



N° d'ordre :

N° de série :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar - El Oued
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم الفلاحة
Département d'agronomie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences Agronomique.
Spécialité : Production végétale

THEME

**Isolement et identification des champignons associés au
stockage des fruits secs commercialisés dans la région
d'El Oued (Algérie)**

Présenté par:
FERHAT Messouda

Membres du jury

Président : D.BOUAFIANE Mabrouka

Examineur : D.CHEIKH Maria

Promotrice : P^r HADEF. Leila

Université

Echahid Hamma Lakhdar- El Oued

Echahid Hamma Lakhdar-El Oued

Echahid Hamma Lakhdar-El Oued

-Année universitaire 2025/2026-

DEDICACE

Ma mère :

Merci d'être la seule qui a vu la lumière en moi. Ta confiance m'a sauvée du désespoir, et elle est le secret de chaque mot que je réussis. Tu es le plus beau cadeau de ma vie.

Mon père :

Merci pour ton soutien sans limites et d'avoir fait de mes études ta priorité. Tu n'as jamais refusé ma demande. Tu as porté tous les soucis pour que je puisse me concentrer uniquement sur la réussite. Cette réussite est à toi avant d'être à moi.

Ma grand-mère (que Dieu lui fasse miséricorde) :

Ton âme pure est toujours dans mon cœur. Tes prières sont le secret de mon succès aujourd'hui. J'aurais aimé que tu sois là pour me voir réaliser ton rêve pour moi. Ce mémoire est à toi avant tout, car tu fais partie de mon âme.

Mes frères et sœurs :

Vous êtes ma paix intérieure et la sérénité de mon cœur. Votre présence apaise mon âme avant mon corps. Merci d'être la famille qui rend tout plus facile.

Moi-même :

Merci à moi-même pour mes efforts et ma fatigue, pour chaque nuit blanche et chaque pas difficile que j'ai fait seule. Merci de ne pas avoir abandonné.

Mes chères amies :

Roumaissa, l'amie de l'âme avant la route, ce mémoire porte le battement de ton existence en lui.

Khadidja, Yathreb, Ola, Bouthaina, merci pour vos prières qui ne cessent jamais et pour votre amour infini.

Remerciements

Toutes nos reconnaissances et remerciements vont au Pr. HADEFL., Professeur à l'université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued, non seulement pour ses participations actives à la réalisation de ce mémoire, mais aussi pour, sa patience, sa compréhension et ses précieux conseils et orientations qui nous ont beaucoup aidés.

Nos vifs remerciements vont également àMaitre de conférences à l'université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued, pour avoir accepté de présider mon jury de mémoire.

Nos sincères remerciements vont également àMaitre assistant à l'université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued, pour avoir accepté d'examiner et participer à mon jury de mémoire.

Nous souhaiterons également remercier nos professeurs de la faculté des sciences de la nature et de la vie et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour l'aboutissement de ce travail.

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les fruits secs

1. Définition et importance des fruits secs.....	03
2. Types de fruits secs	03
2.1. Classification.....	03
2.1. Fruits secs oléagineux.....	03
3. Définitions du séchage	03
3.1. Le séchage traditionnel (séchage solaire).....	03
3.2. Le séchage artificiel (industriel).....	04
3.3. Méthodes de séchage.....	04
3.3.1. Le séchage traditionnel (séchage solaire).....	04
3.3.2. Le séchage artificiel (industriel).....	04
3.3.3. Caractéristiques du séchage traditionnel et artificiel.....	05
4. Valeur nutritionnelle des fruits secs	07
4.1. Aperçu général sur la valeur nutritionnelle	07
4.2. Valeur nutritionnelle des fruits secs oléagineux (amandes – noix).....	07
4.3. Valeur nutritionnelle des fruits secs sucrés (dattes – raisins secs – figues)	08

Chapitre II : Généralités sur les champignons de conservation

1. Les champignons de stockage	10
1.1. Les champignons du genre Aspergillus	10
1.1.1. Aspergillus flavus	10
1.1.1.1. Définition.....	10
1.1.1.2. Classification taxonomique.....	10
1.1.1.3. Caractéristiques morphologiques.....	10
1.1.1.4. Habitat et écologie.....	10

1.1.1.5. Production des aflatoxines.....	11
1.1.1.6. Importance médicale et sanitaire.....	11
1.1.1.7. Méthodes de détection.....	11
2. Les champignons du genre <i>Penicillium</i>	
1.2.1. <i>Penicillium verrucosum</i>	11
1.2.1.1. Définition.....	11
1.2.1.2. Classification taxonomique.....	12
1.2.1.3. Caractéristiques morphologiques.....	12
1.2.1.4. Habitat et écologie.....	12
1.2.1.5. Production d'ochratoxine A.....	12
1.2.1.6. Production de patuline.....	13
1.2.1.7. Importance médicale et sanitaire.....	14
1.1.1.8. Méthodes de détection.....	14
1.3. Le genre <i>Fusarium</i>	15
1.3.1. Définition et caractéristiques générales.....	15
1.3.2. Classification taxonomique.....	15
1.3.3. Caractéristiques morphologiques.....	15
1.3.4. Importance pendant le stockage.....	15
2. Facteurs environnementaux influençant la croissance fongique et la production de toxines pendant le stockage des fruits secs et des noix.....	16
2.1. Le pH.....	16
2.2. La composition gazeuse (O ₂ et CO ₂).....	
2.3. Le substrat.....	16
2.4. La température.....	16
2.5. L'activité de l'eau (Aw)	17
3. Les moisissures dans la chaîne alimentaire (cas des fruits secs et des noix)	17
3.1. Effets bénéfiques et néfastes des moisissures.....	17
3.2. Multiplicité des étapes de contamination.....	17

Partie pratique

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1.Objectif.....	19
2. Matériel.....	19
2.1. Matériel végétal.....	19

2.2. Matériel de laboratoire.....	20
3.Méthode.....	21
3.1. Désinfection des fruits secs.....	21
3.2. Isolement.....	21
3.3. Méthode directe d'Ulster	21
3.4. Méthode indirecte de dilution	22
3.5. Purification.....	23
3.5.1. Repiquage.....	24
3.6. Identification des isolats	25
3.6.1. Identification macroscopique.....	25
3.6.2. Identification microscopique.....	25
Chapitre II : Résultats et discussion	
II .1. Résultats.....	26
II.1.1. Résultats de la méthode directe.....	26
1.2. Résultats de la méthode indirecte (avec dilutions)	27
1.2.1. Délai d'apparition.....	27
1.2.2. Caractéristiques macroscopiques des souches isolées.....	27
1.2.2. Caractéristiques microscopiques des souches isolées.....	31
1.3. Analyse et répartition des isolats fongiques selon la nature du fruit sec.....	34
1.3.1. Répartition des genres fongiques par échantillon	34
2. Discussion.....	35
Conclusion générale	40
Références bibliographiques	41
Résumé	

Liste des tableaux

Tableau 01	Comparaison nutritionnelle entre l'amande et la noix (pour 100 g)	8
Tableau 02	Comparaison nutritionnelle entre les fruits secs sucrés (pour 100 g)	9
Tableau 03	Nombre d'échantillons de fruits secs étudié.....	20
Tableau 04	Caractéristiques macroscopiques des souches isolées.....	28
Tableau 05	Caractéristiques microscopiques des souches isolées.....	32

Liste des figures

Figure 01	Séchage solaire des figes.....	3
Figure 02	Appareil de séchage par convection.....	5
Figure 03	Appareil de séchage sous vide.....	5
Figure 04	Appareil de lyophilisation.....	5
Figure 05	Matériel végétal utilisé.....	19
Figure 06	Matériel de laboratoire.....	20
Figure 07	Désinfection et séchage des fruits secs, A)Eau distillée ,B) Eau de Javel,C) séchage.....	21
Figure 08	Inoculation des fruits secs sur milieu de culture . Figes (A), Raisins (B), Amandes (C), Dattes (D), Noix (E).....	22
Figure 09	Les étapes de l'isolement de la flore fongique à partir des fruits secs, (A) l'échantillon est broyé (noix) ,(B) préparation de dilution décimale,(C) Ensemencement.....	23
Figure 10	Purification des isolats.....	24
Figure 11	Culture des colonies pures ,(A)colonies noirs,(B) colonies blanches,(C)colonies vert clair.....	24
Figure 12	Résultats de la méthode directe A) L'échantillon de noix B) tous les échantillons C) L'échantillon de figes D) L'échantillon de raisins E) L'échantillon de amandes F) L'échantillon de dattes.....	27
Figure 13	Certains colonies obtenus par la méthode indirecte A) L'échantillon de dattes B) L'échantillon de figes C) L'échantillon de noix D) L'échantillon des amandes.....	28
Figure 14	Aspect macroscopique de l'espèce fongique (01) isolé à partir des amandes.....	29
Figure 15	Aspect macroscopique de l'espèce fongique (02) isolé à partir des amandes.....	29
Figure 16	Aspect macroscopique de l'espèce fongique (01) isolé à partir des noix.	30
Figure 17	Aspect macroscopique de l'espèce fongique (02) isolé à partir des noix.	30
Figure 18	Aspect macroscopique de l'espèce fongique (01) isolé à partir de	31

	raisin.	
Figure 19	Aspect macroscopique de l'espèce fongique (01) isolé à partir de raisin.	31
Figure 20	Aspect macroscopique de l'espèce fongique isolé à partir de figues.	32
Figure 21	Aspect macroscopique de l'espèce fongique isolé à partir de dattes.	32
Figure 22	Aspect microscopique de <i>Penicillium spp</i> isolé à partir des amandes grossissement $\times 40$	33
Figure 23	Aspect microscopique de <i>Penicillium chrysogenum</i> isolé à partir des amandes grossissement $\times 40$	33
Figure 24	Aspect microscopique de <i>Aspergillus candidus</i> isolé à partir des noix grossissement $\times 40$	33
Figure 25	Aspect microscopique de <i>Aspergillus niger</i> isolé à partir des noix grossissement $\times 40$	34
Figure 26	Aspect microscopique <i>Aspergillus niger</i> isolé à partir de raisin. grossissement $\times 40$	34
Figure 27	Aspect microscopique de <i>Rhizopus stolonifer</i> isolé à partir des dattes grossissement $\times 40$	34
Figure 28	Aspect microscopiques de <i>Rhizopus stolonifer</i> isolé à partir des Figs grossissement $\times 40$	34

Liste des abréviations

aw	water activity
°C	Degré Celsius
CIRC	Centre international de Recherche sur le Cancer
ELISA	Enzyme-Linked-ImmunoSorbent-Assay
g	gramme
HPLC	High Performance LiquidChromatography
OTA	Ochratoxin A
TLC	Thin Layer Chromatography
PCR	Polymerase Chain Reaction

Introduction générale

Introduction Générale

La prévention de la contamination fongique dans les denrées alimentaires, et plus particulièrement dans les fruits secs, constitue désormais un enjeu majeur de santé publique (Alwakeel et *al.*, 2011). La qualité microbienne représente un pilier fondamental de la sécurité sanitaire des aliments ; elle pose un défi considérable aux échanges commerciaux internationaux et joue un rôle déterminant dans la prévention des maladies d'origine alimentaire (Manair et El Ouali Lalami, 2011).

À l'instar de nombreux pays, la population algérienne consomme d'importantes quantités de fruits secs, soit directement comme en-cas, soit comme ingrédients de base dans diverses préparations traditionnelles élaborées lors des événements festifs, notamment durant le mois de Ramadan, les cérémonies de mariage et les circoncisions (Matmourat et *al.*, 2019). Dans la région d'El Oued, réputée pour sa production abondante de dattes et la commercialisation de plusieurs variétés de fruits secs (amandes, noix, raisins secs et figues sèches), ces produits occupent une place centrale dans les habitudes alimentaires locales (Mekhzoumi et Bellamouchi, 2013).

Les fruits secs sont caractérisés par leur richesse nutritionnelle, ce qui en fait un substrat favorable à la contamination par les microorganismes, en particulier les moisissures, et ce, durant les phases de croissance, de pré- et de post-récolte, ainsi que lors du transport et du stockage. Grâce à leur arsenal enzymatique diversifié et hautement spécialisé, les moisissures comptent parmi les principaux agents altérant ces denrées (El Khoury, 2016).

Par ailleurs, au cours de leur développement, ces champignons microscopiques produisent des métabolites secondaires toxiques, appelés mycotoxines, qui se retrouvent à l'état de contaminants naturels dans une large gamme de produits alimentaires, notamment les céréales, les fruits secs, les noix, les amandes, ainsi que les aliments composés et transformés dérivés de ces matières premières et destinés à la consommation humaine et animale (Huybrechts et *al.*, 2013). Le degré de contamination par ces toxines est influencé par les conditions climatiques et les pratiques de stockage, en particulier dans les zones arides et chaudes comme El Oued, où les variations de l'humidité relative peuvent favoriser le développement fongique (Rahmani et *al.*, 2009).

En dépit des efforts consentis pour maîtriser la contamination fongique, les champignons toxinogènes demeurent omniprésents dans l'environnement naturel et

restent capables de contaminer un large éventail de produits agricoles partout où les conditions d'humidité et de température sont propices (Rahmani et *al.*, 2009).

Aucune recherche spécifique n'a été menée sur la contamination fongique des fruits secs dans la région d'El Oued, malgré son importance agricole et commerciale, et bien que le climat aride et les méthodes de stockage traditionnelles puissent favoriser le développement des moisissures et la production de mycotoxines. Face à ce manque de données scientifiques, la problématique centrale suivante se pose : Quelles sont les espèces fongiques associées au stockage des fruits secs vendus dans la région d'El Oued ? Et ces champignons ont-ils la capacité de produire des mycotoxines présentant un risque pour la santé du consommateur ?

Dans ce contexte, l'objectif principal de cette étude consiste à étudier la flore fongique de stockage associée aux fruits secs commercialisés dans la région d'El Oued (Algérie).

Ce travail s'articule autour des axes suivants :

- L'isolement des souches fongiques à partir d'échantillons de fruits secs commercialisés dans la région d'El Oued, à savoir :
- Les **dattes** (*Phoenix dactylifera*)
- Les **amandes** (*Prunus dulcis*)
- Les **noix** (*Juglans regia*)
- Les **raisins secs** (*Vitis vinifera*)
- Les **figues sèches** (*Ficus carica*)
- **La purification et l'identification** des isolats obtenus sur la base des critères morphologiques et microscopiques retenus en taxonomie fongique.

Partie bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les fruits secs

CHAPITRE I

Généralités sur les fruits secs

Introduction

Les fruits secs sont des aliments de base connus depuis l'Antiquité comme moyen de conserver les fruits frais par séchage, que ce soit par la méthode traditionnelle (solaire) ou industrielle (utilisant l'électricité, le gaz, les micro-ondes et le vide), ce qui prolonge leur durée de conservation et augmente leur valeur nutritionnelle en concentrant les sucres, les vitamines et les minéraux. Ils se divisent en deux catégories principales : les fruits secs oléagineux comme les amandes et les noix, et les fruits secs sucrés comme les dattes, les raisins secs et les figues. En Algérie, la production de ces fruits est répartie sur différentes régions grâce à la diversité climatique, avec une concentration des dattes dans le Sud, des figues et des noix dans le Nord montagneux humide, des raisins secs dans le Nord-Ouest, et des amandes à Sétif, Batna et M'Sila.

