

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Constantine1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et Ecologie Végétale



## Biologie des produits végétaux et Bio-industrie

**Masters II : Biotechnologie et Génomique végétale**

Présenté par :

**Dr. HAMMOUDA-BOUSBIA Dounia**

Année 2020- 2021

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Frères Mentouri Constantine 1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الإخوة منتوري قسنطينة 1

كلية علوم الطبيعة و الحياة

**VICE DOYENAT CHARGÉ DE LA POST-GRADUATION  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE & RELATIONS EXTERIEURES  
SERVICE DE LA FORMATION CONTINUE**



**ATTESTATION**

Le Président du Conseil Scientifique de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie,  
Université Frères Mentouri Constantine 1, atteste que :

Suite aux expertises réalisées par : D<sup>r</sup> BOULACEL Mouad, Département de Biologie et écologie végétale, faculté des sciences de la nature et de la vie, UFMC 1, et D<sup>r</sup> CHAIB Ghania, Département de Biologie et écologie végétale, faculté des sciences de la nature et de la vie, UFMC 1, portant sur le polycopié de cours intitulé : *Biologie des produits végétaux et bio-industrie*, destiné aux étudiants de Master (M2), spécialité Biotechnologie et Génomique végétale, réalisé par l'enseignante : D<sup>r</sup> HAMMOUDA-BOUSBIA Dounia, du département de Biologie et écologie végétale, le polycopié de cours a reçu un **AVIS FAVORABLE** des deux experts suscités.

Cette attestation a été délivrée à l'intéressé, pour servir et valoir ce que de droit.

Constantine, 20 Mai 2021

  
حميدشي محمد عبد الحفيظ  
رئيس المجلس العلمي للكلية

# SOMMAIRE

## Chapitre I: Les Métabolites secondaires

<b>I.1 Introduction</b> .....	1
<b>I.1.1 Définition des métabolites</b> .....	6
1.1.1 Métabolites primaires.....	7
1.1.2 Métabolites secondaires.....	7
<b>1.1.2 Métabolisme secondaire chez les végétaux</b> .....	8
1.1.2.1 Rôles des métabolites secondaires.....	9
1.2.3 Les principales familles des métabolites secondaires.....	10
1.2.3.1 Les Composées phénoliques.....	11
3.1.1 Les flavonoïdes.....	11
3.1.2 Les quinones.....	12
3.1.3 Les mucilages.....	12
3.1.4 Les tannins (ou tanins).....	12
1.2.3.2 Les Composées azotées.....	13
3.2.1 Les hétérosides .....	13
3.2.2 Les alcaloïdes.....	13
1.2.3.3 Les Terpénoïdes.....	17
3.3.1 Les latex.....	18
3.3.2 Les gommes les résines.....	19
1.2.3.4 Les réducteurs de digestibilité.....	20
<b>1.2.4 Valorisation et application des produits naturels dans l'industrie</b> .....	22
2.4.1 En agronomie.....	23
2.4.2 En pharmacologie.....	23
2.4.3 En agroalimentaire.....	24
3.4.4 En parfumerie.....	24
3.4.5 En tannage.....	24

## Chapitre II : Elaboration des constituants et des organes d'intérêt économiques

<b>II-1 Les organes de réserves chez les végétaux</b> .....	26
différents types d'organes de réserve .....	26
2.1 Les organes de réserves de l'appareil végétatif.....	26
2.2 Les organes de réserves de l'appareil reproducteur .....	30

2.3 Les différentes molécules de réserves chez les végétaux.....	31
II.2 Les Fibres naturelles.....	32
2.1 La cellulose.....	33
2.2 Propriétés et utilisations de la cellulose.....	35
2.2.1 Macromolécules associées à la cellulose.....	36
II. 3 Les fibres papetières.....	37
3.1 Matières premières.....	39
3.2 D'autres matières à papier.....	41
Les plantes annuelles.....	41
Les sous-produits de ces plantes.....	42
Les fibres synthétiques ou minérales.....	42
3.3 Les catégories de papier.....	43
3.4 Données économiques relatives au papier.....	44
3.5 Filière papetière en Algérie .....	45


### **Chapitre III : Applications Industrielles des Mycètes**

III-1 Les levures.....	50
III-2 Les Bactéries.....	53
2.2.1 Les Désinfectants et antiseptiques.....	55
III.3 Les différents processus de fermentation.....	56
3.1 La fabrication de pâtes levées et de pain.....	56
3.2 La fabrication de yaourts et de fromages.....	57
3.3 La fabrication des vinaigres.....	58
3.4 La fabrication des pro-biotiques en santé humaine.....	58

### **Chapitre IV : Valorisation des végétaux dans l'industrie et dans l'environnement.....**

VI-1 Les grandes classes des plantes industrielles.....	67
VI-2 Utilisation alimentaires des biomolécules végétales.....	69

<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>73</b>
---	-----------



**Chapitre I:  
Les Métabolites  
secondaires**

# Chapitre I: Les Métabolites secondaires

## I-1 Introduction

La préparation des molécules naturelles ayant des activités biologiques importantes représente un défi quotidien pour les chimistes de synthèse. En effet, beaucoup de ces molécules, utilisées en pharmacologie et médecine, ne sont présentes qu'en faible quantité dans la nature. La synthèse ou l'hémisynthèse de ces produits naturels est alors nécessaire. Parmi les grandes classes de molécules naturelles ayant des activités biologiques très intéressantes (analgésique, anticancéreuse, hémostatique, ...) et des structures complexes, on compte les familles des alcaloïdes, des terpénoïdes et les phénols.

### I.1.1 Définition des métabolites

Les métabolites secondaires Historiquement, les composés produits par les plantes ont été séparés en métabolites primaires et secondaires. Par définition, les métabolites primaires sont des molécules présentes dans toutes les cellules végétales et nécessaires à la vie de la plante. Les sucres simples, les acides aminés, les protéines et les acides nucléiques sont des exemples de métabolites primaires. D'autre part, les métabolites secondaires ont une répartition limitée, dans la plante elle-même comme parmi les différentes espèces de végétaux. Ils ont d'abord été considérés comme des produits de rebut, mais on sait maintenant que les métabolites secondaires sont importants pour la survie et la propagation des plantes. Certains assurent une protection contre les radiations solaires et d'autres encore facilitent la dispersion du pollen et des graines.

Chez les plantes, il existe deux grandes classes des métabolites :

### **I.1.1.1 Métabolites primaires**

Métabolites primaires sont des molécules organiques qui se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme d'une plante pour y assurer sa survie. Ils sont classés en trois grandes catégories:

- les glucides, source d'énergie, paroi cellulaire
- les lipides, source d'énergie, membranes cellulaires
- les acides aminés, source primaire de construction des protéines.

### **I.1.1.2 Métabolites secondaires**

Ces produits, à structure chimique souvent complexe sont très dispersés et très différents selon les espèces. Ces composés sont :

- présent à faible concentration chez les plantes (mg.g-1MS).

Historiquement supposé être non essentiel pour la vie de la plante (ce qui est faux...)

#### **Exemples :**

- Colorants naturels végétaux
- Actifs pharmaceutiques et cosmétiques
- Additifs et arômes alimentaires

### **I.1.2 Le Métabolisme secondaire chez les végétaux**

Les plantes produisent un grand nombre de composés pour lesquels on ne sait pas toujours le rôle qu'ils jouent exactement pour la plante. Ces composés ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse (figure1), mais résultent de réactions chimiques ultérieures. On les appelle donc des métabolites secondaires.



Les métabolites secondaires ne sont pas également répartis au sein de la plante. Ils sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement



**Figure 1 :** *Hevea brasiliensis* : cet arbre de la famille des Euphorbiacées fournit un abondant latex à partir duquel on fabrique le caoutchouc.

(par exemple durant le développement de la fleur, du fruit, de la graine ou e la plantule). Certains, les phytoalexines, sont des substances antimicrobiennes produites uniquement après une blessure ou une attaque par des bactéries ou des champignons (voir page 57). Les métabolites secondaires sont produits à différents endroits de la cellule, mais ils sont emmagasinés surtout dans les vacuoles. En outre, leur concentration dans la plante varie souvent dans de



grandes proportions au cours d'une période de 24 heures

### **I.1.2 .1 Rôles des métabolites secondaires**

Ces métabolites jouent souvent un rôle de défense de la plante qui les fabrique.

Ils offrent des potentialités considérables comme :

- Molécules d'intérêt pharmacologique, agronomique et cosmétique
- Marquent l'identité d'une espèce, familles ou genres donc des outils moléculaires pour l'exploration du monde vivant
- Médiateurs chimiques pour la compréhension des interactions entre les organismes vivants dans les écosystèmes.
- Attraction des pollinisateurs
- Protection de l'attaque des pathogènes ou des herbivores
- Pigmentation
- Signalisation chimique (symbioses)
- Substances de croissance, exemple/ éthylène
- Ils participent à des réponses allélopathiques (compétition entre les plantes pour la .....

Il est à noter que le métabolisme secondaire des plantes est lié au métabolisme primaire par cinq voies métaboliques principales:

- La voie de l'acide shikimique,
- De l'acide malonique,
- De l'acide mévalonique,
- Des acides aminés
- Du glucose 3P via la voie des pentoses phosphate.

Beaucoup de composés secondaires sont toxiques, ils sont alors stockés dans des vésicules spécifiques ou dans la vacuole.

### Exemple

Chez les végétaux, la **sénescence** (figure 2) est un processus contrôlé génétiquement. En effet, certains gènes s'expriment uniquement au moment de la sénescence tandis que d'autres deviennent silencieux.

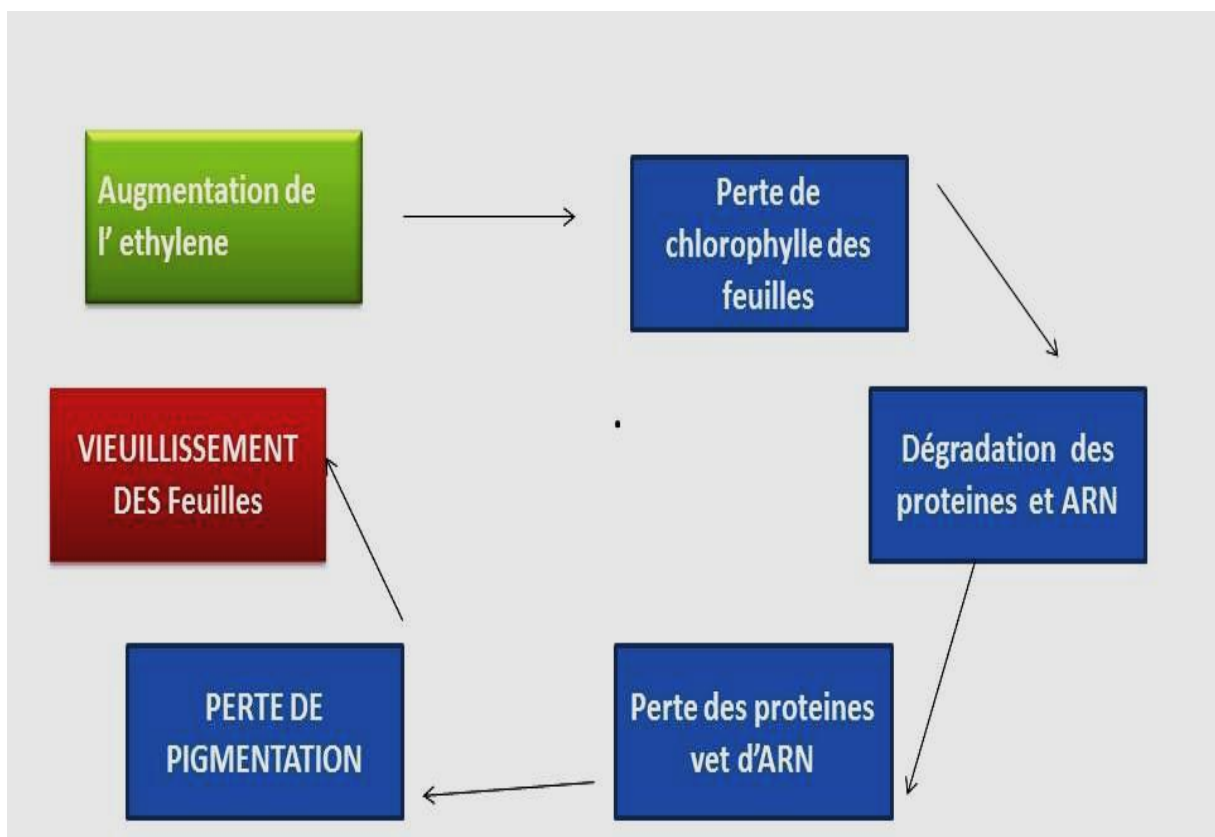


Figure 2 : l'effet de l'éthylène sur la sénescence des feuilles.

### I.2.3 Les principales familles des métabolites secondaires

#### Les composés phénoliques

Ces composés interviennent dans les interactions plante-plante (allélopathie, inhibition de la germination et de la croissance). Parmi ces composés, on citera. les mucilages tanins, lignine et flavonoïdes

### **Les composés azotés**

Ces composés comprennent les alcaloïdes et les hétérosides cyanogènes et glucosinolate.

### **Les composés terpènes (terpenoïdes)**

On trouve des métabolites secondaires dans toutes les parties des plantes, mais ils sont distribués différemment selon leurs rôles défensifs. Cette distribution varie d'une plante à l'autre.

#### **1.2.3.1 Les Composées phénoliques**

##### **3.1.1 Les flavonoïdes**

Le terme flavonoïde provient du latin "flavus", signifiant "jaune". Les flavonoïdes sont des pigments solubles dans l'eau, présents dans les vacuoles ; ils constituent le plus grand groupe de composés phénoliques chez les plantes . Les flavonoïdes des vins rouges et du jus de raisin ont été bien étudiés parce qu'on a signalé qu'ils réduisent le taux de cholestérol dans le sang. On a décrit plus de 3 000 flavonoïdes différents et ce sont probablement les métabolites secondaires végétaux les mieux étudiés. Les flavonoïdes sont très répandus et répartis en plusieurs classes, comme les anthocyanes, les flavones et les flavonoïdes. La gamme de couleur des anthocyanes va du rouge au pourpre et au bleu. La plupart des flavones et flavonols sont des pigments jaunâtres ou ivoire, certains sont incolores. Les flavones et les flavonols incolores peuvent

modifier la couleur d'une plante en formant des complexes avec des anthocyanes et des ions métalliques. Ce phénomène, appelé copigmentation, est responsable de la couleur bleue intense des fleurs). Les pigments floraux agissent comme signaux visuels pour attirer les pollinisateurs, oiseaux et abeilles ; Charles Darwin et les naturalistes qui l'ont précédé et qui lui ont succédé reconnaissaient déjà ce rôle. Les flavonoïdes interviennent également dans les interactions entre les plantes et d'autres organismes, comme les bactéries symbiotiques vivant dans les racines de plantes, ainsi que les bactéries pathogènes.

