

UNIVERSITE MOHAMMED V - RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - RABAT-

ANNEE: 2017

THESE N°: 21

LES TRUFFES :  
APPORT NUTRITIONNEL ET THERAPEUTIQUE

THÈSE

Présentée et soutenue publiquement le : .....

PAR

Mlle. Asmae BENMOULOU

Née le 20 Mars 1991 à Rabat

Pour l'Obtention du Doctorat en Pharmacie

MOTS CLES: Truffe – Nutriment – Antioxydant – Antibactérien.

JURY

<b>Mr. M. DRAOUI</b> Professeur de Chimie Analytique		PRESIDENT
<b>Mr. M. BOUATIA</b> Professeur de Chimie Analytique		RAPPORTEUR
<b>Mr. M. OULAD BOUYAHYA IDRISSE</b> Professeur de Chimie Analytique	}	JUGES
<b>Mr. R. NEJJARI</b> Professeur de Pharmacognosie		
<b>Mr. Y. RAHALI</b> Professeur de Pharmacie Galénique		

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"سبحانك لا علم لنا  
إلا ما علمتنا  
إنك أنت العليم الحكيم"

سورة البقرة: الآية: 31

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمَ



UNIVERSITE MOHAMMED V DE RABAT  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE - 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



**ADMINISTRATION :**

**Doyen** : Professeur Mohamed ADNAOUI  
**Vice Doyen chargé des Affaires Académiques et étudiantes**  
Professeur Mohammed AHALLAT  
**Vice Doyen chargé de la Recherche et de la Coopération**  
Professeur Taoufiq DAKKA  
**Vice Doyen chargé des Affaires Spécifiques à la Pharmacie**  
Professeur Jamal TAOUFIK  
**Secrétaire Général** : Mr. Mohamed KARRA

**1- ENSEIGNANTS-CHERCHEURS MEDECINS  
ET  
PHARMACIENS**

**PROFESSEURS :**

**Décembre 1984**

Pr. MAAOUNI Abdelaziz	Médecine Interne – <u>Clinique Royale</u>
Pr. MAAZOUZI Ahmed Wajdi	Anesthésie -Réanimation
Pr. SETTAF Abdellatif	pathologie Chirurgicale

**Novembre et Décembre 1985**

Pr. BENSAID Younes	Pathologie Chirurgicale
--------------------	-------------------------

**Janvier, Février et Décembre 1987**

Pr. CHAHED OUAZZANI Houria	Gastro-Entérologie
Pr. LACHKAR Hassan	Médecine Interne
Pr. YAHYAOUI Mohamed	Neurologie

**Décembre 1988**

Pr. BENHAMAMOUCH Mohamed Najib	Chirurgie Pédiatrique
Pr. DAFIRI Rachida	Radiologie

**Décembre 1989**

Pr. ADNAOUI Mohamed	Médecine Interne – <u>Doyen de la FMPR</u>
---------------------	--------------------------------------------

Pr. CHAD Bouziane  
Pr. OUAZZANI Taïbi Mohamed Réda

### Janvier et Novembre 1990

Pr. CHKOFF Rachid  
Pr. HACHIM Mohammed\*  
Pr. KHARBACH Aïcha  
Pr. MANSOURI Fatima  
Pr. TAZI Saoud Anas

### Février Avril Juillet et Décembre 1991

Pr. AL HAMANY Zaïtounia  
Pr. AZZOUZI Abderrahim  
Pr. BAYAHIA Rabéa  
Pr. BELKOUCHI Abdelkader  
Pr. BENCHEKROUN Belabbes Abdellatif  
Pr. BENSOUA Yahia  
Pr. BERRAHO Amina  
Pr. BEZZAD Rachid  
Pr. CHABRAOUI Layachi  
Pr. CHERRAH Yahia  
Pr. CHOKAIRI Omar  
Pr. KHATTAB Mohamed  
Pr. SOULAYMANI Rachida  
Pr. TAOUFIK Jamal

### Décembre 1992

Pr. AHALLAT Mohamed  
Pr. BENSOUA Adil  
Pr. BOUJIDA Mohamed Najib  
Pr. CHAHED OUAZZANI Laaziza  
Pr. CHRAIBI Chafiq  
Pr. DEHAYNI Mohamed\*  
Pr. EL OUAHABI Abdessamad  
Pr. FELLAT Rokaya  
Pr. GHAFIR Driss\*  
Pr. JIDDANE Mohamed  
Pr. TAGHY Ahmed  
Pr. ZOUHDI Mimoun

### Mars 1994

Pr. BENJAAFAR Nouredine  
Pr. BEN RAIS Nozha  
Pr. CAOUI Malika  
Pr. CHRAIBI Abdelmjid

Pr. EL AMRANI Sabah  
Pr. EL BARDOUNI Ahmed  
Pr. EL HASSANI My Rachid

Pathologie Chirurgicale  
Neurologie

Pathologie Chirurgicale  
Médecine-Interne  
Gynécologie -Obstétrique  
Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation

Anatomie-Pathologique  
Anesthésie Réanimation –Doyen de la FMPO  
Néphrologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pharmacie galénique  
Ophtalmologie  
Gynécologie Obstétrique  
Biochimie et Chimie  
Pharmacologie  
Histologie Embryologie  
Pédiatrie  
Pharmacologie – Dir. du Centre National PV  
Chimie thérapeutique V.D à la pharmacie+Dir du  
CEDOC

Chirurgie Générale V.D Aff. Acad. et Estud  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Gastro-Entérologie  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Neurochirurgie  
Cardiologie  
Médecine Interne  
Anatomie  
Chirurgie Générale  
Microbiologie

Radiothérapie  
Biophysique  
Biophysique  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques Doyen de la  
FMPA  
Gynécologie Obstétrique  
Traumato-Orthopédie  
Radiologie



Pr. ERROUGANI Abdelkader  
Pr. ESSAKALI Malika  
Pr. ETTAYEBI Fouad  
Pr. HADRI Larbi\*  
Pr. HASSAM Badredine  
Pr. IFRINE Lahssan  
Pr. JELTHI Ahmed  
Pr. MAHFOUD Mustapha  
Pr. RHRAB Brahim  
Pr. SENOUCI Karima

### Mars 1994

Pr. ABBAR Mohamed\*  
Pr. ABDELHAK M'barek  
Pr. BELAIDI Halima  
Pr. BENTAHILA Abdelali  
Pr. BENYAHIA Mohammed Ali  
Pr. BERRADA Mohamed Saleh  
Pr. CHAMI Ilham  
Pr. CHERKAOUI Lalla Ouafae  
Pr. JALIL Abdelouahed  
Pr. LAKHDAR Amina  
Pr. MOUANE Nezha

### Mars 1995

Pr. ABOUQUAL Redouane  
Pr. AMRAOUI Mohamed  
Pr. BAIDADA Abdelaziz  
Pr. BARGACH Samir  
Pr. CHAARI Jilali\*  
Pr. DIMOU M'barek\*  
Pr. DRISSI KAMILI Med Nordine\*  
Pr. EL MESNAOUI Abbès  
Pr. ESSAKALI HOUSSYNI Leila  
Pr. HDA Abdelhamid\*  
Pr. IBEN ATTYA ANDALOUSSI Ahmed  
Pr. OUAZZANI CHAHDI Bahia  
Pr. SEFIANI Abdelaziz  
Pr. ZEGGWAGH Amine Ali

### Décembre 1996

Pr. AMIL Touriya\*  
Pr. BELKACEM Rachid  
Pr. BOULANOUAR Abdelkrim  
Pr. EL ALAMI EL FARICHA EL Hassan  
Pr. GAOUZI Ahmed  
Pr. MAHFOUDI M'barek\*  
Pr. OUADGHIRI Mohamed  
Pr. OUZEDDOUN Naima  
Pr. ZBIR EL Mehdi\*

### Novembre 1997

Pr. ALAMI Mohamed Hassan

Chirurgie Générale- Directeur CHIS  
Immunologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Médecine Interne  
Dermatologie  
Chirurgie Générale  
Anatomie Pathologique  
Traumatologie – Orthopédie  
Gynécologie –Obstétrique  
Dermatologie

Urologie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Neurologie  
Pédiatrie  
Gynécologie – Obstétrique  
Traumatologie – Orthopédie  
Radiologie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie

Réanimation Médicale  
Chirurgie Générale  
Gynécologie Obstétrique  
Gynécologie Obstétrique  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Cardiologie -Directeur HMI Med V  
Urologie  
Ophtalmologie  
Génétique  
Réanimation Médicale

Radiologie  
Chirurgie Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Radiologie  
Traumatologie-Orthopédie  
Néphrologie  
Cardiologie

Gynécologie-Obstétrique



Pr. BEN SLIMANE Lounis  
Pr. BIROUK Nazha  
Pr. ERREIMI Naima  
Pr. FELLAT Nadia  
Pr. HAIMEUR Charki\*  
Pr. KADDOURI Nouredine  
Pr. KOUTANI Abdellatif  
Pr. LAHLOU Mohamed Khalid  
Pr. MAHRAOUI CHAFIQ  
Pr. TAOUFIQ Jallal  
Pr. YOUSFI MALKI Mounia

### **Novembre 1998**

Pr. AFIFI RAJAA  
Pr. BENOMAR ALI  
Pr. BOUGTAB Abdesslam  
Pr. ER RIHANI Hassan  
Pr. BENKIRANE Majid\*  
Pr. KHATOURI ALI\*

### **Janvier 2000**

Pr. ABID Ahmed\*  
Pr. AIT OUMAR 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. ISMAILI Hassane\*  
Pr. MAHMOUDI Abdelkrim\*  
Pr. TACHINANTE Rajae  
Pr. TAZI MEZALEK Zoubida

### **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. EL MAGHRAOUI Abdellah\*  
Pr. GHARBI Mohamed El Hassan  
Pr. MAHASSINI Najat  
Pr. MDAGHRI ALAOUI Asmae  
Pr. ROUIMI Abdelhadi\*

### **Décembre 2000**

Pr. ZOHAIK ABDELAH\*

Urologie  
Neurologie  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Urologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Gynécologie Obstétrique

Gastro-Entérologie  
Neurologie – **Doyen de la FMP Abulcassis**  
Chirurgie Générale  
Oncologie Médicale  
Hématologie  
Cardiologie

Pneumophtisiologie  
Pédiatrie  
Pédiatrie  
Pneumo-phtisiologie  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Générale  
Pneumo-phtisiologie  
Neurochirurgie  
Traumatologie Orthopédie- **Dir. Hop. Av. Marr.**  
Anesthésie-Réanimation **Inspecteur du SSM**  
Anesthésie-Réanimation  
Médecine Interne



Neurologie  
Gastro-Entérologie  
Chirurgie Générale  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Pédiatrie **Directeur Hop. Chekikh Zaied**  
Urologie  
Rhumatologie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Anatomie Pathologique  
Pédiatrie  
Neurologie

ORL

## Décembre 2001

Pr. BALKHI Hicham\*  
Pr. BENABDELJLIL Maria  
Pr. BENAMAR Loubna  
Pr. BENAMOR Jouda  
Pr. BENELBARHDADI Imane  
Pr. BENNANI Rajae  
Pr. BENOACHANE Thami  
Pr. BEZZA Ahmed\*  
Pr. BOUCHIKHI IDRISSE Med Larbi  
Pr. BOUMDIN El Hassane\*  
Pr. CHAT Latifa  
Pr. DAALI Mustapha\*  
Pr. DRISSE Sidi Mourad\*  
Pr. EL HIJRI Ahmed  
Pr. EL MAAQILI Moulay Rachid  
Pr. EL MADHI Tarik  
Pr. EL OUNANI Mohamed  
Pr. ETTAIR Said  
Pr. GAZZAZ Miloudi\*  
Pr. HRORA Abdelmalek  
Pr. KABBAJ Saad  
Pr. KABIRI EL Hassane\*  
Pr. LAMRANI Moulay Omar  
Pr. LEKEHAL Brahim  
Pr. MAHASSIN Fattouma\*  
Pr. MEDARHRI Jalil  
Pr. MIKDAME Mohammed\*  
Pr. MOHSINE Raouf  
Pr. NOUINI Yassine  
Pr. SABBABH Farid  
Pr. SEFIANI Yasser  
Pr. TAOUFIQ BENCHEKROUN Soumia