1. Définition et importance des fruits secs

Les fruits secs sont des produits alimentaires préparés à partir de fruits frais après élimination de la majeure partie de leur eau à l'aide de méthodes de séchage traditionnelles (comme l'énergie solaire) ou modernes (comme la lyophilisation), ce qui augmente leur durée de conservation.

Cependant, leur maintien d'une teneur en humidité résiduelle et d'une concentration élevée en sucres en fait un environnement propice à la croissance des champignons pendant le stockage, en particulier ceux produisant des mycotoxines telles que les aflatoxines et l'ochratoxine-A (Donno et al., 2019).

2. Types de fruits secs

Dans le cadre de cette étude, on distingue généralement deux catégories principales de fruits secs (Donno et al., 2019) :

- Les fruits secs oléagineux : riches en lipides, ils comprennent dans notre étude les amandes (*Prunus dulcis*) et les noix (*Juglans regia*) (Belasli et al., 2023).
- Les fruits secs sucrés : fruits charnus déshydratés, ils comprennent dans notre étude les dattes (*Phoenix dactylifera*), les raisins secs (*Vitis vinifera*) et les figues (*Ficus carica*) (Belasli et al., 2023 ; Palumbo et al., 2011).

3. Définitions du séchage

3.1. Le séchage traditionnel (séchage solaire)

Le séchage traditionnel ou séchage solaire est l'une des méthodes les plus anciennes utilisées pour la conservation des produits agricoles et alimentaires.

Il repose sur l'utilisation du rayonnement solaire et de la chaleur naturelle afin d'éliminer l'eau contenue dans les produits par évaporation (figure 01).

Ce procédé peut être réalisé par exposition directe au soleil ou à l'aide de séchoirs solaires permettant de chauffer l'air avant son passage sur le produit (Houhou, 2012 ; Mennouche, 2006).



Figure 01. Séchage solaire des figes (Ferradji et *al.*,2011)

3.2. Séchage artificiel (industriel)

Le séchage artificiel ou industriel est un procédé de déshydratation des produits alimentaires utilisant des sources d'énergie non solaires telles que l'électricité, le gaz, les micro-ondes ou le vide.

Cette méthode permet de contrôler les paramètres de séchage, notamment la température, l'humidité et la vitesse de l'air, afin d'obtenir un produit séché de meilleure qualité dans un temps plus court (Mujumdar et Menon, 1995 ; Mujumdar, 2000 ; Boughali, 2010).

3.3. Méthodes de séchage

3.3.1. Le séchage traditionnel (séchage solaire)

Le séchage solaire est l'une des plus anciennes méthodes de conservation des produits alimentaires. Il repose sur l'utilisation de l'énergie solaire comme source naturelle de chaleur afin d'éliminer l'eau des produits par évaporation.

Ce procédé peut être réalisé soit par exposition directe au soleil, soit à l'aide de séchoirs solaires permettant de chauffer l'air avant son passage sur le produit (Daguenet, 1985 ; Houhou, 2012 ; Mennouche, 2006).

3.3.2. Le séchage artificiel (industriel)

Le séchage artificiel regroupe un ensemble de techniques utilisant des sources d'énergie non solaires telles que l'électricité, le gaz, les micro-ondes ou le vide, avec un contrôle précis des paramètres de séchage comme la température, l'humidité et la vitesse de l'air afin d'accélérer le processus et d'améliorer la qualité du produit.

Parmi les principales méthodes :

- ❖ **Le séchage par convection** : passage d'un air chaud sur le produit afin de transférer la chaleur et favoriser l'évaporation de l'eau (figure 02) (Mujumdar et Menon, 1995 ; Mujumdar, 2000).
- ❖ **Le séchage par conduction** : transfert direct de chaleur du support chauffant vers le produit par contact (Souheyla, 2018).
- ❖ **Le séchage par infrarouge** : chauffage rapide de la surface du produit par rayonnement thermique (Chalal, 2008).
- ❖ **Le séchage sous vide** : réduction de la pression permettant l'évaporation de l'eau à basse température (figure 03) (Boughali, 2010).
- ❖ **La lyophilisation** : congélation du produit suivie de l'élimination de l'eau par sublimation afin de préserver la qualité (figure 04) (Souheyla, 2018 ; Boughali, 2010).
- ❖ **Le séchage par micro-ondes (diélectrique)** : chauffage interne du produit grâce aux ondes électromagnétiques à haute fréquence (Boughali, 2010).



Figure 02. Appareil de séchage par convection (Anonyme 1, 2026).



Figure 03. Appareil de séchage sous vide (Anonyme 2, 2026).



Figure 04. Appareil de lyophilisation (Anonyme 3, 2026).

3.3.3. Caractéristiques du séchage traditionnel et artificiel

a. Caractéristiques du séchage traditionnel (séchage solaire)

- ✧ Utilisation du rayonnement solaire comme source d'énergie naturelle et renouvelable pour éliminer l'eau contenue dans les produits alimentaires (Houhou, 2012 ; Benammoun, 2011).
- ✓ Méthode adaptée principalement aux zones rurales et arides grâce à son faible coût énergétique et à sa simplicité d'utilisation (Benammoun, 2011 ; Simatic, 2003).
- ✓ Existence de plusieurs modes de séchage solaire : direct, indirect et mixte selon la manière de chauffer le produit ou l'air de séchage (Mennouche, 2006 ; Ekechukwu et Norton, 1999).
- ✓ Dépendance importante aux conditions climatiques telles que la température, l'humidité relative et la vitesse du vent (Dudez, 1999 ; Nguyen, 2015).
- ✓ Temps de séchage généralement long comparé aux techniques industrielles (Touati, 2001).
- ✓ Risque d'altération de la qualité du produit à cause de l'exposition directe au soleil, notamment la dégradation des vitamines et la modification de la couleur et de la texture (Madhlope, Jones & Kalenga Saka, 2001 ; Lahssani et *al.*, 2004).
- ✓ Réduction du risque de contamination par les insectes, les poussières et les animaux lorsqu'un séchoir solaire est utilisé (Ben Labhib et Saouli, 2016 ; Bala et *al.*, 2003).

- ✓ Possibilité de produire des modifications physiques, chimiques et sensorielles telles que le brunissement, le rétrécissement et la perte des composés aromatiques (Bimbenet, 2002 ; Chekroune, 2008).

b.Caractéristiques du séchage artificiel (industriel)

- ✓ Utilisation de sources d'énergie non solaires comme l'électricité, le gaz, les micro-ondes ou le vide pour assurer le séchage des produits alimentaires (Mujumdar & Menon, 1995 ; Boughali, 2010).
 - ✓ Contrôle précis des paramètres de séchage tels que la température, l'humidité relative et la vitesse de l'air (Touati, 2001 ; Nguyen, 2015).
 - ✓ Rapidité du procédé de séchage comparativement au séchage traditionnel (Touati, 2001).
- Production d'un séchage homogène et amélioration de la qualité finale du produit grâce au contrôle des conditions opératoires (Nguyen, 2015).
- ✓ Indépendance vis-à-vis des conditions météorologiques, permettant un fonctionnement continu tout au long de l'année (Mujumdar et Menon, 1995).
 - ✓ Existence de plusieurs techniques industrielles telles que le séchage par convection, conduction, infrarouge, sous vide et lyophilisation (Souheyla, 2018 ; Boughali, 2010).
 - ✓ Meilleure conservation de la couleur, de la texture et de la valeur nutritionnelle, notamment dans le séchage sous vide et par lyophilisation (Boughali, 2010).
 - ✓ Consommation énergétique élevée et coût important des équipements et du fonctionnement industriel (Benammoun, 2011 ; Saf & Reddam, 2018).
 - ✓ Possibilité de provoquer certaines altérations chimiques et sensorielles en cas de températures élevées, comme les réactions de Maillard, l'oxydation des lipides et la destruction des vitamines sensibles à la chaleur (Benammar et Gouri, 2018 ; Bimbenet, 2002).

4.Valeur nutritionnelle des fruits secs

4.1. Aperçu général sur la valeur nutritionnelle

Les fruits secs sont des aliments à haute valeur nutritionnelle.

Le processus de déshydratation concentre les nutriments essentiels, augmentant ainsi leur densité énergétique par rapport aux fruits frais. La composition nutritionnelle varie selon le type de fruit et la méthode de séchage.

Les changements qualitatifs associés au séchage des produits fruitiers incluent des modifications physiques, sensorielles, nutritionnelles et microbiologiques.

Le séchage produit des aliments riches en calories, vitamines et minéraux (Omolola et *al.*, 2017).

4.2. Valeur nutritionnelle des fruits secs oléagineux (amandes – noix)

Les amandes et les noix font partie des fruits secs oléagineux riches en éléments nutritifs. L'amande appartient à la famille des Rosaceae, au genre *Prunus*, et il en existe deux variétés : l'amande douce (*Prunus Amygdalus dulcis*) et l'amande amère (*Prunus Amygdalus amarus*) (Yada et al, 2011 ; Özcan et al, 2011). La noix, quant à elle, se caractérise par sa teneur élevée en antioxydants, occupant la deuxième place en termes d'activité antioxydante ; elle contient également de la mélatonine.

Cependant, l'huile de noix est fragile et s'oxyde rapidement pour devenir rance en raison de sa richesse en acides gras insaturés (Arvy, 2012). Le Tableau 01 résume les valeurs nutritionnelles des amandes et des noix pour 100 grammes.

Tableau 01. Comparaison nutritionnelle entre l'amande et la noix (pour 100 g) (Omolola et al., 2017)

Noix	Amandes	Élément nutritionnel
650	593	énergie (kcal)
65	52,9	Lipides (g)
12,8	28,5	Protéines (g)
3,5	5,6	Glucides (g)
6,2	7,6	Fibres (g)
62,6	248	Calcium (mg)
124	232	Magnésium (mg)

4.3. Valeur nutritionnelle des fruits secs sucrés (dattes – raisins secs – figues)

La figue, la datte et le raisin sec font partie des fruits secs à caractère sucré, caractérisés par une teneur élevée en sucres naturels par rapport aux lipides, ce qui leur confère une énergie rapide. La figue appartient à la famille des Moraceae, au genre *Ficus*, et fait partie des fruits qui ont constitué une composante importante du régime méditerranéen (Stover and Adhya, 2007).

La figue se distingue par sa teneur élevée en fibres alimentaires (8 g pour 100 g), et elle est riche en potassium (770 mg), calcium (160 mg) et fer (2,5 mg) (Chellah et Djedi, 2016).

La dattes, quant à elle, est le fruit du palmier dattier (Al-Shahib et Marshall, 2003).

En Algérie, la wilaya d'El Oued est réputée pour la culture du palmier dattier, en particulier la variété Deglet Nour, qui contient 282 calories, 63,4 g de sucre et 8 g de fibres pour 100 g (Anonyme 4, 2026). La région de Kabylie est également l'une des régions les plus productrices de figues en Algérie, où la wilaya de Béjaïa occupe la première place (ITAF, 2026).

Selon les données nutritionnelles de l'USDA, 100 g de raisins secs fournissent 299 kcal, 79,18 g de glucides, 3,7 g de fibres alimentaires et ne contiennent pas de cholestérol. Les raisins secs sont également reconnus pour leur richesse en composés antioxydants, notamment les polyphénols (USDA, 2026). Les valeurs nutritionnelles de la figue, de la dattes et du raisin sec pour 100 g sont illustrées dans le tableau 02.

Tableau 02. Comparaison nutritionnelle entre les fruits secs sucrés (pour 100 g) (Al-Shahib et Marshall, 2003 ; Chellah et Djedi, 2016)

Figues	Raisins secs	Dattes	Elément nutritionnel
224	299	282	énergie (kcal)
53	79,18	75	Glucides(g)
8	3,7	8	Fibres (g)
3,2	3,07	2,5	Protéines (g)
1,2	0,46	0,5>	Lipides (g)
770	749	19%	Potassium(mg)
160	50	4%	Calcium(mg)
2,5	1,88	6%	Fer(mg)

Régions de production des fruits secs en Algérie :

En Algérie, la culture des fruits secs est largement répandue grâce à la diversité climatique des différentes régions du pays. Les dattes constituent l'une des principales productions agricoles du Sud, notamment dans les wilayas d'El Oued, de Biskra et de Ouargla. La figue est principalement cultivée dans les régions montagneuses et humides, en particulier à Béjaïa

et Tizi Ouzou. Les raisins destinés à la production de raisins secs sont cultivés dans plusieurs wilayas du Nord, notamment Boumerdès, Mostaganem et Aïn Témouchent. Quant à l'amande, elle est produite principalement à Sétif, Batna et M'Sila, tandis que la noix est surtout cultivée à Tizi Ouzou, Béjaïa, Bouira et Jijel, où les conditions climatiques et pédologiques sont favorables à ces arbres fruitiers (MADR, 2021 ; MADR, 2024).

Conclusion

En conclusion de cet aperçu, nous constatons que les fruits secs représentent un secteur alimentaire et économique important en Algérie, grâce à la diversité de son climat qui permet la culture de plusieurs variétés de ces fruits, des dattes du désert aux fruits oléagineux des régions montagneuses. Malgré l'évolution des techniques de séchage, des méthodes traditionnelles aux procédés industriels avancés qui permettent un meilleur contrôle de la qualité, le principal défi reste d'assurer la sécurité sanitaire des produits et de réduire les risques de contamination fongique pendant le stockage. Pour renforcer ce secteur, il est recommandé de soutenir la recherche scientifique et d'améliorer les techniques post-récolte, afin que les fruits secs constituent un pilier de l'économie nationale et de la santé du consommateur, tout en préservant leur identité nutritionnelle distinctive.

Chapitre II

Généralités sur les champignons de stockage

CHAPITRE II

Généralités sur les champignons de conservation

Introduction

Les fruits secs et les noix occupent une place de choix dans le régime alimentaire mondial en raison de leur haute valeur nutritionnelle et de leur durée de conservation prolongée. Toutefois, les conditions de stockage à long terme, souvent non optimales, rendent ces produits vulnérables à la contamination par diverses espèces de champignons filamenteux. Les dommages causés par ces micro-organismes ne se limitent pas à l'altération des qualités organoleptiques et de la valeur nutritionnelle, mais s'étendent à la production de métabolites secondaires toxiques, appelés mycotoxines, qui représentent une menace considérable pour la santé humaine et animale.

Parmi les genres fongiques les plus fréquemment associés à la contamination des denrées stockées, on distingue le genre *Aspergillus*, représenté par l'espèce *Aspergillus flavus*, l'un des plus grands producteurs d'aflatoxines cancérigènes, et le genre *Penicillium*, dominé par *Penicillium verrucosum*, responsable de la production d'ochratoxine A et de patuline, ainsi que le genre *Fusarium* en tant que contaminant secondaire dans ce contexte. L'activité de ces champignons et leur capacité à produire des toxines sont soumises à une interaction complexe avec des variables environnementales déterminantes, telles que la température, l'activité de l'eau, le pH, la composition gazeuse, ainsi que les caractéristiques du substrat nutritif. Dans cette optique, ce chapitre présente une vue d'ensemble des caractéristiques fondamentales de ces champignons, de leurs conditions de prolifération, de leurs mécanismes de synthèse toxinique et de leur rôle dans la chaîne de contamination alimentaire, en mettant l'accent sur le contexte spécifique du stockage des fruits secs et des noix.

