



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Microbiologie

قسم : الميكروبيولوجيا

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Mycologie et Biotechnologie Fongique

Intitulé :

La détérioration des fruits secs par la flore fongique.

Préparé par :

DRICI Sana

BOUCHAAR Khadidja

Le : 14/09/2020

Jury d'évaluation :

Présidente du jury : Mme. LEGHLIMI H.

Promotrice : Melle. BELMESSIKH A.

Examinatrice : Melle. ABDELAZIZ O.

M. C. A- UFM Constantine 1.

M. A. A- UFM Constantine 1.

M. C. B - UFM Constantine 1.

*Année universitaire
2019 - 2020*

Remerciements

En premier lieu et avant tout, nous remercions notre **ALLAH** le tout puissant qui nous a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Avant de démarrer ce travail qui représente la fin d'un parcours d'étude riche en expériences humaines et académiques il m'apparaît opportun de remercier chaleureusement toute l'équipe de professeurs qui s'est rendue disponible durant les années des études.

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à notre encadreur; Melle **BELMESSIKH Aicha**; Maître Assistante à l'université *Mentouri Constantine 1*, pour son savoir-faire, ses conseils, sa compétence, sa patience, son enthousiasme et l'attention particulière avec laquelle elle a suivi et dirigé ce travail.

Nos vifs remerciements vont au président du jury; Mme **LEGHLIMI Hind**; Maître de Conférence à l'université *Mentouri Constantine 1*, pour l'intérêt qu'elle a porté à notre recherche en acceptant de scruter notre travail et de l'enrichir par leur propositions.

Nos sincères remerciements vont également s'adressent à l'examinatrice; **ABDELAZIZ Ouided** ; Maître de Conférence à l'université *Mentouri Constantine 1*, pour accepter d'examiner ce modeste travail.

Dédicace

*A Mme Abdelaziz Ouïded Maître de Conférence à l'université
Mentouri Constantine 1 qui m'a aidé tout au long de mes études
dans cette université, par son esprit scientifique de haut niveau et
sa gentillesse incomparable.*

*A mes très chers parents, source de mon bonheur : Mon père et
mère en témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les
sacrifices et tous les efforts pour mon éducation qui m'ont toujours
guidé vers le chemin de la réussite.*

*A ma très chère amie Drici Sana, pour sa coopération et pour tous
les beaux moments que nous avons passé ensemble.*

*A mon fiancé, mon cher frère et mes sœurs pour leurs soutiens et
encouragements.*

Khadidja

Dédicace

À ma chère famille, À tous mes amis.

Merci.

Sana

Liste des symboles et abréviations

% : Pourcent.

°C : Degré Celsius.

µg : microgramme (10^{-6} g).

ADN : Acide désoxyribonucléique

AFB1: Aflatoxine B1.

AFG1: Aflatoxine G1

AFM1: Aflatoxine M1.

AW : Activité de l'eau (water activity).

CO₂ : Dioxyde de carbone.

DON: Deoxynivalenol.

et al : Et autre auteurs.

FAO : *Food and Agriculture Organization of the United Nations*

g : gramme.

ha : Hectare.

Kcal : kilo calorie.

mg : milligramme.

mg/L : Un milligramme par litre.

NH₄⁺: Ammonium.

O₂: Oxygène.

OTA: Ochratoxine A.

pH: Potentiel d'Hydrogène.

PPO : Poly Phénol Oxydase.

T : Tonne.

ZEA : zéaralénone.

Table des matières

Résumé

ملخص

Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 1

Chapitre I: Généralités sur les moisissures

I. Les champignons.....	3
I.1 Les levures	3
I.2 Les moisissures	4
I.2.1 Structure cellulaire des moisissures.....	4
I.2.2 Cycle de vie des moisissures	5
I.2.3 Classification des moisissures	6
I.2.4 Mode de vie	7
I.2.5 Facteurs influençant le développement des moisissures	7
I.2.5.1 Les éléments nutritifs	7
➤ Source de carbone et d'énergie.....	7
➤ Source d'azote	7
➤ Eléments minéraux	8
I.2.5.2 Les facteurs environnementaux.....	8
➤ Humidité relative	8
➤ Température	8
➤ Teneur en O ₂ , CO ₂	8
➤ pH du substrat	8
I.2.6 Isolement des moisissures	9
a) Choix d'échantillons naturels	9
b) Conditions d'isolement	9
c) Choix des milieux de cultures sélectifs	9
d) Addition des antibiotiques	9
I.2.7 Critères d'identification des moisissures	10
a) Identification macroscopique	10

b)	Identification microscopique	10
II.	Biosynthèse des métabolites fongiques.....	11
III.	Biotechnologie fongique.....	11
IV.	Moisissures et antibiotiques.....	11
V.	Moisissures et mycotoxines.....	13
V.1	Les mycotoxines de stockage.....	15
V.2	Les mycotoxines de champs	16
V.3	Facteurs influençant la production des mycotoxines	17
V.3.1	Facteurs physiques.....	17
➤	Activité de l'eau	17
➤	Température.....	17
➤	Lumière.....	18
V.3.2	Facteurs chimiques	18
➤	Activité du milieu-pH.....	18
➤	Composition gazeuse	18
➤	Nature du substrat	18
➤	Traitement chimique du milieu	18
V.3.3	Facteurs biologiques	19
➤	Présence d'acariens et insectes	19
➤	Pratiques agricoles	19
V.4	Les doses de toxine	19

Chapitre II: les fruits secs

I.	Le noyer commun (<i>Juglans regia</i> L.).....	21
I.1	Systématique	21
I.2	Les noix.....	22
I.3	Récolte – Conservation	23
I.3.1	La récolte	23
I.3.2	La Conservation.....	23
a)	Les opération avant le stockage des noix	23
b)	Séchage traditionnel	23
c)	Séchage artificiel	23
I.4	Intérêt nutritionnel des noix	24
I.5	Composition chimique	24
I.6	Production mondiale	26

I.7	Production en Algérie	26
II.	Les amandes.....	26
II.1	Systématique	27
II.2	Intérêt nutritionnel des amandes	28
II.3	Composition chimique	28
II.4	La production mondiale	29
II.5	Production en Algérie	30
III.	L'Arachide (<i>Arachis Hypogea L.</i>).....	30
III.1	Systématique	31
III.2	Production mondiale	31
III.3	Production en Algérie	31
III.4	Les utilisations d'arachide	32
III.4.1	En Alimentation humaine	32
III.4.2	En Alimentation animale	32
III.4.3	En agriculture	33
III.4.4	En médecine	33
III.5	Le stockage des arachides	33
III.5.1	Stockage à l'air libre	33
III.5.2	Stockage en magasin	33
III.5.3	Stockage en silo	34
III.5.4	Stockage sous vide	34
IV.	Les figues séchées.....	34
IV.1	Systématique	34
IV.2	Intérêt nutritionnel et composition chimique	35
IV.3	Stockage	36
IV.4	Le séchage.....	37
IV.5	Procédés de séchage des figues.....	37
a)	Séchage au soleil	37
b)	Séchage au séchoir	38
c)	Chargement du séchoir.....	38
d)	Démarrage du séchage	39
e)	Déchargement du séchoir.....	39
IV.6	Production mondiale	39
IV.7	Production en Algérie	40

Chapitre III: Altération des fruits secs

I. Les différents types d'altérations.....	41
I.1 Altérations physiques	41
I.2 Altération chimique et biochimique.....	42
I.2.1 Brunissement biochimique (par les enzymes).....	42
I.2.2 Oxydation des lipides	43
I.3 Altération microbienne (bactéries, levure et moisissures)	43
➤ Les odeurs.....	44
➤ La couleur	44
➤ Le gout	44
➤ Aspect / structure / texture	44
➤ La valeur nutritionnelle	44
II. Groupes de champignons associés à la détérioration	44
III. Altération des fruits secs.....	45
IV. Altération due à l'activité enzymatique des moisissures.....	45
IV.1 Activité lipolytique	47
IV.2 Activité protéolytique	47
IV.3 L'activité cellulolytique et pectinolytique	48
V. Altération due à la production des mycotoxines	48
VI. Procédés de prévention et de réduction des mycotoxines dans le produit alimentaire.....	50
VI.1 Lutte avant récolte	50
VI.2 Lutte au moment de la récolte.....	51
VI.3 Lutte et décontamination après récolte	51
Conclusion.....	52

Références bibliographiques.

Résumé

L'objectif de ce travail est de donner un aperçu général sur la toxicité des mycotoxines, leur présence naturelle dans les fruits secs et proposer les stratégies de contrôle et de prévention. Pour cela la première partie de ce travail a porté pour donner une idée générale sur les champignons, les principaux facteurs qui influencent leurs croissances, et leur rôle dans le secteur industriel, puisque les aliments sont menacés par les micro-organismes, et en particulier les champignons. La deuxième partie a pour but de citer l'intérêt nutritionnel de différents fruits secs comme les noix, les amandes, les arachides et les figues séchées, qui sont séchés selon des méthodes traditionnelles dans certaines régions du monde, par exemple le séchage sur les toits des maisons. En outre, stocker ces fruits dans des endroits humides stimule le développement des champignons. Malgré le rôle majeur de ces derniers dans les biotechnologies, ici, nous arrivons à un gros problème, car la prolifération des champignons dans les fruits secs entraîne la libération des métabolites secondaire (mycotoxines) ou primaires (enzymes) qui altèrent la qualité de ces aliments mais, surtout, ils peuvent être néfastes pour la santé humaine. Pour cette raison, le troisième chapitre était consacré pour étudier les altérations des fruits secs par les mycotoxines (les aflatoxines, l'ochratoxineA) et les enzymes et les différentes mesures de prévention pour diminuer les risques de contamination fongique. Enfin, les pays producteurs de fruits secs devraient s'efforcer de fournir des fruits avec de bonnes normes nutritionnelles et de rechercher de nouvelles méthodes plus efficaces de séchage et de stockage.

Mots clés : champignons, mycotoxines, enzymes, fruits secs.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو إعطاء لمحة عامة عن السموم الفطرية ، ووجودها الطبيعي في الفاكهة المجففة، واقتراح استراتيجيات للمكافحة والوقاية. ولهذا الغرض ركز الجزء الأول من هذا العمل على إعطاء فكرة عامة عن الفطريات، والعوامل الرئيسية التي تؤثر على نموها ، ودورها في القطاع الصناعي، حيث إن الغذاء مهدد بالكائنات الحية الدقيقة، وخاصة الفطريات. الجزء الثاني يهدف إلى مناقشة القيمة الغذائية للفواكه المجففة المختلفة مثل الجوز واللوز والبقول السوداني والتين المجفف والتي يتم تجفيفها بالطرق التقليدية في بعض أنحاء العالم مثل التجفيف على أسطح المنازل. بالإضافة إلى ذلك، فإن تخزين هذه الفاكهة في أماكن رطبة يحفز نمو الفطريات. على الرغم من الدور الرئيسي لهذه الأخيرة في التكنولوجيا الحيوية، إلا أننا نواجه مشكلة كبيرة، لأن انتشار الفطريات في الفواكه المجففة يؤدي إلى إطلاق نواتج ثانوية (السموم الفطرية) أو الأولية (الإنزيمات) التي تغير جودة هذه الأطعمة ولكن، قبل كل شيء، يمكن أن تكون ضارة بصحة الإنسان. لهذا السبب، تم تخصيص الفصل الثالث لدراسة تغيرات الفواكه المجففة بواسطة السموم الفطرية (aflatoxins, ochratoxinA) والإنزيمات والتدابير الوقائية المختلفة من أجل تقليل مخاطر التلوث الفطري. أخيرًا يجب على الدول المنتجة للفواكه المجففة أن تسعى جاهدة لتزويد الفاكهة بمعايير غذائية جيدة والبحث عن طرق جديدة وأكثر كفاءة للتجفيف والتخزين.

الكلمات المفتاحية: الفطريات ، السموم الفطرية ، الإنزيمات ، الفواكه المجففة.

Abstract

The objective of this work is to give a general overview of the toxicity of mycotoxins, their natural presence in dried fruit and to propose control and prevention strategies. For this purpose, the first part of this work has focused on giving a general idea about fungi, the main factors that influence their growth, and their role in the industrial sector, since food is threatened by microorganisms, especially fungi. The second part aims to discuss the nutritional value of different dried fruits such as nuts, almonds, peanuts and dried figs, which are dried using traditional methods in some parts of the world, such as drying on the roofs of houses. In addition, storing these fruits in moist places stimulates the development of fungi. Despite the major role of the latter in biotechnology, here we come to a big problem, because the proliferation of fungi in dried fruits leads to the release of secondary (mycotoxins) or primary (enzymes) metabolites which alter the quality of these foods but, above all, they can be harmful to human health. For this reason, the third chapter was devoted to study the alterations of dried fruits by mycotoxins (aflatoxins, ochratoxinA) and enzymes and the different preventive measures in order to reduce the risks of fungal contamination. Finally, dried fruit producing countries should strive to provide fruit with good nutritional standards and to research new and more efficient methods of drying and storage.

Key words: fungi, mycotoxins, enzymes, dried fruits.

Liste des figures

Figure 1 : Photo microscopique électronique de la levure (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) vue au microscope.	4
Figure 2 : Photo microscopique de la moisissure <i>Aspergillus niger</i> vue au microscope électronique.....	4
Figure 3 : Cycle de vie des moisissures.....	5
Figure 4 : Historique montrant la découverte des métabolites fongiques	12
Figure 5 : Structure chimique des mycotoxines.....	15
Figure 6: Cacahuète (a) et maïs (b) contaminés par <i>Aspergillus sp</i>	16
Figure 7: Plante de tomate contaminée par <i>Fusarium sp</i>	17
Figure 8: Illustration de noyer commun (<i>Juglans regia L.</i>).....	21
Figure 9: Photos de la noix anglaise (de Perse) : (a) avec et (b) sans coquille.....	22
Figure 10: Illustration d'amandier commun (<i>Prunus Amygdalus</i>).....	27
Figure 11: L'amandier <i>Prunus Amygdalus</i> (a).....	27
Figure 12: Amandes décortiquées (b).....	27
Figure 13: L'arachide <i>Arachis hypogea L.</i>	30
Figure 14: Grain d'arachide.....	30
Figure 15: Illustration de figue commune (<i>Ficus carica L.</i>).....	34
Figure 16: Figue fraîche.....	36
Figure 17: Figues séchées.....	37
Figure 18: Séchage traditionnel des figues au soleil.....	38
Figure 19: Figue séchée turque naturelle.....	40
Figure 20: Figue séchées de Kabylie (algérienne) traditionnelle.....	40
Figure 21 : Un exemple de brunissement enzymatique sur des peaux de banane.....	43
Figure 22 : Des bactéries et des moisissures dans le fromage.....	43
Figure 23: Fruits secs contaminés par des aflatoxines.....	49
Figure 24 : Fluorescence émise par l'aflatoxine sous lumière ultraviolette sur des figues séchées à gauche et pistaches à droite.....	49

Liste des tableaux

Tableau 1 : composés antibiotiques, souches productrices avec les activités biologiques importantes.	13
Tableau 2: Principales mycotoxines retrouvées dans l'alimentation humaine et/ou animale	14
Tableau 3: concentration maximales autorisées des mycotoxines dans les denrées alimentaires dans l'Union Européenne (2007).	20
Tableau 4: Position systématique de noyer commun (<i>Juglans regia</i> L.).....	21
Tableau 5: Composition pour 100 g de cerneaux de noix séchée.....	25
Tableau 6: Position systématique de (<i>Prunus Amygdalus</i>).	27
Tableau 7: Valeur alimentaire pour 100 g net d'amandes.....	28
Tableau 8: Production d'amande, avec coque en 2011.	29
Tableau 9: Position systématique de (<i>Arachis Hypogea</i> L.).....	31
Tableau 10 : Valeurs nutritionnelles de l'arachide pour 100 g	32
Tableau 11: Description botanique de <i>Ficus carica</i> L.....	35
Tableau 12 : Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (Composition moyenne pour 100 g)	35
Tableau 13 : La production mondiale des figues sèches	40
Tableau 14: les principales Enzymes qui causent la détérioration des aliments	46
Tableau 15: Principales mycotoxines retrouvées en alimentation humaine et/ou animale et leurs risque pour le consommateur.....	50

Introduction

Les fruits secs et à coques (les noix) sont considérés comme la meilleure source de nutriments essentiels. Ils présentent également des avantages pour la santé humaine en réduisant les risques d'obésité et de maladies cardiovasculaires et en éliminant les risques de diabète (**Carughi et al., 2015**). Ils ont une durée de conservation plus longue que les fruits frais et constituent donc la meilleure alternative aux fruits frais pour une utilisation de longue durée (**Masood et al., 2015**).

L'économie d'un pays dépend principalement de ses exportations et la plupart des pays en développement exportent des produits agricoles qui sont considérés comme l'épine dorsale de l'économie du pays (**Alghalibi et Shater, 2004**). En Algérie, il y a une production agricole destinée à l'exportation comme, les dattes, les figues séchées d'origines de région des kabyles, les céréales, etc. Malgré leur classement parmi les plus importants pays producteurs de ces produits et leur haute qualité nutritives mais ces produits restent en quantité insuffisantes ni en abondance dans les marchés.

Comme ailleurs, la population algérienne consomme des grandes quantités de fruits à coques directement ou sous forme d'ingrédients dans des préparations traditionnelles préparées pendant les festivités notamment au cours du mois de Ramadan et des festivités (circoncision, mariage...), cependant peu d'informations biochimiques et microbiologiques sur la qualité et les bienfaits de ces denrées alimentaires sont disponibles (**Dir et al., 2018**).

Comme plusieurs autres produits agricoles, les fruits secs sont propices à des contaminations par des microorganismes particulièrement les moisissures pendant la croissance, le pré- et la post-récolte. Grâce à un arsenal enzymatique très varié, les moisissures constituent un agent de détérioration très important pour ces aliments.

Une telle contamination peut se produire lors du stockage dans diverses conditions climatiques, de la distribution, ou bien de la vente et/ou de l'utilisation (**Mckee, 1995**). Certains facteurs importants qui influencent le développement des moisissures et la production de toxines pendant le stockage sont : la température de stockage, la teneur en humidité et l'existence d'oxygène (**Codex Alimentarius Commission, 2005 ; Singh et Cotty, 2017**). Les moisissures diminuent ainsi la qualité sanitaire des aliments (allergie, agents toxiques responsables de graves intoxications humaines et animales). (**Lubulwa et Davis, 1994 ; Boudra, 2009**).

De nos jours, la prévention de la contamination fongique dans les denrées alimentaires, en particulier les fruits secs et à coque, est devenu un problème de santé publique (**Alwakeel et al., 2011**).

Les maladies d'origine alimentaire sont considérées comme un problème international majeur et continuent de constituer une préoccupation de santé publique, en particulier dans les pays en développement où les normes, les réglementations et les politiques de sécurité alimentaire ne sont pas bien établies ou sont rarement en place (**De Sousa, 2008 ; Programme de sécurité alimentaire, 2002 ; Mensah et al., 2002**). Malgré le risque sanitaire et l'inquiétude générale que suscitent les infections d'origine alimentaire, seule une fraction d'entre elles sont diagnostiquées et signalées, ou peuvent être rattachées à une source précise (**Lukinmaa et al., 2004**).

Le but de ce travail est de donner une idée générale sur les enzymes et les mycotoxines sécrétées par les champignons altérant quelques fruits secs vendus dans les marchés.

Chapitre I : Généralités sur les moisissures

I. Les champignons

Les champignons ou *Fungi* sont des organismes eucaryotes dépourvus de chlorophylle les qualifiant d'organismes hétérotrophes. Une source de carbone organique est donc nécessaire à leur développement (**Kendrick, 2000**).

Ils sont caractérisés par la nature chimique de leur paroi cellulaire riche en chitine et la présence de glycogène comme source de réserve.

