



ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT
FACULTE DE MEDECINE
ET DE PHARMACIE
RABAT



Année: 2023

Thèse N°: 16

APPORTS DES CHAMPIGNONS DANS LE REGIME ALIMENTAIRE

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le : / /2023

PAR

Madame Imane MOURID

Née le 28 Février 1998 à Mohammedia

Pour l'Obtention du Diplôme de
Docteur en Pharmacie

Mots Clés : Champignons Comestibles; Compositions Biochimiques;
Valeurs Nutritionnelles; Régimes Alimentaires; Apports Nutritionnels

Membres du Jury :

Monsieur Badre Eddine LMIMOUNI

Professeur de Parasitologie

Monsieur Mourad BOUCHRIK

Professeur de Parasitologie et Mycologie

Madame Hafida NAOUI

Professeur Agrégé de Parasitologie et Mycologie

Madame Maryem IKEN

Professeur Agrégé de Parasitologie et Mycologie

Madame Souad AZELMAT

Professeur de Parasitologie et Mycologie

Président

Rapporteur

Juge

Juge

Juge

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

طه، الآية 114

يَا أَيُّهَا

الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَقَسَّمُوا فِي الْمَجْلِسِ فَأَفْتَحُوا بَفِّحِ اللَّهُ لَكُمْ
وَإِذَا قِيلَ آنشُرُوا فَأَنْشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا

الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

المجادلة، الآية 11

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ



Université Mohammed V de Rabat

Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat

DOYENS HONORAIRES :

1962 – 1969 : Professeur Abdelmalek FARAJ
1969 – 1974 : Professeur Abdellatif BERBICH
1974 – 1981 : Professeur Bachir LAZRAK
1981 – 1989 : Professeur Taieb CHKILI
1989 – 1997 : Professeur Mohamed Tahar ALAOUI
1997 – 2003 : Professeur Abdelmajid BELMAHI
2003 – 2013 : Professeur Najia HAJJAJ – HASSOUNI

ORGANISATION DÉCANALE :

Doyen

Professeur Mohamed ADNAOUI

Vice-Doyen chargé des Affaires Académiques et estudiantines

Professeur Brahim LEKEHAL

Vice-Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération

Professeur Taoufiq DAKKA

Vice-Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie

Professeur Younes RAHALI

Secrétaire Général

Mr. Mohamed KARRA

SERVICES ADMINISTRATIFS :

Chef du Service des Affaires Administratives

Mr. Abdellah KHALED

Chef du Service des Affaires Estudiantines, Statistiques et Suivi des Lauréats

Mr. Azzeddine BOULAAJOUL

Chef du Service de la Recherche, Coopération, Partenariat et des Stages

Mr. Najib MOUNIR

Chef du Service des Finances

Mr. Rachid BENNIS

1 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MÉDECINS ET PHARMACIENS :

PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR :

Décembre 1984

Pr. MAAOUNI Abdelaziz
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi
Pr. SETTAF Abdellatif

Médecine Interne - Clinique Royale
Anesthésie - Réanimation
Pathologie Chirurgicale

Décembre 1989

Pr. ADNAOUI Mohamed

Médecine interne - Doyen de la FMPR

Janvier et Novembre 1990

Pr. KHARBACH Aïcha
Pr. TAZI Saoud Anas

Gynécologie - Obstétrique
Anesthésie Réanimation

Février, Avril, Juillet et Décembre 1991

Pr. AZZOUZI Abderrahim
Pr. BAYAHIA Rabéa
Pr. BELKOUCHI Abdelkader
Pr. BENSOUDA Yahia
Pr. BERRAHO Amina
Pr. BEZAD Rachid

Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chirurgie Générale
Pharmacie Galénique
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique - Méd. Chef

Mat. Orangers Rabat

Pr. CHERRAH Yahia
Pr. CHOKAIRI Omar
Pr. SOULAYMANI Rachida

Pharmacologie
Histologie Embryologie
Pharmacologie - Dir. du Centre

National PV Rabat

Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed
Pr. BENSOUDA Adil
Pr. EL OUAHABI Abdessamad
Pr. FELLAT Rokaya
Pr. JIDDANE Mohamed
Pr. ZOUHDI Mimoun

Chirurgie Générale - Doyen FMPT
Anesthésie Réanimation
Neurochirurgie
Cardiologie
Anatomie
Microbiologie

Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Nouredine
Pr. BEN RAIS Nozha
Pr. CAOUI Malika
Pr. CHRAIBI Abdelmjid
Métaboliques - Doyen FMFA
Pr. EL AMRANI Sabah
Pr. ERROUGANI Abdelkader

Radiothérapie
Biophysique
Biophysique
Endocrinologie et Maladies

Rabat

Pr. ESSAKALI Malika
Pr. ETTAYEBI Fouad
Pr. IFRINE Lahssan
Pr. RHRAB Brahim
Pr. SENOUCI Karima

Gynécologie Obstétrique
Chirurgie Générale - Dir. du CHIS

Immunologie
Chirurgie Pédiatrique
Chirurgie Générale
Gynécologie - Obstétrique
Dermatologie

*Enseignant Militaire

Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed*
Pr. BENTAHILA Abdelali
Pr. BERRADA Mohamed Saleh
Pr. CHERKAoui Lalla Ouafae
Pr. LAKHDAR Amina
Pr. MOUANE Nezha

Urologie - **Inspecteur du SSM**
Pédiatrie
Traumatologie - Orthopédie
Ophtalmologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie

Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane
Pr. AMRAoui Mohamed
Pr. BAIDADA Abdelaziz
Pr. BARGACH Samir
Pr. EL MESNAoui Abbes
Pr. ESSAKALI HOUSSEINI Leila
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia
Pr. SEFIANI Abdelaziz
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

Réanimation Médicale
Chirurgie Générale
Gynécologie Obstétrique
Gynécologie Obstétrique
Chirurgie Générale
Oto-Rhino-Laryngologie
Urologie
Ophtalmologie
Génétique
Réanimation Médicale

Décembre 1996

Pr. BELKACEM Rachid
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan
Pr. GAOUZI Ahmed
Pr. OUZEDDOUN Naima
Pr. ZBIR EL Mehdi*

Rabat

Chirurgie - Pédiatrie
Ophtalmologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Néphrologie
Cardiologie - **Dir. HMI Mohammed V**

Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan
Pr. BIROUK Nazha
Pr. FELLAT Nadia
Pr. KADDOURI Noureddine
Pr. KOUTANI Abdellatif
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid
Pr. MAHRAoui CHAFIQ
Pr. TOUFIQ Jallal
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

Gynécologie - Obstétrique
Neurologie
Cardiologie
Chirurgie Pédiatrique
Urologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Psychiatrie - **Dir. Hôp.Ar-razi Salé**
Gynécologie Obstétrique

Novembre 1998

Pr. BENOMAR ALI
Abulcassis Rabat
Pr. BOUGTAB Abdesslam
Pr. ER RIHANI Hassan
Pr. BENKIRANE Majid*

Neurologie - **Doyen de la FMP**
Chirurgie Générale
Oncologie Médicale
Hématologie

*Enseignant Militaire

Janvier 2000

Pr. ABID Ahmed*
Pr. AIT OUAMAR Hassan
Pr. BENJELLOUN Dakhama Badr Sououd
Pr. BOURKADI Jamal-Eddine
Pr. CHARIF CHEFCHAOUNI Al Montacer
Pr. ECHARRAB El Mahjoub
Pr. EL FTOUH Mustapha
Pr. EL MOSTARCHID Brahim*
Pr. TACHINANTE Rajae
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

Pneumo - Phtisiologie
Pédiatrie
Pédiatrie
Pneumo - Phtisiologie
Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Pneumo - Phtisiologie
Neurochirurgie
Anesthésie - Réanimation
Médecine Interne

Novembre 2000

Pr. AIDI Saadia
Pr. AJANA Fatima Zohra
Pr. BENAMR Said
Pr. CHERTI Mohammed
Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Selma
Pr. EL HASSANI Amine
Pr. EL KHADER Khalid
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan
Métaboliques
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae

Neurologie
Gastro - Entérologie
Chirurgie Générale
Cardiologie
Anesthésie- Réanimation
Pédiatrie - [Dir. Hôp. Cheikh Zaid Rabat](#)
Urologie
Endocrinologie et Maladies

Pédiatrie

Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham*
Pr. BENABDELJILIL Maria
Pr. BENAMAR Loubna
Pr. BENAMOR Jouda
Pr. BENELBARHDADI Imane
Pr. BENNANI Rajae
Pr. BENOUACHANE Thami
Pr. BEZZA Ahmed*
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi
Pr. BOUMDIN El Hassane*
Pr. CHAT Latifa
Pr. EL HIJRI Ahmed
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid
Pr. EL MADHI Tarik

Enfants Rabat

Pr. EL OUNANI Mohamed
Pr. ETTAIR Said
Pr. GAZZAZ Miloudi*
Pr. HRORA Abdelmalek

Sina Rabat

Pr. KABIRI EL Hassane*
Pr. LAMRANI Moulay Omar
Pr. LEKEHAL Brahim

Aff Acad. Est.

Pr. MEDARHRI Jalil
Pr. MOHSINE Raouf
Pr. NOUINI Yassine

Anesthésie - Réanimation
Neurologie
Néphrologie
Pneumo - Phtisiologie
Gastro - Entérologie
Cardiologie
Pédiatrie
Rhumatologie
Anatomie
Radiologie
Radiologie
Anesthésie - Réanimation
Neuro-chirurgie
Chirurgie-Pédiatrique - [Dir. Hôp. Des](#)

Chirurgie Générale
Pédiatrie
Neuro-chirurgie
Chirurgie Générale - [Dir. Hôpital Ibn](#)

Chirurgie Thoracique
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Vasculaire Périphérique - [V-D.](#)

Chirurgie Générale
Chirurgie Générale
Urologie

*Enseignant Militaire

Pr. SABBAH Farid
Pr. SEFIANI Yasser
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Chirurgie Générale
Chirurgie Vasculaire Périphérique
Pédiatrie

Décembre 2002

Pr. AMEUR Ahmed*
Pr. AMRI Rachida
Pr. AOURARH Aziz*
Ismail-Meknès
Pr. BAMOU Youssef*
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene*
Métaboliques
Pr. BENZEKRI Laila
Pr. BENZZOUBEIR Nadia
Pr. BERNOUSSI Zakiya
Pr. CHOHO Abdelkrim*
Pr. CHKIRATE Bouchra
Pr. EL ALAMI EL Fellous Sidi Zouhair
Pr. FILALI ADIB Abdelhai
Pr. HAJJI Zakia
Pr. KRIOUILE Yamina
Pr. OUJILAL Abdelilah
Pr. RAISS Mohamed
Pr. THIMOU Amal
Pr. ZENTAR Aziz*

Urologie
Cardiologie
Gastro-Entérologie - **Dir. HMI Moulaya**

Biochimie-Chimie
Endocrinologie et Maladies

Dermatologie
Gastro-Entérologie
Anatomie Pathologique
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Chirurgie Pédiatrique
Gynécologie Obstétrique
Ophtalmologie
Pédiatrie
Oto-Rhino-Laryngologie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Chirurgie Générale - **Dir. de l' ERPPLM**

Janvier 2004

Pr. ABDELLAH El Hassan
Pr. AMRANI Mariam
Pr. BENBOUZID Mohammed Anas
Pr. BENKIRANE Ahmed*
Pr. BOULAADAS Malik
Faciale
Pr. BOURAZZA Ahmed*
Pr. CHAGAR Belkacem*
Pr. CHERRADI Nadia
Pr. EL FENNI Jamal*
Pr. EL HANCHI ZAKI
Pr. EL KHORASSANI Mohamed
Pr. HACHI Hafid
Pr. JABOUIRIK Fatima
Pr. KHARMAZ Mohamed
Pr. MOUGHIL Said
Pr. OUBAAZ Abdelbarre*
Pr. TARIB Abdelilah*
Pr. TIJAMI Fouad
Pr. ZARZUR Jamila

Ophtalmologie
Anatomie Pathologique
Oto-Rhino-Laryngologie
Gastro-Entérologie
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-

Neurologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie Pathologique
Radiologie
Gynécologie Obstétrique
Pédiatrie
Chirurgie Générale
Pédiatrie
Traumatologie Orthopédie
Chirurgie Cardio-Vasculaire
Ophtalmologie
Pharmacie Clinique
Chirurgie Générale
Cardiologie

*Enseignant Militaire

Janvier 2005

Pr. ABBASSI Abdellah
Pr. AL KANDRY Sif Eddine*
Pr. ALLALI Fadoua
Pr. AMAZOUZI Abdellah
Pr. BAHIRI Rachid

Salé

Pr. BARKAT Amina
Pr. BENYASS Aatif*
Pr. DOUDOUH Abderrahim*
Pr. HESSISSEN Leila
Pr. JIDAL Mohamed*
Pr. LAAROUSSI Mohamed
Pr. LYAGOUBI Mohammed
Pr. SBIHI Souad
Pr. ZERAIDI Najia

Chirurgie Réparatrice et Plastique
Chirurgie Générale
Rhumatologie
Ophtalmologie
Rhumatologie - **Dir. Hôp. Al Ayachi**

Pédiatrie
Cardiologie
Biophysique
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Cardio - Vasculaire
Parasitologie
Histo-Embryologie Cytogénétique
Gynécologie Obstétrique

Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen*
Pr. BELMEKKI Abdelkader*
Pr. BENCHEIKH Razika
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine
Pr. BOULAHYA Abdellatif*

Hôp. Ibn Sina Marr.

Pr. CHENGUETI ANSARI Anas
Pr. DOGHMI Nawal
Pr. FELLAT Ibtissam
Pr. FAROUDY Mamoun
Pr. HARMOUCHE Hicham
Pr. IDRIS LAHLOU Amine*
Pr. JROUNDI Laila
Pr. KARMOUNI Tariq
Pr. KILI Amina
Pr. KISRA Hassan
Pr. KISRA Mounir
Pr. LAATIRIS Abdelkader*
Pr. LMIMOUNI Badreddine*
Pr. MANSOURI Hamid*
Pr. OUANASS Abderrazzak
Pr. SAFI Soumaya*
Pr. SOUALHI Mouna
Pr. TELLAL Saida*
Pr. ZAHRAOUI Rachida

Rhumatologie
Hématologie
O.R.L
Chirurgie - Pédiatrique
Chirurgie Cardio - Vasculaire - **Dir.**

Gynécologie Obstétrique
Cardiologie
Cardiologie
Anesthésie Réanimation
Médecine Interne
Microbiologie
Radiologie
Urologie
Pédiatrie
Psychiatrie
Chirurgie - Pédiatrique
Pharmacie Galénique
Parasitologie
Radiothérapie
Psychiatrie
Endocrinologie
Pneumo - Phtisiologie
Biochimie
Pneumo - Phtisiologie

Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid
Pr. ACHACHI Leila
Pr. AMHAJJI Larbi*
Pr. AOUI Sarra
Pr. BAITE Abdelouahed*
Pr. BALOUCH Lhousaine*
Pr. BENZIANE Hamid*

Réanimation Médicale
Pneumo Phtisiologie
Traumatologie Orthopédie
Parasitologie
Anesthésie Réanimation
Biochimie - Chimie
Pharmacie Clinique

*Enseignant Militaire

Pr. BOUTIMZINE Nourdine
 Pr. CHERKAOUI Naoual*
 Pr. EL BEKKALI Youssef*
 Pr. EL ABSI Mohamed
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid
 Pr. EL OMARI Fatima
 Pr. GHARIB Nouredine
 Pr. HADADI Khalid*
 Pr. ICHOU Mohamed*
 Pr. ISMAILI Nadia
 Pr. KEBDANI Tayeb
 Pr. LOUZI Lhoussain*
 Pr. MADANI Naoufel
 Pr. MARC Karima
 Pr. MASRAR Azlarab
 Pr. OUZZIF Ez zohra*
 Pr. SEFFAR Myriame
 Pr. SEKHSOKH Yessine*
 Pr. SIFAT Hassan*
 Pr. TACHFOUTI Samira
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq*
 Pr. TANANE Mansour*
 Pr. TLIGUI Houssain
 Pr. TOUATI Zakia

Ophtalmologie
 Pharmacie Galénique
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Chirurgie Générale
 Anesthésie Réanimation
 Psychiatrie
 Chirurgie Plastique et Réparatrice
 Radiothérapie
 Oncologie Médicale
 Dermatologie
 Radiothérapie
 Microbiologie
 Réanimation Médicale
 Pneumo Phtisiologie
 Hématologie Biologique
 Biochimie - Chimie
 Microbiologie
 Microbiologie
 Radiothérapie
 Ophtalmologie
 Chirurgie Générale
 Traumatologie - Orthopédie
 Parasitologie
 Cardiologie

Mars 2009

Pr. ABOUZAHIR Ali*
 Pr. AGADR Aomar*
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim*
 Pr. AKHADDAR Ali*
 Pr. ALLALI Nazik
 Pr. AMINE Bouchra
 Pr. ARKHA Yassir

Médecine Interne
 Pédiatrie
 Chirurgie Générale
 Neuro-Chirurgie
 Radiologie
 Rhumatologie
 Neuro-Chirurgie - **Dir. Hôp. Spécialités**

Rabat

Pr. BELYAMANI Lahcen*
 Pr. BJIJOU Younes
 Pr. BOUHSAIN Sanae*
 Pr. BOUI Mohammed*
 Pr. BOUNAIM Ahmed*
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha*
 Pr. CHTATA Hassan Toufik*
 Pr. DOGHMI Kamal*
 Pr. EL MALKI Hadj Omar
 Pr. EL OUENNASS Mostapha*
 Pr. ENNIBI Khalid*
 Pr. FATHI Khalid
 Pr. HASSIKOU Hasna*
 Pr. KABBAJ Nawal
 Pr. KABIRI Meryem
 Pr. KARBOUBI Lamya
 Pr. LAMSAOURI Jamal*
 Pr. MARMADE Lahcen
 Pr. MESKINI Toufik

Anesthésie Réanimation
 Anatomie
 Biochimie-Chimie
 Dermatologie
 Chirurgie Générale
 Traumatologie-Orthopédie
 Chirurgie Vasculaire Périphérique
 Hématologie Clinique
 Chirurgie Générale
 Microbiologie
 Médecine Interne
 Gynécologie Obstétrique
 Rhumatologie
 Gastro-Entérologie
 Pédiatrie
 Pédiatrie
 Chimie Thérapeutique
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Pédiatrie

*Enseignant Militaire

Pr. MSSROURI Rahal
Pr. NASSAR Ittimade
Pr. OUKERRAJ Latifa
Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani*

Chirurgie Générale
Radiologie
Cardiologie
Pneumo-Phtisiologie

Octobre 2010

Pr. ALILOU Mustapha
Pr. AMEZIANE Taoufiq*
Pr. BELAGUID Abdelaziz
Pr. CHADLI Mariama*
Pr. CHEMSI Mohamed*
Pr. DAMI Abdellah*
Pr. DENDANE Mohammed Anouar
Pr. EL HAFIDI Naima
Pr. EL KHARRAS Abdennasser*
Pr. EL MAZOUZ Samir
Pr. EL SAYEGH Hachem
Pr. ERRABIH Ikram
Pr. LAMALMI Najat
Pr. MOSADIK Ahlam
Pr. MOUJAHID Mountassir*
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anesthésie Réanimation
Médecine Interne
Physiologie
Microbiologie
Médecine Aéronautique
Biochimie - Chimie
Chirurgie Pédiatrique
Pédiatrie
Radiologie
Chirurgie Plastique et Réparatrice
Urologie
Gastro - Entérologie
Anatomie Pathologique
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Anatomie Pathologique

Décembre 2010

Pr. ZNATI Kaoutar

Anatomie Pathologique

Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed
Pr. ABOUELALAA Khalil*
Pr. BENCHEBBA Driss*
Pr. DRISSI Mohamed*
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna
Pr. EL OUAZZANI Hanane*
Pr. ER-RAJI Mounir Chirurgie
Pr. JAHID Ahmed

Chirurgie Pédiatrique
Anesthésie Réanimation
Traumatologie - Orthopédie
Anesthésie Réanimation
Chirurgie Générale
Pneumophtisiologie
Pédiatrie
Anatomie Pathologique

Février 2013

Pr. AHID Samir
Pr. AIT EL CADI Mina
Pr. AMRANI HANCHI Laila
Pr. AMOR Mourad
Pr. AWAB Almahdi
Pr. BELAYACHI Jihane
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain
Pr. BENCHEKROUN Laila
Pr. BENKIRANE Souad
Pr. BENSCHIR Mustapha*
Pr. BENYAHIA Mohammed*
Pr. BOUATIA Mustapha
Pr. BOUABID Ahmed Salim*
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba

Pharmacologie - ***Doyen FP de l'UM6SS***
Toxicologie
Gastro - Entérologie
Anesthésie - Réanimation
Anesthésie - Réanimation
Réanimation Médicale
Anesthésie - Réanimation
Biochimie - Chimie
Hématologie
Anesthésie Réanimation
Néphrologie
Chimie Analytique et Bromatologie
Traumatologie Orthopédie
Anatomie

*Enseignant Militaire

Pr. CHAIB Ali*
 Pr. DENDANE Tarek
 Pr. DINI Nouzha*
 Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Mohamed Ali
 Pr. ECH-CHERIF EL KETTANI Najwa
 Pr. ELFATEMI NIZARE
 Pr. EL GUERROUJ Hasnae
 Pr. EL HARTI Jaouad
 Pr. EL JAOUDI Rachid*
 Pr. EL KABABRI Maria
 Pr. EL KHANNOUSSI Basma
 Pr. EL KHLOUFI Samir
 Pr. EL KORAICHI Alae
 Pr. EN-NOUALI Hassane*
 Pr. ERRGUIG Laila
 Pr. FIKRI Meryem
 Pr. GHFIR Imade
 Pr. IMANE Zineb
 Pr. IRAQI Hind
 Métaboliques
 Pr. KABBAJ Hakima
 Pr. KADIRI Mohamed*
 Pr. LATIB Rachida
 Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra
 Pr. MEDDAH Bouchra

Phar.

Pr. MELHAOUI Adyl
 Pr. MRABTI Hind
 Pr. NEJJARI Rachid
 Pr. OUBEJJA Houda
 Pr. OUKABLI Mohamed*
 Pr. RAHALI Younes

Pharmacie

Pr. RATBI Ilham
 Pr. RAHMANI Mounia
 Pr. REDA Karim*
 Pr. REGRAGUI Wafa
 Pr. RKAIN Hanan
 Pr. ROSTOM Samira
 Pr. ROUAS Lamiaa
 Pr. ROUIBAA Fedoua*
 Pr. SALIHOUN Mouna
 Pr. SAYAH Rochde
 Pr. SEDDIK Hassan*
 Pr. ZERHOUNI Hicham
 Pr. ZINE Ali*

Avril 2013

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim*
 Faciale

Cardiologie
 Réanimation Médicale
 Pédiatrie
 Anesthésie Réanimation
 Radiologie
 Neuro-Chirurgie
 Médecine Nucléaire
 Chimie Thérapeutique
 Toxicologie
 Pédiatrie
 Anatomie Pathologique
 Anatomie
 Anesthésie Réanimation
 Radiologie
 Physiologie
 Radiologie
 Médecine Nucléaire
 Pédiatrie
 Endocrinologie et Maladies

Microbiologie
 Psychiatrie
 Radiologie
 Médecine Interne
 Pharmacologie - Directrice du Méd.

Neuro-Chirurgie
 Oncologie Médicale
 Pharmacognosie
 Chirurgie Pédiatrique
 Anatomie Pathologique
 Pharmacie Galénique - Vice-Doyen à la

Génétique
 Neurologie
 Ophtalmologie
 Neurologie
 Physiologie
 Rhumatologie
 Anatomie Pathologique
 Gastro-Entérologie
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Gastro-Entérologie
 Chirurgie Pédiatrique
 Traumatologie Orthopédie

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-

*Enseignant Militaire

Mai 2013

Pr. BOUSLIMAN Yassir*

Toxicologie

Mars 2014

Pr. ACHIR Abdellah
Pr. BENCHAKROUN Mohammed*
Pr. BOUCHIKH Mohammed
Pr. EL KABBAJ Driss*
Pr. FILALI Karim*
Pr. EL MACHTANI IDRISSE Samira*
Pr. HARDIZI Houyam
Pr. HASSANI Amale*
Pr. HERRAK Laila
Pr. JEAIDI Anass*
Pr. KOUACH Jaouad*
Pr. MAKRAM Sanaa*
Pr. RHISSASSI Mohamed Jaafar
Pr. SEKKACH Youssef*
Pr. TAZI MOUKHA Zakia

Chirurgie Thoracique
Traumatologie - Orthopédie
Chirurgie Thoracique
Néphrologie
Anesthésie-Réanimation - **Dir. ERSSM**
Biochimie-Chimie
Histologie-Embryologie-Cytogénétique
Pédiatrie
Pneumologie
Hématologie Biologique
Gynécologie-Obstétrique
Pharmacologie
CCV
Médecine Interne
Génécologie-Obstétrique

Décembre 2014

Pr. ABILKACEM Rachid*
Pr. AIT BOUGHIMA Fadila
Pr. BEKKALI Hicham*
Pr. BENAZZOU Salma
Pr. BOUABDELLAH Mounya
Pr. BOUCHRIK Mourad*
Pr. DERRAJI Soufiane*
Pr. EL AYOUBI EL IDRISSE Ali
Pr. EL GHADBANE Abdedaim Hatim*
Pr. EL MARJANY Mohammed*
Pr. FEJJAL Nawfal
Pr. JAHIDI Mohamed*
Pr. LAKHAL Zouhair*
Pr. OUDGHIRI NEZHA
Pr. RAMI Mohamed
Pr. SABIR Maria
Pr. SBAI IDRISSE Karim*
Hyg.

Pédiatrie
Médecine Légale
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Maxillo-Faciale
Biochimie-Chimie
Parasitologie
Pharmacie Clinique
Anatomie
Anesthésie-Réanimation
Radiothérapie
Chirurgie Réparatrice et Plastique
O.R.L
Cardiologie
Anesthésie-Réanimation
Chirurgie Pédiatrique
Psychiatrie
Médecine Préventive, Santé Publique et

Août 2015

Pr. MEZIANE Meryem
Pr. TAHIRI Latifa

Dermatologie
Rhumatologie

Janvier 2016

Pr. BENKABBOU Amine
Pr. EL ASRI Fouad*
Pr. ERRAMI Noureddine*

Chirurgie Générale
Ophtalmologie
O.R.L

*Enseignant Militaire

Juin 2017

Pr. ABI Rachid*
Pr. ASFALOU Ilyasse*
Pr. BOUAITI El Arbi*
Hyg.
Pr. BOUTAYEB Saber
Pr. EL GHISSASSI Ibrahim
Pr. HAFIDI Jawad
Pr. MAJBAR Mohammed Anas
Pr. OURAINI Saloua*
Pr. RAZINE Rachid
Hyg.
Pr. SOUADKA Amine
Pr. ZRARA Abdelhamid*

Microbiologie
Cardiologie
Médecine Préventive, Santé Publique et

Oncologie Médicale
Oncologie Médicale
Anatomie
Chirurgie Générale
O.R.L
Médecine Préventive, Santé Publique et

Chirurgie Générale
Immunologie

PROFESSEURS AGRÉGÉS :

Janvier 2005

Pr. HAJJI Leila

Cardiologie (*Mise en Disponibilité*)

Mai 2018

Pr. AMMOURI Wafa
Pr. BENTALHA Aziza
Pr. EL AHMADI Brahim
Pr. EL HARRECH Youness*
Pr. EL KACEMI Hanan
Pr. EL MAJJAOUI Sanaa
Pr. FATIHI Jamal*
Pr. GHANNAM Abdel-Ilah
Pr. JROUNDI Imane
Hyg.
Pr. MOATASSIM BILLAH Nabil
Pr. TADILI Sidi Jawad
Pr. TANZ Rachid*

Médecine Interne
Anesthésie-Réanimation
Anesthésie-Réanimation
Urologie
Radiothérapie
Radiothérapie
Médecine Interne
Anesthésie-Réanimation
Médecine Préventive, Santé Publique et

Radiologie
Anesthésie-Réanimation
Oncologie Médicale

Novembre 2018

Pr. AMELLAL Mina
Pr. SOULY Karim
Pr. TAHRI Rajae

Anatomie
Microbiologie
Histologie-Embryologie-Cytogénétique

Novembre 2019

Pr. AATIF Taoufiq*
Pr. ACHBOUK Abdelhafid*
Pr. ANDALOUSSI SAGHIR Khalid
Pr. BABA HABIB Moulay Abdellah*
Pr. BASSIR Rida Allah
Pr. BOUATTAR Tarik
Pr. BOUFETTAL Monsef
Pr. BOUCHENTOUF Sidi Mohammed*
Pr. BOUZELMAT Hicham*

Néphrologie
Chirurgie Réparatrice et Plastique
Radiothérapie
Génycologie-Obstétrique
Anatomie
Néphrologie
Anatomie
Chirurgie-Générale
Cardiologie

*Enseignant Militaire

Pr. BOUKHRIS Jalal*
 Pr. CHAFRY Bouchaib*
 Pr. CHAHDI Hafsa*
 Pr. CHERIF EL ASRI ABAD*
 Pr. DAMIRI Amal*
 Pr. DOGHMI Nawfal*
 Pr. ELALAOUI Sidi-Yassir
 Pr. EL ANNAZ Hicham*
 Pr. EL HASSANI Moulay El Mehdi*
 Pr. EL HJOUJI Abderrahman*
 Pr. EL KAOUI Hakim*
 Pr. EL WALI Abderrahman*
 Pr. EN-NAFAA Issam*
 Pr. HAMAMA Jalal*
 Pr. HEMMAOUI Bouchaib*
 Pr. HJIRA Naoufal*
 Pr. JIRA Mohamed*
 Pr. JNIE NE Asmaa
 Pr. LARAQUI Hicham*
 Pr. MAHFOUD Tarik*
 Pr. MEZIANE Mohammed*
 Pr. MOUTAKI ALLAH Younes*
 Pr. MOUZARI Yassine*
 Pr. NAOUI Hafida*
 Pr. OBTEL MAJDOULINE
 Hyg.
 Pr. OURRAI ABDELHAKIM*
 Pr. SAOUAB RACHIDA*
 Pr. SBITTI YASSIR*
 Pr. ZADDOUG OMAR*
 Pr. ZIDOUH SAAD*

Septembre 2021

Pr. ABABOU Karim*
 Pr. ALAOUI SLIMANI Khaoula*
 Pr. ATOUF OUFA
 Pr. BAKALI Youness
 Pr. BAMOUS Mehdi*
 Pr. BELBACHIR Siham
 Pr. BELKOUCH Ahmed*
 Catastrophes
 Pr. BENNIS Azzelarab*
 Pr. CHAFAI ELALAOUI Siham
 Pr. DOUMIRI Mouhssine
 Pr. EDDERAI Meryem*
 Pr. EL KTAIBI Abderrahim*
 Pr. EL MAAROUFI Hicham*
 Pr. EL OMRI Noual*
 Pr. ELQATNI Mohamed*
 Pr. FAHRY Aicha*
 Pr. IBRAHIM RAGAB MOUNTASSER Dina*
 Pr. IKEN Maryem

*Enseignant Militaire

Traumatologie-Orthopédie
 Traumatologie-Orthopédie
 Anatomie Pathologique
 Neuro-chirurgie
 Anatomie Pathologique
 Anesthésie-Réanimation
 Pharmacie-Galénique
 Virologie
 Gynécologie-Obstétrique
 Chirurgie Générale
 Chirurgie Générale
 Anesthésie-Réanimation
 Radiologie
 Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale
 O.R.L
 Dermatologie
 Médecine Interne
 Physiologie
 Chirurgie-Générale
 Oncologie Médicale
 Anesthésie-Réanimation
 Chirurgie Cardio-Vasculaire
 Ophtalmologie
 Parasitologie-Mycologie
 Médecine Préventive, Santé Publique et
 Pédiatrie
 Radiologie
 Oncologie Médicale
 Traumatologie-Orthopédie
 Anesthésie-Réanimation

Chirurgie Réparatrice et Plastique
 Oncologie Médicale
 Immunologie
 Chirurgie Générale
 CCV
 Psychiatrie
 Médecine des Urgences et des

Traumatologie-Orthopédie
 Génétique
 Anesthésie-Réanimation
 Radiologie
 Anatomie Pathologique
 Hématologie Clinique
 Médecine Interne
 Médecine Interne
 Pharmacie Galénique
 Néphrologie
 Parasitologie

Pr. JAAFARI Abdelhamid*
Pr. KHALFI Lahcen*
Faciale
Pr. KHEYI Jamal*
Pr. KHIBRI Hajar
Pr. LAAMRANI Fatima Zahrae
Pr. LABOUDI Fouad
Pr. LAHKIM Mohamed*
Pr. MEKAOUI Nour
Pr. MOJEMMI Brahim
Pr. OUDRHIRI Mohammed Yassaad
Pr. SATTE AMAL*
Pr. SOUHI Hicham*
Pr. TADLAOUI Yasmina*
Pr. TAGAJDID Mohamed Rida*
Pr. ZAHID Hafid*
Pr. ZAJJARI Yassir*
Pr. ZAKARYA Imane*

Anesthésie-Réanimation
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-

Cardiologie
Médecine Interne
Radiologie
Psychiatrie
Radiologie
Pédiatrie
Chimie Analytique
Neurochirurgie
Neurologie
Pneumo-Phthisiologie
Pharmacie Clinique
Virologie
Hématologie
Néphrologie
Pharmacognosie

*Enseignant Militaire

2 - ENSEIGNANTS-CHERCHEURS SCIENTIFIQUES :

PROFESSEURS DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR :

Pr. ABOUDRAR Saadia	Physiologie
Pr. ALAMI OUHABI Naima	Biochimie-Chimie
Pr. ALAOUI KATIM	Pharmacologie
Pr. ALAOUI SLIMANI Lalla Naïma	Histologie-Embryologie
Pr. ANSAR M'hammed	Chimie Organique et Pharmacie
Chimique	
Pr. BARKIYOU Malika	Histologie-Embryologie
Pr. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie - <u>Vice-Doyen Chargé de la</u>
<u>Rech. et de la Coop.</u>	
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie Moléculaire/Biotechnologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRIS Med	Chimie Organique
Pr. RIDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie

PROFESSEURS HABILITÉS :

Pr. AANNIZ Tarik	Microbiologie et Biologie Moléculaire
Pr. BENZEID Hanane	Chimie
Pr. CHAHED OUAZZANI Lalla Chadia	Biochimie-Chimie
Pr. CHERGUI Abdelhak	Botanique, Biologie et Physiologie
Végétales	
Pr. DOUKKALI Anass	Chimie Analytique
Pr. EL BAKKALI Mustapha	Physiologie
Pr. EL JASTIMI Jamila	Chimie
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Histologie-Embryologie
Pr. LAZRAK Fatima	Chimie
Pr. LYAHYAI Jaber	Génétique
Pr. OUADGHIRI Mouna	Microbiologie et Biologie
Pr. RAMLI Youssef	Chimie Organique Pharmaco-Chimie
Pr. SERRAGUI Samira	Pharmacologie
Pr. TAZI Ahnini	Génétique
Pr. YAGOUBI Maamar	Eau, Environnement

Mise à jour le 21/02/2022

KHALED Abdellah

Chef du Service des Affaires Administratives

FMPR

DÉDICACES

Je dédie cette thèse...