1. Les champignons de stockage

1.1. Les champignons du genre *Aspergillus*

1.1.1. *Aspergillus flavus*

1.1.1.1. Définition

Aspergillus flavus est un champignon filamenteux saprophyte appartenant au genre *Aspergillus*. Il est largement répandu dans le sol, les matières organiques en décomposition et les produits agricoles stockés. Cette espèce est particulièrement importante en microbiologie alimentaire et médicale en raison de sa capacité à produire des aflatoxines, des métabolites secondaires hautement toxiques et cancérigènes.

1.1.1.2. Classification taxonomique

Selon Tumukunde et al. (2021), la classification de *Aspergillus flavus* est la suivante :

- Règne : Fungi
- Embranchement : Ascomycota
- Classe : Eurotiomycetes
- Ordre : Eurotiales
- Famille : Trichocomaceae
- Genre : *Aspergillus*
- Espèce : *Aspergillus flavus*

1.1.1.3. Caractéristiques morphologiques

Les colonies de *A. flavus* présentent une couleur jaune verdâtre à vert olive avec un aspect poudreux ou granuleux. Au microscope, le champignon possède des conidiophores terminés par des vésicules portant des phialides et des conidies sphériques (Gourama et Bullerman, 1995).

1.1.1.4. Habitat et écologie

Aspergillus flavus est un champignon ubiquitaire retrouvé dans les sols, les matières organiques en décomposition et plusieurs produits alimentaires stockés tels que le maïs, les arachides, les épices et les fruits secs (Amaiike et Keller, 2011). Son développement est favorisé par des températures comprises entre 25 °C et 37 °C ainsi qu'une humidité élevée (Yu et al., 2021).

1.1.1.5. Production des aflatoxines

Certaines souches de *A. flavus* produisent principalement les aflatoxines B1 et B2. L'aflatoxine B1 est considérée comme l'un des carcinogènes naturels les plus puissants connus (Yu et al., 2021). La biosynthèse des aflatoxines dépend d'un groupe de gènes régulateurs, notamment *aflR* et *aflS* (Tumukunde et al., 2021).

1.1.1.6. Importance médicale et sanitaire

Selon Amaiike et Keller (2011), *A. flavus* peut provoquer des aspergilloses chez les individus immunodéprimés. De plus, l'exposition chronique aux aflatoxines peut entraîner :

- un cancer du foie,
- des lésions hépatiques,

- une immunodépression,
- des retards de croissance chez les enfants (Yu et *al.*, 2021).

1.1.1.7. Méthodes de détection

La détection de *Aspergillus flavus* et de ses toxines peut être réalisée par différentes méthodes :

- culture microbiologique,
- observation microscopique,
- test ELISA,
- chromatographie HPLC,
- PCR moléculaire (Gourama et Bullerman, 1995).

1.2. Les champignons du genre *Penicillium*

1.2.1. *Penicillium verrucosum*

1.2.1.1. Définition

Penicillium verrucosum est un champignon filamenteux saprophyte appartenant au genre *Penicillium*. Il est particulièrement répandu dans les produits stockés dans les régions au climat tempéré et froid. Cette espèce est considérée comme l'un des champignons les plus importants producteurs d'ochratoxine A (OTA) dans les céréales et les fruits secs stockés (Pitt et Hocking, 2009).

1.2.1.2. Classification taxonomique

Selon Samson et *al.* (2014), la classification de *Penicillium verrucosum* est la suivante :

- **Règne** : Fungi
- **Embranchement** : Ascomycota
- **Classe** : Eurotiomycetes
- **Ordre** : Eurotiales
- **Famille** : Aspergillaceae
- **Genre** : *Penicillium*
- **Espèce** : *Penicillium verrucosum*

1.2.1.3. Caractéristiques morphologiques

Les colonies de *P. verrucosum* présentent une couleur gris-vert à vert bleuté, avec un aspect velouté ou laineux. Le revers de la colonie est jaune pâle à orange-brun. Au microscope, le champignon possède des conidiophores finement ramifiés (en forme de brosse), portant des chaînes de conidies sphériques à ovales (Samson et *al.*, 2010).

1.2.1.4. Habitat et écologie

P. verrucosum est abondant dans les céréales stockées (blé, orge, maïs), les noix et les fruits secs (figue, dattes, raisin sec), en particulier dans les entrepôts mal ventilés. Son développement est favorisé par des températures comprises entre 20°C et 25°C, et il peut se développer dans des conditions relativement sèches (activité de l'eau inférieure à 0,80). Il est fréquent en cas de mauvaises conditions de stockage, telles qu'une humidité élevée, une mauvaise ventilation et un stockage prolongé (Pitt et Hocking, 2009; Frisvad et Samson, 2004).

1.2.1.5. Production d'ochratoxine A

P. verrucosum produit principalement l'ochratoxine A (OTA), une toxine néphrotoxique, tératogène et potentiellement cancérigène (groupe 2B selon le CIRC). La biosynthèse de l'ochratoxine A dépend d'un groupe de gènes régulateurs, notamment *otaA* et *otaC*.

Il est important de noter que toutes les souches de *P. verrucosum* ne sont pas capables de produire la toxine (Richard, 2007; Krska et *al.*, 2012).

1.2.1.6. Production de patuline

a. Définition

La *patuline* est une mycotoxine produite principalement par les champignons des genres *Aspergillus* et *Penicillium*. Elle est considérée comme l'une des mycotoxines qui menacent la sécurité des aliments, en particulier les fruits et leurs dérivés, et représente un indicateur important de la qualité des produits alimentaires pendant le stockage et la transformation (Gauthier, 2016).

b. Propriétés physicochimiques

La *patuline* est une molécule organique incolore, caractérisée par un faible poids moléculaire et une polarité élevée, ce qui la rend soluble dans l'eau et dans certains solvants organiques. L'une de ses principales caractéristiques est sa capacité à rester relativement stable à des températures élevées et lors des traitements thermiques, ce qui explique sa présence dans certains produits alimentaires transformés malgré leur exposition à la chaleur (Gauthier, 2016; Vidal et *al.*, 2019).

c. Champignons producteurs

La *patuline* est principalement produite par de nombreuses espèces du genre *Penicillium* telles que *Penicillium expansum* et *Penicillium patulum*, ainsi que par certaines espèces du genre *Aspergillus* comme *Aspergillus clavatus* et *Aspergillus giganteus*. Ces champignons sont des contaminants courants des fruits pendant la période de stockage, en particulier dans des conditions d'humidité et de température élevées (Gauthier, 2016; Ciegler, 1977).

e. Effets toxiques

La *patuline* présente de multiples effets nocifs sur la santé humaine et animale, notamment une hépatotoxicité qui affecte les fonctions du foie et provoque des lésions de ses cellules, des troubles gastro-intestinaux (hémorragies et inflammations), ainsi qu'une immunotoxicité qui peut être très grave, entraînant une immunosuppression et une augmentation de la susceptibilité aux maladies (Gauthier, 2016; Vidal et *al.*, 2019).

g . Méthodes de détection

La détection de la *patuline* dans les fruits secs peut être réalisée par différentes méthodes, notamment (Krska et *al.*, 2012 ; Gauthier, 2016; Vidal et *al.*, 2019;) :

- La culture microbiologique pour isoler et identifier les champignons producteurs.
- L'observation microscopique pour confirmer la présence des champignons contaminants.
- La chromatographie liquide à haute performance (HPLC) qui est la technique la plus utilisée pour le dosage quantitatif de la toxine.
- La chromatographie liquide couplée à la spectrométrie de masse (LC-MS/MS) pour une meilleure sensibilité et spécificité.
- Le test ELISA pour la détection rapide.

- La chromatographie sur couche mince (TCM) comme méthode de dépistage préliminaire.

1.2.1.7. Importance médicale et sanitaire

Selon Richard (2007) et le CIRC (1993), *P. verrucosum* et l'*ochratoxine A* peuvent entraîner :

- Une néphropathie balkanique chronique (lésions rénales graves).
- Une immunosuppression (affaiblissement du système immunitaire).
- Une neurotoxicité (atteinte du système nerveux à fortes doses).
- Un transfert par le lait maternel en cas d'exposition de la mère à des aliments contaminés.

1.1.1.8. Méthodes de détection

La détection de *Penicillium verrucosum* et de ses toxines peut être réalisée par différentes méthodes, notamment (Samson et al., 2010; Krska et al., 2012) :

- La culture microbiologique sur des milieux spécifiques tels que le CYA et le MEA.
- L'observation microscopique pour visualiser les conidiophores caractéristiques (en forme de brosse).
- Le test ELISA pour la détection de l'*ochratoxine A*.
- La chromatographie liquide (HPLC) pour le dosage quantitatif de la toxine.
- La PCR moléculaire pour la détection des gènes responsables de la production de la toxine, tels qu'*ota* et *otaC*.

Il est considéré comme l'un des champignons courants pouvant être isolés en cas de mauvaises conditions de stockage (humidité élevée ou ventilation insuffisante) (Richard, 2007).

1.3. Le genre *Fusarium*

1.3.1. Définition et caractéristiques générales

Bien que les espèces de *Fusarium* soient davantage associées à la contamination au champ et dans les céréales, elles peuvent être mentionnées de manière limitée dans le cadre de l'étude des fruits secs et des noix stockés. Ce genre se caractérise par une croissance rapide et des colonies cotonneuses dont les couleurs varient du blanc, crème au violet (Gauthier, 2016; Lahouar, 2016).

1.3.2. Classification taxonomique

Selon la classification scientifique, la taxonomie du genre *Fusarium* est la suivante (Messiaen et Cassini, 1968; Gauthier, 2016) :

- **Règne** : *Fungi*
- **Embranchement** : *Ascomycota*
- **Classe** : *Sordariomycetes*
- **Ordre** : *Hypocreales*
- **Famille** : *Nectriaceae*
- **Genre** : *Fusarium*

1.3.3. Caractéristiques morphologiques

Le genre *Fusarium* se caractérise par la présence de trois types de spores (Messiaen et Cassini, 1968; Gauthier, 2016) :

- **Les macroconidies** : grandes spores pluricellulaires en forme de fuseau (exemple : *Fusarium graminearum*).
- **Les microconidies** : petites spores unicellulaires ou bicellulaires de formes diverses (cylindriques, fusiformes, ovoïdes) (exemple : *Fusarium verticillioides*).
- **Les chlamydospores** : spores de résistance, mais non présentes chez toutes les espèces (Messiaen et Cassini, 1968).

1.3.4. Importance pendant le stockage

Étant donné que *Fusarium* est un genre essentiellement tellurique, son apparition dans les échantillons de fruits secs et de noix stockés est considérée comme limitée par rapport à d'autres genres tels qu'*Aspergillus* et *Penicillium*. Il n'est pas considéré comme un contaminant majeur pendant le stockage à long terme (Lahouar, 2016).

2. Facteurs environnementaux influençant la croissance fongique et la production de toxines pendant le stockage des fruits secs et des noix

La croissance fongique et la production de toxines pendant le stockage des fruits secs et des noix dépendent de plusieurs facteurs environnementaux.

2.1. Le pH

Les moisissures peuvent se développer à des valeurs de pH comprises entre 3 et 8, mais l'optimum se situe entre 5 et 6. Cette plage est adaptée à la plupart des moisissures contaminant les fruits secs et les noix pendant le stockage (Gauthier, 2016).

2.2. La composition gazeuse (O_2 et CO_2)

Lorsque la teneur en oxygène (O_2) diminue et que la teneur en dioxyde de carbone (CO_2) augmente dans les lieux de stockage, la production de mycotoxines diminue. Ce phénomène est important dans les entrepôts de stockage des fruits secs et des noix où le contrôle des gaz peut réduire la contamination (Nguyen Minh Tri, 2007).

2.3. Le substrat

Les moisissures préfèrent les aliments contenant des sucres (source de carbone), des acides aminés et du saccharose, qui stimulent leur croissance et la synthèse de toxines. Ceci explique la sensibilité des fruits secs et des noix (riches en sucres) à la contamination fongique pendant le stockage. La présence de certaines molécules dans le substrat peut influencer la production de toxines ; par exemple, l'acide phytique diminue la synthèse d'aflatoxine par *Aspergillus parasiticus* (Gauthier, 2016; Lahouar, 2016).

2.4. La température

La température de croissance de la majorité des moisissures se situe entre 0°C et 35°C. La température optimale pour la production de mycotoxines dépend de la température optimale de croissance, mais elle est le plus souvent légèrement inférieure. Par exemple, les aflatoxines produites par *Aspergillus flavus* sont synthétisées à une température légèrement inférieure à la température optimale de croissance du champignon (Nguyen Minh Tri, 2007; Lahouar, 2016).

2.5. L'activité de l'eau (A_w)

L'activité de l'eau (A_w) reflète la quantité d'eau disponible dans une substance. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. L' A_w optimale pour la croissance des moisissures se situe entre 0,85 et 0,99. Mais les moisissures contaminant les fruits secs et les noix sont capables de croître à des valeurs d' A_w aussi basses que 0,7. Ceci explique la capacité de ces moisissures à se développer sur les fruits secs (qui ont une faible activité de l'eau) pendant un stockage prolongé (Gauthier, 2016; Nguyen Minh Tri, 2007).

- *Aspergillus flavus* (présent dans la figue, la datte et les noix) peut sécréter : les aflatoxines, l'acide cyclopiazonique et l'acide kojique
- *Penicillium verrucosum* et *Aspergillus ochraceus* (présents dans le raisin, la datte, la figue et les noix) sont deux espèces différentes de moisissures qui peuvent produire la même toxine, l'*ochratoxine A* (Gauthier, 2016)

3. Les moisissures dans la chaîne alimentaire (cas des fruits secs et des noix)

3.1. Effets bénéfiques et néfastes des moisissures

Les moisissures ont des effets bénéfiques et néfastes dans divers domaines. Certaines sont utilisées dans l'alimentation, comme *Penicillium roquefortii* qui est utilisé dans la fabrication du fromage bleu. D'autres sont utilisées pour la production d'enzymes, comme *Aspergillus niger* qui produit des enzymes utilisées dans les industries alimentaires, ainsi que pour la production d'antibiotiques, comme *Penicillium chrysogenum* qui produit la pénicilline (Gauthier, 2016).

Cependant, la présence indésirable de moisissures dans les fruits secs et les noix stockés peut entraîner des changements d'apparence, l'apparition d'odeurs de moisi, et une réduction de la valeur nutritionnelle de ces produits (Gauthier, 2016).

3.2. Multiplicité des étapes de contamination

La production de mycotoxines est un processus complexe qui peut se produire à différentes étapes :

- Au champ (avant la récolte)
- Pendant le transport
- Pendant le stockage (étape la plus importante pour les fruits secs et les noix)
- Pendant la transformation des aliments

Ceci est particulièrement important pour les fruits secs et les noix qui sont stockés pendant de longues périodes et sur de longues distances pour une consommation durable (Chapeland-Leclerc et *al.*, 2005).