Leur rôle essentiel est la biodégradation et le recyclage des matières organiques (**Chabasse et al., 2002**). Leur particularité morphologique est d'être étroitement liée à leur substrat nutritif grâce à un réseau mycélien très développé.

Leur reproduction est aussi une caractéristique remarquable. En fait, les champignons produisent un très grand nombre de spores, ce qui leur assure un grand pouvoir de diffusion ou de contamination. Ces spores sont issues de deux modalités de reproduction sexuée ou asexuée (**Chabasse et al., 2002**) selon ses conditions de vie. En général, la reproduction asexuée se manifeste lorsque les conditions de vie sont difficiles (hiver, sécheresse).

Les champignons sont ubiquistes présents dans le sol, l'eau et l'air. Le terme champignons nous évoque spontanément les cèpes, les morilles et autres espèces comestibles ou non qui sont constituées d'un chapeau et d'un pied. Mais nous allons nous intéresser aux champignons microscopiques, parmi lesquels on distingue : les levures et les moisissures (**Guiraud, 2012**).

I.1 Les levures

Les levures sont des champignons microscopiques unicellulaires, elles forment un groupe très hétérogène (**Kreger-Van-Rig, 1984**).

Leur multiplication peut se faire par reproduction sexuée qui correspond à une phase de leur cycle biologique, ou par deux modes de reproduction asexuée (reproduction végétative) qui sont :

- **La fission binaire** : caractéristique du genre *Schizosaccharomyces*.
- **Le bourgeonnement** : caractéristique du genre *Saccharomyces* (**Figure 1**).

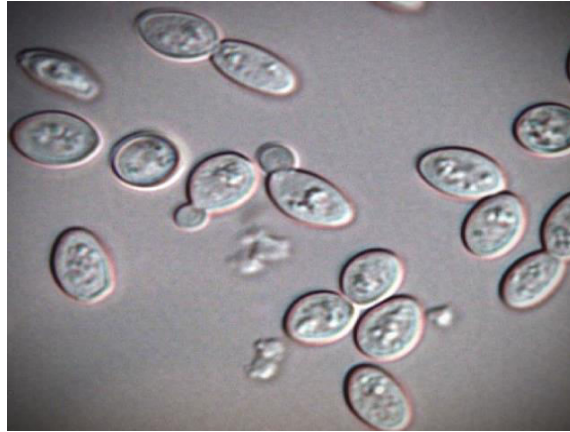


Figure 1 : Photo microscopique électronique de la levure (*Saccharomyces cerevisiae*) vue au microscope.

(<https://tp-svt.pagesperso-orange.fr/respiration.htm>). Consulté le 24 Aout 2020.

I.2 Les moisissures

Les moisissures sont des champignons filamenteux microscopiques (**Figure 2**), susceptibles de coloniser des substrats très différents tels que les produits alimentaires, les textiles, les papiers, le bois, etc. (Alborch et al. 2011).



Figure 2 : Photo microscopique de la moisissure *Aspergillus niger* vue au microscope électronique.

(https://www.sciencesetavenir.fr/sante/les-moisissures-font-le-lit-de-l-asthme-a-l-ecole_27884).

Consulté le 10 Aout 2020.)

I.2.1 Structure cellulaire des moisissures

L'hyphe ou filament, en est l'élément structural des moisissures, divisé ou non par des parois transversales. Plusieurs hyphes constituent un réseau visible à l'œil nu : le mycélium ou partie végétative du champignon (Chasseur et Nolard, 2003).

Chez les Phycomycètes, les cellules ne sont pas séparées par des cloisons transversales : le thalle est dit coenocytique ou « siphonné » : Mucorales (*Mucor*, *Absidia*, *Rhizopus*...). Par

contre, chez les Septomycètes, l'hyphe est cloisonné : le thalle est dit « septé » ; dans ce cas, des perforations assurent la communication entre les cellules : *Penicillium*, *Aspergillus*... (Botton et al., 1990).

I.2.2 Cycle de vie des moisissures

Le cycle de vie des moisissures est illustré par 4 principales étapes (Figure 3) :

- Germination
- Développement
- Reproduction
- La dormance/latence (Labioud et Chaibras, 2015).

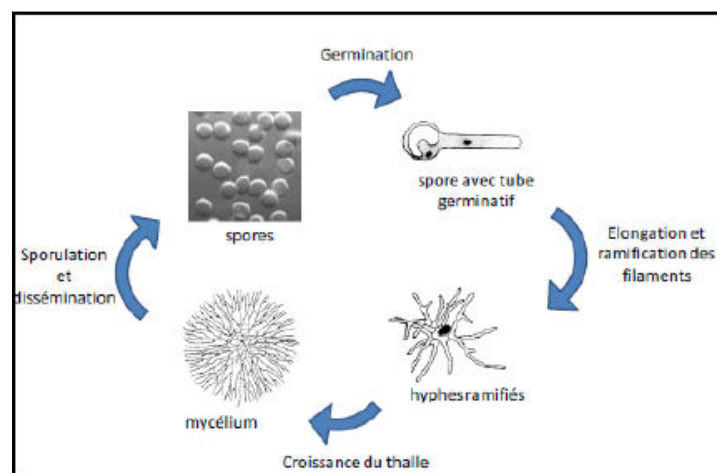


Figure 3 : Cycle de vie des moisissures.

(www.aspergillus.man.ac.uk). Consulté le 10 Aout 2020.

Tout comme en milieu extérieur, le cycle de vie des moisissures en milieu intérieur débute lorsqu'une spore se dépose sur une surface lui offrant les conditions nécessaires à sa croissance. En fait, la germination se déclenchera par la présence d'eau combinée ou non à certains facteurs très spécifiques comme l'intensité lumineuse, certaines températures ou types d'éléments nutritifs. La spore germera alors et donnera naissance à un premier filament non différencié, appelé hyphe, qui s'allongera pour former un ensemble appelé mycélium. Cet ensemble de filaments, plus ou moins ramifiés, constitue le thalle des champignons. En présence de conditions favorables à la sporulation, le mycélium donnera naissance à des structures plus spécialisées, qui produiront des spores asexuées (conidies) ou, plus rarement, des spores sexuées (Kendrick, 1999).

Chaque moisissure produit un très grand nombre de spores dont l'ensemble, appelé sporée, se présente très souvent sous un aspect poudreux et coloré à la surface de la moisissure. La taille, la forme et la couleur des spores de moisissures varient grandement d'une espèce à l'autre.

Par contre, en microscopie, toutes les spores d'une même espèce sont de couleur, de dimension et de forme relativement constante ce qui, dans bien des cas, constitue un élément d'identification taxonomique (Acgih, 1999).

I.2.3 Classification des moisissures

Les moisissures ne correspondent pas à un groupe systématique homogène, mais se situent en diverses familles de champignons microscopiques. Leur classification est basée sur des caractères morphologiques (structure du mycélium) et le mode de reproduction (Davet, 1996).

- a) **Les Eumycètes** ou les vrais champignons forment un groupe très vaste incluant les classes principales des moisissures (Bourgeois, 1989), à savoir les Zygomycètes, les Ascomycètes, les Basidiomycètes et les Deutéromycètes.
- b) **Les Zygomycètes** Ces moisissures possèdent un thalle mycélien non cloisonné et des organes de reproduction sexuée (Guiraud, 1998). La famille la plus importante dans cette classe est celle de Mucorales qui comprennent un grand nombre de moisissures saprophytes mais aussi quelques espèces parasites des champignons, des animaux et des hommes (mucormycoses) (Leveau et Bouix, 1993 ; Boiron, 1996). Certaines Mucorales sont parfois utilisées industriellement en raison de leurs activités enzymatiques (amylase, protéase,...) comme *Rhizopus* et *Mucor* (Guiraud, 1998).
- c) **Ascomycètes** Les Ascomycètes sont définis comme des champignons à thalle mycélien cloisonné, dont le mode de reproduction est sexué avec des spores endogènes (ascospores). Cette classe regroupe de nombreux parasites des végétaux mais aussi de nombreuses moisissures (Guiraud, 1998). Elles sont cependant plus particulièrement nombreuses dans l'ordre des Eurotiales, des Microscaleas et des Sphaeriales. Dans cette classe, le genre le plus connu est *Endothia* et *Neurospora* (Bourgeois, 1998).
- d) **Basidiomycètes** Elles regroupent seulement certaines moisissures parasites. Elles sont caractérisées par un thalle à mycélium septé et une reproduction sexuée avec la formation de spores exogènes (basidiospores), c'est le cas de *Agaricus* et *Coprinus* (Botton et al., 1999).
- e) **Deutéromycètes** Egalement appelés champignons imparfaits, les Deutéromycètes sont caractérisés par un mycélium cloisonné et une reproduction végétative réalisée par des spores asexuées ou par simple fragmentation du mycélium (Boiron, 1996). Ces moisissures constituent la majeure partie des Hyphales ; elles sont classées en fonction des caractéristiques des organes conidiens et du mode de groupement des

hyphes. Le groupe des Deutéromycètes contient un grand nombre de contaminants de végétaux et de produits alimentaires : *Trichoderma*, *Cephalosporium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, cette classe regroupe aussi les *Penicillium* et les *Aspergillus* (**Frazier, 1967; Punt et al., 2002**).

I.2.4 Mode de vie

- **Saprophytes** (du grec *sapros*, pourriture et *phyton*, plante) : Ils vivent aux dépens de la matière organique en décomposition.
- **Parasite** (du grec *parasitos*, parasite, de *para*, à côté et *sitos*, aliment) : Ils vivent aux dépens d'autre être vivants.
- **Symbiose** (du grec *sym*, avec et *bios*, vie) : Certaines peuvent entrer en relation avec des organismes vivants il se forme une association bénéfique (l'exemple des lichens qui sont une association algues champignons) (**Bouchet et al., 1989**).

I.2.5 Facteurs influençant le développement des moisissures

I.2.5.1 Les éléments nutritifs

Les moisissures sont des microorganismes hétérotrophes, elles exigent donc la présence des éléments nutritifs de base (carbone, azote et ions minéraux) dans le milieu qui assure leur croissance. Les moisissures possèdent une panoplie enzymatique extrêmement riche qui leur permet d'utiliser plus efficacement encore que les bactéries les substrats les plus complexes (**Davet, 1996**).

➤ Source de carbone et d'énergie

Pratiquement tous les composés organiques peuvent être utilisés comme source de carbone et d'énergie par les moisissures. La plupart d'entre elles peuvent métaboliser le glucose et le saccharose avec quelques polysaccharides comme l'amidon et la cellulose (**Boiron, 1996 ; Nicklin et al., 2000**).

➤ Source d'azote

La plupart des moisissures assimilent l'ammoniaque sous forme de sels (NH_4^+) dont la présence réprime l'utilisation d'autres sources azotées (nitrate, acides aminés, protéines). L'ammoniaque est transformé en acide glutamique, en glutamine ou en d'autres acides aminés par transamination (**Boiron, 1996**), alors que seules certaines espèces utilisent le nitrate, d'autres ne peuvent croître qu'en présence d'azote organique et aucune moisissure ne peut fixer l'azote atmosphérique (**Punt et al., 2002**).

➤ **Eléments minéraux**

La présence des ions minéraux et métaux dans le milieu de culture est nécessaire pour la croissance et la reproduction de plusieurs espèces fongiques, il s'agit essentiellement de sulfate, de magnésium, de potassium, de sodium et de phosphore avec des concentrations plus au moins différentes selon l'espèce (Uchicoba et al., 2001). Des traces d'éléments tels que le fer, le cuivre, le manganèse, le zinc et le molybdène, sont nécessaires à la plupart des moisissures pour la production des cytochromes, des pigments, des acides organiques, etc. (Boiron, 1996).

I.2.5.2 Les facteurs environnementaux

Ces substances nutritives sont souvent abondantes mais c'est généralement une bonne combinaison des facteurs environnementaux déterminants que sont l'humidité, l'oxygénation, la température et le pH qui fait défaut entravant ainsi le développement des moisissures (El Himer et Gherras, 2017).

➤ **Humidité relative**

Elle est optimale entre 0,78 et 0,84 pour *Aspergillus flavus*. C'est le facteur le plus important et commun à toutes les moisissures (Morceau, 1974).

➤ **Température**

Les champignons sont classés selon la gamme de température à laquelle ils se développent. On distingue quatre catégories : mésophiles (0 à 50°C), à température optimale de 15 à 30°C, thermophile (20 à 50°C), psychrophiles (0 à 20°C). La majorité des espèces sont mésophiles se développant surtout entre 22 et 27°C (Roquebert, 1977), pour *Aspergillus flavus* l'éventail va de 10 à 45°C (FAO, 1977 ; DIO, 1978 ; Adary et Med, 1998).

➤ **Teneur en O₂, CO₂**

La plupart des moisissures sont aérobies et exigent une bonne oxygénation et un taux de CO₂ inférieur ou égal à 10%. Cependant, certaines tolèrent des quantités relativement faibles d'oxygène et peuvent même se développer en anaérobiose.

➤ **pH du substrat**

Le développement d'un champignon sur un substrat donné est liée à des propriétés inhérentes au champignon telles que la capacité à produire des métabolites (enzyme, pigments, synthèse de toxine). La tolérance au pH est assez grande pH = 2 à 7,5 (Meletiadiis et al., 2001).

I.2.6 Isolement des moisissures

La plupart des milieux naturels air, sol, eau et matières premières alimentaires peuvent servir de matériel de départ pour l'isolement des moisissures (**Clark et al., 1985 ; Karam, 2000 ; Julien, 2002**).

a) Choix d'échantillons naturels

Le choix de l'échantillon naturel est déterminant pour la mise en évidence du microorganisme recherché. Initialement, les souches microbiennes ont souvent été isolées du sol ou d'éléments naturels (**Julien, 2002**). Généralement, les microorganismes producteurs des hydrolases sont localisés là où ces substances sont abondantes. Par exemple, les microorganismes sécrétant des cellulases sont nombreux dans les sols des forêts (**Scriban, 1999**), tandis que les espèces protéolytiques, elles sont localisées dans les débris de fromageries (**Peppler et Perlman, 1979 ; Fuke et Matsuoka, 1993 ; Punt et al., 2002**).

b) Conditions d'isolement

Pour permettre l'expression la plus complète possible des microorganismes recherchés, il convient de retenir au laboratoire les facteurs et paramètres de l'environnement naturel qui ont pu favoriser l'implantation d'une flore particulière. La plupart des moisissures requièrent pour leur développement de l'oxygène et croissent bien en l'absence de lumière. Leur tolérance à l'égard du pH est souvent étendue mais avec généralement une préférence pour les pH légèrement acides. Concernant la température, leur gamme compatible avec la croissance est très large et diffère selon les espèces (**Botton et al., 1999 ; Julien, 2002 ; Coulibaly et Agathos, 2003**).

c) Choix des milieux de cultures sélectifs

Le choix des milieux de cultures est également déterminant dans l'isolement des moisissures (**Harrigan et McCance, 1976**). Les milieux d'isolement de base (et de numération des spores) sont souvent communs à ceux décrits pour les levures tels que Czapek, le milieu malté (**Chakraborty et al., 1995**) ou le milieu de Mossel (**Botton et al., 1999**). Lors des isollements, ce dernier inhibe la prolifération des bactéries en raison de leur acidité.

d) Addition des antibiotiques

L'isolement des moisissures est réalisé le plus souvent à partir de produits contenant également des bactéries et des levures, donc il est nécessaire d'employer des inhibiteurs spécifiques pour les détruire. L'addition d'antibiotiques aux milieux de cultures est utilisée pour empêcher le développement des bactéries. Les antibiotiques utilisés sont : le

chloramphénicol 0,5 mg/ml, l'oxytétracycline 0,1 mg/ml, la streptomycine 30 à 40 µg/ml, la colistine 0,08 mg/ml, la novobiocine 0,1mg/ml ou des colorants (rose Bengale 35 à 67mg/l, cristal violet 10 mg/l) (Guiraud, 1998). En raison de leur stabilité, la gentamycine et la chloramphénicol peuvent être stérilisés avec le milieu ; leurs larges spectres d'action en font des antibiotiques très utilisés (**Botton et al., 1999**).

Lorsque les levures sont très abondantes dans le milieu, il est parfois possible d'utiliser de l'actidione mais à faible concentration de façon à ne pas inhiber la croissance des champignons filamenteux recherchés (concentration à 2 mg/l) (**Guiraud, 1998 ; Waller, 2004**).

I.2.7 Critères d'identification des moisissures

L'identification des moisissures fait essentiellement appel aux caractères cultureux et à la morphologie, rarement à des propriétés biochimiques; elle nécessite souvent l'utilisation des milieux standards favorisant la croissance ou la reproduction et permettant ainsi une expression correcte des caractères à étudier (**Botton et al., 1990**).

a) Identification macroscopique

L'observation macroscopique est réalisée sur la face et le revers de la boîte, en se basant sur la détermination des caractères cultureux suivants :

- Vitesse de croissance
- Texture de thalle (veloute, laineux, ect.).
- Couleur de thalle (pigmentation du mycélium, couleur des conidies).
- Couleur de revers de la culture et présence d'un pigment diffusible.
- Odeur.
- Exsudat (gouttelettes transpirées par le mycélium aérien) (**Botton et al., 1990**).

b) Identification microscopique

L'identification microscopique des champignons fait appel à des techniques particulières comme la culture sur lame gélosée directement observable au microscope (**Guiraud et Rosec, 2004**), ou à la technique de scotch (**Chabasse, 2002**). Elle consiste à adhérer à l'aide d'un bout de scotch (technique du drapeau) une fraction mycélienne à partir d'une culture jeune et de la coller sur une lame contenant quelques gouttes de lactophénol (**Chabasse, 2002**).

Tous les caractères morphologiques doivent être notés avec précision en utilisant le microscope optique aux grossissements ×10, ×40 et ×100, qui détermine les dimensions du

thalle, ornementation et septation ou non de l'hyphe et la forme et ornementation des conidiospores (Botton et al, 1990).

Les observations macroscopiques et microscopiques ne sont pas toujours fiables et nécessitent une confirmation d'identification moléculaire par séquençage de gènes de référence.

II. Biosynthèse des métabolites fongiques

Les champignons produisent une étendue diversité de métabolites primaires (acides aminés, enzymes, ect.) et secondaires (antibiotiques, terpénoïdes, stéroïdes, mycotoxines, ect.) (Rabha et Dhruva, 2018).

Alors que les métabolites primaires sont partagés entre toutes les cellules vivantes, les métabolites secondaires sont très divers et fréquemment produits par un nombre limité d'espèces ou de types de cellules (Rohlfis et Churchill, 2011). Le rôle des métabolites secondaires dans les champignons qui les produisent reste un mystère. Beaucoup de ces champignons vivent de façon saprophyte dans le sol et ces molécules peuvent fournir une protection contre d'autres habitants de cette niche écologique (Fox et Howlett, 2008).

III. Biotechnologie fongique

La biotechnologie fongique est un participant de l'industrie mondiale en raison de son potentiel époustoufflant. Les champignons jouent un rôle important dans la résolution des grands défis mondiaux. L'utilisation de procédés et de produits fongiques peut renforcer le développement durable à partir d'une utilisation plus efficace des ressources naturelles. Les champignons sont utilisés dans de nombreux procédés industriels de fermentation, tels que la production de vitamines, pigments, lipides, glycolipides, polysaccharides et les alcools polyhydriques. Ils possèdent des activités antimicrobiennes et s'ils sont utilisés comme des biofertilisants. Des exemples courants de champignons sont *Penicillium sp.*, *Mucor sp.*, *Rhizopus sp.*, *Fusarium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Aspergillus sp.* et *Trichoderma sp.* Les champignons sont utilisés comme une source de nourriture dans la préparation de pain et de jus fermentés (*Saccharomyces crevisiae*) (Leera et al, 2019).