Au bon Dieu...

Louange à Dieu le Tout puissant et Miséricordieux, grâce à qui j'ai pu voir ce jour tant attendu.

À mes très chers parents, MOURID Mohammed & TALAL Souad...

Chère mère, *Aucun mot ne saurait exprimer mon immense gratitude et l'affection que j'ai toujours portée pour toi. Je te serai éternellement reconnaissante, chère maman, pour toutes les souffrances et les sacrifices que tu as consenti pour mon instruction et mon bien-être. Je te remercie pour ton amour inconditionnel et ta patience. Rien au monde ne pourrait combler les dévouements que tu as enduré durant toutes mes années d'études. J'espère être la fille que tu as voulu que je sois.*

Ce titre de Docteur en Pharmacie je le porterai fièrement et je te le dédie tout particulièrement.

Puisse Dieu tout puissant, te procurer et te préserver bonne santé, bonheur et longue vie pour que je puisse à mon tour te donner, peu soit-il, ce que tu m'as donné.

Cher père *Aucun mot ne saurait exprimer mon immense gratitude, mon amour, et ma considération pour les sacrifices déployés pour notre bien-être et notre éducation.*

Je te rends hommage par ce travail en guise de mon éternelle reconnaissance, ma gratitude et mon amour. Ce travail est aussi bien le tien, c'est le fruit de tes prières et de tous tes sacrifices pour ma formation et mon éducation.

J'espère, mon cher papa, avoir gagné ta fierté et ta satisfaction et être à la hauteur de tes attentes.

Que Dieu, le tout puissant t'accorde et te préserve bonne santé, bonheur, quiétude de l'esprit et longue vie pour que je puisse te rendre un minimum de ce que je te dois.

À ma très chère sœur Hajar...

À ma petite maman, à mon Idole, sache que les mots sont si muets et affadissants, qu'ils ne pourront jamais exprimer l'amour profond et la gratitude que j'ai pour toi.

Sans ton soutien et tes encouragements indéfectibles je ne serai pas là aujourd'hui. T'avoir comme sœur a toujours été ma plus grande fortune. Tu es vraiment la meilleure sœur qu'une personne puisse avoir. Merci d'avoir eu une aussi large maternité pour ta petite sœur et de m'avoir toujours entourée de tes innombrables soins.

Pour le reste, que la vie te soit douce à respirer, que tes maux s'envolent et que tes jours soient festifs. Je t'aime du fond du cœur unnie.

À ma chère sœur Ibtissam...

Aucun mot ne pourrait traduire ma reconnaissance, ma gratitude et mon amour. Merci énormément pour ton soutien plus que précieux dont tu m'avais fait preuve le long de mes années d'études. Que dieu te préserve ta petite Aseel.

Je te dédie ce modeste travail comme témoignage de mon amour éternel et mon respect et je te souhaite plein de succès dans ta vie et tout le bonheur.

À mes chers frères, Abderrahim & Jalal...

Merci pour vos soutiens constants et vos encouragements durant toutes mes années d'études.

Que ce modeste travail soit un témoignage de ma gratitude et de mon affection pour vous.

À mes beaux-frères, ESSALHI Yassine & ZAGHI Oussama...

Pour vos conseils précieux, votre gentillesse et votre disponibilité à m'aider chaque fois que j'en ai besoin.

À ma très chère Rajae EZZAHIR ...

Mon âme sœur, celle qui me comprend d'un seul regard. Tu as partagé avec moi les meilleurs moments de ma vie, parfois les plus difficiles, tu as toujours été là pour moi. Merci de ne m'avoir jamais déçue, Merci de m'avoir aimée inconditionnellement, Merci d'être la plus belle partie de ma vie. Tu es la meilleure chose qui me soit arrivée.

Pour les longues années passées ensemble, et les bons souvenirs, je te dédie ce modeste travail.

À mon très cher ami, Amine JAAZAOUI...

À l'ami que tout le monde aimerait avoir. Merci de m'avoir motivée et encouragée lorsque j'en avais le plus besoin. Merci pour ta serviabilité et ton soutien durant toutes ces années et surtout durant la période de préparation de cette thèse, je n'oublierai jamais ça.

Je te souhaite tout le bonheur qui puisse exister et j'espère être une amie aussi bonne pour toi que tu l'es pour moi.

Je te dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance.

À mes très chères amies : Siham MHANI, Rajaa MEJRHIROU, Hajar LAAYADI...

J'ai eu de la chance dans la vie, de la chance de vous avoir rencontrées. Vous étiez toujours présentes pour m'écouter et me soutenir. Merci pour votre soutien moral, vos encouragements et votre présence tout au long de mon parcours. Vous êtes tout ce dont j'ai toujours eu besoin.

Je vous dédie ce travail en témoignage de l'amour et de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons vécus ensemble.

REMERCIEMENTS

À notre Maître et Président de Thèse :

Monsieur LMIMOUNI Badre Eddine, *Professeur de Parasitologie à la Faculté de Médecine et Pharmacie de Rabat et Chef de service de Parasitologie à L'Hôpital Militaire d'Instructions Mohamed V.*

Je suis très sensible à l'honneur que vous me faites en acceptant de présider mon jury de thèse. Je vous suis très reconnaissante de l'amabilité et la gentillesse avec laquelle vous m'avez reçue et de bien vouloir porter intérêt à ce travail malgré les obligations qui incombent à un maître de votre rang. Veuillez, cher maître, trouver dans ce modeste travail l'expression de ma profonde reconnaissance et mon profond respect.

À notre Maître et Rapporteur de Thèse :

Monsieur BOUCHRIK Mourad, *Professeur de Parasitologie et Mycologie à la Faculté de Médecine et Pharmacie de Rabat.*

Vous m'avez fait un grand honneur de bien vouloir encadrer et diriger ce travail de thèse avec rigueur et convivialité. Vos conseils et votre gentillesse m'ont été considérablement précieux. Je vous suis très reconnaissante de l'accueil et la gentillesse que vous m'avez toujours réservé malgré vos obligations professionnelles. Veuillez trouver ici, Professeur, l'expression de mes vifs remerciements et de ma gratitude.

À notre Maître et Juge de Thèse :

Madame NAOUI Hafida, Professeur Agrégé Laboratoire de Parasitologie-Mycologie à l'Hôpital Militaire d'Instructions Mohamed V.

Je vous remercie du grand honneur que vous me faites en acceptant de faire partie des membres de mon jury de thèse. Qu'il me soit permis de vous exprimer ma profonde gratitude et mon remerciement d'avoir accepté de juger ma thèse. Veuillez trouver dans cet ouvrage, l'expression de mes sincères reconnaissances et de mes estime.

À notre Maître et Juge de Thèse :

Madame IKEN Meryem, Professeur Agrégé Laboratoire de Parasitologie-Mycologie à l'Hôpital Militaire d'Instructions Mohamed V.

Je vous remercie de m'avoir honorée par votre présence au sein de mon jury de thèse. Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude pour votre sympathie et votre bienveillance avec lesquelles vous avez accepté aimablement de juger cette thèse.

Veuillez trouver dans cet ouvrage, l'assurance de ma sincère reconnaissance et de ma haute considération.

À notre Maître et Juge de Thèse :

Madame AZELMAT Souad, Professeur Habilité-Laboratoire de Parasitologie-Mycologie à l'Hôpital Militaire d'Instructions Mohamed V.

Vous avez accepté avec sympathie et bienveillance de juger ce travail. Votre présence au sein de mon jury est un grand honneur.

Je tiens sincèrement à vous remercier de l'intérêt que vous avez porté à ce travail et du temps que vous avez sacrifié à sa vérification. Que ce travail soit une expression de ma sincère gratitude et de ma profonde estime.

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET DES ACRONYMES

AAE	: Acide Aminé Essentiel
AJR	: Apports Journaliers Recommandés
AMT	: Apport Maximal Tolérable
ANREF	: Apports Nutritionnels de Référence
DASH	: Dietary Approaches to Stopping Hypertension
FODMAP	: Fermentable Oligosaccharides, Disaccharides, Monosaccharides and Polyols
G	: Gramme
IEC	: Inhibiteurs de l'Enzyme de Conversion
Kcal	: Kilocalorie
Kg	: Kilogramme
MF	: Matière Fraîche
Mg	: Milligramme
MIND	: Mediterranean-DASH Intervention for Neurodegenerative Delay
MS	: Matière Sèche
NHANES	: National Health and Nutrition Examination Survey
NPD	: National Purchase Diary
TAG	: Triacylglycérol
TDF	: Total Dietary Fiber
TLC	: Therapeutic Lifestyle Changes
UI	: Unité Internationale
USDA	: The United States Department of Agriculture
UV	: Ultraviolet
VNR	: Valeurs Nutritionnelles de Référence
µg	: Microgramme

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Place des Champignons dans l'Arbre du Vivant	4
Figure 2 : Éléments Morphologiques des Champignons	6
Figure 3 : Structure d'une Cellule Fongique Typique.....	7
Figure 4 : Cellule Fongique des Champignons Filamenteux et Champignons Unicellulaires...	8
Figure 5 : Différentes Couches dans la Paroi Cellulaire Fongique	9
Figure 6 : Classification Générale des Eumycètes	10
Figure 7 : Structure Typique d'un Champignon Supérieur	13
Figure 8 : Champignon <i>Grifola frondosa</i>	65
Figure 9 : Champignon <i>Lentinula edodes</i>	66
Figure 10 : Champignon <i>Pleurotus sajor-caju</i>	67
Figure 11 : Champignon <i>Pleurotus ostreatus</i>	68
Figure 12 : Champignon <i>Agaricus bisporus</i>	69
Figure 13 : Champignon <i>Pleurotus eryngii</i>	70
Figure 14 : Champignon <i>Pleurotus pulmonarius</i>	71
Figure 15 : Champignon <i>Hypsizygus marmoreus</i>	72
Figure 16 : Champignon <i>Lentinula edodes</i> (Shiitake)	77
Figure 17 : Complément Alimentaire à Base de Mycélium de Shiitaké Biologique	78
Figure 18 : Champignon <i>Grifola frondosa</i> (Maitake)	78
Figure 19 : Complément Alimentaire à Base de Maitake	79
Figure 20 : Champignon <i>Ganoderma lucidum</i> (Reishi).....	80
Figure 21 : Complément Alimentaire à Base de Reishi	81
Figure 22 : Champignon <i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Cordyceps)	82
Figure 23 : Complément Alimentaire à Base de Cordyceps	83

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nomenclature des Rangs Taxinomiques en Mycologie avec Exemple	5
Tableau 2 : Types des Aliments par Régime Alimentaire	28
Tableau 3 : Matière Sèche (g/100 g), Composition Approximative (g/100 g MS) et Energie (Kcal/100 g MF) dans Quelques Champignons Comestibles Sauvages	31
Tableau 4 : Matière Sèche (g/100 g), Composition Approximative (g/100 g MS) et Energie (Kcal/100 g MF) dans Quelques Champignons Comestibles Cultivés	32
Tableau 5 : Parts des Acides Aminés dans Quelques Champignons Comestibles Sauvages et Cultivées (en %).....	33
Tableau 6 : Teneur en Protéines de Quelques Aliments (en g/100 g).....	34
Tableau 7 : Parts des Lipides dans Quelques Champignons Comestibles Sauvages et Cultivées (en%)	35
Tableau 8 : Valeurs des Sucres dans Quelques Champignons Comestibles (en g/100 g Matière Sèche).....	36
Tableau 9 : Teneur en Fibres Alimentaires Totales, Insolubles et Solubles (en g/100g Matière Sèche).....	37
Tableau 10 : Parts des Composantes des Fibres Alimentaires dans Quelques Champignons Comestibles (en %)	38
Tableau 11 : Teneur en Eléments Minéraux Majeurs dans les Champignons Sauvages (en mg/100g Matière Sèche)	39
Tableau 12 : Teneur en 20 Eléments en Traces dans les Fructifications des Champignons Sauvages Provenant de Zones non Polluées (en mg/100 g MS).....	40
Tableau 13 : Valeurs de l'Ergostérol dans Quelques Champignons (en mg/100g).....	42
Tableau 14 : Valeurs des 6 Vitamines Solubles dans l'Eau dans Quelques Champignons	42
Tableau 15 : Teneur Moyenne des Vitamines de Groupe B (en mg pour 100 g de Champignon de Paris Cru).....	43
Tableau 16 : Valeurs du Lovastatine dans Quelques Champignons Comestibles (en mg/100g Matière Sèche).....	54
Tableau 17 : Valeurs de l'Acide Gamma-Aminobutyrique et de l'Ergothionéine dans Quelques Champignons Comestibles (en mg/100g Matière Sèche)	56

Tableau 18 : Estimations des Moyennes des Apports Habituels d'Énergie et de Nutriments dans la NHANES 2011-2016 Sans et Avec Ajout de 84 g des Champignons couramment consommés chez les Adolescents de 9 à 18 Ans et les Adultes au-delà de 18 ans	58
---	----

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
PARTIE I :_CHAMPIGNONS, CHAMPIGNONS COMESTIBLES ET RÉGIMES ALIMENTAIRE	3
I. Généralités sur les Champignons	4
1. Définition des Champignons.....	4
2. Morphologie des Champignons	5
3. Cellule Fongique	7
4. Reproduction des Champignons	9
5. Classification des Champignons	10
6. Anatomie des Champignons	12
7. Modes de vie et Nutrition des Champignons	13
II. Champignons Comestibles.....	15
1. Généralités sur les Champignons Comestibles	15
2. Identification des Champignons Comestibles.....	16
3. Art de Cueillette des Champignons Comestibles.....	17
4. Liste Non Exhaustive des Champignons Comestibles.....	18
4.1. Champignons à Tubes sous le Chapeau	18
4.2. Champignons à Pied Cassant	19
4.3. Champignons à Lamelles sous le Chapeau	19
4.4. Champignons à Lames, Pied Absent ou Excentré.....	22
4.5. Champignons à Aiguillons sous le Chapeau	22
III. Régimes Alimentaires.....	24
1. Généralités et Concepts de Base des Régimes Alimentaires	24
2. Différents Types des Régimes Alimentaires.....	26
2.1. Végétarisme.....	26
2.2. Végétalisme	26
2.3. Véganisme	26
2.4. Sans Lactose	26
2.5. Sans Gluten	27
2.6. Régime Cétogène	27
PARTIE II:_APPORTS DES CHAMPIGNONS COMESTIBLES DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE.....	29

I. Composition Biochimique, Valeurs et Aspects Nutritionnels des Champignons Comestibles	30
1. Composition Biochimique et Valeurs Nutritionnelles des Champignons Comestibles	30
1.1. Eau.....	30
1.2. Matière Sèche : Composition Immédiate et Valeurs Énergétiques.....	30
1.3. Protéines	32
1.4. Lipides	34
1.5. Glucides et Fibres Alimentaires	36
1.6. Composition Minérale.....	38
A. Éléments Majeurs	39
B. Oligo-Éléments.....	39
1.7. Vitamines	40
A. Vitamines et Provitamines Liposolubles	40
C. Vitamines Hydrosolubles	42
2. Aspects Nutritionnels des Champignons Comestibles	43
2.1. Protéines	44
2.2. Glucides et Fibres Alimentaires	45
2.3. Lipides	46
2.4. Vitamines	47
2.5. Minéraux Majeurs	48
2.6. Oligo-Éléments.....	48
A. Le Cuivre	48
B. Le Zinc	49
C. Le Fer	50
3. Composés Bioactifs des Champignons Comestibles	50
3.1. Lectines	50
3.2. Bêta-Glucanes	51
3.3. Antioxydants	52
3.4. Hydrates de Carbone comme Source Potentielle de Prébiotique	53
3.5. Lovastatine	54
3.6. Eritadénine	54
3.7. Acide Gamma-Aminobutyrique	55
3.8. Ergothionéine	55
II. Apports des Champignons Comestibles dans le Régime Alimentaire.....	57
1. Impact Nutritionnel de l'Ajout des Champignons au Régime Alimentaire	57

2. Intégration des Champignons dans les Plans Alimentaires les Plus Populaires	59
2.1. Régime DASH.....	60
2.2. Régime Méditerranéen	60
2.3. Régime Fléxitarien	61
2.4. Régime Cétogène	61
2.5. Régime Mayo	62
2.6. Régime TLC	62
2.7. Régime Pauvre en FODMAP	62
2.8. Régime MIND	63
2.9. Régime Paléolithique	63
2.10. Régime Volumétrique	64
3. Apports des Champignons Comestibles à la Santé Humaine	64
3.1. Cancer.....	64
3.2. Obésité et Hyperlipidémie.....	66
3.3. Hypercholestérolémie.....	67
3.4. Diabète	70
3.5. Hypertension	71
3.6. Autres Activités Biologiques/Sanitaires.....	73
III. Perspectives d'Utilisation des Champignons Comestibles : Vers des Compléments Alimentaires à Base des Champignons	74
1. Utilisations Alimentaires Actuelles	74
1.1. Champignons comme Ingrédients	74
1.2. Champignons comme Sources de Fermentation	75
2. Compléments Alimentaires à Base des Champignons.....	76
2.1. Lentinula edodes (Shiitake).....	76
A. Utilité comme Complément Alimentaire.....	76
B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Shiitake	77
2.2. Grifola frondosa (Maitake).....	78
A. Utilité comme Complément Alimentaire.....	78
B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Maitake	79
2.3. Ganoderma lucidum (Reishi) (Champignon Non Comestible).....	80
A. Utilité comme Complément Alimentaire.....	80
B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Reishi	81
2.4. Ophiocordyceps sinensis (Cordyceps)	82
A. Utilité comme Complément Alimentaire.....	82

B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Cordyceps	83
CONCLUSION	84
RÉSUMÉS	86
BIBLIOGRAPHIE & WEBOGRAPHIE	90

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les champignons, sous ce terme général environ 100 000 espèces connues sont regroupées et qui vont des formes individualisées comme les levures à une organisation plus complexe (champignons filamenteux). Ce sont des organismes eucaryotes qui se situent entre le règne animal et le règne végétal. La majorité des champignons vivent dans le milieu extérieur et ils interviennent dans la dégradation des végétaux et le recyclage du carbone et de l'azote. De nombreux champignons sont connus pour être d'excellents comestibles comme les cèpes, les girolles et les champignons de Paris.

La malnutrition et les maladies associées sont plus fréquentes chez les populations pauvres économiquement. Cela nous oblige à rechercher des sources nutritionnelles alternatives de qualité pour notre énorme population. La révolution non verte, autrement appelée champignonnière, est l'une des façons appropriées de relever ce défi, car les champignons poussent sur des déchets sans nécessiter de terres supplémentaires en plus de leurs propriétés nutritives et médicinales exceptionnelles.

Les champignons sont reconnus comme des aliments de santé précieux car ils contiennent une quantité importante de fibres alimentaires et sont pauvres en calories et en gras, ainsi, ils ont une bonne teneur en protéines, avec la présence de micronutriments bons pour la santé, en plus, ils fournissent un contenu nutritionnellement significatif de vitamines et de minéraux. Ils contiennent également des composés bioactifs à haute valeur médicinale. Par conséquent la consommation de champignons peut apporter une contribution précieuse au régime alimentaire souvent déséquilibré des habitants des pays en développement mais malheureusement ils représentent l'une des plus grandes ressources inexploitées d'aliments nutritifs au monde.

L'objectif de ce travail est d'améliorer la compréhension des propriétés bénéfiques et l'avantage de l'utilisation nutritionnelle des champignons comestibles pour la santé.

Ainsi, cette thèse s'articule en deux parties :

Dans une première partie, les champignons seront traités dans un contexte général, des connaissances sur les champignons comestibles et sur les régimes alimentaires.

La seconde partie traitera les impacts nutritionnels de l'utilisation des champignons comestibles dans l'alimentation. Nous ferons le point sur la composition biochimique, les valeurs et les aspects nutritionnels des champignons comestibles, leurs apports dans les régimes alimentaires et à la santé humaine.

La fin de cette seconde partie est consacrée aux utilisations des champignons comme compléments alimentaires.

PARTIE I

CHAMPIGNONS, CHAMPIGNONS COMESTIBLES ET RÉGIMES ALIMENTAIRES

I. Généralités sur les Champignons

1. Définition des Champignons

RAPIOR Sylvie et FONS François [1] définissent les champignons, mycètes ou fungi comme des organismes eucaryotes possédants de véritables noyaux pourvus d'une membrane nucléaire, de chromosomes, d'un nucléole et d'un appareil mitochondrial, ce sont des thallophytes unicellulaires (Levure) ou pluricellulaires (Mycélium), cryptogames (ne possédant pas de fleurs et des graines), cellulaires (Absence de vaisseaux et de racines).

Ces organismes sont dépourvus de chlorophylle, ce qui les distingue du règne végétal donc non photosynthétiques et sont tous hétérotrophes [2], ils réalisent leur nutrition par absorption des matières nutritives, ils possèdent une machinerie enzymatique (protéolytique) qui permet de dégrader les matières organiques, ce qui les distingue des animaux [1].

Les champignons sont des êtres immobiles à l'opposé des animaux et ils compensent ce handicap par la production d'un nombre de spores [3].

La production des champignons d'énormes quantités des spores leur assure un pouvoir de dispersion assez important [3].

La figure ci-dessous montre la place des champignons dans l'arbre du vivant (Figure 1 [4]) :

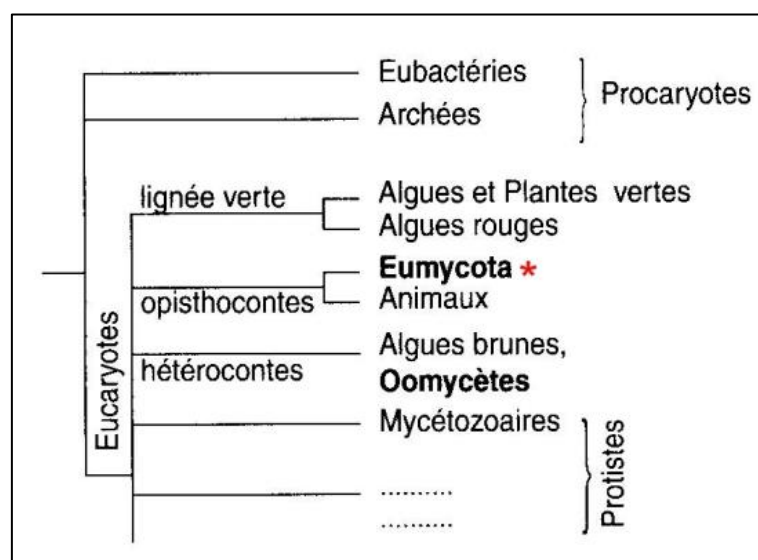


Figure 1 : Place des Champignons dans l'Arbre du Vivant

Le règne fongique comprend des sous-ensembles nommés divisions ou phylums comme illustré dans le tableau suivant (Tableau 1 [3]) :

Rangs Taxonomiques	Exemple : <i>Aspergillus nidulans</i>
Règne : Champignon (Fungi)	Fungi
Division ou phylum : -...mycotina	Ascomycotina
Classe : -...mycètes	Euascomycètes
Ordre -...ales	Eurotiales
Famille -...aceae	Trichocomaceae
Genre Espèce : Stade Télémorphe (Sexué)	Emericella Nidulans
Stade Anamorphe (Asexué)	Aspergillus Nidulans

Tableau 1 : Nomenclature des Rangs Taxinomiques en Mycologie avec Exemple

Le nom de chaque division se finit par « mycotina », les phylums se divisent en classes et les noms de ces classes se finissent par « mycète », puis le suffixe « ale » qui désigne les ordres et le suffixe « aceae » qui désigne les familles [3].

2. Morphologie des Champignons

L'organisme fongique ne possède pas de racines, tiges, feuilles, il s'agit d'un thalle [2].

Le thalle constitue l'appareil végétatif des champignons qui se présente le plus souvent sous forme pluricellulaire filamenteuse (mycélium) (Figure 2-b [5]), ou sous forme unicellulaire (Levure) [1].

L'ensemble des filaments ou hyphes est appelé mycélium. La majorité des champignons sont des formes mycéliennes [1].

Les hyphes peuvent être cloisonnés ou septés appelés septomycètes (chez certains champignons inférieurs et chez les champignons supérieurs) ou non cloisonnés ou siphonnés appelés siphomycètes (Chez la plupart des champignons inférieurs ou micromycètes) (Figure 2-a [5]) [1].

Les champignons dimorphes prennent généralement la forme de levure au stade parasitaire et la forme de mycélium au stade saprophyte [6].

Certaines levures poussent par bourgeonnement (Figure 2-c [5]), les bourgeons de la fille ne peuvent pas se séparer de la cellule mère et donnent lieu à un autre bourgeon le processus se répète jusqu'à ce qu'il se forme une chaîne de cellule. La cellule de la levure avec la chaîne de bourgeons apparaît comme un mycélium et il est décrit comme pseudomycélium [6] (Figure 2-d [5]).

Les espèces fongiques sont morphologiquement variables et varient selon les formes unicellulaires (levure) aux formes pluricellulaires qui peuvent être cloisonnées ou non (hyphes siphonnés ou septés).

Nous trouverons les différentes formes végétatives des champignons dans la figure ci-après [5] :

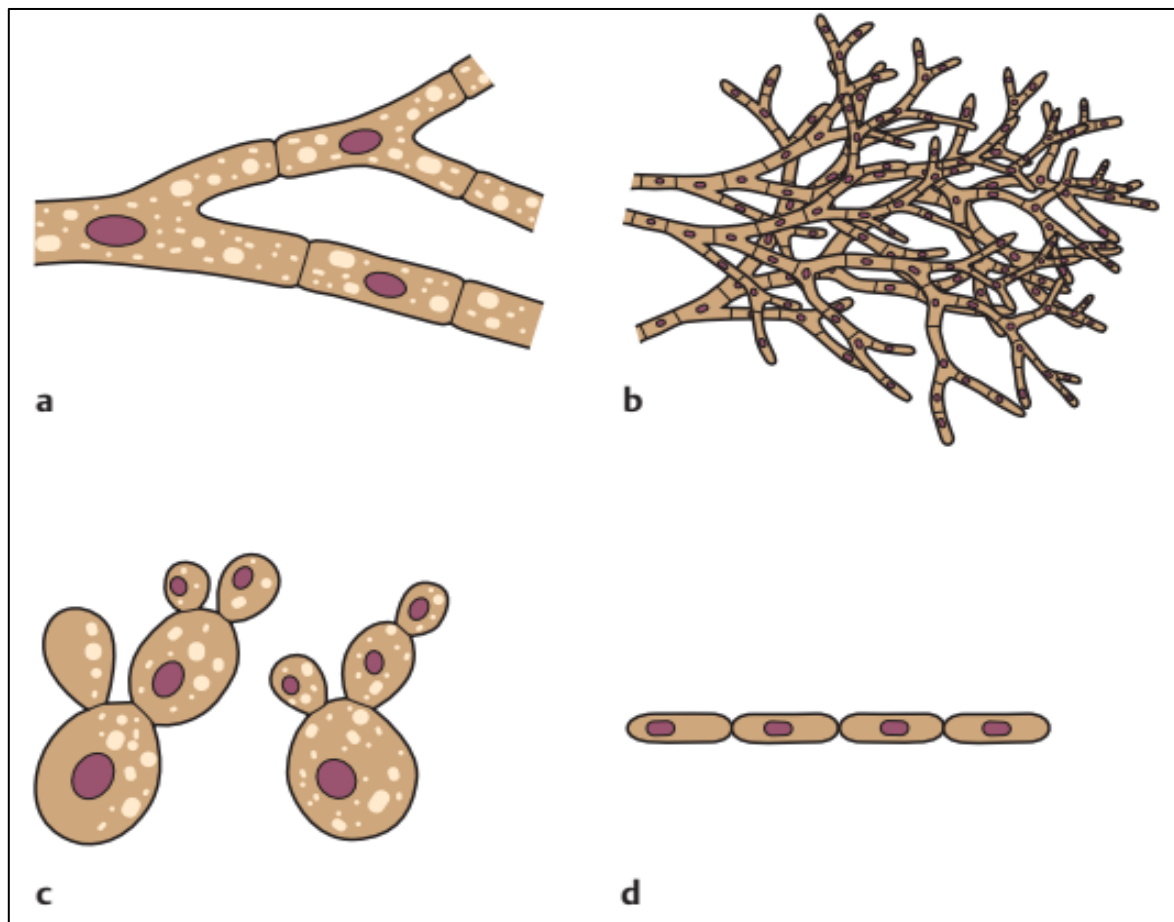


Figure 2 : Éléments Morphologiques des Champignons (a : Hyphes, Cloisonné ou non cloisonné. b : Ensemble des hyphes. c : Forme de levure, bourgeonnant. d : Pseudomycélium)

3. Cellule Fongique

La cellule fongique est constituée par la paroi cellulaire, la membrane cytoplasmique, le noyau (Un ou plusieurs), l'appareil de Golgi, les mitochondries, les ribosomes, le réticulum endoplasmique, le cytosquelette (Filaments d'actine et de tubuline) [7].