### **3.1.2 Les quinones**

Les quinones sont des composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques. Ils sont présents aussi chez les champignons, les lichens et très rarement chez les fougères. Ces molécules se trouvent, également, dans le règne animal, en particulier chez les Arthropodes et les Echinodermes.

Ils sont omniprésents dans la nature et sont hautement réactifs. Ces composés, étant colorés, sont responsables de la réaction de brunissement des fruits (coupés ou blessés) et des légumes. Leur présence dans le henné donne ses propriétés de teinture

### **3.1.3 Les mucilages**

Les mucilages sont des polymères complexes de fructose, d'acide glucorinique et d'acide manuronique. Ce sont de substances que l'on trouve comme constituant important des algues pluricellulaires. Chez les végétaux supérieurs, les mucilages se trouvent essentiellement dans la sève. On ignore l'utilité exacte des mucilages pour les plantes.

**- Intérêt médicinal :**

Diverses hypothèses font état que les mucilages pourraient être des Adoucissants, expectorants, cicatrisants.

### **3.1.4 Les tannins (ou tanins)**

Les tannins sont des substances présentes essentiellement dans les écorces. Ce sont des polymères (polyphénols). Ils forment, après coagulation, des composés très stables avec les protéines. Les plantes riches en tannins sont très nombreuses ex: le thé vert. Les tannins ont pour effet principal, pour les plantes, de les rendre peu digestibles.

#### **Intérêt médicinal :**

- Astringent : les vaisseaux sanguins ont tendance à se contracter ; vasoconstriction
- Cicatrisant
- Anti-diarrhéique

### **1.2.3.2 Les Composées azotées**

#### **3- 2- 1 Les hétérosides**

Les **hétérosides** (ou glycosides) sont des molécules nées de la condensation d'oses et de substances non glucidiques (appelées aglycones ou génines).

#### **a) Saponosides**

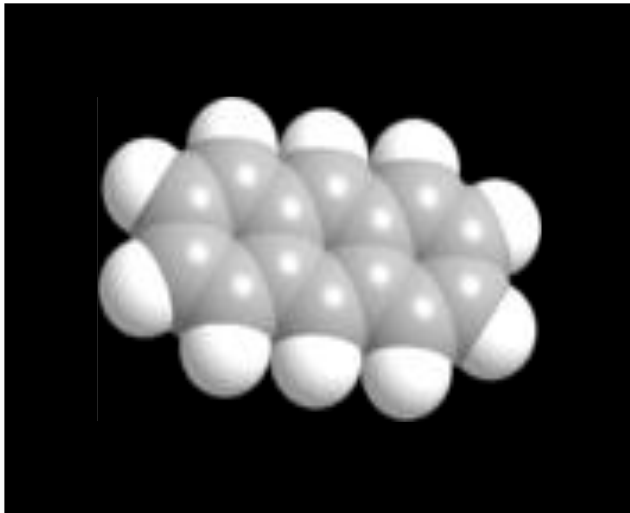
Les saponosides sont des substances dont la particularité est de mousser avec l'eau. Ces substances, légèrement caustiques et irritantes, probablement toxiques, rendent les plantes qui en contiennent tout à fait immangeables. C'est particulièrement le cas de la saponaire (*Saponaria officinalis*). Diverses espèces contiennent des saponosides, par exemple, le marronnier d'Inde.

### **b) Cardiotoniques**

Le muguet, la digitale pourpre sont quelques-unes de nos plantes plutôt riches en hétérosides cardiotoniques. Leur consommation peut être fatale pour les animaux qui en abuseraient.

### **c) Anthracéniques**

L'anthracène est un composé chimique de formule  $C_{14}H_{10}$



### **d) Cyanogènes**

Les plantes qui contiennent des hétérosides cyanogènes, quand on les froisse ou quand on blesse un de leurs organes, libèrent de l'acide cyanhydrique (odeur et goût d'amande amère).

Outre le côté toxique de ces plantes quand on en abuse l'acide cyanhydrique leur donne souvent aussi un très mauvais goût. Divers lauriers, des prunus et autres rosacées, etc. sont des plantes riches en hétérosides cyanogènes

### **e) Sulfurés**

Les hétérosides soufrés sont surtout perçus " au nez " puisque leur humeur provoque une constriction sinusale caractéristique, surtout au niveau des sinus frontaux. Diverses crucifères (moutarde) et des liliales contiennent ces composés.

### 3- 2- 1 Les alcaloïdes

Un alcaloïde est une substance organique d'origine végétale, azotée et à caractère alcalin. La morphine a été le premier alcaloïde isolé dans l'opium (vers 1805). Puis ils ont découvert la strychnine (1818), la caféine (1819)...

#### Rôles des alcaloïdes

Les alcaloïdes figurent parmi les substances les plus importantes pour leurs propriétés pharmacologiques et médicinales. L'intérêt qu'on leur a porté reposait traditionnellement sur leur action physiologique et psychologique particulièrement violente chez l'homme. Base azotée Sucre ART FILE: CUSTOMER: CREATED BY: EDITED BY: LEVEL: JOB NUMBER: DATE: DATE: B00.00E 00.40 Worth/Raven LS 1 4138 08-15-97 created@ NETS only altered@ NETS Fig.2-20 Phosphate Base azotée Sucre Phosphate Base azotée Sucre Phosphate LF 2-17-98 2-20 Structure générale d'un acide nucléique. Les molécules d'acides nucléiques sont de longues chaînes de nucléotides dans lesquelles le sucre d'un nucléotide est uni au groupement phosphate du nucléotide suivant. La liaison covalente entre un nucléotide et le suivant – représentée ici en bleu – est formée par une réaction de condensation. Les molécules d'ARN consistent en une seule chaîne de nucléotides. Par contre, les molécules d'ADN sont formées de deux chaînes de nucléotides enroulées l'une autour de l'autre en une double hélice. Adénine i e Adénine i e Énergie Adénosine triphosphate (ATP) Adénosine diphosphate (ADP) 2-21 Hydrolyse de l'ATP Après l'addition d'une molécule d'eau à l'ATP, un groupement phosphate est enlevé de la molécule. Les produits de cette réaction sont l'ADP, un groupement phosphate libre et de l'énergie. Une grande quantité d'énergie est libérée pour chaque mole d'ATP hydrolysée. La réaction peut



être inversée avec l'apport de 7 kcal par mole. Les métabolites secondaires 31

Le premier alcaloïde identifié – en 1806 – fut la morphine, qui provient du pavot (*Papaver somniferum*). Il est actuellement utilisé en médecine comme analgésique (pour calmer la douleur) et pour contrôler la toux ; cependant, l'utilisation abusive de ce médicament peut conduire à une forte dépendance. On a maintenant isolé et identifié la structure de près de 10 000 alcaloïdes, comme la cocaïne, la caféine, la nicotine et l'atropine.

### **Utilisation par l'homme**

De nombreux alcaloïdes sont utilisés en pharmacie :

La morphine est un antalgique majeur extrait des graines du Pavot Somnifère (*Papaver somniferum*).

La codéine est utilisée en tant qu'analgésique et antitussif .La quinine permet de lutter contre le paludisme. La scopolamine est utile au traitement de certaines douleurs et pour la prévention du mal des transports. L'atropine dilate les pupilles, ce qui facilite les examens ophtalmologiques. La vinblastine est utilisée en chimiothérapie anticancéreuse.

D'autres alcaloïdes ont des usages plus courants comme la cocaïne. La cocaïne a été utilisée comme anesthésique dans la chirurgie de l'oeil et pour les anesthésies locales par les dentistes. La caféine, que l'on trouve dans certaines plantes telles que le café (*Coffea arabica*), le thé (*Camellia sinensis*) et le cacao (*Theobroma cacao*) entre dans la préparation de boissons populaires. Elle a un effet stimulant. On a montré que les fortes concentrations de caféine présentes dans les plantules de caféier en développement sont très toxiques et létales à la fois pour les insectes et pour les champignons parasites. En outre, la caféine libérée par la plantule semble inhiber la germination d'autres graines à son voisinage et empêcher ainsi la croissance de compétiteurs. Ce mécanisme est l'allélopathie. La nicotine est

un autre stimulant, produit par les feuilles de tabac (*Nicotiana tabacum*) C'est un alcaloïde très toxique qui a beaucoup retenu l'attention en raison de l'intérêt suscité par la nocivité de la cigarette. La nicotine est synthétisée dans les racines et transportée vers les feuilles, où elle est contenue dans les vacuoles. Elle a une action répulsive efficace contre les attaques des herbivores et des insectes. La nicotine est synthétisée en réponse aux blessures et semble fonctionner comme une phytoalexine. L'atropine est aujourd'hui utilisée comme stimulant cardiaque, comme dilatateur de la pupille pour l'examen de l'œil et comme antidote efficace en cas d'empoisonnement par certains gaz neurotoxiques.

### **1.2.3.3 Les terpénoïdes**

Le terpénoïde le plus simple est un hydrocarbure, l'isoprène ( $C_5H_8$ ). On peut classer tous les terpénoïdes en fonction du nombre de leurs unités isoprène. Les monoterpénoïdes, avec deux unités isoprène, les sesquiterpénoïdes (trois unités) et les diterpénoïdes (quatre unités terpène) sont des catégories usuelles. Une même plante peut synthétiser beaucoup de terpénoïdes. D'un autre côté, on se demande pourquoi les plantes produisent et émettent de telles quantités d'isoprène. Les recherches ont montré que les émissions d'isoprène sont plus fortes par jours chauds, et que la « couverture » d'isoprène peut aider la plante à supporter la chaleur en stabilisant les membranes photosynthétiques dans les cellules végétales. Beaucoup de monoterpénoïdes et de sesquiterpénoïdes sont appelés huiles essentielles parce qu'en raison de leur volatilité, ils interviennent dans le parfum, ou essence, des plantes qui les produisent. Chez la menthe (*Mentha*), de grandes quantités de monoterpénoïdes volatils (menthol et menthone) sont synthétisées et stockées dans des poils glandulaires (trichomes), qui sont des

excroissances épidermiques. Les huiles essentielles produites par les feuilles de certaines plantes éloignent les herbivores ; certaines les protègent des attaques par les champignons parasites et les bactéries ; on sait que d'autres sont allélopathiques. Les terpénoïdes des parfums floraux attirent les insectes pollinisateurs vers les fleurs.

### **Rôle des terpinoïdes**

Les terpénoïdes jouent de multiples rôles chez les plantes. Certains sont des pigments photosynthétiques (les caroténoïdes) ou des hormones (les gibbérellines, l'acide abscissique), tandis que d'autres sont utilisés en tant que composants de la structure des membranes (les stérols) ou transporteurs d'électrons (l'ubiquinone, la plastoquinone).

Parmi les types de terpènes, nous décrivons:

#### **3-3-1 Les latex**

Le plus gros terpénoïde connu est le caoutchouc, dont les molécules contiennent entre 400 et plus de 100 000 unités isoprène. On l'obtient commercialement à partir du latex, liquide laiteux produit par une plante tropicale, *Hevea brasiliensis*, appartenant à la famille des euphorbiacées (figure 2-24). Le latex est synthétisé dans des cellules ou dans une suite de cellules reliées entre elles et formant des tubes appelés laticifères. On a trouvé du caoutchouc chez quelque 1800 espèces de plantes, mais quelquesunes seulement en produisent suffisamment pour leur donner une valeur commerciale. Chez l'hévéa, le caoutchouc peut représenter de 40 à 50% du latex. On obtient le latex à partir de l'arbre à caoutchouc en pratiquant une incision en forme de V dans l'écorce.

Le latex est un caractère de défense qui apparaît dans de nombreuses familles différentes sous forme de résines, de gommes ou d'une sécrétion laiteuse.

Le latex a une double fonction de défense. Quand un insecte ravageur (termite, chenille, larve de charançon...) pénètre dans l'écorce d'un arbre en

santé et producteur de latex ou mange l'une de ses feuilles, l'arbre envoie à la tête de l'insecte un jet de gel collant.

Celui-ci se solidifie dans les pièces buccales de l'insecte qui ne peut plus se nourrir et meurt rapidement. Même si l'insecte survit à cette première forme de défense, le latex contient des substances chimiques qui le tuent.

Cette forme de défense est énergétiquement très coûteuse pour la plante.

Cependant certains insectes ont trouvé une parade contre cette forme de défense: ils coupent les vaisseaux des feuilles, le latex s'écoule. Les insectes mangent la feuille une fois drainée. Mais certaines plantes ont résolu ce problème. Les latex ne sont pas que des défenses physiques. La plupart d'entre eux contiennent aussi des produits plus ou moins toxiques, par exemple des alcaloïdes. Les Papavéracées (pavot), les Composées (pissenlit) et les Euphorbiacées sont parmi les plantes particulièrement riches en latex.

### **3-3-2 Les gommes les résines**

Les gommes et les résines sont des substances produites par la plante à la suite d'une blessure. Les gommes sont produites par diverses légumineuses. Exemple par les acacias (gomme arabique) et des astragales (gomme adragante

Les résines sont surtout produites par les résineux, c'est-à-dire les pins, les sapins, et d'une manière générale les gymnospermes. (figure 3).



**Acacia (gomme arabique)**



**Astragale (gomme adragante)**

**Figure 3:** Les types de gommés.

#### **1.2.3.4 Les réducteurs de digestibilité**

Toutes les plantes possèdent des caractères leur permettant de réduire l'intensité des attaques par les herbivores en se dotant de dispositifs visant à réduire la digestibilité de leurs tissus. Il existe des réducteurs de digestibilité

à différents niveaux dans les plantes (figure 4), par exemple :  
**La cellulose et l'hémicellulose** qui représentent 80 à 90% du poids sec de la plupart des plantes, réduisent la digestibilité des tissus végétaux.