Conclusion

Il ressort de ce chapitre que la contamination fongique des produits stockés, notamment des fruits secs et des noix, engendre des conséquences graves qui dépassent les pertes économiques liées à la détérioration apparente pour inclure des risques sanitaires majeurs. Il a été démontré que des espèces telles qu'*Aspergillus flavus* et *Penicillium verrucosum* possèdent des capacités métaboliques spécialisées pour la synthèse de toxines comme les aflatoxines, l'ochratoxine A et la patuline, associées à des pathologies graves telles que le cancer, les néphropathies chroniques, les troubles immunitaires et neurologiques.

Les données scientifiques ont également confirmé que l'apparition de ces champignons et l'abondance de leur production toxinique ne sont pas des phénomènes aléatoires, mais résultent de l'interaction de facteurs environnementaux spécifiques. Cela souligne que le contrôle rigoureux des paramètres de stockage (température, humidité, ventilation) constitue le moyen de prévention le plus efficace contre ces risques. La maîtrise des aspects écologiques et physiologiques de ces organismes, couplée à l'utilisation de techniques de détection variées, allant des approches traditionnelles aux méthodes modernes (microscopie, chromatographie, ELISA, PCR), représente le fondement scientifique de tout programme réussi de gestion de la sécurité alimentaire. Par conséquent, l'intégration des efforts entre les différents acteurs de la chaîne de production, de stockage et de contrôle, ainsi que l'adoption des bonnes pratiques et d'une surveillance continue, demeurent la voie incontournable pour garantir la qualité des produits, protéger la santé du consommateur et réduire les impacts économiques et sociaux de ce fléau alimentaire.

Partie pratique

Chapitre I

Matériel et Méthodes

Chapitre I : Matériel et Méthodes

1 Objectif

Ce travail a pour objectif l'isolement et l'identification des champignons de stockage contaminant les fruits secs (figues, raisins secs, dattes, amandes et noix) commercialisés dans la région d'El Oued. Il vise également à évaluer la diversité fongique associée à ces produits ainsi que les risques potentiels liés à la présence de moisissures susceptibles d'altérer la qualité sanitaire et nutritionnelle des fruits secs. Ce travail a été réalisé au laboratoire de l'université Hamma Lakhdar

2. Matériel

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de figues, de raisins, de dattes, d'amandes et de noix (figure 05).



Figure 05. Matériel végétal utilisé

Les échantillons de fruits secs ont été achetés dans différents magasins de la région d'El Oued puis transportés au laboratoire dans des conditions appropriées afin d'éviter toute contamination supplémentaire. Les prélèvements ont été réalisés de manière aléatoire pour assurer une représentativité des produits commercialisés dans la région.

Au total, dix (10) échantillons ont été analysés, à raison de deux échantillons pour chaque type de fruit sec étudié (figues, raisins secs, dattes, amandes et noix). le Nombre des échantillons est présentée dans le tableau 3.

Tableau 03. Nombre d'échantillons de fruits secs étudiés

Nombre d'échantillons	Type
2	Figues
2	Raisins
2	Dattes
2	Amandes
2	Noix
10	Total

2.1. Matériel de laboratoire

Le matériel de laboratoire est illustré dans la figure suivante :

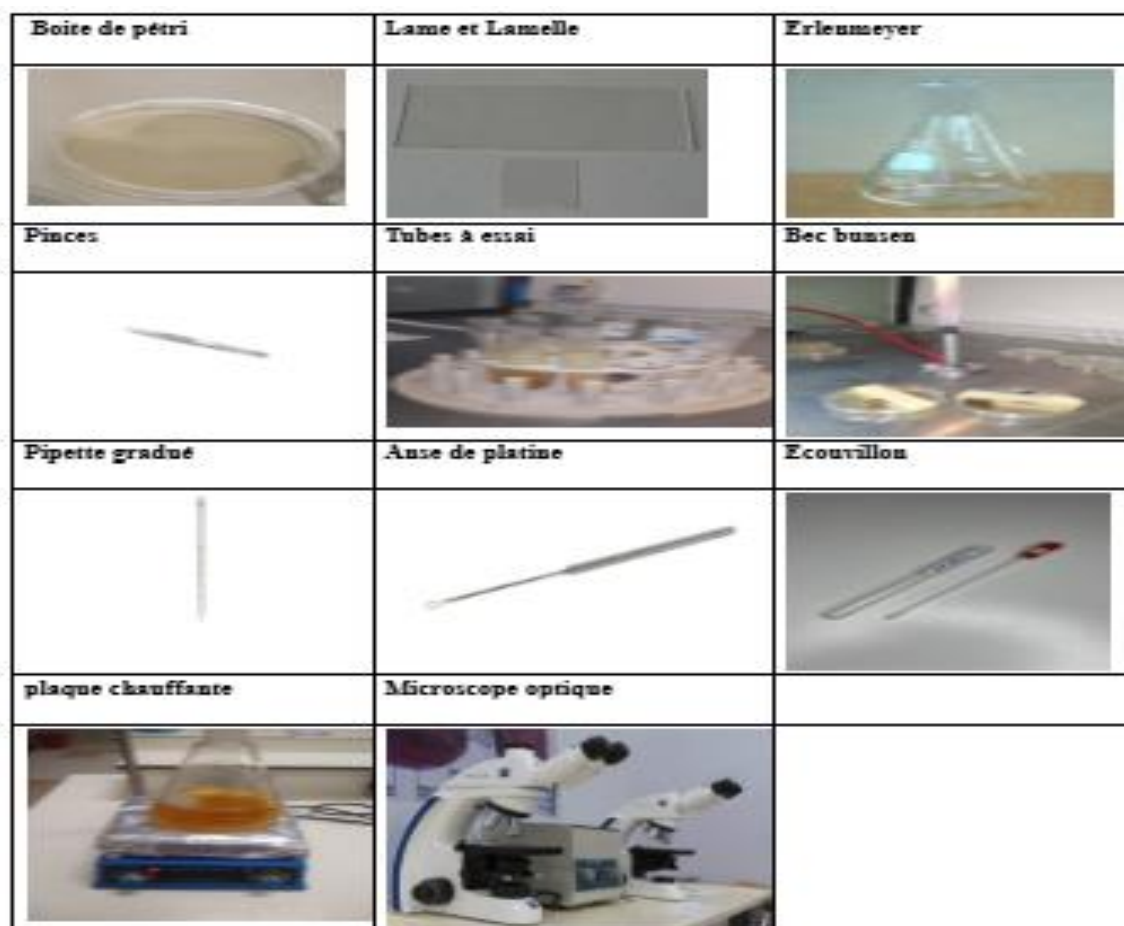


Figure 06. Matériel de laboratoire

2.2. Conditions de prélèvement des échantillons

Les échantillons de figes sèches, de raisins secs, d'amandes et de noix ont été prélevés dans l'un des magasins de la wilaya d'El Oued, durant le mois de février (hiver), où la température ambiante du magasin enregistrait des valeurs hivernales basses. Les échantillons ont été conservés dans des boîtes en plastique hermétiquement fermées, telles quelles, sans aucune intervention ni modification de leurs conditions environnementales naturelles, et ce dans le but d'isoler et d'identifier les champignons susceptibles de s'y développer durant la période de stockage, tout en préservant leurs caractéristiques originales pour garantir la fiabilité des résultats de laboratoire. De plus, un échantillon de dattes a été prélevé à la maison, où il était conservé dans une boîte fermée et placé dans un endroit ombragé, dans le même objectif et dans les mêmes conditions naturelles sans aucune altération.

3. Méthode

3.1. Désinfection des fruits secs

Les fruits secs ont été rincés à l'eau distillée stérile puis désinfectés par immersion dans une solution d'eau de Javel diluée ensuite rincés à l'eau distillée stérile deux fois afin d'éliminer les résidus de désinfectant. Après le rinçage, les échantillons ont été séchés à l'aide de papier absorbant stérile avant les analyses microbiologiques (figure 07).

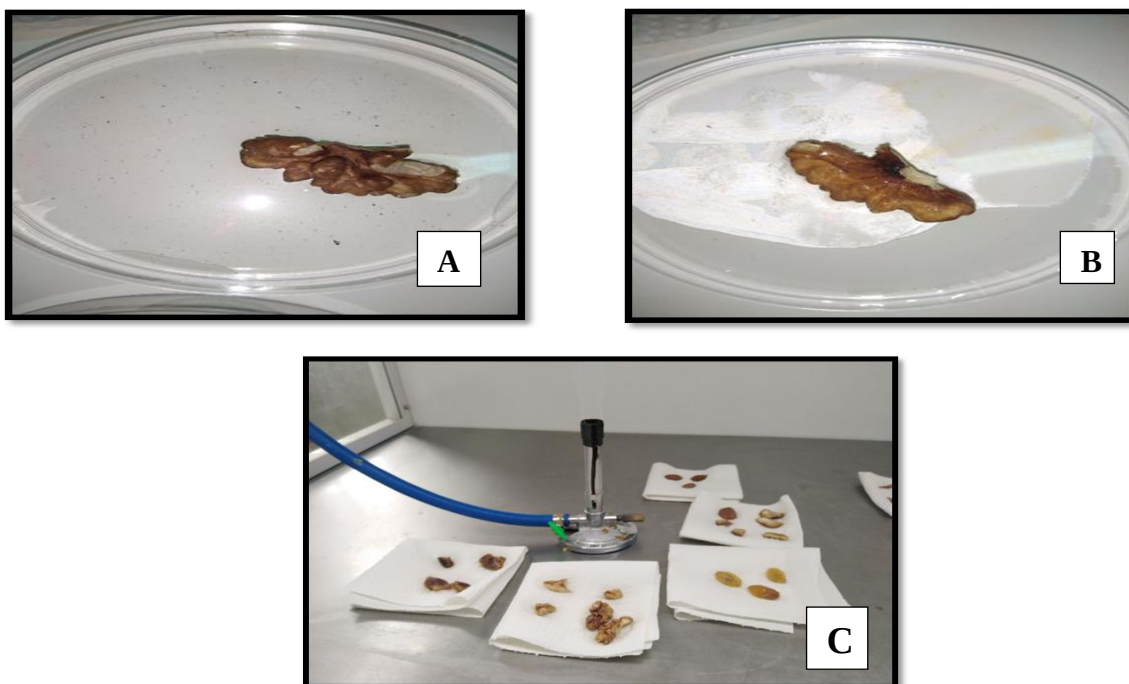


Figure 07. Désinfection et séchage des fruits secs, A) Eau distillée, B) Eau de Javel, C) séchage

3.2. Isolement des champignons

L'étude fongique des fruits secs a été réalisée à l'aide de deux méthodes : la méthode d'Ullster (méthode directe) et la méthode des dilutions (méthode indirecte) (Compaoré et *al.*, 2016).

3.3. Méthode directe d'Ulster

Pour prévenir la contamination par d'autres micro-organismes indésirables, les échantillons de fruits secs (figues, raisins, amandes, noix, dattes) de chaque prélèvement ont été soumis à une désinfection. Ils ont été traités d'abord par un lavage à l'eau distillée, puis par de l'eau de Javel à 0,5 %, suivie de deux rinçages à l'eau distillée stérile. Ensuite, ils ont été séchés avec du papier filtre stérile (Adjou et Soumanon, 2013 ; Honissa, 2021).

Dans des conditions aseptiques, les morceaux de fruits secs désinfectés ont été placés directement à l'aide d'une pince stérile dans des boîtes de Pétri contenant le milieu Sabouraud (figure 08). L'ensemble a été incubé à 28 °C pendant 4 à 6 jours (Compaore et *al.*, 2016 ; Matmoura et *al.*, 2019 ; Moussaoni et *al.*, 2021).

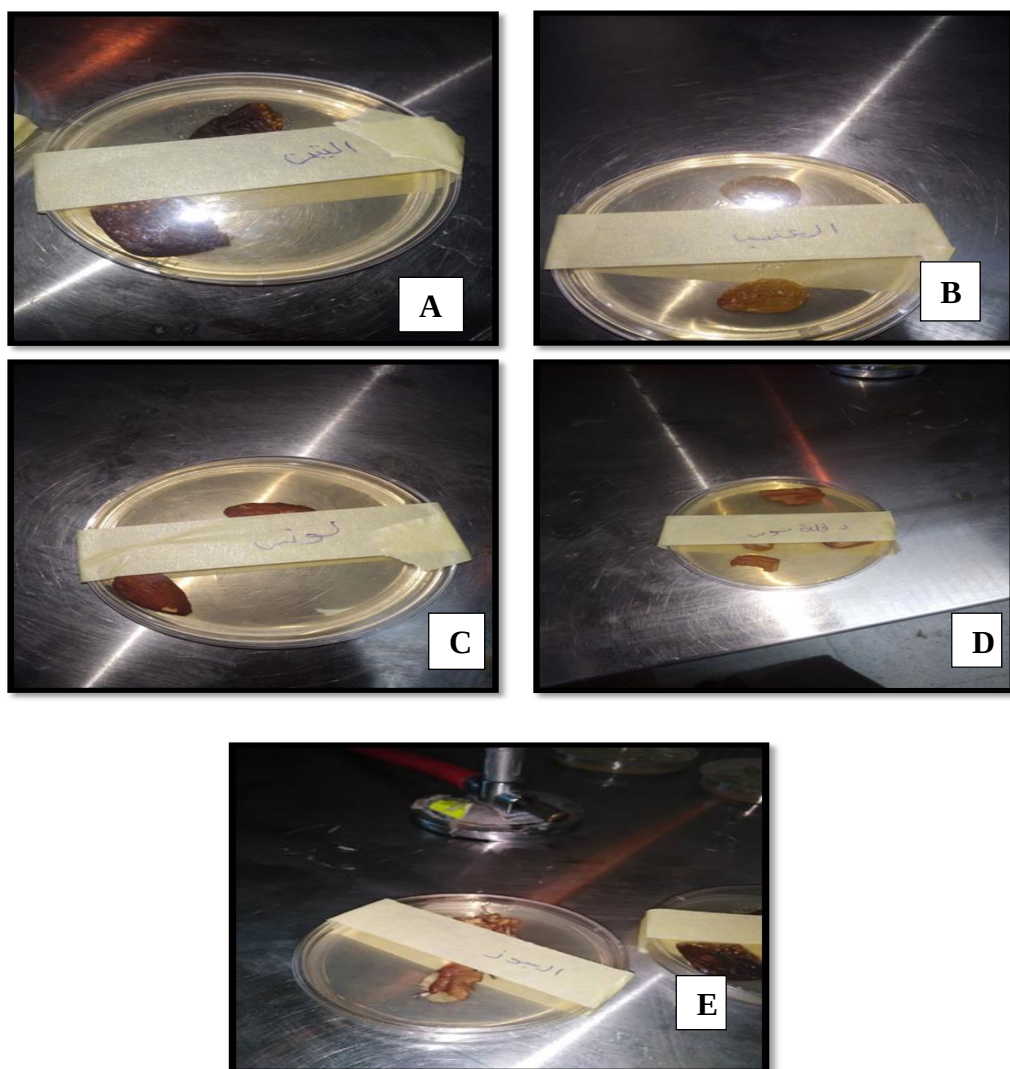


Figure 08. Inoculation des fruits secs sur milieu de culture . Figs (A), Raisins (B), Amandes (C), Dattes (D), Noix (E).