IV. Moisissures et antibiotiques

Considérant les métabolites secondaires qui ont un impact énorme sur la société et présentent un intérêt majeur en raison de leur application potentielle dans le traitement des maladies infectieuses comme, les antibiotiques par exemple les immunosuppresseurs et en tant que

source potentielle de nouveaux agents thérapeutiques et de nouveaux médicaments (**Tableau 1**). Fait intéressant, certains de ces produits naturels ont déjà été utilisés par d'anciennes populations humaines (**Fox et Howlett, 2008**).

L'histoire des moisissures avec les bactéries commence en 1929, où Sir Alexander Fleming a remarqué qu'une de ses cultures de *staphylocoques* est en partie décimée : les bactéries ont été contaminées par la moisissure *Penicillium notatum* (également connu sous le nom de *Penicillium chrysogenum*). Il constate aussi qu'elles ne se développent plus là où la moisissure prolifère. Il formule alors l'hypothèse que cette-dernière synthétise une substance, la pénicilline, qui bloque le développement de la bactérie. Il essaye alors d'extraire le principe actif des moisissures, mais toutes ses tentatives se soldent par des échecs (**Benjira, 2016**). C'est 10 ans plus tard qu'Howard Florey et Ernst Chain, ont isolé la substance bactériakillante trouvée dans le moule c'est la pénicilline (**Goyal et al., 2017**).

Des découvertes marquantes des métabolites fongiques sont présentées sur la figure 4.

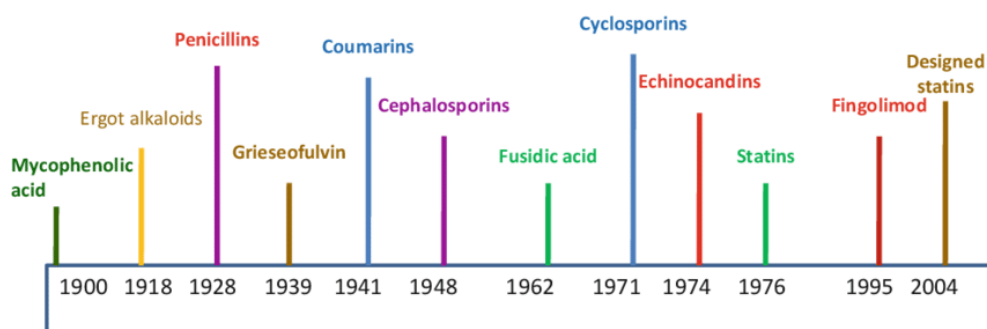


Figure 4 : Historique montrant la découverte des métabolites fongiques (Goyal et al., 2017).

Tableau 1 : composés antibiotiques, souches productrices avec les activités biologiques importantes (Cunningham, 2015).

Producteur	Composé	Activité biologique
<i>Tolyocladium inflatum</i>	Cyclosporine A	Immunosuppresseur
<i>Penicillium chrysogenum</i>	Pénicilline	Antibiotique (inhibe la synthèse de la paroi cellulaire).
	Amoxicilline	diverses infections streptococciques et staphylococciques.
	Pénicilline G	infections streptococciques et staphylococciques.
<i>Cephalosporium chrysogenum</i>	Céphalosporine	Antibiotique (inhibe la synthèse de la paroi cellulaire).
	Céfaclor	infections des voies respiratoires et urinaires et de la peau, otite moyenne.
	Ceftriaxone	infections des voies respiratoires et urinaires, de la peau, du sang, de la cavité abdominale, des os et des articulations; maladie inflammatoire pelvienne; blennorragie; méningite.
	Céphalexine	infections des voies respiratoires et urinaires, de la peau et des os; otite moyenne.

V. Moisissures et mycotoxines

Les moisissures ou les champignons microscopiques produisent un certain nombre de métabolites secondaires toxiques d'où l'appellation de mycotoxine telles que les aflatoxines, les fumonisines, les trichothécènes, les fusarines, la zéaralenone et les alcaloïdes ergots (Ward et al., 2002; Abrar et al., 2013), ils sont produits par trois principaux types de champignons : *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* (Kaushal et Sinha, 1993) (Tableau 2).

Les mycotoxines représentent potentiellement de graves menaces pour la santé humaine et animale, certains d'entre eux sont génotoxiques, cancérigènes ou mutagènes. Tandis que d'autres sont toxiques pour les reins, le système nerveux ou encore le foie (Gauthier, 2016). Cependant, dans des conditions de culture standard, le métabolisme secondaire fongique reste largement inactif (Derntla et al., 2016). Par ailleurs, il convient de noter que la toxicité ne provient pas forcément de la mycotoxine elle-même, mais peut être due à l'un de ses métabolites issus de sa dégradation (Gauthier, 2016).

Tableau 2 : Principales mycotoxines retrouvées dans l'alimentation humaine et/ou animale (Bennet et Klich, 2003).

Mycotoxine	Moisissure	Denrées
Aflatoxines B1, B2, G1 et G2	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. Parasiticus</i> , <i>Aspergillus nomius</i> , <i>A. bombycis</i> , <i>Aspergillus pseudotamarii</i> et <i>Aspergillus ochraceoroseus</i>	Arachides, céréales, graines de coton, épices et fruits.
Ochratoxines A, B, C	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Penicillium viridicatum</i>	Légumes, céréales et graines de café.
Zéaralinone	<i>Fusarium graminearum</i> et <i>F. sporotrichioides</i> .	Maïs, orge, blé, etc.
Fumonisines	<i>F. moniliforme</i>	Maïs et autres céréales
Trichothécènes (toxine T-2)	<i>Fusarium spp.</i>	Maïs et blé
Alcaloïde de l'ergot	<i>Claviceps purpurea</i> et <i>C.paspali</i>	Blé et dérivés de seigle
Patuline	<i>Aspergillus spp.</i> et <i>Penicillium spp.</i>	Fruits (pompes, prunes, pêches, poires, abricots)

Les mycotoxines sont des métabolites de faible poids moléculaire, généralement inférieur à 500 g/mol (El Himer et Gherras, 2017). Ces métabolites peuvent présenter une diversité structurale importante (Bennett et Klich, 2003). Nous citons quelques exemples de mycotoxines les plus connues (Figure 5).

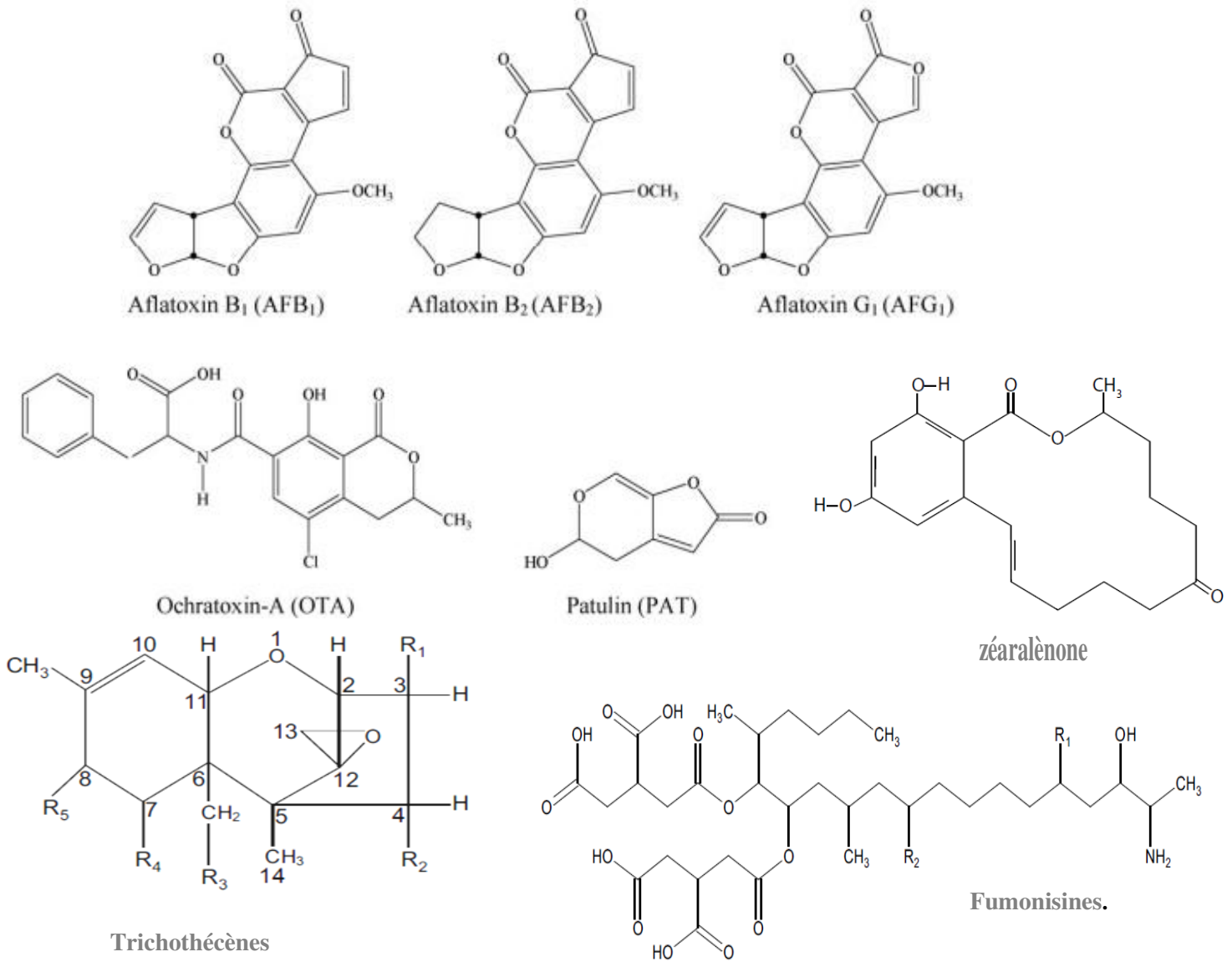


Figure 5 : Structure chimique des mycotoxines (Fernández-Cruz et al., 2010 ; Burel et al., 2006).

Selon leur lieu de production, les mycotoxines peuvent être classées en deux catégories :

V.1 Les mycotoxines de stockage

La Citrinine et la Patuline sont produites essentiellement par les genres *Penicillium* et *Aspergillus* (Figure 6) (Gauthier, 2016).



Figure 6: Cacahuète (a) et maïs (b) contaminés par *Aspergillus sp*

(a): (https://www.researchgate.net/figure/Contamination-of-shelled-peanut-by-Aspergillus-spp-William-Appaw_fig5). Consulté le 08 Aout 2020.

(b) : (https://www.pioneer.com/us/agronomy/aspergillus_ear_mold_cropfocus.html). Consulté le 08 Aout 2020.

Dans les climats doux, les moisissures toxicogènes les plus fréquentes dans les denrées alimentaires et les aliments pour animaux sont les espèces des genres : *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* (Pitt, 2000).

Cependant, des toxines ont été détectées à partir de nombreux autres champignons dans certaines conditions de croissance. Le type et les quantités de toxines produites dépendent de la souche fongique, des conditions de croissance, ainsi que de la présence ou de l'absence d'autres organismes (D'Mello et al., 1997).

La toxinogénèse est un processus complexe qui n'est pas intégralement connu. La synthèse des toxines fongiques et la croissance fongique sont donc conditionnées par divers facteurs d'ordre physiques, chimiques et biologiques (D'Mello et al., 1997).

V.2 Les mycotoxines de champs

On peut citer en exemple les Fumonisines, principalement produites par le genre *Fusarium* (Figure 7). Les champignons producteurs se développent alors sur les plantes sénescents ou stressées (Gauthier, 2016).



Figure 7 : Plante de tomate contaminée par *Fusarium sp.*
(<http://Commons.Wikimedia.Org>). Consulté le 24 Aout 2020.

V.3 Facteurs influençant la production des mycotoxines

V.3.1 Facteurs physiques

➤ Activité de l'eau

L'Aw requise pour la croissance d'une moisissure est inférieure à celui requis pour la mycotoxinogénèse. La présence d'une moisissure dans un aliment ne signifie donc pas obligatoirement qu'on y retrouvera des toxines fongiques.

L'activité de l'eau optimale pour la plupart des espèces fongiques est comprise entre 0,85 et 0,99. Certaines espèces d'*Aspergillus* et de *Penicillium* ont la capacité de se multiplier à des Aw inférieurs à 0,75 et pour une température de 25°C (**Lesage-Meesen et Cahagnier, 1998**). Elles font partie des espèces xérophiles que l'on retrouve dans les produits pauvres en eau (céréales, fruits secs...), notamment au moment de la phase de stockage. En revanche, quelques espèces de *Fusarium* exigent un Aw supérieur à 0,98 (**Castegnaro et Pfohl-Leszkowicz, 2002**). Il s'agit de moisissures de champs qui se développent sur les plantes endommagées ainsi que dans les milieux riches en eau (**Pfohl-Leszkowicz, 1999**).

➤ Température

La température est un facteur prépondérant de la croissance des micromycètes et donc de la production de toxines. Elle est intimement liée à l'activité de l'eau. De même que pour l'Aw, la température idéale de croissance d'un champignon ne correspond pas à celle de la toxine. De manière générale, elle est supérieure à la température optimale de la toxinogénèse. Pour *Penicillium viridicatum* (producteur d'Ochratoxine A), sa croissance a lieu pour une température comprise entre 0 et 31°C et pour un Aw de 0,95, alors que la synthèse d'Ochratoxine A n'est possible qu'à une température comprise entre 12 et 24°C (**Norholt et al., 1979**).

➤ **Lumière**

Bien que l'impact de la lumière n'ait pas été démontré sur la croissance des moisissures, il semblerait tout de même qu'elle intervienne sur la germination des spores, favorisant de ce fait la dissémination fongique (**Tabuc, 2007**). Certaines espèces ne peuvent pas se passer de lumière tandis que d'autres la fuient : chez *Verticillium agricinum*, l'exposition prolongée aux rayons ultraviolets peut limiter la croissance voire provoquer la mort du mycélium (**Gauthier, 2016**).

V.3.2 Facteurs chimiques

➤ **Activité du milieu – pH**

Les aliments (en particulier les fruits et les légumes) ayant un pH inférieur à 6, se trouvent être des cibles privilégiées de l'infestation fongique. À l'instar du couple température/*Aw*, l'intervalle de pH permettant une croissance fongique optimale est plus étendu que celui permettant la synthèse de toxines. Ainsi, la Fumonisine B1 (FB1) est la plus produite à pH = 3,7, tandis que la croissance de sa moisissure productrice, *Fusarium proliferatum*, s'effectue préférentiellement à pH = 5,6 (**Blackwell et al., 1994**).

➤ **Composition gazeuse**

La production de toxines fongiques est plus sensible à la variation de composition gazeuse que la croissance fongique. Une concentration en O₂ inférieure à 1 % et des concentrations élevées de dioxyde de carbone (CO₂) empêchent la synthèse de toxines (**Gauthier, 2016**).

➤ **Nature du substrat**

La toxinogénèse dépend fortement de la composition chimique du substrat sur lequel le champignon prolifère. Par exemple, l'acide phytique (souvent présent dans les céréales) diminue la synthèse d'Aflatoxines (AF) par *Aspergillus parasiticus* et *Aspergillus flavus*. À l'inverse, certains acides aminés (comme la proline) stimulent cette production (**Payne et Hagler, 1983**).

➤ **Traitement chimique du milieu**

L'action des pesticides est intéressante puisqu'ils sont abondamment utilisés dans l'industrie agro-alimentaire pour la conservation des aliments et le contrôle de l'apparition de maladies végétales. S'ils sont utilisés avec succès, le risque d'apparition de mycotoxines est faible. Cependant, il a été démontré qu'à des concentrations sub-létales (proches de celles qui provoquent la mort), la synthèse de certaines mycotoxines est facilitée (Moss, M.O., Franck, 1987). Par exemple, la mauvaise maîtrise de l'utilisation d'acide propionique dans l'orge entraîne une augmentation de la production d'Aflatoxine B1 (AFB1), tandis que la croissance

d'*Aspergillus flavus* est réduite (Al-Hilli et Smith, 1979). L'utilisation de fongicides doit donc être judicieuse (Gauthier, 2016).

V.3.3 Facteurs biologiques

La présence simultanée, dans le même milieu, de micro-organismes dits de « concurrence » (bactéries ou champignons) perturbe le développement fongique et la synthèse de toxines. Cela s'explique par la possible destruction de la toxine par une autre souche et par la compétition pour le substrat. Certains micro-organismes peuvent aussi modifier les conditions environnementales, les rendant ainsi défavorables pour la toxinogénèse (Bouraima et al., 1993).

➤ Présence d'acariens et insectes

Insectes et acariens sont des vecteurs de dissémination de spores de moisissures, qu'ils introduisent à l'intérieur du grain par les dommages qu'ils créent. Une infestation par les insectes (asticots, larves de coléoptères) favorise la prolifération de micromycètes ainsi que la production de toxines (Farrar et Davis, 1991).

Ils interviennent aussi bien avant la récolte qu'au cours de la conservation. Il convient de noter que les oiseaux et les rongeurs interfèrent de manière similaire. Ainsi, l'infestation de l'arachide, du coton et du maïs, par *Aspergillus flavus* (producteur de l'AFB1) avant la récolte, est souvent liée à l'agression du végétal par des insectes (Le Bars, 1988).

➤ Pratiques agricoles

Les pratiques telles que le labourage, la rotation des cultures et l'alternance de fongicides participent à rompre le cycle de vie des organismes nuisibles, souvent très spécifiques (Lipps et Deep, 1971). Les mesures de stockage jouent également un rôle dans le possible développement des toxines fongiques (Gauthier, 2016).

V.4 Les doses de toxine

Dans les pays de l'Union Européenne, une réglementation détermine les concentrations maximales autorisées pour les principales mycotoxines dans les denrées destinées à l'alimentation humaine comme il est illustré dans le tableau 3.

Tableau 3: concentration maximales autorisées des mycotoxines dans les denrées alimentaires dans l'Union Européenne (2007).

produits	Mycotoxines	Valeur µg/kg
Arachides, fruits à coque, fruits séchés et produits dérivés de leur transformation destinés à la consommation humaine ou à une utilisation comme ingrédients alimentaire.	AFB1	2
	AFB1+AFB2+AFG1+AFG2	4
Lait cru lait traité thermiquement et lait destiné a la fabrication des produits laitier.	AFM1	0.05
Céréales brut	OTA	5
Maïs brut.	DON	175
	ZEA	350
	FB1+FB2	4000
Jus de fruits.	Patuline	50
Pain.	OTA	500
pâtes (séchées).	OTA	750

On retrouve ces toxines, sous forme d'aflatoxine M1, dans le lait des animaux nourris avec des aliments contaminés. À forte dose, les aflatoxines peuvent provoquer une intoxication aiguë (aflatoxicose) pouvant mettre la vie du patient en danger, en général à cause des lésions hépatiques (**Organisation Mondiale de la Santé, 2018**).

Chapitre II : Les fruits secs

I. Le noyer commun (*Juglans regia* L.)

Juglans est un genre de plante de la famille Juglandaceae, connu par ses graines ou noix. Ce genre comporte 21 espèces (Hongjin et al., 2014 ; Seghir Birem, 2015).

Le noyer commun ou *Noyer de Perse*, *Juglans regia* (Figure 8), c'est l'espèce de noix cultivée pour la production de noix, est l'une des plus anciennes sources alimentaires, Avec son bois très recherché en ébénisterie, ses fruits riches en huile, son brou teintant et ses feuilles aux usages médicaux (Rustica, 2019).

L'origine de cette espèce s'étend des moyennes montagnes d'Asie centrale (du Caucase au Turkestan), de l'Asie mineure, des Balkans et de l'Himalaya jusqu'à l'Est de la Chine (Germain, 1992 ; Sabatier, 2006).



Figure 8: Illustration de noyer commun (*Juglans regia* L.).

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Noyer_commun_cite_note-tilo-1). Consulté le 26 Juillet 2020.