**La lignine** qui durcit les tissus des plantes et gêne la digestion des tissus végétaux : elle se lie aux enzymes du tube digestif des insectes herbivores.

**Les cutines** qui sont des cires non phénoliques et forment la cuticule.

**La silice** qui durcit les parois des cellules végétales et ne peut absolument pas être digérée par les herbivores. Chez les vertébrés, la silice bloque en plus le tractus urinaire et abîme les dents.

**Les tannins** qui empêchent la digestion des tissus végétaux mangés par des herbivores en bloquant leurs enzymes digestives (**voir plus haut**).

**Les enzymes hydrolytiques**, comme les glucanases et les lysozymes, et de nombreuses classes d'inhibiteurs d'enzyme. Ces molécules sont actives contre les enzymes du tube digestif des insectes.

**Des lectines** qui se lient à la chitine des insectes et que l'on trouve communément dans les grains des céréales, ainsi que dans les tomates, les pommes de terre ou le latex de certains arbres. La chitine se trouve dans l'exosquelette des insectes et dans les parois des champignons. Les lectines ont donc un rôle double dans la protection des plantes : elles limitent la croissance des hyphes des pathogènes et elles se lient à la paroi du tube digestif des insectes, interdisant ainsi une absorption efficace des nutriments.



***Urtica dioica* L**

L.



***Lavandula stoechas***



***Mentha viridis***

**Figure 4:** exemple des espèces aromatiques qui produisent des réducteurs de digestibilité.



#### 1.2.4 Valorisation et application des produits naturels dans l'industrie

. Les produits naturels ont été utilisés en alimentation et en pharmacologie depuis longtemps. Au fur et à mesure des développements industriels, il y a eu tendance à s'orienter vers les substances chimiques de synthèse. Cependant, il s'est avéré que ces derniers ne sont pas si bénéfiques pour la santé et l'environnement. Actuellement, on cherche à retourner aux produits naturels dans plusieurs domaines industriels.

##### 1.2.4.1 En agronomie

Le rôle de ces composés dans la protection des cultures est connu (résistance aux maladies cryptogamiques, aux infections bactériennes, à certains insectes) en substituant l'usage chimique par des mécanismes de défense naturelle des plantes dans le but de la protection de l'environnement et de la santé humaine. Des huiles essentielles, riches en **Limonène** (orange), en **Eugénol** (girofle), en **Carvone** (menthe) et en **Farnésène**, sont commercialisées comme pesticides. LaN est le premier insecticide découvert, elle a été largement utilisée.

##### 1.2.4.2 En pharmacologie

L'ethnopharmacologie constitue la base de l'industrie médicamenteuse. Les métabolites secondaires constituent la fraction la plus active des composés chimiques des végétaux parfois même à faibles doses. On estime aujourd'hui qu'environ 1/3 des médicaments actuellement sur le marché contiennent au moins une substance végétale active ; antiparasitaire, antibiotique, anticancéreuse, immunosuppresseurs. Cette efficacité pharmacologique des métabolites secondaires s'est traduite par le développement de médicaments majeurs sur les 30 dernières années, tel que le **Taxol** et la **Morphine**, utilisées dans le traitement de certains cancers. Les drogues à huiles essentielles sont

utilisées en nature, en particulier pour la préparation d'infusion (menthe, mélisse, verveine, fleurs d'oranger... etc.) et sous la forme de préparations.

#### **1.2.4.3 En agroalimentaire**

Les métabolites secondaires forment les arômes, les épices, les conservateurs et les colorants alimentaires. Des huiles essentielles sont utilisées dans la conservation des plats préparés et dans les préparations surgelées industrielles. Certains extraits végétaux augmentent les qualités gustatives en confiserie (**Vanilline**), dans les produits laitiers (Extraits de fruits), les produits carnés, les sauces, les soupes, les produits de boulangerie, les boissons, sans oublier la nutrition animale.

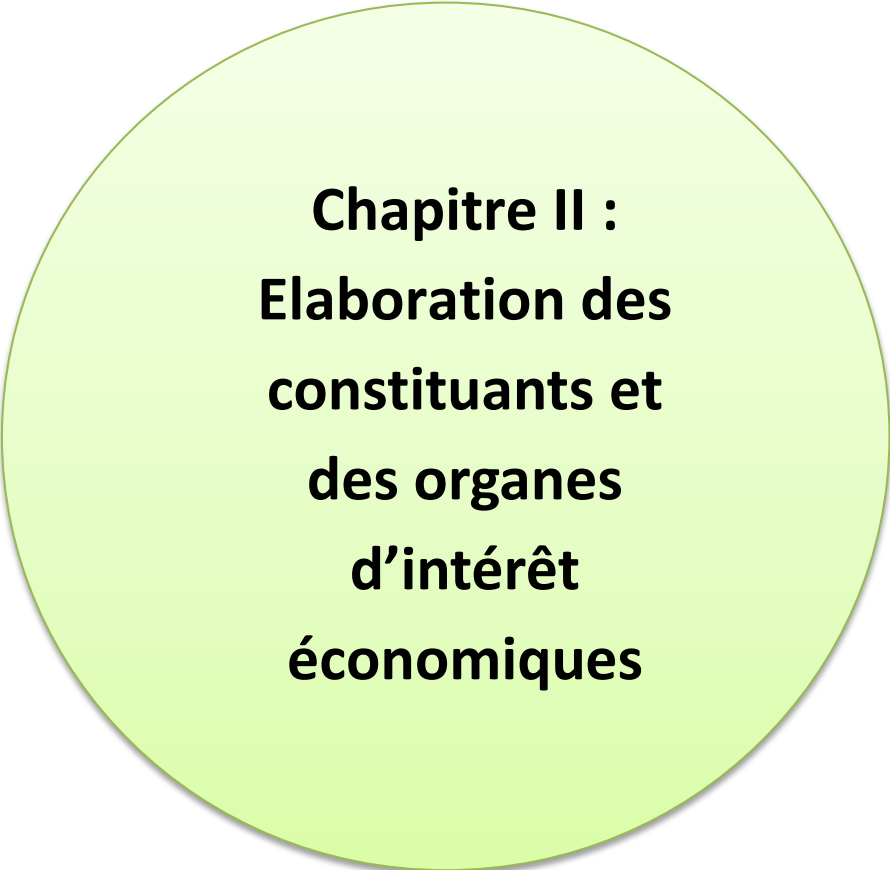
#### **1.2.4.4 En parfumerie**

L'industrie des parfums se base sur les huiles essentielles. En principe, le jasmin, la lavande, le myrte, le girofle et les roses présentent un potentiel industriel pour des pays tels que la France et la Bulgarie.

#### **1.2.4.5 En tannage**

Le tannage est un procédé chimique, consistant à transformer les peaux en cuir en les rendant plus durables et plus souples. Les tannins végétaux ont été employés depuis les temps les plus reculés, le tannage naturel végétal fut le premier moyen utilisé par les hommes pour rendre la peau imputrescible en lui conservant sa souplesse. Le tannage se fait par l'application de tannins de différentes provenances; écorce de Chêne (**Ellagitannins**), écorce de Mimosa, écorce de Sapin, le bois du Châtaignier et les noix de galles (**Gallotannins**). Les principaux composés provenant de métabolisme secondaire et leurs dérivés font l'objet d'applications industrielles :

-



**Chapitre II :  
Elaboration des  
constituants et  
des organes  
d'intérêt  
économiques**

## **Chapitre II : Elaboration des constituants et des organes d'intérêt économiques**

Différents constituants élaborés et produits à partir des végétaux. Nous citons sont :

- Organes de réserve
- Fibres naturelles
- Agents texture d'origine végétale
- Bois et Papier ou textile

### **II-1 Les organes de réserves chez les végétaux**

#### **Définition**

- Ce qu'on appelle « légume » dans le langage courant est la plupart du temps un fruit (biologiquement parlant) mais également un organe de réserve comme la pomme de terre, la carotte, l'oignon ou encore la betterave. Leurs qualités culinaires tiennent dans les réserves accumulées au sein des cellules.
- Leur qualification d'organe de réserve tient au fait que la propriété principale de ces organes est justement d'accumuler des réserves.
- Les organes de réserves sont très nombreux et diversifiés chez les végétaux. Ils ont un rôle important pour le développement des plantes.

### **II-2 Les différents types d'organes de réserves**

#### **2.1 Les organes de réserves de l'appareil végétatif**

- a. les tubercules
- b. les rhizomes
- c. les bulbes

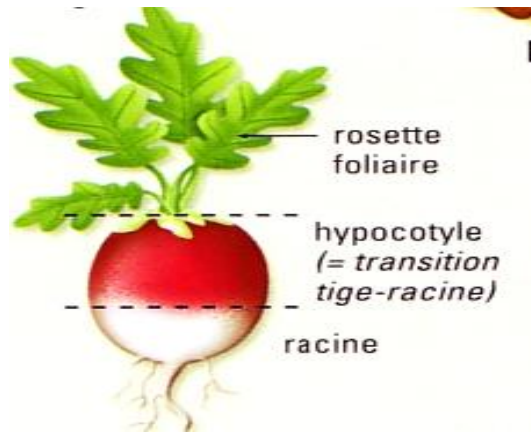
##### **2.1.1 Les tubercules**

Un **tubercule**, est un organe de réserve, généralement souterrain, qui assure la survie des plantes pendant la saison d'hiver ou en période de sécheresse, et souvent leur multiplication par voie végétative. Ces organes sont renflés par l'accumulation de substances de réserve. On dit qu'ils sont tubérisés. Les organes transformés en tubercules peuvent être (figures 5 , 6 et 7) :

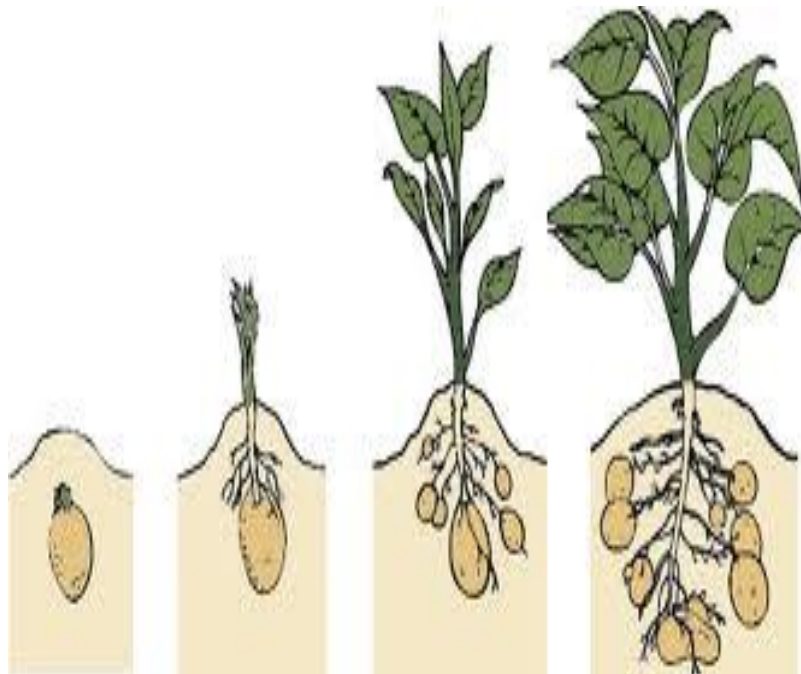
- **la racine** : carotte
- **la tige souterraine** (stolon ou rhizome) : pomme de terre, patate douce, topinambour,
- **la base de la tige** (plus précisément l'hypocotyle) : chou-rave,  
L'ensemble racine + hypo cotyle : betterave, radis...



**Figure 5 : La racine : de gauche la carotte et de droite Celeri rave**



**Figure6** : Tubercule de radis



**Figure 7** : Tubercules de pomme de terre

### 2.1.2 Le rhizome



Le **rhizome** est la partie souterraine de la tige de certaines plantes



**a**



**b**

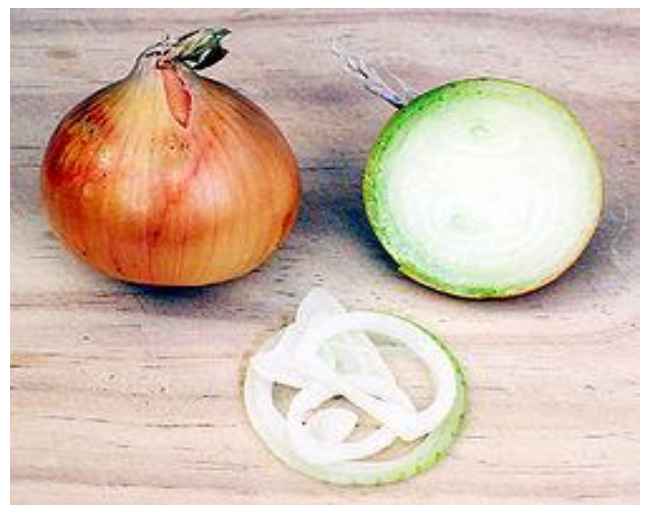
**Figure 8 :** *Zingiber officinale* : a Rhizome ;b plante .