Anesthésie-Réanimation  
Neurologie  
Néphrologie  
Pneumo-phtisiologie  
Gastro-Entérologie  
Cardiologie  
Pédiatrie  
Rhumatologie  
Anatomie  
Radiologie  
Radiologie  
Chirurgie Générale  
Radiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie-Pédiatrique  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie **Directeur. Hop.d'Enfants**  
Neuro-Chirurgie  
Chirurgie Générale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Thoracique  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Médecine Interne  
Chirurgie Générale  
Hématologie Clinique  
Chirurgie Générale  
Urologie **Directeur Hôpital Ibn Sina**  
Chirurgie Générale  
Chirurgie Vasculaire Périphérique  
Pédiatrie



## Décembre 2002

Pr. AL BOUZIDI Abderrahmane\*  
Pr. AMEUR Ahmed \*  
Pr. AMRI Rachida  
Pr. AOURARH Aziz\*  
Pr. BAMOU Youssef \*  
Pr. BELMEJDOUB Ghizlene\*  
Pr. BENZEKRI Laila  
Pr. BENZZOUBEIR Nadia  
Pr. BERNOUSSI Zakiya  
Pr. BICHRA Mohamed Zakariya\*  
Pr. CHOHO Abdelkrim \*  
Pr. CHKIRATE Bouchra  
Pr. EL ALAMI EL FELLOUS Sidi Zouhair

Anatomie Pathologique  
Urologie  
Cardiologie  
Gastro-Entérologie  
Biochimie-Chimie  
Endocrinologie et Maladies Métaboliques  
Dermatologie  
Gastro-Entérologie  
Anatomie Pathologique  
Psychiatrie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Chirurgie Pédiatrique

Pr. EL HAOURI Mohamed \*  
Pr. FILALI ADIB Abdelhai  
Pr. HAJJI Zakia  
Pr. IKEN Ali  
Pr. JAAFAR Abdeloihab\*  
Pr. KRIOUILE Yamina  
Pr. LAGHMARI Mina  
Pr. MABROUK Hfid\*  
Pr. MOUSSAOUI RAHALI Driss\*  
Pr. OUJILAL Abdelilah  
Pr. RACHID Khalid \*  
Pr. RAISS Mohamed  
Pr. RGUIBI IDRISSE Sidi Mustapha\*  
Pr. RHOU Hakima  
Pr. SIAH Samir \*  
Pr. THIMOU Amal  
Pr. ZENTAR Aziz\*

### **Janvier 2004**

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

### **Janvier 2005**

Pr. ABBASSI Abdellah  
Pr. AL KANDRY Sif Eddine\*  
Pr. ALLALI Fadoua  
Pr. AMAZOUZI Abdellah  
Pr. AZIZ Nouredine\*  
Pr. BAHIRI Rachid  
Pr. BARKAT Amina  
Pr. BENYASS Aatif

Dermatologie  
Gynécologie Obstétrique  
Ophtalmologie  
Urologie  
Traumatologie Orthopédie  
Pédiatrie  
Ophtalmologie  
Traumatologie Orthopédie  
Gynécologie Obstétrique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Générale  
Pneumophtisiologie  
Néphrologie  
Anesthésie Réanimation  
Pédiatrie  
Chirurgie Générale

Ophtalmologie  
Anatomie Pathologique  
Oto-Rhino-Laryngologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
Neurologie  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie Pathologique  
Radiologie  
Gynécologie Obstétrique  
Pédiatrie  
Cardiologie  
Chirurgie Générale  
Pédiatrie  
Traumatologie Orthopédie  
Chirurgie Cardio-Vasculaire  
Ophtalmologie  
Pharmacie Clinique  
Chirurgie Générale  
Cardiologie

Chirurgie Réparatrice et Plastique  
Chirurgie Générale  
Rhumatologie  
Ophtalmologie  
Radiologie  
Rhumatologie  
Pédiatrie  
Cardiologie



Pr. BERNOUSSI Abdelghani  
Pr. DOUDOUH Abderrahim\*  
Pr. EL HAMZAOUI Sakina\*  
Pr. HAJJI Leila  
Pr. HESSISSEN Leila  
Pr. JIDAL Mohamed\*  
Pr. LAAROUSSI Mohamed  
Pr. LYAGOUBI Mohammed  
Pr. NIAMANE Radouane\*  
Pr. RAGALA Abdelhak  
Pr. SBIHI Souad  
Pr. ZERAIDI Najja

### Décembre 2005

Pr. CHANI Mohamed

### Avril 2006

Pr. ACHEMLAL Lahsen\*  
Pr. AKJOUJ Saïd\*  
Pr. BELMEKKI Abdelkader\*  
Pr. BENCHEIKH Razika  
Pr. BIYI Abdelhamid\*  
Pr. BOUHAFS Mohamed El Amine  
Pr. BOULAHYA Abdellatif\*  
Pr. CHENGUETI ANSARI Anas  
Pr. DOGHMI Nawal  
Pr. FELLAT Ibtissam  
Pr. FAROUDY Mamoun  
Pr. HARMOUCHE Hicham  
Pr. HANAFI Sidi Mohamed\*  
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. SEKKAT Fatima Zahra  
Pr. SOUALHI Mouna  
Pr. TELLAL Saïda\*  
Pr. ZAHRAOUI Rachida

### Octobre 2007

Pr. ABIDI Khalid  
Pr. ACHACHI Leila  
Pr. ACHOUR Abdessamad\*  
Pr. AIT HOUSSA Mahdi\*

Ophtalmologie  
Biophysique  
Microbiologie  
Cardiologie (mise en disponibilité)  
Pédiatrie  
Radiologie  
Chirurgie Cardio-vasculaire  
Parasitologie  
Rhumatologie  
Gynécologie Obstétrique  
Histo-Embryologie Cytogénétique  
Gynécologie Obstétrique

Anesthésie Réanimation

Rhumatologie  
Radiologie  
Hématologie  
O.R.L  
Biophysique  
Chirurgie - Pédiatrique  
Chirurgie Cardio – Vasculaire  
Gynécologie Obstétrique  
Cardiologie  
Cardiologie  
Anesthésie Réanimation  
Médecine Interne  
Anesthésie Réanimation  
Microbiologie  
Radiologie  
Urologie  
Pédiatrie  
Psychiatrie  
Chirurgie – Pédiatrique  
Pharmacie Galénique  
Parasitologie  
Radiothérapie  
Psychiatrie  
Endocrinologie  
Psychiatrie  
Pneumo – Phtisiologie  
Biochimie  
Pneumo – Phtisiologie



Réanimation médicale  
Pneumo phtisiologie  
Chirurgie générale  
Chirurgie cardio vasculaire

Pr. AMHAJJI Larbi\*  
 Pr. AOUI Sarra  
 Pr. BAITE Abdelouahed\*  
 Pr. BALOUCH Lhousaine\*  
 Pr. BENZIANE Hamid\*  
 Pr. BOUTIMZINE Nourdine  
 Pr. CHARKAOUI Naoual\*  
 Pr. EHIRCHIOU Abdelkader\*  
 Pr. ELABSI Mohamed  
 Pr. EL MOUSSAOUI Rachid  
 Pr. EL OMARI Fatima  
 Pr. GHARIB Noureddine  
 Pr. HADADI Khalid\*  
 Pr. ICHOU Mohamed\*  
 Pr. ISMAILI Nadia  
 Pr. KEBDANI Tayeb  
 Pr. LALAOUI SALIM Jaafar\*  
 Pr. LOUZI Lhousain\*  
 Pr. MADANI Naoufel  
 Pr. MAHI Mohamed\*  
 Pr. MARC Karima  
 Pr. MASRAR Azlarab  
 Pr. MRABET Mustapha\*  
 Pr. MRANI Saad\*  
 Pr. OUZZIF Ez zohra\*  
 Pr. RABHI Monsef\*  
 Pr. RADOUANE Bouchaib\*  
 Pr. SEFFAR Myriame  
 Pr. SEKHSOKH Yessine\*  
 Pr. SIFAT Hassan\*  
 Pr. TABERKANET Mustafa\*  
 Pr. TACHFOUTI Samira  
 Pr. TAJDINE Mohammed Tariq\*  
 Pr. TANANE Mansour\*  
 Pr. TLIGUI Houssain  
 Pr. TOUATI Zakia

### **Décembre 2007**

Pr. DOUHAL ABDERRAHMAN

### **Décembre 2008**

Pr ZOUBIR Mohamed\*  
 Pr TAHIRI My El Hassan\*

### **Mars 2009**

Pr. ABOUZAHIR Ali\*

Traumatologie orthopédie  
 Parasitologie  
 Anesthésie réanimation **Directeur ERSM**  
 Biochimie-chimie  
 Pharmacie clinique  
 Ophtalmologie  
 Pharmacie galénique  
 Chirurgie générale  
 Chirurgie générale  
 Anesthésie réanimation  
 Psychiatrie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Radiothérapie  
 Oncologie médicale  
 Dermatologie  
 Radiothérapie  
 Anesthésie réanimation  
 Microbiologie  
 Réanimation médicale  
 Radiologie  
 Pneumo phtisiologie  
 Hématologique  
 Médecine préventive santé publique et hygiène  
 Virologie  
 Biochimie-chimie  
 Médecine interne  
 Radiologie  
 Microbiologie  
 Microbiologie  
 Radiothérapie  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Ophtalmologie  
 Chirurgie générale  
 Traumatologie orthopédie  
 Parasitologie  
 Cardiologie

Ophtalmologie

Anesthésie Réanimation  
 Chirurgie Générale

Médecine interne



Pr. AGDR Aomar\*  
 Pr. AIT ALI Abdelmounaim\*  
 Pr. AIT BENHADDOU El hachmia  
 Pr. AKHADDAR Ali\*  
 Pr. ALLALI Nazik  
 Pr. AMINE Bouchra  
 Pr. ARKHA Yassir  
 Pr. BELYAMANI Lahcen\*  
 Pr. BJIJOU Younes  
 Pr. BOUHSAIN Sanae\*  
 Pr. BOUI Mohammed\*  
 Pr. BOUNAIM Ahmed\*  
 Pr. BOUSSOUGA Mostapha\*  
 Pr. CHAKOUR Mohammed \*  
 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. L'KASSIMI Hachemi\*  
 Pr. LAMSAOURI Jamal\*  
 Pr. MARMADÉ Lahcen  
 Pr. MESKINI Toufik  
 Pr. MESSAOUDI Nezha \*  
 Pr. MSSROURI Rahal  
 Pr. NASSAR Ittimade  
 Pr. OUKERRAJ Latifa  
 Pr. RHORFI Ismail Abderrahmani \*

**PROFESSEURS AGREGES :**

**Octobre 2010**

Pr. ALILOU Mustapha  
 Pr. AMEZIANE Taoufiq\*  
 Pr. BELAGUID Abdelaziz  
 Pr. BOUAITY Brahim\*  
 Pr. CHADLI Mariama\*  
 Pr. CHEMSI Mohamed\*  
 Pr. DAMI Abdellah\*  
 Pr. DARBI Abdellatif\*  
 Pr. DENDANE Mohammed Anouar  
 Pr. EL HAFIDI Naima  
 Pr. EL KHARRAS Abdennasser\*  
 Pr. EL MAZOUZ Samir  
 Pr. EL SAYEGH Hachem  
 Pr. ERRABIH Ikram

Pédiatre  
 Chirurgie Générale  
 Neurologie  
 Neuro-chirurgie  
 Radiologie  
 Rhumatologie  
 Neuro-chirurgie  
 Anesthésie Réanimation  
 Anatomie  
 Biochimie-chimie  
 Dermatologie  
 Chirurgie Générale  
 Traumatologie orthopédique  
 Hématologie biologique  
 Chirurgie vasculaire périphérique  
 Hématologie clinique  
 Chirurgie Générale  
 Microbiologie  
 Médecine interne  
 Gynécologie obstétrique  
 Rhumatologie  
 Gastro-entérologie  
 Pédiatrie  
 Pédiatrie  
 Microbiologie **Directeur Hôpital My Ismail**  
 Chimie Thérapeutique  
 Chirurgie Cardio-vasculaire  
 Pédiatrie  
 Hématologie biologique  
 Chirurgie Générale  
 Radiologie  
 Cardiologie  
 Pneumo-phtisiologie



Anesthésie réanimation  
 Médecine interne  
 Physiologie  
 ORL  
 Microbiologie  
 Médecine aéronautique  
 Biochimie chimie  
 Radiologie  
 Chirurgie pédiatrique  
 Pédiatrie  
 Radiologie  
 Chirurgie plastique et réparatrice  
 Urologie  
 Gastro entérologie

Pr. LAMALMI Najat  
Pr. MOSADIK Ahlam  
Pr. MOUJAHID Mountassir\*  
Pr. NAZIH Mouna\*  
Pr. ZOUAIDIA Fouad

Anatomie pathologique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie générale  
Hématologie  
Anatomie pathologique

