

CHAPITRE 1 : LE METABOLISME SECONDAIRE

Généralités

- 1- Principales caractéristiques des végétaux par rapport aux animaux
- 2- Métabolisme primaire et secondaire chez les végétaux
- 3- Rôle biologique des métabolites secondaires
- 4- Accumulation des métabolites secondaires et leur évolution
- 5- Enzymologie.
- 6- Principaux métabolites secondaires

Généralités :

Une des particularités des végétaux est de synthétiser de nombreux composés dont le rôle au niveau de la plante n'est pas encore parfaitement élucidé. Ces substances appelés métabolites secondaires sont généralement doués d'activités biologiques diverses et sont appelés biomolécules végétales.

Le fait que beaucoup de ces composés ne se rencontrent pas chez toutes les espèces végétales montre qu'ils n'entrent pas dans le métabolisme général (métabolisme primaire). Ce sont des métabolites appelés « secondaires », qui n'exercent aucune fonction directe aux niveaux des activités fondamentales de l'organisme végétal (croissance, développement, reproduction...) mais peuvent jouer différents rôles pour la survie du végétal lui même, rôle de défense, rôle de résistance.

Les composés du métabolisme secondaire sont classés en 3 grandes classes :

- Les composés aromatiques ou **polyphénols** (acides phénoliques, flavonoïdes, anthocyanidines, tannins), et les quinones ;
- les **terpènes** et leurs dérivés,
- et enfin les **alcaloïdes**.

Ces biomolécules très diversifiées, illustrent l'extraordinaire richesse métabolique des plantes supérieures.

1- Principales caractéristiques des végétaux par rapport aux animaux :

Les végétaux se caractérisent par un énorme pouvoir de biosynthèse. L'animal lui possède un appareil locomoteur qui lui permet de se déplacer pour recherche de nourriture et lutter contre le froid, soleil. Le végétal se développe là où la graine a germé et développe des signaux et armes chimiques leur permettant de communiquer avec l'environnement, de se défendre, et de vivre. La cellule végétale est plus ou moins différenciée au niveau structure et elle est immobile.

Les végétaux sont des **autotrophes** et sont considérés comme de véritables « usines chimiques ». Ils possèdent une grande capacité de biosynthèse qui s'explique par la présence de nombreux organites cellulaires parmi les plus importants on cite : les Chloroplastes, les mitochondries et les vacuoles.

a) Rôle des chloroplastes

Le rôle des chloroplastes a été déjà signalé notamment dans :

- la fixation du CO_2 est une activité majeure du chloroplaste (le CO_2 se fixe sur la Rubulose Biphosphate carboxylase),
- la réduction des Nitrates (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), et des sulfates, par l'intermédiaire d'enzymes,
- la formation du NH_2 directement intégré au niveau du glutamate.
- l'incorporation du soufre dans les acides aminés pour former des acides aminés soufrés (cystine, cystéine, méthionine) se fait essentiellement dans le chloroplaste.
- les biosynthèses diverses : métabolismes des lipides, protides, acides nucléiques, flavonoïdes, gibbérellines de font au niveau des chloroplastes.

b) Particularité de la mitochondrie végétale.

La mitochondrie animale fonctionne surtout comme fournisseur de l'énergie, chez les plantes la mitochondrie joue un rôle majeur dans les biosynthèses mais possède la même morphologie et la même structure.

c) Particularité de la vacuole : compartiment de stockage de la cellule :

La vacuole constitue au même titre que la paroi ou les plastes une caractéristique structurale typique des cellules végétales. Délimitée par une simple membrane, le tonoplaste, cet organite occupe la majeure partie de l'espace intracellulaire (90%) ou plus, le cytoplasme étant généralement réduit à une mince couche à la périphérie.

Une nouvelle dimension dans l'étude biochimique et physiologique des vacuoles est apparue avec le développement de techniques d'obtention de vacuoles isolées. Leur

exploitation a permis d'obtenir de nombreuses informations sur la nature des constituants vacuolaires et sur leur distribution au sein de la cellule. On a ainsi pu mettre en évidence dans l'espace vacuaire un grand nombre de composés du métabolisme dont le stockage est temporaire (métabolites primaires, ions, hormones) ou irréversibles (certains métabolites secondaires).

Tableau 1 : Principaux composés identifiés dans le compartiment vacuaire.