Les cellules fongiques diffèrent des cellules végétales par l'absence de chloroplastes et diffèrent des cellules animales par la présence d'une paroi cellulaire rigide [7].

La structure et les caractéristiques d'une cellule fongique typique sont montrées dans la figure 3 [7] et la figure 4 [7] :

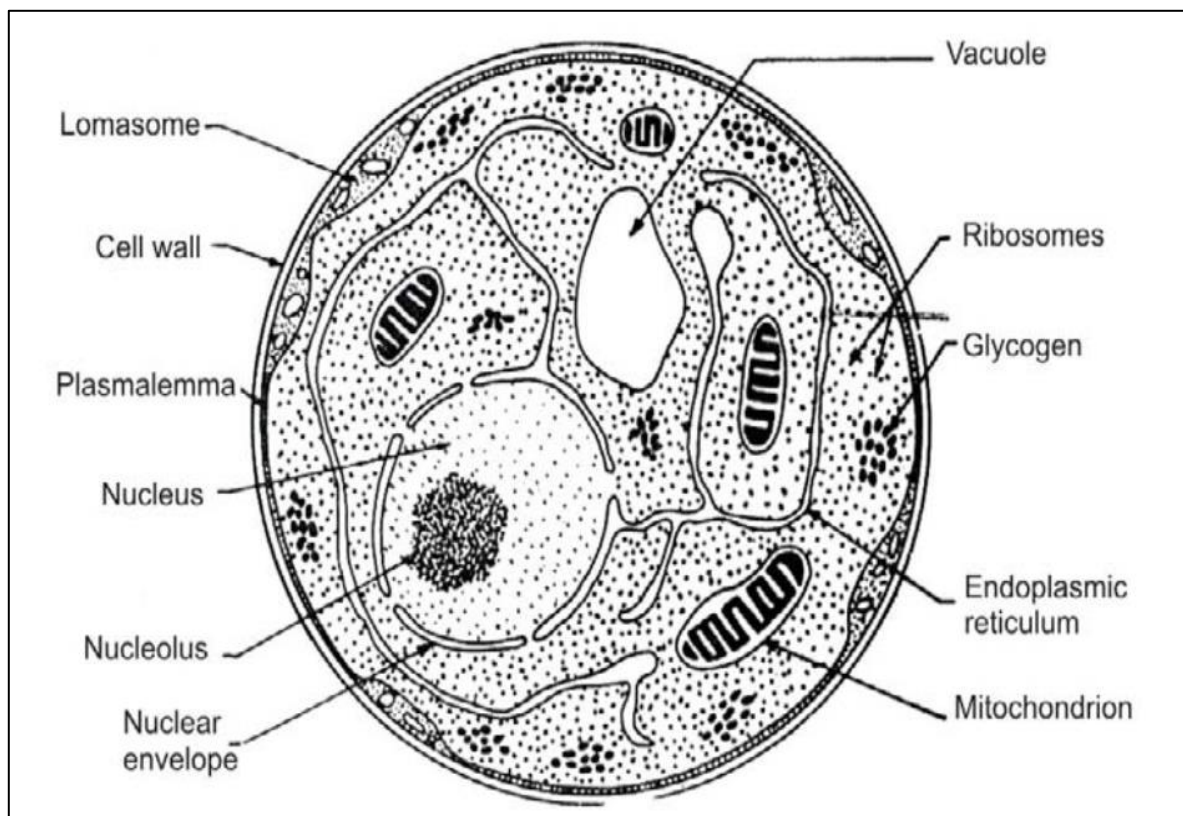


Figure 3 : Structure d'une Cellule Fongique Typique

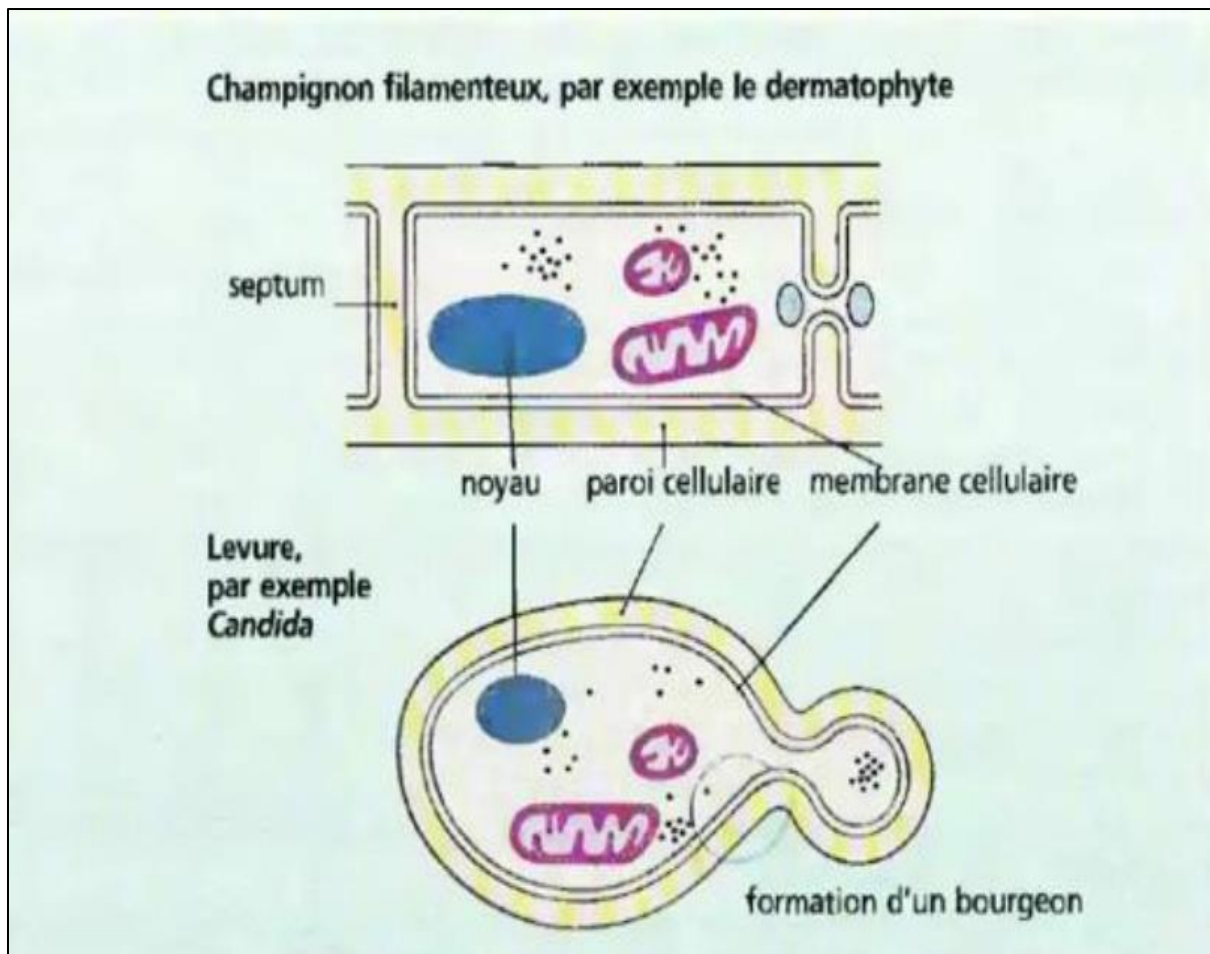


Figure 4 : Cellule Fongique des Champignons Filamenteux et Champignons Unicellulaires

La paroi cellulaire fongique est rigide, elle est composée essentiellement de polysaccharides majoritairement la chitine, de mannoprotéines et de glycoprotéines. La chitine joue un rôle dans la rigidité de la paroi cellulaire, les mannoprotéines forment une matrice autour de la paroi et les glycoprotéines jouent un rôle dans l'adhérence. La paroi fongique est nécessaire à la vie du champignon c'est la zone de contact entre les champignons et le milieu extérieur et c'est à travers de cette paroi que les nutriments sont absorbés [7]. Ci-dessous une illustration des différentes couches au niveau de la paroi (Figure 5 [7]).

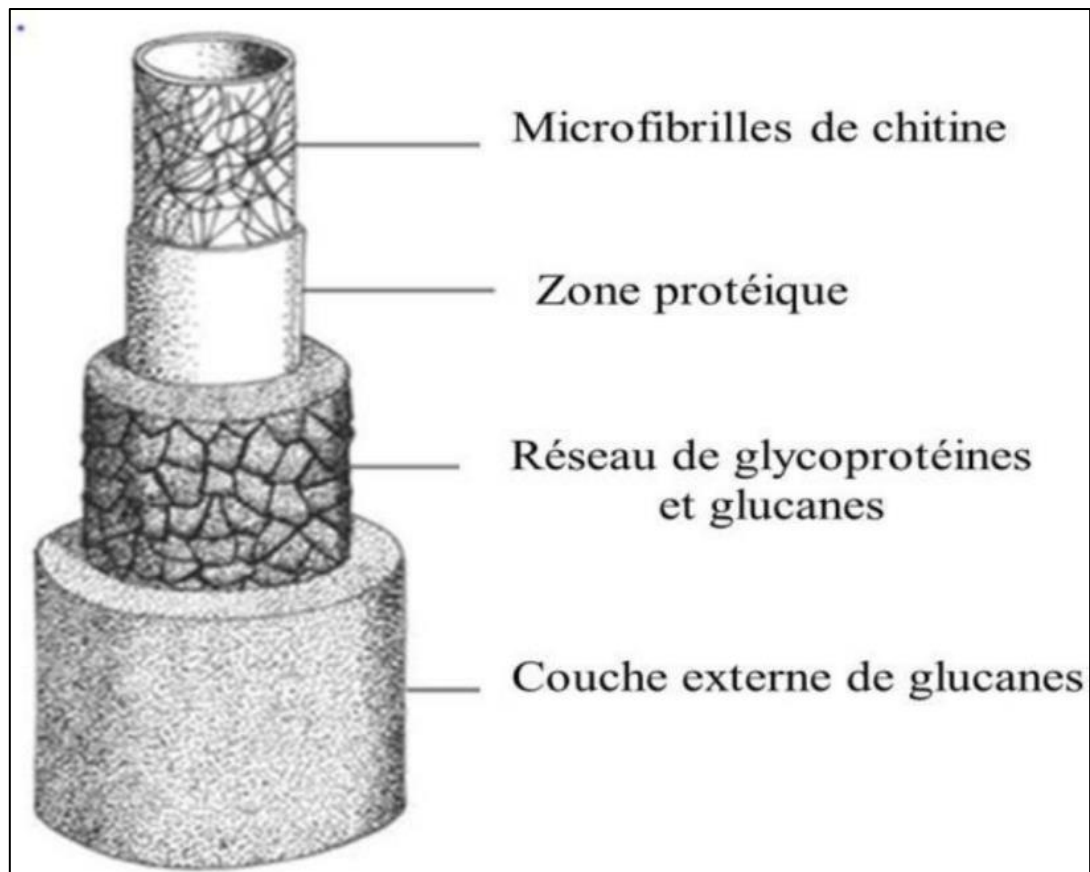


Figure 5 : Différentes Couches dans la Paroi Cellulaire Fongique

La membrane de la cellule fongique est riche en stérols (ergostérol) et phospholipides, elle adhère habituellement étroitement la paroi cellulaire. C'est une membrane semi-perméable et aide en maintenant l'équilibre osmotique et électronique entre les constituants de la cellule et l'environnement extérieur. L'ergostérol qui ne se trouve pas dans les autres membranes biologiques constitue la cible des antifongiques [7].

Les cellules fongiques contiennent un grand nombre de vacuoles tandis que les cellules de levure contiennent une seule grande vacuole. Les vacuoles stabilisent la densité et la structure des cellules fongiques, elles contiennent des particules alimentaires, des pigments, des déchets [7].

4. Reproduction des Champignons

La reproduction des champignons se fait par la sporulation qui consiste à la production des spores sexuées ou asexuées.

A- Reproduction Asexuée (Mitotique) : Donne la forme anamorphe du champignon, Elle se fait par la croissance et la propagation végétative des hyphes ou à l'aide des spores asexuées tandis que les levures se reproduisent par bourgeonnement.

B- Reproduction Sexuée (Méiotique) : Donne la forme téléomorphe du champignon elle se fait par la production des spores sexuées (Basidiospores, zygosporos, ascospores).

Un champignon imparfait est un type de champignon dont les formes de fructification sont inconnues ou totalement absentes.

La reproduction sexuée est importante pour la classification des champignons [9].

5. Classification des Champignons

La classification ou la taxonomie des champignons est en évolution. Actuellement, la classification des champignons est basée classiquement sur les mécanismes de reproduction sexuée ou asexuée et la phylogénie. On distingue les vrais champignons et les faux champignons. Les champignons vrais ou Eumycètes ou Amastigomycota (Figure 6 [3]) comprennent quatre embranchements définis selon leur reproduction sexuée et un embranchement associant les stades asexués [3].

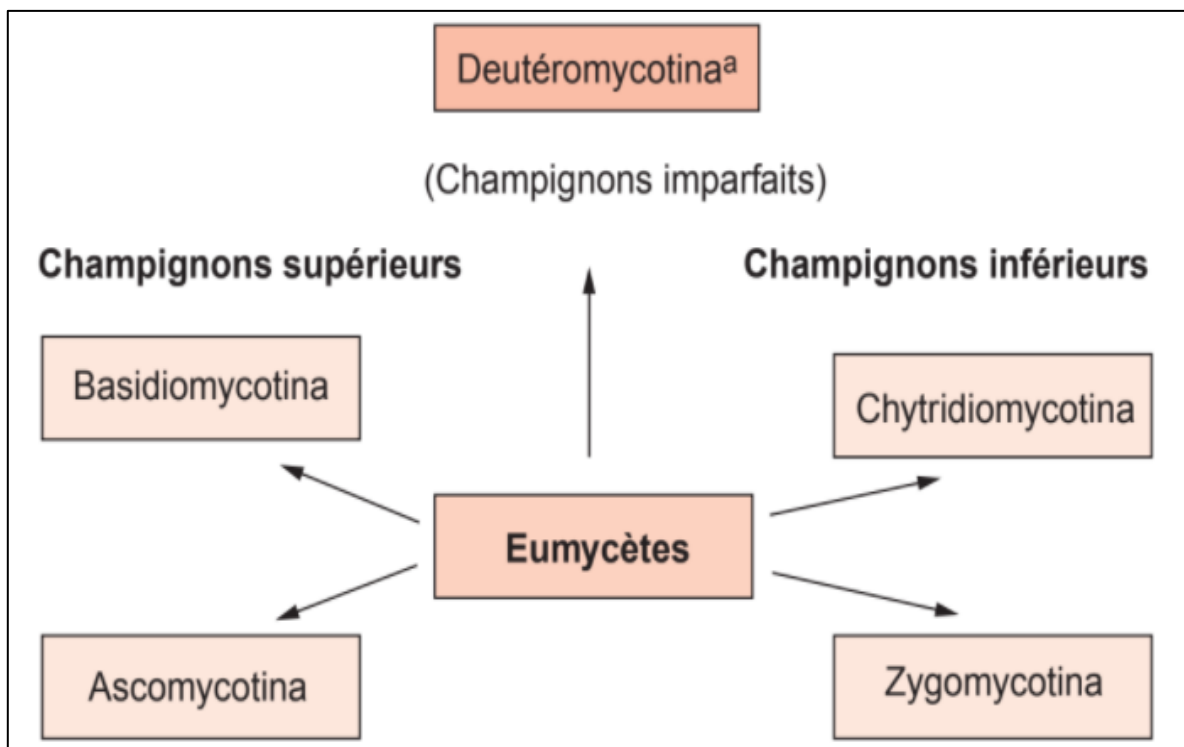


Figure 6 : Classification Générale des Eumycètes

Les chytridiomycètes sont les plus anciens représentant des champignons vrais, le plus souvent unicellulaires, probablement proches des algues et sans pathogénicité pour l'homme, ces champignons peuvent être responsables des zoonoses chez les amphibiens [10].

Les Zygomycètes sont des espèces de taille microscopique à thalle siphonné et spores non flagellées. Ils rassemblent des champignons parasites d'insectes (Entomophthorales), des amibes et des Nématodes (Zoopagales), des plantes, ainsi que des champignons saprophytes. Les mucorales comprennent quelques espèces parasites des champignons, des animaux, et des hommes (Mucormycoses) [10].

Les Ascomycètes sont des espèces à thalle cloisonné produisant des ascospores (Spores interne de reproduction sexuée) qui colonisent tous les milieux, ce sont des saprophytes, symbiotiques, ou parasites. Dans cette division on trouve de nombreuses espèces microscopiques (Levures, Aspergillus, Penicillium, Ergot de Seigle), et quelques gros champignons. Ce sont des espèces très importantes, utilisés pour la fabrication des antibiotiques (Penicillium) et d'autres médicaments ainsi que l'utilisation des levures comme agents de fermentation [10]. Certains Ascomycètes peuvent être des parasites des animaux et de l'homme (Teignes, Candidoses) [4].

Les Basidiomycètes sont des espèces à thalle cloisonné et produisant des basidiospores (Spores externes de reproduction sexuée), ils regroupent environ 20 000 espèces vivantes en parasites de végétaux, en saprophytes dans le sol, et parfois en symbiose. C'est rare que ces espèces parasitent l'homme ou l'animal même chez les immunodéprimés [4].

Les Deutéromycètes sont des champignons imparfaits, ils constituent un ensemble artificiel regroupant environ 15 000 espèces, ils ne présentent que très exceptionnellement de forme de reproduction sexuée, leur reproduction se fait uniquement par voie végétative au moyen de spores asexuées ou par fragmentation du mycélium. Ces espèces sont responsables d'un grand nombre de maladies des végétaux et humaines [4].

Ce groupe de champignons n'existe plus avec la nouvelle classification phylogénétique.

Les Oomycètes ou champignons-algues sont récemment séparés de champignons vrais. Les myxomycètes ne sont plus considérés comme des champignons.

6. Anatomie des Champignons

Nous trouvons différents types des champignons que nous pouvons classer en plusieurs catégories.

- A- Champignons à lames qui possèdent des lames sous le chapeau, on peut citer comme exemple les Amanites ou les Agarics
- B- Champignons à tubes qui possèdent sous le chapeau des tas de petits points ou pores, ces champignons constituent la grande famille des bolets
- C- Champignons à aiguillons ont des aiguillons sous le chapeau qui peuvent être mous ou cassants, les champignons à plis qui possèdent sous le chapeau des plis fourchus ressemblant à des lames [2]

La structure typique d'un champignon supérieur est présentée comme suit (Figure 7 [11]) :

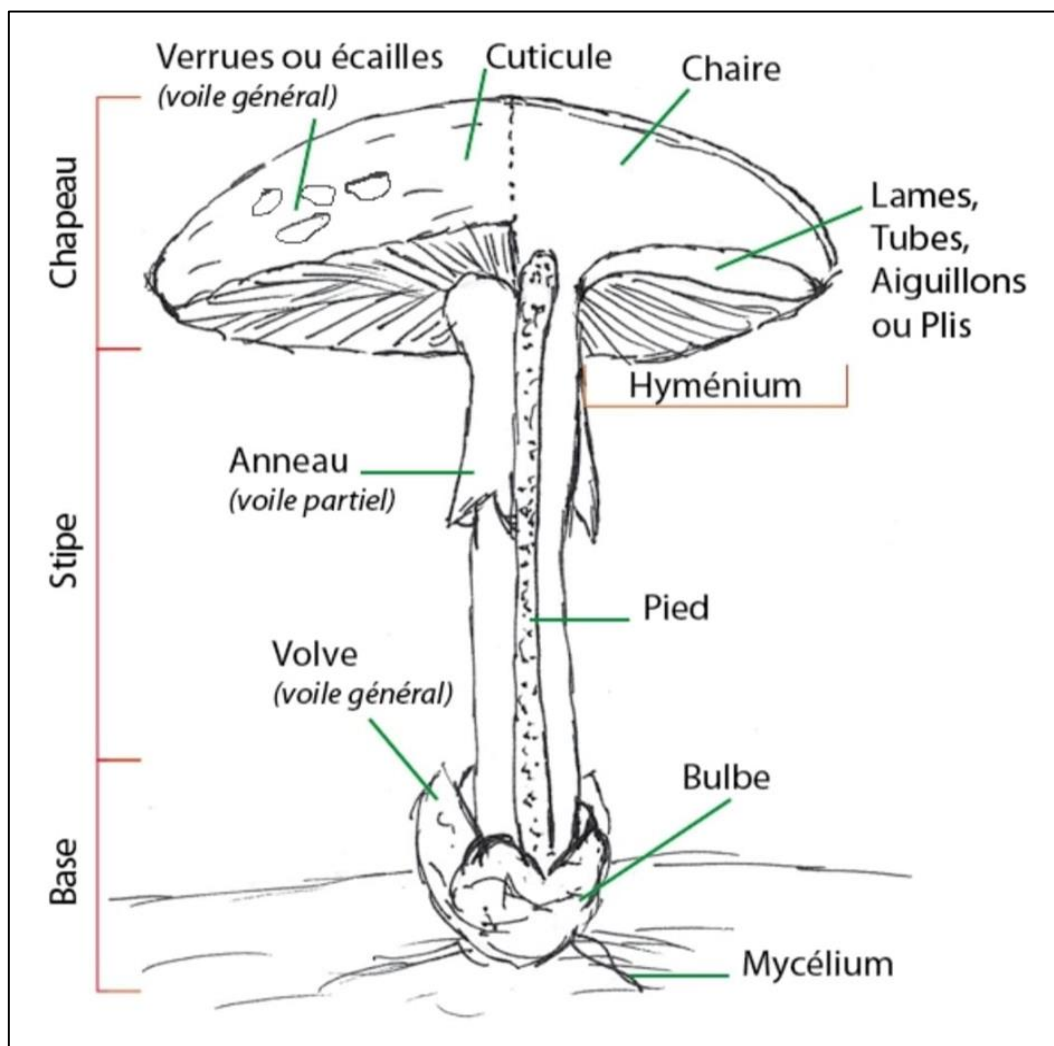


Figure 7 : Structure Typique d'un Champignon Supérieur

Le sporophore représente la partie aérienne (Visible) des champignons supérieurs, c'est l'ensemble du chapeau et pied on cite [2] :

- A- Le chapeau : C'est la partie supérieure du champignon qui protège les lamelles, ou les tubes. Il existe de nombreuses formes et couleurs.
- B- L'hyménium : Constitué de cellules reproductrices et il peut prendre plusieurs formes ; des tubes, des lames, des plis ou des aiguillons situés sous le chapeau, ils font la production des spores qui se libèrent par la suite pour la reproduction du champignon.
- C- Le pied : C'est le support du chapeau qui peut être fin, coriace ventru, bulbeux.
- D- L'anneau : C'est la membrane qui entoure le pied, peut être ample ou ténu, fugace ou coulissant.
- E- La volve : C'est la membrane qui entoure la base du pied, à l'état jeune elle enveloppe entièrement le champignon et se déchire lors de la croissance.

Mycélium représente la partie végétative du champignon, il s'agit de la partie souterraine, il est constitué d'un réseau de filaments blanchâtres très étendus ; les hyphes.

7. Modes de vie et Nutrition des Champignons

Les champignons sont des hétérotrophes et comme les autres organismes, les champignons ont également besoin de carbone, d'hydrogène, d'azote, de potassium, du phosphore et du soufre en quantités importantes, on les appelle 'Macronutriments'. Avec ces principaux nutriments, ils ont également besoin de magnésium, de zinc, cuivre, bore, fer, calcium, et autres en petites quantités pour leur nutrition, on les appelle micronutriments [12].

Selon la nature de la nutrition, les champignons présentent les modes de vie suivants :

- A- Saprophytes Obligatoires : Sont des champignons commensaux poussants sur des restes d'animaux morts et plantes ou sur la matière organique dans le sol, sont des principaux agents de biodégradation, ils vivent sur l'hôte sans lui causer de dommages et se nourrissent de la matière organique morte ou inerte. La majorité des champignons appartient à ce groupe, ils n'ont pas la capacité parasitaire ou la capacité de l'association symbiotique avec d'autres organismes. Ils sont décrits comme des champignons libres [12].

- B- Saprophytes Facultatifs : Sont des champignons qui poussent comme parasites sur les plantes hôtes et dans l'absence d'hôtes poussant dans le sol sous forme de saprophytes. Des exemples importants pour ceux-ci sont les champignons de charbon. La vie saprophytique de ces champignons est relativement courte [12].
- C- Parasites Obligatoires : Ceux-ci ne peuvent croître que sur des cellules vivantes, et ne peuvent pas croître à l'extérieur de l'hôte. Ils vivent aux dépens des arbres, des plantes et des animaux et ils peuvent parasiter les animaux et l'homme : Mycoses. Ces champignons peuvent parasiter même les végétaux et mettre en péril l'économie d'une région. Par exemple l'ergot du seigle et l'orge, la maladie des ormes, le mildiou de la pomme de terre, différentes rouilles sur les céréales [12].
- D- Parasites Facultatifs : Les champignons vivants couramment comme saprophytes et se produisant parasites sur les hôtes dans des conditions favorables [12].
- E- Symbiotiques : Certains champignons forment une association symbiotique avec d'autres organismes habituellement autotrophes. Par exemple l'association symbiotique avec les algues pour former des lichens, dans cette association les champignons dérivent de la nourriture des algues et en revanche ils donnent de la protection aux algues et fournissent les minéraux ainsi que l'eau nécessaires pour la photosynthèse des algues [12].

II. Champignons Comestibles

1. Généralités sur les Champignons Comestibles

Les champignons comestibles font partie des macromycètes « Macro-Champignons ». Ils représentent un groupe distinct d'organismes qui comprend des espèces à corps fructifères grands et visibles, les plus connues, sont ceux qui ont un chapeau et un pied et sont fréquemment observés dans les champs et les forêts. Les champignons comestibles les plus familiers sont ceux qui sont cultivés et vendus frais et étamés dans les magasins [13].

Ils ont longtemps été utilisés comme nourriture et médecine populaire dans différentes parties du monde. Plus de 2000 espèces de champignons comestibles existent dans la nature et aux alentours de 200 espèces sont cultivées commercialement ou expérimentalement. 20 espèces d'entre elles ont été cultivées à l'échelle industrielle [14].

Les champignons comestibles ont été collectés et consommés par le peuple depuis des milliers d'années, les archives archéologiques révèlent des espèces comestibles associées aux personnes vivantes il y a 13 000 ans au Chili mais la consommation des champignons sauvages est notée de manière fiable la première fois par les Chinois il y a plusieurs centaines d'années. Les Chinois ont depuis des siècles valorisés de nombreuses espèces, non seulement pour la nutrition et goût mais aussi pour leurs propriétés curatives [13].

Ces champignons sont récoltés pendant leur période de fructification afin d'être utilisés ou vendus par les populations rurales, ils ont été considérés comme un ingrédient de gourmet cuisine à travers le monde ; en particulier pour leur saveur unique, ils ont été appréciés par l'humanité comme une merveille culinaire. Une grande variété de champignons a été utilisée traditionnellement dans de nombreuses cultures différentes pour le maintien de la santé, ainsi que dans la prévention et le traitement des maladies par leurs propriétés immunomodulatrices et antinéoplasiques [15].

Le champignon le plus cultivé dans le monde est *Agaricus bisporus*, suivi de *Lentinus edodes*, *Pleurotus spp* et *Flammulina velutipes*. La Chine est le plus grand producteur autour du monde même le premier exportateur des champignons cultivés. Les champignons comestibles ont été récoltés dans les forêts à l'époque grecque et romaine antique et ont été très appréciés tant par les personnes de haut rang que par des paysans.

De nombreuses espèces jouent un rôle écologique important dans les rapports symbiotiques qu'elles forment avec les arbres (Mycorhize), cette association dite mycorhizienne soutient la croissance des forêts naturelles et favorise des plantations commerciales dans les zones tempérées et tropicales [13].

2. Identification des Champignons Comestibles

Identifier un champignon c'est l'observer et le décrire précisément, généralement un champignon peut être identifié à partir de ses traits morphologiques, de son goût, de son odeur et de son habitat [12].

Une démarche à suivre pour identifier les champignons rencontrés est proposée [12] :

1ère étape : Il faut regarder et identifier tout d'abord quel peuplement forestier s'agit-il autour du champignon, quels arbres sont présents dans un rayon de 20 m et le caractère social du champignon (Seul ou en groupe), le substrat sur lequel il est récolté (Type de sol, sur un arbre mort, dans la mousse ...).

2ème étape : Observer de près le champignon, déterrer le de sol entièrement (Attention ne coupez pas la base de son pied), voir les traits morphologiques essentiels et décrire chacune de ces parties.

3ème étape : Identification du champignon grâce à des clés d'identification (Clé générale et spécifique). Il est recommandé d'avoir recours à plusieurs livres pour s'assurer de l'identification du champignon et pour valider sa comestibilité et ne pas consommer de champignon à identité inconnue.

On cite certaines caractéristiques importantes pour l'identification [12] :

- Changement de couleur : La manipulation, le pliage et la rupture d'un champignon peuvent induire une modification de la couleur qui peut faciliter son identification.

- Écoulement de lait : Certains champignons, les lactaires, produisent du lait de différentes couleurs à la cassure. Ce lait a une couleur distinctive et le changement de couleur de celui-ci avec le contact de l'air est une observation importante pour discriminer les espèces.

- Odeur : Il est parfois difficile de caractériser une nouvelle odeur de champignons que l'on ne connaît pas. En dehors de l'odeur du bon champignon, les odeurs des champignons

peuvent parfois s'avérer surprenantes : Ail, agrumes, amandes, poisson, cannelle, fétide, chlore, érable, farine, florale, anis, thé des bois, etc.

- Sporée (Récolte des spores) : Pour la reproduction, les champignons propagent des spores, ces spores sont particulières à chaque champignon et reconnaissables à l'aide d'un microscope, mais pour la plupart des champignons, la couleur des spores suffit à les reconnaître. Afin de le faire il faut laisser le chapeau d'un champignon reposer avec l'hyménophore vers le bas (Lamelles, tubes...) sur une feuille de papier (une blanche et une noire ou de papier ciré), puis les spores vont être projetées et se déposer sur la feuille en quantité suffisante pour l'appréciation de la couleur.

3. Art de Cueillette des Champignons Comestibles

Certaines précautions sont à prendre avant de partir à la cueillette des champignons :

Choisir des champignons fermes qui ne sont ni trop mûrs, ni trop vieux parce qu'ils pourrissent rapidement et assureront la continuité de l'espèce [16], éviter les jeunes spécimens parce qu'ils sont en pleine croissance et laissez-les trop vieux aux vers [12], ne cueillir que les matures et les mettre dans un grand panier ou récipient à la fois rigide et aéré.

Ne pas utiliser un sac en plastique, les champignons manquent d'air, s'altèrent dans cette atmosphère et ils subissent un début de fermentation et leur chair donne naissance à des toxines dangereuses [17].

Pour les ramasser il faut utiliser un couteau pour déterrer le champignon au ras du sol [16] et vérifier qu'il n'est resté en terre aucun élément essentiel à l'identification comme par exemple la volve pour une amanite [17].

Ne pas mélanger les différentes espèces de champignons par risque de tout jeter si l'un d'eux s'avère toxique, placer dans le panier de récolte quelques sacs vides en papier pour isoler les spécimens intéressants, les douteux, qui peuvent être toxiques et ceux destinés à un examen ultérieur [17].

Il faut nettoyer autant que possible les spécimens en forêt, cela évitera les petites saletés qui peuvent se coincer dans la lamelle des champignons propres, au besoin, nettoyez-les avec un pinceau rigide ou une brosse à dents, s'ils sont trop sales ; il faut laver les spécimens sous l'eau en les tenant à une position verticale, tubes ou lamelles en dessous pour éviter leur imprégnation en eau, attention il ne faut pas les plonger dans l'eau [17].