### Mai 2012

Pr. AMRANI Abdelouahed  
Pr. ABOUELALAA Khalil\*  
Pr. BELAIZI Mohamed\*  
Pr. BENCHEBBA Driss\*  
Pr. DRISSI Mohamed\*  
Pr. EL ALAOUI MHAMDI Mouna  
Pr. EL KHATTABI Abdessadek\*  
Pr. EL OUAZZANI Hanane\*  
Pr. ER-RAJI Mounir  
Pr. JAHID Ahmed  
Pr. MEHSSANI Jamal\*  
Pr. RAISSOUNI Maha\*

Chirurgie Pédiatrique  
Anesthésie Réanimation  
Psychiatrie  
Traumatologie Orthopédique  
Anesthésie Réanimation  
Chirurgie Générale  
Médecine Interne  
Pneumophtisiologie  
Chirurgie Pédiatrique  
Anatomie pathologique  
Psychiatrie  
Cardiologie

### Février 2013

Pr. AHID Samir  
Pr. AIT EL CADI Mina  
Pr. AMRANI HANCHI Laila  
Pr. AMOUR Mourad  
Pr. AWAB Almahdi  
Pr. BELAYACHI Jihane  
Pr. BELKHADIR Zakaria Houssain  
Pr. BENCHEKROUN Laila  
Pr. BENKIRANE Souad  
Pr. BENNANA Ahmed\*  
0.  
Pr. BENSGHIR Mustapha\*  
Pr. BENYAHIA Mohammed\*  
Pr. BOUATIA Mustapha  
Pr. BOUABID Ahmed Salim\*  
Pr. BOUTARBOUCH Mahjouba  
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 JOUDI Rachid\*  
Pr. EL KABABRI Maria

Pharmacologie – Chimie  
Toxicologie  
Gastro-Entérologie  
Anesthésie Réanimation  
Anesthésie Réanimation  
Réanimation Médicale  
Anesthésie Réanimation  
Biochimie-Chimie  
Hématologie  
Informatique Pharmaceutique

Anesthésie Réanimation  
Néphrologie  
Chimie Analytique  
Traumatologie Orthopédie  
Anatomie  
Cardiologie  
Réanimation Médicale  
Pédiatrie  
Anesthésie Réanimation  
Radiologie  
Neuro-Chirurgie  
Médecine Nucléaire  
Chimie Thérapeutique  
Toxicologie  
Pédiatrie



Pr. EL KHANNOUSSI Basma  
 Pr. EL KHLOUFI Samir  
 Pr. EL KORAICHI Alae  
 Pr. EN-NOUALI Hassane\*  
 Pr. ERRGUIG Laila  
 Pr. FIKRI Meryim  
 Pr. GHFIR Imade  
 Pr. IMANE Zineb  
 Pr. IRAQI Hind  
 Pr. KABBAJ Hakima  
 Pr. KADIRI Mohamed\*  
 Pr. LATIB Rachida  
 Pr. MAAMAR Mouna Fatima Zahra  
 Pr. MEDDAH Bouchra  
 Pr. MELHAOUI Adyl  
 Pr. MRABTI Hind  
 Pr. NEJJARI Rachid  
 Pr. OUBEJJA Houda  
 Pr. OUKABLI Mohamed\*  
 Pr. RAHALI Younes  
 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\*

Anatomie Pathologie  
 Anatomie  
 Anesthésie Réanimation  
 Radiologie  
 Physiologie  
 Radiologie  
 Médecine Nucléaire  
 Pédiatrie  
 Endocrinologie et maladies métaboliques  
 Microbiologie  
 Psychiatrie  
 Radiologie  
 Médecine Interne  
 Pharmacologie  
 Neuro-chirurgie  
 Oncologie Médicale  
 Pharmacognosie  
 Chirurgie Pédiatrique  
 Anatomie Pathologique  
 Pharmacie Galénique  
 Génétique  
 Neurologie  
 Ophtalmologie  
 Neurologie  
 Physiologie  
 Rhumatologie  
 Anatomie Pathologique  
 Gastro-Entérologie  
 Gastro-Entérologie  
 Chirurgie Cardio-Vasculaire  
 Gastro-Entérologie  
 Chirurgie Pédiatrique  
 Traumatologie Orthopédie

**Avril 2013**

Pr. EL KHATIB Mohamed Karim\*  
 Pr. GHOUNDALE Omar\*  
 Pr. ZYANI Mohammad\*

Stomatologie et Chirurgie Maxillo-faciale  
 Urologie  
 Médecine Interne

**\*Enseignants Militaires**



### MARS 2014

ACHIR ABDELLAH  
BENCHAKROUN MOHAMMED  
BOUCHIKH MOHAMMED  
EL KABBAJ DRISS  
EL MACHTANI IDRISSE SAMIRA  
HARDIZI HOUYAM  
HASSANI AMALE  
HERRAK LAILA  
JANANE ABDELLA TIF  
JEAIDI ANASS  
KOUACH JAOUAD  
LEMNOUER ABDELHAY  
MAKRAM SANAA  
OULAHYANE RACHID  
RHISSASSI MOHAMED JMFAR  
SABRY MOHAMED  
SEKKACH YOUSSEF  
TAZL MOUKBA. :LA.KLA.

Chirurgie Thoracique  
Traumatologie- Orthopédie  
Chirurgie Thoracique  
Néphrologie  
Biochimie-Chimie  
Histologie- Embryologie-Cytogénétique  
Pédiatrie  
Pneumologie  
Urologie  
Hématologie Biologique  
Généologie-Obstétrique  
Microbiologie  
Pharmacologie  
Chirurgie Pédiatrique  
CCV  
Cardiologie  
Médecine Interne  
Généologie-Obstétrique

### **\*Enseignants Militaires**

### DECEMBRE 2014

ABILKACEM RACHID'  
AIT BOUGHIMA FADILA  
BEKKALI HICHAM  
BENAZZOU SALMA  
BOUABDELLAH MOUNYA  
BOUCHRIK MOURAD  
DERRAJI SOUFIANE  
DOBLALI TAOUFIK  
EL AYOUBI EL IDRISSE ALI  
EL GHADBANE ABDEDAIM HATIM  
EL MARJANY MOHAMMED  
FE JAL NAWFAL  
JAHIDI MOHAMED  
LAKHAL ZOUHAIR  
OUDGHIRI NEZHA  
Rami Mohamed  
SABIR MARIA  
SBAI IDRISSE KARIM

Pédiatrie  
Médecine Légale  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Maxillo-Faciale  
Biochimie-Chimie  
Parasitologie  
Pharmacie Clinique  
Microbiologie  
Anatomie  
Anesthésie-Réanimation  
Radiothérapie  
Chirurgie Réparatrice et Plastique  
O.R.L  
Cardiologie  
Anesthésie-Réanimation  
Chirurgie Pédiatrique  
Psychiatrie  
Médecine préventive, santé publique et Hyg.

### **\*Enseignants Militaires**



## **AOUT 2015**

Meziane meryem  
Tahri latifa

Dermatologie  
Rhumatologie

## **JANVIER 2016**

BENKABBOU AMINE  
EL ASRI FOUAD  
ERRAMI NOUREDDINE  
NITASSI SOPHIA

Chirurgie Générale  
Ophtalmologie  
O.R.L  
O.R.L

## **2- ENSEIGNANTS – CHERCHEURS SCIENTIFIQUES**

### **PROFESSEURS / PRs. HABILITES**

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. BOUHOUCHE Ahmed	Génétique Humaine
Pr. BOUKLOUZE Abdelaziz	Applications Pharmaceutiques
Pr. BOURJOUANE Mohamed	Microbiologie
Pr. CHAHED OUZZANI Lalla Chadia	Biochimie – chimie
Pr. DAKKA Taoufiq	Physiologie
Pr. DRAOUI Mustapha	Chimie Analytique
Pr. EL GUESSABI Lahcen	Pharmacognosie
Pr. ETTAIB Abdelkader	Zootéchnie
Pr. FAOUZI Moulay El Abbas	Pharmacologie
Pr. HAMZAOUI Laila	Biophysique
Pr. HMAMOUCHE Mohamed	Chimie Organique
Pr. IBRAHIMI Azeddine	Biologie moléculaire
Pr. KHANFRI Jamal Eddine	Biologie
Pr. OULAD BOUYAHYA IDRISSE Med	Chimie Organique
Pr. REDHA Ahlam	Chimie
Pr. TOUATI Driss	Pharmacognosie
Pr. ZAHIDI Ahmed	Pharmacologie
Pr. ZELLOU Amina	Chimie Organique

*Mise à jour le 14/12/2016 par le  
Service des Ressources Humaines*





*Dédicaces*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut.....*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,  
l'amour, le respect, la reconnaissance.....*

*Aussi, c'est tout simplement que :*

*Je dédie cette thèse à ...*



*A ALLAH*

*Le tout miséricordieux,*

*Le très miséricordieux,*

*Le tout puissant,*

*Qui m'a inspiré,*

*Qui ma guidé sur le droit chemin,*

*Je vous dois ce que je suis devenue,*

*Soumission, louanges et remerciements,*

*Pour votre clémence et miséricorde*



*A mes chers Parents*

*Saadia JAMAL et Mustapha BENMOULOUD*

*Merci pour votre amour, pour tout l'enseignement que vous m'avez transmis, pour avoir toujours cru en moi et m'avoir toujours soutenu, pour vos sacrifices, pour l'encouragement sans limites que vous ne cessez de m'offrir, pour votre soutien dans les moments difficiles, pour votre courage et patience...*

*Vos prières n'ont jamais cessé et si je suis à cette étape de la vie c'est grâce à vos encouragements et vos paroles de soutien. Les mots seuls ne pourraient exprimer tout mon amour ni mon estime pour vous. Ce travail est le vôtre.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer ni la profondeur de mes sentiments ni l'amplitude de ma reconnaissance*

*Puisse dieu le tout puissant vous combler de bonne santé et vous accorder longue vie pleine de bonheur et prospérité.*

*Je vous aime mes très chers parents.*



*A ma très chère sœur Hassnae*

*Tu étais ma source d'inspiration durant mon cursus universitaire.*

*Nul doute que tu feras une très bonne gynécologue-obstétricienne.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond respect  
et mon grand amour.*

*Que dieu te protège et consolide les liens sacrés  
qui nous unissent.*



*A mes très cher frères Abdessamad et Zakaria*

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer*

*l'affection que je porte pour vous.*

*Je vous souhaite à travers ce modeste travail beaucoup*

*de réussite*



*A mes chères amies :*

*Asmaa, Khadija, Imane, Soraya, Aziza, Kenza...*

*En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Je vous souhaite une brillante réussite dans la vie professionnelle, familiale une bonne santé et une vie inondée de bonheur.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.*



*À toute la famille.*

*À tous mes amis et camarades de promotion*

*À toutes les personnes qui ont participé  
à l'élaboration de ce travail*

*À tous ceux ou celles qui me sont chers  
et que j'ai omis involontairement de citer.*



*Remerciements*

*A notre maitre et Président de thèse  
Monsieur le professeur M. DRAOUI  
Professeur de Chimie Analytique*

*Vous avez bien voulu nous faire honneur en acceptant  
de présider le jury de cette thèse.*

*Vos qualités humaines et professionnelles sont  
pour nous un exemple à suivre.*

*Soyez assuré de notre vive reconnaissance  
et de notre profond respect.*

*A notre maitre et rapporteur de thèse*

*Monsieur M. BOUATIA*

*Professeur de Chimie Analytique*

*Vous m'avez fait l'honneur d'être rapporteur de ce modeste travail.  
Votre culture scientifique, votre compétence et vos qualités humaines  
ont suscité en nous une grande admiration,  
et sont pour vos élèves un exemple à suivre  
Durant notre formation, nous avons eu le privilège de bénéficier  
de votre enseignement et d'apprécier votre sens professionnel.  
Veuillez accepter, chère Maitre, l'assurance de notre estime  
et notre profond respect*

*A notre maitre et juge de thèse*

*Monsieur le professeur*

*M. OULAD BOUYAHYA IDRISSE*

*Professeur de Chimie Analytique*

*Vous avez accepté de siéger parmi le jury de notre thèse.*

*Ce geste dénote non seulement de votre gentillesse mais surtout  
de votre souci du devoir envers vos étudiants.*

*Veillez accepter Monsieur le professeur, ma profonde reconnaissance  
et mes remerciements les plus sincères.*

*A notre MAITRE et JUGE de thèse*

*Monsieur le professeur R. NEJJARI*

*Professeur de Pharmacognosie*

.