### 2.1.3-3 Le Bulbe

Ensemble des feuilles charnues (gorgées de réerves) serrées les unes contre les autres. C'est un organe le plus souvent souterrain, servant au stockage des réserves nutritives. Il est formé d'une courte tige ou plateau entourée de nombreuses feuilles:



**a**



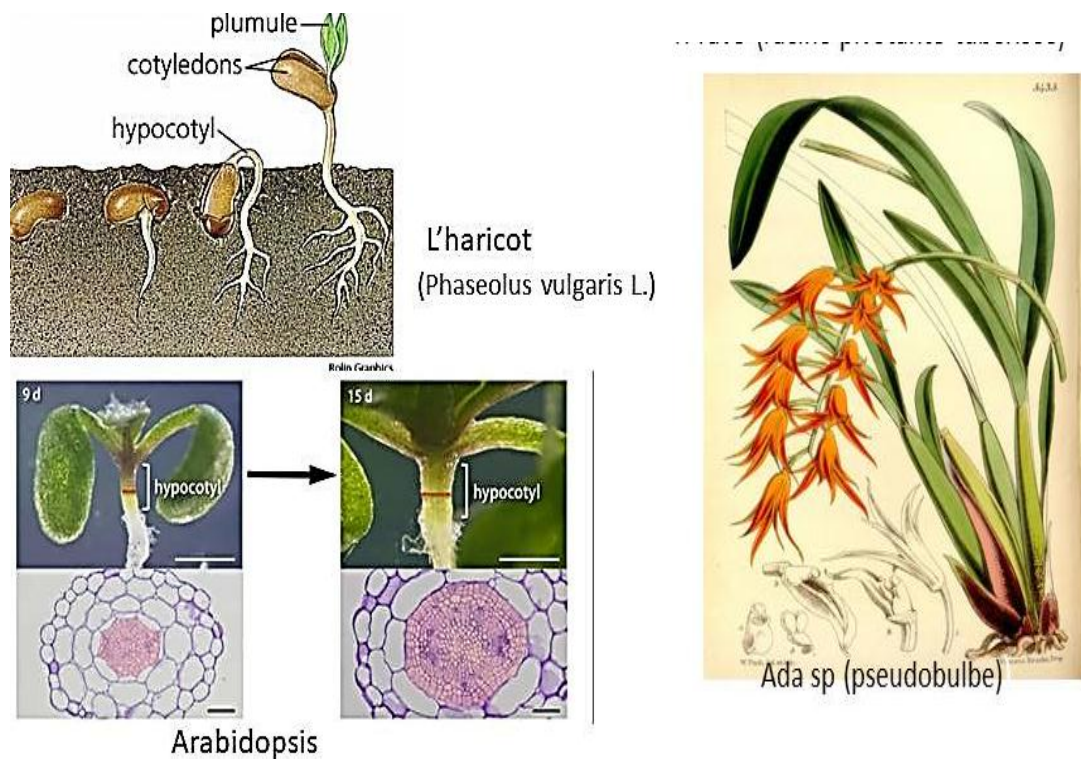
**b**

**Figure 9 :** Fleur (a) et le fruit (b) de l'oignon.



Nous citons D'autres types des organes de réserves (figures 10):

- Racine pivotante tubérisée
- Pseudobulbes (cas des orchidées)
- Hypo cotyle de réserve



**Figure 10:** Hypo cotyle de réserve (à gauche), pseudobulbe (à droite).

## 2.2 Les organes de réserves de l'appareil reproducteur

- mise en réserve dans les graines (oléagineuses ou protéagineuses)
- mise en réserve dans les fruits.

### 2.3- Les différentes molécules de réserves chez les végétaux

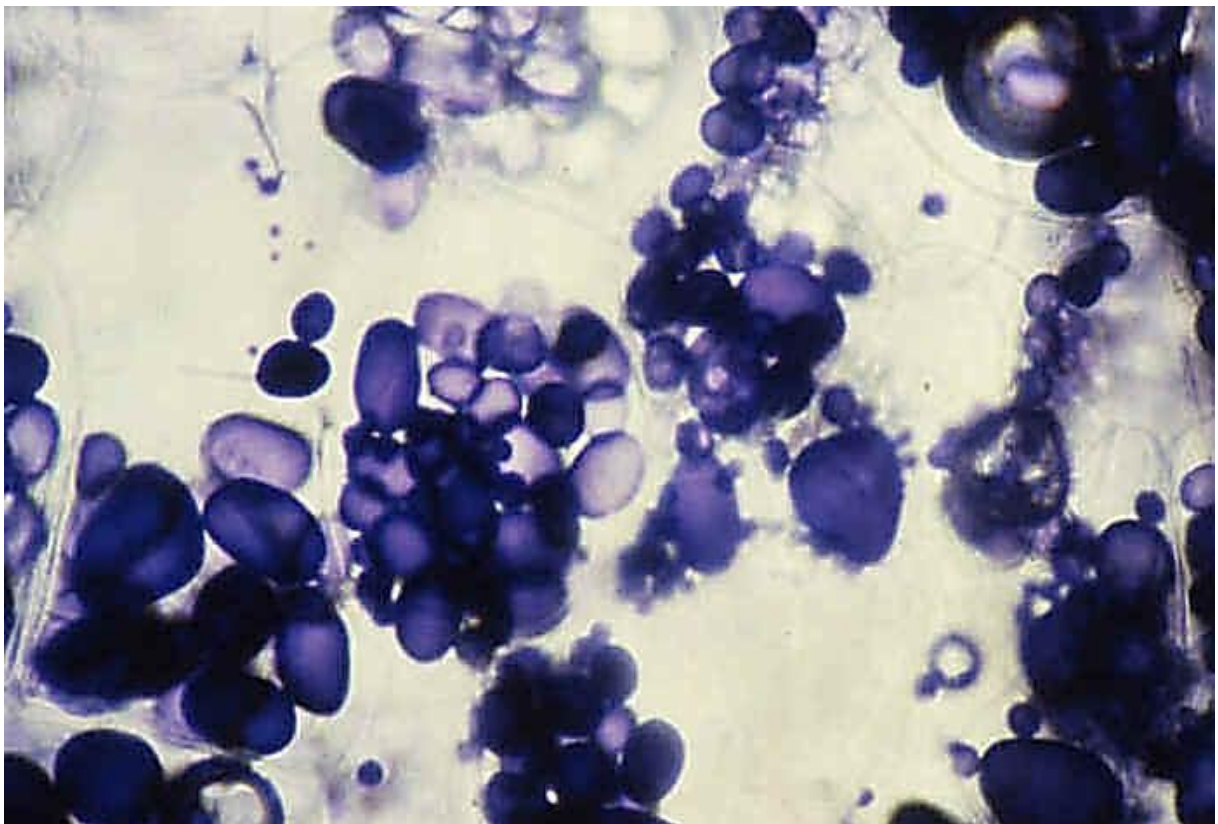
Les réserves glucidiques (amidon, inuline, saccharose)

Les réserves lipidiques (triglycérides essentiellement)

Les réserves protéiques (grains d'aleurone)

L'**aleurone** (terme venant du grec *aleurone*, farine) est une protéine présente sous formes de grains dans l'albumen de nombreuses graines. Elle y forme l'assise du tégument (couche à aleurone). Lors de la germination, elle est hydrolysée en acides aminés.

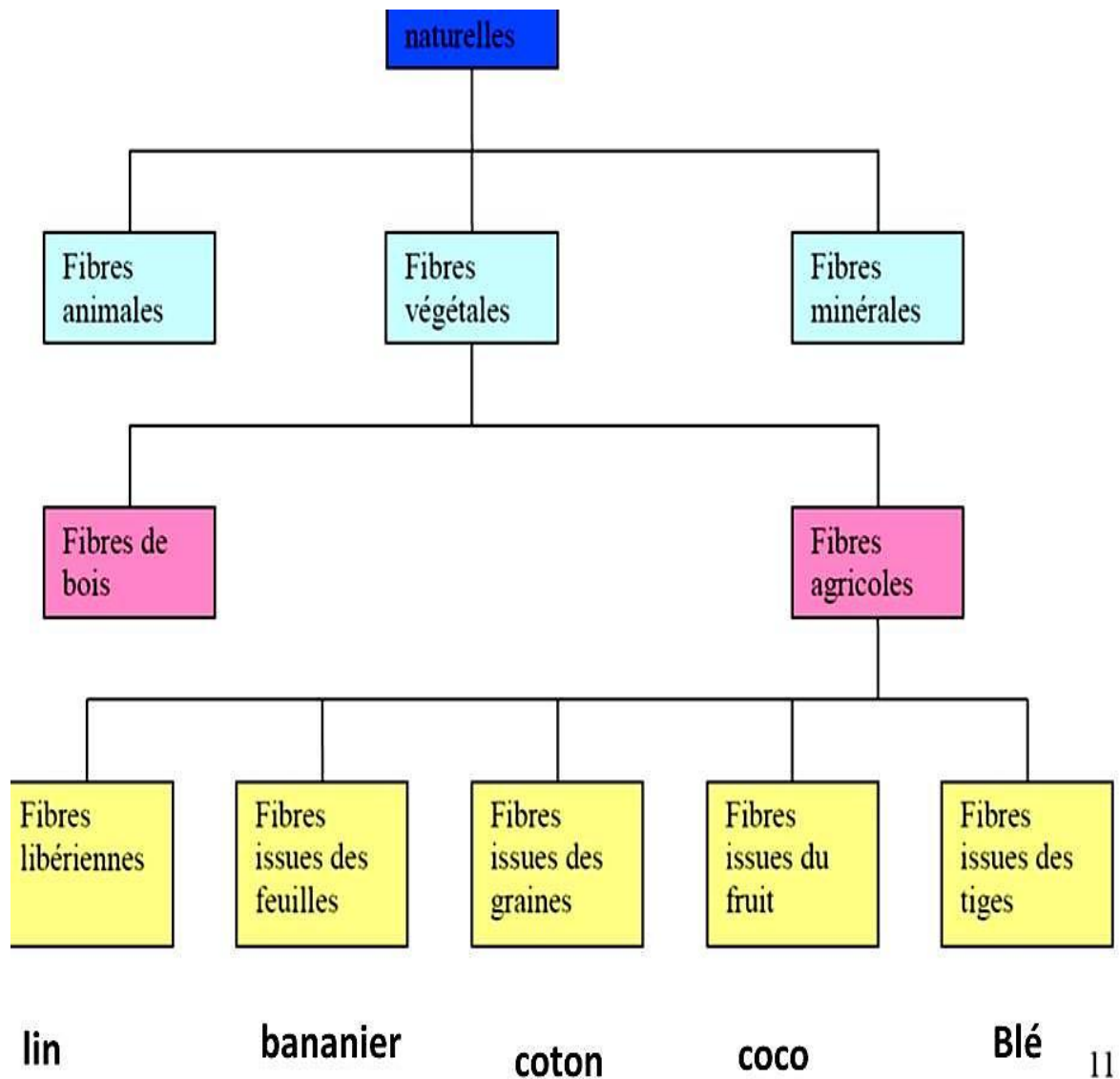
Stimulée par les hormones produites par l'embryon, la couche à aleurone synthétise des enzymes qui permettent la dissociation de l'amidon de l'albumen en sucres nécessaires à la croissance des racines et de la gemmule.



**Figure 11** : représentation photographique des aleurones

## II.2 Les Fibres naturelles

Les fibres naturelles sont utilisées depuis 3000 ans dans les composites, par exemple dans l'ancienne Égypte, où la paille et l'argile étaient mélangés pour construire des murs. Il existe une grande variété de fibres naturelles (figure 12).



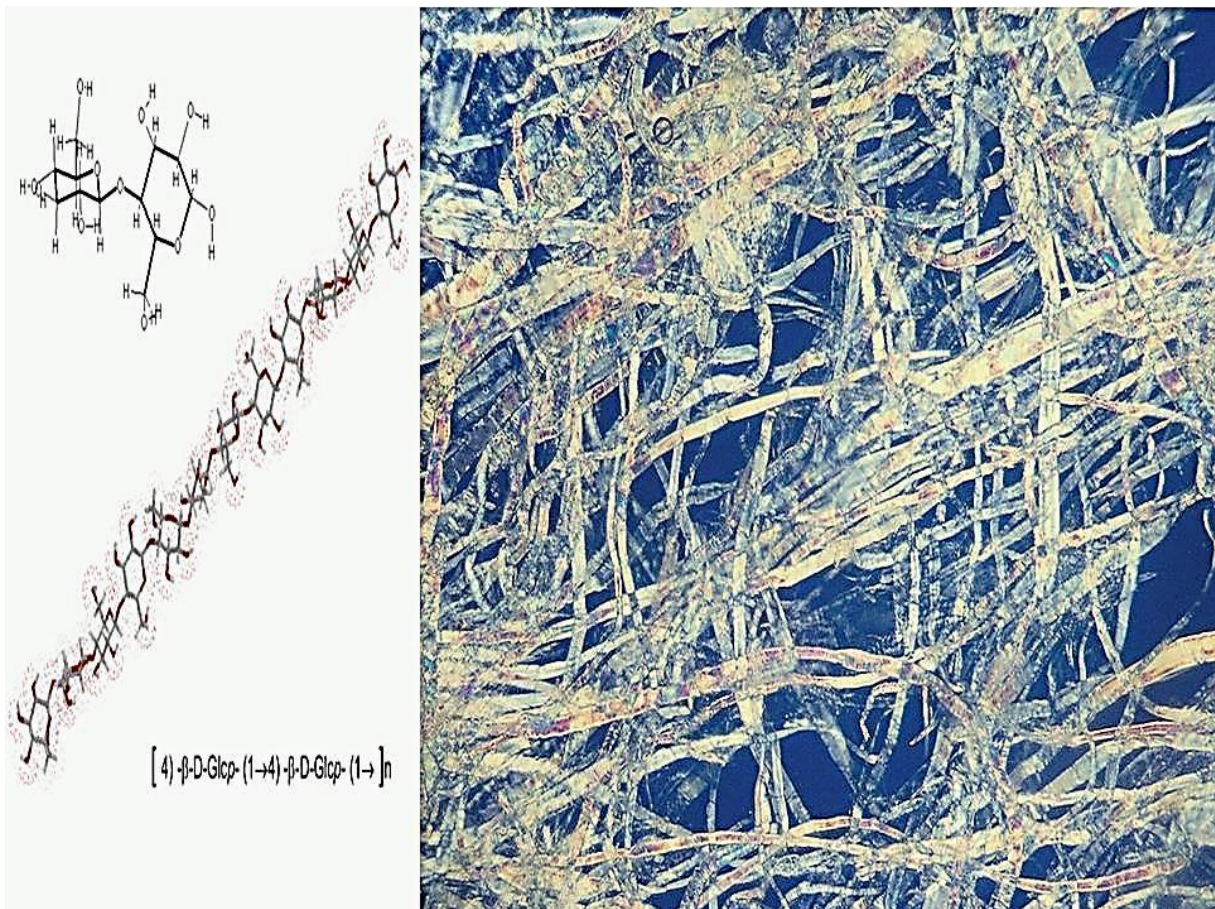
**Figure12** : les types des fibres naturelles..