Métabolites primaires	- Glucides : saccharose. Acides aminés : Arg, Lys, Trp - acides organiques : ascorbique, malique, oxalique, citrique.
Ions	K^+ , Na^+ , Cl^- , Ca^{++} , Mg^{++}
Hormones	Gibbérellines, acide abscissique
Enzymes hydrolytiques	Invertase, phosphatase acide, protéases, Fructosidase
Métabolites secondaires	Flavonoïdes, anthocyanes, tannins, acide coumarique, glucosides cyanogéniques - Alcaloïdes : ajmalicine, serpentine.

2/ Métabolisme primaire et secondaire chez les végétaux

Les métabolites qui se trouvent chez tous les êtres vivants (aussi bien animaux et que végétaux) sont les métabolites primaires. Le **métabolisme primaire** englobe les molécules suivantes : glucides, lipides, protéines, acides nucléiques. Ces métabolites permettent à l'organisme :

- de former de l'énergie sous forme d'ATP par l'intermédiaire de la glycolyse, de la voie des pentoses phosphates, du cycle de Krebs et de la chaîne respiratoire (phosphorylation oxydative)
- de former des intermédiaires de biosynthèse : acides aminés, acides nucléiques pour la formation polymères (protéines).

A l'opposé, le **métabolisme secondaire** implique les voies métaboliques primaires spécifiques à certains organismes végétaux.

Ces métabolites sont l'expression de gènes (gènes de régulation et gènes de structures) et sont généralement formés pendant un phénomène précis du développement de l'organisme.