*Nous sommes profondément touchés par votre gentillesse*

*et la spontanéité de votre accueil.*

*Nous vous remercions pour l'honneur*

*que vous nous faites en acceptant de juger cette thèse.*

*Veillez trouver ici l'expression de nos sincères remerciements.*

*A notre maitre et juge de thèse*  
*Monsieur Y. RAHALI*  
*Professeur de Pharmacie Galénique*

*Nous sommes particulièrement reconnaissants pour l'honneur  
que vous nous faites en acceptant de juger notre travail.*  
*Notre gratitude est grande pour l'intérêt que vous avez montré  
à l'encontre de notre travail.*  
*Veillez trouver dans cet ouvrage le témoignage  
de notre profonde reconnaissance et respect.*



*Liste des illustrations*

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

**ADN** : Acide désoxyribonucléique.

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**OMS** : Organisation mondiale de santé.

**MS** : Matière sèche.

**AFSSA** : Agence française de sécurité sanitaire des aliments.

**C14 :0** : Acide myristique.

**C16 :0** : Acide palmitique.

**C16 :1** : Acide palmitoléique.

**C18 :0** : Acide stéarique.

**C18 :1** : Acide oléique.

**C18 :2** : Acide linoléique.

**C18 :3** : Acide linoléique.

**C20 :0** : Acide arachidique.

**C22 :0** : Acide béhénique.

**K** : Potassium.

**Mg** : Magnésium.

**P** : Phosphore.

**Ca** : Calcium.

**Zn** : Zinc.

**Fe** : Fer.

**Mn** : Manganèse.

**Cd** : Cadmium.

**Sn** : Sélénium.

**Ni** : Nickel.

**Cu** : Cuivre.

**COV** : Composés organiques volatils.

**CG**: Chromatographie gazeuse.

**ROS** : Espèces réactives oxygénées.

**RONs** : Espèces réactives oxygénées et azotées.

**IC50** : Concentration inhibitrice à 50%.

**Abs** : Absorption.

**AAO** : Activité antioxydante.

**Eq AA** : Equivalent d'acide ascorbique.

**g/l** : Gramme par Litre.

**µg/ml** : Microgramme par Millilitre.

**µg/ml** : Microgramme par Millilitre.

**UV** : Ultra violet.

**BGP** : Bacilles à Gram positif.

**BGN**: Bacilles à Gram négatif.

*E. coli* : *Escherichia coli*.

*S.aureus* : *Staphylococcus aureus*.

***S.epidermidis*** : *Staphylococcus epidermidis*.

***S.thyphi*** : *Salmonella thyphi*.

***B.subtilis*** : *Bacillus subtilis*.

***E. feocolis*** : *Enterococcus feocolis*.

***P.aeruginosa*** : *Pseudomonas aeruginosa*.

***K.pneumoniae*** : *Klebsiella pneumoniae*.

***C.albicans*** : *Candida albicans*.

***P.vulgaris*** : *Proteus vulgaris*.

**GC-SM** : Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse.

**DPPH** : 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.

**ABTS** : L'acide 2,2'-azino-bis (3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique).

**U-78MG** : Lignée cellulaire de carcinome de cerveau humain (HTB-14).

**HT29** : Lignée cellulaire de carcinome colorectal humain (CCL-247).

**MCF-7**: L'hormone humaine sensible et invasive (HTB-22).

**HEPG2** : Lignée cellulaire de carcinome du foie.

**HELA**: Lignée cellulaire de carcinome cervical.

**HCT116** : Lignée cellulaire de carcinome du côlon.

**CACO** : Lignée cellulaire de carcinome du côlon.

**MCF7** : Lignée cellulaire de cancer du sein.

**HEP2** : Lignée cellulaire de carcinome de Larynx.

**BHK** : Fibroblaste normal.

**HSV-2** : Simplex virus type-2.

**VSV** : Virus de la stomatite vésiculeuse.

**ETBCE** : Extrait éthanolique de *Terfezia boudieri* Chatin.

**ST** : Truffe syrienne.

**STZ** : Streptozotocine.

**HbA<sub>1c</sub>** : L'hémoglobine glyquée A<sub>1c</sub>.

**CCl<sub>4</sub>** : Tétrachlorure de carbone.

**PAL** : Phosphatase alcaline.

**ALAT** : Alanine aminotransférase.

**ASAT** : Aspartate aminotransférase.

**MTT** : Bromure de 3-(4,5-diméthylthiazol-2-yl)-2,5-diphényl tétrazolium.

**SRB**: Sulforhodamine B.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : <i>Tuber asa tulasne</i> &tulasne. ....	12
<b>Figure 2</b> : <i>Tuber oligospermum</i> de la Region de Safi ( Maroc ). ....	13
<b>Figure 3</b> : <i>Terfezia rosea</i> (Tul. &C.Tul.)Torrend1908. ....	14
<b>Figure 4</b> : <i>Terfezia arenaria</i> (Moris) Trappe.....	15
<b>Figure 5</b> : <i>Terfezia boudieri</i> Chatin. ....	16
<b>Figure 6</b> : <i>Terfezia claveryi</i> Chatin. ....	17
<b>Figure 7</b> : <i>Terfezia olbiensis</i> Tul. & C.Tul.1851. ....	18
<b>Figure 8</b> : <i>Tirmania pinoyi</i> (coupe) Chatin 1891.....	19
<b>Figure 9</b> : <i>Tirmania nivea</i> Trappe 1971. ....	20
<b>Figure 10</b> : <i>Picoa juniperi</i> Vittad 1831. ....	21
<b>Figure 11</b> : Acides gras de <i>T. oligospermum</i> analysés par CPG. ....	40
<b>Figure 12</b> : Acides gras de <i>T. arenaria</i> analysés par CPG.....	41
<b>Figure 13</b> : Etude bibliographique de l'occurrence de quelques COV majeurs chez 11 espèces de <i>Tuber</i> .....	55
<b>Figure 14</b> : Activité antibactérienne in vitro des fractions A et B testées contre <i>S. aureus</i> ATCC 6538 (ST), et <i>B. subtilis</i> ATCC 6633 (BA).....	64
<b>Figure 15</b> : Réaction du DPPH avec une molécule donneuse de proton. ....	69
<b>Figure 16</b> : Pourcentage d'inhibition de l'activité des radicaux hydroxyles par la truffe séchée de diverses origines, mesuré par l'essai DPPH ....	84
<b>Figure 17</b> : Schéma sur la réaction de test FRAP.....	85
<b>Figure 18</b> : Activité antioxydante de différentes concentrations de truffe séchée mesurée par FRAP. ....	89

<b>Figure 19</b> : Pourcentage d'inhibition de la production des radicaux oxyde nitrique...	95
<b>Figure 20</b> : Images de l'effet inhibiteur de l'angiogenèse de l'extrait de <i>T. claveryi</i> ...	105
<b>Figure 21</b> : Les rats ont reçu une injection de STZ pour induire le type 1DM (diabète sucré .....	108
<b>Figure 22</b> : Comparaison des résultats entre rats témoins et expérimentaux (4 jours après injection avec 200 mg / kg d'ETBCE).....	109
<b>Figure 23</b> : Comparaison des résultats entre rats témoins et expérimentaux (4 jours après injection avec 400 mg / kg d'ETBCE).....	109
<b>Figure 24</b> : Comparaison des résultats entre rats témoins et expérimentaux (4 jours après injection avec 600 mg / kg d'ETBCE).....	110

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I</b> : Périodes de récoltes des différentes espèces. ....	22
<b>Tableau II</b> : Les plantes hôtes des truffes. ....	26
<b>Tableau III</b> : Composition chimique des ascomes de quelques espèces de truffes. ....	30
<b>Tableau IV</b> : Comparaisons des acides aminés trouvés chez l'espèce <i>Terfezia claveryi</i> par différents auteurs. ....	34
<b>Tableau V</b> : Teneurs en sucres et dérivés de sucre dans deux espèces de truffes marocaines. ....	35
<b>Tableau VI</b> : Teneurs en acides gras dans deux espèces de truffes marocaines. ....	39
<b>Tableau VII</b> : Composition en acides gras des ascocarpes des différentes espèces de truffes. ....	42
<b>Tableau VIII</b> : Composition en stérols des espèces de truffes marocaines. ....	45
<b>Tableaux IX</b> : Apports énergétiques des espèces de truffes. ....	62
<b>Tableau X</b> : L'activité antimicrobienne in vitro de divers extraits de truffes. ....	70
<b>Tableau XI</b> : Moyens, écarts-types et pourcentages de divers constituants antioxydants trouvés dans la truffe <i>Tirmania nivea</i> provenant de six sources différentes au Moyen-Orient. ....	75
<b>Tableau XII</b> : Teneurs en composés phénoliques chez <i>T.claveryi</i> et <i>T.albiensis</i> . ....	76
<b>Tableau XIII</b> : Teneurs en antioxydants par origine. ....	77
<b>Tableau XIV</b> : Teneurs en anthocyanes chez des espèces de truffes. ....	78
<b>Tableau XV</b> : Teneurs en acide ascorbique chez des espèces de truffes. ....	79
<b>Tableau XVI</b> : Teneurs en caroténoïdes chez des espèces de truffes. ....	80
<b>Tableau XVII</b> : L'activité de piégeage de radicaux des différents extraits de Truffes déterminée par les radicaux DPPH. ....	86
<b>Tableau XVIII</b> : Les valeurs de FRAP chez des espèces de truffes. ....	91
<b>Tableau XIX</b> : Les valeurs ABTS chez des espèces de truffes. ....	96

<b>Tableau XX</b> : Concentration efficace de radicaux oxyde nitrique (EC50) par origine des truffes. ....	98
<b>Tableau XXI</b> : IC50 de l'inhibition de la prolifération cellulaire de l'extrait de <i>T. claveryi</i> . ....	100
<b>Tableau XXII</b> : IC50 d'extraits de <i>Terfezia boudieri</i> .....	101
<b>Tableau XXIII</b> : Activité antitumorale des extraits de <i>Terfezia boudieri</i> sur six lignées de cellules tumorales (% de survie). ....	105
<b>Tableau XXIV</b> : Activité antiangiogénique des extraits de <i>T. claveryi</i> sur les vaisseaux sanguins d'explants aortiques de rat. ....	107
<b>Tableau XXV</b> : Variation de la glycémie et du poids chez différents groupes d'animaux. ....	110
<b>Tableau XXVI</b> : Effet de l'extrait de truffe syrienne ( <i>Tuber brumale vittadini</i> ) sur la glycémie chez des souris témoins et des souris diabétiques à l'alloxane pendant 12 semaines. ....	114
<b>Tableau XXVII</b> : Effet de l'extrait de truffe syrienne sur la glycémie chez des souris diabétiques à l'alloxane pendant le test de tolérance au glucose. ....	115
<b>Tableau XXVIII</b> : Effet de l'extrait de truffe syrienne ( <i>Tuber brumale vittadini</i> ) sur certains paramètres sanguins chez des souris témoins et des souris diabétiques pendant 12 semaines. ....	116



*Sommaire*

<b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....	1
<b>CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES BOTANIQUES DES TRUFFES</b> ..	4
I. HISTOIRE DE LA TRUFFE .....	5
II. CARACTERE BOTANIQUE DE DETERMINATION .....	7
III. COMPARAISON ENTRE TRUFFE ET CHAMPIGON EPIGE.....	9
IV. REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	10
A. Répartition géographique des truffes dans le monde.....	10
B. Données floristiques et répartition géographique des espèces marocaines .....	11
1. Genre : Tuber .....	11
2. Genre : Delastria .....	14
3. Genre : Terfezia .....	15
4. Genre : Tirmania .....	19
V. PERIODES DE RECOLTES DES DIFFERENTES ESPECES .....	22
VI. RELATION PLANTES –HOTES .....	23
VII. PRESERVATION DES TRUFFES .....	27
<b>CHAPITRE II : COMPOSITIONS CHIMIQUES ET VALEURS NUTRITIONNELLES</b> .....	28
I. ANALYSES CHIMIQUES GENERALES .....	29
II. COMPOSITION EN PROTEINES ET ACIDES AMINES .....	31
III. COMPOSITION EN GLUCIDES ET ACIDE URONIQUE .....	35
1. Composition en sucre et acide uronique chez des truffes marocaines ...	35
2. La teneur en sucre chez d'autres truffes de diverses origines.....	36