I.1 Systématique

Selon Crete (1956), le noyer blanc ou noyer commun appartient :

Tableau 4: Position systématique de noyer commun (*Juglans regia* L.)

Le noyer commun appartient :	
Embranchement	Phanérogames
Sous embranchement	Angiospermes.
Classe	Dicotylédones.
Ordre	Juglandales.
Famille	Juglandacées.
Genre	<i>Juglans</i> .
Espèce	<i>Juglans regia</i> .

I.2 Les noix

Les noix sont parmi les plus anciens aliments d'arbre cultivés par l'homme, connus sous différents noms dans le monde. Elles sont un composant important du régime méditerranéen a été consommés comme un aliment très nutritif indispensable (Sánchez- González, 2015). Les deux principales espèces de noix qui existent sont : la noix anglaise et la noix noire. La première est également connue sous le nom de noix de Perse (Figure 9), puisqu'elle est originaire de Perse. La deuxième espèce trouve son origine en Amérique du Nord (Agrimaroc, 2019).



(a)



(b)

Figure 9: Photos de la noix anglaise (de Perse) : (a) avec et (b) sans coquille.

(a): (https://www.espaceagro.com/fruit-sec-et-grainesgrillees/cerneaux-du-noix-a-vendre_i286150.html). Consulté le 24 Aout 2020.

(b): (<https://www.lespaniersdavoine.com/noix-en-coque-seche-bio.html>). Consulté le 24 Aout 2020.

I.3 Récolte – Conservation**I.3.1 La récolte**

La récolte des noix se fait lorsque le fruit est mature. Le plus souvent, il est ramassé mécaniquement, soit à la mi-septembre pour la noix fraîche (le cerneau est blanc, croquant et amer, mais le tégument qui le recouvre est facile à enlever) soit début octobre pour la noix séchée (Arvy, 2012).

I.3.2 La Conservation

Les noix fraîches présentent les mêmes contraintes à la conservation qu'un fruit frais. Elles doivent être consommées rapidement. Elles se gardent 10 à 12 jours dans le bac à légumes du réfrigérateur (Arvy, 2012).

Les coquilles des autres noix, souvent humide, seront nettoyées (reste de brou supprimé) puis les noix sont immédiatement séchées dans des fours, par ventilation d'air chaud, afin d'abaisser le taux d'humidité de la noix à 10 % et d'assurer sa conservation au frais entre +1 °C et +4 °C et à 60-70 % d'hygrométrie pour maintenir leur qualité tout au long de l'année, elles pourront se garder ainsi plusieurs mois (Arvy, 2012). Le séchage abaisse le taux d'humidité des noix à 12% environ. Ce qui permet de garder les noix sans risque (Bellabaci, 2015).

a) Les opérations avant le stockage des noix

- Le lavage permet d'enlever la terre et toutes les impuretés ramassées lors de la récolte. Cette opération qui dure quelques minutes seulement, doit se faire tout de suite après la récolte de grande bac plus ou moins élaborés.
- Le triage élimine les noix bactériennes ou véreuses (Bellabaci, 2015).

b) Séchage traditionnel

Les noix sont séchées sur des claies dans des greniers aérés. Elles sont entreposées sur une hauteur de 20cm et remuées fréquemment. Il faut compter 3 à 4 semaines pour que les noix sèchent (Bellabaci, 2015).

c) Séchage artificiel

Il s'effectue dans des séchoirs grâce à une ventilation d'air sec (air dont le degré hygrométrique est inférieure à 65% d'humidité). Ce n'est pas la chaleur qui fait sécher les noix. En effet, si dans votre maison vous gardez des noix fraîches près d'une source de chaleur, elles se recouvriront de moisissure mais ne sécheront pas. Le séchage artificiel

garantit une bonne qualité de séchage et permet de sécher de grandes quantités de noix (Bellabaci, 2015).

Les noix sont soit calibrées pour être vendues en coque, soit énoisées pour être vendues en cerneaux (noix écalées). Cette opération est très délicate car il ne faut pas briser la graine. Dans les deux cas elles sont triées et emballées (Arvy, 2012).

I.4 Intérêt nutritionnel des noix

Elles peuvent se consommer directement de préférence crues, non salées et à jeun pour assurer une bonne absorption des nutriments présente en elles (Ferrie, 2009 ; Sheorey et al., 2015).

Une consommation accrue de noix est associée à une réduction du risque de maladies chroniques majeures telles que les maladies cardiovasculaires et le diabète de type 2 (Bao et al., 2013).

Bien que les noix soient riches en calories (650 kcal), il existe plusieurs études qui démontrent les effets bénéfiques sur la santé associé à la consommation des noix comme la réduction du risque des maladies coronariennes et leur régulation en raison de la forte quantité d'antioxydants trouvés dans les noix (Sabate, 2010).

Récemment, ils ont attiré l'attention des chercheurs en raison de leurs propriétés de promotion de la santé, qui ont signalé l'effet positif de la consommation de noix sur la diminution du taux de cholestérol dans le sang (Savage et al., 2014).

I.5 Composition chimique

Les noix sont des aliments riches en nutriments qui fournissent une grande quantité d'énergie, sont l'un des aliments naturels les plus riche en graisse (Van Den Brandt et Schouten, 2015), avec une composition unique, riche en acides gras poly-insaturés, vitamines, les fibre, minéraux, protéines végétales et nutriments fonctionnels tels que les phytostérols et les composés phénoliques (Ros, 2010) (Tableau 5).

Les noix contiennent entre 63 et 70 % d'huile qui est composée à plus de 90 % d'acides gras insaturés et dont le contenu en acide oléique varie de 12 à 20 %. Des phytosterols et de la vitamine E sont aussi dissous dans la fraction lipidique et constituent avec l'acide oléique les composés nutritionnels les plus intéressants de la noix (Savage et al., 2014). De plus, elles ont des niveaux élevés en acides gras oméga-3 (Sabate, 2010).

Par ailleurs, la noix est très riche en arginine (un acide aminé essentiel), elle contient des fibres alimentaires, des éléments minéraux, du β -carotène, des vitamines. Sa richesse en

antioxydants la place au deuxième rang parmi les fruits, fruits à écale, légumes, graines et céréales. La noix contient de la mélatonine, une molécule antioxydante (Arvy, 2012).

Tableau 5: Composition pour 100 g de cerneaux de noix séchée (Arvy, 2012).

Composés	Quantités
Énergie	650 kcal (2682 kJ)
Protides	12,8 g
Glucides	3,5 g
Lipides	65 g
Fibres	6,2 g
Eau	2,9 g
Calcium	62,6 mg
Sodium	1,36 mg
Potassium	430 mg
Phosphore	362 mg
Magnésium	124 mg
Fer	3,05 mg
Zinc	2,53 mg
Cuivre	1,16 mg
Manganèse	1,9 mg
Sélénium	< 2,2 µg
β-carotène	48 µg
Vitamine C (acide ascorbique)	2,1mg
Activité vitaminique E (en équivalents a-tocophérol)	3,65 mg
Vitamine B1 (thiamine)	0,364 mg
Vitamine B2 (riboflavine)	0,148 mg
Vitamine B3 (niacine)	1,29 mg
Vitamine B5 (acide pantothénique)	0,81 mg
Vitamine B6 (pyridoxine)	0,41 mg
Vitamine B9 (folates)	137 µg

L'huile de noix présente trois inconvénients : elle est particulièrement fragile du fait de sa grande richesse en acides gras insaturés. Elle s'oxyde très vite et devient rapidement rance

(même si le flacon opaque qui la protège de la lumière n'est pas ouvert), elle ne supporte pas la chaleur (Arvy, 2012).

I.6 Production mondiale

La production mondiale de noix dépasse les trois millions de tonnes par an depuis 2012, selon les calculs de la FAO. La culture très ancienne des espèces de noix (*Juglans spp.*) est principalement fournie par la Chine le plus grand producteur de noix au monde, représentait environ 50 % de la production mondiale totale de noix, suivie par les États-Unis se classent au deuxième rang mondial. Le pays représente près d'un tiers de la production mondiale de noix, puis l'Iran et la Turquie en troisième et quatrième rang (Vanier, 1999).

I.7 Production en Algérie

Le noyer commun *Juglans regia L.*, est cultivé traditionnellement, il se trouve souvent sous forme de peuplement dans différentes régions de l'Algérie constitués généralement d'hybrides naturels et sa culture n'a pas connue une grande extension car elle est confrontée à plusieurs problèmes entravant son développement (Aissi et Boujllele, 2014).

On le trouve principalement dans le massif de l'Aurès, les régions d'Annaba, de Sétif, la grande Kabylie, Tlemcen, Tebessa, Djelfa, Saïda, près de Sougueur au sud de Tiaret. Il se trouve presque dans toutes les régions de Batna. Cependant, les surfaces plantées appartiennent généralement aux privés, par conséquent, il est pratiquement absent dans les statistiques officielles algériennes (Aissi et Boujllele, 2014).

Les noix des États-Unis sont le grand exportateur qui se trouve principalement en grande quantité sur les marchés algériens considérés comme les noix les plus chères mais selon le point de vue des consommateurs ce sont les premiers choix.

II. Les amandes

Les amandes sont des fruits des amandiers (**Figure 10**) qui appartiennent à la famille de *Rosaceae*, au genre *Prunus* et au sous-genre *Amygdalus* (Özcan et al, 2011). Deux variétés d'amandes sont communément identifiées au sein de l'espèce « *Prunus Amygdalus* » : les amandes douces qui sont désignées comme « *Prunus Amygdalus dulcis* », et les amandes amères qui sont dénommées « *Prunus Amygdalus amarus* » (Yada et al, 2011).



Figure 10: Illustration d’amandier commun (*Prunus Amygdalus*).

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:94_Amygdalus_communis_L.jpg). Consulté le 21 Aout 2020

II.1 Systématique

Taxonomie de l’amandier (*Prunus Amygdalus*) (Figure 11) selon Felipe, (2000).

Tableau 6: Position systématique de (*Prunus Amygdalus*).

Classe	Eudicotyle
Ordre	Rosales
Famille	Rosaceae
Sous famille	Amygdaloideae
Genre	<i>Prunus</i>
Sous genre	<i>Amygdalus</i>
Espèce	<i>Prunus Amygdalus</i>



Figure 11: L'amandier *Prunus Amygdalus* (a).



Figure 12: Amandes décortiquées (b).

(a) (<https://jardinage.lemonde.fr/dossier-485-amandier-prunus-dulcis-amygдалus-arbre-virginite.html>). Consulté le 13 Septembre 2020.

(b) (<https://www.gaujard.fr/amandes/507-amandier-texas.html>). Consulté le 19 Aout 2020.

II.2 Intérêt nutritionnel des amandes

L'amande se consomme sous différentes formes : fraîche, effilée, en poudre, etc. (**Figure 12**). Son goût se marie aussi bien aux recettes salées qu'aux desserts auxquels elle apporte sa touche gourmande. L'amande est une source importante de composés biologiques et plus particulièrement la peau de l'amande qui est une source importante de polyphénols (**Amanzougarene, 2018**).

L'amande qui est connue comme la reine des noix est un aliment de construction de santé efficace, à la fois pour le corps et l'esprit. Une consommation de 30 g d'amandes par jour couvre 60 % de l'Apport Nutritionnel Conseillé (ANS) en polyphénols. Elle possède diverses propriétés pharmacologiques telles que les antistress (**Bansal et al., 2009**), antioxydant (**Pinelo et al., 2004**).

L'amande est un remède alimentaire utile pour l'anémie, car elle contient du cuivre, du fer et des vitamines. Du côté négatif, la réaction allergique potentielle des individus sensibles à certains composés protéiques peut présenter un risque associé à la consommation d'amandes (**Chen et al., 2006**).

II.3 Composition chimique

L'apport énergétique de l'amande est en moyenne de 593 kcal pour 100 g (**Tableau 7**). Une portion de 30 g d'amandes (soit environ 24 amandes) fournit environ 177 kcal.

Tableau 7: Valeur alimentaire pour 100 g net d'amandes.

(<https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/amande/composition>). Consulté le 21 Juillet 2020.

Composants	Quantité pour 100 g net d'amandes
Energie	593 kcal
Eau	2.6g
Protéines	28.5g
Glucide	5.6g
Sucres	4g
Amidons	1.6g
Fibre Alimentaires	7.6g
Lipides	52.9g
Acide Gras Saturé	4.27g
Acide Gras Monoinsaturé	35.3g
Acide Gras Polyinsaturé	10.5g

Sodium	1.61 mg
Magnésium	232 mg
Phosphore	508 mg
Potassium	860 mg
Calcium	248 mg
Manganèse	2.32 mg
Fer Total	4.6 mg
Cuivre	1.07mg
Zinc	3.29 mg
Sélénium	2.2 µg
Iode	2 µg
Béta Carotène	1 µg
Vitamine D	0 µg
Vitamine C	0.2 mg
Vitamine B1	0.3 mg
Vitamine B2	0.44 mg
Vitamine B3	2.1 mg
Vitamine B5	0.49 mg
Vitamine B6	0.15 mg
Vitamine B9	48 µg
Vitamine B12	0 µg

II.4 Production mondiale

La production mondiale d'amandes est d'environ 1,94 million de tonnes en 2011 (FAO, 2013) (Tableau 8).

Les principaux producteurs sont l'Espagne, l'Iran, la Syrie, l'Italie, le Maroc et le plus grand producteur mondial, les États-Uni, la production est concentrée en Californie, les amandes étant le sixième produit agricole de la Californie et sa principale exportation agricole (FAO, 2013).

Tableau 8: Production d'amande, avec coque en 2011 (Source: FAO, 2013).

Pays	Production (ton)
États-Uni	731,236
Espagne	211,717
Iran	167,609
Syrie	130,296
Italie	104,790
Maroc	96,231

Tunisie	61,000
Grèce	29,800
Algérie	22,400
Afghanistan	60,611
Monde	1942,242

II.5 Production en Algérie

En Algérie, l'amandier existe à l'état spontané. A l'est de l'Algérie, les vergers d'amandiers se trouvent plutôt en pentes, dans les wilayas de Guelma et de Constantine et s'étendent vers centre est de l'Algérie et dans le nord de la wilaya de Sétif vers Bejaïa et allant jusqu'à la wilaya d'Alger (Tozanli, 2018).

III. L'Arachide (*Arachis Hypogea L.*)

L'arachide *Arachis hypogea L.*, également appelée cacahuète ou cacahouète (Figure 13) est une légumineuse de la famille de *Papilionacées (Fabacées)*, dont la culture est répandue en climat tropical ou subtropical et fournit une matière grasse utilisée en huilière (Clement, 1981).

L'arachide est une plante annuelle. A mode de reproduction autogame. De 30 à 70 cm de haut, érigées ou rampantes, à croissance continue et dont le fruit mûrit en terre. Son cycle végétatif est de 90 à 150 jours pour les variétés les plus tardives (Schilling, 1996).



Figure 13 : L'arachide *Arachis hypogea L.*

(<https://fr.wikipedia.org/wiki/Arachide>).

Consulté le 06 Aout 2020.



Figure 14 : Grain d'arachide.

(<https://liberte-algerie.com/centre/plus-de-120-000quintauxdarachidesproduits-327522>).

Consulté le 02 Septembre 2020.

III.1 Systématique

Selon Hubert (2000), la position systématique d'*Arachis hypogea L.* est comme suit:

Tableau 9: Position systématique de (*Arachis Hypogea L.*) (Hubert, 2000).

Règne	Végétale
Embranchement	Phanérogames
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Eudicotyle
Ordre	Fabale
Famille	Légumineuse
Sous-famille	Papilionacées ou Fabacées
Genre	<i>Arachis</i>
Espèce	<i>Arachis Hypogea L.</i>

III.2 Production mondiale

L'arachide, deuxième production végétale dans le monde et cultivée par plus de 120 pays (**Figure 14**), est une culture majeure dans la plupart des régions tropicales et subtropicales (**Fonceka, 2010**).

En 2013, la production mondiale d'arachide a dépassé 45 millions de tonnes sur une superficie de 25.4 millions d'hectares. Les principaux producteurs sont la Chine, l'Inde, le Nigéria et les EU ; mais de nombreux autres pays d'Afrique et d'Amérique du sud fournissent une production non négligeable (**Fostat, 2015**).

III.3 Production en Algérie

En Algérie, la culture d'arachide est marginalisée par rapport aux autres cultures. Cependant, elle n'a pas connu d'évolution significative depuis 1998 à 2005 sur le plan des superficies cultivées que des productions, ce qui implique son importation (**Aguieb, Messai-Belgacem, 2005**).

Selon MADR (2013), la production nationale d'arachide en 2013 a dépassé 25.5 quintaux sur une superficie de 2 249 d'hectares. Les wilayas productrices sont en nombre de cinq parmi lesquelles trois sont localisées au niveau de Sahara.

La Wilaya d'El-Taref vient en première position et fournit 45% de cette production (2000 T avec une superficie de 2500 ha en 2005), celle d'El-Oued vient ensuite et contribue avec 28% de la production nationale. Elle est suivie par la wilaya de Ghardaia qui affiche une production de 900 T pour une superficie de 520 ha) (**Aguieb et Messai-Belgacem, 2005**).

III.4 Les utilisations d'arachide

III.4.1 En Alimentation humaine

L'arachide produite dans le monde est principalement transformée en plusieurs dérivés qui entrent dans la composition de produits alimentaires. La farine et le beurre d'arachide sont utilisés dans l'industrie agro-alimentaire pour la fabrication de biscuits. L'arachide en coque est un aliment de base dans certains pays d'Afrique. Les arachides salées sont par apéritif (Hubert, 2000).

L'arachide est particulièrement importante pour la santé infantile du fait de sa forte teneur en nombreux nutriments essentiels à la croissance tels que les protéines, les graisses et le calcium (Tableau 10). L'arachide est consommée sous forme décortiquée, non-décortiquée, sous forme de pâte et sous forme d'huile (Aguieb et Messai-Belgacem, 2015).

Tableau 10 : Valeurs nutritionnelles de l'arachide pour 100 g (Le Figaro, 2008).

Constituants	Quantité
Energie	590 kcal
Eau	0.5 g
Lipide	49.5g
Protéines	12.2g
Glucides	10.9g
Fibre alimentaires	7.7g
Amidon	5.9g
Sodium	6.75g
Magnésium	168 mg
Phosphore	376 mg
Potassium	705 mg
Calcium	92 mg
Fer total	4.58 mg
Zinc	3.27 mg
Vitamine B1	1.02 mg
Vitamine B2	0.11 mg
Vitamine B3	15.3 mg
Vitamine B5	2.28 mg
Vitamine B6	0.42 mg
Vitamine B9	145 µg

III.4.2 En Alimentation animale

Le tourteau d'arachide (résidu de la graine après extraction de l'huile) riche en protéine (48 à 50%), constitué pendant longtemps un élément important dans l'alimentation du bétail en Europe et singulièrement en France (Fonceka, 2010). Les fanes servent également à

l'alimentation du bétail, à tel point que dans certaines régions, l'arachide est cultivée pour la seule production de fanes (Subba- Rao, 1987 ; Hubert, 2000).

III.4.3 En agriculture

Comme toutes les légumineuses, l'arachide est une culture qui enrichi le sol en azote. Elle peut être utilisée comme engrais vert (Debbabie et Shafchak, 2008).

III.4.4 En médecine

Comme toutes les légumineuses, l'arachide possède également des propriétés médicinales :

- L'arachide est utilisée dans le diagnostic des boutons et les crises d'asthmes (Hubert, 2000).
- Des études médicales ont montré que la consommation de noix en général et d'arachide en particulier réduisait les risques de maladies cardiovasculaires (Fraser, 2000; Albert et al., 2002).
- Les valeurs nutritives de l'arachide ont été récemment mises à profit dans la composition d'aliments à haute valeur nutritive utilisés pour le traitement de la malnutrition sévère chez l'enfant (Briend, 2001).