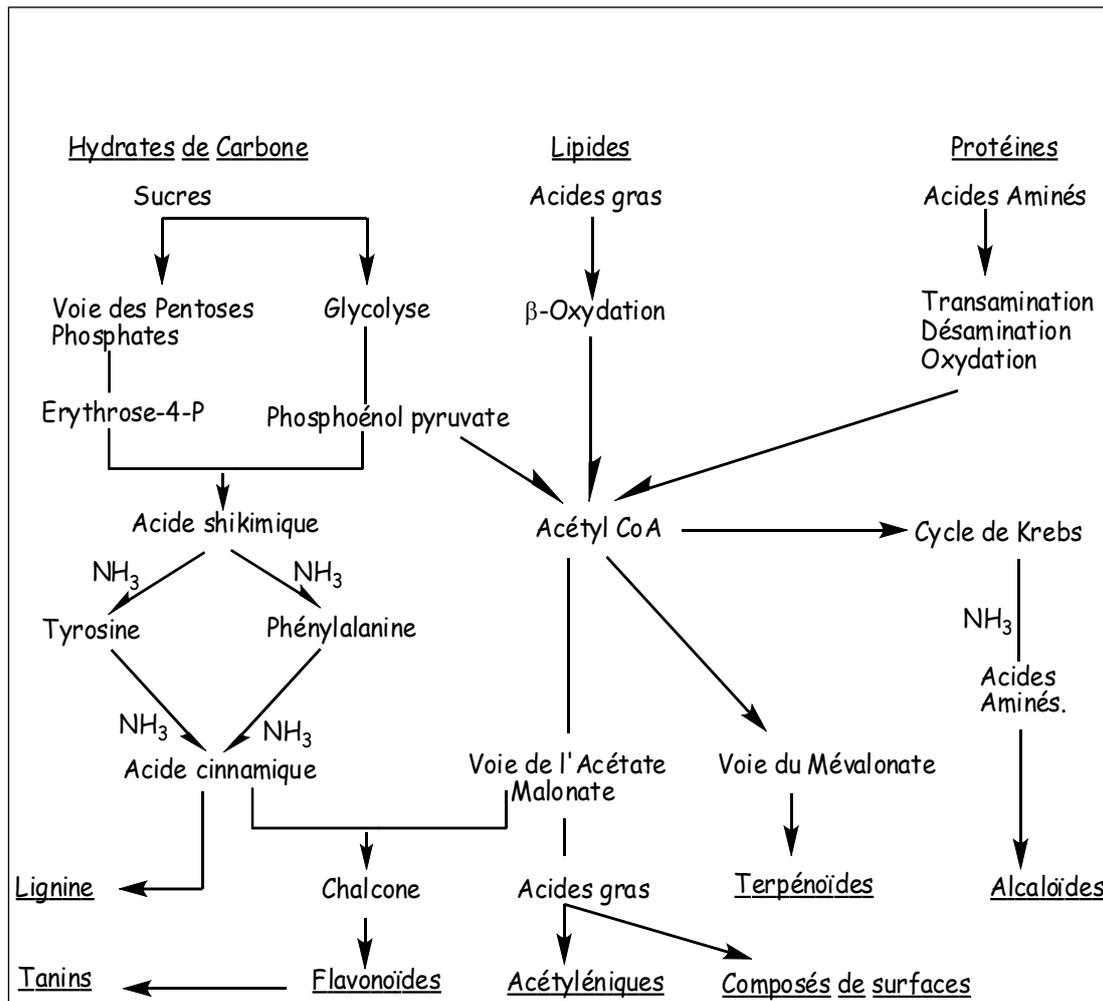


Figure 1 : Relation entre le métabolisme primaire et le métabolisme secondaire.

3/ Rôle biologique des métabolites secondaires

Ils participent à la vie de relation de la plante avec l'environnement et ils ont des rôles très variés. Ils peuvent servir de défense (secrétions amères ou toxiques pour les prédateurs) ou au contraire, attirer certaines espèces ayant un rôle bénéfiques (pollinisateurs).

4/ Accumulation et évolution dans la plante

Il n'existe pas de règle générale concernant les lieux d'accumulation des métabolites secondaires dans l'organisme végétal. Suivant les espèces et les diverses catégories de composés, on peut les trouver dans les différents organes ou au contraire, ne les rencontrer que dans les tissus très spécialisés (cas de la menthe : glandes au niveau inférieur de la feuille). Leur taux, relevé par l'analyse d'une plante ou d'un fragment, varie grandement durant l'ontogenèse (croissance jusqu'à la floraison) et l'organogenèse (formation du fruit). Par ailleurs, il est

certain que la quantité observée de métabolites secondaires, à un moment donné, est la résultante de nombreux mécanismes métaboliques et physiologiques : biosynthèse, dégradation, transport, capacité d'accumulation et de bioconversion (réponse à la pression de l'environnement).

5/ Enzymologie :

De nombreuses enzymes sont impliquées dans les voies biosynthétiques. Les grandes catégories de réactions enzymatiques qui participent à l'infinie diversité des métabolites secondaires (plusieurs milliers de métabolites secondaires sont connus au moins 30 000 structures caractérisées) sont : Les hydroxylations, les méthylations et méthoxylations, et enfin les glucosylations à l'origine des hétérosides.

5.1 Hydroxylations :

Deux types d'oxygénases en sont responsables :

- des monooxygénases situées sur les membranes du réticulum endoplasmique ; la réaction est catalysée par le cytochrome P₄₅₀.



- des phénolases ou polyphénol-oxydases, catalysent l'introduction d'un deuxième hydroxyle sur un monophénol.

L'hydroxylation est un mode de substitution dont l'origine est la plus variée : la présence de certains hydroxyles est inscrite dans le mode de formation du squelette de base correspondant aux fonctions cétoniques des intermédiaires polycétoniques et seront de ce fait considérés comme hydroxyles originels ; d'autres hydroxyles peuvent être introduits à un stade postérieure de biosynthèse, stade privilégié d'intervention des hydroxylases.

5.2 Méthylations et méthoxylation : Dans le cas des polyphénols, la méthylation ou la méthoxylation intervient au moins pour les méthyl-éthers après l'hydroxylation. Elle nécessite l'intervention d'une O-méthyl-transférase est d'un donneur de méthyl (CH₃) la S-adénosyl-méthionine.

5.3/ Glycosylation : C'est une étape terminale de biosynthèse. Elle nécessite l'intervention d'enzymes [Glucosyl transférases] et sont à l'origine des hétérosides.

6/ Principaux métabolites secondaires :

Classe	Nombre de Structure	Distribution
Composés Phénoliques		
Phénols simples	200	Feuilles et tissus
Flavonoïdes	1000	Angiospermes,
Proanthocyanidines		Gymnospermes
Quinones	500	Rhamnacées
Terpènes		
Monoterpènes	1000	Huiles essentielles
Sesquiterpènes	600	Composées, angiospermes
Diterpènes	1000	Latex, résines
Saponines	500	Feuille, fleur, fruit.
Caroténoïdes	500	Apoginacées
Composés azotés		
Alcaloïdes	5500	Angiospermes, feuille, fruit, racine
Amines	100	Angiospermes, fleurs
Glucosinolates	75	Crucifères