IV. COMPOSITION EN LIPIDES.....	37
1. Acide gras .....	37
2. Les stérols .....	43
V. COMPOSITION MINERALE .....	46
VI. TENEUR EN FLAVONOIDES .....	48
VII. LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS.....	48
1. La présentation des composés organiques volatils .....	48
2. L'identification des composés organiques volatils.....	49
3. Les composés organiques volatils chez les truffes et leur importance....	51
VIII. L'APPORT ENERGETIQUE DES TRUFFES.....	53
1. Généralités .....	53
2. Le rôle des truffes dans le régime alimentaire .....	54
3. Apports énergétiques des espèces de truffes .....	56
I. L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE.....	58
1. Généralités .....	58
2. Les composants antibactériens actifs .....	59
3. L'activité antibactérienne in vitro de divers extraits des espèces de truffes .....	61
II. L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE.....	63
1. Généralités .....	63
2. Les composants actifs.....	64
a) Composés phénoliques.....	64

b) Les anthocyanes.....	68
c) L'acide ascorbique .....	69
d) Caroténoïdes .....	70
2. Méthodes d'étude de l'activité antioxydante .....	71
a. Test de l'activité de piégeage des radicaux : DPPH.....	71
i. Principe de la méthode.....	71
ii. Dosage.....	73
iii. L'activité de piégeage de radicaux des différents extraits de Truffes	74
b. Test du pouvoir réducteur du fer : FRAP.....	80
i. Principe de la méthode.....	80
ii. Dosage.....	80
iii. Mesure d'activité des extraits de truffes .....	81
c. Test de balayage ABTS .....	84
i. Principe de la méthode.....	84
ii. Dosage.....	84
iii. Mesure d'activité des extraits de truffes .....	85
d. Dosage de l'activité de piégeage de l'oxyde nitrique (NO).....	87
i. Principe de la méthode.....	87
ii. Dosage.....	87
iii. Mesure d'activité des extraits de truffes .....	87
III. L'ACTIVITE ANTICANCEREUSE.....	89
1. Généralités .....	89

2. La propriété mutagène et antimutagène chez <i>tuber aestivum</i> .....	89
3. Effet cytotoxique des extraits .....	90
4. Effet antiangiogénique d'extraits de <i>T.CLAVERY</i> .....	96
<b>IV. L'ACTIVITE ANTIDIABETIQUE</b> .....	<b>99</b>
1. Généralités .....	99
2. L'activité antihyperglycemique des extraits de truffes.....	99
<b>V. AUTRES ACTIVITES DES TRUFFES</b> .....	<b>107</b>
1. Activité enzymatique .....	107
2. Activité anticholinesterasique.....	107
3. Activité hépatoprotective. ....	107
4. Activités aphrodisiaque, antidépresseur.....	108
5. Activité antivirale.....	109
<b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES</b> .....	<b>110</b>
<b>RESUMES</b> .....	<b>114</b>
<b>BIBLIOGRAPHIES</b> .....	<b>118</b>



# *Introduction générale*

Les truffes sont des organes de fructification hypogés ; souterraines de champignons ascomycètes (c'est-à-dire leurs spores sont produites dans des sortes de sacs (asques) de l'ordre des tubérales, ordre qui a toutefois été abandonné par divers auteurs et rattaché à celui des pézizales [1, 2] ; comestibles qui se développent sur le pourtour du bassin méditerranéen et au Moyen-Orient essentiellement dans des régions arides et semi-arides [3-7], sur des terrains calcaires riches en calcium [8, 9]. Elles vivent en symbiose avec les racines des arbres telles que les chênes, les noisetiers, le peuplier[10]. Le plus souvent connu sous le nom de truffe de désert ; Elles sont appelées communément par les arabes ; "terfass", "kamé", "kholaissi" ou "zoubaidi".

Les truffes de désert les plus connues et les plus importantes sont les espèces des genres *Terfezia* (*T. arenaria*, *T. boudieri*, *T. claveryi*, *T. leptoderma*) *Tirmania* (*T. nivea* et *T. pinoyi*), *Picoa* (*P. juniperi*), *Balsamia* et *Melanogaster* (*M. variegatus*).

Comme tout champignon, la truffe n'a pas de fonction chlorophyllienne, elle ne peut donc pas synthétiser par elle-même des substances organiques et utiliser l'énergie solaire, elle s'associe alors à un arbre qui lui fournit les sucres et les substances organiques qui lui sont nécessaires en échange d'éléments minéraux faisant défaut à son hôte. Ces échanges réciproques sont caractéristiques d'une symbiose. L'appareil végétatif du champignon, le mycélium, lui permet d'explorer le sol à la recherche d'un support nourricier et pénètre dans les couches superficielles des racines provoquant une modification de leur structure. La rencontre des radicelles de l'arbre hôte et du mycélium donne naissance à un organe indispensable aux échanges : le mycorhize. Les truffes vivent alors en association symbiotique dites ectomycorhizienne et endomycorhizienne sur les racines de la famille *Cistaceae* y compris différentes espèces annuelles et vivaces du genre *cistus* [11], *tuberaria* et plus particulièrement *Helianthemum* [4, 12, 13].

Aujourd'hui les critères taxonomiques utilisés pour identifier les truffes sont la taille, la forme des spores, l'ornementation et la structure du péridium et du gléba [14].

Les truffes ont un intérêt écologique, mais aussi une valeur nutritive très importante par leur richesse en protéines, lipides, glucides, éléments minéraux et vitamines [15, 16]. Tel que *Tuber aestivum* (truffe d'été), *Tuber melanosporum* (Truffe noire du Périgord), *Tuber magnatum* (Truffe blanche), et d'autres appartenant à la truffe appréciés pour leur arôme unique et caractéristique [17, 18].

Les truffes sont aussi une source inexploitée de composés thérapeutiques à caractères immunosuppresseurs ; ils possèdent également certaines propriétés antibactérienne, antioxydante, antidiabétique, hépatoprotective, aphrodisiaque, antidépresseur et antivirale. Elles contiennent des enzymes à intérêt médical et industriel.

Les travaux relatifs aux truffes marocaines sont très peu nombreux, les études effectuées sont essentiellement d'ordre taxonomique et floristique [19, 20], ou cytologique et ultra-structurale [21-23].

Notre travail a pour objectifs :

- a) Donner la composition chimique des truffes.
- b) Déterminer les apports nutritionnels et énergétiques.
- c) Lister les activités biologiques et thérapeutiques.



*Chapitre I :*  
**CARACTERISTIQUES  
BOTANIQUES DES  
TRUFFES**

## I. HISTOIRE DE LA TRUFFE

Appréciée des gourmets depuis l'Antiquité dès 3500 av. J-C, et très recherchée, la truffe parfume depuis des siècles les plus belles préparations culinaires. Fruit de la rencontre entre un sol, un arbre et un champignon ; l'auteur le plus ancien serait THEOPHRASTE (372-287 av. J.-C.) qui expliquait ainsi l'origine des truffes : "végétaux engendrés par les pluies d'automne accompagnées de coups de tonnerre" [24], par contre le moraliste PLUTARQUE (46-125 ap .J-C) considéra ces végétaux comme une production issue de la fusion de l'eau, de la terre et de la foudre [9].

CICERON et JUVENAL pensaient que le tonnerre et la pluie jouaient un rôle dans leur origine tandis que le médecin Grec DIOSCORIDE les regardait comme des racines tubéreuses [25] ; et PORPHYRE, célèbre philosophe à qui l'on doit une vie de PYTHAGORE, les appellera trois siècles plus tard (environ l'an 250 de l'ère chrétienne) les enfants des dieux ; DE PLINE le naturaliste, qui les tient pour des miracles [26].

La truffe se déguste depuis l'antiquité. En Egypte, vers 2600 avant Jésus Christ, le pharaon Khéops [27] aimait servir des truffes aux délégations qui venaient l'honorer. Dans la Bible, les «pommes d'amour» que Léa, femme de Jacob, disputa à Rachel, vers les années 1700 avant JC, pourraient correspondre à des truffes ; c'est seulement au XVème siècle, sur la table de François Ier, au retour de son exil en Espagne, que la truffe fait sa première apparition en France. Depuis le XVIème siècle, les truffes sont régulièrement dégustées à toutes les grandes tables et agrémentent les plats les plus raffinés. Une découverte tardive qui fait le bonheur des gourmets de l'époque jusqu'à aujourd'hui.

La "manne" est évoquée dans le coran (aliment que dieu a offert aux israéliens) c'est un genre de "terfess", *tirmania* sp

قال الله تعالى في سورة البقرة الآية 57 : " وَضَلَّلْنَا عَلَيْكُمُ الْغَمَامَ وَأَنْزَلْنَا عَلَيْكُمُ الْمَنَّاءَ وَالسَّلْوَى كُلُّوا مِنْ هَيِّبَاتِ مَا رَزَقْنَاكُمْ وَمَا ظَلَمُونَا وَلَكِنْ كَانُوا أَنْفُسَهُمْ يَظْلِمُونَ "

Dans l'histoire de l'Islam, il a été rapporté dans le Hadith Sahih Muslim que le Prophète Mohammed avait dit que le terfess est une « manne » qu'Allah avait envoyée au peuple d'Israël à travers Moïse, et son jus était un médicament pour les yeux.

عن سعيد بن زيد رضي الله عنه أن رسول الله صلى الله عليه وسلم قال : « الكمأة من المن وماؤها شفاء للعين »

D'après Loizides et al 2011, les contes les plus classiques sur les truffes, ou le hydna, se rapportent à des espèces de *Terfezia* et de *Tirmania* plutôt qu'aux espèces de *Tuber* [28].

En 1851, Tul & Tul ont créé le genre *Terfezia* et ont rassemblé toutes les truffes d'Afrique sous le nom de *T.leonis Tul* [29].

Vers la fin du XVIIIème siècle, Chatin a étudié ces mycètes mystérieux et par conséquent, il a créé le genre *Tirmania* et décrit plusieurs espèces de *Terfezia* [19].

D'autres espèces de *Terfezia* et de *Tirmania* ont ensuite été découvertes et écrites dans la littérature [30-32].

## II. CARACTERE BOTANIQUE DE DETERMINATION

La truffe est une fructification souterraine de champignon, sans pied, ayant la forme d'un tubercule plus ou moins arrondi, globuleux, rugueux au toucher, dont la grosseur varie de la taille de celle d'une noisette à celle du poing.

Cette fructification est appelée ascocarpe. La dimension des ascospores est de l'ordre d'une dizaine de  $\mu\text{m}$ . L'ascocarpe est constitué de l'enveloppe externe, appelée cortex ou périidium, elle a un aspect verruqueux et souvent crevasse qui, en plus d'un rôle de protection, contribue à la respiration et à la nutrition de la truffe ; et à l'intérieur la chair appelée gléba. Les ascocarpes sont renfermés dans de petits sacs appelés asques. Ainsi la partie végétative, appelée mycélium est formée de minuscules qui s'accrochent aux radicelles de l'arbre par l'intermédiaire d'organes mixtes, les mycorhizes [33, 34].

La majorité des études morphologiques pour différencier les espèces de truffes s'est alors faite sur le corps fructifère, l'ascocarpe. Concernant, l'ascocarpe (truffe proprement dite), ces différences morphologiques s'observent à différents niveaux : i) macroscopiques (taille de l'ascocarpe, couleur de la gléba, aspect du périidium) et ii) microscopiques (morphologie des asques et spores). La taille du corps fructifère dépend bien sûr de l'environnement mais est aussi espèce-dépendant. Elles se distinguent aussi par leurs caractéristiques chimiques et moléculaires.

En effet, les ascocarpes de *T. nivea* ont une forme à peu près sphérique (Subglobuleux ou piriforme, glabre). Leur peau est brun clair ou blanc crémeux, et la moelle (gléba) est blanche ou blanc -jaunâtre devenant brun jaunâtre avec l'âge [35]. La fructification est de largeur 5-12 (20) cm, irrégulière ou lobée,

généralement avec une forme sphérique, en forme de poire. La surface externe est blanche ou crème, d'ocre, ocre-rouille ou ocre-brun. Les taches et les fissures à l'échéance, la gléba est compact, élastique et blanc, souvent rose pâle ou des tons d'ocre et de veines blanches indistinctes. Il a une agréable odeur.

En revanche, les corps fructifères par exemple de *T. arenaria* est de 3-12 (15) cm de large, irrégulièrement sphérique, généralement avec une base rudimentaire. La face externe est sèche, souvent lobée, beige, ocre-beige ou rose-beige, à l'échéance devient rougeâtre brun, brun ou brun noirâtre grisâtres. La gléba est élastique, typiquement marbré, blanchâtre, devenant rose, blanc ou beige rosé, souvent avec des tons jaunâtres et une légère odeur légèrement spermatique [28].