## II.2.1 La cellulose

Le mot cellulose vient de cellule et ose : sucre d'origine cellulaire. C'est la molécule organique renouvelable la plus abondante sur terre, la production annuelle est de l'ordre de 50 à 100 milliards de tonnes par an. Elle représente plus de la moitié de la biomasse terrestre.

Polysaccharide formé de nombreuses molécules de glucose unies par des liaisons glycosidiques  $\beta$ -1,4. C'est une fibre alimentaire faisant partie de la structure des végétaux. Elle n'est pas digérée dans le système digestif de l'humain, quoiqu'elle soit dégradée partiellement par les bactéries



intestinales.

**Figure13** : la composition chimique de la cellulose (à gauche) les fibres de cellulose (à droite).

Chez les végétaux la cellulose localisée dans les parois des cellules est un matériau de soutien. C'est un matériau très résistant à la dégradation. Peu de solvants chimiques sont capables de la dégrader intégralement : L'acide sulfurique concentré est le seul qui peut rompre les liaisons hydrogènes et les liaisons osidiques.

La cellulose résiste bien aux dérivés chlorés ce qui autorise les procédés de blanchiment dans les industries textiles et papetières.

Les organismes capables de dégrader la cellulose sont peu nombreux . **Ni les plantes ni la majorité des animaux ne possèdent les enzymes (cellulases) nécessaires.**



Le coton est une source importante de cellulose

La cellulose est le constituant principal du bois, En ce sens, c'est l'élément essentiel de la combustion du bois qui est, par exemple, la première source d'énergie renouvelable en France.

**Figure 14:** Le coton et le bois sont des sources de cellulose

### **I.2.2 Propriétés et utilisations de la cellulose**

Comme tout polysaccharide, la cellulose contient de nombreux groupements hydroxyles (OH) qui lui donne son **caractère hydrophile**. Cette propriété lui confère une capacité d'absorption mise à profit dans l'industrie textile (teintures), l'industrie papetière et l'industrie alimentaire.

La seconde propriété est **sa résistance** sur le plan mécanique, chimique et biologique. Également, la cellulose contient du sel de bore ce qui lui permet **d'être protégée contre les flammes**, la cellulose se consume mais ne brûle pas (figure15).

Les propriétés de la cellulose en font un matériau de choix dans les grandes filières industrielles textiles, papetières, agroalimentaires mais aussi dans la construction et l'ameublement.

Dans le domaine biotechnologique, l'utilisation de micro-organismes cellulolytiques et les techniques de transgénèse (intégration dans le génome des gènes qui codent les diverses cellulases) permettent de nouvelles utilisations de la biomasse, en particulier des agro résidus (production de bioéthanol et de biogaz).



**Figure15** : propriétés de la cellulose/

## **2.2.1 Macromolécules associées à la cellulose**

### **2.2.1.1 Les hemicelluloses**

On considère que les hémicelluloses représentent, dans les parois des plantes terrestres , les polysaccharides autres que la cellulose et les pectines.

Les hémicelluloses dans la paroi cellulaire jouent le rôle essentiel d'interagir avec d'autres polymères pour assurer les propriétés adéquates de la paroi. Elles peuvent aussi fonctionner comme carbohydrates de réserve dans les graines. Comme ressources renouvelables, les hémicelluloses sont promises à

un bel avenir industriel avec des produits comme des additifs alimentaires, des plastiques, des cosmétiques et des produits pharmaceutiques. Les hémicelluloses de réserve dans les graines sont employées directement comme produits dans l'industrie alimentaire. Les hémicelluloses trouvent aussi des applications comme films et revêtements durables.

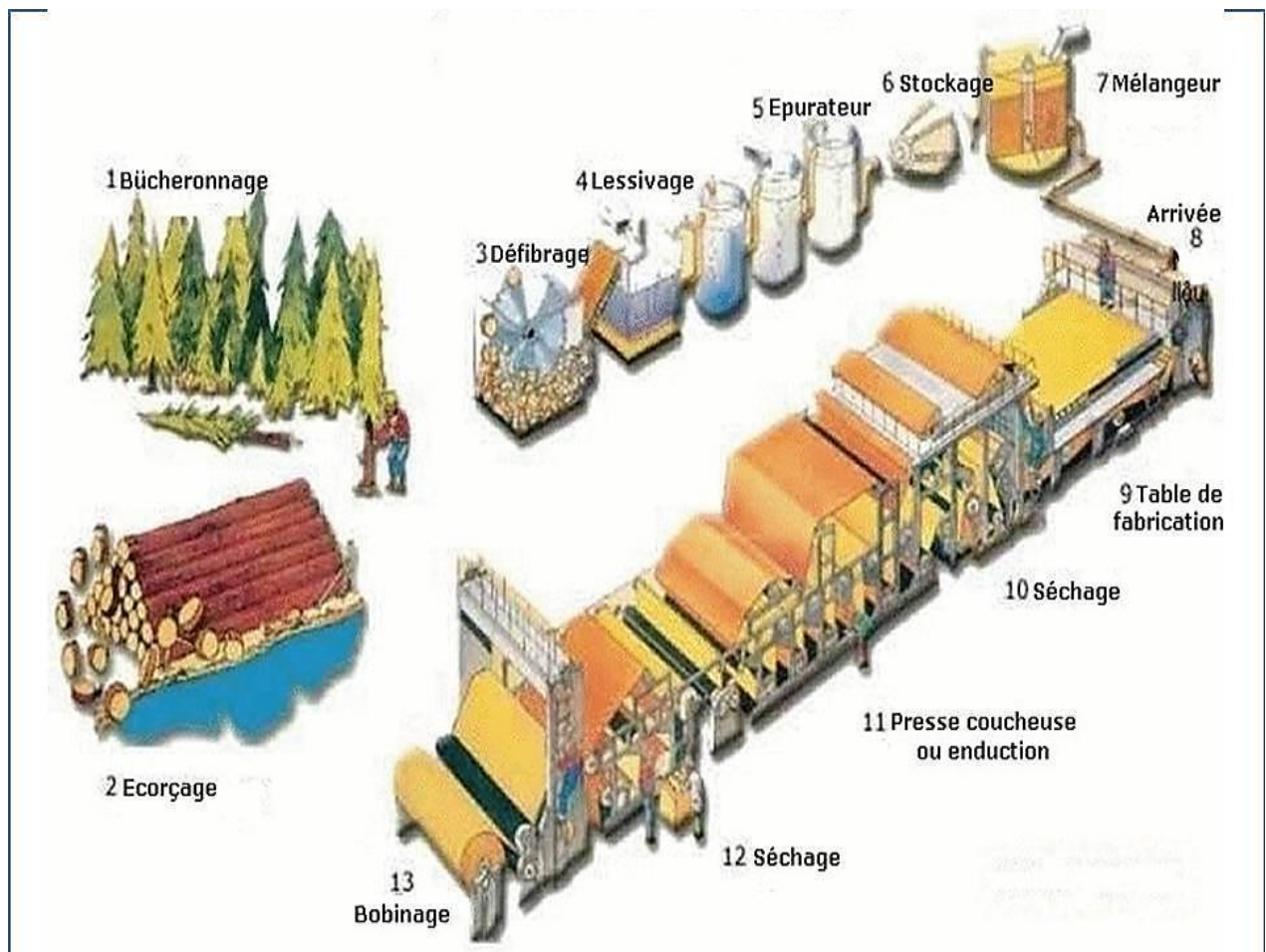
Enfin, l'hydrolyse des hémicelluloses conduit à des sucres, principalement des pentoses, qui peuvent être chimiquement ou biochimiquement convertis en éthanol ou une multitude de produits chimiques.

### 3. Les fibres papetières

Le papier est né de la nécessité pour l'homme de graver des signes afin de conserver une mémoire de sa pensée. Avant l'invention du papier, les supports d'écriture étaient nombreux: tablettes d'argile, plaques de bois ou de métal, rouleaux de soie.....Les Egyptiens furent les premiers à remplacer ces supports par des rouleaux de papyrus fabriqués à partir **de *Cyperus papyrus*** L., un roseau de la vallée du Nil.

C'est de ce matériau que dérivera plus tard le mot papier. Le papyrus se voit rapidement concurrencé par le parchemin obtenu à partir de la peau de mouton de chèvre ou de veau. Son avantage est qu'on pouvait écrire sur les deux faces et qu'on pouvait ensuite rassembler les feuilles





**Figure 16** : Chaine de fabrication du papier (usine du papier).

L'invention du papier est chinoise. C'est un certain marquis Cai Lun qui à partir de vieux chiffons d'écorces de mûrier, de fibres de chanvre réduits en bouillie qu'il réussit à fabriquer une pâte qui après tamisage séchage et encollage donna une feuille de papier d'une grande blancheur.

Ce sont ensuite les Arabes qui vont utiliser le savoir-faire des chinois pour étendre la fabrication du papier dans le monde musulman (Bagdad, Damas, le Caire).

L'expansion en Europe se fait par l'Espagne (califat omeyyade de Cordoue) puis l'Italie et la France.

Mais c'est avec la découverte de l'imprimerie par Gutenberg en 1445 que se répand l'industrie papetière.

Pendant longtemps la matière première principale est le chiffon (tissus usagés) mais celui-ci finit par manquer. C'est en 1846 qu'un certain Friedrich Gottlob Keller mis au point un procédé permettant la fabrication de papier à partir d'une pâte à base de bois. La production massive de papier peut alors commencer.

### **3.1 Matières premières**

L'industrie papetière a plusieurs sources de matières premières, le bois est la plus importante et représente 90% des papiers fabriqués dans le monde. C'est le bois secondaire ou xylème. On utilise couramment: 1- le bois des arbres des Gymnospermes (l'épicéa, le sapin et le pin). 2- le bois des arbres des Angiospermes (le peuplier le bouleau et l'eucalyptus)

La technologie du papier comporte deux étapes principales: la dissociation des éléments du bois aboutissant à la formation de la pâte et le transformation de la pâte en feuille dans une machine à papier.

#### **1) La pâte à papier**

L'opération consiste en un **défibrage** c'est-à-dire séparation des fibres et selon le type de papier désiré on peut utiliser un procédé mécanique, ou chimique.

la voie mécanique :le bois est broyé ou rapé, les billes obtenues sont pressées contre une meule abrasive travaillant dans l'eau. L'imprégnation par l'eau et la chaleur dégagée ramollit les lignines et on finit par obtenir une pâte.

#### **La voie chimique**

Par cette voie le but est d'éliminer les composés chimiques autres que la cellulose et plus particulièrement les lignines et les résines. On utilise soit un procédé alcalin soit un procédé acide

## **2) Blanchiment**

Les pâtes obtenues sont plus ou moins claires et pour des raisons esthétiques elle nécessite un blanchiment. Les pâtes mécaniques sont blanchies à l'hypochloride de sodium ou à l'eau oxygénée et les pâtes chimiques sont blanchies par un procédé complexe , les agents de blanchiment sont nombreux on peut rajouter le dioxyde de chlore l'oxygène et l'ozone à ceux précédemment cités.

## **3) Fibrillation**

La pâte est désagrégée dans l'eau. La fibre gonfle et perd une partie de sa rigidité. On obtient une suspension, la pâte est triturée énergiquement et la paroi mince des fibres est totalement désagrégée.

## **4) Ajouts éventuels**

Des adjuvants sont introduits dans la pâte qui se fixent sur les fibres. Ils ont la propriété d'améliorer la qualité du papier. La liste est longue (kaolin, Oxyde de titane, talc, colorants, des agents de collage amidon, composés bactéricides et fongicides.....)

### **De la pâte à papier à la feuille**

Ce sont des opérations inverses, il s'agit maintenant de rapprocher les fibres individualisées. C'est une machine complexe qui va extraire l'eau de la pâte, remettre les fibres en contact et établir de nombreuses liaisons. Cette machine comprend deux zones

une zone humide où est constitué un matelas fibreux

- une zone sèche où sont effectuées les opérations de pressage et de séchage indispensable à la formation de la feuille.

### 3.2 D'autres matières à papier

Actuellement on considère que 5% du papier dans le monde est fait à partir de fibres naturelles autres que celles du bois. On peut les classer en différentes catégories:

Les plantes annuelles

Les sous-produits de ces plantes

Les fibres synthétiques ou minérales

#### ✚ Les plantes annuelles

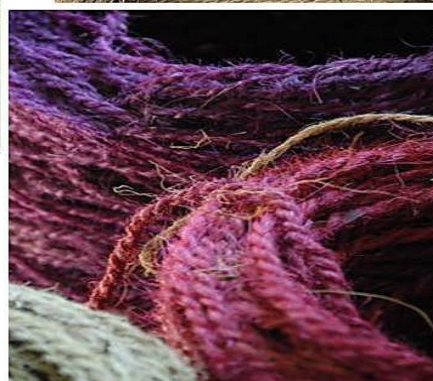
L'alfa (*Stipa tenacissima* L.) est une Poacée vivace originaire d'Afrique du Nord et du Sud de l'Espagne (figure17). Elle est très répandue dans les hauts plateaux arides en particulier en Algérie où la plante couvre un million d'hectares. Les feuilles contiennent des fibres en abondance, ce qui en fait un matériau recherché en papeterie. La fibre d'alfa contient 35 à 40% de cellulose, 20 à 30% d'hémicellulose et 17 à 19% de lignines (moins que le bois). Le papier d'alfa est souple,



*Stipa tenacissima* L.



Les pailles de Alfa



Les fibres de Alfa

**Figure 17** : *Stipa tenacissima* L. (Alfa) naturelle (à gauche) et artificielle (à droite).

soyeux, résistant et prend bien les caractères de l'imprimerie. Mélangé à d'autres fibres de bois, il peut donner du papier d'impression de luxe.

## 2) Les sous-produits des plantes utilisées en agriculture

Par définition un sous-produit est un produit résidu qui apparaît durant la fabrication ou la distribution d'un produit fini).

Ce sont les **bagasses** et les pailles. Les bagasses sont des sous-produits des cannes à sucre après leur traitement dans les sucreries. Les résidus fibreux sont obtenus après extraction du saccharose.

La bagasse sert à la préparation de pâtes chimiques entrant dans la composition de cartons de mouchoirs et serviettes en papier mais aussi pour des papiers d'impression écriture. Le rendement est assez faible.