3.4. Méthode indirecte de dilution

Cette méthode permet d'isoler la flore fongique se trouvant à l'intérieur et à l'extérieur des graines. Après désinfection et broyage des fruits secs (amandes, noix, raisin, figues et dattes), un gramme de ceux-ci a été ajouté à un tube à essai contenant 9 ml d'eau distillée stérile et agité pendant 1 à 2 min pour former une solution mère (figure 09). Des dilutions décimales successives ont été réalisées à partir de la solution mère jusqu'à 10 ml. Pour chaque dilution, un volume de 0,1 ml a étéensemencé en surface sur un milieu de culture. Les boîtes ont ensuite été incubées à 28°C pendant 4 à 6 jours.

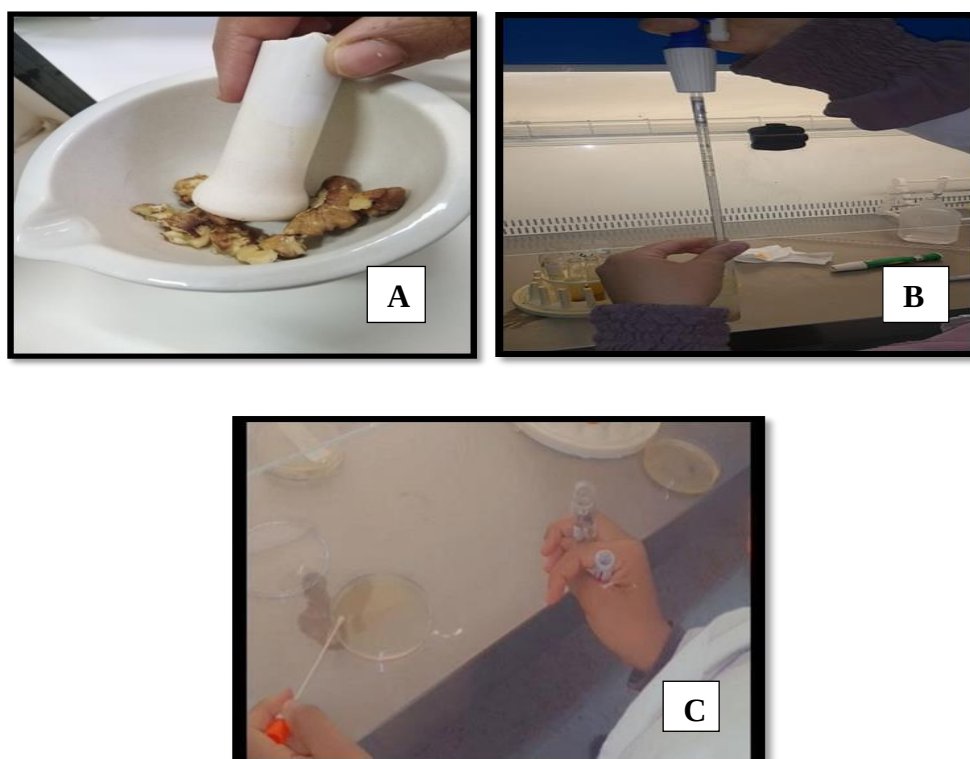


Figure 09. Les étapes de l'isolement de la flore fongique à partir des fruits secs, (A) l'échantillon est broyé (noix) ,(B) préparation de dilution décimale,(C) Ensemencement

3.5. Purification

La purification a été réalisée en prélevant un fragment d'hyphes fongiques à l'aide d'une anse de platine stérilisée, en veillant à éviter tout contact avec les autres colonies présentes sur

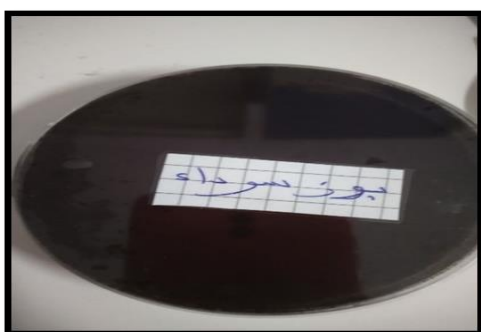
la même boîte de Pétri. Ces fragments ont été repiqués individuellement sur des milieux Sabouraud (figure 10) et , puis incubés à 28 °C pendant une période de 6 jours. Des repiquages successifs ont été effectués jusqu'à l'obtention de souches pures (Compaore et *al.*, 2016 ; Abdoullahi et *al.*, 2019 ; Moussaoui et *al.*, 2021 ; Bouricha, 2022).



Figure 10. Purification des isolats

3.5.1. Repiquage

Après purification, chaque colonie (noire, verte, etc.) observée sur les échantillons de figues, raisins, dattes, amandes et noix a été repiquée individuellement sur un nouveau milieu Sabouraud. Toutes les colonies isolées à partir des différents échantillons ont été cultivées séparément, chacune sur son propre milieu (figure 16). L'incubation a été réalisée à 28°C jusqu'à l'obtention de colonies pures.



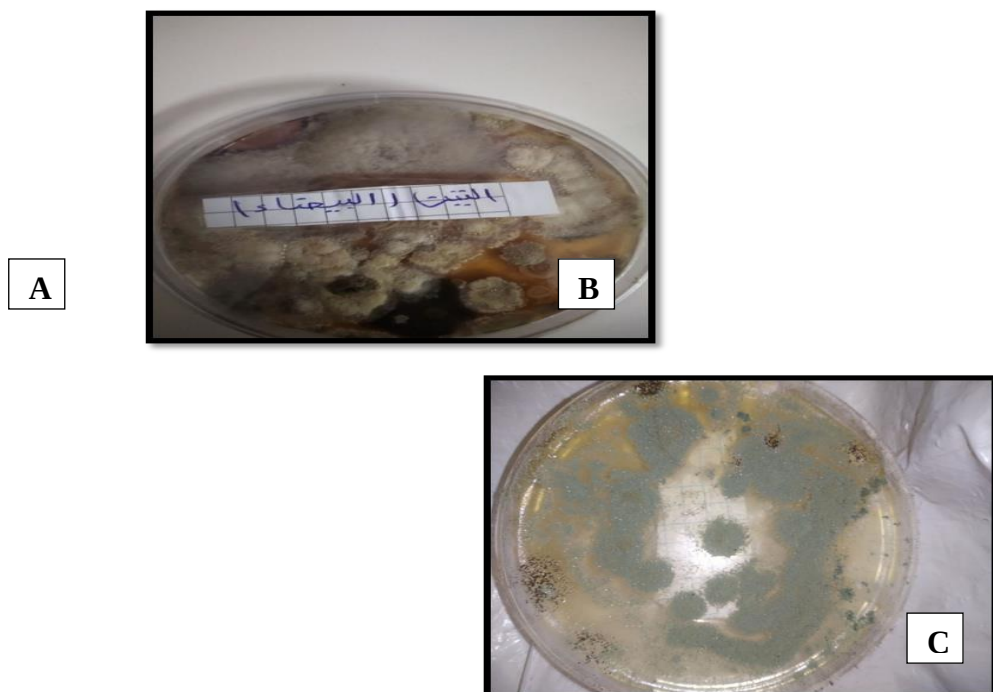


Figure 11. Culture des colonies pures ,(A)colonies noirs,(B) colonies blanches,(C)colonies vert clair

3.6. Identification des isolats

L'identification des espèces fongiques isolées à partir des fruits secs (figues, raisins, dattes, amandes, noix) repose sur les caractéristiques morphologiques des colonies et des examens microscopiques (Bandh et *al.*, 2011).

3.6.1. Identification macroscopique

Selon Chabasse et *al.* (2002) et Compaore et *al.* (2016), les caractéristiques morphologiques des colonies ont été déterminées après 5 à 7 jours d'incubation sur milieux et Sabouraud. L'observation a porté sur :

- La vitesse de croissance (rapide, moyenne, lente) ;
- Le relief des colonies (plissées, plates, cérébriformes, etc.) ;
- L'aspect des colonies : poudreuses, duveteuses, laineuses ou granuleuses (pour les champignons filamenteux) ; glabres ou lisses (pour les levures) ;
- La couleur des colonies : blanches, crèmes ou colorées (gris, violet, brun, vert, etc.) ;
- La couleur du revers de la culture ;
- La forme des colonies.

3.6.2. Identification microscopique

L'observation microscopique est une méthode complémentaire à l'identification macroscopique. Cet examen a été réalisé en utilisant la technique du ruban adhésif (scotch).

La technique consiste à prélever, à l'aide d'un morceau de scotch, une fraction mycélienne à partir d'une culture jeune, puis à coller le scotch sur une lame porte-objet.

Les observations microscopiques ont été réalisées à des grossissements de $\times 40$ et $\times 100$ en utilisant un microscope optique.

L'étude microscopique du mycélium est basée sur :

- L'absence ou la présence de cloisons ;
- La couleur des filaments mycéliens ;
- Le mode de ramification ;
- La différenciation des spores (Chabasse et *al.*, 2002 ; Compaore et *al.*, 2016 ; Moussaoui et *al.*, 2021).

Chapitre II

Résultats et Discussion

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Résultats

Cinq types de fruits secs (figues, raisins, dattes, amandes, noix) ont été analysés. Deux méthodes ont été utilisées :

- **Méthode directe** : sans dilutions
- **Méthode indirecte** : avec des dilutions en série jusqu'à 10^{-2}

Deux répétitions ont été préparées pour chaque échantillon et pour chaque dilution.

1.1. Résultats de la méthode directe

Les colonies fongiques sont apparues entre 3 et 5 jours. La couleur noire prédominait dans l'ensemble des colonies, mais d'autres couleurs ont également été observées de façon aléatoire selon les échantillons : du gris, du blanc, du vert clair et du vert foncé (figure 12). Une apparition aléatoire des champignons a été notée dans tous les échantillons.

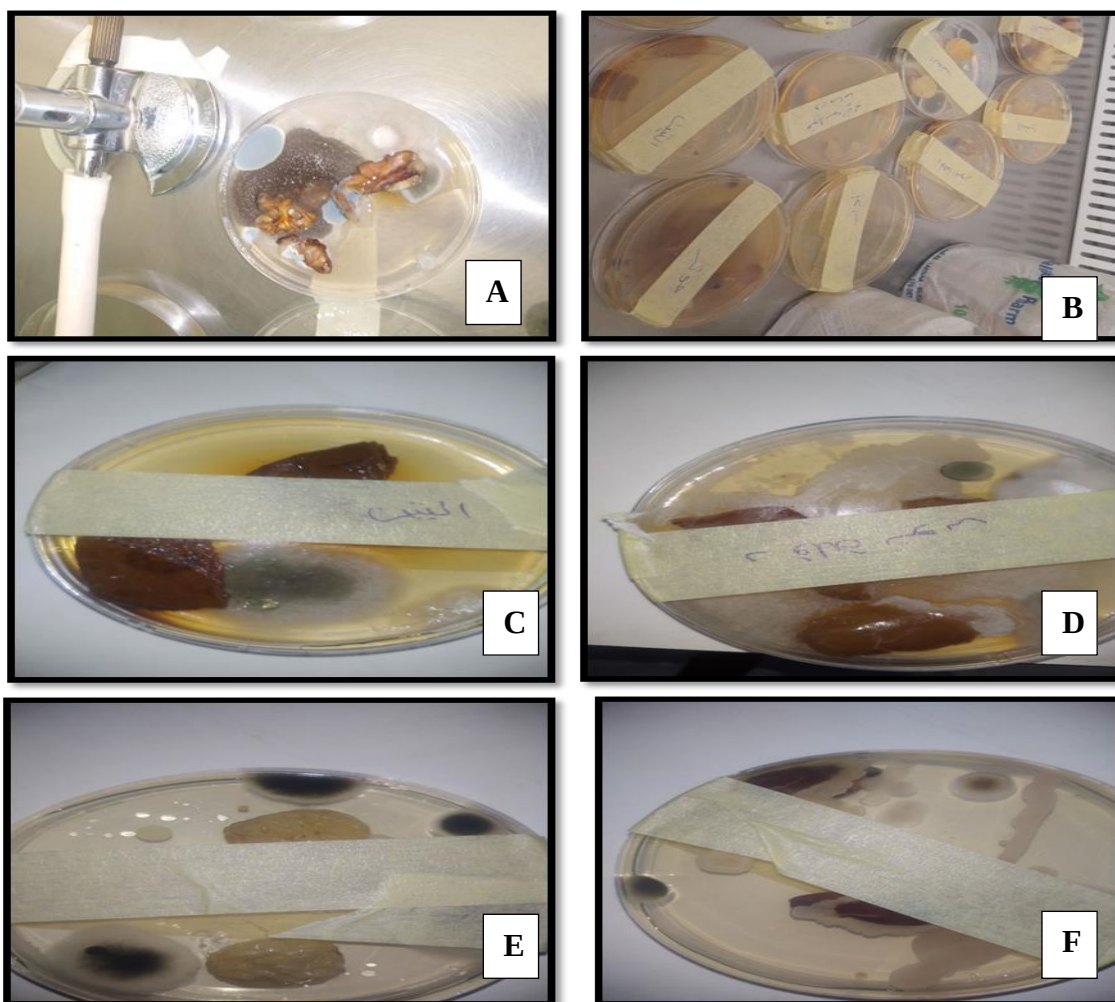


Figure 12. Résultats de la méthode directe A) L'échantillon de noix B) tous les échantillons
C) L'échantillon de figes D) L'échantillon de raisins E) L'échantillon de amandes F)
L'échantillon de dattes

1.2. Résultats de la méthode indirecte (avec dilutions)

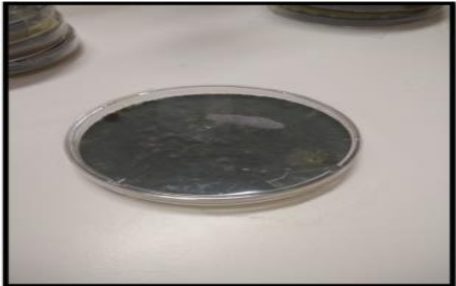
1.2.1. Délai d'apparition

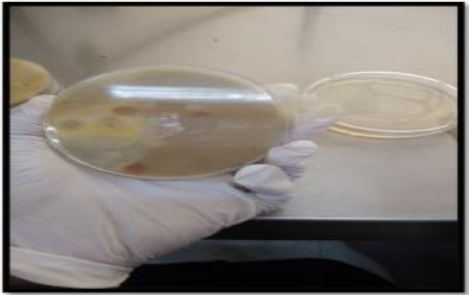
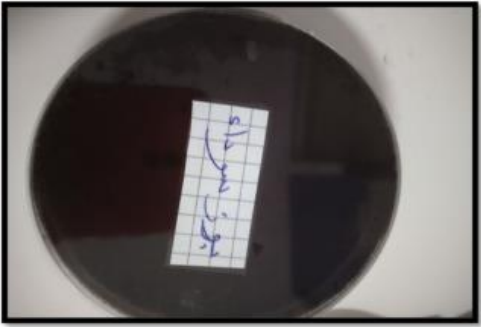
L'apparition des colonies dans la méthode indirecte a été retardée à 5–7 jours par rapport à la méthode directe.