### III. COMPARAISON ENTRE TRUFFE ET CHAMPIGNON EPIGE

Les truffes appartiennent à la famille des ascomycètes et ce sont des champignons hypogées (fructifications souterraines ou ascocarpes) contrairement aux autres champignons épigés appartenant aux Basidiomycètes dont les fructifications ou carpophores sont aériennes [36].

La respiration chez la truffe se fait par absorption de l'air par l'intermédiaire des veines aérifères qui constitue en partie sa trame et aboutissent au péridium, par contre, chez les champignons épigés la respiration est normale comme les végétaux.

Selon Chatin 1892, la truffe possède le spongiolé un mycélium court lui permettant d'absorber les nutriments lorsqu'elle coupe ses connections avec la racine de la plante hôte [37].

## IV. REPARTITION GEOGRAPHIQUE

### A. Répartition géographique des truffes dans le monde.

La répartition géographique des truffes se situe essentiellement sur le pourtour du Bassin Méditerranéen et au Moyen orient dans des régions arides et semi-arides [3-7].

#### ❖ En Afrique du nord

Au Maroc, trois zones truffières sont identifiées : zone A située au nord-ouest ; c'est la forêt de la maamora, à l'est de Rabat sur sol acide et sous climat semi-aride; zone B située dans l'est et le sud-est du pays, appelée le haut plateau du Maroc oriental, sur sol calcaire et sous climat aride et subsaharien ; zone C située à l'est de la ville de Safi dans la plaine de Abda sur sol calcaire et sous climat semi-aride [20].

En Algérie les truffes se développent dans des régions de Béchar (Kenadssa, Taghit, Tabelbala, Abadla, Béni Abbès), Tindouf, Timimoun, Ouargla (Oued Mya), Touggourt, Tamanrasset (Montagnes du Hoggar), Ghardaïa, El Golea, Biskra, Batna, Djelfa, Saida, Boussaâda, Mécherai, Naama, Laghouat [6].

En Tunisie, les truffes du désert se trouvent surtout dans le centre et le Sud du pays.

#### ❖ En Europe

En France, en Espagne, et au Portugal, en Hongrie, et le nord de la Serbie [17, 18, 30-32] on trouve *Terfezia claveryi*, *Terfezia boudieri*, *Terfezia leptoderma*, *Terfezia olbiensis* et *Terfezia arenaria*.

### ❖ En Méditerranéen Asiatique

En Turquie, Syrie, Liban, et Moyen Orient se trouvent les espèces : *Picoa juniperi* et *Picoa lefebvrei*, *Tirmania pinoyi* et *Tirmania nivea*, *Terfezia arenaria*, *Terfezia boudieri*, *Terfezia claveryi*, *Terfezia leptoderma* [38].

### ❖ Pays Asiatiques Non-Méditerranéens

Dans les pays arabes (l'Arabie Saoudite, Bahreïn, Qatar, Kuweit) quatre espèces des truffes sont été identifiées. La truffe blanche du désert (*Tirmanianivea*), localement appelée " Zubaidi " plus appréciée que les autres espèces ; deux espèces des truffes brunes, (*Terfezia claveryi* et *Terfezia boudieri*), localement appelées " kholaisi", et *Picoa lefebvrei* [39].

## **B. Données floristiques et répartition géographique des espèces marocaines**

Les tubérales sont représentées au Maroc par plusieurs espèces appartenant aux genres *Tuber*, *Terfezia*, *Tirmania*, *Picoa* et *Delastria* [40].

### **1. Genre : Tuber (Micheli Fr. Hooker, 1823)**

a) *Tuber asa Tulasne, 1851*[41] =*Terfezia gennadii* [42] =*tuber lacunosus* [43] =*Tuber gennadii* [44].

Appelée "terfass male des terfass" à cause de sa consistance dure. Récoltée sous *Helianthemum guttatum* sur sol acide du forêt de la Maamora. Elle a un ascocarpe globuleux irréguliers, de 3cm de taille ; un péridium blanc, glabre et lisse, grisâtre et passant à la maturité au brun. La glèbe est brun-grisâtre à maturité, les asques sont allongés à pied long, et les ascospores sont à ornementation alvéolée au nombre de 1 à 2, par asque [20].



**Figure 1:** *Tuber asa tulasne* & *tulasne*

<http://www.actafungorum.org/actaforum/viewtopic.php?t=1020> (03/12/16)

b) *Tuber oligospermum* (Tul. & Tul.) Trappe 1979 (= *Terfezia oligosperma* Tul. & Tul. 1851) (= *Delastreopsis oligosperma* Tul.) Matt. 1904) [45, 46].

Appelée “Terfass de taida”, ce qui veut dire “terfass” des pins, récoltée sous les pins (*Pinus pinaster* var. *altantica*) dans la forêt de Maamora sur sol acide, à la ceinture verte de Temara (région de Rabat), à Sidi Yahia, aussi reçue de la région de Missour au voisinage des pins. Ses ascocarpes sont de 3 à 5 cm, globuleux sans base distincte, chocolat à maturité, sa glèbe mure est ferme, dure chocolat. Ses asques, sont à 1 à 3 ascospores, alvéolées légèrement pédonculés [20].



**Figure 2 :** *Tuber oligospermum* de la Region de Safi ( Maroc )

Photos de Christophe Lécuru et Jean-Pierre Gavériaux - lég. F. Petit / M. Belhaid – 2005

[http://www.smnf.fr/Photos\\_SMNF/Photos\\_SMNF\\_T/Tuber\\_oligospermum.htm](http://www.smnf.fr/Photos_SMNF/Photos_SMNF_T/Tuber_oligospermum.htm) (03/12/16)

## 2. Genre : *Delastria* (Tulasne, 1843) [47].

### *a. Delastria rosea* Tulasne, 1843 [47]

(=*Terfezia rosea* (Tul.) Torrend, 1907)

Appelée “Terfess amère de Taida”, récoltée sous le Pin (*Pinus pinaster* var. *atlantica*) dans la forêt de Maamora et dans la ceinture verte de Temara (Région Rabat), signalée à Larache [32]. Elle a des ascocarpes subglobuleux de 3 à 5 cm de diamètre, blancs à blanc rosé, noircis et fissurés par la dessiccation, un péridium blanc est très mince, une glèbe a des nodules fertiles de couleur d’abord rose puis marron à maturité, et des asques allongés à 2-4 ascospores globuleuses ornementées [20].



**Figure 3** : *Terfezia rosea* (Tul. & C.Tul.) Torrend 1908.

<https://sites.google.com/site/hongoshipogeos/ascomycetes/delastria-rosea-tul-c-tul-1843> (03/12/16)

### 3. Genre *Terfezia* (Tulasne, 1891)

*a. Terfezia arenaria* Trappe, 1971 [31] (= *Tuber arenarium* Moris, 1829) (= *Terfezia leonis* Tulasne, 1851).

Appelée « terfess rose de la Maamora », le plus commun dans les clairières de la forêt de la Maamora entre Rabat et Larache en relation mychorizienne avec *Helianthemum guttatum* Mill. Ses ascospores sont de 2 à 10 µm, son péridium lisse blanc-crèmeux, devient brun rose avec l'âge, sa glèbe pulpeuse, et ses asques sont ovoïdes ou subglobuleux à 8 ascospores sphériques [20].



**Figure 4:** *Terfezia arenaria* (Moris) Trappe

[http://iucn.ekoo.se/iucn/species\\_view/324472/](http://iucn.ekoo.se/iucn/species_view/324472/) (03/12/2016)

***b. Terfezia boudieri* Chat .1891[48] .**

Elle est récoltée de « Haad Hrara », région de Oualidia, à une dizaine de kilomètres de l'est de la ville de Safi, ainsi de Ain Béni Methar (région Arfoud). Avec des ascocarpes de 3 cm subglobuleux, un périidium blanc puis marron pâle à sombre, une glèbe blanche puis gris sombre, et des asques subglobuleux contiennent chacune 6 ascospores globuleuses [20].



**Figure 5 :** *Terfezia boudieri* chatin .

[http://iucn.ekoo.se/iucn/species\\_view/245309/](http://iucn.ekoo.se/iucn/species_view/245309/) (03/12/16)

*c. Terfezia claveryi* [48].

Appelée « terfess rouge de Tafilalet » récoltée à Ain Beni Methar, Tandrara et Bouaarfa, Région Arfoud dans le sud-est du Maroc sous *Helianthemum*. Les ascocarpes examinés sont de formes variées : cordiformes, ovoïdes, arrondies; de 3 à 5 cm. Le péridium blanc rosé, à maturité marron à noirâtre tacheté à glèbe ferme de consistance plus ou moins spongieuse. les asques ovoïdes ; les ascospores sphériques hyalines à grisâtres [20].



**figure 6** : *Terfezia claveryi* chatin

[http://iucn.ekoo.se/iucn/species\\_view/144803/](http://iucn.ekoo.se/iucn/species_view/144803/) (03/12/16)

***d. Terfezia Leptoderma (tulasne 1851)***

=(*Terfezia olbiensis* TULASNE 1851) [48, 49].

Considérée actuellement comme une forme immature de *T.leptoderma* [32]. Récoltée dans la forêt de la Maamora sur sol acide sous *Helianthemum guttatum*, aussi sous les pins (*Pinus pinaster* var.atlantica). Ses ascocarpes sont de 2 à 5 cm de diamètre, globuleux ovoïdes, son périidium est blanc grisâtre à gris sombre puis au noir, sa glèbe est blanche puis gris brunâtre à noirâtre à maturité, ses asques sont octasporés, globuleux. Ses ascospores sont noires à maturité, sphériques [20].



**Figure 7 :** *Terfezia olbiensis* Tul.& C.Tul.1851.

<http://www.trufamania.com/Terfezia%20olbiensis%20English.htm> (04/12/16)

#### 4. Genre *Tirmania* (Chatin, 1891) [48]

Appelée "terfass blanc de Tafilalt " ou " zoubaidi ".Très abondant dans le sud-est, sous climat aride et sub-saharien, dans les régions de Ain Béni Methar, Tandrara, Bouaarfa, Arfoud, Figuig, Rissani ; récoltée sous *l'Helianthemum hirtum*. Les ascocarpes de forme et de taille variables, périidium pale à plusieurs fentes, glèbe blanc jaunâtre. Les asques octasporés, arrondis, ascospores globuleuses à elliptiques [20].

##### a. *Tirmania pinoyi* (Maire) Malençon,1973 [32] = *Terfezia pinoyi* [30].

Ascocarpes de 3 à 8,5 cm de diamètre ; asques 70-100×40-55µm) ; Ascospores globuleuses de 16-24 µm de diamètre.



**Figure 8** : *Tirmania pinoyi* (coupe)

<http://www.truffiere.org/terfez.html> (04/12/16)

**b. *Tirmania nivea* Trappe , 1973[31]**

=*Terfezia ovalispora* [50]=*Tirmania ovalispora* (Pat.)Pat., 1892)  
=*Tirmania africana*[51] = *Terfezia Africana* (Chat.)Maire,1916) =*Tirmania camboni* [51] Ascocarpe de 3 à 12(18) cm de diamètre.



**Figure 9** : *Tirmania nivea*, Trappe 1971.

[http://iucn.ekoo.se/iucn/species\\_view/324634/](http://iucn.ekoo.se/iucn/species_view/324634/) (04/12/16)

**a. *Picoa juniperina* Tul 1851**

=*Picoa juniperi* Vittadini, 1831.

Récoltée sous *l'Helianthemum lipii*. Les ascocarpes de 3 à 6 cm, le périidium marron noir à maturité, glèbe ferme blanchâtre, les asques sessiles, globuleux à 8 ascospores lisses et légèrement elliptiques.



**Figure 10** : *Picoa juniperi* Vittad 1831.

[https://sites.google.com/site/hongoshipogeos/  
ascomycetes/picoa-juniperi-vittad-1831](https://sites.google.com/site/hongoshipogeos/ascomycetes/picoa-juniperi-vittad-1831)



## VI. RELATION PLANTES –HOTES

Les truffes forment une association symbiotique à bénéfice réciproque, appelée mycorhization ; le mot mycorhize vient du grec myco : champignon, et rhiza : racine, la rencontre entre les petites racines de l'arbre hôte et du mycélium donnera un organisme indispensable aux échanges : le mycorhize. (Voir **tableau II**).

Des études faites sur les truffes de la forêt de la Maamora au Maroc [40, 52-54], montrent que ces truffes forment une association mycorhyzienne avec *Helianthemum guttatum* (= *Tuberaria guttata* L. *foureau*), cette dernière est une plante herbacée, c'est la plante hôte de plusieurs espèces notamment *Terfezia arenaria*, *T. leptoderma* et *Tuber asa*. Les premières synthèses mycorhizienne ont été obtenues par Awameh et al, en 1979 [3] réalisées entre deux plantes hôtes : *Helianthemum ledifolium*, *H. salicifolium* et quatre espèces de truffes (*T. claveryi*, *T. boudieri*, *T. pinoyi*, *T. nivea*) et ont conduit à la formation d'endomycorhizes.