Puis les placer à sécher à l'ombre afin d'éliminer toute trace d'eau à leur surface ; les bactéries se développent dans cette eau de surface. Cette dessiccation est intéressante à mettre en œuvre en cas de récolte importante, elle est recommandée pour les espèces à chair mince comme les morilles, les trompettes des morts, et les mousserons [17].

Ne pas briser la chaîne de froid ; maintenir la récolte aux frais dès la cueillette jusqu'à l'assiette ou la livraison à un poste d'achat. Attention à la salubrité, éviter le contact des champignons avec des contaminants (Cigarettes, essence...) [17].

4. Liste Non Exhaustive des Champignons Comestibles

Nous trouvons ci-après une liste des champignons comestibles [18]. Cette liste présente les noms scientifiques des différentes espèces comestibles avec ses appellations vernaculaires qui sont regroupées par familles taxonomiques. Des dénominations sont suggérées pour différents groupes de champignons.

4.1. Champignons à Tubes sous le Chapeau

- Boletaceae :
 - Dénomination : Bolets

Leccinum aurantiacum (Bolet orangé)

Leccinum floccopus (Bolet roux, Bolet changeant)

Leccinum quercinum (Bolet orangé des chênes)

Leccinum carpini (Bolet rude des charmes)

Leccinum scabrum (Bolet rude)

Leccinum variicolor (Bolet ramoneur)

Leccinum duriusculum (Bolet rude des Trembles)

Boletus appendiculatus (Bolet appendiculé, Cèpe appendiculé)

Boletus mamorensis (Cèpe de la Mâmora)

Boletus luridus (Bolet blafard)

Boletus queletii (Bolet de Quelet)

Boletus regius (Bolet royal)

Boletus pseudoregius (Bolet faux royal)

Xerocomus badius (Bolet bai, Cèpe bai, Cèpe des châtaigniers)

- Dénomination : Cèpes

Boletus edulis (Cèpe de Bordeaux, Bolet comestible)

Boletus pinophilus (Bolet des sapins, Cèpe des pins, Bolet des pins)

Boletus aereus (Cèpe bronzé, Têtedenègre, Bolet bronzé, Bolet tête de nègre, Cèpe noir)

Boletus aestivalis (Cèpe d'été, Cèpe réticulé, Bolet réticulé)

4.2. Champignons à Pied Cassant

- Russulaceae :

- Dénomination : Lactaire

Lactarius picinus (Lactaire couleur de poix, Lactaire enfumé)

Lactarius deliciosus (Lactaire délicieux, Catalan, Vache rouge, Barigoule, Orangé, Pignet)

Lactarius sanguifluus (Lactaire sanguin)

Lactarius semisanguifluus (Lactaire semi-sanguin)

Lactarius vinosus (Lactaire vineux)

Lactarius volemus (Vachotte, Vache, Vachette, Lactaire à lait abondant, Lactaire orangé)

- Dénomination : Russule

Russula cyanoxantha (Russule charbonnière, Russule bleue et jaune, Charbonnier)

Russula vesca (Russule vieux rose, Russule jambon, Russule comestible)

Russula virescens (Russule verdoyante, Palomet, Bise verte, Verdet phalloïde)

Russula xerampelina (Russule écrevisse, Russule feuille morte, Russule à pied rouge, Russule xérampéline)

Russula mustelina (Russule belette, Russule couleur de belette)

Russula aurea (Russule dorée)

Russula romellii (Russule à lames fragiles)

Russula integra (Russule des épicéas, Russule entière)

4.3. Champignons à Lamelles sous le Chapeau

- Agaricaceae :

- Dénomination : Champignon de Paris

Agaricus bisporus (Champignon de Paris, Champignon de couche)

- Dénomination : Agaric

Agaricus bitorquis (Psalliote des trottoirs, Agaric des trottoirs)

Agaricus campestris (Rosé-des-prés, Agaric champêtre, Boule de neige, Pratelle)

Agaricus essettei (Agaric bulbeux)

Agaricus silvicola (Agaric sylvicole, Agaric des bois, Boule de neige des bois, Rosé des bois)

Agaricus silvaticus (Agaric sylvatique, Agaric des forêts)

Agaricus arvensis (Agaric des jachères, Boule de neige, Rosé)

Agaricus osecanus (Agaric boule-de-neige)

Agaricus urinascens (Agaric géant des prés, Agaric macrospore, Agaric à grandes spores)

Agaricus macrocarpus (Agaric géant des bois)

Coprinus comatus (Coprins chevelu, Chevelu, Goutte d'encre)

- Leucocoprinoideae :
 - Dénomination : Lépiote/Coulemelle

Macrolepiota procera (Coulemelle, Lépiote élevée, Baguette de tambour, Chevalier bagué, Parasol, SaintMichel, Grande lépiote)

Macrolepiota excoriata (Lépiote excoriée, Petite coulemelle)

Chlorophyllum rhacodes (Lépiote déguenillée)

Macrolepiota mastoidea (Lépiote mamelonnée)

Leucoagaricus leucothites (Lépiote pudique, Colombette)

- Hygrophoraceae
 - Dénomination : Hygrophore

Hygrophorus penaroides (Hygrophore de l'office, Hygrophore comestible)

Hygrophorus russula (Hygrophore russule, Vinassier)

Hygrophorus nemoreus (Hygrophore des bois)

Hygrophorus latitabundus (Hygrophore limace)

Hygrophorus marzuolus (Hygrophore de mars, Charbonnier de printemps)

- Tricholomataceae
 - Dénomination : Tricholome

Tricholoma columbetta (Tricholome colombette, Colombette, Tricholome blanche colombe)

Tricholoma portentosum (Tricholome prétentieux, Prétentieux, Petit gris d'automne, Bise d'automne)

Lepista flaccida (Clitocybe inversa Clitocybe inversé des feuillus, Clitocybe retourné, Clitocybe inversé)

Lepista glaucocana (Tricholome gris glauque, Lépiste blanchâtre)

Lepista inversa (Clitocybe inversé des conifères)

Lepista irina (Tricholome à odeur d'iris, Lépiste parfumé)

Lepista nuda (Pied-bleu, Tricholome pied-bleu, Tricholome nu)

Lepista sordida (Lépiste sordide, Tricholome sordide)

Lepista personata (Pied-violet, Tricholome sordide)

Lepista panaeolus (Argouanne des près)

Clitocybe gibba (Clitocybe en entonnoir, Clitocybe ombonné)

Clitocybe clitocybe (Clitocybe odorant, anisé, à odeur d'anis)

- Dénomination : Tricholome gris

Tricholoma terreum (Tricholome terreux, Petit-gris, Grisette, Tricholome couleur de terre, Petit gris des sapins)

Tricholoma cingulatum (Tricholome à ceinture)

Tricholoma scalpturatum (Tricholome jaunissant, Tricholome sculpté)

Tricholoma squarrulosum (Tricholome squarruleux)

Tricholoma atrosquamosum (Tricholome à squames noires)

- Hydnangiaceae :
 - Dénomination : Laccaire

Laccaria amethystina (Laccaire améthyste, Agaric laqué, Clitocybe améthyste, Mousseron des bois)

Laccaria bicolor (Laccaire à deux couleurs, Laccaire bicolore)

Laccaria laccata (Laccaire laqué, Clitocybe laqué)

Laccaria proxima (Laccaire de Moeller)

- Cantharellaceae
 - Dénomination : Girolle/Chanterelle

Cantharellus cibarius (Girolle, Jaunotte, Chanterelle commune, Chanterelle comestible)

Cantharellus alborufescens (Girolle blanche)

Cantharellus amethysteus (Girolle améthyste)

Cantharellus ferruginascens (Girolle ferrugineuse)

Cantharellus pallens (Girolle pruneuse)

Cantharellus friesii (Girolle abricot, Girolle de Fries-

Craterellus cinereus (Girolle cendrée, Chanterelle cendrée)

Craterellus sinuosus (Chanterelle sinueuse)

Craterellus tubaeformis (Chanterelle en tube)

Craterellus melanoxeros (Chanterelle noircissante)

Craterellus ianthinoxanthus (Chanterelle jaune et violette)

Craterellus lutescens (Chanterelle jaune)

- Dénomination : Trompette de la mort

Craterellus cornucopioides (Trompette de la mort, Craterelle corne d'abondance)

4.4. Champignons à Lames, Pied Absent ou Excentré

- Pleurotaceae :

- Dénomination : Pleurote

Pleurotus pulmonarius (Pleurote pulmonaire)

Pleurotus cornucopiae (Pleurote corne d'abondance, Pleurote blanc)

Pleurotus ostreatus (Pleurote en huître, Pleurote en coquille, Oreillette)

Pleurotus eryngii (Pleurote du Panicaut, Oreille de chardon, Argouane)

Pleurotus citrinopileatus (Pleurote jaune)

4.5. Champignons à Aiguillons sous le Chapeau

- Hydnaceae :

- Dénomination : Pied de mouton

Hydnum repandum (Pied de mouton, Hydne pied de mouton, barbe de chèvre, langue de chat)

Hydnum rufescens (Pied de mouton roux, Hydne roussissant)

- Morchellaceae :

- Dénomination : Morille

Morchella elata (Morille conique)

Morchella esculenta (Morille blonde)

- Dénomination : Verpe

Verpa conica (Verpe, Verpe en forme de dé, Verpe en forme de doigt de gant, Verpe conique)

Ptychoverpa bohemica (Verpe de Bohême)

- Amanitaceae :

Amanita caesarea (Amanite des Césars, Oronge)

Amanita fulva (Amanite fauve)

Amanita rubescens (Amanite rougissante, Golmotte, Amanite rougeâtre, Oronge vineuse)

Amanita vaginata (Grisette, Amanite engainée, Amanite vaginée, Coucoumelle)

Limacella guttata (Limacelle tachée, lépiote lenticulaire, Limacelle lenticulaire, Amanite lenticulaire)

III. Régimes Alimentaires

1. Généralités et Concepts de Base des Régimes Alimentaires

Une alimentation équilibrée et saine permet à l'organisme de se développer harmonieusement et de se maintenir en bonne santé. Elle permet également de réduire le risque de maladie. La promotion d'une alimentation équilibrée, variée et riche en nutriments est une composante importante des soins de santé primaires. Les maladies nutritionnelles surviennent lorsque les besoins nutritionnels ne sont pas satisfaits.

Il existe 7 constituants alimentaires : Les glucides, les lipides, les protides, l'eau, les minéraux, les vitamines et les fibres. Les glucides, les lipides et les protides sont des constituants énergétiques car ils apportent de l'énergie sous forme de calories [20].

Les glucides, ou bien les hydrates de carbone, sont composés de 3 éléments : Le carbone, l'hydrogène et l'oxygène. Ils peuvent être seuls (glucide simple), en double (diholoside) ou former des chaînes de trois à plusieurs milliers de glucides (glucides complexes). Les glucides simples et les diholosides sont directement utilisables pour donner de l'énergie bien que les glucides complexes doivent être digérés avant d'être utilisés [20].

Les lipides ou ce que nous appelons les corps gras, sont le principal constituant des membranes de nos cellules, en outre les lipides fournissent de l'énergie et peuvent être stockés dans notre corps contrairement aux glucides [20].

Les protides ont une composition chimique plus complexe (Carbone, hydrogène, oxygène, azote). Ils sont composés d'acides aminés, il existe 20 acides aminés différents, dont 8 sont des acides aminés essentiels que notre corps est incapable de fabriquer. Les protides proviennent soit de produits animaux (Exemple : Viande, poissons, lait, œufs, etc.), soit de produits végétaux (Exemple : légumes, céréales). Les protéines d'origine animales sont mieux utilisées par l'organisme que les protéines d'origine végétales d'où l'intérêt de faire un mélange entre les aliments d'origine animale et ceux d'origine végétale pour recevoir une protéine d'excellente valeur biologique [20].

Les vitamines sont des éléments nécessaires à notre organisme en quantité minime, de l'ordre du milligramme ou du microgramme par jour. On distingue les vitamines hydrosolubles comme la vitamine B1, B12, C et les vitamines liposolubles comme la vitamine A, D, E et K. Les vitamines peuvent être détruites par le mode de stockage des aliments. Un stockage court favorise leur conservation (consommer les produits frais). Les vitamines peuvent aussi être détruites lors de la cuisson. Le respect des techniques culinaires est primordial en vue de préserver l'apport en vitamines [20].

Les minéraux sont des éléments non-organiques qui constituent 4% de la masse corporelle. On distingue : les macro-éléments ou minéraux majeurs comme le calcium, le magnésium, le phosphore et Les oligo-éléments, nécessaires en très faible quantité comme le fer, le fluor, le cuivre, l'iode. Les éléments minéraux jouent un rôle dans la construction de certains tissus (dents, os), la fabrication des globules rouges et le fonctionnement des organes, ces éléments participent également à des réactions chimiques dans le fonctionnement de nos organes (le magnésium pour le cerveau et les nerfs) [20].

Les fibres sont des glucides qui ne peuvent pas être digérés par les enzymes digestives. Ils augmentent le volume des selles ce qui favorise le transit intestinal [20].

Avant de définir un régime alimentaire, il est nécessaire de mentionner qu'il y a une approche quantitative et qualitative. La première définit un régime alimentaire par le nombre des calories et le pourcentage des éléments nutritifs d'où ces calories proviennent. L'approche qualitative nous permet de définir un régime alimentaire moyennant des données qualitatives comme la variété des aliments, les calories initiales et les calories définitives ainsi que les vitamines et les sels minéraux [19].

Le régime alimentaire, dans sa définition basique, est défini comme la façon et la manière avec laquelle l'être humain se permet de s'alimenter et de se nourrir en nutrition, c'est la somme de la nourriture et de l'alimentation consommée par un Homme. Il correspond également à un mode d'alimentation avec des ingrédients et des aliments ou notamment un mélange, y compris l'eau. Il s'agit de l'ensemble des éléments nutritifs inscrits dans des habitudes et des comportements alimentaires des personnes et faisant partie de leur mode de vie puisque chaque être vivant possède son propre régime alimentaire [20].

2. Différents Types des Régimes Alimentaires

On distingue plusieurs types de régimes alimentaires en se basant sur les composantes nutritionnelles selon Julie BOUCHARD-DOYON [21] :

2.1. Végétarisme

Le végétarisme constitue notre premier régime, les adeptes de ce régime ne mangent pas les viandes et les poissons. Ce régime alimentaire exclut impérativement la consommation des aliments de source animale (Exemple : Bœuf, poulet, poisson, gélatine animale, etc.). Mais pourtant, les végétariens mangent certains produits dérivés des animaux (Exemple : Lait, fromage, œufs). Il y a également le flexitarisme qui consiste à être végétarien de temps à temps, donc réduire la consommation des viandes et des poissons. En plus, nous trouvons le pesco-végétarisme qui sert à ne pas manger les viandes, mais par contre, il y a une consommation des fruits de mer [22].

2.2. Végétalisme

Le végétalisme est un régime nutritionnel qui permet d'exclure tous les aliments de source animale (Exemple : Viande, lait, œufs, poissons, etc.). Au contraire du végétarisme, les végétaliens ne mangent pas les éléments provenant des sources animales. Leur alimentation est basée sur les protéines végétales, les légumes, les noix et les fruits.

2.3. Véganisme

Le véganisme est au-delà d'un régime alimentaire, c'est un style de vie. Le véganisme est caractérisé par l'absence des produits de source animale dans l'usage quotidien. La différence majeure entre le véganisme et les autres régimes c'est le non-usage des animaux qui s'applique sur toutes les habitudes et non seulement l'alimentation.

2.4. Sans Lactose

Le lactose est un sucre présent naturellement dans le lait de vaches, également dans le lait maternel, l'organisme humain possède une enzyme 'la lactase' qui est capable de digérer ce sucre. L'intolérance au lactose est une diminution de l'activité ou l'absence de cette enzyme. Le lactose est donc moins bien digéré. Des troubles digestifs plus ou moins importants vont apparaître : crampes intestinales, ballonnements, flatulences, diarrhées. On peut observer la mention "sans lactose" sur quelques produits. Cependant, un aliment ne contenant pas le lactose n'est pas végétalien automatiquement, chaque régime diffère de l'autre.

2.5. Sans Gluten

Le gluten constitue des protéines de réserve (Exemple : Gluténines et prolamines) trouvées essentiellement dans le blé. Un certain nombre des personnes sont intolérantes au gluten et présentent des symptomatologies : retard staturo-pondéral, Perte de poids, fatigue, baisse du fer sérique ou ferritinémie, douleurs abdominales, diarrhée lorsqu'elles consomment des aliments qui contiennent le gluten. Les personnes intolérantes au gluten doivent suivre un régime sans gluten, du coup, pas de consommation du blé, du seigle et de l'orge.

2.6. Régime Cétogène

Le régime cétogène est en tendance ces années, il est nommé "Régime Keto". Ce régime consiste à manger des gras afin de perdre du gras. Ce régime est caractérisé par un niveau élevé en lipides et faible en glucides dans l'objectif d'entrer en état de cétose, chose qui va permettre au corps d'utiliser les acides gras au lieu des sucres pour produire de l'énergie.

Ci-après, un tableau récapitulatif des différents régimes cités (Tableau 2 [21]) :

Régime	Aliments à Consommer	Aliments à Ne Pas Consommer
Végétarisme	Légumes, Fruits, Grains, Œufs et Produits Laitiers	Viande et Poisson
Pesco-végétarisme	Poisson, Œufs et Produits Laitiers	Viande
Flexitarisme	Moins de Viande	-
Véganisme	Légumes, Fruits, Grains, Noix, Laits Végétaux, et Fromages Véganes	Viande, Poisson, Fruits de Mer
Sans Gluten	Viande, Poisson, Légumes, Fruits et Pain sans Gluten	Blé, Orge et Seigle
Régime	Aliments à Consommer	Aliments à Ne Pas Consommer

Sans Lactose	Viande, Poisson, Légumes, Fruits, Grains	Lait, Yogourt et Fromage
Cétogène	Viandes Grasses, Poisson Gras, produits laitiers, Légumes et Fruits et Aliments à haute teneur en gras saturés	Sucreries, Pain et Céréales

Tableau 2 : Types des Aliments par Régime Alimentaire

La catégorisation des régimes alimentaires n'est pas standard ou unique, nous trouvons plusieurs articles et travaux qui proposent des typologies des régimes nutritionnels différentes [23] :

Régime Protéiné : Il s'agit d'un régime hypocalorique avec vocation d'augmenter les apports quotidiens en protéines, ce qui permet une perte très rapide de poids. Les repas entrant dans ce régime sont essentiellement composés d'aliments riches en protéines essentiellement.

Régime Hyper-Protéiné : Ce régime est parmi les plus connus, caractérisé par une forte consommation des protéines, chose qui va permettre de perdre rapidement du poids mais en maintenant la masse musculaire. Le manque de graisse est compensé par une quantité supplémentaire de protéines (Viandes, poissons, œufs).

Régime Hypocalorique : Ce régime a pour but de baisser le niveau du sucre et des matières grasses afin d'obliger le corps à puiser l'énergie stockée dans ses réserves de graisse, cela permet de perdre de poids d'une façon immédiate.

Régime Dissocié : Ce régime autorise de manger tout mais pas en même temps ou dans le même repas.

Régime Sans Sel : Ce régime permet de diminuer la quantité de sel dans le corps et donc la quantité d'eau.

Régime Hypoglucidique : Appelé également régime Low Carb, ce régime interdit tout type du sucre. En partant du principe que seuls les glucides simples ou complexes qui font grossir. L'objectif du régime Low Carb est de perdre le poids (sous forme d'eau ou de graisse).

PARTIE II

APPORTS DES CHAMPIGNONS COMESTIBLES DANS LE RÉGIME ALIMENTAIRE

I. Composition Biochimique, Valeurs et Aspects Nutritionnels des Champignons Comestibles

1. Composition Biochimique et Valeurs Nutritionnelles des Champignons Comestibles

En principe, les champignons comestibles se composent essentiellement d'eau, des protéines, des lipides, des glucides, des fibres alimentaires, des minéraux, des vitamines et des provitamines liposolubles [24].

La composition et les valeurs nutritives moyennes de ces champignons seront présentées comme suit :

1.1. Eau

Les champignons sont principalement constitués d'eau, il présente 80 à 90 % du poids des champignons et environ 10% de la matière sèche [25].

1.2. Matière Sèche : Composition Immédiate et Valeurs Énergétiques

La matière sèche (MS) des champignons sauvages et cultivés est très faible, généralement comprise entre 8 et 14 g/100 g. Les médianes normales de la teneur en protéines brutes, en lipides et en cendres de nombreuses espèces sauvages étaient de 25-3 et 8 g/100 g MS, respectivement [26].

Le taux des protéines a été évalué par la méthode de KJELDAHL qui permet le dosage de l'azote total par considération le fait que les protéines renferment 16 g d'azote pour 100 g c'est-à-dire que l'azote représente 16% du poids des protéines. Un facteur de 4.38 a été recommandé pour le calcul de la teneur en protéines des champignons. Ce facteur a été utilisé pour toutes les valeurs de protéines indiquées aux tableaux 3 et 4 [26].

$$\text{Protéines} = \text{N} \times 4.38$$

Divers glucides forment le reste de la composition immédiate. Leur proportion dans la matière sèche est calculée comme $[100 - (\text{protéine brute} + \text{lipides} + \text{cendres})]$. Le contenu calculé comprend divers glucides, y compris ceux indigestes tels que les fibres alimentaires. Néanmoins, des différences considérables de composition sont évidentes non seulement entre

les espèces mais aussi au sein d'une même espèce si l'on compare les données de divers laboratoires. Les différences peuvent être en partie le résultat des différents stades de développement du corps du fruit. L'énergie totale est calculée dans les articles originaux en utilisant l'équation : $Kcal = 4 \times (g \text{ protéines} + g \text{ glucides}) + 9 \times (g \text{ lipides})$. L'énergie était faible, environ 36 Kcal/100 g de champignons frais. [27] [28].

Des données récentes sur la composition approximative et la valeur énergétique de quelques espèces sauvages sont rassemblées dans le tableau 3. Des valeurs médianes sont de 20,2-1,9-12,9 et 63,8 g /100 g de matière sèche (MS) pour la teneur en protéines brutes, en lipides, en cendres et en glucides, respectivement, et 39,7 Kcal/100 g de matière fraîche (MF) [26].

Au niveau du tableau ci-après (Tableau 3), nous trouverons des données récentes sur la matière sèche, la composition approximative et la valeur énergétique dans trois champignons sauvages :

Champignon	Matière Sèche	Protéine	Lipides	Cendre	Glucides	Énergie
<i>Agaricus campestris</i> [29]	11,8	18,5	0,1	23,1	58,1	36,4
<i>Calvatia utriformis</i> [30]	22,0	20,3	1,9	17,8	59,9	74,4
<i>Boletus aereus</i> [31]	8,3	17,8	0,4	8,8	72,8	30,6

Tableau 3 : Matière Sèche (g/100 g), Composition Approximative (g/100 g MS) et Energie (Kcal/100 g MF) dans Quelques Champignons Comestibles Sauvages

Des données récentes sur la composition approximative et la valeur énergétique des espèces cultivées sont présentées dans le tableau 4. Des valeurs médianes sont de 20,8-2,2-7 et 68,2 g/100 g MS pour la teneur en protéines brutes, lipides, cendres et glucides, respectivement, et 41,9 Kcal/ MF. La teneur en cendres est la valeur la plus stable [26].

Au niveau du tableau ci-après, nous trouverons des données récentes sur la matière sèche, la composition approximative et la valeur énergétique dans trois champignons cultivés :

Champignon	Matière Sèche	Protéine	Matière Grasse	Cendre	Glucides	Énergie
<i>Agaricus bisporus</i> (Blanc) [32]	8,7	14,0	2,1	9,7	74,0	32,5
<i>Lentinula edodes</i> [32]	20,2	4,4	1,7	6,7	87,1	77,2
<i>Pleurotus sajor-caju</i> [33]	10,0	37,4	1,0	6,3	55,3	-

Tableau 4 : Matière Sèche (g/100 g), Composition Approximative (g/100 g MS) et Energie (Kcal/100 g MF) dans Quelques Champignons Comestibles Cultivés

Une faible teneur en MS et en lipides donne une faible valeur énergétique d'environ 35 Kcal/100 g FM. Les champignons sont donc une délicatesse à faible énergie. De plus, certains glucides ne sont que partiellement digestibles ou indigestes (p.ex. mannitol et chitine) et la valeur énergétique calculée est donc quelque peu surestimée. Néanmoins, les informations sur la digestibilité et la biodisponibilité des nutriments provenant des champignons sont très rares. Une proportion importante de chitine polysaccharidique indigeste semble limiter la disponibilité d'autres composants. [26].

1.3. Protéines

Les données informatives sur les protéines brutes de la section précédente sont comparables aux teneurs moyennes de 22,8 et 24,9 g/100 g MS rapportées par BAUER PETROVSKA et UZUN et AL. [34] [35].

Les champignons contiennent les neuf acides aminés essentiels (AAE), la proportion d'acides aminés indispensables varie d'environ 40% de la teneur totale en acides aminés des espèces sauvages, alors qu'elle varie entre 30% et 35% dans les champignons cultivés [36].

Des fourchettes de 9,3 à 23 et de 3,9 à 8,6 g/100 g MS ont été signalées pour la teneur totale en acides aminés et en acides aminés essentiels, respectivement [26].

Le tableau 5 indique la composition en acides aminés de quelques espèces de champignons :

Champignon	Val	Leu	Ile	Thr	Met	Lys	Phe	Trp	Total
Espèces Sauvages									
<i>Agaricus arvensis</i> [37]	6,4	8,1	4,9	4,7	1,5	6,3	5,6	-	37,5
<i>Agaricus silvaticus</i> [37]	3,8	6,9	4,5	4,5	1,2	6	3,8	-	30,7
Espèces Cultivées									
<i>Pleurotus eryngii</i> [38]	3,9	7,1	3,7	5,3	1,7	6,8	4,2	1,4	34,1
<i>Pleurotus ostreatus</i> [38]	4,7	6,8	4,3	5	1,9	6	4,3	1,4	34,1

Tableau 5 : Parts des Acides Aminés dans Quelques Champignons Comestibles Sauvages et Cultivées (en %)

Les champignons sont riches en lysine et leucine mais déficitaires en acides aminés soufrés tel que la méthionine qui représente l'acide aminé très limitatif.

L'acide glutamique et l'acide aspartique sont les plus abondants parmi tous les acides aminés. L'acide glutamique est présent en proportion relativement élevée dans les acides aminés non essentiels, avec un maximum de 3,7 g/100 g MS chez *Leucopaxillus giganteus* et un minimum de 1 g/100 g MS chez *Cantharellus tubaeformis* [39].

L'acide glutamique et l'acide aspartique sont les deux acides aminés essentiels qui donnent la propriété umami goût de champignons. Le champignon est l'un des ingrédients naturels qui contient de l'acide glutamique, une version naturelle de l'exhausteur de goût glutamate monosodique. Contrairement au glutamate monosodique, l'acide glutamique naturel n'a pas une teneur élevée en sodium [39].

Le tableau ci-après (Tableau 6 [40]) représente la teneur des champignons en protéines, comparée par d'autres aliments utilisés régulièrement :

Aliment	Teneur en Protéines (g/100 g)
Gruyère	30
Bœuf	26
Champignon	22
Haricot Vert	1,8
Tomate	0.9
Pomme	1.8

Tableau 6 : Teneur en Protéines de Quelques Aliments (en g/100 g)

L'apport en protéines du champignon est plus élevé que la moyenne des légumes. Mais il est inférieur à celle des protéines de grande valeur des blancs d'œufs de poulet, du lait ou de la viande du fait du déficit en acides aminés soufrés mais plus de la moitié (50 à 70 %) est digestible, ce qui fait du champignon un aliment précieux pour les enfants et les personnes âgées [40].

Dans l'ensemble, les champignons comestibles contiennent une quantité élevée et de bonne qualité de protéines. Ils sont classés comme étant plus riches en protéines que la plupart des sources alimentaires, sauf la viande.

1.4. Lipides

Les teneurs en lipides totaux (matières grasses brutes) sont faibles, variant principalement entre 2 et 3 g/100 g MS. Les concentrations supérieures à 6 g/100 g MS sont rares (Tableaux 3 et 4).

Des dizaines d'acides gras ont été identifiés dans les lipides de champignons. Cependant, seuls l'acide linoléique et l'acide oléique prédominant nettement, forment une proportion des deux tiers et plus du poids de tous les acides gras identifiés. L'acide palmitique saturé est le troisième en ordre, mais à grande distance [41] [42].

La composition en acides gras des lipides de nombreuses espèces de champignons, en particulier les champignons sauvages, a été déterminée au cours des dernières années.

Le tableau 7 présente des données sélectionnées sur sept acides gras présentant un intérêt nutritionnel :

Espèces	Acide laurique	Acide Myristique	Acide Palmitique	Acide Stéarique	Acide Oléique	Acide Linoléique	Acide Linoléique
Espèces Sauvages							
<i>Agaricus campestris</i> [43]	0,1	0,5	16,5	3	4	68,8	0,2
<i>Boletus edulis</i> [44]	0,1	0,2	9,8	2,7	36,1	42,2	0,2
<i>Cantharellus Cibarius</i> [45]	Traces	0,1	7,2	3,3	8,1	50	0,1
Espèces Cultivées							
<i>Agaricus subrufescens</i> [46]	Traces	0,2	11,3	3,1	1	74,5	0,2
<i>Lentinula squarrosulus</i> [47]	0,1	0,6	18,8	3,3	8,3	62,9	1,1
<i>Pleurotus sajor-caju</i> [47]	0,1	0,6	18,8	4,6	22,6	48,6	0,2

Tableau 7 : Parts des Lipides dans Quelques Champignons Comestibles Sauvages et Cultivées (%)

L'acide linoléique nutritionnellement souhaitable de la famille ω -3 se produit à de très faibles niveaux. Parmi les acides gras saturés, qui sont nutritionnellement indésirables, il règne l'acide palmitique, alors que l'acide myristique le plus indésirable se produit à des niveaux très faibles [24].

Avec la faible teneur des champignons en lipides, seulement environ 2–3 g pour 100 g MS ou environ 0,2–0,3 g pour 100 g MF, et une faible proportion d'acides gras saturés et ω -3, les champignons sont considérés parmi les aliments où le rôle nutritionnel des lipides est marginal.

1.5. Glucides et Fibres Alimentaires

Les glucides constituent environ la moitié de la matière sèche des champignons. Le groupe comprend divers composés : les sucres (Monosaccharides, leurs dérivés et oligosaccharides) et les polysaccharides de réserve et de construction [26].

Le mannitol et le tréhalose sont les principaux représentants des sucres alcooliques et des oligosaccharides, respectivement. Des valeurs médianes sont de 2,8 et 3,9 g/100 g MS pour le mannitol et le tréhalose, respectivement [26].

Les données disponibles sur les principaux monosaccharides (Arabinose), les oligosaccharides (Tréhalose) et le mannitol présents dans quelques champignons sauvages sont rassemblées dans le tableau 8 :

Espèces	Arabinose	Mannitol	Tréhalose
<i>Armillaria mellea</i> [48]	0,7	5,4	9,3
<i>Fistulina hepatica</i> [49]	7,7	2,1	2,9
<i>Boletus edulis</i> [50]	Non Déterminé	2,4	12,4

Tableau 8 : Valeurs des Sucres dans Quelques Champignons Comestibles (en g/100 g Matière Sèche)

Le mannitol participe à la croissance volumique et à la fermeté des organismes fructifères. Sa digestibilité pour les humains est faible. Le séchage et la congélation ont réduit le contenu de mannitol et de tréhalose [51]. D'autres sucres sont présents à un faible niveau dans la plupart des espèces étudiées. Les données sur les changements de la teneur en sucre et de la composition causés par les différentes conditions de stockage et de transformation des champignons sont limitées [51].

Les principaux types de polysaccharides de champignons sont la chitine, les glucanes, et les hétéroglycane. Le glycogène est un polysaccharide de réserve des champignons, des données limitées de la littérature rapportent un contenu de 5 à 10 g/100 g MS [26].