Les pailles proviennent des céréales (blé, seigle, riz). Elles peuvent servir à la fabrication de cartons.

## 3) Les fibres synthétiques ou minérales

Il s'agit de faire des papiers à l'aide d'éléments insensibles à l'humidité:

- ✚ -soit des fibres synthétiques comme le Dacron (Le Dacron est le nom déposé par Insista Inc pour un textile artificiel du groupe des polyesters (téréphtalate de polyéthylène). Actuellement quelques fibres synthétiques sont utilisées pour certains papiers sécurisés comme les billets de banque ou les chèques.
- ✚ soit des fibres minérales comme les fibres de verre.

Ce groupe de fibres est appelé à jouer un rôle important à l'avenir compte tenu de leurs propriétés. Le Dacron est résistant aux pliures, la fibre de verre est imputrescible.

### 3.3 Les catégories de papier

Les papiers existants sont nombreux, on peut les classer en plusieurs catégories:

#### 1) Les papiers à usage graphique

C'est un secteur important de l'industrie papetière. Ils concernent:

- les papiers d'impression-écriture faits à partir de pâte chimique
- le papier journal fait à partir d'une proportion importante de pâte mécanique et une petite proportion de vieux papiers recyclés. On distingue deux catégories:
  - Le papier journal ordinaire de basse qualité avec comme conséquence une tendance à jaunir rapidement et à devenir cassant  
le journal amélioré . On y rajoute de la pâte chimique. On obtient un papier de bonne qualité pour faire par exemple des magazines.
- le papier buvard à base de chiffons
- Le papier carbone créé pour la duplication de documents remplacé maintenant par des procédés modernes (photocopie, fax, scanner).

#### 2) les papiers d'emballage et de conditionnement

On distingue:

- Les papiers d'emballages souples comme le papier **kraft** (vient du suédois kraftpapper =papier force). Il est fait à partir de pâte chimique et est très résistant.
- les cartons plats , c'est un papier lourd et peut être constitué de plusieurs couches de matériaux différents( pâte chimique, pâte mécanique, vieux papiers)

La possibilité de rajouter des barrières à la graisse, à l'humidité, des adjuvants antioxydants a permis leurs utilisations dans différents domaines: boîtes pâtisseries, briques en carton pour le lait, les jus de fruits....

### **3) Autres papiers d'emballage**

-le papier de soie papier mince recherché pour l'emballage des fruits, des articles de luxe

-le papier sulfurisé, papier traité pour devenir imperméable aux liquides et résister aux hautes températures facilitant le démoulage des pâtisseries par exemple.

### **4) Les papiers absorbants et les papiers d'hygiène**

Ce sont les papiers utilisés pour l'hygiène et la santé qui doivent protéger, absorber et essuyer.(essuie tout, couches bébé, papier démaquillant, filtres à café, masques et tenues de chirurgie.....).

### **5) Les papiers spéciaux**

Ce sont des papiers particuliers, tels que:

- les papiers photographiques qui sont de moins en moins utilisés après l'émergence de procédés numériques qui révèlent des images sur des papiers de toute qualité à partir d'imprimantes à jet d'encre ou imprimantes laser.
- Les papiers intelligents: ce sont surtout des papiers thermiques utilisés dans les codes à barres dans les supermarchés ou pour l'identification des bagages à l'aéroport, ou pour les tickets de transport

#### **3.3.4 Données économiques relatives au papier**

Après la grande crise du chiffon au 18<sup>ème</sup> siècle, le bois est devenu la source principale d'approvisionnement en cellulose papetière. Il provient principalement des forêts, réparties inégalement dans le monde. La forêt

mondiale couvre approximativement 3 800 millions d'hectares. En Algérie : 7 millions d'ha en 1925 (27% de taux de boisement), 3,8 millions d'ha en 1955, et 3 millions d'ha en 1985 ( 11%).

L'industrie papetière n'est pas l'utilisatrice principale de la forêt. En fait elle utilise les sous-produits et ne contribue donc pas à la dévastation des forêts.

Deux types de sous-produits:

- Les sous –produits de l'exploitation du bois d'œuvre, **ex:** les arbres tordus, les coupes effectuées pour éclaircir la forêt et lutter contre l'incendie.
- Les sous-produits de l'industrie de sciage du bois d'œuvre ex les copeaux.

### **3.3.5 Filière papetière en Algérie**

#### **Matières premières**

##### **Le bois**

Jusqu'en 1 963, l'exploitation du bois en Algérie était de 300.000 m<sup>3</sup> en moyenne. En 1970, la production de bois d'oeuvre était de 1 2.000 m<sup>3</sup> et en 1979, elle est estimée à 19.000 m<sup>3</sup>. Si l'on compare ces chiffres à ceux de l'importation du bois qui dépasse 1 .000.000 m<sup>3</sup>, on se rend compte de l'immense effort à fournir pour satisfaire les besoins nationaux en bois.

##### **L'Alfa**

Les fibres utilisées pour la fabrication de la pâte à papier en Algérie proviennent essentiellement de l'alfa, plante qui couvre 2,6 millions d'hectares sur les 20 millions d'hectares de la steppe.

La part de la pâte à papier à base d'alfa dans la production nationale reste très modeste :12.000 T./an sur 70.000 T./an (le reste provenant de l'importation de la pâte de bois ou de la récupération de vieux papiers).



## **Les Fibres et cartons récupérés**

Les fibres et cartons récupérés (FCR) constituent une source nouvelle et croissante de matières premières.

En Algérie il existe plusieurs entreprises de récupération de papiers et cartons usagés. Selon certaines estimations, les déchets en papier non récupérés représentent une manne de plus de 150 millions de dollars par an.

Au stade actuel, l'Algérie ne recycle que 10 % des 335 000 tonnes de papiers et cartons rejetés annuellement, dont 12 000 sont traités par Tonic. Selon ses dirigeants, la société est décidée à mettre en œuvre les moyens nécessaires pour relever ce taux à 38 %.

Le taux d'utilisation des papiers recyclés le plus important se trouve dans le secteur emballage et conditionnement.

Le taux de couverture des besoins estimés à 200.000 T./an est encore plus insignifiant, soit 6%. Ceci pour dire que pendant encore longtemps, les besoins nationaux seront essentiellement couverts par les importations. L'objectif pour les dix prochaines années est d'augmenter la production de la pâte d'alfa pour la porter à 30.000 T./an.

L'activité de la récupération reste très modeste en Algérie par comparaison à ce qui se fait à travers le monde. Elle est actuellement limitée aux seules sources facilement accessibles, à savoir les industriels, les fabricants d'emballages, les imprimeries, les grandes surfaces, ...etc. La récupération auprès des ménages reste non exploitée pour des considérations de coûts, d'organisation et de culture.

## **2) L'industrie papetière**

Selon une étude sur l'industrie papetière dans le pays, faite par Gipec, il en ressort que la fabrication du papier a été introduite en Algérie il y a près d'un siècle (1896) avec l'installation d'une petite unité de production de papier d'emballage à **Aïn El Hadjar (Saïda, à 450 km au sud-ouest d'Alger)**.

Mais l'industrie n'est véritablement apparue qu'en 1949 avec l'implantation d'un complexe de fabrication de pâte et papier d'alfa à **Baba Ali (20 km à l'ouest d'Alger)** conçu pour exploiter les immenses nappes alfatières du Sud algérien dont la production était auparavant exportée vers l'Angleterre et l'Ecosse.

Après l'indépendance, l'industrie du papier connaît quelques investissements notamment dans la transformation du papier (sacheries, cartonneries, etc.), principalement dans le secteur privé.

*Fortement* tributaire de l'extérieur pour la plupart de ses approvisionnements en matières premières et pièces de rechange, l'industrie papetière connaît une régression marquée depuis 1982 avec la baisse de production en quantité et qualité et surtout la dégradation avancée de nombreux de nombreux équipements.

Le marché du papier en Algérie est estimé à 520 000 t/an. C'est un marché qui pèse environ 400 millions de dollars US avec une croissance annuelle de 3 à 4%.

L'Algérie importe près de la moitié de ses besoins en papier. 275.000 tonnes de papiers et cartons sont importés annuellement.

Relativement récente en Algérie, l'industrie papetière se contente de produits récupérés comme matières premières à défaut d'exploitation forestières.

L'Algérien n'est pas un grand consommateur en papier. Aux USA, la consommation annuelle en papiers et cartons est de 300kg par habitant, l'algérien n'en consomme que 15 kg, derrière le marocain (17 kg), le tunisien (20kg), alors que le français en consomme quelque 180 kg annuellement.

Deux producteurs nationaux assurent près de la moitié des besoins des Algériens en papier. L'un relevant du secteur public, le groupe industriel de papier et de la cellulose (Gipéc) créé en novembre 1998. L'autre relève du secteur privé: la société Tonic Emballage, créée en 1985.

### **Une usine de pâte à papier en 2014**

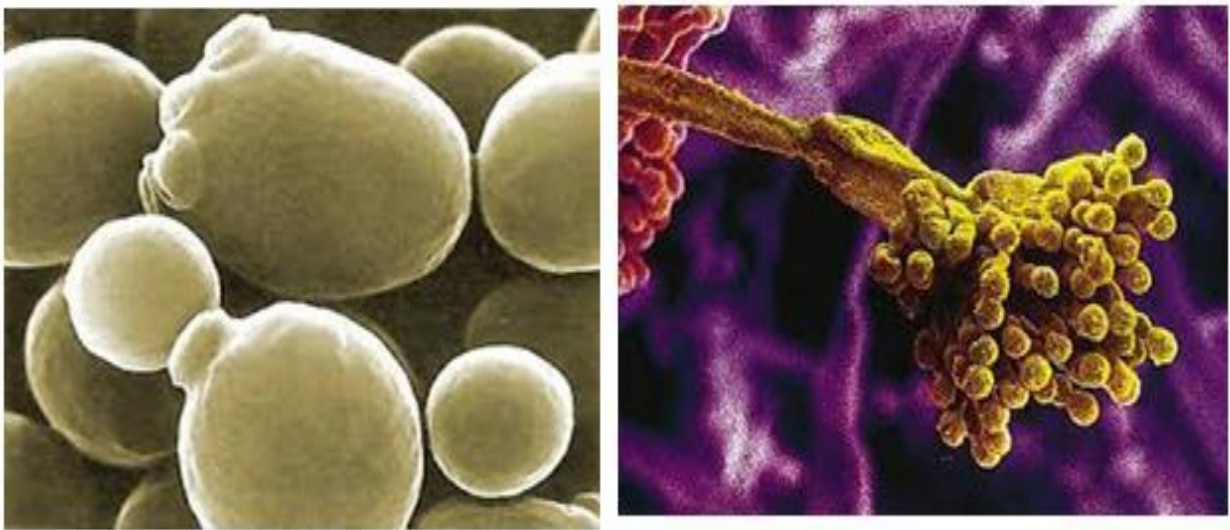
Une usine de pâte à papier dans la zone industrielle de Sétif, pour un investissement total de 3 milliards de dinars est programmée. L'entreprise comptait inaugurer sa première ligne de pâte à papier au 1er trimestre 2014, Sétif 1 concerne 10 lignes de production prévues dont 5 lignes pour l'hygiène infantile et adulte et les produits dérivés du coton comme le coton-tige et les disques à démaquiller.



**Chapitre III :  
Applications  
Industrielles des  
Mycètes**

## Chapitre III : Applications Industrielles des Mycètes

Les mycètes sont des organismes uni ou pluri cellulaires eucaryotes. Ils se trouvent partout où il existe une source alimentaire. Il y a deux types de champignons: Levures (organismes unicellulaires) et les moisissures (organismes pluricellulaires) (figure 18).

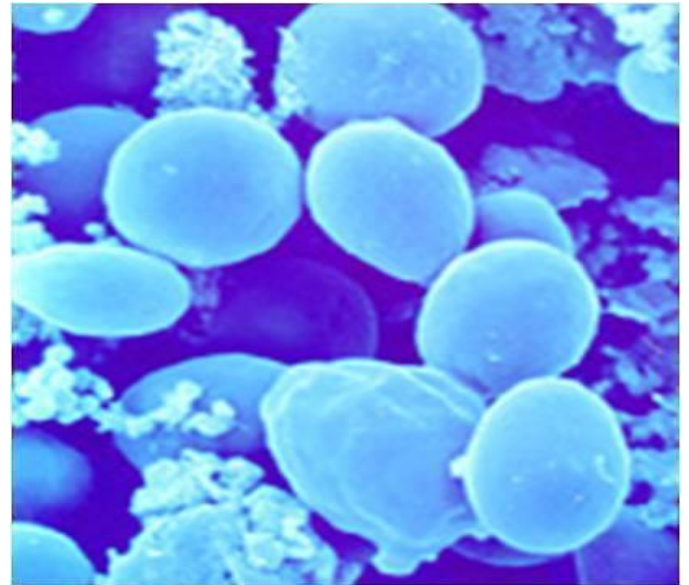
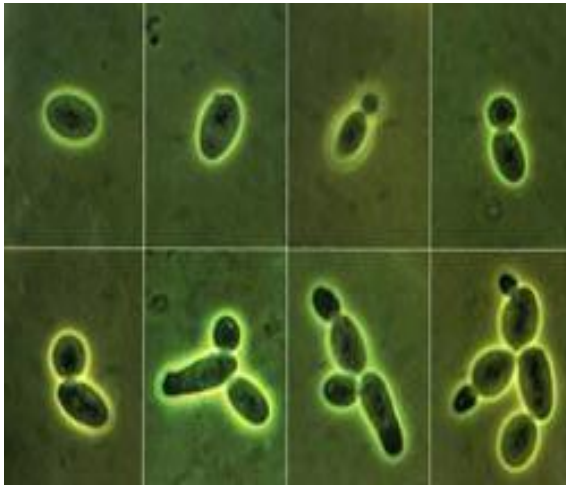


**Figure1 8.** La forme d'une levure (gauche) et moisissure (droite)

### III-1 Les levures

#### Qu'est-ce qu'une levure ?

Les levures sont des champignons microscopiques unicellulaires (cellules rondes ou ovales) (figure 18) qui interviennent dans les différents processus de fermentation. On les trouve dans la nature, le sol et sur les plantes. Les levures respirent et consomment une partie du sucre en produisant de l'eau et du gaz carbonique (figure19).



