alcaloïdes**, on cite **les lupanines** présents dans les graines, qui causent l'empoisonnement du bétail ; **la nicotine** qui a un effet insecticide et dont la synthèse est stimulée par les blessures par les herbivores et **la caféine** qui tue les larves.

#### \* Défense indirecte :

Dans ce cas, la plante appelle au secours d'un autre être vivant pour la défendre. Lorsque les larves mangent les feuilles d'une plante, leur salive contient une substance dite Volicitine, qui sera connue par des récepteurs dans les cellules végétales. La volicitine active la synthèse et la libération dans l'air de composés volatils (terpènes) qui vont attirer les guêpes parasitoïdes. Ces derniers paralysent les larves puis y déposent des oeufs. Le parasitoïde se développe aux dépens de la larve et provoque sa mort.

### 3.2.2. Attraction des pollinisateurs :

Les substances odorantes (terpènes et polyphénols) dégagées par la plante en plain air sont aperçues par les récepteurs des cellules sensorielles des pollinisateurs et les attirent. La couleur des différentes parties de la plante (flavonoïdes) est considérée comme un signal visuel aux insectes pollinisateurs donc la dispersion des graines.

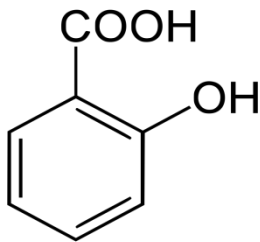
### 3.2.3. Stress hydrique

Le déficit ou l'excès de l'eau dans l'environnement immédiat de la plante peut provoquer plusieurs dégâts. Parmi les métabolites secondaires qui participent dans l'adaptation de la plante à ce type de stress, on cite l'acide Abscissique (ABA), qui stimule la fermeture des stomates, ce qui entraîne une diminution de la transpiration et une diminution des échanges de gaz donc une diminution de la photosynthèse.

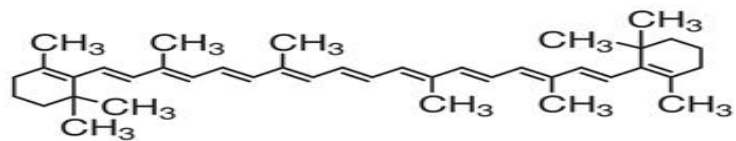
### 3.2.4. Stress lumineux

Dans des conditions de stress, le niveau d'énergie lumineuse capturée est trop élevé et peut générer une quantité importante de radicaux libres, toxiques pour la plante.

- **Les flavonoïdes** sont synthétisés en réponse aux UV dans les cellules épidermiques des feuilles et du fait de leur spectre d'absorption dans ce domaine, ils agissent comme des filtres UV.
- **Les pigments caroténoïdes** (terpénoïdes) comme le  $\beta$ -carotène, absorbent l'énergie lumineuse et la dissipent.
- **L'acide Salicylique** (acide phénolique) baisse le taux de la photosynthèse établie sous stress.



Acide salicylique



$\beta$ -carotène

### 3.2.5. Stress salin

La salinisation est l'accumulation des sels dans les sols. Sa principale conséquence est l'augmentation de la pression osmotique et la toxicité pour les végétaux due à l'accumulation de certains ions. L'acide Abscissique intervient dans les ajustements osmotiques et l'ac. salicylique augmente la résistance à la salinité.

### 3.2.6. Stress thermique

L'augmentation ou la baisse des températures au delà des optima de la plante peut altérer sa physiologie :

- Une température diminuée peut perturber l'intensité du métabolisme (activités enzymatiques), la respiration et la photosynthèse. La membrane passe de l'état fluide à l'état gel ce qui affecte les

échanges, surtout au niveau des racines car la sève est plus visqueuse. L'acide abscissique provoque l'augmentation de la T° par la fermeture des stomates.

- Une température élevée cause la déshydratation des tissus, la lésion des parois et inhibe la synthèse des chlorophylles. Lorsque les plantes sentent une élévation de la température, elles commencent à synthétiser plus de terpènes qui s'évaporent à haute température, produisant des flux d'air qui refroidissent la plante.

### **3.2.7. Compétition :**

La plante produit des composés allélopathiques (acides phénoliques et monoterpènes volatils) qui empêchent la croissance des autres plantes ou insectes compétiteurs. Quand une graine germe, elle peut libérer des substances qui inhibent la germination des autres plantes de la même espèce.

### **3.2.8. Symbiose :**

Les mycorhizes (association d'un champignon et d'une racine) et les nodosités (association d'une bactérie et d'une racine) sont formés par l'intermédiaire de quelques métabolites secondaires qui jouent un rôle très important dans le processus de reconnaissance entre symbiotes et hôtes via des signaux moléculaires qui sont, en général, des flavonoïdes.

### **3.2.9. Parasitisme :**

Certains végétaux sont incapables de se nourrir seuls et vivent en parasitant d'autres plantes hôtes. Plusieurs **quinones** et **phénols** donnent un signal à la plante parasite pour former une structure dite haustorium qui envahit les racines hôtes et sert de conduit physiologique entre le parasite et l'hôte pour absorber les ressources de la plante.