La chitine représente jusqu'à 80 à 90% de la matière sèche dans les parois cellulaires des champignons. NITSCHKE et AL ont récemment rapporté une teneur moyenne en chitine de 0,7-1,8-3,1-4,6 et 9,8 g/100 g MS chez *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus eryngii*, *Agaricus bisporus* et *Flammulina velutipes*, respectivement [52]. La chitine est

indigeste pour les humains et diminue apparemment la digestibilité des autres composants des champignons. Il est intéressant de noter que les champignons contiennent du glycogène et de la chitine [53].

Des données limitées sur les fibres alimentaires ont été examinées, des teneurs sont d'environ 4–9 et 22–30 g/100 g MS pour les fibres solubles et insolubles, respectivement [26]. Une variabilité plus étroite des fibres alimentaires totales (TDF), avec une proportion habituelle d'environ 30 % en MS, a été observée chez les champignons sauvages récoltés en Inde (Tableau 9) [54].

Espèces	Total des Fibres Alimentaires	Fibres Alimentaires Insolubles	Fibres Alimentaires Solubles
<i>Agaricus bisporus</i>	31 ± 1,4	14 ± 1,9	2
<i>Boletus edulis</i>	28 ± 2.1	13 ± 2.3	3
<i>Pleurotus sajor-caju</i>	27 ± 2.1	12 ± 2.3	2
<i>Cantharellus cibarius</i>	36 ± 2.1	20 ± 2.4	3

Tableau 9 : Teneur en Fibres Alimentaires Totales, Insolubles et Solubles (en g/100g Matière Sèche)

Des proportions des fibres alimentaires totales (TDF) de 25 à 30 % ont été les plus fréquentes, ainsi les fibres alimentaires insolubles représentaient en moyenne 60 % du TDF [54], la teneur relativement élevée en fibres particulièrement insolubles semble être un avantage nutritionnel. La cuisson a augmenté la proportion de TDF par rapport aux champignons crus. La proportion de chitine variait entre 8 % et 32 % du TDF chez plusieurs espèces testées [55] [56].

Selon ELLEUCH, les polysaccharides, en particulier les fibres alimentaires, sont les composés actifs les plus importants parmi d'autres. Par conséquent, on croit que plusieurs propriétés médicinales et pharmacologiques du *Pleurotus sajor-caju* sont associées aux fibres alimentaires qui peuvent fournir des propriétés fonctionnelles [57].

Les hétéroglycanes sont d'autres composants des fibres alimentaires. Ils ont été insuffisamment caractérisés. Les données du tableau 10 [58] illustrent leurs composantes. Le glucose et la glucosamine prédominent considérablement, suivis par le mannose et les acides uroniques.

Espèces	TDF	Rhannose	Xylose	Mannose	Galactose	Glucose	Glucosamine	Acides Uroniques
<i>Lentinula edodes</i>								
Chapeau	32,4	ND	1,92	5,21	3,3	10,8	15	3,75
Stipes	40	0,65	1,47	5,23	1,77	73,9	13,9	3,12
<i>Pleurotus sajor-caju</i>								
Chapeau	29,1	ND	1,14	5,12	3,47	78,2	7,9	4,17
Stipes	30,9	ND	0,62	3,77	2,01	82,8	6,5	4,34
<i>Volvariella volvacea</i>								
Chapeau	22,8	ND	ND	6,22	4,48	10,5	13,9	4,91
Stipes	24,3	ND	ND	6,01	4,11	72	13,1	4,73

Tableau 10 : Parts des Composantes des Fibres Alimentaires dans Quelques Champignons Comestibles (en %)

1.6. Composition Minérale

Les cendres brutes sont constituées de sept éléments majeurs, quantitativement très prédominants, et de dizaines d'oligoéléments qui se produisent à un niveau allant jusqu'à 5 mg/100 g de matière fraîche pour chacun d'eux. La teneur normale en cendres des champignons varie entre 6 et 12 g/100 g MS. Les variations sont plus marquées chez les espèces sauvages que chez les espèces cultivées, Ceci résulte probablement de la plus grande variabilité de substrats dans la nature. Néanmoins, la variabilité des teneurs en cendres semble inférieure à celle des protéines brutes, des lipides et des glucides [26].

Parmi les rares données sur les anions inorganiques, ISILDAK a signalé des médianes de 2,2-2 et 0,3 g /100 g MS pour les sulfates, les nitrates et les chlorates, respectivement, chez huit espèces sauvages. Les teneurs en phosphates, chlorures et nitrites étaient considérablement plus faibles, tandis que les fluorures et les bromures étaient indétectables [26].

A. Éléments Majeurs

Le contenu habituel des principaux éléments minéraux est présenté au tableau 11. Le potassium est de loin le principal élément minéral, suivi par le phosphore. Le potassium n'est pas distribué uniformément dans le corps des fruits, sa teneur diminue dans l'ordre suivant : Chapeau >> Stipe >> Partie sporulée >> Spores [60].

Le magnésium est le deuxième minéral important après le potassium présent dans les champignons comestibles sauvages. Les teneurs en sodium et en calcium sont faibles. Le sodium présente la plus faible concentration parmi tous les minéraux évalués dans les Champignons [57] (Tableau 11 [61]) :

Élément	Valeur (en mg/100g)	Élément	Valeur (en mg/100g)
Sodium	10-40	Phosphore	500-1000
Potassium	2000-4000	Soufre	100-300
Calcium	20-100	Chlore	100-600
Magnésium	80-180		

Tableau 11 : Teneur en Eléments Minéraux Majeurs dans les Champignons Sauvages (en mg/100g Matière Sèche)

Les proportions minérales varient selon l'espèce, l'âge et le diamètre du fruit. Elles dépendent également du type de substrat [62].

B. Oligo-Éléments

Depuis les années 1970, plusieurs centaines d'articles originaux ont été publiés sur le contenu en oligo-éléments des champignons.

Le tableau 12 [63] [64] présente 20 oligo-éléments dans les champignons sauvages des zones rurales non polluées.

Éléments	Valeurs	Éléments	Valeurs
Aluminium	2–15	Fer	5–30
Antimoine	<0,01	Plombe	<0,1–0,5
Arsenic	0,05–0,5	Manganèse	1–6
Baryum	0,2–0,4	Mercure	<0,05–0,5
Cadmium	0,1–0,5	Nickel	<0,1–1,5
Cesium	0,05–1	Rubidium	Dizaines-Centaines
Cobalt	<0,05	Sélénium	<0,2–2
Cuivre	2–10	Argent	<1
Chrome	0,05–0,5	Vanadium	<0,05
Iode	0,007–0,05	Zinc	2,5–20

Tableau 12 : Teneur en 20 Éléments en Traces dans les Fructifications des Champignons Sauvages Provenant de Zones non Polluées (en mg/100 g MS)

Le cadmium et le mercure sont des éléments à forte bioaccumulation dans les substrats de nombreuses espèces de champignons. Néanmoins, la relation entre la contamination du sol par un oligo-élément nuisible et son niveau dans le corps du fruit n'est pas suffisamment étroite pour permettre l'utilisation d'une espèce de champignon comme marqueur fiable de la pollution locale.

1.7. Vitamines

A. Vitamines et Provitamines Liposolubles

Le bêta-carotène, précurseur le plus puissant de la vitamine A, se présente en teneurs faibles, généralement entre un niveau indétectable et 0,6 mg /100 g MS. En général, la présence de caroténoïdes dans les champignons est considérablement plus faible que chez les plantes [24].

Les champignons manquent généralement de vitamine D2. Cependant, ils peuvent agir comme précurseur biologique de la vitamine D2 en raison de la présence d'ergostérol, un

type de stérol principalement présent dans les champignons. Par conséquent, cette caractéristique rend indirectement les champignons comme une excellente source de vitamine D2 [57].

L'ergostérol de champignon est la provitamine de la vitamine D2 (Ergocalciférol) importante sur le plan nutritionnel. Son contenu est le plus élevé parmi les stérols de champignons et varie considérablement de dizaines à plusieurs centaines de mg pour 100 g MS [65].

La lumière ultraviolette (UV) est nécessaire pour la biotransformation de l'ergostérol en vitamine D2. Des études de recherche existantes ont testé pendant plusieurs minutes l'effet de l'irradiation aux UV-B de diverses intensités sur la formation de vitamine D2 chez les principales espèces cultivées. Les résultats ont indiqué la formation immédiate de vitamine D2 jusqu'à plusieurs mg /100 g MS. La zone exposée des champignons et l'intensité lumineuse se sont révélées être des facteurs importants [66] [67] [68].

La vitamine E est le terme global pour la somme de quatre tocophérols (α - à δ -) et de quatre tocotriénols (α - à δ -). Ces derniers composants n'ont pas encore été signalés dans les champignons à des niveaux détectables. La vitamine E est l'antioxydant le plus efficace, naturel et liposoluble et protège les lipides des membranes cellulaires contre leur oxydation [24].

Les données relatives aux teneurs en ergostérol la provitamine liposoluble sont présentées au tableau 13 :

Élément	Ergostérol
Espèces Sauvages	
<i>Amanita caesarea</i> [69]	231
<i>Cantharellus cibarius</i> [70]	348
Espèces Cultivées	
<i>Lentinula edodes</i> [70]	495
<i>Pleurotus ostreatus</i> [70]	419

Tableau 13 : Valeurs de l'Ergostérol dans Quelques Champignons (en mg/100g)

C. Vitamines Hydrosolubles

Les données informatives sur six vitamines solubles dans l'eau sont présentées au tableau 14 :

Élément	Acide Ascorbique	Thiamine	Riboflavine	Folates	Cyanocobalamine	Niacine/Niacinamide
	Vitamine C (mg)	Vitamine B1 (mg)	Vitamine B2 (mg)	Vitamine B9 (mg)	Vitamine B12 (µg)	Vitamine PP ou B3 (mg)
Champignons Sauvages						
<i>Craterellus cornucopioides</i> [71]	-	-	-	-	2,19	-
<i>Cantharellus cibarius</i> [71]	-	-	-	-	1,46	-
Champignons Cultivées						
<i>Agaricus bisporus blanc</i> [72]	19	0,6	5,1	0,45	0,8	43
<i>Lentinula edodes</i> [72]	25	0,6	1,8	0,3	5,6	31

Tableau 14 : Valeurs des 6 Vitamines Solubles dans l'Eau dans Quelques Champignons

Les données de la littérature sur l'acide ascorbique (Vitamine C) indiquent surtout des teneurs comprises entre 10 et 40 mg /100g dans les champignons frais. C'est comparable avec les pommes de terre, mais plus faible que dans la plupart des légumes [24].

D'après les données de la table Ciquel 2020, le champignon est le légume qui contient le plus de vitamine B5 ou l'acide pantothénique, de niacine (Vitamine PP ou B3) et de la riboflavine (Vitamine B2).

Les champignons sont moins riches en thiamine (Vitamine B1) et folate (Vitamine B9). L'information sur la pyridoxine (Vitamine B6) est très limitée. Comme le montre le tableau 14, des teneurs considérables en vitamine B12 (Cyanocobalamines) ont été observées chez *Cantharellus cibarius* et *Craterellus cornucopioides*, et des teneurs encore plus élevées chez *Lentinula edodes*. Des teneurs plus élevées en vitamine B12 ont été décelées dans la peau externe d'*Agaricus bisporus* que dans d'autres parties du champignon [73].

Dans l'ensemble, les champignons ont souvent été popularisés comme une bonne source de vitamines (ou provitamines). Toutefois, l'information devrait se limiter à l'ergostérol, à la vitamine D2 et aux vitamines du groupe B.

Le tableau 15 [74] représente la teneur moyenne des vitamines du groupe B en mg pour 100 g de champignon de paris cru ainsi que les valeurs nutritionnelles de référence (VNR) :

Constituants	Teneur Moyenne en mg pour 100 g de Champignon de Paris Cru	% VNR
Vitamine B3	5	31,25 %
Vitamine B5	1,57	26,17 %
Vitamine B2	0,29	20,71 %
Vitamine B9	0,034	17,25 %

Tableau 15 : Teneur Moyenne des Vitamines de Groupe B (en mg pour 100 g de Champignon de Paris Cru)

2. Aspects Nutritionnels des Champignons Comestibles

L'utilisation actuelle des champignons est totalement différente de la traditionnelle parce que, beaucoup de recherches ont été faites sur la composition chimique des champignons, qui a révélé que les champignons peuvent être utilisés comme régimes alimentaires [62].

Les champignons sont sources de : protéines, fibres alimentaires, vitamines, glucides et des minéraux :

2.1. Protéines

Les protéines ont un effet énergétique secondaire, 1g de protéine libère 4kcal, la proportion de protéines doit être de 11 à 15 % de l'apport énergétique total, soit 0,8 à 1 g/kg de poids corporel par jour [59].

La teneur élevée en protéines, des champignons entiers - et des poudres de protéines à base de champignons - peut être efficace pour les patients en tant que complément à d'autres protocoles alimentaires. Les protéines à base de champignons sont une option appropriée pour ceux qui souffrent d'allergies ou qui sont incapables de consommer du lactosérum, du soja ou des protéines à base de blé. Parce qu'ils livrent sur les acides aminés et ont des quantités élevées des acides aminés ramifiés, ils peuvent également être une excellente option pour les athlétiques ou très actifs en raison de leur rôle dans la construction des muscles et la combustion des graisses [75].

Dans les populations qui ne consomment pas de protéines animales (soit par manque de disponibilité soit pour des croyances religieuses), les champignons peuvent être utilisés pour lutter contre la carence en protéines et comme supplément aux céréales, par exemple le régime indien qui repose principalement sur les céréales (blé, riz et maïs), qui manquent de protéines, une supplémentation de la recette de champignons dans le régime alimentaire indien comblera l'écart protéique et améliorera la santé générale des communautés socio-économiques arriérées [76].

Les champignons (Et leurs poudres) sont considérés comme une excellente source de protéines végétales digestibles. La protéine présente dans les champignons contient les neuf acides aminés essentiels (AAE), contrairement à la plupart des autres options de protéines végétales qui manquent généralement un ou plusieurs AAE. De plus, les champignons ont une composition en acides aminés à chaîne ramifiée élevée ; leucine, valine et isoleucine, que l'on trouve habituellement uniquement dans les sources de protéines animales [75]. Les champignons en général ont une teneur en protéines plus élevée que la plupart des autres légumes et la plupart des plantes sauvages [75].

VERMA et AL ont signalé que les champignons sont très utiles chez les végétariens parce qu'ils contiennent certains acides aminés essentiels que l'on trouve dans les protéines animales. De plus les champignons ajoutent une saveur de viande (appelée umami qui réfère au goût du glutamate) aux plats et peuvent remplacer la viande dans les plats. Ceci est utile

pour ceux qui cherchent à créer des repas sains pour le cœur et à réduire les graisses saturées et le cholestérol dans leur alimentation [77].

Dans une étude croisée randomisée qui a évalué la différence de niveau de satiété entre les champignons et la viande, les participants ont exprimé significativement moins de faim, un plus grand sentiment de satiété et une consommation potentielle réduite après avoir consommé le repas de champignons par rapport aux participants ayant reçu de la viande [75].

En pratique, pour qu'une ration puisse couvrir les besoins en azotes, elle doit contenir tous les acides aminés essentiels (dans des proportions optimales), plus l'azote aminé « banal » nécessaire à la formation des acides aminés qui sont synthétisables. Les protéines fongiques peuvent être considérées comme ayant une composition d'acides aminés équilibrée : elles sont généralement riches en lysine mais déficitaires en acides aminés soufrés comme la cystéine et la méthionine, sauf pour les acides aminés soufrés, les valeurs de la composition en acides aminés essentiels répondent aux normes de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [26].

Les données suggèrent que les protéines de champignons ont une plus grande valeur nutritionnelle que la plupart des protéines végétales, mais elle est inférieure à celle des protéines de grande valeur des blancs d'œufs de poulet, du lait ou de la viande [78].

Bien que la qualité des protéines soit inférieure à celle des produits animaux (en partie à cause du déficit en acides aminés soufrés), les champignons peuvent être considérés comme faisant partie de la meilleure ressource protéique disponible, de sorte qu'ils sont capables de répondre aux besoins en azote de l'organisme au même taux que les aliments Protidiques conventionnels [26].

2.2. Glucides et Fibres Alimentaires

Les glucides ont pour rôle de fournir de l'énergie, 1g de glucides libère 4 kcal, ils sont stockés dans les muscles et le foie sous forme de glycogène. Le glucose est le produit de dégradation du glycogène, qui est un carburant essentiel pour le cerveau. L'apport adéquat en glucides empêche la dégradation des protéines tissulaires [59].

Les champignons contiennent différents glucides, la teneur en glucides des champignons représente la majeure partie des fructificateurs, soit 50 à 65 % en poids sec [62].

Le profil digestible des glucides des champignons comprend les amidons, les pentoses, les hexoses, les disaccharides, les osamines ou sucres aminés et les sucres-alcool [79]. Le mannitol est d'une douceur limitée, avec environ la moitié des calories des sucres courants, et est mal absorbé par le corps humain ; il n'augmente pas les niveaux d'insuline comme le fait le saccharose [24].

L'analyse de la teneur en glucides des champignons sur une base de matière sèche indique que ces derniers renferment une grande proportion de fibres alimentaires, principalement sous forme de fibres insolubles. Celles-ci jouent un rôle important dans la régularité intestinale et la prévention de la constipation. Elles augmentent le volume et le poids des selles en retenant l'eau dans le côlon, ce qui réduit le temps de transit et facilite l'évacuation. Pour les fibres solubles, ils forment un gel avec de l'eau, ce qui augmente la viscosité des aliments et du chyme. La digestion est ralentie, ce qui peut réduire la glycémie postprandiale, l'insuline et le taux de cholestérol.

La chitine est indigeste pour l'homme, formant ainsi une partie importante de la fibre alimentaire insoluble du champignon. La teneur relativement élevée en fibres particulièrement insolubles semble responsable de la diminution du taux de cholestérol chez les animaux de laboratoire qui ingèrent un régime alimentaire à base de *Pleurotus ostreatus* [26]. Un grand intérêt a été porté sur les polysaccharides structuraux spécifiques des champignons, les bêta-glucanes, en raison de leurs effets positifs sur la santé. Les polysaccharides structurels sont les principaux composants de la paroi cellulaire du champignon, qui représentent jusqu'à 80 à 90 % de la paroi cellulaire [80].

Dans les pays occidentaux, le paysage alimentaire est saturé par des aliments à haute densité calorique. Ces aliments ne sont pas rassasiants et comportent un surplus calorique, responsable du gain d'obésité prévalant dans ces pays. Puisque les aliments riches en fibres semblent avoir un plus grand pouvoir rassasiant, les champignons sont d'excellents candidats pour remplacer les aliments riches en calories grâce à leur teneur limitée en calories et élevée en fibres [81].

2.3. Lipides

Les lipides permettent de fournir à l'organisme l'énergie suffisante pour fonctionner, 1g de lipides apporte 9 kcal, Ils ont aussi pour fonction de transporter les vitamines liposolubles A, D, E, K [59].

Chez les champignons, la teneur en matières grasses est très faible par rapport aux glucides et aux protéines [62]. Les champignons comestibles ont généralement un taux de lipides insignifiant avec une proportion plus élevée d'acides gras polyinsaturés. Tout cela a entraîné un faible rendement calorifique des aliments de champignons [62]. Les champignons n'ont pas de cholestérol. Au lieu de cela, ils ont l'ergostérol qui agit comme précurseur pour la synthèse de Vit-D dans le corps humain.

2.4. Vitamines

L'utilisation de champignons pourrait être intéressante pour répondre aux besoins en vitamine B12. Il est connu que les sources nutritionnelles de B12 sont principalement d'origine animale, comme les sources alimentaires de B12 sont très limitées chez les plantes, la recherche de source de vitamines non animales est stimulée par la prévalence de la carence en vitamine B12 chez les végétariens [81].

La vitamine B12, habituellement limitée à la cyanocobalamine, est synthétisée par certaines bactéries présentes dans les organismes animaux. Les aliments d'origine animale sont considérés comme les principales sources alimentaires. Les niveaux typiques de vitamine B12 dans les aliments vont de faibles $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour le fromage et le poisson à des centaines de $\mu\text{g}/\text{kg}$ pour le foie. Les végétaliens et les végétariens présentent donc un risque élevé de carence en vitamine B12.

Les champignons disponibles sur le marché sont habituellement cultivés dans des environnements sombres et contiennent donc des quantités limitées de vitamine D2, mais contiennent des quantités élevées d'ergostérol qui peut être converti en vitamine D2 après exposition aux rayons UV, c'est comme pour la biosynthèse endogène de la vitamine D3 (Cholécalciférol) chez les animaux, le rayonnement solaire stimule la conversion de la prévitamine D fongique (Ergostérol) en provitamine D2 (Ergocalciférol). Cela ferait des champignons un aliment nutraceutique, utile pour améliorer l'état vitaminique, toujours troublant dans de nombreuses populations [81].

L'apport alimentaire quotidien de 15 μg (600 UI ; 1 UI = 0,025 μg) de vitamine D est habituellement recommandé en Europe et aux États-Unis. Les populations dans les régions où l'exposition au soleil est limitée, surtout pendant la saison hivernale, souffrent d'une carence latente en vitamine D. Parmi les groupes les plus menacés sont les végétaliens et les végétariens, parce que le 7-déhydrocholestérol, le précurseur naturel de la vitamine D3, se

produit uniquement dans les aliments d'origine animale. De plus, la mélanine chez les personnes à la peau foncée inhibe la pénétration de la lumière UV. Dans de telles conditions la contribution nutritionnelle des champignons comestibles augmente et constitue la seule source non animale de vitamine D. Ainsi, les champignons irradiés par les UV-B deviennent une source précieuse et sûre de vitamine D2 pour les personnes déficientes en vitamine D [82] [83] [84].

2.5. Minéraux Majeurs

La principale valeur nutritionnelle des champignons repose sur leur richesse en éléments minéraux, supérieurs aux plantes [79].

Le K, le P, le Na et le Mg représentent environ 56 à 70 % de la teneur totale en cendres des champignons (LI et CHANG, 1982), tandis que le potassium représente à lui seul 45 % de la cendre totale.

Les champignons Portobello sont une source de potassium. Dans le corps, le potassium est utilisé pour équilibrer le pH du sang et stimuler l'estomac pour produire de l'acide chlorhydrique, qui facilite la digestion. De plus, il favorise la contraction des muscles, et participe à la transmission de l'influx nerveux.

Les champignons Blancs, Portobello, Cremini, et en conserve constituent des sources de phosphore. Le phosphore est le deuxième minéral le plus abondant dans le corps humain après le calcium. Il joue un rôle vital dans la formation et le maintien d'os et de dents sains. De plus, il participe à la croissance et à la régénération des tissus et aide à maintenir un pH sanguin normal [85].

Le sodium présente la plus faible concentration parmi tous les minéraux évalués dans les Champignons ce qui est idéal pour les hypertendus [57].

2.6. Oligo-Éléments

A. Le Cuivre

Le cuivre est connu pour sa capacité à ajuster le système reproducteur, les processus glandulaires et nerveux aussi. Le cuivre fait partie des métalloenzymes qui agissent comme des oxydases pour effectuer la réduction moléculaire de l'oxygène [81].

En tant que composant de plusieurs enzymes, le cuivre est nécessaire à la formation de l'hémoglobine et du collagène (une protéine utilisée pour la structure et la réparation des tissus) dans le corps. Plusieurs enzymes contenant du cuivre aident également le corps à combattre les radicaux libres [85].

L'apport alimentaire journalier recommandé (AJR) pour le cuivre chez les hommes et les femmes (Entre 19 et plus de 70 ans) est de 700 µg/jour. La dose recommandée de cuivre dans les aliments en Roumanie est de 1,20 mg/jour pour les femmes et de 1,70 mg/jour pour les hommes, tous deux âgés de 31 à 50 ans. Le niveau d'apport supérieur tolérable de cuivre pour les adultes est de 10 mg/jour, une valeur fondée sur la protection contre les dommages au foie comme effet indésirable critique [81].

L'apport quotidien de cuivre variait entre $4,40 \pm 0,08$ µg/kg de poids corporel (chapeau de *Cantharellus cibarius*) et $31,11 \pm 0,75$ µg/kg de poids corporel (Chapeau d'*Agaricus bisporus* blanc). Le niveau d'apport supérieur tolérable indique la possibilité de surconsommation d'un certain nutriment. Si l'apport nutritionnel habituel d'une personne demeure inférieur au niveau d'apport supérieur tolérable, il y a peu ou pas d'effets indésirables découlant d'un apport excessif. Les champignons devraient être considérés comme une source nutritionnelle de cuivre [81].

B. Le Zinc

En raison de son importance biologique, le zinc est répandu parmi les organismes vivants. Ainsi, il est un composant de ces enzymes, important dans le maintien de l'intégrité structurale des protéines et aussi dans la régulation de l'expression du gène. Il joue un rôle dans la fonction immunitaire. Le zinc a trois fonctions biologiques : catalytique, structurale et réglementaire. Pendant la grossesse, l'enfance et l'adolescence, le zinc soutient la croissance et le développement normaux. Les acides aminés (histidine, lysine et acides aminés sulfuriques) et les protéines des aliments favorisent l'absorption du zinc. Le corps n'a pas de système de stockage spécialisé en zinc. L'excès de zinc dans l'organisme peut entraîner une réduction du cholestérol HDL et inhiber l'absorption du cuivre dans l'organisme. Les champignons sont appelés accumulateurs de zinc [81].

Le niveau le plus élevé de Zn a été déterminé dans le chapeau de *Pleurotus ostreatus* cultivé ($379,33 \pm 2,35$ µg/g MS). Les apports nutritionnels de référence (ANREF) de zinc pour les adultes sont de $6,80 \pm 0,03$ mg/jour pour les femmes et de $9,40 \pm 0,04$ mg/jour pour les

hommes. Le niveau d'apport maximal tolérable (AMT) pour les adultes est de 40 mg/jour, une valeur fondée sur la réduction de l'activité du superoxyde de cuivre-zinc dismutase érythrocytaire. Le zinc peut devenir toxique à 150-450 mg/jour.

Il a été constaté que l'apport quotidien de zinc dans le cas de *Pleurotus ostreatus* cultivé ($240,87 \pm 2,75$ µg/kg de poids corporel) peut être dangereux du point de vue de la sécurité, la concentration étant plus élevée par rapport aux apports diététiques de référence de zinc pour les hommes [81].

C. Le Fer

Le fer est le composant d'un certain nombre de protéines, y compris les enzymes et l'hémoglobine, ce dernier étant une métalloprotéine contenant du fer et transportant de l'oxygène. Il est présent dans le cerveau très tôt dans la vie, en participant aux processus neuronaux. Le fer est un composant des muscles et du sang et il est impliqué dans la croissance et la fonction immunitaire aussi. La vitamine C augmente l'absorption du fer.

Les apports nutritionnels de référence (ANREF) de fer pour les hommes (âgés de 19 à plus de 70 ans) sont de 6 mg/jour et diminuent à 5 mg/jour pour les femmes (âgées de 19 à plus de 70 ans). Le niveau d'apport supérieur tolérable de fer pour les adultes est de 45 mg/jour, un niveau basé sur la détresse gastro-intestinale comme effet indésirable. L'apport quotidien de ce métal dans le cas du fer provenant de *Macrolepiota procera* était de $457,69 \pm 2,55$ µg/kg corps, valeur qui pourrait signifier un apport de $27,46 \pm 0,07$ mg/jour (près de 61 % de l'apport maximal tolérable) [81].

3. Composés Bioactifs des Champignons Comestibles

L'analyse de la composition chimique et nutritionnelle indique que les champignons constituent une source naturelle potentielle de nutriments tels que les protéines avec les acides aminés essentiels, les fibres, les glucides, les minéraux et avec de faibles teneurs en lipides. Les champignons contiennent également des composés bioactifs :

3.1. Lectines

En plus des protéines considérées sur le plan nutritionnel, les champignons contiennent des protéines mineures ayant des effets biologiques particuliers. Les lectines ont

un grand intérêt en raison de leur potentiel pharmacologique et biotechnologique. Les champignons produisent d'autres protéines et peptides ayant des activités biologiques intéressantes, comme les protéines immunomodulatrices fongiques, les protéines inactivant des ribosomes, les protéines antimicrobiennes et les enzymes comme les laccases ou ribonucléases [86].

Les lectines participent à plusieurs processus physiologiques des champignons tels que les composés de défense contre divers ravageurs. La plupart des lectines de champignons ne présentent aucune toxicité alimentaire et ne sont pas impliquées dans l'intoxication aux champignons. Les lectines sont largement présentes dans les genres *Lactarius*, *Russula* et *Boletus* [86].

Certaines lectines de champignons ont été testées et utilisées comme agents de diagnostics de laboratoire. Elles ont également été étudiées comme des composés prometteurs antiprolifératifs, antitumoraux, antiviraux et immunostimulants. Néanmoins, la connaissance des lectines des espèces de champignons comestibles, en particulier des caractéristiques structurelles et fonctionnelles, a été limitée jusqu'à présent [86].

3.2. Bêta-Glucanes

Les substances actives résultantes de la décoction de nombreux champignons médicinaux et culinaires, tels que *Ganoderma lucidum*, *Lentinula edodes* ou *Inonotus obliquus* sont principalement des polysaccharides de diverses compositions chimiques. La majorité d'entre elles appartient au groupe des β -glucanes ayant des propriétés antitumorales et immunostimulantes, qui ont des unités de β -D glucopyranose liées à des liaisons β -(1 3) dans la chaîne principale du glucane et à d'autres branches β -(1 6) [87].

La structure ramifiée des β -glucanes joue un rôle crucial dans leurs activités physiologiques [87].

Les β -glucanes de poids moléculaire élevé sont plus efficaces que les β -glucanes de faible poids moléculaire. Les polysaccharides du champignon préviennent l'oncogenèse et les métastases tumorales. Ils n'attaquent pas directement les cellules cancéreuses, mais activent plutôt les réponses immunitaires de l'hôte. Leur activité est particulièrement bénéfique dans les cliniques si elles sont utilisées conjointement avec la chimiothérapie [87].

Certains d'entre eux sont disponibles comme médicaments commerciaux, à la fois sous leurs formes naturelles et chimiquement modifiées pour améliorer leur efficacité. Ils sont isolés de trois sources : les corps fruitiers, le mycélium cultivé ou le bouillon de culture. Les bêta-glucanes sont présents dans le corps des fruits à des niveaux allant de centaines à des milliers de mg /100g MS. ZIED ET AL. (2014) ont déterminé chez *Agaricus subrufescens* cultivé une teneur moyenne en β -glucane d'environ 5000 mg/100 g MS [87].

3.3. Antioxydants

Les radicaux libres, particulièrement sous forme d'espèces oxygénées réactives et bien moindre, sous forme d'espèces azotées réactives, sont produits dans le métabolisme normal des cellules aérobies. La majorité des radicaux libres sont neutralisés par des mécanismes de défense antioxydants cellulaires. La préservation de l'équilibre entre les radicaux libres et les défenses antioxydantes est essentielle au fonctionnement normal d'un organisme aérobie. Leur nombre augmente ce qui provoque un stress oxydatif. L'excès de radicaux libres peut oxyder et endommager l'ADN cellulaire, les protéines et les lipides. La surproduction de radicaux libres a été couplée à de nombreux troubles, y compris les maladies les plus graves, et le vieillissement. Les régimes avec un niveau élevé d'antioxydants naturels et détritivores radicaux libres sont recommandés pour éviter ces maladies [5].

Les antioxydants des champignons sont principalement des acides phénoliques et des flavonoïdes, suivis des tocophérols, de l'acide ascorbique, des caroténoïdes et de l'ergothionéine [88]. Les composés phénoliques ont des effets spéciaux sur la santé. Ils pourraient offrir des avantages associés à un risque réduit de dysfonctionnements dégénératifs, tel que les maladies cardiovasculaires ou certains types de cancer. Les effets sont dus à leur capacité à diminuer les agents oxydants en donnant de l'hydrogène à partir de groupes phénoliques et en éteignant l'oxygène simple, un radical libre très répandu [88].

Les tocophérols (Vitamine E) perturbent la cascade des processus oxydatifs par leurs réactions avec les radicaux peroxydes produites à partir d'acides gras polyinsaturés dans les phospholipides membranaires ou les lipoprotéines [88].