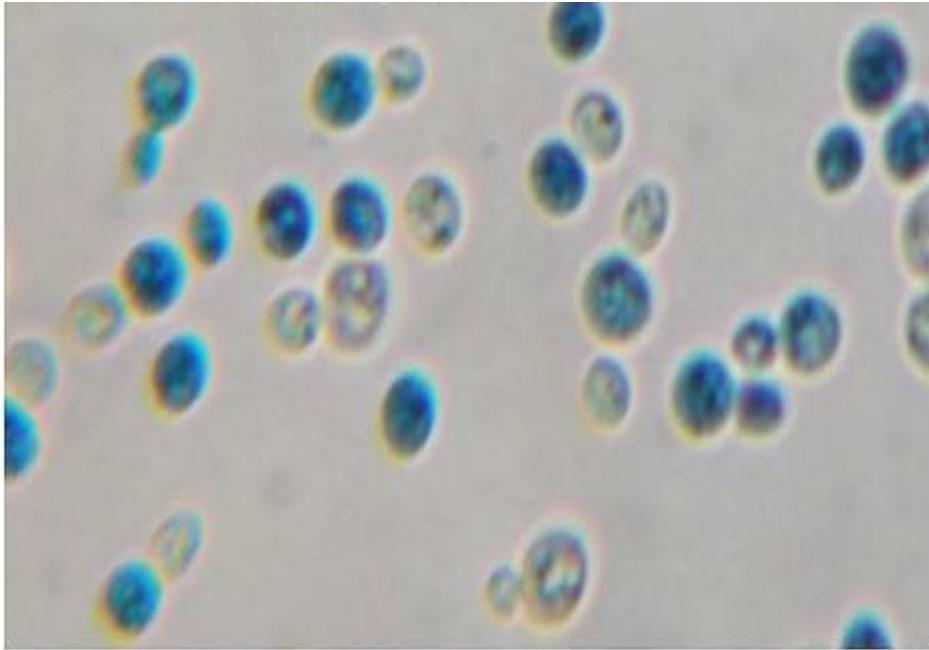
**Figure 19** : levure (ronde à droite) et ovales ou Sphériques (à gauche).

Les levures sont donc utilisées dans le cadre de la vinification, de la fermentation de la bière, de la levée du pain et de la fabrication d'antibiotiques.

La véritable levure de boulangerie ou levure de bière est une levure naturelle qui appartient à l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* (figure19) constituée de cellules vivantes entraînant une réaction chimique.

La véritable levure de boulangerie ou levure de bière est une levure naturelle qui appartient à l'espèce *Saccharomyces cerevisiae* (figure 20) constituée de cellules vivantes entraînant une réaction chimique.

Cette levure sert depuis des millénaires à la fabrication du pain et plusieurs de ses souches sont également utilisées pour la fermentation du vin et de la bière.



**Figure20** : Observation de *Saccharomyces cerevisiae* au microscope optique  
(Pro. Manumanu, 1985)

Les levures sont des micro-organismes non pathogènes, créent un milieu riche en **protéines et en vitamines, principalement celles du groupe B qui sont utilisées en pharmacie et en chimie.** De plus, grâce au génie génétique, certains médicaments sont désormais produits par des levures manipulées.

Il existe environ 1000 espèces de levures connues mais les scientifiques considèrent que cela représente environ 10% de la totalité des espèces.

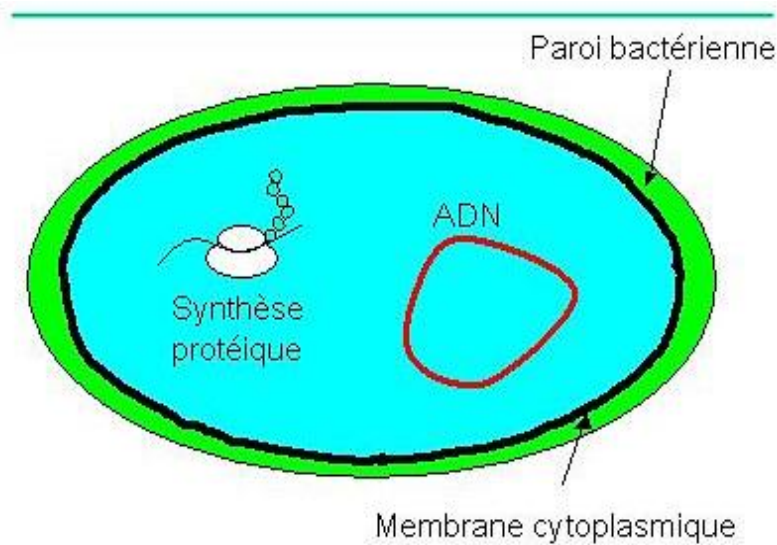
Il existe aussi des levures non naturelles dites "levures chimiques" ou poudres à lever, constituées de sels minéraux et de bicarbonate et qui produisent un dégagement de gaz carbonique soit par simple

décomposition à la chaleur soit par une réaction chimique au contact de l'humidité et de la chaleur. Ces levures n'ont aucune valeur nutritive.

### III-2 Les Bactéries

Qu'est-ce qu'une bactérie ?

Les bactéries sont des micro-organismes vivants unicellulaires, caractérisés par une absence de noyau et un chromosome unique (figure 21) qui interviennent dans les différents processus de fermentation et pour **synthétiser des médicaments comme l'insuline.**



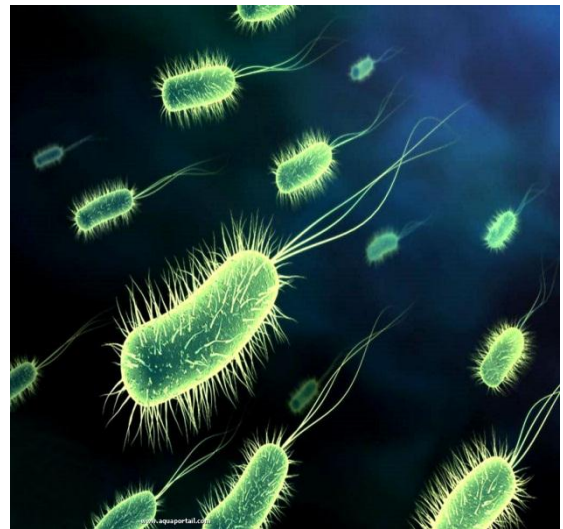
**Figure 21** : Structure de la bactérie



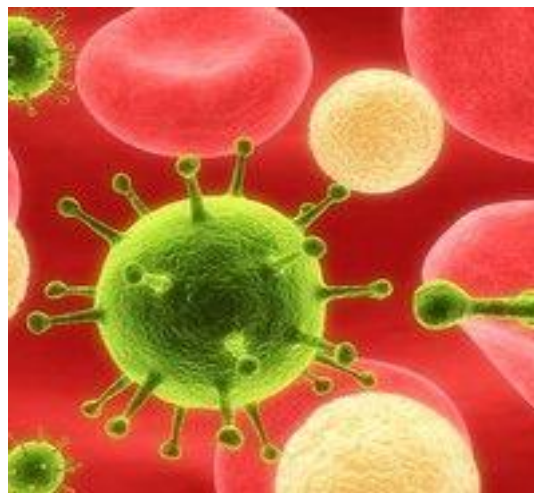
Une cellule bactérienne du domaine Bacteria, nomme en terme général les microbes unicellulaires de forme allongée (**bacilles**) ou **sphériques** (figure 22).



**Des bactéries Escherichia coli**



**Bactérie allongée et mobile.**



**Bactérie résistante**

## Figure 22 : Les formes de bactéries.

La bactérie *Escherichiacoli* est largement utilisée dans la production de protéines parce que leur matériel génétique est connu. Il est également facile à implanter dans le fermenteur (les conditions de croissances sont connues). De plus l'expression de protéines est élevée à l'aide de ces bactéries (plusieurs grammes / L de protéine produites).

Autres bactéries sont utilisées comme *Bacillus subtilis*, *Streptomyces*. Elles sont caractérisées par un fort potentiel de sécrétion mais elles sont génétiquement males connues et les niveaux de la production sont inférieurs.

Les bactéries sont des organismes asexués (protocaryotes) , alors la reproduction se fait par division cellulaire. Une cellule mère va donner naissance à deux cellules identiques appelées cellules filles.

### 2.2.1 Les Désinfectants et antiseptiques

La plupart des personnes ne savent pas la différence entre les antiseptiques et les désinfectants. Les **antiseptiques** tuent les bactéries sur les choses vivantes, comme la surface de la peau.

Les **désinfectants** tuent les bactéries sur les surfaces des choses non-vivantes. Les désinfectants sont des agents qui détruisent les bactéries et leurs spores qui causent ces micro-organismes de donner les maladies. Ils vivent dans beaucoup de différentes substances; des liquides, des gelées, des aérosols, et des déodorants.

Les domaines d'application des microorganismes dans l'industrie sont :

- . La pharmacie
- . Industrie alimentaire
- . La chimie
- . L'agriculture
- . L'énergie et l'environnement.

### **III.3 Les différents processus de fermentation**

Le terme fermentation est dérivé du mot latin *fervere*, qui signifie bouillir. En effet, l'observation d'un liquide en fermentation montre un dégagement important de gaz provoquant de la mousse, de l'écume et l'aspect d'un liquide en ébullition. C'est en réalité, l'action de transformation de substances végétales ou animales sous l'action de micro-organismes ou plus exactement des enzymes qu'ils contiennent. Il existe plusieurs fermentations qui trouvent des applications industrielles diverses :

- Pâtes levées et pain
- Yaourts et fromages
- Boissons alcoolisées
- Vinaigre
- Probiotiques en santé humaine
- Probiotiques et agents d'ensilage en nutrition animale
- Éthanol-carburant

#### **3-1 La fabrication de pâtes levées et de pain.**

C'est l'activité chimique des levures qui provoque le dégagement de bulles de gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) et fait lever la pâte à pain. Le levain est une pâte en fermentation à réaction acide qui provient de la fermentation spontanée d'un mélange de farine et d'eau. Il contient

une microflore acidifiante constituée essentiellement de bactéries lactiques qui acidifient le pain, mais ne le font guère lever. Ce sont les levures qui produisent le gaz carbonique responsable de la levée de la pâte.

***Saccharomyces cerevisiae***: espèce de levure la plus commune utilisée pour la fabrication du pain. Elle est capable de fermenter (fermentation éthanolique) le glucose, le maltose et le maltotriose, libérés après hydrolyse de l'amidon par les amylases que la pâte contient.

Le **CO<sub>2</sub> libéré par la fermentation crée des poches** dans la pâte dont la cohésion est assurée par un maillage de gluten, responsables du moelleux de la mie.



**Figure23** : La levure de bière

Des arômes sont aussi libérés pendant la fermentation, tels que certains acides organiques, aldéhydes, éthanol, et autres alcools, esters et cétones.

#### **La fabrication de yaourts et de fromages.**

Le yaourt est une préparation de lait ; deux bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*) sont ajoutées pour

la fermentation : elles transforment le lactose en acide lactique. Cette fermentation du lait conduit à la formation des fromages et des yaourts.

Le fromage est un aliment moulé, obtenu à partir de la coagulation du lait suivie ou non de fermentation. Une présure naturelle peut être ajoutée afin d'aider le caillage du lait. Ce lait caillé est ensuite versé dans des moules individuels pour lui donner une forme, puis amené au saloir où le sel est saupoudré sur toutes les surfaces du fromage, suivi de l'addition de bactéries. Vient ensuite l'affinage qui dure plusieurs jours.

### **La fabrication de vinaigre.**

Le vinaigre est obtenu par la fermentation acétique qui transforme en acide acétique l'alcool d'un vin sous l'effet des bactéries ***Acetobacter***. C'est l'acide acétique qui donne au vinaigre son acidité caractéristique et en fait un conservateur efficace.

**C'est Pasteur** qui en 1865 découvre le responsable de l'acétification et le processus : les bactéries, transportées par les poussières de l'air transforment le vin en vinaigre par oxydation de l'alcool qu'il contient. Petit à petit, ces bactéries remontent à la surface en forment un voile blanchâtre qu'on appelle " **la mère de vinaigre**". Lorsque cette accumulation devient trop importante, les bactéries meurent et tombent au fond de la cuve. Il en est ainsi jusqu'à épuisement de l'alcool présent dans le milieu.

### **La fabrication des probiotiques en santé humaine**

Le corps humain est composé de 100 000 milliards de cellules mais héberge une à dix fois plus de micro-organismes. Ces derniers vivent en véritable symbiose avec leur hôte et l'on ne pourrait vivre sans eux. Même si l'utilisation de micro-organismes aux vertus thérapeutiques ne date pas

d'hier; mais, l'apparition du terme « probiotique » dans notre vocabulaire est récente.

Des travaux scientifiques ont été effectués sur les propriétés et la fonctionnalité de ces micro-organismes dans les aliments.

**Alors que sont-ils exactement ?**

**Quels sont leurs effets sur la santé?**

**Où pourrons nous les trouver ?**



Ce sont des micro-organismes vivants présents dans les aliments, notamment dans les produits laitiers fermentés (dans un yaourt classique, on trouve 100 millions de bactéries par gramme), ou dans des compléments alimentaires sous forme lyophilisée. Pour être efficaces, ils doivent être délivrés vivants dans l'intestin.

**« Un probiotique est un micro-organisme vivant qui, lorsqu'ingéré en quantité suffisante, produit des effets bénéfiques sur la santé de celui qui le consomme ».** Les probiotiques sont généralement des bactéries lactiques, Gram (+), qui nécessitent des milieux de culture riches. L'optimisation des conditions de fermentation des souches doit obtenir une grande quantité de biomasse avec une viabilité élevée, et de maintenir la survie lors du séchage et de la conservation à l'état sec. A l'échelle industrielle, l'optimisation des conditions de croissance représente une étape importante du procédé de production. Tout d'abord, le choix des composants du milieu de culture doit répondre aux besoins nutritionnels des micro-organismes, à des critères réglementaires et à des critères économiques.

## Les probiotiques

En latin « probiota » = « pour la vie » et désigne des micro-organismes qui vivent en nous et avec nous dans plusieurs parties du corps : les intestins, la peau, le vagin, les narines...