III.5 Le stockage des arachides

Traditionnellement l'arachide est stockée en coque. Cette dernière constitue en effet une protection naturelle des graines contre les divers facteurs de dégradations (humidité, température, des prédateurs, chocs mécaniques, etc.). Les semences et les arachides d'huilerie sont conservées sous cette forme, dans les zones sèches, le produit peut atteindre des humidités très faibles (3%). A ce niveau d'humidité, le décortilage entraîne un taux élevé de brisures.

Pour cette raison, les arachides de *bouche* sont stockées en graines, le décortilage étant exécuté à une humidité supérieure à 6% (Highley et al., 1994).

Selon Christensen (1986) et Multon (1988), les types de stockage sont :

III.5.1 Stockage à l'air libre

Il s'effectue fréquemment dans les zones sahéliennes (stockage des arachides en coque).

III.5.2 Stockage en magasin

a) Magasin classique

Les tas d'arachides sont disposés dans les magasins, de façon à éviter le contact avec les parois et à laisser la place à un couloir périphérique d'inspection.

b) Magasin réfrigéré

Pour conservation de longue durée de l'arachide, l'utilisation de magasins réfrigérés est intéressante.

III.5.3 Stockage en silo

Le stockage des graines en silo n'est envisageable qu'au niveau des industries de transformations où le problème de brisure n'est pas essentiel.

III.5.4 Stockage sous vide

Il est intéressant pour le conditionnement des arachides de bouche.

IV. Les figues séchées

Les figues communes sont des fruits de *Ficus carica* L (**Figure 15**), dont le nom botanique est un qualificatif générique qui signifie verrue pour *Ficus* (le lait de figuier pour soigner la verrue) et *carica* fait allusion à une région en Turquie. Il appartient à la famille des *moracées* qui comprend environ 1500 espèces classées en 52 genres dont le genre *Ficus* décrit par Linné (Vidaud, 1997 ; Lespinasse et Leterme, 2005 ; Rameau et al. 2008.)



Figure 15 : Illustration de figue commune (*Ficus carica* L.).

(http://plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=58571&language=English). Consulté le 10 Septembre 2020.

IV.1 Systématique

Selon Gaussen et al. (1982), la classification botanique du figuier est la suivante (**Tableau 11**):

Tableau 11: Description botanique de *Ficus carica* L.

La figue commune appartient :	
Embranchement	Spermaphytes
Sous/Embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Urticale
Famille	Moracées
Genre	<i>Ficus</i>
Espèce	<i>Ficus carica</i>

IV.2 Intérêt nutritionnel et composition chimique

Les figues ont été une partie importante du régime méditerranéen traditionnel avec des origines dans la région de la Méditerranée orientale et le sud de l'Arabie (Stover et Aradhya, 2007).

Depuis longtemps, les populations rurales en zone méditerranéenne consomment des figues sèches en les associant souvent à l'huile d'olive le matin à jeun en hiver. Les figues sont consommées fraîches ou sèches et sont très appréciées dans le monde entier (Mkedder, 2018).

La figue est connue comme un fruit sain de grande importance dans la nutrition humaine en raison de ses hautes fibres alimentaires, elle est riche en glucides, en sels minéraux et en molécules volatiles responsables de son agréable arôme caractéristique (Slatnar et al., 2011). Elle est riche en vitamines B1, B2 et C et en acides aminés essentiels (Stover et al., 2007) (Tableau 12).

Tableau 12 : Composition de la figue fraîche et sèche en éléments nutritionnels (Composition moyenne pour 100 g) (Chellah et Djedi, 2016).

Constituants	Figue Fraiche	Figue sèche
Energie (Kcal)	54	224
Eau (g)	79.5	25
Glucides (g)	13	53
Protéines (g)	0.90	3.2
Lipides (g)	0.2	1.2
Fibres Alimentaires (g)	2.3	8
Vitamine C : Acide Ascorbique (mg)	5,0	1,0
Provitamine A : Carotène (mg)	0.046	0,08
Vitamine B1 : Thiamine (mg)	0,05	0,08
Vitamine B2 : Riboflavine (mg)	0,05	0,09
Vitamine Pp : Niacine (mg)	0,46	0,80
Vitamine B5: Acide Pantothénique (mg)	0,30	0,44
Vitamine B6 : Pyridoxine (mg)	0,11	0,22

Calcium (mg)	60,0	160,0
Potassium (mg)	232	770,0
Sodium (mg)	3,0	14,0
Phosphore (mg)	23	71,0
Magnésium (mg)	18	62,0
Fer (mg)	0,78	2,5

Ce tableau présente l'apport énergétique (Calories) de 100 grammes de figue séchée et fraîche, les nutriments (protéines, glucides, sucres, matières grasses / lipides, acides gras saturés, fibres alimentaires, sodium, sels minéraux et vitamines) qui entrent dans sa composition (**Tableau12**). Les quantités de nutriments indiquées sont des valeurs moyennes (**Informations nutritionnelles.fr, 2013**), ces valeurs susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture (**Chellah et Djedi, 2016**).

Par ailleurs, les figues sont utilisées pour leurs vertus médicinales car elles sont riches en éléments nutritifs ainsi qu'en substances bioactives tels que les composés phénoliques, les caroténoïdes et les oligoéléments. Grâce à leur pouvoir antioxydant, ces substances interviennent dans la prévention et le traitement de diverses maladies telles que les cancers, le diabète et les inflammations. Bien que les études soient récentes, son usage traditionnel est connu depuis l'antiquité (**Madaoui et al., 2013**).

D'après l'étude in vitro de Ramgopal et al., 2016 les résultats suggèrent que l'extrait éthanoïque du fruit de *Ficus carica* pourrait avoir des agents antidiabétiques et anti-obésogènes potentiels (**Mkedder, 2018**).

IV.3 Stockage

Les figues fraîches (**Figure 16**) sont très sensibles à la détérioration microbienne, même dans des conditions de stockage à froid; ainsi, elles doivent être préservées d'une certaine manière spécifique. Pour cela, elles sont généralement consommées à l'état séché (**Stover et Aradhya, 2007**).



Figure 16: Figue fraîche.

(<https://www.mesarbustes.fr/ficus-carica-noire-de-bellone-figuier-a-fruits-precoce-figue-comestible-sultane.html>). Consulté le 21 Aout 2020.

IV.4 Le séchage

Le séchage présente de nombreux avantages pour la qualité des aliments grâce à la diminution de l'activité aquatique, et la réduction de l'activité microbologique. Outre cela, avoir le minimum des changements physiques et chimiques (**Figure 17**) (**Mujic et al., 2014**).

Le séchage est de loin le moyen le plus populaire et le plus efficace de traitement/préservation des figues connues de la préhistoire (**Kislev et al., 2006**).

Le séchage prolonge la durée de conservation et améliore la valeur nutritive de la figue. Les figues fraîches contiennent 80% d'eau et 13% de sucre ; cependant, une fois séchées, leur teneur en sucre augmente à 53% (**Mkedder, 2018**).

Les avantages importants de cette méthode sont : le faible coût et le fait que le produit obtenu ne dépend pas de la réfrigération (**Cawade et Waskar, 2005 ; Piga et al., 2004**).



Figure 17: Figs séchées.

(<https://ricebeanschickpeas.com/fr/turquie/figues-sechees-naturelles-249124/>). Consulté le 24 Aout 2020.

IV.5 Procédés de séchage des figues

Les procédés les plus couramment utilisés pour les fruits et légumes sont le séchage au soleil, et le séchage à l'air chaud.

a) Séchage au soleil

Le séchage au soleil (**Figure 18**) s'est largement développé dans les zones arides ou semi arides qui présentent des conditions climatiques optimales (une saison sèche avec un fort ensoleillement).

Le séchage s'effectue à même le sol, sur des nattes, sur des rochers plats, ou bien sur les toits des maisons. Ce système présente deux principaux avantages pour les communautés :

peu de travail et pas d'investissement, mais très souvent, les résultats obtenus sont médiocres car les produits sont souillés de sable et de poussière. Ils subissent les attaques des animaux, des insectes et des micro-organismes. En conséquence la qualité du produit est très mauvaise sur les plans hygiénique et nutritif (**Beroigui, 2017**).



Figure 18: Séchage traditionnel des figues au soleil (Lombet, et al .2016).

b) Séchage au séchoir

Le séchoir hybride utilise principalement l'énergie solaire indirecte et une source d'appoint utilisant le gaz ou le diesel, mise en service la nuit et en temps nuageux. L'énergie solaire est cueillie par des collecteurs installés sur le toit et acheminée vers et répartie dans les compartiments de l'enceinte du séchoir par des tubes souples en polyéthylène (**Beroigui, 2017**).

Un système de ventilation alimenté par des cellules solaires permet de propulser l'air chaud dans les différentes parties du séchoir. La source d'énergie d'appoint est constituée par un moteur muni d'un brûleur marchant au gaz ou au diesel et qui se déclenche automatiquement dès que la température descend au-delà du minimum requis pour éviter la réhydratation des produits (**Beroigui, 2017**).

Le séchage au séchoir se fait selon trois étapes :

c) Chargement du séchoir

Directement après les opérations de réception, triage, nettoyage, lavage, calibrage, traitement, égouttage, etc., on répartit le produit de façon égale sur les claies, on les place dans le séchoir et on ferme les portes (**Beroigui, 2017**).

d) Démarrage du séchage

Le processus de séchage est commencé. On règle la température à l'intérieur du séchoir. Cette dernière dépend du type de produit à sécher. La température maximale admissible ne doit pas dépasser 65°C (**Beroigui, 2017**).

e) Déchargement du séchoir

Si lors d'une pression sur le produit entre indexe et pousse, l'eau ne sort plus, on peut donc sortir le produit final du séchoir (**Beroigui, 2017**).

Les traitements préalables au séchage peuvent comprendre le blanchiment dans l'eau bouillante (normalement pendant 1 minute) et/ou le soufre (c.-à-d. le traitement par dioxyde de soufre). Ces méthodes, cependant, ne sont pas facilement compatibles avec la technique traditionnelle de séchage du soleil, mais elles sont souvent pratiquées avant la déshydratation mécanique. Les traitements accélèrent la déshydratation, contrôlent le brunissement des fruits de séchage, et peuvent améliorer sa texture (**Cawade et Waskar, 2005 ; Piga et al., 2004**).

La transformation de la figue pour la production de produits à base de celle-ci, est considérée comme une initiative positive pour sa valorisation. Ces produits à base de figues sont beaucoup plus fabriqués artisanalement que par procédé industriel, et parmi ces produits on a (**Mkedder, 2018**) :

- La figue sèche.
- La figue sèche fourrée ou enrobée de chocolat noir.
- Les gâteaux à base de figues.
- Le café de figue.
- Le miel de figue.
- La confiture de figue.
- La pâte de figue.
- Le vinaigre de figue.

IV.6 Production mondiale

Bien que la production de figues sèches ait tendance à osciller entre 45 et 60 mille tonnes selon les conditions climatiques annuelles, la Turquie est le plus gros fournisseur de figues fraîches et sèches au monde. Elle réalise 24% de la production mondiale de figues fraîches et près de la moitié de la production mondiale de figues sèches (**Figure 19**), avec une superficie d'environ 58 700 ha et une production annuelle d'environ 260 500 T (**FAO, 2013 ; Fruits secs de turquie, 2018**).

IV.7 Production en Algérie

L’Algérie est l’un des plus importants producteurs de figes au monde et s’est classée troisième en termes de superficie cultivée après la Turquie et l’Egypte (FAOSTAT, 2013), avec une production de 120 200 T sur une superficie de 46 300 ha, À propos de la production nationale (Tableau 13), la Région de Kabylie vient en tête des producteurs. Bejaia, notamment la Commune de Béni Maouche, vient en tête du peloton, couvrant près de 34% du marché national algérien, suivie par Tizi-Ouzou et Boumerdès avec 23 %, et de Sétif avec une part de marché de 13 %. Pour ce qui concerne la figue sèche, la Région de Kabylie vient en tête du classement national (Figure 20) (Made In Algeria, 2015).



Figure 19: Figue séchée turque naturelle

(<http://www.fruitssecs.ma/fruits-seches/59-fruits-dessechees-figue-sechee.html>). Consulté le 01 Septembre 2020.



Figure 20 : Figue séchées de Kabylie (algérienne) traditionnelle.

(<https://www.biomielandco.com/alimentation/571-figues-sechees-entieres-bio.html>). Consulté le 21 Aout 2020.

Tableau 13 : La production mondiale des figues sèches (Mesrouj, 2018).

Pays	Production en tonnes
Turquie	260508
Egypte	165484
Algérie	120187
Maroc	114770
Iran	75927
Syrie	42944
Espagne	28993
Brésil	26233
Tunisie	26000
Albanie	19600

Chapitre III : Altération des fruits secs

I. Les différents types d'altérations**I.1 Altérations physiques**

La détérioration physique des fruits est due à des dommages mécaniques (Abrasions, lésions, meurtrissures et fuite de jus). Les dommages mécaniques des fruits et légumes lors de la récolte, de l'emballage et du transport, peuvent entraîner une réduction substantielle de la qualité organoleptique (brunissement de la peau et de la chair, arômes indésirables) à cause des réactions de dégradation interne. Ces dommages augmentent le risque d'altération et de contamination chimique ou microbienne car la couche extérieure protectrice est abimée qui permet la pénétration des microorganismes plus facilement (**Aliasgarian et al., 2015**).

Les fruits ont un fort potentiel d'être mécaniquement endommagés pendant leurs stades de développement et / ou avant la récolte. En général, les chances que les fruits puissent être endommagés alors qu'ils sont encore sur l'arbre sont assez importantes, et cela peut provenir de diverses sources (**Hussein et al., 2018**).

Plusieurs façons dont les fruits peuvent être endommagés mécaniquement sur un arbre comprennent :

- (i) un contact violent du fruit avec d'autres fruits ou parties de l'arbre, telles que des branches pendant la croissance, qui peut provoquer une abrasion, une perforation et des meurtrissures,
- (ii) la prédation par les limaces, les insectes, les oiseaux et les animaux peut également perforer la peau et consommer une partie des tissus,
- (iii) effet des conditions météorologiques, comme le vent et la grêle, qui peuvent aggraver les dommages causés par le contact des fruits avec d'autres parties de l'arbre, provoquant des blessures mécaniques telles que des meurtrissures, des coupures, et des déformations (**Hussein et al., 2018**).

Les types les plus courants de dommages mécaniques aux fruits sont:

Les blessures (coupures et perforations) qui abîment le tissu même du fruit. Ce type de dommage est fréquent durant la récolte et est causé principalement par les outils de moisson mais aussi par les ongles des cueilleurs ou les pédoncules des autres fruits. Ces blessures favorisent la pénétration dans le fruit de champignons pourris et de bactéries. Ce type de

dommage est aisément détectable et habituellement éliminé pendant le calibrage et l'emballage.

Ensuite, il y a les meurtrissures qui sont beaucoup plus fréquentes que les blessures; elles ne sont pas repérables et se manifestent plusieurs jours plus tard, quand le produit est déjà entre les mains du consommateur. Il y a trois causes principales aux meurtrissures:

- (i) **Les chocs:** meurtrissures causées soit par la chute du fruit (ou des fruits emballés) sur une surface dure, soit par les heurts des fruits entre eux. Ces meurtrissures sont très fréquentes durant la récolte et l'emballage.
- (ii) **Compression:** déformation causée sous l'effet d'une pression. Elle est fréquente durant l'entreposage et le transport en gros et elle est provoquée par le poids de la masse des fruits sur les couches inférieures. Elle survient également lorsque la masse emballée excède le volume du conteneur ou lorsque des paquets, insuffisamment résistants, s'effondrent sous le poids de ceux placés au-dessus d'eux.
- (iii) **Abrasion:** dommage superficiel produit par toute sorte de friction (autres fruits, matériel d'emballage, cordes d'emballage, etc.) contre des fruits à pelure mince comme les poires. Pour les oignons et l'ail, l'abrasion entraîne la destruction des couches protectrices (**Andrés et al., 2007**).

I.2 Altération chimique et biochimique

I.2.1 Brunissement biochimique (par les enzymes)

Il correspond à la conversion des composés phénoliques en polymères colorés le plus souvent bruns ou noirs qui sont désignés « mélanines », ces dernières sont l'action d'une enzyme : la poly phénol oxydase (PPO). Ces réactions entraînent une modification de l'apparence de la flaveur et de la qualité nutritionnelle du produit (préjudiciables à la qualité organoleptique de l'aliment) (**Figure 21**) (**Bayazid, 2019**).



Figure 21: Un exemple de brunissement enzymatique sur des peaux de banane.

(https://fr.wikipedia.org/wiki/Brunissement_enzymatique#/media/Fichier:Barangan_banana_Indonesia.JPG).

Consulté le 10 Aout 2020.

I.2.2 Oxydation des lipides

Les lipides s'oxydent en général plus vite lorsqu'ils sont libres et plus insaturés car les acides gras saturés (AG) ne s'oxydent qu'à une Température supérieur à 60°C tandis que les AG polyinsaturés s'oxydent même lors de l'entreposage des aliments à l'état congelé (Bayazid, 2019).

L'oxydation des lipides conduit au racinement (gout et odeur désagréables) (Bayazid, 2019).

I.3 Altération microbienne (bactéries, levure et moisissures)

C'est la plus connue et la plus risquée, Exemple : Fermentation du fromage (Figure 22) (Bayazid, 2019).



Figure 22 : Des bactéries et des moisissures dans le fromage.

(<http://androuet.com/Des-bact%C3%A9ries-&-des-moisissures-dans-le-fromage...-28-guide-fromage.html>). Consulté le 10 Aout 2020.

La dégradation des aliments par les micro-organismes entraîne successivement la modification de l'odeur, de la couleur, du goût, et de l'aspect (**Robert et al., 2003**).

- **Les odeurs** : elles sont des composés variables selon la nature de la molécule qui est responsable. Exemple : triméthylamine, mercaptan, diméthylsulfure, sulfure d'hydrogène, ammoniac, acide butyrique, diacétyl, rancissement.
- **La couleur** : l'altération des produits se caractérise souvent par l'apparition de zones colorées à la surface, cette modification est essentiellement due à :
 - la synthèse de pigments
 - la destruction ou la transformation de pigments naturels (carotène, myoglobine, polyphénols).
- **Le goût** : la modification du goût est caractérisée principalement par l'aigreur du produit.
- **Aspect / structure / texture** : les changements de ces trois caractères résultent de :
 - la modification de macromolécules (pectine, cellulose, protéines)
 - la synthèse de macromolécules (exemple : dextrane)
- **La valeur nutritionnelle** : l'une des conséquences de l'altération d'origine microbienne des aliments est la modification de la valeur nutritionnelle pouvant conduire à son amélioration ou le plus souvent à sa perte. La valeur nutritionnelle est affectée par (**Robert et al., 2003**):
 - la réduction de la valeur calorique possible (négative).
 - la synthèse de molécules à activités biologiques (positive ou négative selon les cas).
 - la destruction des produits toxiques/antinutritionnels (positive).
 - la putréfaction (négative).

II. Groupes de champignons associés à la détérioration

Bien que les champignons soient importants dans la vie d'une personne, il les utilise dans plusieurs domaines, dont la nutrition, le domaine médical..., mais ils constituent un grand problème pour l'être humain, car ils ciblent la nourriture de ce dernier.