L'acide ascorbique (Vitamine C) est efficace contre plusieurs radicaux libres et protège les biomembranes des dommages causés par la peroxydation des lipides. Il existe des interactions coopératives entre l'acide ascorbique soluble dans l'eau et les tocophérols liposolubles [88].

En raison de la présence limitée des caroténoïdes dans les champignons, ils fournissent de faibles apports antioxydants, mais jouent un rôle très important dans les plantes [88].

L'information sur l'activité antioxydante de l'ergothionéine du champignon est fragmentaire [88].

L'activité antioxydante dominante de nombreuses espèces de champignons est attribuée aux phénoliques [88].

3.4. Hydrates de Carbone comme Source Potentielle de Prébiotique

Parmi les divers glucides des champignons, les β -glucanes semblent être les candidats les plus prometteurs pour les prébiotiques. Néanmoins, des β -(1,3/1,6) -glucanes ramifiés isolés et des α -1,3- glucanes linéaires provenant de stipes de *Pleurotus ostreatus* et de *Pleurotus eryngii* testés comme prébiotiques ont montré des effets synergiques dans une construction symbiotique avec certaines souches de probiotiques [89].

Les prébiotiques sont des ingrédients alimentaires fonctionnels capables de manipuler la composition du microbiote du côlon dans l'intestin humain en inhibant les pathogènes exogènes et en favorisant les bifidobactéries et les lactobacilles bénéfiques, améliorant ainsi la santé de l'hôte. De manière simplifiée, les prébiotiques sont des ingrédients alimentaires indigestes dans la partie supérieure de l'intestin et fermentescibles sélectivement par des bactéries potentiellement favorables dans le côlon. Ces processus produisent des composés et des conditions favorables à la santé, ce qui se traduit par une amélioration de la fonction immunitaire, une amélioration de l'intégrité du côlon, une diminution de l'incidence et de la durée des infections intestinales, une réduction des réactions allergiques et une meilleure élimination des matières fécales. Cependant, tous les glucides alimentaires ne sont pas des prébiotiques [89].

La bioactivité de la chitine insoluble dans l'eau, qui représente jusqu'à 80 à 90 % de la matière sèche de la paroi cellulaire des champignons, est limitée comparativement aux polysaccharides hydrosolubles. Cependant, la chitine est une partie substantielle des fibres alimentaires des champignons [89].

3.5. Lovastatine

La lovastatine (Mévinoline) est l'une des sept statines et inhibiteurs biochimiques de la 3-hydroxy-3-méthylglutaryl coenzyme A réductase. La lovastatine inhibe l'enzyme dans la production de cholestérol et réduit le risque de maladie coronarienne. Le tableau 16 présente des données sur la teneur en lovastatine. Il existe de grandes variations entre les espèces et au sein de celles-ci, malgré les données du même laboratoire. Plusieurs espèces analysées présentaient une teneur en lovastatine supérieure à 50 mg /100g MS. En outre, les informations sur la biodisponibilité de la lovastatine provenant des champignons ont fait défaut [24].

Espèces	Valeurs
<i>Agaricus bisporus</i> [90]	56,5
<i>Lentinula edodes</i> [91]	31,7
<i>Pleurotus ostreatus (Japan)</i> [90]	60,7

Tableau 16 : Valeurs du Lovastatine dans Quelques Champignons Comestibles (en mg/100g Matière Sèche)

3.6. Éritadénine

Comme le montrent les études animales et humaines, *Lentinula edodes* possède la capacité de réduire le cholestérol sanguin et de réguler le métabolisme lipidique [92]. L'agent actif est une éritadénine anciennement lentinacine. Contrairement aux statines, l'éritadénine n'inhibe pas la biosynthèse du cholestérol dans le foie, mais elle améliore l'élimination du cholestérol sanguin [93].

Une alimentation contenant 0,005% d'éritadénine a réduit le cholestérol total de 25% dans le sérum des rats expérimentaux. Des travaux antérieurs ont rapporté que la teneur en éritadénine dans le chapeau de *Lentinula edodes* était de 50 à 70 mg/ 100 g MS, et des niveaux légèrement inférieurs ont été trouvés dans les stipes [94].

Le séchage à l'ombre et le séchage à l'air chaud ont fait baisser le contenu d'éritadénine d'environ la moitié. Les pertes ont diminué avec l'augmentation de la température de séchage.

Il n'est pas encore clair comment les changements dans l'éritadénine pendant le séchage peuvent affecter ses bio-activités [24].

3.7. Acide Gamma-Aminobutyrique

L'acide aminé γ -aminobutyrique (GABA) est considéré comme un composé hypotenseur. Il joue également un rôle d'amplification immunitaire dans les maladies neuro-inflammatoires comme la sclérose en plaques. Le tableau 17 présente des données sur le contenu du GABA. Il existe des différences apparentes allant jusqu'à deux ordres de grandeur entre les espèces. Cependant, chez les espèces disposant de plus de données (par exemple, *Lentinula edodes*), de grandes différences existent, même si ces données proviennent du même laboratoire. Il semble que le blanchiment et le traitement thermique diminuent le contenu de GABA [95].

3.8. Ergothionéine

L'acide aminé hydrosoluble L-ergothionéine se trouve principalement dans les champignons. Aucune synthèse d'ergothionéine n'a été détectée à ce jour chez les plantes et les animaux supérieurs, y compris les humains. L'ergothionéine est présente dans des sources alimentaires limitées : champignons, rein, foie, haricots noirs et rouges, son d'avoine et quelques bactéries. Il est principalement connu comme un antioxydant efficace par de multiples mécanismes [96].

Les données sur la teneur en ergothionéine des champignons sont présentées dans le tableau 17. Le contenu de dizaines de mg pour 100 g de MS est fréquent ; Toutefois, il existe de grandes variations entre les espèces et au sein de celles-ci. *Pleurotus ostreatus* et *Lentinula edodes* largement consommés semblent être de riches sources d'ergothionéine. Dans des échantillons en poudre de champignons irradiés par les rayons UV-B, SAPOZHNIKOVA et AL. (2014) ont signalé des teneurs en ergothionéine de 370–480, 810–920, 720–790 et 970–1040 mg pour 100 g de MS en *Agaricus bisporus* brun, *Agaricus bisporus* blanc, *Lentinula edodes* et *Pleurotus ostreatus*, respectivement [96].

Espèces	Acide Gamma-Aminobutyrique	Ergothionéine
<i>Lentinula edodes</i> [97]	-	198
<i>Volvariella volvacea</i> [98]	99,9	53,7
<i>Pleurotus ostreatus</i> (Corée de Sud) [90]	2,36	182,9

Tableau 17 : Valeurs de l'Acide Gamma-Aminobutyrique et de l'Ergothionéine dans Quelques Champignons Comestibles (en mg/100g Matière Sèche)

Une étude de WEIGAND-HELLER et al. (2012) a démontré que l'ergothionéine d'*Agaricus bisporus* séché était absorbée par les globules rouges postprandialement et était donc biodisponible. Les champignons semblent être une source valable d'ergothionéine [99].

II. Apports des Champignons Comestibles dans le Régime Alimentaire

1. Impact Nutritionnel de l'Ajout des Champignons au Régime Alimentaire

Les données de la Base de données sur les apports nutritifs du NPD (National Purchase Diary) montrent que l'adulte moyen ne consomme que 92,4 grammes de légumes par jour, alors que les données de l'enquête nationale sur la santé et la nutrition indiquent une consommation moyenne de légumes de 134.4 grammes par jour chez les adultes, soit moins que 210 grammes recommandés dans le modèle alimentaire de l'USDA (The United States Department of Agriculture) pour un régime de 2000 calories [100].

Intégrer les champignons dans les plats principaux est une stratégie pour aider les consommateurs à atteindre l'objectif recommandé. La contribution des champignons à la valeur quotidienne pour certains nutriments peut être faible, mais la consommation constante de champignons au fil du temps contribue à une alimentation nutritive. La consommation de champignons associés à un apport des légumes totaux, des légumes verts foncés et oranges, et des céréales totales, entraîne un apport élevé de nombreux nutriments. Il est bien recommandé d'utiliser les champignons avec des aliments de tous les groupes alimentaires pour améliorer la qualité du régime alimentaire [100].

Dans le but d'évaluer l'impact nutritionnel de l'ajout d'une portion de champignons sur les apports habituels, Une étude de modélisation a été faite à l'aide des données de NHANES (National Health and Nutrition Examination Survey) 2011-2016 sur les enfants âgés de 9 à 18 ans, et les adultes au-delà de 18 ans et de champignons crus couramment consommés tels que : champignons Blancs, Cremini et Portabello (Profils nutritionnels provenant des données de l'USDA) (Tableau 18 [101]).

Élément	Adolescents (9 et 18)		Adultes (+18)	
	Sans Champignons	Avec Champignons	Sans Champignons	Avec Champignons
Énergie (kcal)	1997 (1959 ; 2034)	2013 (1976 ; 2050)	2151 (2133 ; 2168)	2169 (2152 ; 2186)
Glucides (g)	260 (255 ; 265)	263 (258 ; 268)	255 (252 ; 257)	258 (255 ; 260)
Fibres Alimentaires (g)	14,6 (14,3 ; 14,9)	15,5 (15,1 ; 15,8)	17,5 (17,1 ; 17,8)	18,3 (17,9 ; 18,6)
Protéines (g)	72,7 (71,1 ; 74,3)	74,7 (73,1 ; 76,4)	83,2 (82,3 ; 84,1)	85,4 (84,5 ; 86,3)

Élément	Adolescents (9 et 18)		Adultes (+18)	
	Sans Champignons	Avec Champignons	Sans Champignons	Avec Champignons
Matière Grasse (g)	75,8 (74 ; 77,5)	75,9 (74,1 ; 77,7)	83,3 (82,3 ; 84,3)	83,5 (82,6 ; 84,5)
Calcium (mg)	1026 (997 ; 1055)	1032 (1003 ; 1061)	971 (958 ; 984)	978 (965 ; 991)
Cuivre (mg)	0,98 (0,96 ; 1)	1,29 (1,27 ; 1,31)	1,27 (1,25 ; 1,29)	1,57 (1,55 ; 1,59)
Fer (mg)	14,7 (14,3 ; 15,1)	15 (14,7 ; 15,4)	14,8 (14,7 ; 15)	15,2 (15 ; 15,3)
Phosphore (mg)	1316 (1286 ; 1346)	1401 (1372 ; 1431)	1403 (1388 ; 1417)	1492 (1477 ; 1508)
Potassium (mg)	2214 (2168 ; 2260)	2526 (2479 ; 2572)	2694 (2661 ; 2728)	3012 (2979 ; 3045)
Sélénium (µg)	103 (100 ; 105)	117 (115 ; 120)	116 (115 ; 118)	131 (130 ; 132)
Sodium (mg)	3262 (3186 ; 3337)	3268 (3194 ; 3341)	3559 (3525 ; 3594)	3566 (3531 ; 3600)
Zinc (mg)	10,5 (10,2 ; 10,7)	11,1 (10,8 ; 11,3)	11,3 (11,2 ; 11,5)	11,9 (11,8 ; 12,1)
Vitamine A, RAE (µg)	581 (560 ; 602)	581 (560 ; 602)	643 (625 ; 662)	643 (625 ; 662)
Thiamine (mg)	1,61 (1,57 ; 1,65)	1,67 (1,63 ; 1,72)	1,62 (1,6 ; 1,64)	1,69 (1,67 ; 1,7)
Riboflavine (mg)	1,98 (1,94 ; 2,03)	2,27 (2,22 ; 2,32)	2,17 (2,15 ; 2,2)	2,46 (2,43 ; 2,48)
Niacine (mg)	23,2 (22,6 ; 23,9)	26,5 (25,9 ; 27,2)	26,3 (26 ; 26,7)	29,6 (29,3 ; 30)
Folate, DFE (µg)	530 (514 ; 547)	550 (533 ; 567)	538 (530 ; 546)	558 (550 ; 566)
Vitamine B6 (mg)	1,82 (1,76 ; 1,88)	1,92 (1,86 ; 1,98)	2,17 (2,13 ; 2,2)	2,27 (2,23 ; 2,3)
Vitamine B12 (µg)	4,85 (4,69 ; 5,01)	4,89 (4,74 ; 5,05)	5,09 (4,98 ; 5,2)	5,15 (5,04 ; 5,26)
Vitamine C (mg)	68,2 (64,8 ; 71,5)	68,8 (65,4 ; 72,2)	80,9 (78,1 ; 83,8)	81,7 (78,8 ; 84,5)
Vitamine D (µg)	5,1 (4,88 ; 5,32)	5,23 (5,02 ; 5,45)	4,68 (4,56 ; 4,81)	4,82 (4,7 ; 4,94)
Vitamine E (mg)	7,38 (7,16 ; 7,6)	7,39 (7,17 ; 7,61)	9,18 (8,97 ; 9,38)	9,19 (8,98 ; 9,4)

Tableau 18 : Estimations des Moyennes des Apports Habituels d'Énergie et de Nutriments dans la NHANES 2011-2016 Sans et Avec Ajout de 84 g des Champignons couramment consommés chez les Adolescents de 9 à 18 Ans et les Adultes au-delà de 18 ans

L'ajout de 84 g de champignons au régime alimentaire a entraîné une augmentation des fibres alimentaires (5%-6%), du potassium (12%-14%), du cuivre (24%-32%), du sélénium (13%-14%), du phosphore (6%), de riboflavine (13%-15%), de niacine (13%-14%),

de zinc (5%-6%), et de choline (5%-6%) chez les adultes et les adolescents et de l'acide folique (3,66 %), de la vitamine B6 (4,64 %), du fer (2,32%) et de la thiamine (4,07 %) chez les adultes uniquement, mais n'a eu aucun effet sur l'Énergie, les lipides, les glucides, ou le sodium. L'ajout de champignons exposés aux rayons UV a également presque doublé l'apport en vitamine D (98 % -104 %) et réduit les carences. L'ajout d'une portion de champignons ajoute également 2,2 mg d'ergothionéine et 3,5 mg de glutathion à l'alimentation [101].

L'ajout d'une portion de champignons de consommation courante au régime alimentaire de l'enquête NHANES 2011-2016 a permis de réduire les carences nutritionnelles de la population (% en dessous du besoin moyen estimé) pour le cuivre, le phosphore et la riboflavine chez les 9-18 ans, et pour le cuivre, le phosphore, le sélénium, le zinc, la thiamine, la riboflavine, la niacine, les folates et la vitamine B6 chez les 19 ans et plus [101].

L'ajout de champignons au régime alimentaire augmente l'apport de micronutriments sous consommés ou de nutriments préoccupants pour la santé publique, tels que le fer, le potassium, la vitamine D, le magnésium, les fibres, sans avoir l'impact sur les calories, les graisses ou le sodium qui sont consommés en excès, ce qui a des effets bénéfiques sur le régime alimentaire. L'apport insuffisant des micronutriments dans l'alimentation est associé à des effets néfastes sur la santé tels que des anomalies du tube neural, une altération des fonctions immunitaires et cognitives, une mauvaise santé osseuse (Ostéoporose), et des maladies chroniques. Par conséquent, les chercheurs recommandent d'ajouter autant de champignons que possible à notre alimentation pour obtenir le bon équilibre nutritionnel quotidien recommandé [101].

Les résultats de cette étude de modélisation donnent un aperçu des avantages nutritionnels de l'ajout de champignons à l'apport alimentaire actuel. Ces résultats suggèrent que l'ajout de champignons à l'alimentation serait un moyen efficace d'atteindre les objectifs alimentaires établis par les identités sanitaires.

2. Intégration des Champignons dans les Plans Alimentaires les Plus Populaires

Les champignons comestibles sont faibles en calories, en gras et en cholestérol et très faibles en sodium, riches en protéines, en fibres alimentaires et en vitamines. De plus, grâce à des techniques de cuisson novatrices, il est facile de respecter les objectifs nutritionnels à l'aide de champignons. Ces derniers s'intègrent délicieusement dans certains des plans alimentaires les plus populaires d'aujourd'hui :

2.1. Régime DASH

Le régime DASH (Dietary Approaches to Stopping Hypertension) est promu par l'institut national du cœur, des poumons et du sang et en se focalisant sur la consommation d'aliments riches en potassium, en calcium, en protéines et en fibres comme les fruits, les légumes, les céréales complètes, les protéines maigres et les produits laitiers faibles en gras. Les adeptes de ce régime se concentrent également sur la réduction du sodium en la plafonnant initialement à 2300 milligrammes par jour, puis de descendre progressivement à 1500 milligrammes par jour [102].

Une étude de 2014 de l'institut culinaire d'Amérique et de l'Université de Californie-Davis, publiée dans le Journal de la science de l'alimentation, a exploré les propriétés aromatisantes des champignons et a constaté que le mélange de champignons finement hachés avec de la viande hachée améliore la saveur et la nutrition. Comme l'étude l'a montré, une recette traditionnelle de viande hachée préparée avec 50 % de champignons et 50 % de viande (ou même 80 % de champignons et 20 % de viande) peut :

- Maintenir la saveur tout en réduisant l'apport en sodium de 25 %
- Réduire l'apport en calories, en matières grasses et en sodium, tout en ajoutant des nutriments comme la vitamine D, le potassium (8 % VQ), les vitamines du groupe B et les antioxydants
- Rehausser la saveur globale en doublant l'impact de l'umami [102]

2.2. Régime Méditerranéen

Bien qu'il n'existe pas de "plan d'alimentation" spécifique pour le régime méditerranéen, le raisonnement qui le sous-tend est simple : consommer moins de viande rouge, de sucre et de graisses saturées, tout en augmentant la quantité de fruits et légumes, de noix et de graisses saines [103].

Les champignons sont le héros méconnu du régime méditerranéen, ils sont le complément parfait des autres vedettes du régime méditerranéen, comme les tomates et les fruits de mer, tout en comblant le vide de la "saveur de viande". En ajoutant des champignons à ce régime on améliore le profil nutritionnel des aliments tout en augmentant l'apport des fibres alimentaires, des protéines, des minéraux et des composés bioactifs [103].

2.3. Régime Fléxitarien

Le régime fléxitarien (ou semi-végétarien, comme certains l'appellent) est un style d'alimentation qui encourage principalement les aliments à base de plantes tout en autorisant la viande et d'autres produits d'origine animale avec modération.

En 2015, le Mushroom Council a introduit le terme "Blenditarien" pour décrire les défenseurs du mélange, une technique de cuisson qui mélange des champignons finement hachés avec de la viande hachée. Le mélange et le régime fléxitarien vont de pair. Tous deux encouragent la modération plutôt que l'élimination. Avec le mode de vie blenditaire, vous pouvez continuer à apprécier vos aliments préférés tels que les hamburgers, les tacos et les pâtes, mais d'une manière plus délicieuse, nutritive et durable [102].

Une étude réalisée en 2014 par l'institut culinaire d'Amérique et de l'Université de Californie-Davis, publiée dans le Journal de la science de l'alimentation, a exploré les propriétés des champignons pour rehausser la saveur et a constaté que le mélange de champignons finement hachés avec de la viande hachée améliore la saveur et la nutrition. Comme l'a montré l'étude, une recette traditionnelle de viande hachée préparée avec 50 % de champignons et 50 % de viande (ou même 80 % de champignons et 20 % de viande) peut :

- Maintenir la saveur tout en réduisant l'apport en sodium de 25 %
- Réduisez l'apport en calories, en matières grasses et en sodium, tout en ajoutant des nutriments comme la vitamine D, le potassium (8 % VQ), les vitamines du groupe B et les antioxydants.
- Améliorer la saveur globale en raison du double de l'impact de l'umami (même saveur que la viande) [102]

2.4. Régime Cétogène

Le régime cétogène est un régime pauvre en glucides (moins de 20 grammes par jour) et riche en graisses. Le régime prétend abaisser les niveaux de sucre dans le sang et d'insuline, et déplace le métabolisme des glucides vers les corps cétoniques [104].

Une tasse (84 grammes) de champignons entiers contient 2,7 grammes de glucides au total ce qui convient pour le régime cétogène. L'ajout de champignon à ce régime améliore le profil nutritionnel des aliments en ajoutant des fibres alimentaires, des protéines, des

minéraux et des composés bioactifs aux aliments, mais aussi en conférant des saveurs qui peuvent compléter et améliorer la perception du salé [104].

2.5. Régime Mayo

Développé par la clinique Mayo du Minnesota, ce régime se concentre sur le manger et le mode de vie global. Il y a deux phases : « Lose It », qui lance le processus de perte de poids, et « Live It », qui aide à poursuivre et à maintenir de nouvelles habitudes saines [103].

Étant donné que la réduction de la consommation de viande est une grande partie du régime Mayo, remplacer le steak ou les galettes de bœuf par des champignons peut être une façon savoureuse de profiter d'un régime sans viande. Si la réduction de la viande est l'objectif, le mélange, une technique de cuisson qui mélange des champignons finement hachés avec de la viande hachée, est une technique utile pour profiter encore des aliments que vous aimez (comme les hamburgers et les tacos) avec moins de culpabilité [103].

2.6. Régime TLC

Le régime TLC (The Therapeutic Lifestyle Changes) a pour but de réduire le cholestérol dans le cadre d'un régime alimentaire sain pour le cœur [103].

L'objectif du régime étant de réduire le taux de cholestérol LDL et, dans certains cas, de réduire le poids, il est essentiel de compter les calories et de consommer moins de graisses saturées dans le cadre du régime TLC. Les adeptes de ce régime peuvent remplacer le bœuf haché maigre par des champignons, un aliment sans cholestérol et sans graisses saturées et de faible teneur en calories, ce qui permet d'économiser près de 20 000 calories en un an pour une consommation d'une seule fois par semaine [105].

2.7. Régime Pauvre en FODMAP

FODMAP (Fermentable Oligosaccharides, Disaccharides, Monosaccharides and Polyols). Ce sont les termes scientifiques utilisés pour classer les groupes de glucides qui peuvent causer des gaz et des ballonnements et pourraient causer des problèmes aux personnes atteintes du syndrome du côlon irritable. Ce régime alimentaire suggère d'éliminer de nombreux aliments à haute teneur en FODMAP et de les réintroduire lentement 3 à 8 semaines plus tard pour voir si les symptômes de la cause persistent [106].

Un rapide coup d'œil sur les choix d'aliments faibles en FODMAP peut trouver des champignons du côté des « aliments à limiter ». Les champignons contiennent du mannitol qui appartient à la catégorie des polyols ou au « P » de FODMAP, mais pour ceux qui envisagent de suivre ce régime avec consommation des champignons, il est important de regarder quelle variété de champignons ils consomment. Le mannitol est un alcool naturel présent dans les fruits et légumes, y compris les champignons, mais la quantité varie selon la variété. Les variétés de champignons à faible teneur en FODMAP comprennent *Pleurotus ostreatus* ou pleurotes (0,54 mg de mannitol) et *Pleurotus eryngii* ou champignons de trompette royale (0,60 mg de mannitol) tandis que les variétés à teneurs élevées en FODMAP comprennent *Lentinus edodes* ou shiitake (10 g de mannitol) et *Agaricus bisporus* ou bouton blanc (6 g de mannitol) [107].

2.8. Régime MIND

Le régime MIND (Mediterranean-DASH Intervention for Neurodegenerative Delay), combine le régime méditerranéen et le régime DASH pour créer un modèle alimentaire spécifiquement axé sur la santé du cerveau.

Une étude récente [108] a examiné les champignons comme une source riche de deux antioxydants : l'ergothionéine et le glutathion. Des recherches préliminaires ont examiné le rôle, de l'ergothionéine dans la réduction de la probabilité de maladies neurodégénératives telles que la maladie de Parkinson et la maladie d'Alzheimer, mais des études supplémentaires sont nécessaires [109].

2.9. Régime Paléolithique

Le régime paléolithique comprend à manger à la manière de nos ancêtres chasseurs-cueilleurs. Il se résume à consommer de fruits, de légumes, de plantes sauvages, de baies, de noix, ainsi que de poisson, de gibier, d'œufs et de crustacés. Il exclut les céréales et les produits laitiers et interdit les aliments industriels. Les champignons étant l'un des plus anciens aliments connus, il est fort probable qu'ils étaient les préférés des hommes des cavernes, ce qui en fait un aliment incontournable du régime paléolithique [103].

Contrairement aux hommes des cavernes, il n'est plus nécessaire de chercher des champignons lorsqu'il existe de nombreuses variétés disponibles dans l'épicerie locale. Ils

remplissent également toutes les conditions requises par le régime paléolithique : ils ne sont pas transformés et se trouvent dans la nature et à des valeurs nutritionnelles élevées [103].

2.10. Régime Volumétrique

Créé par Barbara Rolls, PhD, le régime Volumétrique consiste à consommer davantage des aliments moins caloriques mais plus volumineux, afin de perdre du poids en se sentant rassasié avec moins de calories [103].

Comme le régime Volumétrique repose sur des aliments à forte teneur en eau, les champignons conviennent parfaitement aux adeptes de ce régime, grâce à leur forte teneur en eau (environ 90 %) et à leur faible teneur en calories (22 calories pour 100 grammes) [103].

3. Apports des Champignons Comestibles à la Santé Humaine

De nombreuses études ont révélé que différentes espèces de champignons sont bénéfiques pour la prévention et le traitement de plusieurs maladies chroniques, telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, le diabète sucré et les maladies neurodégénératives [53].

3.1. Cancer

Un grand nombre de publications scientifiques montrent que les champignons, et spécifiquement leurs polysaccharides, pourraient jouer un rôle important dans le traitement et la prévention de cette maladie [110] [111]. Aussi bien ZHANG et ses collègues ont affirmé qu'un apport alimentaire plus élevé de champignons réduisait le risque de cancer du sein chez les femmes chinoises avant et après la ménopause [112].

Plusieurs études et essais cliniques ont mis en évidence que les effets préventifs sur le cancer pourraient être médiés par la capacité immunomodulatrice des champignons. Ainsi, il a été démontré que certains de leurs polysaccharides activent le système immunitaire inné et exercent une activité antitumorale en accélérant les mécanismes de défense de l'hôte. Les polysaccharides de champignons peuvent inhiber la croissance tumorale en stimulant le système immunitaire via des effets sur les cellules Natural Killer, les macrophages et via les lymphocytes T et leur production de cytokines [111].

Les β -glucanes sont connus pour être les composés les plus efficaces Parmi les polysaccharides pour exercer les effets anti-tumorigènes via l'amélioration de l'immunité cellulaire. Des effets pertinents de l'utilisation de Grifolan, un β -glucane extrait de *Grifola frondosa* (Figure 8), ont été rapportés dans les cancers gastro-intestinaux, pulmonaires, hépatiques et le cancer du sein [113] [114]. Grifolan est un activateur des macrophages qui augmente la production de cytokines, augmente l'expression de l'IL-6, de l'IL-1 et du facteur de nécrose tumorale alpha (TNF- α) des macrophages [111].



Figure 8 : Champignon *Grifola frondosa*

Outre la capacité des polysaccharides de champignons à prévenir le cancer en activant le système immunitaire, ils ont également une activité antitumorale directe contre diverses tumeurs, et évitent les métastases tumorales. Leur activité est particulièrement bénéfique lorsqu'ils sont utilisés en association avec une chimiothérapie [115]. Ainsi, les polysaccharides de *Lentinula edodes* (Figure 9 [116]) ont été utilisés dans la pratique clinique avec d'autres formes conventionnelles du traitement du cancer telles que la chimiothérapie et la chirurgie. REN et AL ont découvert qu'une combinaison de polysaccharide de *Lentinula edodes* avec du 5-fluorouracile, un médicament chimiothérapeutique, pouvait réduire de

manière significative le poids et le volume de la tumeur chez les souris porteuses de H22 [117].

Les lectines fongiques ont également attiré une attention considérable en raison de leurs activités antitumorales, antiprolifératives et immunomodulatrices [118].



Figure 9 : Champignon *Lentinula edodes*

3.2. Obésité et Hyperlipidémie

Plusieurs études ont été menées sur l'effet des champignons sur l'hyperlipidémie et l'obésité. La *lentinula edodes* a été associée à l'activité antihyperlipidémique et à la prévention de la prise de poids. Les rats nourris avec une alimentation riche en gras enrichie en *Lentinula edodes* ont considérablement réduit le triacylglycérol plasmatique (TAG) et le dépôt de graisse de 55 % et 35 % respectivement, comparativement aux rats nourris avec une alimentation riche en gras sans *Lentinula edodes* [119].

Le genre *Pleurotus* a également été signalé pour ses effets sur la prévention de la prise de poids et l'hyperlipidémie. Il joue ainsi un rôle dans la protection hépatique et la baisse des taux de lipides. Les β -glucanes de *Pleurotus sajor-caju* (Figure 10 [120]) préviennent le développement de l'obésité et du stress oxydatif chez les souris nourries avec un régime riche

en graisses, en raison de leur capacité à induire une lipolyse et à inhiber la différenciation adipocytaire [121].



Figure 10 : Champignon *Pleurotus sajor-caju*

Différentes études ont indiqué que les effets hypolipidémiques de *Pleurotus eryngii*, en particulier des polysaccharides de *Pleurotus eryngii*, ont permis de réduire le taux de lipides dans un modèle de souris riche en graisses [122].

3.3. Hypercholestérolémie

Les champignons comestibles sont un aliment idéal pour la prévention diététique de l'athérosclérose en raison de leurs teneurs élevées en fibres et faibles en gras. En effet, les champignons et leurs extraits pourraient être considérés comme une nouvelle source de composés à activité hypocholestérolémiante car ils sont riches en dérivés de l'ergostérol, de l'éritadénine, des β -glucanes et en inhibiteurs de l'enzyme HMG-CoA réductase, l'enzyme clé de la biosynthèse endogène du cholestérol [110] [123].

YANG et ses collaborateurs ont démontré que la supplémentation en éritadénine et en *Lentinula edodes* en poudre inhibait significativement le développement d'hypercholestérolémie chez la souris induite par un régime riche en graisses [124]. En ce qui concerne le mécanisme possible de cette inhibition, Gil-Ramirez et AL ont signalé que les extraits d'eau de *Lentinula edodes* étaient capables d'inhiber le HMG-CoA réductase et modulé le profil transcriptionnel de certains gènes impliqués dans le métabolisme du cholestérol. [123]

Une enquête a été menée sur les effets hypocholestérolémians des extraits de fibres alimentaires obtenus à partir de *Pleurotus ostreatus* (Figure 11 [125]), *Lentinula edodes* et *Agaricus bisporus*, la fraction de fibres alimentaires était appropriée pour réduire l'accumulation de triglycérides hépatiques parce qu'elle induit une réponse moléculaire semblable à celle des médicaments hypocholestérolémians dans le foie [126].



Figure 11 : Champignon *Pleurotus ostreatus*

L'ergostérol obtenu à partir de champignons a également été identifié comme un agent hypocholestérolémiant pour sa capacité à concurrencer les molécules de cholestérol pour leur incorporation dans les micelles alimentaires pendant la digestion in vitro en raison de leur similarité structurelle [127]. En effet, l'ergostérol est capable d'influencer la concentration de

cholestérol circulant via d'autres mécanismes tels que la modification de l'expression des ARNm des gènes liés au cholestérol [128].

Agaricus bisporus (Figure 12 [129]), le champignon le plus consommé dans le monde, a également été décrit comme ayant des effets bénéfiques sur l'hypercholestérolémie. L'étude de JEONG et AL a révélé que l'administration orale d'*Agaricus bisporus* à des rats nourris avec un régime riche en cholestérol entraînait une diminution significative des concentrations plasmatiques de cholestérol total, de lipoprotéines de basse densité, de triglycérides et une augmentation significative des lipoprotéines plasmatiques de haute densité (HDL) [130].



Figure 12 : Champignon *Agaricus bisporus* (A et B : Espèces Sauvages. C et D : Espèces Cultivées)

3.4. Diabète

De nombreuses études ont été menées sur l'activité hypoglycémiant des champignons entiers. Le genre *Pleurotus* a été associé à une forte activité hypoglycémiant. L'administration orale d'extraits de *Pleurotus eryngii* (Figure 13 [131]) a réduit les taux d'hémoglobine glyquée et de glucose sérique dans le sang chez les souris hyperglycémiques induites par les alloxans. Les auteurs ont suggéré que les extraits de *Pleurotus eryngii* pourraient devenir un nouvel aliment hypoglycémiant potentiel pour les personnes hyperglycémiques [132].