Selon la définition de l'OMS et la FAO

### Probiotique

Un micro-organisme vivant qui, lorsqu'il est consommé en quantité suffisante, exerce un effet bénéfique sur la santé de l'hôte

### Prébiotique

Une simple molécule non digestible issue des aliments qui améliore la santé de l'hôte



## Symbiotique

Un produit qui contient à la fois des probiotiques et des prébiotiques



### Quels sont les bienfaits des probiotiques ?

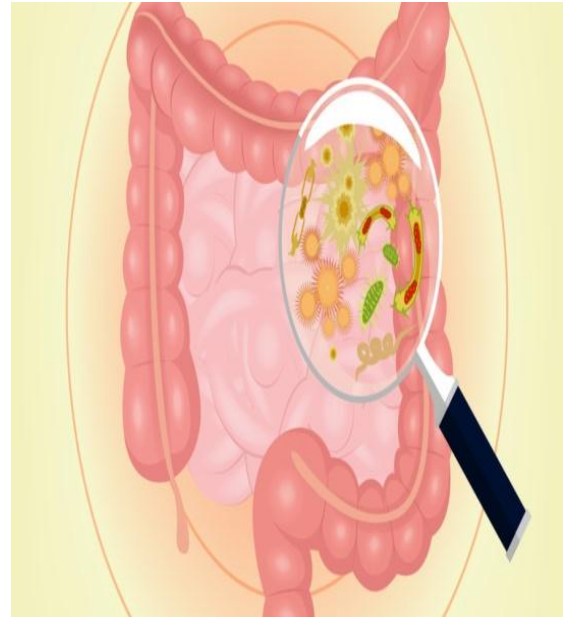
Plusieurs études leur prêtent de nombreuses vertus de santé. Les segments de santé visés sont prioritairement la sphère digestive, les défenses immunitaires. Outre l'amélioration du transit, les **probiotiques** permettraient

de renforcer **nos défenses** et réduiraient les allergies alimentaires (figure 24).  
Ils constituent une alternative naturelle aux traitements médicamenteux.

C'est dans l'intestin que tout se joue, siège de notre flore intestinale

Les probiotiques auraient rôle pour:

- La bonne digestion de certaines fibres, ce qui entraîne la production de molécules bénéfiques pour la santé, les acides gras à chaîne courte.
- Les troubles intestinaux, diarrhées notamment chez les patients atteints de TSF (syndrome de l'intestin irritable)
  - Infection à Helicobacter pylori, une bactérie responsable des ulcères gastroduodénaux.
  - Intolérances alimentaires (Gluten, Lactose,...).
  - La synthèse des vitamines B et K.
  - Ils joueraient un rôle sur certaines maladies neuropsychiatriques comme l'anxiété, la dépression et les troubles bipolaires.
  - Les infections des voies respiratoires supérieures (étude publiée dans le *British journal of nutrition* en 2015)
  - Action anti-âge en renforçant la barrière cutanée.



### Utilisation des probiotiques en industrie

Les probiotiques sont perçus globalement positivement par le grand public. Ils sont présents dans certains aliments, ou encore dans des compléments alimentaires ou des médicaments.

**\*En agro-alimentaire**

**Lacto-fermentation:** une méthode de conservation traditionnelle. un mode de fermentation (production d'énergie anaérobie) qui, en présence de glucides et de bactéries spécifiques (les ferments lactiques), induit la formation d'acide lactique, lui confère de nouveaux arômes et une très grande richesse nutritionnelle, et les rend plus digestes.

Parmi eux, on distingue les **ferments lactiques** (les lactobacilles *Lactobacillus bulgaris*, *Lactobacillus acidophilus* et *Lactobacillus casei* et les coques *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus faecium*), les bifidobactéries d'origine humaine ou animale qui appartiennent à la flore intestinale normale (*Bifidobacterium bifidum*, *Bifidobacterium longum*).

rend plus digestes.



**Yaourts et lait fermenté**



**Les fromages bleus et fromages a croute**



**Le Kefir ou Lben**

Autre aliments qui contiennent des probiotiques:



**Le pain au levain**



**Les charcuteries**



**La choucroute**

### Pharmaceutique

**En médicament:**  
en traitement et prophylaxie  
des diarrhées



**En complément alimentaire:**  
complétant un régime alimentaire



Les différentes levures de type *Saccharomyces* principalement utilisées par l'industrie agroalimentaire (*Saccharomyces boulardii*) et les autres bactéries sporulées (*Bacillus subtilis*, *Bacillus bifidus* et *cereus*).






**Figure 24:** les rôles des pro-biotiques en santé.

Mais attention, les levures et les moisissures sont également redoutées pour leurs effets néfastes :

- **altération des qualités organoleptiques** (fruits, légumes, céréales, produits laitiers, confitures .....)
- **production de toxines dangereuses** (production d'aflatoxines par certains *Aspergillus flavus*.....), agent infectieux.



**Chapitre IV :  
Valorisation des  
végétaux dans  
l'industrie et dans  
l'environnement**

## Chapitre IV : Valorisation des végétaux dans l'industrie et dans l'environnement

Les aliments proviennent principalement des végétaux. Consommation de viandes : Consommation indirecte de végétaux Consommation ++ de céréales, féculents - produits laitiers - boissons alcoolisées - fruits - ... Beaucoup issus directement des végétaux (Pyramide nutritionnelle).

### VI-1 Les grandes classes des plantes industrielles

#### 1 / Plantes pour la production d'alcool Vigne (vin)

Pommier ; Orge; Canne à sucre ; Cerisier ; blé; maïs

#### 2 Plantes pour l'industrie de la cellulose et de la pâte à papier

#### 3/ Plantes pour l'industrie du bois

#### 4 Plantes oléagineuses

#### 5 /Plantes à fibres textiles

Bananier textile, Cotonnier d'Asie, *Gossypium herbaceum* L. Cotonnier d'Égypte (à longues soies), *Gossypium barbadense* L.,

#### 6/ Plantes pour la vannerie et la sparterie

Alfa, *Stipa tenacissima* Loefl. ex L., Poacées Bambou roseau, *Bambusa bambos* (L.) Voss, Poacées

#### 7/ Plantes saccharifères

Betterave sucrière, *Beta vulgaris* var. *saccharata*, Chénopodiacées) Canne à sucre, *Saccharum officinarum* L., Poacées) Érable à sucre, *Acer saccharinum* Wangenh., Acéracées) Rônier (*Borassus flabellifer* L., Arécacées Sorgho sucré, *Sorghum vulgare* Pers. var. *saccharatum*, Poacées)

#### 8/ Plantes saponifères



Saponaire officinale, *Saponaria officinalis* L., Caryophyllacées Savonnier,  
*Sapindus saponaria* L., Sapindacées

### **9/ Gommages et résines naturelles**

Gommages et latex Caoutchouc,

Hévéa ou caoutchouc, *Hevea spp.*, Euphorbiacées

*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.

*Hevea guianensis* Aubl.

Sorva, *Couma utilis* (Mart.) Müll. Arg. Apocynacées

Résines et baumes

### **10/ Plantes à matières tannantes**

Chêne kermès, *Quercus coccifera* L

Chêne liège *Quercus suber* L.

Chêne pédonculé, *Quercus robur* L.

Chêne rouvre, *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.

Chêne tauzin, *Quercus pyrenaica* Willd.

Chêne vert ou yeuse, *Quercus ilex* L.

Acacia à cachou (fabacées)

### **11 Essences et huiles essentielles (plantes aromatiques)**

Citronnelle (*Cymbopogon nardus* (L);, Eucalyptus (*Eucalyptus globulus*,  
Myrtacées); Geranium sp, Jasmin jaune (oléacees), Lavande vraie (*Lavandula  
officinalis*, Lamiacées).....

## VI-2 Utilisation alimentaires des biomolécules végétales

Enjeux agronomiques pour nourrir la population future, surmonter les changements climatiques ( épisodes erratiques mais intenses de sécheresse, de perturbation, de froid intense) développe des maladies, la venue d'insectes ravageurs,...

Recyclage des produits après la récolte, Gérer le gaspillage Zones critiques de malnutrition (Afrique) - "Hunger Map" - problèmes sociétaux.

-Transformation des végétaux (IAA)

-Transformations primaires, directes (Industrie de la fermentation : vins, sucre, Industrie de la trituration pour huiles à partir de produits végétaux, ...)

-Transformations élaborées ( Additifs, texturants, Industrie de la conservation, chocolat, biscotte, pâtisserie,...).

- Balance commerciale Française en déficit mais export de Vins, Épices, Céréales, ...

Utilisation non alimentaire des biomolécules végétales

-Agro ressources pour l'industrie : Lipide, Protéine / Glucide / Fibre

-Ligno cellulosique pour Industrie du textile (lin, coton,...) / bois / papeterie / Cosmétique.

++ filières de valorisation des résidus de cultures pour Économie vertueuse et circulaire : exemple des écorces d'oranges avec Pectines pouvant être extraites pour texturants, utilisation de drech pour gâteaux, ...)

La chimie verte - utilisation matières premières renouvelables

Biomolécules ( tensioactifs, lubrifiants,...)

Biomatériaux (emballages à base d'amidon,! automobile avec fibres de chanvre).

Biocarburants (bioéthanol avec partir fermentation végétale, Diester,...

MAIS compétition utilisation alimentaire OU comme carburant! )

Utilisation des biomolécules végétales dans la Santé

Premières utilisations de plantes médicinales Chinoises puis en Égypte, Grèce puis Paris (Linné, Lavoisier, Jussieu,...) Botanistes et Chimistes pour l'étude des méthodes d'extractions de principes actifs - Allemagne avec Extraction de morphine, Cocaïne E : Quinine , Morphine avec Pavot, Taxol en Chimiothérapie De la plante au médicament

Pharmacognosie : science appliquée traitant des matières premières et des substances à potentialité médicamenteuse d'origine biologique ou minérale

Criblage - Bioprospecting (sans apriori) Récolte de plantes, mises en contact avec cellules humaines, étudier leurs effets pour trouver molécules potentiellement intéressantes Ethnobotanique (avec apriori) - Zoopharmacognosie

Recherches orientées en se calant sur les comportements animaux ou sur des populations d'Indigènes ayant capacité d'auto médication

Apport des biotechnologies

"Molecular Farming"- Plantes usines à médicament : modifier le génome des plantes pour produire des molécules d'intérêt

Métabolomique : équivalent de la!génomique!pour l'ADN science très récente, étudie!métabolites primaires!(sucres, acides aminés, acides gras, etc.) et!métabolites secondaires des plantes (polyphénols, flavonoïdes, alcaloïdes, etc.).

Utilisation des biomolécules dans l'éco innovation et développement durable  
Domaine parisien en plein essor lié aux problèmes de pollution dans les milieux urbains.

## 'Agro-industrie

L'**agro-industrie** est l'ensemble des **industries** ayant un lien direct avec l'**agriculture**. Cela comprend donc l'ensemble des systèmes de productions agricoles et s'étend à toutes les entreprises qui fournissent des biens à l'agriculture, ainsi qu'à celles qui transforment les produits agricoles et les conditionnent en produits commercialisables.



**Les industries alimentaires** sont beaucoup plus homogènes et faciles à classer car leurs produits ont la même utilisation finale.

☒ La plupart des techniques de conservation sont utilisées de façon identique pour une grande diversité de denrées périssables: fruits, légumes, lait, viande ou poisson. Pour ces denrées, la transformation vise surtout à assurer la conservation.

## **L'industrie En Algerie**

L'industrie agro-alimentaire est la deuxième après celle De l'énergie, réalise un chiffre d'affaire de plus de **40%** du total des industries hors hydrocarbures.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**Bent H. Havsteen (2002).**The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacology and Therapeutics*. 96 : 67- 202.

**Bi X. Lim J. Henry CJ (2017).**.. Spices in the management of diabetes mellitus. *Food Chemistry*. 217: 281-293.

**Bruneton J. (1999).** Pharmacognosie. Phytochimie, Plantes Médicinales. 3ème édition. Ed. TEC et DOC, Paris.

**Burt SA. Reinders R. (2003).** Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7. *Letters in Applied Microbiology*. 36, 162–167.

**Duke's. (2015).** Phytochemical and Ethnobotanical Databases. Agricultural Research Service of the US Department of Agriculture.

**EtebuE andArikekpar I.** Antibiotics: Classification and mechanisms of action with emphasis on molecular perspective(2016) s.review. *Int. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. Res.* 4: 90-101.

**Guinoiseau E.( 2010).** Molécules Antibactériennes Issues D’huiles Essentielles : Séparation, Identification Et Mode D’action. Thèse Présentée Pour L’obtention Du Grade De Docteur De L’université De Corse.

**Henri Dupin, Jean-Louis Cuq, Marie-Irène Malewiak et al.(1992)** Alimentation et nutrition humaines. 2ém partie (aliments et nutriments). Éditions Sociales Françaises – ESF. 87-167

**Hesse, M (2002).** *Alkaloids. Nature’s Curse or Blessing ?* Wiley-VHC, Zürich, 413 p., ISBN 3-906390-24-1.

**Bouharmont J. (2013).** Biologie végétale. Ouvrage, 3e édition ; pages 84. Bibliothèque royale de Belgique, Bruxelles: 2014/0074/055.

**Madigan M and Martinko J.** (2007). Brock Biologie des micro-organismes.11<sup>e</sup> édition. Edition Pearson Education. France. 1047 pages

**Meissner, W. J.** *Chem. Phys.* **1819**, 25, 379.

[http://mpronovost.profweb.ca/BIONP1/bionp1\\_molecules\\_proteines.html](http://mpronovost.profweb.ca/BIONP1/bionp1_molecules_proteines.html).

<http://www.abmauri.fr/fabrication-de-la-levure-de-panification.html>.

<http://www.astrosurf.com/luxorion/bacteries-virus.htm>.

<http://tpe.bacterie.free.fr/grand%202.htm>.

[http://www.memoireonline.com/10/11/4897/m\\_Determination-in-vitro--du-pouvoir-](http://www.memoireonline.com/10/11/4897/m_Determination-in-vitro--du-pouvoir-)

[antibacterien-des-huiles-essentielles-deucalyptus-myрте-15.html](http://www.memoireonline.com/10/11/4897/m_Determination-in-vitro--du-pouvoir-antibacterien-des-huiles-essentielles-deucalyptus-myрте-15.html).