Les plantes herbacées ou arbustives de la famille des cistacées annuelles ou vivaces sont les plantes hôtes les plus importantes des truffes de désert [6], ainsi plusieurs cistes ont été signalés par Chatin en 1891 tels que *Cistus halimifolius*, *C. ladaniferus* var. *halimioides*, *C. salicifolius*, *C. monospeliensis* et *C. salivifolius* [48].

*Helianthemum almeriense* forme un gainage ectomycorhize à la fois avec *Terfezia claveryi* Chatin et *Picoa lefebvrei* dans des conditions in vitro. Cependant, un ectomycorhize et une ectendomycorrhiza sans gaine ont été observés dans les mycorhizes synthétisés avec les deux champignons dans des pots sous des conditions de serre [55].

D'autres espèces d'arbres ont été signalées en tant que plantes hôtes des truffes ; *robinia pseudoacacia* associée à *Terfezia terfezoides*, les mycorhizes formées peuvent être considérées comme étant des endo ou ectendomycorhizes, puisque le manteau et le réseau de Hartig sont absents [56].

Une étude est réalisée pour déterminer les effets des conditions de culture sur la mycorhization de l'*Helianthemum guttatum* par trois espèces de truffes ; *Terfezia arenaria*, *Terfezia claveryi* et *Tirmania pinoyi*. La synthèse mycorhizienne entre les trois espèces de truffes et l'*Helianthemum* a été effectuée par deux voies différentes : (i) en conditions axéniques, sur perlite imprégnée de solution nutritive, en inoculant les plantules avec des cultures mycéliennes ; (ii) en conditions gnotoxéniques, sur des substrats naturels, en inoculant avec des suspensions sporales. La voie de synthèse utilisée n'influe pas sur l'aspect des mycorhizes ; celles-ci sont de deux types selon la richesse du milieu : des ectomycorhizes sans manteau, dans des substrats de bonne fertilité (en particulier, bien pourvus en phosphore, ou des ectendomycorhizes, également sans manteau, dans des substrats carencés en phosphore. Les espèces de truffes étudiées développent toutes les trois des mycorhizes similaires, dont la morphologie varie selon la richesse du substrat (en particulier, en phosphore) ; ce sont des ectomycorhizes sans manteau [13].

Les espèces de la famille de *Cistaceae* ; *Helianthemum ledifolium*, *Helianthemum lippii*, *Fumana procumbens*, *Cistus albidus*, *Cistus incanus*, *Cistus salvifolius*, et *Pinus halepensis* (Pin d'Alep) ont été inoculés avec trois truffes ; *Terfezia leptoderma*, *Terfezia boudieri* et *Terfezia claveryi* dans des conditions à effet de serre. Les synthèses ont mené à la formation d'endomycorrhize typique des *Cistaceae* annuelle (*H. ledifolium*) et les vivaces (*H. lippii* et *F. procumbens*) puis le pin d'Alep et les espèces *Cistus* (*C. salvifolius*, *C. albidus*, *C. incanus*), forment avec les trois espèces de truffes du désert *T. leptoderma*, *T. claveryi* et *T. boudieri* un ectomycorhize avec une mince gaine moins développée et un réseau de Hartig bien développé [57].

Ces résultats démontrent la plasticité des espèces *Terfezia* pour former différents types mycorhiziens, ainsi la formation d'une endomycorhize avec *H. ledifolium* et *F. procumbens* et un gainage ectomycorhize avec *P. halepensis* inoculée par *T. leptoderma* in vivo dans des conditions de culture a été obtenu pour la première fois [57].

**Tableau II** : les plantes hôtes des truffes.

Les truffes	Plante hôte	Références
les truffes de la forêt de la Maamora au Maroc : <i>Terfezia arenaria</i> , <i>T. leptoderma</i> et <i>Tuber asa</i> .	<i>Helianthemum guttatum</i> (= <i>Tuberaria guttata</i> L. foureau),	[40, 52-54]
<i>T. claveryi</i> , <i>T. boudieri</i> , <i>T. pinoyi</i> , <i>T. nivea</i>	<i>Helianthemum ledifolium</i> , <i>H. salicifolium</i>	[3]
<i>Terfezia claveryi</i> Chatin et Picoa <i>lefebvrei</i> dans des conditions in vitro	<i>Helianthemum almeriense</i>	[55]
<i>Terfezia terfezoides</i>	<i>robinia pseudoacacia</i>	[45]
<i>T. claveryi</i> (endomycorizes) <i>T. leptoderma</i> (ectomycorizes)	<i>Helianthemum salicifolium</i>	[57]
<i>Terfezia arenaria</i> , <i>Terfezia claveryi</i> et le <i>Tirmania pinoyi</i>	<i>l'Helianthemum guttatum</i>	[13]
<i>Tuber melanosporum</i>	<i>Corylus avellana</i> (noisetier)	[58]
<i>Tuber melanosporum</i>	<i>Quercus pubescens</i>	[59]
<i>terfezia letoderma</i>	<i>Quercus ilex</i>	[60]

## VII. PRESERVATION DES TRUFFES

Les Truffes fraîchement récoltées sont associées à des populations microbiennes importantes ; des études évaluant la charge microbienne totale de la totalité de l'ascocarpe ont obtenu différents résultats [61], dans la glèba de *tuber borchii*, *tuber magnatum* [62, 63], ainsi le développement de la croissance des moisissures superficielles est l'un des principaux problèmes dans la phase post-récolte des ascocarpes affectant leur qualité visuelle, l'arôme et le goût [64] ; ce qui nécessitant un traitement spécial pour le marketing afin de retarder sa détérioration.

Des méthodes de décontamination différents, tels que des rayonnements ionisants, des ultrasons, un rayonnement par faisceau d'électrons, les rayons gamma et la réfrigération à 4 ° C ont été appliquées pour réduire au minimum la charge microbienne de la truffe fraîche [65-67].

Une étude suggère que les souches de *Lactobacillus plantarum*, peuvent être utilisées avec succès pour empêcher la croissance des moisissures appartenant aux genres *Penicillium* généralement impliqués dans la détérioration de la truffe noire ; *Tuber aestivum* [68].

Autre traitement de décontamination pour *Tuber aestivum* et *Tuber melanosporum* a été réalisé ainsi la durée de conservation de ces deux espèces de truffes a été prolongée à 28 jours [69].

Dernièrement une étude a montré que le moyen efficace qui semble réduit la population microbienne était de tremper les ascocarpes dans l'eau bouillie pour 1 - 2 minutes ; c'est la méthode recommandée avant le stockage du *T. aestivum* [70].



*Chapitre II :*  
*Compositions chimiques*  
*et valeurs nutritionnelles*

## I. ANALYSES CHIMIQUES GENERALES

Les truffes présentent une valeur nutritionnelle très élevée par leur composition en protéines, hydrate de carbone, en lipides et minéraux [15, 16, 71-76]. Elles contiennent essentiellement une teneur en eau de 77% et 23% de matière sèche. Cette dernière est composée de 87-88% de matière organique et 12-13% de cendres.

Les détails de composition chimique générale chez des espèces de truffes sont rapportés dans le **tableau III**.

L'analyse chimique générale de l'ascocarpe de *terfezia claveryi* a indiqué qu'elle pourrait être une source riche en protéines (16%), d'hydrate de carbone (28%), de fibre totaux (4%), et la matière grasse d'un taux de 2% [15]. La teneur totale en humidité était de 78% du poids frais [15], valeur proche à celle des truffes saoudiennes 75,44 % [74], de même 77.61% pour (*T. claveryi*) espèce irakienne [72] et de protéines brutes pour Harqa (*T. calveryi*) dont 16,2 % trouvées par AL-DELAIMY [72], comparé au résultat trouvé par AL-NAAMA ; 16.66 % en carbohydrate ; 8.02% en protéines, les cendres 5.90% et le phosphore de 9.7% [76].

L'étude réalisée par khabar en 2002 monte que les truffes présentent une valeur nutritionnelle incontestable par leur richesse particulière en acide gras insaturé essentiel (l'acide linoléique) [20].

Concernant la composition minérale des truffes ; Le potassium, le phosphore et le sulfure sont les éléments majeurs détectés [16].

De plus, les truffes semblent être une bonne source des vitamines C, B et  $\beta$ -carotène [77].

**Tableau III** : Composition chimique des ascomes de quelques espèces de truffes.

Truffes	%de matière fraiche	% de matière sèche					Références
	Humidité	Protéines totales	Lipides bruts	Carbohydate	Fibres brutes	Cendres	
<i>Terfezia boudieri</i>	77.70	17.19	6.40	59.73	3.80	12.88	[78]
<i>Terfezia hafidi</i>	80.01	27.26	9.11	58.23	ND*	5.40	[73]
<i>Terfezia claveryi</i>	74.32	24.38	10.02	62.05	ND*	3.55	
<i>Tirmania nivea</i>	75.25	27.18	7.42	ND*	13.02	5.40	[74]
<i>Terfezia claveryi</i>	75.44	24.96	4.20	ND*	7.02	6.39	
<i>Terfezia claveryi</i>	73,09	15,95	6,95	64,55	8,32	4,25	[79]
<i>Picoa juniperi</i>	63,78	22,54	19,94	36,66	13,04	8,21	
<i>Terfezia claveryi</i>	ND*	16	2	28	4	4	[15]
<i>Terfezia boudieri</i>	80.86	1.80	0.86	11.60	2.95	1.90	[80]
<i>Terfezia claveryi</i>	4.0	11.0	11.8	ND*	10.0	8.20	[81]
<i>Tirmania pinoyi</i>	73.3	20.3	3.0	72.5	11.2	3.8	[82]
<i>T. nivea</i>	77.63	28.81	6.78	57.83	ND*	5.06	[83]

\*(ND) : non déterminé

## II. COMPOSITION EN PROTEINES ET ACIDES AMINES

Le taux de protéines varie considérablement chez les genres *Terfezia* et *Tirmania* d'une espèce à l'autre de 3.3-29% [15, 72, 74].

On cite en exemples, quelques taux reportés par divers auteurs ; chez l'espèce *terfezia claveryi* ; la teneur en protéines dans les truffes noires *Terfezia claveryi* Chatin de l'Irak, 24.38 [73], était légèrement supérieur à celui des deux truffes brunes saoudiennes ; (Gibaah et Kholaisi ) 24.26% et 19.59 % respectivement [72] mais légèrement inférieure à la teneur en protéines de 16% rapporté par bokhary et al [15].

La teneur en protéines chez *Tirmania nivea*, *Tirmania pinoyi*, et *Terfezia boudieri* était de 3.28%, 6.18% et 4.57% respectivement, ainsi le taux en protéine totale était élevé dans *T. pinoyi* et *T. boudieri* et plus faible dans *T. nivea*. Ces différences peuvent être dues à l'origine, l'habitat et l'état de maturité des truffes analysées [16], 18.8% chez *terfezia hafizi* [72], 27.26% chez la même espèce [73].

La teneur en protéine brute moyenne chez l'espèce *Tuber aestivum* était de 19.11% [84], ainsi les teneurs totales en protéines solubles chez les espèces de *tuber* suivantes : *T. magnatum*, *T. borchii*, *T. melanosporum* *T. aestivum* ; étaient respectivement de : 24.0 ; 13.1 ; 8.7 ; 11.0 % [85]. chez *Tuber aestivum*, La teneur en protéine brute moyenne est de 19,11% [84], et chez *Terfezia boudieri* est de 17.19% [78].

Les chercheurs ont découvert que le contenu en acides aminés de truffes varie chez la même espèce par exemple chez *Terfezia claveryi*, les résultats sont résumés dans le **tableau IV**.

Dix acides aminés essentiels et dix-neuf acides aminés non essentiels ont été trouvés chez l'espèce *T. claveryi* par BOKHARY et al [15], comparés à dix-huit trouvés chez la même espèce par Sawaya et al [74], ainsi dix-sept par AL-DELAÏMY [72] et quinze par DABBOUR [81], dix-sept par AHMED ASHOUR [78].

L'acide glutamique représente l'acide aminé majeur chez l'espèce *Terfezia claveryi*, suivi par l'acide aspartique et l'arginine [15], ainsi AL-DELAÏMY rapporte que l'acide glutamique est le plus abondant. Tous les acides aminés essentiels sont présents avec une bonne quantité [72].