Figure 13 : Champignon *Pleurotus eryngii*

Dans la même lignée, différentes études utilisant un extrait aqueux de *Pleurotus pulmonarius*, (Figure 14 [133]) [134], des polysaccharides de *Pleurotus citrinopileatus* [135] ou un extrait aqueux de *Pleurotus sajor-caju* [136] ont également révélé un effet hypoglycémiant puissant en réduisant les taux de glucose chez les rats diabétiques. Le genre

d'*Agaricus* a également été associé à des propriétés hypoglycémiantes, comme l'ont démontrées plusieurs études portant sur différentes espèces d'*Agaricus*. [130] [137] [138].



Figure 14 : Champignon *Pleurotus pulmonarius*

3.5. Hypertension

L'enzyme de conversion de l'angiotensine est un composant central du système rénine-angiotensine qui augmente indirectement la pression artérielle en provoquant la constriction des vaisseaux sanguins. Depuis quelques années, les chercheurs s'intéressent au remplacement des antihypertenseurs synthétiques par des sources naturelles de ces composés.

Des espèces de champignons telles que *Grifola frondosa*, *Hericium erinaceus*, *Hypsizygus marmoreus*, *Agaricus bisporus* ou genre *Pleurotus* ont été considérées comme une excellente alternative alimentaire pour le traitement de l'hypertension [139] [140] [141]. L'extrait d'eau chaude de ces champignons contient des constituants antihypertenseurs actifs tels que plusieurs peptides, le D-mannitol, le D-glucose, le D-galactose, le D-mannose, les triterpènes et le potassium. Ainsi, ces différents composants pourraient agir ensemble pour prévenir et améliorer l'hypertension sur la base de divers mécanismes, principalement via l'inhibition du système rénine angiotensine-aldostérone par interaction au niveau du site actif de l'enzyme de conversion [139]. Dans cette lignée, le groupe de recherche de LAU et AL a

identifié deux peptides bioactifs d'*Agaricus bisporus* ayant les séquences d'acides aminés Ala-His-Glu-Pro-Val-Lys et Arg-Ile-Gly-Leu-Phe, les deux peptides présentaient une activité potentiellement élevée d'inhibition de l'enzyme de conversion même après digestion gastro-intestinale in vitro [141].

D'autres études réalisées dans ce domaine ont démontré que le mycélium de *Pleurotus pulmonarius* contient des protéines ayant un effet antihypertenseur potentiel via l'activité inhibitrice de l'enzyme de conversion de l'angiotensine [142]. En effet, KANG et AL ont démontré que l'extrait aqueux de *Hypsizygus marmoreus* (Figure 15 [143]) contenant une IEC (Inhibiteurs de l'Enzyme de Conversion) a montré un effet antihypertenseur clair sur un rat spontanément hypertendu [144].



Figure 15 : Champignon *Hypsizygus marmoreus*

Plusieurs auteurs ont associé la prise de champignons comestibles à une réduction du risque de maladies cardiovasculaires.

3.6. Autres Activités Biologiques/Sanitaires

En plus des bio-activités susmentionnées, les champignons et leurs composants présentent d'autres avantages pour la santé, par exemple des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, hépatoprotectrices, antiallergiques, antimicrobiennes et antivirales. Ainsi, l'apport de champignons pourrait améliorer les défenses antioxydantes réduisant le niveau de stress oxydatif [53].

Les champignons et leurs composés isolés pourraient présenter un intérêt pour le traitement des maladies allergiques via la stimulation du système immunitaire. Des extraits éthanoliques des champignons comestibles *Hypsizygus marmoreus*, *Flammulina velutipes*, *Pholiota nameko* et *Pleurotus eryngii* ont montré des effets antiallergiques significatifs chez la souris (allergie de type IV induite par l'oxazolone) [53].

Divers champignons ont démontré des activités antibactériennes, antifongiques et antivirales potentielles. Les effets antiviraux des champignons ne semblent pas être liés à l'adsorption virale ou aux effets virucides (c'est-à-dire qu'ils ne tuent pas le virus), mais un certain nombre d'études ont rapporté des effets inhibiteurs au stade initial de la réplication du virus. Par conséquent, les composés bioactifs des champignons peuvent être dans un futur proche un outil approprié en tant qu'adjuvants au traitement antirétroviral [53].

Des effets inhibiteurs sur l'hépatite B et le virus de l'herpès simplex de type 1 ont également été signalés. La fraction D extraite de *Grifola frondosa*, en combinaison avec l'interféron alpha-2b humain, pourrait constituer un traitement potentiellement efficace contre les infections chroniques par le virus de l'hépatite B [53].

En outre, certaines études ont également indiqué une activité potentielle du champignon sur le traitement de la leucémie, les dommages d'ADN, la cicatrisation des plaies, l'arthrite rhumatoïde et la santé oculaire [53].

III. Perspectives d'Utilisation des Champignons Comestibles : Vers des Compléments Alimentaires à Base des Champignons

1. Utilisations Alimentaires Actuelles

Les champignons sont bien connus pour avoir divers composés bioactifs riches qui sont largement utilisés comme matière première pour le développement des aliments fonctionnels, Il pourrait émerger comme aliment nutraceutique pour la prochaine génération.

Ces derniers temps, diverses études ont été menées pour augmenter l'application de champignons dans les aliments transformés, directement et indirectement. Les champignons ont été ajoutés aux produits directement comme ingrédient ou utilisés indirectement comme source de fermentation. Dans les pays asiatiques, différentes recherches ont été rapportées pour accroître l'application de champignons dans les aliments transformés [145].

1.1. Champignons comme Ingrédients

Auparavant, les champignons ont été utilisés directement pour produire divers produits. Les champignons sont des ingrédients fonctionnels dans de multiples produits de boulangerie. Les chercheurs ont tenté de produire du pain fonctionnel avec des champignons, ce qui aura des effets bénéfiques sur la santé. OKAMURA-MATSUI et AL ont mélangé des champignons avec de la farine de blé et ont cuit le mélange pour déterminer l'effet des champignons sur les propriétés fonctionnelles du pain. La fermentation alcoolique est accélérée en fournissant des glucides à la levure de boulanger [145]. Ainsi la teneur en fibres brutes du pain est nettement supérieure à celle du produit témoin. La teneur plus élevée en fibres des produits alimentaires est favorable en raison de son effet bénéfique sur la santé humaine, comme la protection contre la constipation, les maladies cardiovasculaires et l'obésité [57].

ISHARA et AL ont enrichi la farine de maïs avec la poudre de champignons d'*Agaricus bisporus* et de *Pleurotus ostreatus*, dans le but d'améliorer les valeurs nutritionnelles de la farine. Dans l'ensemble, la teneur en protéines de la farine de maïs a augmenté avec l'augmentation de la teneur en poudre de champignons de 6,9 g/100 g à 15,87 g/100 g (*Agaricus bisporus*) jusqu'à 19,32 g/100 g (*Pleurotus ostreatus*), et une augmentation significative de la teneur en fibres (0,53-5,89 g/100 g) a été observée. En revanche,

l'enrichissement de la farine de maïs en poudre de champignon a entraîné une augmentation de la teneur en minéraux de 2,84 à 8,74 mg/100 g pour le fer et de 3,13 à 5,41 mg/100 g pour le zinc dans les farines composites [57].

Lenthinus edodes et *Pleurotus eryngii* en poudre ont également été utilisés pour produire des muffins et des biscuits sains, respectivement. La plupart des produits alimentaires comme le pain, le gâteau, les biscuits, le paratha, le porridge de riz et les nouilles ont une teneur en cendres plus élevée que le produit témoin. Une teneur plus élevée en cendres signifie une plus grande quantité de minéraux présents dans les produits alimentaires. La teneur en protéines du pain et du muffin additionnés de 10 % de champignons en poudre a affiché une tendance à la hausse par rapport au témoin. L'augmentation de la teneur en protéines des deux produits alimentaires a été attribuée à la teneur élevée en protéines de la poudre de champignon.

Plusieurs études ont indiqué que l'ajout de champignons en poudre a révélé une augmentation des protéines, des fibres brutes et des cendres dans divers produits alimentaires. L'enrichissement du champignon en poudre à 6 et 10% a montré de meilleurs résultats pour les valeurs nutritionnelles ainsi que pour la qualité de tous les produits alimentaires.

Les aliments assaisonnés avec *Pleurotus ostreatus* ont obtenu un score plus élevé lors de l'évaluation sensorielle que les aliments assaisonnés avec *Lentinula edodes*. Ces résultats se sont révélés prometteurs pour les champignons comme ingrédients dans les assaisonnements naturels. YOO et AL (2007) ont signalé l'activité antioxydante de l'extrait d'assaisonnement naturel avec *Lentinula edodes*. *Lentinula edodes* a montré sa possibilité d'être utilisé comme une nouvelle ressource fonctionnelle.

En termes de caractéristiques sensorielles, la plupart des produits alimentaires supplémentés en poudre de champignons ont été moins appréciés par les panélistes en termes de texture, d'arôme, de goût et d'acceptabilité globale. La couleur des produits alimentaires complétés avec de la poudre de champignons montre une couleur plus foncée, affectant ainsi la préférence de la plupart des produits à base de champignons [57].

1.2. Champignons comme Sources de Fermentation

La deuxième catégorie d'utilisation indirecte des champignons est la production de nouveaux produits. Par exemple, le stipe du champignon shiitake (*Lentinula edodes*), qui est un important champignon cultivé à Taïwan, a généralement été jeté en raison de sa texture

de. Toutefois, les stipes de shiitake peuvent être utilisés comme source alternative d'azote dans la fermentation alcoolique en raison de leur teneur élevée en protéines. D'autres champignons ont été utilisés pour la fermentation de différentes manières. Le lait de soja a montré une meilleure acceptabilité et des propriétés de santé accrues après la fermentation par *G. lucidum*.

Les activités enzymatiques des champignons ont également été utilisées pour créer une nouvelle façon de générer un produit familier, Le saké, une boisson alcoolisée traditionnelle au Japon. Traditionnellement, le saké était fabriqué par un processus en deux étapes : (1) La saccharification et la fermentation par l'action de l'amylase ; (2) L'alcool déshydrogénase. Comme les champignons (*Agaricus blazei*, dans ce cas-ci) ont à la fois des activités de déshydrogénase et d'amylase, le saké a été produit en utilisant uniquement des champignons dans l'étude d'OKAMMURA-MATSUI et AL (2003).

Des extraits de champignons ont également été utilisés comme additifs pour tirer parti de leurs fonctionnalités dans les produits transformés. L'extrait d'enokitake (*Flammulina velutipes*) s'est révélé être un additif alimentaire naturel pouvant prévenir le brunissement causé par la polyphénoloxydase ou la tyrosinase. JANG et AL ont signalé une nouvelle fonction de l'extrait de champignon « enokitake » comme inhibiteur de la tyrosinase, bien que le composé efficace n'ait pas été identifié. BAO et AL ont également constaté que l'ergothionéine préparée à partir de divers champignons, y compris *Flammulina velutipes*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus cornucopiae* et *Pleurotus eryngii*, pouvait être utilisée comme stabilisateur de couleur dans la viande de poisson transformée.

2. Compléments Alimentaires à Base des Champignons

Une vingtaine d'espèces sont utilisées et vendues comme compléments alimentaires, destinés à compléter l'alimentation sous forme de pilules, gélules, comprimés, ou autres. Voyons maintenant quelques exemples de champignons médicinaux les plus vendus sous le nom de compléments alimentaires et leurs avantages pour la santé :

2.1. *Lentinula edodes* (Shiitake)

A. Utilité comme Complément Alimentaire

Voici à quoi ressemble le champignon *Lentinula edodes* (Figure 16 [146] [147]) :



Figure 16 : Champignon *Lentinula edodes* (Shiitake)

- *Partie utilisée* : Sporophore [148]
- *Activités biologiques* : Hypolipémiant par la présence de l'Eritadénine [149], et de Polysaccharides dont lentinanes [150] [152], Anticancéreuse, antithrombotiques, anti-infectieuse (antibactérienne, antifongique et antivirale), hypoglycémiant, antihypertensives, antipaludique par la présence de polysaccharides telles que lentinanes
- *Effets indésirables* : Hyperéosinophilie en cas de consommation régulière, dermatoses pour Shiitake dermatitis, troubles gastro-intestinaux [153]
- *Précautions* : Déconseillé chez la femme allaitante et la femme enceinte / Tous les médicaments métabolisés par cytochrome P450 1A2 (antidépresseurs imipraminiques, neuroleptiques œstrogènes, théophylline, caféine, lidocaïne, terbinafine, warfarine, vérapamil...) / Précautions liées aux polysaccharides : Utilisation avec précaution si traitement hypocholestérolémiant (risque d'hypocholestérolémie), hypoglycémiant, hypotenseur (risque d'hypotension), anti-agrégant plaquettaire et anti-coagulant (risque de fluidification du sang) [148]

B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Shiitake

- *Composition pour 2 gélules* : 940 mg de Mycélium de Shiitaké biologique 940 mg et 60 mg de zingiber officinale
- *Allégations santé* : Stimule, dynamise les défenses naturelles et atténue la fatigue- Contribue à un taux du cholestérol bien équilibré
- *Posologie* : Deux gélules par jour [148]



Figure 17 : Complément Alimentaire à Base de Mycélium de Shiitaké Biologique

2.2. *Grifola frondosa* (Maitake)

A. Utilité comme Complément Alimentaire

Voici à quoi ressemble le champignon *Grifola frondosa* (Figure 18 [153]) :



Figure 18 : Champignon *Grifola frondosa* (Maitake)

- *Partie utilisée* : Mycélium et Chair du sporophore
- *Activités biologiques* : Antioxydante due à la présence des phénols, des flavonoïdes, et de l' α -tocophérol, anticancéreuse par la présence de polysaccharide D-fraction, hypoglycémiant par la présence des glycoprotéines (SX-fraction) et de polysaccharides (alpha-glucane), antihypertensive dû à la présence des polysaccharides fractions D et SX, hypocholestérolémiant par l'action des fibres qui captent les graisses de l'alimentation et des sels biliaires. Perte de poids suite à la présence des fibres. Antiviral par la présence de polysaccharides (fraction-D) et de protéines (GFAHP) [154] [155] [156]
- *Effets indésirables* : Aucun effet n'est décrit à ce jour [148]
- *Précautions* : Chez les patients présentant ou ayant un antécédant d'ulcère gastrique ou duodénal, Précautions liées aux Polysaccharides : Utilisation avec précaution si traitement hypocholestérolémiant (risque d'hypocholestérolémie), hypoglycémiant (risque d'hypoglycémie), hypotenseur (risque d'hypotension), anti-agrégant plaquettaire et anti-coagulant (risque de fluidification du sang) [148]

B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Maitake

- Composition pour 2 comprimés : 470 mg d'extrait sec de maitake bio titré à 30% en polysaccharides et 10% en bêta-glucane -Poudre de racines de gingembre bio : 30 mg
- Allégations santé : Stimule le système immunitaire, renforce, dynamise les défenses naturelles et atténue la fatigue
- Posologie : Deux gélules par jour, de préférence à jeun



Figure 19 : Complément Alimentaire à Base de Maitake

2.3. *Ganoderma lucidum* (Reishi) (Champignon Non Comestible)

A. Utilité comme Complément Alimentaire

Voici à quoi ressemble le champignon *Ganoderma lucidum* (Figure 20 [157]) :



Figure 20 : Champignon *Ganoderma lucidum* (Reishi)

- Partie utilisée : Mycélium et Sporophore
- Activités biologiques : Deux molécules se démarquent chez le Reishi ; les polysaccharides et les triterpènes avec des activités Antiagrégantes plaquettaires-hypocholestérolémiantes-antioxydantes-antivirales-antitumorales-hépatoprotectrices-hypoglycémiantes-antihypertensives-anti-allergiques.
- Effets indésirables : Sécheresse de la bouche, des voies nasales, diarrhées, démangeaisons, épistaxis.
- Précautions : Contre-indiqué en cas de thrombocytopénie ainsi qu'avant ou après une intervention chirurgicale ou un accouchement (effet anticoagulant). Précautions liées aux Polysaccharides : Utilisation avec précaution si traitement hypocholestérolémiant

(risque d'hypocholestérolémie), hypoglycémiant (risque d'hypoglycémie), hypotenseur (risque d'hypotension), anti-agrégant plaquettaire et anti-coagulant (risque de fluidification du sang)

B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Reishi

- Composition pour 2 gélules : 470 mg d'extrait sec de Reishi Biologique dont 30% de polysaccharides, 10% de Beta Glucane et 2% de triterpènes- 30 mg de Zingiber officinale
- Allégations santé : Stimule, dynamise les défenses naturelles et atténue la fatigue, Protège, renforce et améliore les fonctions rénales et hépatiques, Antioxydant, Contribue à un bon équilibre du cholestérol
- Posologie : Deux comprimés par jour, à jeun de préférence



Figure 21 : Complément Alimentaire à Base de Reishi

2.4. *Ophiocordyceps sinensis* (Cordyceps)

A. Utilité comme Complément Alimentaire

Voici à quoi ressemble le champignon *Ophiocordyceps sinensis* (Figure 22 [158]) :



Figure 22 : Champignon *Ophiocordyceps sinensis* (Cordyceps)

- Partie Utilisée : Mycélium et Sporophore
- Allégations santé : Stimule, dynamise les défenses naturelles, atténue la fatigue, Protège, renforce, améliore les fonctions rénales et hépatiques
- Activités biologiques : Anticancéreuse par la présence de Nucléosides dont cordycepin (3'-deoxyadénosine) -Hypocholestérolémiante due à la présence de β -glucane - Hypoglycémiant de divers polysaccharides-Antihypertensive- Augmentation de la libido par action bénéfique de polysaccharides et de protéines qui stimulent la production de testostérone-Activité antioxydante et anti-inflammatoire
- Effets indésirables : Sécheresse buccale, sédation, nausées, douleurs d'estomac, diarrhées, allergie
- Précautions : Innocuité non prouvée chez la femme allaitante et la femme enceinte - Précautions liées aux Polysaccharides : Utilisation avec précaution si traitement hypocholestérolémiant (risque d'hypocholestérolémie), hypoglycémiant (risque

d'hypoglycémie), hypotenseur (risque d'hypotension), anti-agrégant plaquettaire et anti-coagulant (risque de fluidification du sang)

B. Exemple de Complément Alimentaire à Base de Cordyceps

- Composition : Biomasse de mycélium *Cordyceps sinensis* standardisé à 50 mg (10 %) d'acide cordycepique
- Allégations santé : Stimule, dynamise les défenses naturelles, combat la fatigue, redonne de l'énergie, Améliore les performances physiques (endurance, force, récupération), Protège, renforce et améliore les fonctions rénales et hépatiques, Anti-stress, Stimule la libido.
- Posologie : Une capsule par jour avec un verre d'eau au cours du repas

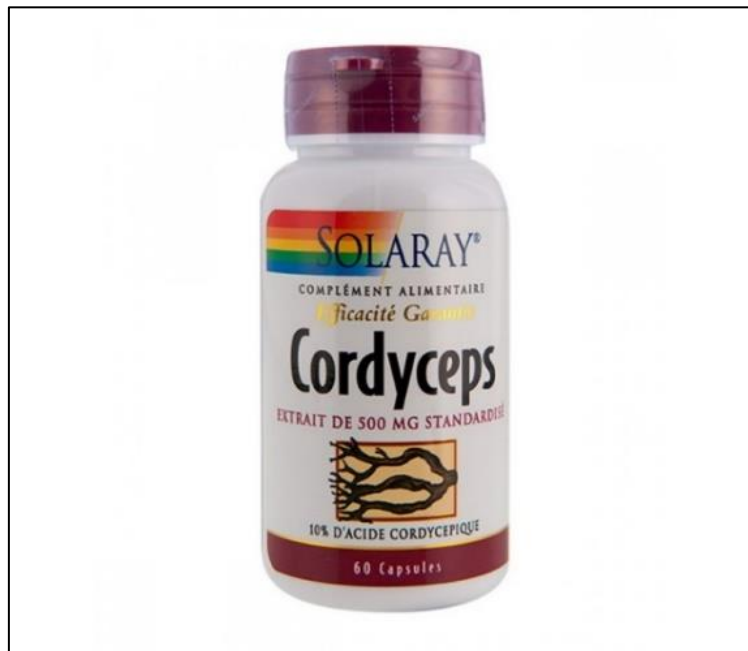


Figure 23 : Complément Alimentaire à Base de Cordyceps

CONCLUSION

Les champignons ont une composition biochimique intéressante du point de vue nutritionnel, ils sont riches en protéines, avec les neuf acides aminés essentiels même ceux que l'on trouve dans les protéines animales et l'umami qui réfère au goût du glutamate, les champignons peuvent être considérés comme un substitut potentiel de la viande. Ainsi ils sont riches en fibres alimentaires principalement sous forme de fibres insolubles qui jouent un rôle important dans la régularité intestinale, ils constituent également une source relativement bonne de minéraux comme le phosphore, le potassium, le cuivre, le sélénium, le fer et des vitamines, y compris la thiamine, la riboflavine, et la niacine, sont également une excellente source de vitamine D qui n'est autrement pas disponible dans d'autres compléments alimentaires, ainsi la consommation des champignons pourrait être intéressante pour répondre aux besoins en vitamine B12, alors qu'ils sont pauvres en graisses, en calorie et en sodium. Par conséquent l'ajout de champignons au régime alimentaire peut être un moyen efficace d'atteindre les objectifs alimentaires établis par les autorités sanitaires.

L'ajout de champignons au régime alimentaire permet de réduire les carences nutritionnelles de la population en dessous du besoin moyen estimé. Les champignons augmentent l'apport de micronutriments sous-consommés ou de nutriments préoccupants pour la santé publique, tels que le fer, le potassium, la vitamine D, le magnésium, les fibres, sans avoir l'impact sur les calories, les graisses ou le sodium qui sont surconsommés, ce qui a des effets bénéfiques sur le régime alimentaire. Ainsi les champignons peuvent être utilisés pour lutter contre la carence en protéines chez les populations qui ne consomment pas de protéines animales et comme suppléments aux céréales (blé, riz et maïs) qui manquent de protéines.

L'intégration des champignons dans les plats principaux des différents types de régimes peut être une stratégie efficace pour aider les consommateurs à atteindre l'objectif nutritionnel recommandé.

Les champignons contiennent également des composés bioactifs à haute valeur médicinale telle que l'ergothionéine, l'Acide gamma-aminobutyrique, l'érythrénénine ou lentinacine, la lovastatine, Les lectines et les polysaccharides structuraux principalement les β -glucanes. Ces composés peuvent fournir divers avantages pour la santé, ils peuvent remédier à des pathologies majeures affectant la santé publique. Les propriétés attribuées à ces composés sont nombreuses : antioxydantes, anticancéreuses, antihypertensives,

hypolipémiantes, antimicrobiennes, anti-inflammatoires, anti-obésité et immunomodulatrices. Ces activités biologiques peuvent réduire les maladies cardiaques et l'hypertension, réguler les troubles métaboliques et les fonctions corporelles, améliorer la santé intestinale, renforcer le système immunitaire.

Les attributs nutritionnels des champignons comestibles et les effets bénéfiques pour la santé des composés bioactifs qu'ils contiennent font des champignons un aliment fonctionnel.

Sur la base de leur utilité pour améliorer la qualité de l'alimentation, rehausser la saveur sans ajouter de sodium, et fournir aux consommateurs un moyen de consommer de petites quantités de protéines animales, Les champignons méritent une place plus importante dans les recommandations alimentaires qui reconnaissent leur caractère unique.

Certains champignons peuvent être mortels. Il faut donc savoir identifier les champignons comestibles, et dans le moindre doute, ne pas hésiter à demander conseil auprès du pharmacien avant de les cuisiner.

RÉSUMÉS

RÉSUMÉ

Titre: Apports des Champignons dans le Régime Alimentaire

Auteur: MOURID Imane

Mots-Clés: Champignons Comestibles, Compositions Biochimiques, Valeurs nutritionnelles, Régimes Alimentaires, Apports Nutritionnels

Les champignons ont été utilisés comme nutriments par de nombreuses communautés en raison de leur goût et de leur contenu nutritionnel. La connaissance de la composition biochimique des champignons comestibles, de leur valeur nutritionnelle et de leurs avantages pour la santé se sont développés de manière dynamique ces dernières années.

D'un point de vue nutritionnel, les champignons comestibles sont des aliments de santé précieux. Ils sont pauvres en calories, en graisses et en sodium, riches en protéines, en fibres alimentaires principalement sous forme de fibres insolubles, ils fournissent un contenu nutritionnel important en minéraux et en vitamines, et sont également une excellente source de vitamine D. Ils contiennent aussi des composés bioactifs à haute valeur médicinale.

L'inclusion d'une portion de champignons dans le régime alimentaire permettrait d'augmenter l'apport nutritionnel en micronutriments sous-consommés ou en nutriments présentant un intérêt pour la santé publique, tels que le fer, le potassium, la vitamine D, le magnésium, les fibres, sans affecter l'apport en calories, en graisses ou en sodium, sachant qu'un apport insuffisant en micronutriments a été systématiquement associé à des effets néfastes sur la santé.

L'incorporation de champignons dans les plats principaux de différents types de régimes serait une stratégie efficace pour aider les consommateurs à atteindre l'objectif nutritionnel recommandé.

Différentes espèces de champignons sont bénéfiques dans le traitement et la prévention de plusieurs maladies chroniques, telles que les maladies cardiovasculaires, les maladies neurodégénératives, le cancer et le diabète sucré.

Les champignons ont été intégrés dans l'industrie agroalimentaire pour le développement de compléments alimentaires afin de faciliter leur intégration dans les régimes alimentaires.

ABSTRACT

Title : Contributions of Mushrooms in the Diet

Author : MOURID Imane

Keywords : Edible Mushrooms, Biochemical Compositions, Nutritional Values, Diets, Nutritional Contributions

Mushrooms have been used as nutrients by many communities because of their taste and nutritional content. The knowledge of the biochemical composition of edible mushrooms, their nutritional value and their health benefits have been developed dynamically in recent years.

From a nutritional point of view, edible mushrooms are valuable health foods. They are low in calories, fat and sodium, rich in protein, dietary fiber mainly in the form of insoluble fiber, they provide a nutritionally significant content of minerals and vitamins, are also an excellent source of vitamin D. They also contain bioactive compounds with high medicinal value.

The inclusion of a portion of mushrooms in the diet would increase the nutritional intake of under-consumed micronutrients or nutrients of public health concern such as iron, potassium, vitamin D, magnesium, fiber without affecting the intake of calories, fat or sodium knowing that an insufficient intake of micronutrients has been consistently associated with adverse health effects.

Incorporating mushrooms into the main courses of different types of diets would be an effective strategy to help consumers meet the recommended nutritional goal.

Different species of mushrooms are beneficial in the treatment and prevention of several chronic diseases, such as cardiovascular disease, neurodegenerative diseases, cancer and diabetes mellitus.

Mushrooms have been incorporated into the food industry for the development of dietary supplements to facilitate their integration into diets.

ملخص

العنوان : مساهمات الفطر في النظام الغذائي

المؤلف : مريد إيمان

الكلمات الأساسية : الفطر الصالح للأكل، التركيبات البيوكيميائية، القيم الغذائية، النظام الغذائي،

الإضافات الغذائية

تم استخدام الفطر كمادة غذائية من قبل العديد من المجتمعات بسبب مذاقه ومحتواه الغذائي. تطورت المعرفة بالتركيب الكيميائي الحيوي للفطر الصالح للأكل وقيمه الغذائية وفوائده الصحية بشكل ديناميكي في السنوات الأخيرة

من وجهة نظر غذائية، يعتبر الفطر الصالح للأكل من الأطعمة الصحية القيمة، فهي منخفضة السعرات الحرارية والدهون والصوديوم وغنية بالبروتين والألياف الغذائية بشكل أساسي على شكل ألياف غير قابلة للذوبان، كما أنها توفر محتوى غذائيًا عاليًا من المعادن والفيتامينات، كما أنها مصدر ممتاز لفيتامين د وتحتوي كذلك على مكونات نشطة بيولوجيًا ذات قيمة طبية عالية.

إضافة وجبة من الفطر في النظام الغذائي من شأنه أن يزيد من المدخول الغذائي من المغذيات الدقيقة أو العناصر الغذائية التي لا تستهلك بشكل كافٍ والتي تهتم الصحة العامة، مثل الحديد والبوتاسيوم وفيتامين د والمغنيسيوم والألياف، دون التأثير على السعرات الحرارية أو الدهون أو الصوديوم، مع العلم أن المدخول الغير كافٍ من المغذيات الدقيقة مرتبط باستمرار بآثار صحية ضارة.

سيكون دمج الفطر في الأطباق الرئيسية للأنواع المختلفة من الأنظمة الغذائية استراتيجية فعالة لمساعدة المستهلكين على تحقيق الهدف الغذائي الموصى به.

أنواع مختلفة من الفطر مفيدة في علاج العديد من الأمراض المزمنة والوقاية منها، مثل أمراض القلب والأوعية الدموية، والأمراض العصبية التنكسية، والسرطان، وداء السكري.

تم دمج الفطر في صناعة المواد الغذائية لتطوير المكملات الغذائية لتسهيل اندماجها في الوجبات الغذائية.

BIBLIOGRAPHIE & WEBOGRAPHIE

- [1] RAPIOR S. & FONS. F. (2007). *Le Règne Fongique*. Laboratoire de Botanique, Phytochimie et Mycologie. Faculté de Pharmacie, Université Montpellier.
- [2] LAMBREY O. (2010). *Découvre le Monde des Champignons*. Institut Klorane.
- [3] CHABASSE D. (2008). *Classification des Champignons d'Intérêt Médical*. Elsevier Masson SAS, Paris. De Philippe Bouchet, Jean-Louis Guignard, Yves-François Pouchus, Jean Villard
- [4] BOUCHET P., GUIGNARD J. L., POUCHUS Y. F. & VILLARD J. (2005). *Les champignons : Mycologie Fondamentale et Appliquée*.
- [5] FERREIRA I. C., BARROS L. & ABREU R. M. V. (2009). *Antioxidants in Wild Mushrooms*.
- [6] KAYSER F. H., BIENZ K. A., ECKERT J. & ZINKERNAGEL R. M. (2005). *Medical Microbiology*. Éditions Thieme.
- [7] MANOHARACHARY C., TILAK K. V., MALLAIAH K. V. & KUNWAR I. K. (2016). *Mycology and Microbiology*. Éditions Authors.
- [8] MIDGLEY G., HAY R., & CLAYTON Y. (1998). *Atlas de Poche de Mycologie*. Éditions Flammarion.
- [9] ZARDOUA S. (2021). *Rôle du Pharmacien dans le Traitement et la Prise en Charge des Infections Fongiques chez le Diabétique*. Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat - Université Mohammed V de Rabat.
- [10] RAPIOR S. & FONS F. (2006). *La Classification des Champignons*. Laboratoire de Botanique, Phytochimie et Mycologie. Faculté de Pharmacie, Université Montpellier.
- [11] EYSSARTIER G. & ROUX P. (2017). *Le Guide Des Champignons France Et Europe*
- [12] GÉVRY M. F., SIMARD D. & ROY G. (2009). *Champignons Comestibles*. Éditions Forêt Modèle du Lac-Saint-Jean.
- [13] BOA E. (2004). *Wild Edible Fungi: A Global Overview of Their Use and Importance to People*. FAO.