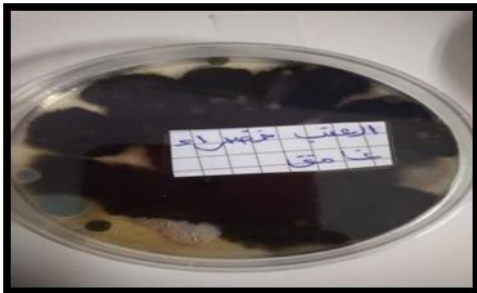
1.2.2. Caractéristiques macroscopiques des souches isolées

Le tableau 4 résume l'aspect du mycélium des souches isolées, la couleur du revers de la boîte, le diamètre, présence ou absence du mycélium ainsi que la présence ou l'absence de pigments caractéristiques de chaque souche.

Tableau 4 : Caractéristiques macroscopiques des souches isolées.

Échantillons	Description	Aspect macroscopique
Amandes	Aspect : colonies veloutées à poudreuses, circulaires, à croissance rapide. Couleur : vert bleuâtre à vert olive avec une bordure blanche ; revers incolore à jaunâtre. Vitesse de croissance: rapide, avec un développement visible après 3 à 5 jours d'incubation. Odeur : odeur moisie caractéristique.	 Figure 14. Aspect macroscopique de l'espèce fongique (01) isolé à partir des amandes.
	Aspect : colonies veloutées à floconneuses, denses et circulaires avec une surface poudreuse à maturité. Couleur : vert bleuâtre à vert grisâtre avec une bordure blanche ; revers jaune pâle à incolore. Vitesse de croissance : rapide, colonies visibles après 3 à 5 jours d'incubation. Odeur : moisie	 Figure 15. Aspect macroscopique de l'espèce fongique (02) isolé à partir des amandes.

Noix	Aspect macroscopique : Colonies poudreuses, circulaires, denses, à croissance rapide. Couleur : Blanc crème à blanc pur, pouvant légèrement jaunir avec l'âge ; revers blanc à jaune pâle. Vitesse de croissance : Rapide, développement visible en 5 jours à 25°C. · Odeur : Odeur terreuse ou fongique légère.	 Figure 16. Aspect macroscopique de l'espèce fongique (01) isolé à partir des noix.
	Aspect macroscopique : Colonies poudreuses, circulaires, denses, à croissance rapide. Couleur : Noire intense (caractéristique de l'espèce), parfois avec une bordure blanche. Revers blanc à jaune pâle. Vitesse de croissance : Rapide, développement visible en 5 jours à 25°C. Odeur : Odeur terreuse ou fongique légère.	 Figure 17. Aspect macroscopique de l'espèce fongique (02) isolé à partir des noix.
	Aspect des colonies : colonies poudreuses à granuleuses, denses et	

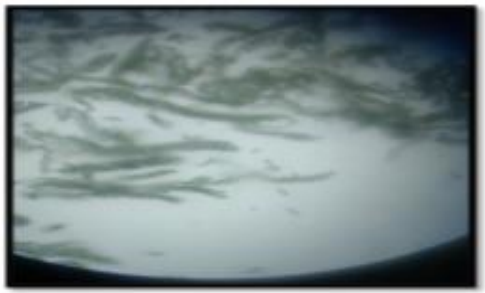
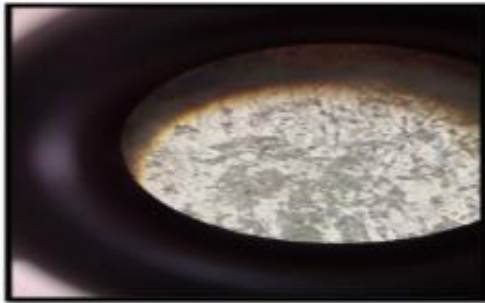
<i>Raisin</i>	radiaires à maturité. Couleur : Vert clair au début, devenant noire à maturité. Revers jaune pâle à brun clair. Vitesse de croissance : Rapide, développement visible en 5 jours à 25°C. Odeur : Odeur terreuse ou fongique caractéristique.	 Figure 18. Aspect macroscopique de l'espèce fongique (01) isolé à partir de raisin.
	Aspect des colonies : colonies poudreuses à granuleuses, denses et radiaires à maturité. Couleur : surface brun foncé à noire ; revers incolore à jaune pâle. Vitesse de croissance : croissance rapide, colonies visibles après 2 à 4 jours d'incubation. Odeur : odeur moisie caractéristique, parfois légèrement terreuse.	 Figure 19. Aspect macroscopique de l'espèce fongique (02) isolé à partir de raisin.
<i>Figues</i>	Aspect des colonies : colonies cotonneuses, aériennes, très abondantes et envahissantes, devenant rapidement duveteuses puis laineuses.	

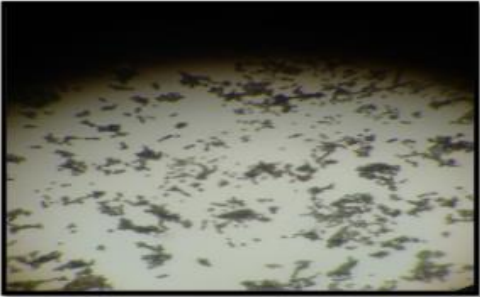
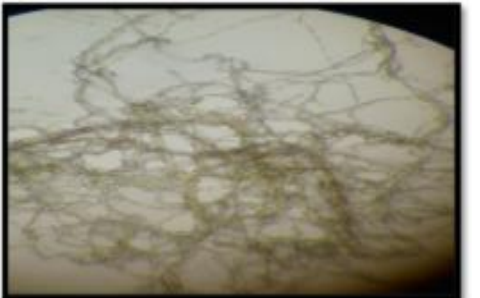
	Couleur : grisâtres à noir brunâtre ; revers pâle à jaunâtre. Vitesse de croissance : croissance très rapide, colonies visibles en 24 à 48 heures . Odeur : odeur moisie forte.	 Figure 20. Aspect macroscopique de l'espèce fongique isolé à partir de figues.
Dattes	Aspect des colonies : colonies cotonneuses, aériennes, très abondantes et envahissantes, devenant rapidement duveteuses puis laineuses. Couleur : grisâtres à noir brunâtre ; revers pâle à jaunâtre. Vitesse de croissance : croissance très rapide, colonies visibles en 24 à 48 heures Odeur : odeur moisie forte,	 Figure 21. Aspect macroscopique de l'espèce fongique isolé à partir de dattes.

1.2.2. Caractéristiques microscopiques des souches isolées

Le tableau 05 résume les caractères microscopiques qui sont : Les hyphes, les conidies, les conidiophores et la couleur pour chaque souche purifiée.

Tableau 5 : Caractéristique microscopique des souches isolées.

Nom du champignon	Description	Aspect microscopique
<i>Penicillium spp</i>	Hyphes : hyalines, septées et ramifiées. Conidiophores en forme de pinceau (brosse). Conidies : petites, sub-sphériques (presque sphériques), formées en chaînes à l'extrémité des conidiophores.	 Figure 22. Aspect microscopique de <i>Penicillium spp</i> isolé à partir des amandes grossissement $\times 40$.
<i>Penicillium chrysogenum</i>	Hyphes : hyalines, septées et ramifiées. Conidiophores en forme de brosse. Conidies : ovoïdes à sub-sphériques, formées en chaînes denses à l'extrémité des conidiophores.	 Figure 23 : Aspect microscopique de <i>Penicillium chrysogenum</i> isolé à partir des amandes grossissement $\times 40$.
<i>Aspergillus candidus</i>	Hyphes : hyalines, septées et ramifiées. Conidiophores dressés, se terminant par une vésicule sphérique. Conidies : sphériques, disposées radialement et espacées sur la surface de la vésicule.	 Figure24: Aspect microscopique de <i>Aspergillus candidus</i> isolé à partir des noix grossissement $\times 40$.

<i>Aspergillus niger</i>	Hyphes : hyalines, septées et ramifiées. Conidiophores dressés, se terminant par une vésicule sphérique. Conidies : sphériques, disposées radialement et espacées sur la surface de la vésicule.	 Figure 25. Aspect microscopique de <i>Aspergillus niger</i> isolé à partir des noix grossissement $\times 40$.
<i>Aspergillus niger</i>	Hyphes : hyalines, septées et ramifiées. Conidiophores dressés, se terminant par une vésicule sphérique portant des phialides sur toute sa surface. Conidies : sphériques, très petites, denses, formées en chaînes autour de la vésicule.	 Figure 26. Aspect microscopique <i>Aspergillus niger</i> isolé à partir de raisin grossissement $\times 40$.
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Hyphes : longues, espacées et ramifiées (caractéristique des champignons zygomycètes). Sporangiophores: se terminant par des sporanges sphériques.	 Figure 27.Aspect microscopique de <i>Rhizopus stolonifer</i> isolé à partir des dattes grossissement $\times 40$.
<i>Rhizopus stolonifer</i>	Hyphes : hyalines, peu ou non septées (coenocytiques). Présence de stolons et de rhizoïdes. Sporangiophores : longs, se terminant par un sporange sphérique noir.	 Figure 28. Aspect microscopique de

		<i>Rhizopus stolonifer</i> isolé à partir des figues grossissement $\times 40$.
--	--	--

1.3. Analyse et répartition des isolats fongiques selon la nature du fruit sec

1.3.1. Répartition des genres fongiques par échantillon

Les résultats ont montré que les isolats fongiques des fruits secs stockés appartiennent à quatre genres principaux : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* et *Mucor*.

Genre *Aspergillus* : le plus fréquent, isolé des noix (noir et blanc) et des raisins secs (vert foncé et vert clair).

Genre *Penicillium* : isolé uniquement des amandes (vert clair et vert olive), identifié comme *Penicillium chrysogenum*.

Genre *Rhizopus* : isolé des figues et des dattes Deglet Nour, identifié comme *Rhizopus stolonifer*.

Genre *Mucor* : isolé d'une figue blanche, identifié comme *Mucor* sp.

1.3.2. Relation entre la nature du fruit et le champignon isolé

- **Fruits secs oléagineux (noix, amandes)** : dominance des genres *Aspergillus* et *Penicillium*, champignons tolérants à une faible activité de l'eau, riches en lipides et protéines.
- **Fruits secs sucrés (figues, dattes, raisins secs)** : dominance des genres *Rhizopus* et *Mucor* ainsi que *Aspergillus niger*, champignons préférant une humidité élevée et une teneur élevée en sucres.

II.2. Discussion

L'analyse mycologique des échantillons étudiés a permis d'identifier trois principaux genres fongiques : *Penicillium*, *Rhizopus* et *Mucor*. Ces moisissures sont fréquemment rapportées dans les produits végétaux stockés, notamment les fruits secs et les oléagineux, où elles participent à l'altération microbiologique post-récolte (Pitt et Hocking, 2009).

Le genre *Penicillium chrysogenum* a été isolé exclusivement à partir des amandes. Les colonies observées présentaient une coloration vert clair à vert olive, caractéristique morphologique fréquemment décrite pour cette espèce (Samson et al., 2010). Ce résultat est cohérent avec plusieurs études portant sur la flore fongique des fruits secs et des graines oléagineuses. Selon Pitt et Hocking (2009), les espèces du genre *Penicillium* figurent parmi les contaminants majeurs des aliments riches en lipides, notamment les amandes, les noix et les pistaches, en raison de leur capacité à se développer dans des conditions de faible activité de l'eau. Des travaux réalisés sur les fruits secs commercialisés dans les pays méditerranéens ont également montré une prédominance des genres *Penicillium* et *Aspergillus* dans les amandes stockées (Rodrigues et al., 2012). Comparativement à ces études, les résultats obtenus montrent une diversité fongique plus limitée, puisque seul *Penicillium chrysogenum* a été détecté dans les amandes analysées. Cette différence pourrait être liée aux conditions locales de stockage, au faible niveau de contamination initiale ou encore aux méthodes d'isolement utilisées. Bien que *Penicillium chrysogenum* soit principalement connu pour la production de pénicilline, certaines souches peuvent produire des métabolites secondaires susceptibles d'altérer la qualité des aliments (Samson et al., 2010). Toutefois, son potentiel toxigène demeure inférieur à celui de certaines espèces telles que *Penicillium verrucosum*, productrice d'ochratoxine A (Pitt et Hocking, 2009).

Le genre *Rhizopus stolonifer* a été isolé à partir des figues et des dattes Deglet Nour. Cette espèce est largement reconnue comme un agent de pourriture des fruits riches en sucres et en humidité (Aidoo, 1996). Les résultats obtenus concordent avec plusieurs études réalisées sur les dattes algériennes et tunisiennes, où *Rhizopus stolonifer* a été fréquemment identifié parmi les principaux contaminants post-récolte (Al-Jasass et Aleid, 2010).

Les travaux de Shenasi et al. (2002) ont montré que la flore fongique des dattes varie selon le stade de maturation et les conditions de stockage, avec une présence importante des genres *Aspergillus* et *Rhizopus*. De même, Al-Bulushi et al. (2017) ont identifié, par

séquençage moléculaire, plusieurs genres fongiques associés aux dattes stockées, notamment *Penicillium spp.*, *Aspergillus spp.*, *Mucor spp.* et *Rhizopus stolonifer*. La présence de *Rhizopus stolonifer* dans les échantillons étudiés pourrait donc être expliquée par la richesse des dattes en sucres fermentescibles ainsi que par leur teneur en humidité résiduelle. Selon Christensen et Kaufmann (1974), cette moisissure possède une croissance rapide et un mycélium invasif capable d'entraîner une détérioration accélérée des tissus végétaux.

Les figues analysées ont également présenté une contamination par *Rhizopus stolonifer*. Ce résultat rejoint les observations de plusieurs chercheurs ayant étudié les moisissures des fruits séchés méditerranéens. En revanche, certaines études signalent une dominance du genre *Aspergillus* dans les figues sèches, notamment *Aspergillus niger* et *Aspergillus flavus* (Tournas & Katsoudas, 2005). L'absence de ces espèces dans les présents résultats pourrait être attribuée à des différences climatiques, à la qualité des conditions de conservation ou à une contamination limitée des échantillons étudiés.

Le genre *Mucor* a été isolé uniquement à partir d'une figue blanche. Les espèces du genre *Mucor* sont généralement considérées comme des contaminants secondaires des fruits et aliments humides (Pitt & Hocking, 2009). Leur faible fréquence dans cette étude suggère soit une contamination ponctuelle, soit des conditions environnementales moins favorables à leur prolifération. Des résultats similaires ont été rapportés dans plusieurs études sur les fruits secs, où *Mucor* apparaît avec une fréquence inférieure à celle des genres *Penicillium* et *Aspergillus*.

Globalement, les résultats obtenus sont compatibles avec les données de la littérature scientifique relatives à la flore fongique des fruits secs et des dattes. Toutefois, la principale différence réside dans l'absence du genre *Aspergillus*, souvent considéré comme dominant dans les produits stockés des régions chaudes et arides (Pitt et Hocking, 2009). Cette absence pourrait être liée aux conditions spécifiques de stockage, à la durée de conservation ou encore aux paramètres environnementaux propres aux échantillons étudiés.