Les champignons filamenteux sont capables de se développer sur toutes sortes d'aliments, tels que les céréales, les viandes, le lait, les fruits, les légumes, les fruits secs et les produits riches en matières grasses. Ils constituent un groupe important d'organismes d'altération des aliments et causent des pertes économiques importantes dans l'agriculture et l'industrie alimentaire (**Gerez et al., 2013**). Les groupes fongiques altérant les aliments sont :

- 1) Les champignons xérophiles : qui peuvent se développer à des activités de l'eau (A_w) inférieures à 0,85 et altérer les aliments à A_w faible ;
- 2) Les champignons résistants à la chaleur : qui survivent à la pasteurisation et à la cuisson, et peuvent altérer les produits traités thermiquement ;
- 3) Les champignons résistants aux conservateurs : qui peuvent se développer en présence de conservateurs tels que les sorbates ou les benzoates et altérer les boissons et les aliments qui sont conservés ;
- 4) Les champignons anaérobies : qui peuvent se développer à très faible concentration en oxygène et altérer les aliments emballés sous vide ou sous atmosphère modifiée ;
- 5) Les champignons psychrophiles et psychrotolérants : qui peuvent se développer sous réfrigération et altérer les aliments et boissons réfrigérés (**Rico-Munoz, 2018**).

III. Altération des fruits secs

Les fruits secs sont sensibles à la croissance des moisissures, à la production de leurs enzymes et à la formation de mycotoxines en raison de leur forte teneur en sucre, de leur méthode de récolte et de leurs conditions de séchage (**Trucksess et Scott, 2008**).

Les principaux problèmes liés au séchage au soleil des fruits sont le contact avec le sol et le risque d'infection par l'attaque d'insectes et d'agents pathogènes pendant le séchage à l'extérieur plus longtemps que nécessaire (**Flaish-man et al., 2008**). De plus, la croissance des moisissures est directement liée à la teneur en eau des fruits secs (**Piga et al., 2004**).

Les espèces appartenant aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* et *Fusarium* sont parmi les importants agents de la détérioration des fruits secs ; en plus, ces champignons peuvent produire des mycotoxines et de cette façon, peuvent causer des pertes économiques importantes pour tout processus de l'industrie alimentaire, y compris le séchage (**Jackson et Al-Taher, 2008**). Dont les espèces du genre *Aspergillus* (*A. favus* et *A. parasitus*) sont les contaminants les plus importants de certains aliments et aliments pour animaux en raison de leur capacité à produire des aflatoxine (**Pitt, 2004**).

IV. Altération due à l'activité enzymatique des moisissures

La détérioration des propriétés sensorielles des aliments est souvent due à la production d'exoenzymes microbiennes (**Tableau 14**). La compréhension des processus enzymatiques qui ont eu lieu ou peuvent encore se produire dans les aliments est nécessaire pour faire des évaluations valides et bien fondées de la durée de conservation (**Braun et al., 2015**).

Tableau 14: les principales Enzymes qui causent la détérioration des aliments (Wilfred Desrosier, 2018).

Enzyme	Aliments	action d'altération
Acide ascorbique oxydase	Légumes	destruction de la vitamine C
Lipase	Céréales	Décoloration
	Lait	rancidité hydrolytique
	Huiles	rancidité hydrolytique
Lipoxygénase	Légumes	destruction de la vitamine A, mauvais goût
Enzyme pectique	jus d'agrumes	destruction des substances pectiques
	Fruits	ramollissement excessif
Peroxydase	Fruits	Brunir
Polyphénoloxydase	Fruits et légumes	brunissement, mauvais goût, perte de vitamines
Protéase	Œufs	réduction de la durée de conservation des œufs entiers frais
	Farine	réduction de la formation de gluten
Thiaminase	viandes, poissons	destruction de la thiamine

Au cours de leur croissance, les moisissures peuvent produire un grand nombre d'enzymes: les lipases, les protéases, les carbohydrase... (K-Vijaya, 2019). A l'intérieure des aliments, ces enzymes peuvent poursuivre leurs activités indépendamment de la destruction ou de l'élimination du mycélium. Les activités enzymatiques peuvent donner naissance à des saveurs comme les grains de café de rio, odeurs de moisi dans le liège et le vin ou les fruits secs. Ceci est causé par la transformation fongique de 2, 4,6-Trichlorophénol à trichloroanisole ou TCA par *Penicillium brevicompactum*, *Penicillium crustosum*, *Aspergillus* et autres espèces. La réaction enzymatique peut conduire à la désintégration complète de la structure alimentaire (K-Vijaya, 2019).

Ces micro-organismes aérobies obligatoires sont capables de croître dans de larges plages de pH, de température et d'activité de l'eau et d'utiliser une grande variété de substrats comme nourriture (Dao et Dantigny, 2011). Par ailleurs, les moisissures appartenant aux genres *Aspergillus* et *Penicillium* sont généralement capables se développer à des Aw voisines de 0,7 à 25°C ; elles

peuvent donc se développer dans les aliments pauvres en eau comme les céréales, les fruits secs au cours de stockage. Par comparaison, les *Fusarium* ne peuvent pas se développer que pour des A_w supérieurs à 0,9. Il s'agit donc d'espèces se développant au champ, avant la récolte (**Castegnaro et Pfohl-Leszkowicz, 2002**).

Toutes ces moisissures sont situées principalement à la surface des aliments en raison de leur dépendance à l'oxygène (**Hungaro et Silva, 2014**). Les principaux genres de champignons d'altération des aliments qui constituent un problème pour l'agro-industrie et l'industrie alimentaire sont : *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Eurotium* et *Byssoschlamys* (**Hungaro et Silva, 2014**).

Les principales activités enzymatiques intervenant au cours de cette altération sont :

IV.1 Activité lipolytique

Les micro-organismes qui sont capables de produire des lipases (activité lipolytique) peuvent être trouvés dans plusieurs habitats, y compris les fruits secs : les noix, l'amande, arachides..., qui sont riches en huiles d'origine végétale, malgré leur nature anhydre, elles peuvent aussi être altérées par ces micro-organismes surtout les moisissures (**Griebeler et al., 2009**).

Les moisissures sont cultivées sur un substrat approprié à leur prolifération et utilisent leur acides gras comme seule source de carbone. Les corps gras, s'ils se trouvent en contact avec des moisissures, peuvent être l'objet d'altérations de diverses natures. Quand il s'agit d'espèces lipolytiques, ces altérations résultent d'abord de processus d'hydrolyse, suivis ou non de réactions oxydatives. Toutes ces transformations peuvent donner naissance à des produits néfastes ou indésirables, affectant le goût, l'arôme et même l'aspect de l'aliment (**Griebeler et al., 2009**).

L'activité lipolytique des moisissures dans les fruits secs implique l'action des lipases qui hydrolyse les triglycérides et libère des acides gras, des diacylglycérols, des monoacylglycérols et du glycérol. L'altération qui en résulte rend le goût rance (**Alifax, 1975**).

IV.2 Activité protéolytique

La plupart des microorganismes ont indiqué de réelles potentialités à produire les enzymes importantes. L'activité protéolytique des moisissures qui conduit à la décomposition de l'aliment et détérioration de leur qualité organoleptique et nutritionnelle s'exprime par la production de protéase qui sont des hydrolases, agissent à l'extérieur sur les diverses protéines de l'aliment (exemple : fruits secs) (**Djouldé Darman et al., 2005**).

Les protéases, sécrétées par les champignons filamenteux, sont capables de rendre les substrats macromoléculaires de fruits secs prêts à l'emploi en catalysant le clivage des liaisons

peptidiques de toute molécule protéique de l'aliment, en fragments polypeptidiques, qui seront par la suite transformés sous l'influence des peptidases en acides aminés absorbés directement par la paroi cellulaire des hyphes mycéliens et utilisés par les moisissures pour leurs croissances. La conséquence de ce processus est le ramollissement des fruits secs, et la prolifération de champignons (**Frazier, 1967 ; Colwell et Grigorova, 1989**).

IV.3 L'activité cellulolytique et pectinolytique

L'activité cellulolytique et pectinolytique de certains champignons est d'une grande importance pour expliquer comment ces micro-organismes corrompent les fruits. Certaines enzymes qui dissolvent la cellulose et la pectine sont déjà présentes à l'intérieur des cellules du fruit et sont responsables de la maturité des fruits à mesure qu'ils vieillissent. Lorsque le fruit est infecté par un champignon et que les hyphes fongiques se propagent dans les espaces intercellulaires et à l'intérieur des cellules du parenchyme, les moisissures sécrètent des enzymes qui provoquent une macération tissulaire qui mène finalement à la corruption du fruit (**Elnaghy et al., 1989 ; Srivastava et Misra, 2017**).

V. Altération due à la production des mycotoxines

Les mycotoxines sont des substances toxiques trouvant naturellement dans les denrées alimentaires et dans les aliments d'origine animale (viande, lait, œufs et fromage) en raison de la contamination des aliments des bétails par ces mycotoxine (**Pitt, 2000**). Le développement des mycotoxines peut se produire avant ou après la récolte, pendant la conservation, sur ou dans l'aliment lui-même souvent dans un environnement chaud et humide. La plupart des mycotoxines sont chimiquement stables et résistent au traitement des aliments.

Les mycotoxines les plus souvent observées et présentant un danger pour la santé humaine et celle des animaux d'élevage sont les aflatoxines, l'ochratoxine A, la patuline, les fumonisines, la zéaralénone et le nivalénol/déoxynivalénol (**Organisation Mondiale de la Santé, 2018**) (**Tableau 15**).

Les figures suivantes montrent un exemple d'altération des fruits secs causé par le mycotoxine le plus réputé (l'Aflatoxine), observé à l'œil nu (**Figure 23**) et sous la lumière ultraviolette (**Figure 24**):



(a) : noix



(b) : amandes



(c) : arachides

Figure 23: Fruits secs contaminées par des aflatoxines.

(d): figues



(e): pistaches

Figure 24 : Fluorescence émise par l'aflatoxine sous lumière ultraviolette sur des figues séchées à gauche et pistaches à droite.

(a):(https://www.who.int/foodsafety/FSDigest_Aflatoxins_FR.pdf?ua=1). Consulté le 01 Septembre 2020.

(b):(https://www.key.net/en/wp-content/uploads/2018/12/WP_Sorting-Nuts_PDF.pdf). Consulté le 01 Septembre 2020.

(c) :(<https://www.manationtogo.com/alimentation-attention-aux-aflatoxines/>). Consulté le 01 Septembre 2020.

(d) :(<https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/sante-rv-dr-cocaul-probleme-sante-publique-ne-moisissons-pas-mycotoxines-79174/>). Consulté le 01 Septembre 2020.

(e) :(https://www.imagingtheinvisible.com/photo_15429881.html#photos_id=15429881). Consulté le 01 Septembre 2020.

La toxicité des mycotoxines est variable (**Tableau 15**). En outre, plusieurs mycotoxines peuvent être présentes dans le même produit ou la même ration alimentaire (**Burel et al., 2006**).

Tableau 15: Principales mycotoxines retrouvées en alimentation humaine et/ou animale et leurs risque pour le consommateur (Bennet et Klich, 2003 ; Règlement (CE), 2006).

Mycotoxine	Moisissure (Bennet et Klich, 2003).	Denrées (Bennet et Klich, 2003).	Effets avérés ou suspectés (Règlement (CE), 2006).
Aflatoxines B1, B2, G1 et G2	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. Parasiticus</i> , <i>Aspergillus nomius</i> , <i>A. bombycis</i> , <i>Aspergillus pseudotamarii</i> et <i>Aspergillus ochraceoroseus</i>	Arachides, céréales, graines de coton, épices et fruits.	<ul style="list-style-type: none"> • Hépatotoxique • Mutagène • Cancérogène • Immunotoxique
Ochratoxines A, B, C	<i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>pinicillium viridicatum</i>	Légumes, céréales et graines de café.	<ul style="list-style-type: none"> • Néphrotoxique • Cancérogène • Mutagène
Zéaralinone	<i>Fusarium graminearum</i> et <i>F. sporotrichioides</i> .	Mais, orge, blé, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Oestrogénique • Effet sur la fertilité et la reproduction
Fumonisines	<i>F. moniliforme</i>	Mais et autres céréales	<ul style="list-style-type: none"> • Neurotoxique • Hépatotoxique • Immunotoxique

VI. Procédés de prévention et de réduction des mycotoxines dans le produit alimentaire

Plusieurs procédés ont été étudiés afin de prévenir la contamination des matières premières par les mycotoxines. Chaque essai doit non seulement réduire la concentration des toxines mais aussi éviter que les produits de dégradation ne soient toxiques ou détériorent la qualité nutritionnelle des aliments traités. Selon **Lopez Garcia et Park (1999)** un système de lutte intégré contre les mycotoxines doit se concevoir à trois niveaux de production:

VI.1 Lutte avant récolte

Sous des climats type tropicaux chauds et humides jugés à risque, la prévention aux champs consiste en l'utilisation raisonnée d'insecticides, et ce dans le but de diminuer les lésions des plantes et réduire de ce fait les portes ouvertes à l'envahissement par les moisissures ou l'utilisation de fongistatiques inhibant la croissance des moisissures et empêchant la toxinogénèse. La lutte contre les infestations d'insectes peut donc aider à éviter la prolifération des spores et la production ultérieure des mycotoxines. Cependant ces essais sont très difficiles à mettre au point et restent peu concluants.

VI.2 Lutte au moment de la récolte

Le moment de la récolte a une grande influence sur la production des mycotoxines. Pendant cette période, deux facteurs sont à contrôler : le lavage et le séchage. Ces deux pratiques jouent un rôle important dans la prolifération fongique pendant l'entreposage.

VI.3 Lutte et décontamination après récolte

Les procédures appliquées au cours de la période d'entreposage constituent une barrière importante pour éviter l'exposition des consommateurs aux mycotoxines. Les procédés de décontamination doivent être efficaces sans rendre impropres à la consommation les denrées traitées, elles doivent être simples à mettre en œuvre et peu coûteux puisque le traitement peut concerner des tonnages importants.

Selon **Park (1993)**, les trois procédés d'élimination des aflatoxines (physiques, chimiques ou biologiques) constituent les stratégies de lutte les plus courantes après récolte, les méthodes sont nombreuses et varient selon le type de mycotoxines, mais selon **Galvano et al., (2001)** l'efficacité de chaque approche doit être évaluée selon des critères spécifiques à savoir :

- Inactiver, détruire ou éliminer la toxine dans l'aliment,
- Ne générer aucun résidu toxique dans l'aliment,
- Ne pas altérer les propriétés technologiques et nutritionnelles de l'aliment,
- Être techniquement et économiquement faisable.

Pour réduire l'exposition aux mycotoxines, il est conseillé au consommateur (**Organisation Mondiale de la Santé, 2018**):

- d'inspecter les grains entiers (en particulier le maïs, le sorgho, le blé et le riz), les figues séchées et les fruits secs oléagineux, arachides, pistaches, amandes, noix, noix de coco, noix du Brésil et noisettes, qui sont régulièrement contaminés par l'aflatoxine, pour voir s'il n'y a pas de moisissures et jeter tout ce qui à l'air moisi, décoloré ou flétri;
- d'éviter d'endommager les grains avant et pendant le séchage et la conservation, les grains abimés étant plus susceptibles d'être envahis par les moisissures et donc, d'être contaminés par des mycotoxines;
- d'acheter des grains ou des fruits secs oléagineux aussi frais que possible;
- de s'assurer de conserver correctement les aliments, à l'abri des insectes, dans un endroit sec et pas trop chaud;
- de ne pas garder les aliments pendant trop longtemps avant de les consommer; et
- de veiller à varier l'alimentation, cela aide à réduire l'exposition aux mycotoxines et améliore en plus la nutrition.

Conclusion

La consommation quotidienne de fruits secs est recommandée afin de profiter pleinement des nutriments essentiels comme les fibres, les glucides, les minéraux et vitamine, ainsi que de leur goût et de leur arôme désirables. Cependant, ils sont sensibles à la contamination fongique en raison de leurs propriétés intrinsèques d'humidité et de teneur en nutriments, de longue durée de stockage, de pH et d'activité de l'eau élevés, qui favorisent tous la croissance des champignons. Les fruits secs peuvent être contaminés par des aflatoxines, de l'OTA, et parfois, de la patuline ou de la zéaralénone, ce qui est très préoccupant pour la santé humaine en raison de leurs propriétés à induire une toxicité aiguë à de faibles niveaux de dosage.

On a tenté également de proposer des stratégies pour empêcher la formation de mycotoxines afin de garantir que les fruits secs sont sains et sans danger, alors il est conseillé au consommateur:

- d'inspecter soigneusement les graines des fruits secs et les noix entières à la recherche de moisissures et de mettre au rebut celles qui semblent moisies, décolorées ou flétries;
- d'acheter des fruits secs fraîches que possible, qui ont été cultivées, dans la mesure du possible, à faible distance et qui n'ont pas été transportées sur une longue durée ;
- de n'acheter que des marques réputées des fruits secs, les moisissures contenant des aflatoxines n'étant pas entièrement détruites lorsque les aliments sont transformés ou grillés, de sorte que ces substances peuvent réapparaître dans des produits, par exemple dans le beurre de cacahouète ;
- de s'assurer que les aliments sont stockés convenablement et qu'ils ne sont pas conservés sur des périodes prolongées avant leur consommation ;
- de s'efforcer d'avoir un régime alimentaire varié ; cela contribue non seulement à atténuer l'exposition aux mycotoxines, mais aussi à améliorer la santé et la nutrition.

Références bibliographiques

- **Abrar, M., Anjum, F.M., Butt, M.S., Pasha, I., Randhawa, M.A., Saeed, F., Waqas, K.** Aflatoxins: Biosynthesis, Occurrence, Toxicity, and Remedies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* (2013) 53(8), 862–874.
- **Aguieb, Z., Messai Belgacem, M.** Valorisation des arachides (*arachis hypogea l.*) cultivées à la wilaya d'el-oued. Master en Biologie et Valorisation des Plantes. Algérie : Université Echahid Hamma Lakhdar D'el-Oued. (2015).
- **Aissi, A., Boujelle, Y.** Screening phytochimique et mise en evidence de l'activite antimicrobienne des feuilles et des écorces de *Juglans regia*. Master en Microbiologie Appliquée. Algérie : Université El-Hadj Lakhdar Batna. (2014).
- **Ait Mimoune, N., Arroyo-Manzanares, Nat.** *Aspergillus* section *flavi* and aflatoxins in dried figs and nuts in Algeria. *Food Additives and Contaminants: Part B.* (2018). <https://doi.org/10.1080/19393210.2018.1438524>.
- **Albert, C.M., Gaziano, J.M., Willett, W.C., et Manson. J.A.** Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the Physicians' Health Study. *Archives of Internal medicine* (2002) 162, 1382.
- **Alborch, L., Bragulat, M.R., Abarca, M.L., Cabañes, F.J.** Temperature and incubation time effects on growth and ochratoxin a production by *Aspergillus sclerotioniger* and *Aspergillus lacticoffeatus* on culture media. *Letters in Applied Microbiology* (2011) 52, 208-212.
- **Alghalibi, S.M. and Shater, A.R.** Mycoflora and mycotoxin contamination of some dried fruits in Yemen republic. *Assiut University Bulletin for Environmental Researches* (2004) 7, 19-27.
- **Al-Hilli, A.L., Smith, J.E.** Influence of propionic acid on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus*. *FEMS Microbiology Letters* (1979) 6, 367-370.
- **Aliasgarian, S., Ghassemzadeh, H. R., Moghaddam, M., Ghaffari, H.** Mechanical damage of strawberry during harvest and postharvest operations. *Acta Technologica Agriculturae*. P: 1, 5. (2015).
- **Alifax, R.** Activité lipolytique de quelques micro-organismes. II. – MOISSURES. (1975). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00928676/document>.
- **Alwakeel, S.S., Nasser, L.A.** Microbial contamination and mycotoxins from nuts in Riyadh, Saudi Arabia. *American Journal of Food Technology* (2011) 6(8), 613–630.