- [14] ZHANGA Y., WANGA D., CHENA Y., LIUA T., ZHANGA S., FANA H., LIUA H. & LID Y. (2021). *Healthy Function and High Valued Utilization of Edible Fungi*. Food Science and Human Wellness. Beijing Academy of Food Sciences.
- [15] VALVERDE M. E., HERNÁNDEZ-PÉREZ T. & PAREDES-LÓPEZ O. (2014). *Edible Mushrooms: Improving Human Health and Promoting Quality Life*. International Journal of Microbiology.
- [16] CATHERINE N. O. (2022). *Cueillette des Champignons : Le Calendrier selon les Mois et les Saisons*.
- [17] BALZEAU K. & JOLY P. (2011). *À la Recherche des Champignons*. 2ème Édition. Éditions Dunod.
- [18] ANSES (2017). *Liste des Champignons Comestibles*. Agence Nationale de Sécurité Sanitaire.
- [19] VEYRET-VERNER G. (1957). *Les Différents Types de Régime Alimentaire : Essai d'Interprétation Géographique*, dans *Revue de Géographie Alpine*.
- [20] GRUZEL M. (2020). *Les Constituants Nutritionnels*.
- [21] BOUCHARD-DOYON J. (2017). *Les Différents Régimes Alimentaires*.
- [22] MATHIEU S. & DORARD G. (2016). *Végétarisme, Végétalisme, Véganisme : Aspects Motivationnels et Psychologiques Associés à l'Alimentation Sélective*. Université Paris Descartes.
- [23] VEYRET-VERNER G. (1957). *Les Différents Types de Régime Alimentaire : Essai d'Interprétation Géographique*.
- [24] KALAC P. (2016). *Edible Mushrooms : Chemical Composition and Nutritional Values*. Academic Press. (OUVRAGE)
- [25] ASSEMIE A. & ABAYA G. (2022). *The Effect of Edible Mushroom on Health and Their Biochemistry*.
- [26] MURY E. (1989). *Les Protéines Fongiques Utilisées dans l'Alimentation*. Université Joseph FOURIER - Grenoble I - Sciences Technologie Médecine, U.F.R. de Pharmacie. (THESE)

- [27] KALAC P. (2009). *Chemical Composition and Nutritional Value of European Species of Wild Growing Mushrooms : A Review*. Food Chem.
- [28] KALAC P. (2012). *Mushrooms : Types, Properties and Nutrition*. Nova Science.
- [29] VAZ J. A., BARROS L., MARTINS A., SANTOS-BUELGA C., VASCONCELOS M. H. & FERREIRA I. C. (2011). *Chemical Composition of Wild Edible Mushrooms and Antioxidant Properties of their Water Soluble Polysaccharidic and Ethanolic Fractions*. Food Chem.
- [30] BARROS L., BAPTISTA P., CORREIA D. M., MORAIS J. S. & FERREIRA I. C. (2007). *Effects of Conservation Treatment and Cooking on the Chemical Composition and Antioxidant Activity of Portuguese Wild Edible Mushrooms*.
- [31] HELENO S. A., BARROS L., SOUSA M. J., MARTINS A., SANTOS-BUELGA C. & FERREIRA I. C. F. R. (2011). *Targeted Metabolites Analysis in Wild Boletus Species*.
- [32] REIS F. S., BARROS L., MARTINS A. AND & FERREIRA I. C. F. R. (2012). *Chemical Composition and Nutritional Value of the Most Widely Appreciated Cultivated Mushrooms : An Inter-Species Comparative Study*.
- [33] AKYUZ M. & KIRBAG S. (2010). *Nutritive Value of Wild Edible and Cultured Mushrooms*.
- [34] BAUER PETROVSKA B. (2001). *Protein Fraction of Edible Macedonian Mushrooms*.
- [35] UZUN Y., GENCCELEP H., TUNCTURK Y. & DEMIREL K. (2009). *Determination of Protein and Nitrogen Fractions of Wild Edible Mushrooms*.
- [36] AYAZ F.A., TORUN H., ÖZEL A., COL M., DURAN C., SESLI E., & al. (2011). *Nutritional Value of Some Wild Edible Mushrooms from the Black Sea Region*.
- [37] VETTER J. (1993). *Amino Acid Composition of Edible Mushrooms of Genera Russula and Agaricus*.
- [38] MANZI P., GAMBELLI L., MARCONI S., VIVANTI V. & PIZZOFEERRATO L. (1999). *Nutrients in Edible Mushrooms: An Inter-Species Comparative Study*.
- [39] AYAZ F. A., CHUANG L. T., TORUN H., COLAK A., SESLI E., PRESLEY J. & al. (2011). *Fatty Acid and Amino Acid Compositions of Selected Wild-Edible Mushrooms Consumed in Turkey*.

- [40] BERCHACHE R. (2020). *Intérêt Nutritionnel et Thérapeutique des Champignons Comestibles*. Université des Frères Mentouri Constantine 1. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie.
- [41] NITSCHKE J., ALTENBACH H. J., MALOLEPSZY. T. & MOLLEKEN H. (2011). *A New Method for the Quantification of Chitin and Chitosan in Edible Mushrooms*.
- [42] PEREIRA E., BARROS L., MARTINS A. & FERREIRA I. C. F. R. *Towards Chemical and Nutritional Inventory of Portuguese Wild Edible Mushrooms*.
- [43] PEDNEAULT K., ANGERS P., GOSSELIN A., TWEDDEL R. J. (2008). *Fatty Acid Profiles of Polar and Neutral Lipids of Ten Species of Higher Basidiomycetes Indigenous to Eastern Canada*.
- [44] PEDNEAULT K., ANGERS P., GOSSELIN A., TWEDDEL R. J. (2006). *Fatty Acid Composition of Lipids from Mushrooms Belonging to the Family Boletaceae*.
- [45] BARROS L., VENTUIZINI B. A., BAPTISTA P., ESTEVINHO L. M., & FERREIRA I. C. F. R. (2008). *Chemical Composition and Biological Properties of Portuguese Wild Mushrooms: A Comprehensive Study*.
- [46] STOJKOVIĆ D., REIS F. S., GLAMOČLIJA J., ĆIRIĆ A., BARROS L., VAN GRIENSVEN, L. J. L. D. & al. (2014). *Cultivated Strains of Agaricus bisporus and A. brasiliensis : Chemical Characterization and Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Properties for the Final Healthy Product—Natural Preservatives in Yoghurt*.
- [47] OBODAI M., FERREIRA I. C., FERNANDES A., BARRO L., NARH MENSAH D. L. DZOMEKU, M., & al. (2014). *Evaluation of the Chemical and Antioxidant Properties of Wild and Cultivated Mushrooms of Ghana*.
- [48] VAZ J. A., BARROS L., MARTINS A., SANTOS-BUELGA C., VASCONCELOS M. H. & FERREIRA I. C. (2011). *Chemical Composition of Wild Edible Mushrooms and Antioxidant Properties of their Water Soluble Polysaccharidic and Ethanolic Fractions*.
- [49] HELENO S. A., BARROS L., SOUSA M. J., MARTINS A. & FERREIRA I. C. *Study and Characterization of Selected Nutrients in Wild Mushrooms from Portugal by Gas Chromatography and High Performance*.
- [50] HELENO S. A., BARROS L., SOUSA M. J., MARTINS A., SANTOS-BUELGA C. & FERREIRA I. C. (2011). *Targeted Metabolites Analysis in Wild Boletus Species*.

- [51] GRANGEIA C., HELENO S. A., BARROS L., MARTINS A. & FERREIRA I. C. (2011). *Effects of Trophism on Nutritional and Nutraceutical Potential of Wild Edible Mushrooms*.
- [52] HH NITSCHKE J., ALTENBACH H. J., MALOLEPSZY T. & MOLLEKEN H. (2011). *A New Method for the Quantification of Chitin and Chitosan in Edible Mushrooms*.
- [53] RONCERO-RAMOS I. & DELGADO-ANDRADE C. (2010). *The Beneficial Role of Edible Mushrooms in Human Health*.
- [54] NILE S. H. & PARK S.W. (2014). *Total, Soluble, and Insoluble Dietary Fiber Contents of Wild Growing Edible Mushrooms*.
- [55] MANZI P., AGUZZI A. & PIZZOFEERRATO L. (2001). *Nutritional Value of Mushrooms Widely Consumed in Italy*.
- [56] MANZI P., MARCONI S., AGUZZI A., & PIZZOFEERRATO L. (2004). *Commercial Mushrooms : Nutritional Quality and Effect of Cooking*.
- [57] HO L., ZULKIFLI N. & TAN T. (2020). *Edible Mushroom: Nutritional Properties, Potential Nutraceutical Values, and Its Utilisation in Food Product Development*.
- [58] CHEUNG P. C. (1996). *Dietary Fiber Content and Composition of some Cultivated Edible Mushroom Fruiting Bodies and Mycelia*.
- [59] Ministère de la santé. (2016). *Guide Marocain de Nutrition*.
- [60] QUINCHE J. P. (1997). *Phosphorus and Heavy Metals in some Species of Fungi*.
- [61] KALAC P. (2010). *Trace Element Contents in European Species of Wild Growing Edible Mushrooms: A Review for the Period 2000–2009*.
- [62] WANI B. A., BODHA R. H. & WANI A. H. (2010). *Nutritional and Medicinal Importance of Mushrooms*. Department of Botany, University of Kashmir.
- [63] KALAC P. (2012). *Mushrooms: Types, Properties and Nutrition*.
- [64] GUCIA M., JARZYNSKA G., RAFAŁ E., ROSZAK M., KOJTA A. K., OSIEJ I. & FALANDYSZ J. (2012). *Multivariate Analysis of Mineral Constituents of Edible Parasol Mushroom (*Macrolepiota procera*) and Soils Beneath Fruiting Bodies Collected from Northern Poland*.

- [65] SHAO S., HERNANDEZ M., KRAMER J. K. G., RINKER D. L. & TSAO R. (2010). *Ergosterol Profiles, Fatty Acid Composition, and Antioxidant Activities of Button Mushrooms as Affected by Tissue Part and Developmental Stage*.
- [66] KO J. A. LEE B. H., LEE J. S. & PARK H. J. (2008). *Effect Of UV-B Exposure on the Concentration of Vitamin D2 in Sliced Shiitake Mushroom (Lentinus edodes) and White Button Mushroom (Agaricus bisporus)*.
- [67] KRINGS U. & BERGER R. G. (2014). *Dynamics of Sterols and Fatty Acids During UV-B Treatment of Oyster Mushroom*.
- [68] ROBERTS J. S., TEICHERT A. & MCHUGH T. H. (2008). *Vitamin D2 Formation from Post-Harvest UV-B Treatment of Mushrooms (Agaricus bisporus) and Retention During Storage*.
- [69] BARREIRA J. C. M., OLIVEIRA M. B. P. P. & FERREIRA, I. C. F. R. (2014). *Development of a Novel Methodology for the Analysis of Ergosterol in Mushrooms*.
- [70] TEICHMANN A., DUTTA P. C., STAFFAS A. & JÄGERSTAD M. (2007). *Sterol and Vitamin D2 Concentration in Cultivated and Wild Grown Mushrooms : Effects of UV Irradiation*.
- [71] WATANABE F., SCHWARZ J., TAKENAKA S., MIYAMOTO E., OHISHI, N., NELLE E. & al. (2012). *Characterization of Vitamin B12 Compounds in the Wild Edible Mushroom Black Trumpet (Craterellus cornucopioides) and Golden Chanterelle (Cantharellus cibarius)*.
- [72] MATTILA P., KÖNKÖ K., PIHLAVA J. M., ASTOLA J., VAHTERISTO L., HIETANIEMI V. & al. (2001). *Contents of Vitamins, Mineral Elements, and Some Phenolic Compounds in Cultivated Mushrooms*.
- [73] KOYYALAMUDI S. R., JEONG S. C., CHO K. Y., PANG G. (2009). *Vitamin B12 is the Active Corrinoid Produced in Cultivated White Button Mushrooms (Agaricus bisporus)*.
- [74] APRIFEL (2019). *Fiche Nutritionnelle : Champignon*.
- [75] CASI (Clinical Applications of Scientific Innovation) (2019). *The Surprising Protein Composition of Mushrooms*.
- [76] MANIKANDAN K. *Nutritional and Medicinal Values of Mushrooms*.

- [77] RANGEL-VARGAS E., RODRIGUEZ J. A., DOMÍNGUEZ R., LORENZO J. M., SOSA M. E., ANDRÉS S. C., ROSMINI M., PÉREZ-ALVAREZ J. A., TEIXEIRA A. & SANTOS E. M. (2021). *Edible Mushrooms as a Natural Source of Food Ingredient/Additive Replacer*.
- [78] AYAZ F. A., CHUANG L. T., TORUN H., COLAK A., SESLI E., PRESLEY J. & al. (2011). *Fatty Acid and Amino Acid Composition of Selected Wild-Edible Mushrooms Consumed in Turkey*.
- [79] MFUNI K., NGOIE I. N., NSENGA N., MWAMBA K. M., KASUMPA B. & SUMBA K. (2021). *Potentialités Nutritionnelle et Diététique des Champignons Sauvages Comestibles Rencontrés sur le Marché à Lubumbashi*.
- [80] RIZZO G., GOGGI S., GIAMPIERI F. & BARONI L. (2021). *A Review of Mushrooms in Human Nutrition and Health*.
- [81] GEORGESCU A. A., DANET A. F., RADULESCU C., STIHI C., DULAMA I. D. & BURULEANU C. L. (2017). *Nutritional and Food Safety Aspects Related to the Consumption of Edible Mushrooms from Dambovită County in Correlation with their Levels of Some Essential and Non-essential Metals*.
- [82] CALVO M. S., BABU U. S., GARTHOFF L. H., WOODS T. O., DREHER M., HILL G. & al. (2013). *Vitamin D₂ from Light-Exposed Edible Mushrooms is Safe, Bioavailable and Effectively Supports Bone Growth in Rats*.
- [83] SIMON R. R., BORZELLECA J. F., DELUCA H. F. & WEAVER C. M. (2013). *Safety Assessment of the Post-Harvest Treatment of Button Mushrooms (*Agaricus bisporus*) Using Ultraviolet Light*.
- [84] URBAIN P., SINGLER F., IHORST G., BIESALSKI H. K. & BERTZ H. (2011). *Bioavailability of Vitamin D₂ from UV-B-Irradiated Button Mushrooms in Healthy Adults in Serum 25-Hydroxyvitamin D : A Randomized Trial*.
- [85] CONAN C. (2021). *Le Champignon : Légume Faible en Calories*.
- [86] GUILLOT J. & KONSKA G. (1997). *Lectins in Higher Fungi*.
- [87] MIZUNO M. & NISHITANI Y. (2013). *Immunomodulating Compounds in Basidiomycetes*. Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition.

- [88] FERREIRA I. C., BARROS L. & ABREU R. M. V. (2009). *Antioxidants in Wild Mushrooms*.
- [89] SYNYTSYA A., MÍČKOVÁ K., SYNYTSYA A., JABLONSKÝ I., SPĚVÁČEK J. & ERBAN V. (2009). *Glucans from Fruit Bodies of Cultivated Mushrooms *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* : Structure and Potential Prebiotic Activity*.
- [90] CHEN S. Y., HO K. J., HSIEH Y. J., WANG L. T. & MAU J. L. (2012). *Contents of Lovastatin, Γ -Aminobutyric Acid and Ergothioneine in Mushroom Fruiting Bodies and Mycelia*.
- [91] LO Y. C., LIN S. Y., ULZIJARGAL E., CHEN A. Y., CHIEN R. C., TZOU Y. J. & al. (2012). *Comparative Study of Contents of Several Bioactive Components in Fruiting Bodies and Mycelia of Culinary-Medicinal Mushrooms*.
- [92] YANG H., HWANG I., KIM S., HONG E. J. & JEUNG E. B. (2013). *Lentinus edodes Promotes Fat Removal in Hypercholesterolemic Mice*.
- [93] YANG H., HWANG I., KIM S., HONG E. J. & JEUNG E. B. (2013). *Lentinus edodes Promotes Fat Removal in Hypercholesterolemic Mice*.
- [94] ENMAN J., ROVA U. & BERGLUND K. A. (2007). *Quantification of the Bioactive Compound Eritadenine in Selected Strains of Shiitake Mushroom (*Lentinus edodes*)*.
- [95] CHIANG P. D., YEN C. T. & MAU J. L. (2006). *Non-Volatile Taste Components of Canned Mushrooms*.
- [96] SAPOZHNIKOVA Y., BYRDWELL W.C., LOBATO A. & ROMIG B. (2014). *Effects of UV-B Radiation Levels on Concentrations of Phytosterols, Ergothioneine, and Polyphenolic Compounds in Mushroom Powders Used as Dietary Supplements*.
- [97] DUBOST N. J., OU B. & BEELMAN R. B. (2007). *Quantification of Polyphenols and Ergothioneine in Cultivated Mushrooms and Correlation to Total Antioxidant Capacity*.
- [98] LO Y. C., LIN S. Y., ULZIJARGAL E., CHEN A. Y., CHIEN R. C., TZOU Y. J. & al. (2012). *Comparative Study of Contents of Several Bioactive Components in Fruiting Bodies and Mycelia of Culinary-Medicinal Mushrooms*.

- [99] WEIGAND-HELLER A., KRIS-ETHERTON P. M. & BEELMAN R. B. (2012). *The Bioavailability of Ergothioneine from Mushrooms (Agaricus bisporus) and the Acute Effects on Antioxidant Capacity and Biomarkers of Inflammation.*
- [100] FEENEY M. J., MILLER A. M. & ROUPAS P. (2014). *Mushrooms - Biologically Distinct and Nutritionally Unique.*
- [101] FULGONI V. L. & AGARWAL S. (2020). *Nutritional Impact of Adding a Serving of Mushrooms on Usual Intakes and Nutrient Adequacy Using National Health and Nutrition Examination Survey 2011-2016 Data.*
- [102] MYRDAL MILLER A., MILLS K., WONG T., DRESCHER G., LEE S.M., SIRIMUANGMOON C., SCHAEFER S., LANGSTAFF S., MINOR B. & GUINARD J. X. (2014). *Flavor-Enhancing Properties of Mushrooms in Meat-Based Dishes in Which Sodium Has Been Reduced and Meat Has Been Partially Substituted with Mushrooms.* Journal of Food Science.
- [103] The Mushroom Council. *How Mushrooms Fit into Popular Diet.*
- [104] USDA - US Department of Agriculture (2018). *Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory.* USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy.
- [105] CHESKIN L.J., DAVIS L.M., LIPSKY L.M. & MITOLA A.H. (2007). *Lack of Energy Compensation Over 4 Days When White Button Mushrooms Are Substituted for Beef.*
- [106] MANNING L. & BIESIEKIESKI J. (2018). *Use of Dietary Interventions for Functional Gastrointestinal Disorders.* Current Opinion in Pharmacology.
- [107] VALVERDE M.E., HERNANDEZ-PEREZ T. & PAREDES-LOPEZ O. (2015). *International Journal of Microbiology.*
- [108] KALARAS M., RICHIE J., CALCAGNOTTO A. & BEELMAN R. (2017). *Mushrooms: A Rich Source of the Antioxidants Ergothioneine and Glutathione.* Food Chemistry.
- [109] CHEAH I.K., FENG L., TANG R., LIM K. & HALLIWELL B. (2016). *Ergothioneine Levels in an Elderly Population Decrease with Age and Incidence of Cognitive Decline ; A Risk Factor for Neurodegeneration ?.*

- [110] GUILLAMÓN E., GARCÍA-LAFUENTE A., LOZANO M., D'ARRIGO M., ROSTAGNO M. A., VILLARES A. & MARTÍNEZ J. A. (2010). *Edible Mushrooms : Role in The Prevention of Cardiovascular Diseases*.
- [111] MENG X., LIANG H. & LUO L. (2016). *Antitumor Polysaccharides from Mushrooms: A Review on the Structural Characteristics, Antitumor Mechanisms and Immunomodulating Activities*.
- [112] ZHANG M., HUANG J., XIE X. & HOLMAN C. D. (2009). *Dietary Intakes of Mushrooms and Green Tea Combine to Reduce the Risk of Breast Cancer in Chinese Women*.
- [113] AMANDINE, PASCAL. (2021). *Le Guide Des Champignons*
- [114] POUCHERET P., FONS F. & RAPIOR S. (2006). *Biological and Pharmacological Activity of Higher Fungi : 20-Year Retrospective Analysis*.
- [115] WASSER S. P. (2014). *Medicinal Mushroom Science : Current Perspectives, Advances, Evidences, and Challenges*.
- [116] ANDRESSA CHICATTO J., AREND V., HELM C. R., BENATHAR BALLOD L. (2014). *Optimization of The Production Process of Enzymatic Activity of Lentinula Edodes (Berk.) Pegler In Holocelulases*
- [117] REN M., YE L., HAO X., REN Z., REN S., XU K. & LI J. (2014). *Polysaccharides from Tricholoma Matsutake and Lentinus edodes Enhance 5-Fluorouracil-Mediated H22 Cell Growth Inhibition*.
- [118] HASSAN M. A. A., ROUF R., TIRALONGO E., MAY T. W. & TIRALONGO J. (2016). *Mushroom Lectins : Specificity, Structure and Bioactivity Relevant to Human Disease*.
- [119] HANDAYANI D., CHEN J., MEYER B. J. & HUANG X. F. (2011). *Dietary Shiitake Mushroom (Lentinus edodes) Prevents Fat Deposition and Lowers Triglyceride in Rats Fed a High-Fat Diet*.
- [120] KHAN L. (2008). *Nutritional Analysis of Dietary Mushroom- Pleurotus Sajor-Caju & Pleurotus Florida and Their Effects on Hypercholesterolemic Rats*

- [121] CHITAMBA J., SHAMUYARIRA M., DUBE F., MUDADA N. & MAPURAZI S. *Evaluation of Cotton Waste and Paper Waste for Culture of Pleurotus sajor-caju under Different Pasteurization Methods.*
- [122] CHEN J., YONG Y., XING M. G., U Y., ZHANG Z., ZHANG S. & LU L. (2013). *Characterization of Polysaccharides with Marked Inhibitory Effect on Lipid Accumulation in Pleurotus Eryngii.*
- [123] GIL-RAMÍREZ A., CAZ V., SMIDERLE F. R., MARTIN-HERNANDEZ R., LARGO C., TABERNERO M., MARÍN F. R., IACOMINI M., REGLERO G. & SOLER-RIVAS C. (2016). *Water-Soluble Compounds from Lentinula edodes Influencing the HMG-CoA Reductase Activity and the Expression of Genes Involved in The Cholesterol Metabolism.*
- [124] YANG H., HWANG I., KIM S., HONG E. & JEUNG E. (2013). *Lentinus edodes Promotes Fat Removal in Hypercholesterolemic Mice.*
- [125] MADUABUCHI EZEALISIJ K. (2016). *Formulation and Evaluation of the Effectiveness of a Novel Hand Sanitizer using Pleurotus ostreatus Oyster Mushroom Extract.*
- [126] CAZ V., GIL-RAMÍREZ A., LARGO C., TABERNERO M., SANTAMARÍA M., MARTÍN-HERNÁNDEZ R., MARÍN F. R., REGLERO G. & SOLER-RIVAS C. (2015). *Modulation of Cholesterol-Related Gene Expression by Dietary Fiber Fractions from Edible Mushrooms.*
- [127] GIL-RAMÍREZ A., RUIZ-RODRÍGUEZ A., MARÍN F. R., REGLERO G. & SOLER-RIVAS C. (2014). *Effect of Ergosterol-Enriched Extracts Obtained from Agaricus bisporus on Cholesterol Absorption using an in Vitro Digestion Model.*
- [128] GIL-RAMÍREZ A., CAZ V., MARTIN-HERNANDEZ R., MARÍN F. R., LARGO C., RODRÍGUEZ- CASADO A., TABERNERO M., RUIZ-RODRÍGUEZ A., REGLERO G. & SOLER-RIVAS C. (2016). *Modulation of Cholesterol-Related Gene Expression by Ergosterol and Ergosterol-Enriched Extracts Obtained from Agaricus bisporus.*
- [129] MATA G., MEDEL ORTIZ R., CALLAC P., BILLETTE C. (2016). *Primer Registro De Agaricus Bisporus (Basidiomycota, Agaricaceae) Silvestre En Tlaxcala Y Veracruz, México.*

- [130] JEONG S. C., YANG B. K., ISLAM R., KOYYALAMUDI S. R., PANG G., CHO K. Y. & SONG C. H. (2010). *White Button Mushroom (Agaricus bisporus) Lowers Blood Glucose and Cholesterol Levels in Diabetic and Hypercholesterolemic Rats.*
- [131] POLEMIS E., ZERVAKIS G. I., GARGANO, M. L., DENCHEV C. M., DENCHEV T. T. & VENTURELLA, G., (2013). *Selected Choice Wild Edible Mushrooms.*
- [132] LI J. P., LEI Y. L. & ZHAN H. (2014). *The Effects of the King Oyster Mushroom Pleurotus eryngii (Higher Basidiomycetes) on Glycemic Control in Alloxan-Induced Diabetic Mice.*
- [133] DAWIDOWICZ L. O. (2021). *Cultivation Of Oyster Mushrooms (Pleurotus Sp.) Using Organic Waste: An Example With Pleurotus Pulmonarius*
- [134] BADOLE S. L., PATEL N. M., THAKURDESAI P. A. & BODHANKAR S. L. (2008). *Interaction of Aqueous Extract of Pleurotus pulmonarius (Fr.) Quel-Champ With Glyburide in Alloxan Induced Diabetic Mice.*
- [135] HU S. H., WANG J. C., LIEN J. L., LIAW E. T. & LEE M. Y. (2006). *Antihyperglycemic Effect of Polysaccharide from Fermented Broth of Pleurotus citrinopileatus.*
- [136] NG S. H., ZAIN M. S., ZAKARIA F., ISHAK W. R. W. & AHMAD W. A. N. W. (2015). *Hypoglycemic and Antidiabetic Effect of Pleurotus sajor-caju aqueous Extract in Normal and Streptozotocin-Induced Diabetic Rats.*
- [137] MASCARO M. B., FRANÇA C. M., ESQUERDO K. F., LARA M. A., WADT N. S. & BACH E.E. (2014). *Effects of Dietary Supplementation with Agaricus sylvaticus schaeffer pn Glycemia and Cholesterol after Streptozotocin-Induced Diabetes in Rats.*
- [138] NIWA A., TAJIRI T. & HIGASHINO H. (2011). *Ipomoea Batatas and Agaricus blazei Ameliorate Diabetic Disorders with Therapeutic Antioxidant Potential in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats.*
- [139] CHEN J., YONG Y., XING M. G., U Y., ZHANG Z., ZHANG S. & LU L. (2013). *Characterization of Polysaccharides with Marked Inhibitory Effect on Lipid Accumulation in Pleurotus eryngii.*

- [140] FRIEDMAN M. (2015). *Chemistry, Nutrition, and Health-Promoting Properties of *Hericium erinaceus* (Lion's Mane) Mushroom Fruiting Bodies and Mycelia and their Bioactive Compounds.*
- [141] LAU C. C., ABDULLAH N., SHUIB A. S. & AMINUDIN N. (2014). *Novel Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptides Derived from Edible Mushroom *Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach Identified by LC-MS/MS.*
- [142] IBADALLAH B. X., ABDULLAH N. & SHUIB A. S. (2015). *Identification of Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitory Proteins from Mycelium of *Pleurotus Pulmonarius* (Oyster Mushroom).*
- [143] POPOLON. (2014). *Hypsizygus Marmoreus (Brown Shimeji)*
- [144] KANG M. G., KIM Y. H., BOLORMAA Z., KIM M. K., SEO G. S. & LEE J. S. (2013). *Characterization of an Antihypertensive Angiotensin I-Converting Enzyme Inhibitory Peptide from the Edible Mushroom *Hypsizygus marmoreus*.*
- [145] MOON B. & LO Y. M. (2013). *Conventional and Novel Applications of Edible Mushrooms in Today's Food Industry.*
- [146] MÉRY L. (2019). *Lentinula edodes (Shiitake), Champignon Médicinal Comestible : Les Modes de Culture, les Effets Secondaires Liés à sa Consommation et leurs Traitements.* Université de Montpellier.
- [147] SHARMA V. P. & KUMAR S. *Cultivation of Shiitake Mushroom (*Lentinula edodes*).* Directorate of Mushroom Research. Indian Council of Agricultural Research.
- [148] BELABBAS M. (2015). *Les Compléments Alimentaires à Base de Champignons : Bénéfices et Risques.* Université Mohammed V de Rabat. Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat.
- [149] JONG S. C. & BIRMINGHAM J. M. (1993). *Medicinal and Therapeutic Value of the Shiitake Mushroom.*
- [150] GUILLAMON E., GARCIA-LAFUENTE A., LOZANO M., D'ARRIGO M., ROSTAGNO M. A. & VILLARES A. (2010). *Edible Mushrooms : Role in the Prevention of Cardiovascular Diseases.*

- [151] XU C., HAIYAN Z., JIANHONG Z. & JING G. (2008). *The Pharmacological Effect of Polysaccharides from *Lentinus edodes* on the Oxidative Status and Expression of VCAM-1mRNA of Thoracic Aorta Endothelial Cell in High-Fat-Diet Rats.*
- [152] HERAULT M., WATON J., BURSZTEJN A. C., SCHMUTZ J. L. & BARBAUD A. (2010). *Shiitake Dermatitis Now Occurs in France.*
- [153] RAPIOR S., LAHIDELY M., FONS F., MINH TA M. (2016). *Les Secrets Du Ganoderme Luisant : Morphologie, Constituants Chimiques Et Activités Thérapeutiques*
- [154] LEE B.C., BAE J. T., PYO H. B., CHOE T. B., KIM S. W. HWANG H. G. & YUN J. W. (2003). *Biological Activities of the Polysaccharides Produced from Submerged Culture of the Edible Basidiomycete *Grifola frondosa*. Enzyme and Microbial Technology.*
- [155] MAYELL M. (2001). *Maitake Extracts and Their Therapeutic Potential : A Review.*
- [156] HIROAKI N. P. D. (1997). *Maitake D-Fraction : Healing and Preventive Potential for Cancer.*
- [157] DAN WILSON A. L. (2021). *Delta Mushrooms in All Seasons : Autumn Bloomers.*
- [158] BELABBAS M. (2015). *Les Compléments Alimentaires à Base de Champignons : Bénéfices et Risques.* Faculté de Médecine et de Pharmacie de Rabat.
Université Mohammed V de Rabat.



SERMENT DE GALIEN

Je jure en présence des maîtres de cette faculté :

- D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement*
- D'exercer ma profession avec conscience, dans l'intérêt de la santé public, sans jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine*
- D'être fidèle dans l'exercice de la pharmacie à la législation en vigueur, aux règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement*
- De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession, de ne jamais consentir à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels*
- Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses, que je sois méprisé de mes confrères si je manquais à mes engagements*



قسم الصيدلي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أقسم بالله العظيم

أن أراقب الله في مهنتي

أن أبجل أساتذتي الذين تعلمت على أيديهم مبادئ مهنتي
وأعترف لهم بالجميل وأبقى دوما وفيا لتعاليمهم

أن أزاول مهنتي بوازع من ضميري
لما فيه صالح الصحة العمومية وأن لا أقصر أبدا في
مسؤوليتي وواجباتي تجاه المريض وكرامته الإنسانية

أن ألتزم أثناء ممارستي للصيدلة بالقوانين المعمول بها
وبأدب السلوك والشرف وكذا بالاستقامة والترفع

أن لا أفشي الأسرار التي قد تعهد إلي
أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي
وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق
أو تشجيع الأعمال الإجرامية

لأحظى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي
أو أحتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالتزاماتي

والله على ما أقول شهيد



المملكة المغربية
جامعة محمد الخامس بالرباط
كلية الطب والصيدلة
الرباط



أطروحة رقم: 16

سنة : 2023

مساهمات الفطر في النظام الغذائي

أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : / / 2023/

من طرف

السيدة إيمان مريد

المزودة في 28 فبراير 1998 بالمحمدية

لنيل شهادة

دكتور في الصيدلة

الكلمات الأساسية : الفطر الصالح للأكل؛ التركيبات البيوكيميائية؛ القيم الغذائية؛
النظام الغذائي؛ الإضافات الغذائية

أعضاء لجنة التحكيم:

رئيس	السيد بدر الدين الميموني أستاذ في علم الطفيليات
مشرف	السيد مراد بوشريك أستاذ في علم الطفيليات والفطريات
عضوة	السيدة حفيدة الناوي أستاذة مبرزة في علم الطفيليات والفطريات
عضوة	السيدة مريم إيكين أستاذة مبرزة في علم الطفيليات والفطريات
عضوة	السيدة سعاد أزلماط أستاذة في علم الطفيليات والفطريات