Relation entre la nature du fruit et les champignons isolés

Les résultats obtenus mettent en évidence une relation étroite entre la nature biochimique et physique des fruits étudiés et la répartition des champignons isolés. En effet, la composition nutritionnelle, la teneur en eau, l'activité hydrique, la texture ainsi que les conditions de

conservation influencent fortement le développement de la flore fongique (Pitt et Hocking, 2009).

Dans la présente étude, le genre *Penicillium chrysogenum* a été isolé uniquement des amandes. Cette spécificité peut être expliquée par la richesse des amandes en matières grasses et leur faible teneur en eau. Les espèces du genre *Penicillium* sont connues pour leur aptitude à coloniser les substrats relativement secs et riches en lipides grâce à leur capacité à se développer à faible activité hydrique (Samson et al., 2010). Selon Pitt et Hocking (2009), les moisissures de stockage comme *Penicillium* sont particulièrement adaptées aux fruits oléagineux conservés pendant de longues périodes.

Les amandes possèdent également une surface relativement dure et moins riche en sucres simples que les dattes ou les figues. Cette caractéristique limite le développement des champignons exigeant une humidité élevée, tels que *Rhizopus* et *Mucor*. Ainsi, la dominance de *Penicillium chrysogenum* dans les amandes traduit une adaptation écologique de cette espèce aux substrats pauvres en eau libre mais riches en composés lipidiques.

En revanche, les figues et les dattes Deglet Nour ont présenté une contamination par *Rhizopus stolonifer*. Cette relation est fortement liée à la composition de ces fruits, caractérisés par une forte teneur en sucres fermentescibles, une texture tendre ou semi-molle et une humidité résiduelle relativement élevée. Les espèces du genre *Rhizopus* sont reconnues pour leur croissance rapide sur les substrats riches en glucides (Christensen et Kaufmann, 1974).

La variété Deglet Nour est particulièrement sensible au développement de *Rhizopus stolonifer* en raison de sa texture semi-molle et de sa richesse en sucres réducteurs. Plusieurs auteurs ont montré que les dattes semi-humides favorisent davantage les contaminations par *Rhizopus* que les variétés sèches, car leur activité hydrique demeure suffisante pour permettre une croissance fongique active (Shenasi et al., 2002). De plus, les microfissures présentes à la surface des dattes durant le stockage facilitent la pénétration du mycélium dans les tissus internes du fruit.

Les figues constituent également un substrat favorable au développement de *Rhizopus stolonifer*. Leur pulpe riche en sucres simples, associée à une peau fine et fragile, favorise une contamination rapide après récolte. Selon Tournas et Katsoudas (2005), les fruits riches en

glucides et présentant une humidité modérée à élevée sont particulièrement sensibles aux moisissures à croissance rapide comme *Rhizopus*.

Le genre *Mucor* a été isolé uniquement à partir d'une figue blanche. Cette observation peut être expliquée par la teneur en eau plus élevée et la fragilité structurale de ce type de figue. Les espèces de *Mucor* se développent préférentiellement dans les milieux humides et riches en matière organique facilement dégradable (Pitt et Hocking, 2009). Leur présence limitée dans cette étude suggère toutefois que les conditions environnementales n'étaient pas entièrement favorables à leur prolifération massive.

Ces résultats confirment que la sélection naturelle de la flore fongique dépend directement des propriétés physicochimiques des fruits. Les substrats riches en lipides et pauvres en eau favorisent les moisissures de stockage comme *Penicillium*, tandis que les fruits riches en sucres et plus humides favorisent les champignons à croissance rapide tels que *Rhizopus* et *Mucor*.

Conclusion

Conclusion générale

Les corrélations entre les caractéristiques microscopiques et macroscopiques nous ont permis d'identifier quatre principaux genres fongiques : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* et *Mucor*.

La présence importante de ces espèces fongiques dans les échantillons de fruits secs étudiés (figues, raisins secs, dattes, amandes, noix) est probablement due aux conditions de stockage inappropriées (température, humidité, ventilation). Les valeurs obtenues concernant les moisissures étaient dominées par le genre noir *Aspergillus niger* (couleur noire), suivies par les autres couleurs : gris, blanc, vert clair et vert foncé.

Ces moisissures constituent généralement un danger réel pour la santé de l'homme par la sécrétion de substances hautement toxiques au cours de leur prolifération sur les fruits secs, en particulier dans la région d'El Oued où ces produits sont très répandus.

Les niveaux de contamination sont assez inquiétants, sachant que la majorité de ces souches (notamment *Aspergillus* et *Penicillium*) sont toxinogènes. Ces mycotoxines sont dangereuses et perverses, et ont des effets hépatotoxiques, néphrotoxiques, cancérigènes et génotoxiques, et leurs effets chroniques peuvent s'avérer plus graves pour la santé humaine.

Nos résultats suggèrent des mesures préventives pour lutter contre la contamination, qui doivent être prises pour réglementer le stockage et la commercialisation des fruits secs, particulièrement lorsqu'ils sont destinés à la consommation directe, comme c'est le cas dans la présente étude.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

Références

Abdoullahi, H. O., Tidjani, A., Sawadogo, A., Tarnagda, B., Abakar, L. I., Cissé, H., & Savadogo, A. (2019). Isolement et caractérisation de souches fongiques à partir de poissons fumés/séchés du lac Fitri au Tchad. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 2(4), 155–160.

Adjou, E. S., & Soumanou, M. M. (2013). Efficacité des extraits de plantes dans la lutte contre les moisissures toxigènes isolées de l'arachide en post-récolte au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 70, 5555–5566.

Aidoo, K. E., Tester, R. F., Morrison, J. E., & MacFarlane, D. (1996). The composition and microbial quality of pre-packed dates purchased in Greater Glasgow. *International Journal of Food Science and Technology*, 31(5), 433–438.

Al-Bulushi, I. M., Bani-Uraba, M. S., Guizani, N. S., Al-Khusaibi, M. K., & Al-Sadi, A. M. (2017). Illumina MiSeq sequencing analysis of fungal diversity in stored dates. *BMC Microbiology*, 17(1), 72.

Al-Shahib, W., & Marshall, R. J. (2003). The fruit of the date palm: Its possible use as the best food for the future? *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 54(4), 247–259.

Amaiike, S., & Keller, N. P. (2011). *Aspergillus flavus*. *Annual Review of Phytopathology*, 49, 107–133.

Arvy, M. P. (2012). *Les fruits à coque : propriétés nutritionnelles et bienfaits pour la santé*. Lavoisier.

Bala, B. K., Woods, J. L., & Hoque, M. A. (2003). Solar drying of agricultural products: Principles and applications. *Renewable Energy Journal*.

- Bandh, S. A., Kamili, A. N., & Ganai, B. A. (2011). Identification of some *Penicillium* species by traditional approach of morphological observation and culture. *African Journal of Microbiology Research*, 5(21), 3493–3496.
- Belasli, A., Herrera, M., Ariño, A., & Djenane, D. (2023). Occurrence and exposure assessment of major mycotoxins in foodstuffs from Algeria. *Toxins*, 15(7), 449.
- Ben Labhib, F., & Saouli, N. (2016). Amélioration du séchage solaire et réduction des contaminations des produits agricoles. *Revue Agronomique*.
- Benammar, S., & Gouri, A. (2018). *Impact des procédés de séchage sur la qualité nutritionnelle des produits alimentaires* (Mémoire de master). Université de Mostaganem.
- Benammoun, A. (2011). *Contribution à l'étude du séchage solaire des produits agricoles* (Mémoire de master).
- Bennamoun, L. (2011). Reviewing the experience of solar drying in Algeria with presentation of the different design aspects of solar dryers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(7), 3371–3379.
- Bimbenet, J. J. (2002). *Le séchage des aliments : phénomènes physiques et applications industrielles*. Lavoisier.
- Bimbenet, J. J. (2002). *Les opérations unitaires du génie alimentaire*. Technique et Documentation–Lavoisier.
- Boughali, S. (2010). *Étude et optimisation du séchage solaire des produits agroalimentaires dans les zones arides et désertiques* (Thèse de doctorat). Université de Batna.
- Bouricha, M. (2022). *Potentiel technologique des souches Leuconostoc isolées à partir de différents produits laitiers* (Thèse de doctorat). Université Kasdi Merbah Ouargla.
- Chalal, A. (2008). *Étude des procédés de séchage et application au séchage infrarouge des produits alimentaires* (Mémoire de magister).
- Chalal, N. (2008). *Étude d'un séchoir solaire fonctionnant en mode direct et indirect* (Mémoire de magister). Université Mentouri Constantine.

- Chapeland-Leclerc, F., Bailly, J. D., & Guerre, P. (2005). Moisissures et risques alimentaires (mycotoxicooses). *Revue Française des Laboratoires*, 373, 45–52.
- Chekroune, S. (2008). *Altérations physico-chimiques des aliments lors du séchage* (Mémoire ou thèse universitaire).
- Christensen, C. M., & Kaufmann, H. H. (1974). Microflora. In C. M. Christensen (Ed.), *Storage of cereal grains and their products* (pp. 158–192). American Association of Cereal Chemists.
- Ciegler, A., Vesonder, R. F., & Jackson, L. K. (1977). Production and biological activity of patulin and citrinin from *Penicillium expansum*. *Applied and Environmental Microbiology*, 33(4), 1004–1006.
- Compaoré, H., Sawadogo-Lingani, H., Savadogo, A., Dianou, D., & Traoré, A. S. (2016). Isolement et caractérisation morphologique de moisissures productrices de substances antibactériennes à partir d'aliments locaux au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(1), 198–210.
- Donno, D., Mellano, M. G., Riondato, I., De Biaggi, M., Andriamaniraka, H., Gamba, G., & Beccaro, G. L. (2019). Traditional and unconventional dried fruit snacks as a source of health-promoting compounds. *Antioxidants*, 8(9), 396.
- Dudez, P. (1999). *Influence des conditions climatiques sur le séchage des produits agricoles*. Rapport scientifique.
- Ekechukwu, O. V., & Norton, B. (1999). Review of solar-energy drying systems: An overview of solar drying technology. *Solar Energy*.
- Ferradji, A., Chabour, H., & Malek, A. (2011). *Séchage solaire des figues : Bilan thermique et isotherme de désorption*. *Revue des Énergies Renouvelables*, 14(4), 717–726. URL
- Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2004). Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*. *Studies in Mycology*, 49, 1–174.
- Gauthier, T., & Puel, O. (2022). La patuline. Dans O. Puel, S. Lorber, & C. Zetina-Serrano (Éds.), *Les mycotoxines* (pp. 53–66). Éditions Quae.

- Gherbawy, Y. A., Elhariry, H. M., & Bahobial, A. A. S. (2012). Mycobiota and mycotoxins associated with Saudi date palm fruits. *Foodborne Pathogens and Disease*, 9(6), 561–567.
- Gourama, H., & Bullerman, L. B. (1995). *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*: Aflatoxigenic fungi of concern in foods and feeds. *Journal of Food Protection*, 58(12), 1395–1404.
- Houhou, S. (2012). *Contribution à l'étude du séchage solaire des produits alimentaires* (Thèse de doctorat). Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen.
- Houissa, H. (2021). *Les mycotoxines du mil : occurrence et flore fongique* (Thèse de doctorat). Université de Montpellier.
- Huybrechts, B., Tangni, E. K., Debongnie, P., Geys, J., & Callebaut, A. (2013). Méthodes analytiques de détermination des mycotoxines dans les produits agricoles : une revue. *Cahiers Agricultures*, 22(3), 202–215.
- IARC. (1993). *Some naturally occurring substances: Food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins* (Vol. 56). IARC Press.
- Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière.(2026). *La culture du figuier en Algérie.*, à Document sur la culture du figuier en Algérie
- Krska, R., Welzig, E., & Binder, E. M. (2012). The impact of internal and external factors on the prevalence of mycotoxins in cereals. *World Mycotoxin Journal*, 5(1), 3–24.
- Lahouar, A., Marin, S., Crespo-Sempere, A., Saïd, S., & Sanchis, V. (2016). Influence of temperature, water activity and incubation time on fungal growth and mycotoxin production. *International Journal of Food Microbiology*, 242, 53–60.
- Menouche, A. (2006). *Étude du séchage solaire des produits agricoles* (Mémoire de magister). USTHB, Alger.
- Messiaen, C. M., & Cassini, R. (1968). Recherches sur les fusarioses. IV. La systématique des *Fusarium*. *Annales des Épiphyties*, 19(3), 387–454.

- Moussaoui, M., Ziane, M., Ben Braïek, O., Yezli, W., & Moussaoui, A. (2021). Detection and preliminary identification of ochratoxins and aflatoxins produced by *Aspergillus* species isolated from coffee. *Plant Archives*, 21(2), 719–726.
- Mujumdar, A. S. (2000). *Drying technology in food processing*. Marcel Dekker.
- Nguyen, M. T. (2007). *Identification des espèces de moisissures potentiellement productrices de mycotoxines dans le riz commercialisé au Vietnam* (Thèse de doctorat). Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Omolola, A. O., Jideani, A. I. O., & Kapila, P. F. (2017). Quality properties of fruits as affected by drying operation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(1), 95–108.
- Özcan, M. M., Ünver, A., Erkan, E., & Arslan, D. (2011). Characteristics of some almond kernel and oils. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 330–333.
- Palumbo, J. D., O'Keeffe, T. L., Vasquez, S. J., & Mahoney, N. E. (2011). Isolation and identification of ochratoxin A-producing *Aspergillus* section *Nigri* strains from California raisins. *Letters in Applied Microbiology*, 52(4), 330–336.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and food spoilage* (3rd ed.). Springer.
- Rahmani, A., Jinap, S., & Soleimany, F. (2009). Qualitative and quantitative analysis of mycotoxins. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(3), 202–251.
- Richard, J. L. (2007). Some major mycotoxins and their mycotoxicoses—An overview. *International Journal of Food Microbiology*, 119(1–2), 3–10.
- Rodrigues, P., Venâncio, A., & Lima, N. (2012). Aflatoxigenic fungi and aflatoxins in Portuguese almonds. *The Scientific World Journal*, 2012, 1–9.
- Saf, B., & Reddam, A. (2018). *Étude énergétique des procédés de séchage industriels appliqués aux produits agroalimentaires* (Mémoire de master). Université de Biskra.
- Samson, R. A., Houbraken, J., Thrane, U., Frisvad, J. C., & Andersen, B. (2010). *Food and indoor fungi*. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre.