- **Amanzougarene, M.** Caractérisation physico-chimique des deux variétés de l'amandier algérien (Bejaia, Bouira et Sétif) : *prunusamygdalus amaris et prunusamygdalus dulcis*. Master en Biotechnologie Alimentaire. Algérie: Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem. (2018).
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Bioaerosols: assessment and control. Publication 3180. *Janet Macher Editor*. P 526. (1999).
- **Andrés, F., López Camelo, D.** Manuel pour la préparation et la vente des fruits et des légumes Du champ au marché. Chapitre 1 – Récolte 1. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Agropecuaria Balcarce, Argentine. *Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture*. Rome. (2007).
- **Arvy, M.** Des Plantes et des Pains: Nutrition et Sensorialite. (2012). https://complements.lavoisier.net/9782743014230_des-plantes-et-des-pains-nutrition-et-sensorialite_Chapitre7.pdf.
- **Bao, Y., Han, J., Hu, F. B., Giovannucci, E. L., Stampfer, M. J., Willett, W. C., et Fuchs, C. S.** Association of nut consumption with total and cause-specific mortality. *The New England Journal of Medicine* (2013) 369 (21), 2001-2011. <https://www.uaex.edu/publications/pdf/FSFCS95.pdf>.
- **Bayazid, A.** Les altérations alimentaires. Sidi Bel Abbes : Université De Sidi Bel Abbes. (2019).
- **Becila, A.** Sciences Alimentaires et Nutrition. Constantine : Université Mentouri. P 90. (2009). <https://bu.umc.edu.dz/theses/agronomie/BEC5412.pdf>.
- **Bellabaci, A.** Etude de la possibilité d'amélioration de la culture et de la production du noyer commun, *juglans regia l.* Dans la région de Tlemcen. Master en agronomie : amélioration végétale. Algérie : Université de Tlemcen. (2016).
- **Benjira, L.** Etude de la prescription d'antibiotique chez l'enfant. Diplome de specialite en medecine.Maroc: Université Sidi Mohammed Ben Abdellah. (2016).
- **Bennett, J.W., Klich, M.** Mycotoxins. *Clinical Microbiology Review* (2003) 16, 497–516.
- **Bentaleb, S., Anani, B.** Production des protéases extracellulaires des moisissures du sol : effet du pH et de la température. Master en Biotechnologie Fongique /

- Fermentation et production de substances fongiques. Algérie : Université des Frères Mentouri Constantine. P 104. (2016).
- **Beroigui, O.** Caractérisation agro morphologique et biochimique des figes sèches commercialisées dans la zone de Meknès el hajeb. Licence. Biotechnologie et valorisation des phytoressources. Maroc : Université Sidi Mohamed Ben Abdallah de Fès. (2017).
 - **Blackwell, B.A., Miller, J.D., Savard, M.E.** Production of carbon 14-labeled Fumonisin in liquid culture. *Association of Official Analytical Chemists* (1994) 392, 506-511.
 - **Boiron, P.** Organisation et biologie des champignons. *Edition Nathan*. P: 13- 80. Bordas. Paris. P : 36-153. (1996).
 - **Boiron, P.** Organisation et biologie des champignons. *Edition Nathan*. P: 13-19-69-79. (1996).
 - **Botton, B., Breton, A., Fevre, M., Gauthier, S., Guy, P., Larpent, J.P., Reymond, P., Sanglier, J.J., Vayssier ,Y. et Veau, P.** Moisissures utiles et nuisibles. Importance industrielle. Masson. Paris. P : 12-426. (1999).
 - **Botton, B., Breton, A., Fèvre, M., Gauthier, S., Guy, P., Larpent, J.P., Reymond, P., Sanglier, J.J., Vayssier, Y .et Veau, P.** Moisissures utiles et nuisibles, Importance industrielle, 2^{ème} Ed. *Masson collection biotechnologies* (1990) 5-10.
 - **Bouchet, P.H., Guignard, J. L., Madulo Leblond, G., Regli, P.** Mycologie générale et medicale. Masson Paris. P : 1- 2- 3- 4- 5. (1989).
 - **Bouraima, Y., Ayi-Fanou, L., Kora, I., et al.** Mise en évidence de la contamination des céréales par les aflatoxines et l'ochratoxine A au Bénin, dans : Creppy E.E, Castegnaro M, Dirheimer G. (Eds) *Human ochratoxicosis and its pathologies* (1993) 231,101-110.
 - **Bourgeois, C.M., Mescle, J.F., Zucca J.** Microbiologie alimentaire. Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Lavoisier. Paris. P : 216-244. (1989).
 - **Braun, P., Fehlhaber, K., C-Klug, K.** Investigations in to the activity of enzymes produced by spoilage-causing bacteria: a possible basis for improved shelf-life estimation. *Science Direct* (2015) 16, 531-540.

- **Briend, A.** Highly nutrient-dense spreads: a new approach to delivering multiple micronutrients to high-risk groups. *British Journal of Nutrition* (2001) 85, 175- 179.
- **Burel, C., Galtier, P., Dragacci, S., Janin, F.** Évaluation des risques liés à la présence de mycotoxines dans les chaînes alimentaires humaine et animale (RAPPORT SYNTHÉTIQUE). (afssa) *Agence française de sécurité sanitaire des aliments*. P : 83. (2006).
- **Carughi, A., Feeney, M.J., Kris-Etherton, P., Fulgoni, V., Kendall, CW., Bulló, M., Webb, D.** Pairing nuts and dried fruit for cardiometabolic health. *Nutrition journal* (2015), 15-23.
- **Castegnaro M., Pfohl-Leskowicz A.** Les mycotoxines : contaminants omniprésents dans l'alimentation animale et humaine, dans La sécurité alimentaire du consommateur, Lavoisier. *Tec&Doc*. (2002).
- **Cawade, Mh., Waskar, D.** Effect of different varieties and pre-treatments on yield and quality of dried fig fruits. *Indian Journal of Agriculture Research* (2005) 39,138-141.
- **Chabasse, D., Bouchara, J.P., de Gentile, L., Brun, S., Cimon, B., Penn.** Les moisissures à intérêt médical. Cahier de formation N° 25. Bioforma 230 bd raspail 75014 Paris. (2002).
- **Chadda, D.** Influence des matières organiques (feuilles, chatons et racines) du noyer (*Juglans regia L.*) Sur le comportement de jeunes plants de pommier (*Malus Domestica Borkh*) dans la région de R'haouat (Hidoussa) (Belezma) .Magister en Agrotechnie. Algérie: Université El Hadj Lakhdar. (2008).
- **Chakraborty, R., Srinivasan, M. S et Raghanan, S. K.** Production of acid proteases by a new *Aspergillus niger* during solid substrate fermentation. *Journal of Biotechnology* (1995) 10, 17-30.
- **Chasseur C., Nolard N.** Les champignons de l'habitat. 1ère partie introduction à la mycologie, risques pour la santé, expertises dans recherches et études. *CSTS magazine*. (2003).
- **Chellah, S., Djedi, N.** Etude de l'effet de la conservation sur quelques caractéristiques physicochimiques et les propriétés antioxydantes de pâtes de figues sèches. MASTER en Sciences Alimentaires. Algérie : Université a. Mira – Bejaia. (2016).
- **Chen, C. Y., Lapsley, K et Blumberg, JA.** Nutrition and health perspective on almonds. *Journal of the science of food and agriculture* (2006) 86(14), 2245-2250.

- **Clark, H. E., Geldriche, E. F. B., Kabler, P. W et Huff, C. B.** Identification of Industrial microorganismes. *Appl. Microbiol. Process Biochemistry* (1985) 30, 723-727.
- **Clement, J.M.** Larousse Agricole. *Edition Librairie Larousse*. Paris. (1981).
- Codex Alimentarius Commission, **2005**. Code of practice for the prevention and reduction of aflatoxin contamination in tree nuts. CAC/RCP 59-2005, Joint FAO/WHO Food Standards Program, Rome, Italy.
- **Coulibaly, L et Agathos, S.N.** Transformation kinetics of mixed polymeric substrates under transitory conditions by *Aspergillus niger*. *African Journal of Biotechnology* (2003) 2 (11), 438-443.
- **Cunningham, J.M.** Antibiotic chemical compound. *Britannica*. (2015).
- **D'Mello, J.P., Porter, J.K., McDonald.** *Fusarium Toxins*. Boca Raton: CRC Press. P 287-301. (1997).
- **Dao, T., Dantigny, P.** Control of food spoilage fungi by ethanol. *Food Control* (2011) 22, 360-368.
- **Davet, P.** Vie microbienne du sol et production végétale. *INRA*. Paris. P: 52-57. (1996).
- **De Sousa, C.** The Impact of food manufacturing practices on food borne diseases. *Brazilian Archives of Biology and Technology* (2008) 51(4), 815-823.
- **Debbabie, A.H., Shafchak, S.D.** Production des produits du champ. *Edition Dar El Fekre El Arabie*, Egypt. P 594. (2008).
- **Derntla, C., Klugerb, B., Bueschl, C., Schuhmacher, R., Mach, R.L., Mach-Aigner, A.R.** Transcription factor xpp1 is a switch between primary and secondary fungal metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences* (2016) 114(4), 560–569.
- **DIO, I, M. 1978. DIO, I, M. 1978.** Etude des problèmes posés par les aflatoxines dans les aliments du bétail et de l'homme. Thèse Vet. Dakar. N°12
- **Dir, K., Boumaza, K.** Etude mycologique et mycotoxicologique des fruits secs (à coque) commercialisés au niveau de la région d'OUM El-BOUAGHI. Master en Microbiologie Appliquée. Algérie : Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi. (2018).

- **Djouldé Darman, R., Etoa, F., Essia Ngang, J., Mbofung, C.M.F.** Screening des Microorganismes potentialités fermentaires pour le Manioc. *TROPICULTURA* (2005) 23 (1), 11-18
- **El Himer, N., Gherras, S.** Etude mycologique et indentification des souches fongique toxinogènes isolée des amandes et arachides-Tlemcen. Master en Toxicologie industrielle et environnemental. Algérie : Université de Tlemcen. (2017).
- **Elnaghy, M. A., Elkatatny, M. S. T. et Abdelzaher, H. M. A.** Role of Phenolic in resistance of some onion varieties to maceration by *Sclerotium Cepivorum*. Bull Fac. Sci. Assiut University (1989) 18 (1), 39-49.
- **F.A.O.** Food and nutrition paper 2 mycotoxines Nairobi Sept 19-27 Food Cosmet. Toxicologie. 1979 17 159-166. (1977).
- **FAO.** Food Production Statistics. (2013). <http://faostat.fao.org>.
- **FAO.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013).
- **Faostat.** La base de données statistique de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2015).
- **Farrar, J.J., Davis, R.M.** Relationship among ear morphology, western flowers thrips and *Fusarium* ear rot of corn. *Physiopathology* (1991) 81, 661-666.
- **Felipe, A. J.** El Almendro: El Material Vegetal. *Mira Editores*. (2000).
- **Fernández-Cruz, M. L., Mansilla, M. L., Tadeo, J.L.** Mycotoxins in fruits and their processed products: Analysis, occurrence and health implications. *Journal of Advanced Research* (2010) 1, 113–122
- **Ferrie, S.** Food cures. Published at Australia, by *reader's digest*. P 62. (2009).
- **Figue Séchée Composition Nutritionnelle Figue, Séchée.** *Informations nutritionnelles*. (2013). <https://informationsnutritionnelles.fr/figue-sechee>.
- **Flaishman M.A., Rover, V et Stover, E.** The Fig: Botany, Horticulture, and Breeding. *Horticultural Review* (2008) 34, 113–197.
- **Fonceka, D.** Elargissement de la base génétique de l'arachide cultivée (*Arachis hypogea*). Applications pour la construction de populations. L'identification et l'amélioration de l'espèce cultivée. Thèse de doctorat. Montpellier sur agro. P 108. (2010).
- **Fox, E.M., Howlett, B.** Secondary metabolism: regulation and role in fungal biology. *Current Opinion in Microbiology* (2008) 11(6), 481-487.

- **Fraser, G.E.** Nut consumption, lipids, and risk of a coronary event. *Asia Pacific*. (2000).
- **Frazier, W. C.** Food Microbiology. Academic presse. London. P: 3-429. (1967).
- Fruits Secs. République De Turquie – Ministère De L'économie, 2018. <https://trade.gov.tr/data/5b8fd8da13b8761f041fef3d/5c9daea8653529f7ef83b47543403558.pdf>
- **Fuke, Y., Matsuoka, H.** The purification and characterization of Prolyl-aminopeptidase from *Penicillium camemberti*. *Dairy Science* (1993) 76 (9), 2476-2484.
- **Galvano, F., Piva, A., Ritlen, A et Galvano, G.** Dietary strategies to counteract the effects of mycotoxins: A review. *Food Protection* (2001) 64 (1), 120 -131.
- **Gaussen, H., Leroy, Jf et Ozenda, P.** Précise Botanique, Tonne li : Vegetaux Superieure Masson. P 558 - 560. (1982).
- **Gauthier, A.** Les mycotoxines dans l'alimentation et leur incidence sur la santé. *Sciences pharmaceutiques*. P : 132. (2016).
- **Gerez, C.L., Toress, M.J., Font de Valdez, G., Rollan, G.** Control of spoilage fungi by lactic acid bacteria. *Biological Control*. (2013) 64, 231-237.
- **Germain, E.** Le Noyer. In: A. Gallais et H. Bannerot (Eds), amelioration des especes vegetales cultivées, objectifs et criteres de selection, Inra, Paris. P : 620-632. (1992).
- **Giraud, J.** Microbiologie alimentaire. *Edition Donod*, Paris. P : 8-101.P : 330. (1998).
- **Goyal, S., Ramawat, K. G., Mérillon, J. M.** Different shades of fungal metabolites: An Overview. *Researchgate*. (2017).
- **Griebeler, N., Polloni, A.E., Remonatto, D., Arbter, F.** Isolation and screening of lipase-producing fungi with hydrolytic activity. P 10. (2009).
- **Guiraud, J.P.** Microbiologie alimentaire, Paris: Dunod .P: 576. (2012).
- **Guiraud, J. P.** Microbiologie alimentaire. Dunod. Paris. P : 7-330. (1998).
- **Harrigan, W.F et McCance M.E.** Laboratory methods in food and dairy microbiology. Academic press. London. P: 21-277. (1976).
- **Hongjin, Du., Li, C., Wen, Y., Tu, Y., Zhong, Y., Yuan,Z., Li, Y., Liang, B.** Secondary metabolites from pericarp of *Juglans regia*. *Boichimical Systematics and Ecology* (2014) 54, 88-91.
- **Hubert, P.** (ING. D'Agronomie); Fiche technique d'agriculture spéciale. (2000).

- **Hussein, Z. F., Olaniyi Amos, O., Umezuruike, L.** Preharvest factors influencing bruise damage of fresh fruits. *Cientia Horticulturaes* (2018) 229 , 45-58.
- **Hungaro, H., Silva, N.** Food Microbiology. P 20. (2014). https://www.researchgate.net/publication/288208448_Food_Microbiology.
- **Hyghly, E., Enright, E.J., Banks, H.J et Champ, B.R.** stored product protection. Proceeding of the international working conference on stored product protection. *Cab International. Canberra.* (1994) 2, 969-1083.
- Images Libres De Droits, Disponibles Sur : <Http://Commons.Wikimedia.Org>.
- **Jackson, L.S., Al-Taher, F.** Factors Affecting Mycotoxin Production in Fruits. In: Mycotoxins in Fruits and Vegetables (R. Barkai-Golan, N. Paster, and Ed.), Elsevier, California, Usa. P: 75–104. (2008).
- **Julien, R.** Les moisissures parlons-en. Objectif prévention (2002) 25 (4) ,7-8.
- **K -Vijaya, R.** Food Microbiology. Editeur: MJP publishers. P: 822. (2019).
- **Karam, H., Karam N. E.** Isolement et identification de bactéries lactiques du lait cru de chamelle. XIIèmes Journées Nationales de Microbiologie. Constantine. (2000).
- **Kendrick, B.** The Fifth kingdom. 2nd édition. *Mycologue Publications.* (1999).
- **Kendrick, B.** The Fifth kingdom. Troisième Eds. (2000).
- **Kislev, ME., Hartmann, A., Bar-Yosef, O.** Early Domesticated Fig in the Jordan Valley. *Science* (2006) 312, 1372-1374.
- **Kreger-Van-Rig, N. J.W.** The yeasts, a taxonomic study. *Elsevier Science Publishers.* (1984).
- **Kaushal, K.S., Sinha, S.P.** Mycotoxins. *Asean Food Journal* (1993) 8, 87-93.
- L'algerie Est Le Troisieme Producteur Mondial de Fignes. Made In Algeria. (2015).
- **L'Algérie profonde.** EL-OUED Plus de 120 000 quintaux d'arachides produits. 2019.
- La Production Mondiale De Noix. Agrimaroc. (2019). <https://www.agrimaroc.ma/production-mondiale-noix/>
- **Labiod, F., Chaibras, S.** Isolement, identification et activité antibactérienne des moisissures d'un sol forestier à Constantine. Master en Biotechnologie des mycètes. Algérie : Université des Frères Méntouri Constantine. (2015).
- **Larpent-Gourgaud, M., Sanglier, J. J.** Biotechnologie. Principes et méthodes. Doin. Paris. P: 574-587. (1992).

- **Le Bars, J.** Toxinogenesis as a function of the ecological conditions of the grain/microorganisms systems, in: Multon J.L. Preservation and storage of grains.
- **Leera,S., Vulebari, P, Tand Dick, A.** Importance of Fungi in the Petroleum, Agro- Allied, Agriculture and Pharmaceutical Industries. *New York Science Journal* (2019) ; 12(5)
- **Seeds and theirby-products.** New-York: *Lavoisier Publishing*. P: 347-366. (1988).
- **Le Figaro.** Cacahuète. ANSES, Tableau de composition nutritionnelle Ciquel. (2008).
- **Lesage-Meesen, L., Cahagnier, B.** Mecanisme d'adaptation des micromycetes aux activites de l'eau reduite, dans : cahagnier b. Moisissures des aliments peu hydrates. Paris, Londres, New-York : *Tec&Doc*. P : 21-35. (1998).
- **Leveau, S. B., Bouix, M.** Les microorganismes d'intérêt industriel. Lavoisier microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Lavoisier. Paris. P : 216-244. (1993).
- **Lipps, P.E., Deep, I.W.** Influence of tillage and crop rotation on yield, stalk rot and the recovery of Fusarium and Trichoderma spp in corn. *Plant Disease* (1991) 75, 828-833.
- **Lombet, C et al.** Passions de figues. (2016).
- **Lopez-Garcia, R., Park, D.** Systèmes de gestion intégrée des mycotoxines. 3ème conférence internationale mixte FAO / OMS / PNUE sur les mycotoxines. 3-6 Mars. Tunis, Tunisie. (1999).
- **Lukinmaa, S., Nakari, U., Eklund, M., Siitonen, A.** Application of molecular genetics methods in diagnostics and epidemiology of food-borne bacterial pathogens. *Acta Pathologica, Microbiologica et Immunologica Scandinavica* (2008) 112, 908-929.
- **Bellabaci, A.** Etude de la possibilite d'amelioration de la culture et de la production du noyer commun, *Juglans regia L.* dans la région de Tlemcen. Memoire De Master. Tlemcen : Université De Tlemcen. P 109. (2016). http://bibfac.univ-tlemcen.dz/snvstu/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2095
- **Madaoui, K ., Yaiche, I ., Bachir Bey, M.** La figue : substances bioactives et effets therapeutiques. (2013). <http://univ-bejaia.dz/dspace/123456789/5576>
- **Mannon, J., Johnson, E.** Fungi down on the farm. *New scientist* (1985) (1445), 12-16.