- Samson, R. A., Visagie, C. M., Houbaken, J., Hong, S. B., Hubka, V., Klaassen, C. H. W., et al. (2014). Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. *Studies in Mycology*, 78, 141–173.
- Shephard, G. S., Berthiller, F., Burdaspal, P., Crews, C., Jonker, M. A., Krska, R., et al. (2013). Developments in mycotoxin analysis: An update for 2011–2012. *World Mycotoxin Journal*, 6(1), 3–30.
- Shenasi, M., Candlish, A. A. G., & Aidoo, K. E. (2002). The production of aflatoxins in fresh date fruits and under simulated storage conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(8), 848–853.
- Stover, E., & Adhya, T. (2007). Fig (*Ficus carica* L.) production and research in the Middle East and Mediterranean region. *Acta Horticulturae*, 798, 29–40.
- Touati, B. (2001). *Contribution à l'étude du séchage convectif des produits agroalimentaires* (Mémoire de magister). Université de Batna.
- Tournas, V. H., & Katsoudas, E. (2005). Mould and yeast flora in fresh berries, grapes and citrus fruits. *International Journal of Food Microbiology*, 105(1), 11–17.
- Tumukunde, E., Li, D., Yuan, J., & Wang, S. (2021). Aflatoxin biosynthesis and genetic regulation in *Aspergillus flavus*. *Toxins*, 13(2), 96.
- USDA FoodData Central. (2026). *Raisins, seedless*. Données nutritionnelles : 299 kcal, 79,18 g de glucides, 3,7 g de fibres et 0 mg de cholestérol pour 100 g.
- Vidal, A., Ouhibi, S., Ghali, R., Hedhili, A., De Saeger, S., & De Boevre, M. (2019). The mycotoxin patulin: An updated short review on occurrence, toxicity and analytical challenges. *Food and Chemical Toxicology*, 129, 249–256.
- Warth, B., Sulyok, M., Abia, W. A., Šarkanj, B., Fruhmman, P., Mikula, H., et al. (2012). Application of a multi-biomarker LC-MS/MS method for assessment of human mycotoxin exposure. In *Proceedings of the 7th Conference of the World Mycotoxin Forum and XIIIth IUPAC International Symposium on Mycotoxins and Phycotoxins* (pp. 159–160).

Yada, S., Lapsley, K., & Huang, G. (2011). A review of composition studies of cultivated almonds: Macronutrients and micronutrients. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(4–5).

Yu, J., Cleveland, T. E., Nierman, W. C., & Bennett, J. W. (2021). *Aspergillus flavus* genomics and aflatoxin biosynthesis. *World Mycotoxin Journal*, 14(1), 3–16.

Site d' internet

Anonyme 1. (2026). Le séchage par convection

https://sa.made-in-china.com/co_zzhento/product_Large-Capacity-Fruit-Dehydrator-Hot-Air-Oven-Hot-Air-Dryer-Machine_yshnhisyog.html

Consulté le 30/5/2026

Anonyme 2. (2026). Le séchage sous vide

https://sa.made-in-china.com/co_xuanhua/product_Vegetable-Dewatering-Fruit-Dehydrator-Machine-Pineapple-Industrial-Vacuum-Dryer-Instant-Noodle-Battery-Material-Drying-Oven_uohiohinig.html

Consulté le 30/5/2026

Anonyme 3. (2026). La lyophilisation

https://sa.made-in-china.com/video-channel/bjjhrt_rEQYNxSLJsRC_Low-Price-Vacuum-Machine-Fruit-Food-Drying-Equipment-Freeze-Dryer.html

Consulté le 30/5/2026

Anonyme 4. (2026). Calibr8 Nutrition. (s.d.). *Dates, Deglet Noor – Nutrition facts*. [Calibr8 Nutrition](#); Consulté le 2 juin 2026.

Résumé

Résumé

Les fruits secs constituent un aliment de base essentiel en Algérie, particulièrement dans la région d'El Oued, en raison de leur haute valeur nutritionnelle et de leur large consommation lors des diverses occasions festives. La présente étude vise à évaluer la contamination fongique des fruits secs commercialisés dans la région d'El Oued (dattes, figues, raisins secs, amandes et noix), ainsi qu'à déterminer la relation entre la nature du produit et les champignons associés au stockage. Au total, dix échantillons ont été soumis à une analyse microbiologique en utilisant des méthodes d'isolement directe et indirecte sur les milieux de culture Sabouraud, incubés à 28 °C. L'identification des isolats, fondée sur leurs caractéristiques macroscopiques et microscopiques, a permis de mettre en évidence quatre principaux genres fongiques : *Aspergillus niger*, espèce la plus fréquemment rencontrée, *Penicillium chrysogenum*, isolé uniquement à partir des amandes, *Rhizopus stolonifer*, détecté dans les figues et les dattes Deglet Nour, ainsi que *Mucor* sp., observé dans un échantillon de figue blanche. Les résultats montrent que les fruits secs oléagineux (amandes, noix) sont dominés par *Penicillium* et *Aspergillus*, adaptés à une faible activité de l'eau, tandis que les fruits secs sucrés (figues, dattes, raisins secs) favorisent les champignons à croissance rapide comme *Rhizopus* et *Mucor*, profitant de l'humidité résiduelle et des sucres. Ces niveaux de contamination, probablement liés à des conditions de stockage inappropriées (température, humidité, ventilation insuffisante), représentent un risque sanitaire potentiel, car la plupart de ces moisissures peuvent produire des mycotoxines. L'étude recommande une amélioration des pratiques de stockage et un contrôle sanitaire rigoureux avant consommation directe. À la lumière de ces résultats, il apparaît nécessaire de renforcer les mesures de conservation et de mettre en place un contrôle sanitaire rigoureux afin de garantir la qualité et la sécurité des fruits secs destinés à la consommation.

Mots clés: fruits secs, contamination fongique, , El Oued , isolement, identification.

Abstract

Dried fruits represent an important staple food in Algeria, particularly in the El Oued region, due to their high nutritional value and their widespread consumption during various festive occasions. The present study aimed to evaluate the fungal contamination of dried fruits marketed in the El Oued region (dates, figs, raisins, almonds, and walnuts) and to determine the relationship between the nature of the product and the fungi associated with storage. A total of ten samples were subjected to microbiological analysis using direct and indirect isolation methods on Sabouraud culture medium and incubated at 28°C. Identification of the

isolates, based on their macroscopic and microscopic characteristics, revealed four main fungal genera: *Aspergillus niger*, the most frequently isolated species; *Penicillium chrysogenum*, detected exclusively in almonds; *Rhizopus stolonifer*, isolated from figs and Deglet Nour dates; and *Mucor* sp., identified in a white fig sample. The results showed that oil-rich dried fruits (almonds and walnuts) were mainly contaminated by *Penicillium* and *Aspergillus*, fungi adapted to low water activity conditions. In contrast, sugary dried fruits (figs, dates, and raisins) favored the growth of fast-growing fungi such as *Rhizopus* and *Mucor*, which benefit from residual moisture and high sugar content. These contamination levels, likely related to inadequate storage conditions such as inappropriate temperature, excessive humidity, and insufficient ventilation, may pose a potential health risk since most of these molds are capable of producing mycotoxins. The study recommends improving storage practices and implementing strict sanitary controls before direct consumption. In light of these findings, strengthening preservation measures and establishing rigorous quality control systems are essential to ensure the safety and quality of dried fruits intended for human consumption.

Keywords: Dried fruits, fungal contamination, El Oued, isolation, identification.

الملخص

تعدّ الفواكه المجففة من الأغذية الأساسية المهمة في الجزائر، خاصة في منطقة الوادي، وذلك لما تتميز به من قيمة غذائية عالية واستهلاك واسع خلال مختلف المناسبات والاحتفالات. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم التلوث الفطري للفواكه المجففة المتداولة في منطقة الوادي (التمور، التين المجفف، الزبيب، اللوز والجوز)، بالإضافة إلى تحديد العلاقة بين طبيعة المنتج والفطريات المرتبطة بظروف التخزين. تم إخضاع عشرة عينات للتحليل الميكروبيولوجي باستعمال طريقتي العزل المباشر وغير المباشر على وسط زرعي سابورو (Sabouraud)، مع التحضين عند درجة حرارة 28°م. وقد سمح التعرف على العزلات الفطرية اعتمادًا على خصائصها الماكروسكوبية والمجهريّة بالكشف عن أربعة أجناس فطرية رئيسية هي: *Aspergillus niger* باعتباره النوع الأكثر شيوعًا، و *Penicillium chrysogenum* الذي عُزل حصريًا من اللوز، و *Rhizopus stolonifer* الذي تم الكشف عنه في التين المجفف وتمور دقلة نور، بالإضافة إلى *Mucor* sp. الذي تم عزله من عينة تين أبيض. أظهرت النتائج أن الفواكه المجففة الزيتية (اللوز والجوز) كانت أكثر ارتباطًا بفطريات *Penicillium* و *Aspergillus* القادرة على النمو في ظروف انخفاض النشاط المائي، في حين شجعت الفواكه المجففة السكرية (التين والتمور والزبيب) نمو الفطريات سريعة التطور مثل *Rhizopus* و *Mucor* نتيجة توفر الرطوبة المتبقية وارتفاع محتواها من السكريات. ويُحتمل أن تعود مستويات التلوث المسجلة إلى ظروف تخزين غير ملائمة، مثل ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة وضعف التهوية، مما قد يشكل خطرًا صحيًا نظرًا لقدرة معظم هذه الفطريات على إنتاج السموم الفطرية. وتوصي الدراسة بتحسين ممارسات التخزين وتطبيق رقابة صحية صارمة قبل الاستهلاك المباشر. كما تؤكد النتائج ضرورة تعزيز إجراءات الحفظ وإرساء نظام مراقبة فعال لضمان جودة وسلامة الفواكه المجففة الموجهة للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية: الفواكه المجففة، التلوث الفطري، الوادي، العزل، التعرف على الفطريات.

Résumé

Les fruits secs constituent un aliment de base essentiel en Algérie, particulièrement dans la région d'El Oued, en raison de leur haute valeur nutritionnelle et de leur large consommation lors des diverses occasions festives. La présente étude vise à évaluer la contamination fongique des fruits secs commercialisés dans la région d'El Oued (dattes, figes, raisins secs, amandes et noix), ainsi qu'à déterminer la relation entre la nature du produit et les champignons associés au stockage. Au total, dix échantillons ont été soumis à une analyse microbiologique en utilisant des méthodes d'isolement directe et indirecte sur les milieux de culture Sabouraud, incubés à 28 °C. L'identification des isolats, fondée sur leurs caractéristiques macroscopiques et microscopiques, a permis de mettre en évidence quatre principaux genres fongiques : *Aspergillus niger*, espèce la plus fréquemment rencontrée, *Penicillium chrysogenum*, isolé uniquement à partir des amandes, *Rhizopus stolonifer*, détecté dans les figes et les dattes Deglet Nour, ainsi que *Mucor* sp., observé dans un échantillon de fige blanche. Les résultats montrent que les fruits secs oléagineux (amandes, noix) sont dominés par *Penicillium* et *Aspergillus*, adaptés à une faible activité de l'eau, tandis que les fruits secs sucrés (figes, dattes, raisins secs) favorisent les champignons à croissance rapide comme *Rhizopus* et *Mucor*, profitant de l'humidité résiduelle et des sucres. Ces niveaux de contamination, probablement liés à des conditions de stockage inappropriées (température, humidité, ventilation insuffisante), représentent un risque sanitaire potentiel, car la plupart de ces moisissures peuvent produire des mycotoxines. L'étude recommande une amélioration des pratiques de stockage et un contrôle sanitaire rigoureux avant consommation directe. À la lumière de ces résultats, il apparaît nécessaire de renforcer les mesures de conservation et de mettre en place un contrôle sanitaire rigoureux afin de garantir la qualité et la sécurité des fruits secs destinés à la consommation.

Mots clés: fruits secs, contamination fongique, El Oued, isolement, identification.

Abstract

Dried fruits represent an important staple food in Algeria, particularly in the El Oued region, due to their high nutritional value and their widespread consumption during various festive occasions. The present study aimed to evaluate the fungal contamination of dried fruits marketed in the El Oued region (dates, figs, raisins, almonds, and walnuts) and to determine the relationship between the nature of the product and the fungi associated with storage. A total of ten samples were subjected to microbiological analysis using direct and indirect isolation methods on Sabouraud culture medium and incubated at 28°C. Identification of the isolates, based on their macroscopic and microscopic characteristics, revealed four main fungal genera: *Aspergillus niger*, the most frequently isolated species; *Penicillium chrysogenum*, detected exclusively in almonds; *Rhizopus stolonifer*, isolated from figs and Deglet Nour dates; and *Mucor* sp., identified in a white fig sample. The results showed that oil-rich dried fruits (almonds and walnuts) were mainly contaminated by *Penicillium* and *Aspergillus*, fungi adapted to low water activity conditions. In contrast, sugary dried fruits (figs, dates, and raisins) favored the growth of fast-growing fungi such as *Rhizopus* and *Mucor*, which benefit from residual moisture and high sugar content. These contamination levels, likely related to inadequate storage conditions such as inappropriate temperature, excessive humidity, and insufficient ventilation, may pose a potential health risk since most of these molds are capable of producing mycotoxins. The study recommends improving storage practices and implementing strict sanitary controls before direct consumption. In light of these findings, strengthening preservation measures and establishing rigorous quality control systems are essential to ensure the safety and quality of dried fruits intended for human consumption.

Keywords: Dried fruits, fungal contamination, El Oued, isolation, identification.

المخلص

تعدّ الفواكه المجففة من الأغذية الأساسية المهمة في الجزائر، خاصة في منطقة الوادي، وذلك لما تتميز به من قيمة غذائية عالية واستهلاك واسع خلال مختلف المناسبات والاحتفالات. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم التلوث الفطري للفواكه المجففة المتداولة في منطقة الوادي (التمور، التين المجفف، الزبيب، اللوز والجوز)، بالإضافة إلى تحديد العلاقة بين طبيعة المنتج والفطريات المرتبطة بظروف التخزين. تم إخضاع عشرة عينات للتحليل الميكروبيولوجي باستعمال طريقتي العزل المباشر وغير المباشر على وسط زرعي سابورو (Sabouraud)، مع التحضين عند درجة حرارة 28°م. وقد سمح التعرف على العزلات الفطرية اعتماداً على خصائصها الماكروسكوبية والمجهريّة بالكشف عن أربعة أجناس فطرية رئيسية هي: *Aspergillus niger* باعتباره النوع الأكثر شيوعاً، و *Penicillium chrysogenum* الذي عُزل حصرياً من اللوز، و *Rhizopus stolonifer* الذي تم الكشف عنه في التين المجفف وتمور دقلة نور، بالإضافة إلى *Mucor* sp. الذي تم عزله من عينة تين أبيض. أظهرت النتائج أن الفواكه المجففة الزيتية (اللوز والجوز) كانت أكثر ارتباطاً بفطريات *Penicillium* و *Aspergillus* القادرة على النمو في ظروف انخفاض النشاط المائي، في حين شجعت الفواكه المجففة السكرية (التين والتمور والزبيب) نمو الفطريات سريعة التطور مثل *Rhizopus* و *Mucor* نتيجة توفر الرطوبة المتبقية وارتفاع محتواها من السكريات. ويُحتمل أن تعود مستويات التلوث المسجلة إلى ظروف تخزين غير ملائمة، مثل ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة وضعف التهوية، مما قد يشكل خطراً صحياً نظراً لقدرة معظم هذه الفطريات على إنتاج السموم الفطرية. وتوصي الدراسة بتحسين ممارسات التخزين وتطبيق رقابة صحية صارمة قبل الاستهلاك المباشر. كما تؤكد النتائج ضرورة تعزيز إجراءات الحفظ وإرساء نظام مراقبة فعال لضمان جودة وسلامة الفواكه المجففة الموجهة للاستهلاك البشري.

الكلمات المفتاحية: الفواكه المجففة، التلوث الفطري، الوادي، العزل، التعرف على الفطريات.