- **Masood, M., Iqbal, S.Z., Asi, M.R et Malik, N.** Natural occurrence of aflatoxins in dry fruits and edible nuts. *Food Control* (2015) 1, 62-65.
- **McKee, L.H.** Microbial contamination of spices and herbs: a review. *LWT - Food Science and Technology* (1995) 28, 1-11.
- **Meletiadis, J., Meis, J., Mouton, J.W., Verweu, P.E.** Analysis of growth characteristics of filamentous fungi in different nutrient media. *Journal of Clinical Microbiology* (2001) 39, 478-484.
- **Mesrouj, K.** Caractérisation physico-chimique et biochimique de certaines variétés de figes locales commercialisées au nord du Maroc. Licence en Biotechnologie et valorisation des phytoressources. Maroc : Université Sidi Mohamed Benabdellah de Fès. (2018).
- **Mkedder, I.** Caractérisation et typologie morphologique des variétés de figuier (*Ficus carica*) dans la région de Tlemcen. Master en génétique. Algérie : Université de Tlemcen. (2018).
- **Moreau, C.** Moisissures toxiques dans l'alimentation Paris -Vie Masson et Cie 1974 471p. (1974).
- **Moss, M.O., Franck, M.** Prevention effects of biocides and other agents on mycotoxin production, in Watson D.H, ed, Toxicants in foods. Chichester: Ellis Horwood. P: 231-251. (1987).
- **Mujic, I., Kralj, Jokic, M.B. Jug, S. T., Subaric, D., Vidovic, S et al.** *Journal of Food Science and Technology* (2014) 51(9), 1837-1846.
- **Multon, J.L.** Preservation and storage of grains. Seeds and by Products. Paris. P1095. (1988).
- **Nicklin, J., Graeme-Cook, K., Paget, T., Killington, R.** L'essentiel en microbiologie. *Edition Berti*. P: 210-216. (2000).
- **Norholt, M.D., Van Egmond, H.P., Paulsch, W.E.** Ochratoxin A production by some fungal species in relation to water activity and temperature. *Journal of Food Protection*. P : 485-490. (1979).
- **Organisation Mondiale de la Santé** .Mycotoxines . (2018).
- **Özcan, M.M., Unver, A., Erkan, E., Arslan, D.** Characteristics of Some Almond Kernel and Oils. *Scientia Horticulture* (2011) 123,330-333

- **Park, D.L.** Perspectives on mycotoxin decontamination procedures. *Food Additives and Contaminants* (1993) 10, 49-60.
- Passeport Sante. 10 Aliments Pour Lutter Contre Les Troubles Du Sommeil. Les Amandes.
- **Payne, G.A., Hagler, W.M.** Effect of specific amino acids on *Aspergillus flavus* in defined media. *Applied and Environmental Microbiology* (1983) 46(4), 805-812.
- **Peppler, H. J., Perlman, D.** Microbial technology. *Academic press. San Francisco.* P: 42-60. (1979).
- **Pfohl-Leszkowicz, A.** Les mycotoxines dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque. Paris: Tec&Doc. P 478. (1999).
- **Piga, A., Pinna, I, Ozer, K., Agahbio, M., Aksoy, U.** Hot air dehydration of figs (*Ficus carica l.*): drying kinetics and quality loss. *International Journal of Food Science and Technology* (2004) 39,793-799.
- **Pinelo, M., Sineiro, J., Nunez, M. J.** Extraction of antioxidant phenolics from almond hulls (*Prunus amygdalus*) and pine sawdust (*Pinus pinaster*). *Food Chemistry* (2004) 85, 267-273.
- **Pitt, J.** Toxigenic fungi: which are important?. *Medical Mycology* (2000) 38(1), 17–22.
- **Pitt, J.I.** Fungal Ecology and the occurrence of mycotoxins, in: mycotoxins and phycotoxins (Njapau, H., Trujillo, S., Van Egmond, H.P., Park, D.L., Ed), Wageningen Academic Publishers, Netherlands. P: 33–36. (2004).
- **Punt, P. J., Van Biezen, N., Conesa, A., Albers, A., Mangnus, J et Van den Hondel, C.** Filamentous fungi as cell factories for heterogenous protein production. *Trends in Biotechnology* (2002) 20 (5), 200-206.
- **Rabha, J., Dhruva, K. Jha.** Metabolic diversity of *Penicillium*. *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering.* (2018).
- Règlement (CE) n°1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. /Off Union Eur. 2006 ; L364.20 décembre 2006, 5-23.
- **Rico-Munoz, E., Robert, A. Samson., Houbraken, B., Mould, J.** Spoilage of Foods and Beverages: Using the right methodology. P 12. (2018).

- **Robert, N., Hounhouigon, J. D., Van Boekel, T.** Les Aliments: Transformation, Conservation et Qualité. *Bachhuys Publishers*. P: 28 – 29. (2003).
- **Rohlf, M., Churchill, A.C.** Fungal secondary metabolites as modulators of interactions with insects and other arthropods. *Fungal Genetics and Biology* (2011) 48(1), 23–34.
- **Ros, E.** health benefits of nut consumption. *Nutrients Family and Consumer Sciences* (2010) 2(7), 652-82.
- Rustica. Fiche De Culture Et D'entretien Des Noyers. (2019). <https://www.rustica.fr/fruits-et-verger/noyer,8791.html>
- **Sabate, J., Oda, K et Ros, E.** Nut consumption and blood lipid levels: a pooled analysis of 25 intervention trials. *Archives of Internal Medicine* (2010) 170(9), 821-7. <https://www.uaex.edu/publications/pdf/FSFCS95.pdf>
- **Sabatier, S.** Variabilité morphologique et architecture de deux espèces de noyers : *Juglans regia L., Juglans nigra L.* et de deux noyers hybrides interspécifiques. Biologie végétale. Université Montpellier II - *Sciences et Techniques du Languedoc*. (1999). <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00106305>.
- **Sánchez- González, C., Ciudad, C., Noé, V et Izquierdo Pulido, M.** Health Benefits of Walnut Polyphenols: An exploration beyond their lipid profile. *Food Science and Nutrition* (2015) 1040-8398, 1549-7852. <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/99551/1/658126.pdf>.
- **Savage, G.P., McNeil, D.L., Dutta, P.C.** Some Nutritional Advantages of Walnuts. *International Society for Horticultural Science*. P: 544-78. (2001).
- **Schilling, R.** L'arachide en Afrique Tropicale. Maisonneuve et Larousse. P:15-30, 142-146. (1996).
- **Scriban, R.** Biotechnologie. 5^{ème} édition. Technique et Documentation. Lavoisier. Paris. P : 149-159. (1999).
- **Seghir Birem, K.** Etude phytochimique et biologique des extraits plante médicinale "*Juglans regia*". Master en Chimie. Algérie : Université de M'sila. (2015).
- **Singh, P. et Cotty, P.J.** Aflatoxin contamination of dried red chilies: Contrasts between the United States and Nigeria, two markets differing in regulation enforcement. *Food Control* (2017) 80, 374–379.

- **Sheorey, S. D., Sengupta, R., Hinge, M.A.** Heart Healthy Nuts. *Current Pharmaceutical Review and Research* (2015) 2(3), 0976-822.
- **Slatnar, A.L., Klancar, U., Stampar, F., Veberic, R.** Effet du sechage des figues (*ficus carica l.*) Sur les teneurs en sucres, acides organiques et composes phenoliques. (2011).
- **Srivastava1, D., Misra, N.** Fungal spoilage of stored fruits of *Carica Papaya L.* and *Vitis Vinifera L.* and fungitoxicity of plants extracts. *Journal of Plant Science and Research* (2017) 4 (2), 1-7.
- **Stover, E., Aradhya, M.** Fig genetic resources and research at the U.S. National clonal germplasm repository in davis, california. *Acta Hort.* (In Press). (2007).
- **Tabuc, C.** Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Sous la direction de Sesan Tatiana et Bailly Jean-Denis. Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. P 190. (2007).
- **Tozanli, S.** Etude du marche algérien intérieur et import/ exportde la pistache, de la capre, de l'amande amère et du safran. Expert chaine globale de valeur. Pap. Enpard. (2018).
- **Trucksess, M.W., Scott. P.M.** Mycotoxins in botanicals and dried fruits: A Review. *Food Additives and Contaminants* (2008) 25, 1–12.
- **Uchikoba,T., Mase, T., Arima, K., Yonezawa, H et Kaneda, M.** Isolation and characterization of a trypsin like protase from *Trichoderma viride*. *Biological Chemistry.* (2001) 382, 1509- 1513.
- **Van Den Brandt, P. A et Schouten, L .J.** Relationship of tree nut, peanut and peanut butter intake with total and cause-specific mortality: a cohort study and meta-analysis. *International Journal of Epidemiology* (2015) 44(3), 1038-49.
- **Vanier, P.** Plantes médicinales. First Edition (1999) 1, 231.
- **Vidaud, J.** Le figuier monographie du CTIFL .*Centre Technique Interprofessionnel Des Fruits Et Legumes.* (Paris). P 263-267. (1997).
- **Waller, J.** Physiologie de l'infection par les dermatophytes. *Veterinary Medicine and Research* (2004) 56 (4), 101-106.
- **Ward, Tj., Bielawski, Jp., Kistler, Hc., Sullivan, E., O'donnell, K.** Ancestral polymorphism and adaptive evolution in the trichothecene mycotoxin gene cluster of

phytopathogenic *Fusarium*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (2002) 99 (14), 9278–9283.

- **Wilfred Desrosier, N.** Food preservation. Former Director of Research, National Biscuit Company, New York City. *Author of the Technology of Food Preservation*. (2018).
- **Yada, S., Lapsley, K., Huang, G.** A review of composition studies of cultivated almonds: macro nutrients and micro nutrients. *Food composition analysis* (2011) 24, 469-480.

Sites web

1. <https://tp-svt.pagesperso-orange.fr/respiration.htm>. Consulté le 24 Aout 2020.
2. https://www.sciencesetavenir.fr/sante/les-moisissures-font-le-lit-de-l-asthme-a-l-ecole_27884. Consulté le 10 Aout 2020.
3. www.aspergillus.man.ac.uk. Consulté le 10 Aout 2020.
4. https://www.researchgate.net/figure/Contamination-of-shelled-peanut-by-Aspergillus-spp-William-Appaw_fig5. Consulté le 08 Aout 2020.
5. https://www.pioneer.com/us/agronomy/aspergillus_ear_mold_cropfocus.html. Consulté le 08 Aout 2020.
6. <http://Commons.Wikimedia.Org>. Consulté le 24 Aout 2020.
7. https://fr.wikipedia.org/wiki/Noyer_commun_cite_note-tilo-1. Consulté le 26 Juillet 2020.
8. https://www.espaceagro.com/fruit-sec-et-grainesgrillees/cerneaux-du-noix-a-vendre_i286150.html. Consulté le 24 Aout 2020.
9. <https://www.lespaniersdavoine.com/noix-en-coque-seche-bio.html> Consulté le 24 Aout 2020.
10. https://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:94_Amygdalus_communis_L.jpg. Consulté le 21 Aout 2020.
11. <https://jardinage.lemonde.fr/dossier-485-amandier-prunus-dulcis-amygdalus-arbre-virginite.html>. Consulté le 13 Septembre 2020.
12. <https://www.gaujard.fr/amandes/507-amandier-texas.html>. Consulté le 19 Aout 2020.
13. <https://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/amande/composition>. Consulté le 21 Juillet 2020.
14. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Arachide>. Consulté le 06 Aout 2020.
15. <https://liberte-algerie.com/centre/plus-de-120-000-quintaux-darachides-produits-327522>. Consulté le 02 Septembre 2020.
16. http://plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=58571&language=English. Consulté le 10 Septembre 2020.
17. <https://www.mesarbustes.fr/ficus-carica-noire-de-bellone-figuier-a-fruits-precoce-figue-comestible-sultane.html>. Consulté le 21 Aout 2020.
18. <https://ricebeanschickpeas.com/fr/turquie/figues-sechees-naturelles-249124/>. Consulté le 24 Aout 2020.
19. <http://www.fruitssecs.ma/fruits-seches/59-fruits-dessechees-figue-sechee.html>. Consulté le 01 Septembre 2020.

Références bibliographiques

20. <https://www.biomielandco.com/alimentation/571-figues-sechees-entieres-bio.html>. Consulté le 21 Aout 2020.
21. https://fr.wikipedia.org/wiki/Brunissement_enzymatique#/media/Fichier:Barangan_banana_Indonesia.JPG. Consulté le 10 Aout 2020.
22. https://fr.wikipedia.org/wiki/Brunissement_enzymatique#/media/Fichier:Barangan_banana_Indonesia.JPG. Consulté le 10 Aout 2020.
23. (https://www.who.int/foodsafety/FSDigest_Aflatoxins_FR.pdf?ua=1). Consulté le 01 Septembre 2020.
24. https://www.key.net/en/wp-content/uploads/2018/12/WP_Sorting-Nuts_PDF.pdf. Consulté le 01 Septembre 2020.
25. <https://www.manationtogo.com/alimentation-attention-aux-aflatoxines/>. Consulté le 01 Septembre 2020.
26. <https://www.futura-sciences.com/sante/actualites/sante-rv-dr-cocaul-probleme-sante-publique-ne-moissons-pas-mycotoxines-79174/>. Consulté le 01 Septembre 2020.
27. https://www.imagingtheinvisible.com/photo_15429881.html#photos_id=15429881. Consulté le 01 Septembre 2020.

Résumés

Résumé

L'objectif de ce travail est de donner un aperçu général sur la toxicité des mycotoxines, leur présence naturelle dans les fruits secs et proposer les stratégies de contrôle et de prévention. Pour cela la première partie de ce travail a porté pour donner une idée générale sur les champignons, les principaux facteurs qui influencent leurs croissances, et leur rôle dans le secteur industriel, puisque les aliments sont menacés par les micro-organismes, et en particulier les champignons. La deuxième partie a pour but de citer l'intérêt nutritionnel de différents fruits secs comme les noix, les amandes, les arachides et les figues séchées, qui sont séchés selon des méthodes traditionnelles dans certaines régions du monde, par exemple le séchage sur les toits des maisons. En outre, stocker ces fruits dans des endroits humides stimule le développement des champignons. Malgré le rôle majeur de ces derniers dans les biotechnologies, ici, nous arrivons à un gros problème, car la prolifération des champignons dans les fruits secs entraîne la libération des métabolites secondaire (mycotoxines) ou primaires (enzymes) qui altèrent la qualité de ces aliments mais, surtout, ils peuvent être néfastes pour la santé humaine. Pour cette raison, le troisième chapitre était consacré pour étudier les altérations des fruits secs par les mycotoxines (les aflatoxines, l'ochratoxineA) et les enzymes et les différentes mesures de prévention pour diminuer les risques de contamination fongique. Enfin, les pays producteurs de fruits secs devraient s'efforcer de fournir des fruits avec de bonnes normes nutritionnelles et de rechercher de nouvelles méthodes plus efficaces de séchage et de stockage.

Mots clés : champignons, mycotoxines, enzymes, fruits secs.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو إعطاء لمحة عامة عن السموم الفطرية ، ووجودها الطبيعي في الفاكهة المجففة، واقتراح استراتيجيات للمكافحة والوقاية. ولهذا الغرض ركز الجزء الأول من هذا العمل على إعطاء فكرة عامة عن الفطريات، والعوامل الرئيسية التي تؤثر على نموها ، ودورها في القطاع الصناعي، حيث إن الغذاء مهدد بالكائنات الحية الدقيقة، وخاصة الفطريات. الجزء الثاني يهدف إلى مناقشة القيمة الغذائية للفواكه المجففة المختلفة مثل الجوز واللوز والبقول السوداني والتين المجفف والتي يتم تجفيفها بالطرق التقليدية في بعض أنحاء العالم مثل التجفيف على أسطح المنازل. بالإضافة إلى ذلك، فإن تخزين هذه الفاكهة في أماكن رطبة يحفز نمو الفطريات. على الرغم من الدور الرئيسي لهذه الأخيرة في التكنولوجيا الحيوية، إلا أننا نواجه مشكلة كبيرة، لأن انتشار الفطريات في الفواكه المجففة يؤدي إلى إطلاق نواتج ثانوية (السموم الفطرية) أو الأولية (الإنزيمات) التي تغير جودة هذه الأطعمة ولكن، قبل كل شيء، يمكن أن تكون ضارة بصحة الإنسان. لهذا السبب، تم تخصيص الفصل الثالث لدراسة تغيرات الفواكه المجففة بواسطة السموم الفطرية (aflatoxins, ochratoxinA) والإنزيمات والتدابير الوقائية المختلفة من أجل تقليل مخاطر التلوث الفطري. أخيرًا يجب على الدول المنتجة للفواكه المجففة أن تسعى جاهدة لتزويد الفاكهة بمعايير غذائية جيدة والبحث عن طرق جديدة وأكثر كفاءة للتجفيف والتخزين.

الكلمات المفتاحية: الفطريات ، السموم الفطرية ، الإنزيمات ، الفواكه المجففة.

Abstract

The objective of this work is to give a general overview of the toxicity of mycotoxins, their natural presence in dried fruit and to propose control and prevention strategies. For this purpose, the first part of this work has focused on giving a general idea about fungi, the main factors that influence their growth, and their role in the industrial sector, since food is threatened by microorganisms, especially fungi. The second part aims to discuss the nutritional value of different dried fruits such as nuts, almonds, peanuts and dried figs, which are dried using traditional methods in some parts of the world, such as drying on the roofs of houses. In addition, storing these fruits in moist places stimulates the development of fungi. Despite the major role of the latter in biotechnology, here we come to a big problem, because the proliferation of fungi in dried fruits leads to the release of secondary (mycotoxins) or primary (enzymes) metabolites which alter the quality of these foods but, above all, they can be harmful to human health. For this reason, the third chapter was devoted to study the alterations of dried fruits by mycotoxins (aflatoxins, ochratoxinA) and enzymes and the different preventive measures in order to reduce the risks of fungal contamination. Finally, dried fruit producing countries should strive to provide fruit with good nutritional standards and to research new and more efficient methods of drying and storage.

Key words: fungi, mycotoxins, enzymes, dried fruits.

**Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master
en Mycologie et Biotechnologie Fongique**

Date de soutenance : 14/09/2020

Présenté par : DRICI Sana
BOUCHAAR Khadidja

THÈME : Détérioration des fruits secs par la flore fongique.

Résumé

L'objectif de ce travail est de donner un aperçu général sur la toxicité des mycotoxines, leur présence naturelle dans les fruits secs et proposer les stratégies de contrôle et de prévention. Pour cela la première partie de ce travail a porté pour donner une idée générale sur les champignons, les principaux facteurs qui influencent leurs croissances, et leur rôle dans le secteur industriel, puisque les aliments sont menacés par les micro-organismes, et en particulier les champignons. La deuxième partie a pour but de citer l'intérêt nutritionnel de différents fruits secs comme les noix, les amandes, les arachides et les figes séchées, qui sont séchés selon des méthodes traditionnelles dans certaines régions du monde, par exemple le séchage sur les toits des maisons. En outre, stocker ces fruits dans des endroits humides stimule le développement des champignons. Malgré le rôle majeur de ces derniers dans les biotechnologies, ici, nous arrivons à un gros problème, car la prolifération des champignons dans les fruits secs entraîne la libération des métabolites secondaire (mycotoxines) ou primaires (enzymes) qui altèrent la qualité de ces aliments mais, surtout, ils peuvent être néfastes pour la santé humaine. Pour cette raison, le troisième chapitre était consacré pour étudier les altérations des fruits secs par les mycotoxines (les aflatoxines, l'ochratoxineA) et les enzymes et les différentes mesures de prévention pour diminuer les risques de contamination fongique. Enfin, les pays producteurs de fruits secs devraient s'efforcer de fournir des fruits avec de bonnes normes nutritionnelles et de rechercher de nouvelles méthodes plus efficaces de séchage et de stockage.

Mots clés : champignons, mycotoxines, enzymes, fruits secs.

Jury d'évaluation :

Présidente du jury :	Mme. LEGHLIMI H.	M. C. A - UFM Constantine 1
Promotrice :	Melle. BELMESSIKH A.	M. A. A - UFM Constantine 1
Examinatrice :	Melle. ABDELAZIZ O.	M. C. B - UFM Constantine 1

Année universitaire : 2019/2020