Parmi les acides aminés soufrés (Méthionine + cystine), le tryptophane et la lysine, qui sont limitants habituellement dans de nombreux aliments d'origine végétale ; la méthionine et le tryptophane étaient présents en quantités dépassant les recommandations du FAO / OMS (1973), tandis que la lysine ainsi que la leucine étaient les acides aminés limitants dans la variété Gibaah (*T.claveryi*) , constitue d'environ 75% des recommandations du FAO / OMS (1973) [74].

Trente acides aminés trouvés chez les trois espèces étudiées par BOKHARY en 1987 distribués en proportions différentes [16].

Différentes fractions protéiques ont été trouvées chez *Tuber aestivum* Vittadini. La Première et la principale est la fraction albumine (57,8 mg / g de MS qui correspond à 41% de la teneur en protéines brutes totales) et logiquement semble être la meilleure catégorie de protéines pour les consommateurs, la concentration des globulines est faible (8,56 mg / g MS seulement). L'Albumine et les globulines donnent ensemble au sujet la moitié (~ 47%) de la teneur en protéines brutes, les Prolamines (les protéines

apparentées) représentent 3,22 à 2,47 mg / g du MS, qui correspondent à 2,27% et 1,58% de la teneur en protéines brutes ; la concentration des glutelines est remarquablement élevée (25,7 mg / g MS).le contenu en substances apparentées au glutéline est faible (2,09 mg / g de MS) [84].

<b>Tableau IV :</b> Comparaisons des acides aminés trouvées chez l'espèce <i>T. claveryi</i> . Acides aminées	Références				
	[15]	[72]	[81]	[86]	[74]
	g/100mg de poids sec				
β-alanine	490 ±11	1012.4	0.908	ND	5.01±0.03
l'acide α-amino adipique	26 ±6	ND	ND	ND	ND
Acide α-amino- isobutyrique	410 ±16	ND	ND	ND	ND
Ansérine	203 ±9	ND	ND	8.88±0.15	ND
Arginine *	650 ±16	695.4	0.57	10.10±0.75	7.95±0.16
L'acide aspartique	820 ±35	1512.4	0.46	5.76±0.44	8.25 ±0.35
Carnosine	230 ±11	ND	ND	ND	ND
Cystathionine	420 ±31	ND	ND	ND	ND
cystine *	134 ±9	122.4	0.27	0.55±0.88	1.26±0.02
Ethanolamine	132 ±8	ND	ND	ND	ND
Acide glutamique	1440 ±31	2683.4	2.40	11.49±0.09	14.78±0.27
Glycine	360 ±22	659.6	0.70	4.29±0.46	3.64±0.01
histidine *	190 ±12	283.0	ND	15.22±0.17	2.09±0.03
Leucine	520 ±18	849.6	1.02	48.66±0.54	5.28±0.10
Isoleucine *	360 ±15	600.6	0.59	53.21±0.99	3.54±0.03
Lysine *	500 ±25	1113.8	0.70	19.21±0.47	5.49±0.10
méthionine *	280 ±10	180.0	0.21	35.28±0.97	3.14±0.09
Ornithine	350 ±12	ND	ND	ND	ND
phénylalanine *	310 ±16	528.6	0.56	59.79±1.12	3.17±0.06
Phosphoéthanolamin	220 ±15	ND	ND	ND	ND
Phosphoserine	140 ±19	ND	ND	ND	ND
Proline	430 ±12	612.2	ND	16.37±0.27	4.01±0.40
Sarcosine	70 ±10	ND	ND	ND	ND
Serine	360 ±15	608.2	1.21	3.21±0.09	3.52±0.01
Taurine	40 ±15	ND	ND	ND	ND
thréonine *	430 ±15	770.3	1.06	17.22±0.57	4.09±0.006
tryptophane *	122 ±6	ND	ND	29.14±0.49	1.23±0.0
Tyrosine	310 ±15	439.8	0.59	17.02±0.45	3.42±0.13
valine *	380 ±22	705.2	0.69	51.57±1.33	3.71±0.02

\*Acides aminés essentiels

(ND) : non déterminé

### III. COMPOSITION EN GLUCIDES ET ACIDE URONIQUE

#### 1. Composition en sucre et acide uronique chez des truffes marocaines

Chez deux espèces de truffes les plus comestibles au Maroc : *Tuber oligospermum*, *Terfezia arenaria* représentent 27,4% et 28,2% en polysaccharides de matière sèche [87].

Le **tableau V** montre divers monomère constituant le polysaccharide pour les deux espèces. Le glucose reste le principal sucre suivi de mannose et de rhamnose. Les acides uroniques et glucosamine ont également été détectés. Les proportions de glucose, mannose, glucosamine et acides uroniques sont sans différence importante entre *Tuber oligospermum* et *Terfezia arenaria* mais le rhamnose se trouve plus doublé dans *Terfezia arenaria* [87].

**Tableau V:** Teneurs en sucres et dérivés de sucre dans deux espèces de truffes marocaines.

	<i>Tuber oligospermum</i>		<i>Terfezia arenaria</i>	
	µg/mg en poids sec	% sucres totaux	µg/mg en poids sec	% sucres totaux
monosaccharides neutres	217.3±1.8	79.2	224.1 ± 2.2	80.1
Glucose	173.1 ± 2.0	63.1	165.6 ± 1.7	59.1
Mannose	35.4 ± 0.7	12.9	44.4 ± 0.6	15.18
Rhamnose	8.8 ± 0.4	3.2	14.1 ± 07	5.2
<i>Amino-monosaccharides</i> (Glucosamine)	44.4 ± 0.9	16.2	46.2 ± 1.7	16.5
Acide uronique	10.5 ± 0.8	4.6	9.9 ± 0.4	3.4

## 2. La teneur en sucre chez d'autres truffes de diverses origines.

Plusieurs travaux sur les truffes de diverses origines ont montré leur richesse en carbohydate.

Ainsi la teneur en carbohydate chez la truffe libyenne ; *T. boudieri* est de 59.73% de la matière sèche [78], et chez deux variétés (noires, *Terfezia claveryi* et blanche, *Terfezia hafizi* ) de truffes irakienne ce taux est respectivement de 62.05%,58.23% de MS [73].

La teneur en glucide était de 64,55 % chez *T. claveryi* et de 36,66 % du poids sec dans *Picoa juniperi d'Espagne* [79], et de 28% chez *T. claveryi* espèce en prévenance de l'Arabie Saoudite [15].

Les principaux glucides présents dans l'ascocarpe de *T. claveryi* sont : le glycérol (168 g/100g du poids sec ), le glucose (6.5 g/100 g du poids sec ), le fructose (11g /100 g du poids sec ), l'inositol (1.0 g/100g du poids sec), le mannitol (6.9 g/100g du poids sec) et le tréhalose (16 g/100g du poids sec) [15].

Tandis que l'analyse des glucides solubles dans les truffes *Tirmania nivea*, *Tirmania pinoyi*, et *Terfezia boudieri* par chromatographie sur papier en phase vapeur-liquide, a révélé la présence de glycérol, de glucose, de fructose, de mannitol, d'inositol et de tréhalose en quantités variables.

Le composé le plus abondant était le glycérol, présent dans *T. nivea* suivie par *T. pinoyi* et le plus bas dans *T. boudieri*. Le glucose, le fructose et l'inositol étaient faible dans toutes les espèces de truffes. L'inositol est absent chez *T.*

*boudieri*. Le mannitol était le plus élevé dans les deux espèces de *Tirmania*, que dans *Terfezia boudieri*. Le tréhalose était le plus élevé chez *T. nivea* que dans les deux *T. boudieri* et *T. pinoyi*, ainsi l'hydrolyse acide des glucides insolubles a donné un mélange de monosaccharides [16].

Le pourcentage des carbohydrates dans la truffe noire « *Tuber Melanosporum Vitt.* » est étudié à différentes stades de maturation afin de déterminer l'influence de la maturation sur la teneur en sucres : le stade VI immature (8%), stade V(11%), le stade VI(30.6%) à pleine maturité, ce qui montre qu'il y a eu une forte augmentation des hydrates de carbone au cours de la maturation [88]. Cette variation s'explique par le fait que dans les truffes immatures, les structures de spores sont prépondérantes et riches en sucres.

## IV. COMPOSITION EN LIPIDES

### 1. Acide gras

#### a) Composition en AG chez des espèces marocaines.

Les proportions de lipides obtenus pour deux espèces de truffes marocaines : *Tuber oligospermum*, et *Terfezia arenaria*, représentant 5,1 et 4,4% respectivement ; avec des proportions en acides gras stables dans les deux espèces :26-27% [87]. Six acides gras ont été détectés chez les deux espèces ; trois saturés (acide myristique, acide palmitique, acide stearique) et trois acides gras insaturés (acide oléique, acide linoléique, acide linoléique).

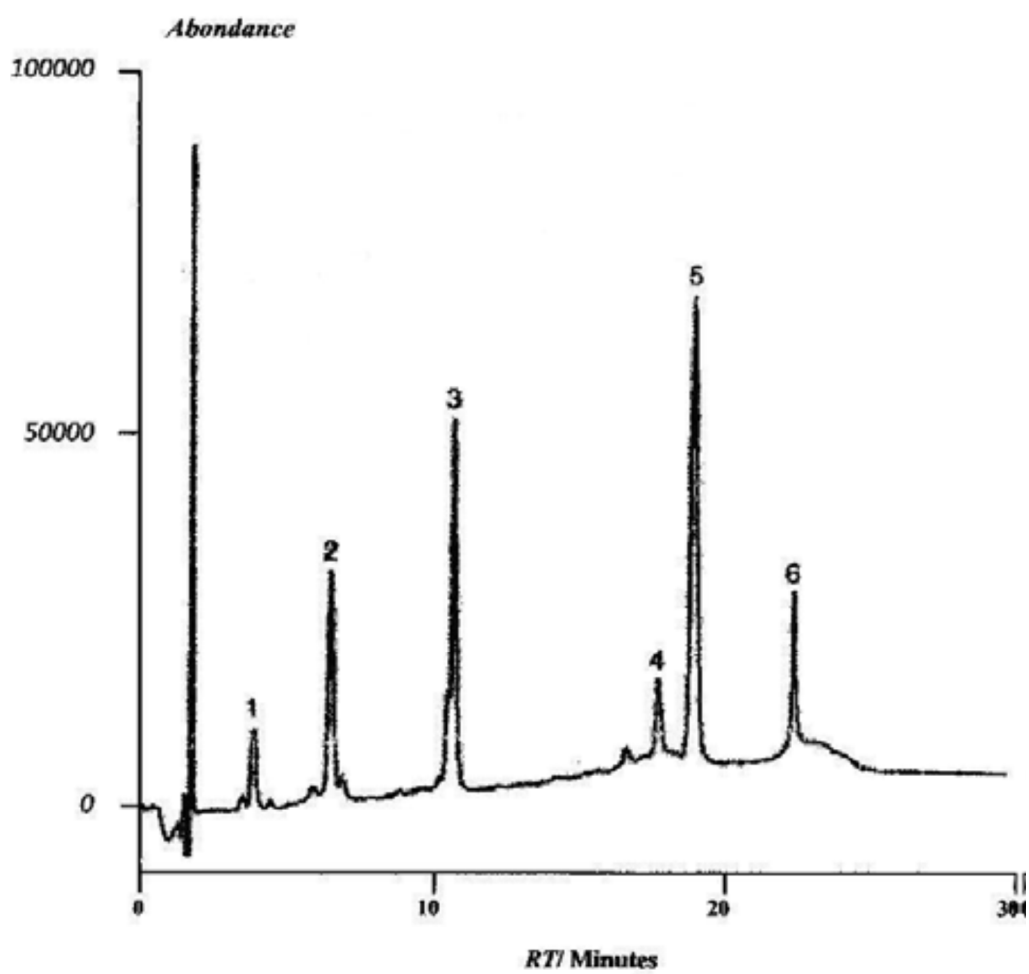
Dans *T. oligospermum* (**tableau VI**), les principaux acides gras sont l'acide linoléique (C18: 2) (65,5%), l'acide oléique (C18: 0) (10,5%), l'acide stéarique (C18: 0) (10,2%) et l'acide palmitique (C16: 0) (9,3%).

Dans *T. arenaria*, les principaux acides gras étaient l'acide linoléique (C18: 2) (51,3%), l'acide oléique (C18: 1) (20,2%) et l'acide palmitique (C16: 0) (14,6%), l'acide myristique saturé (C14: 0) et l'acide linoléique insaturé (C18: 3) étaient également détectés mais en petites quantités moins de 10% dans les deux espèces (**figures 11et 12**)[87].

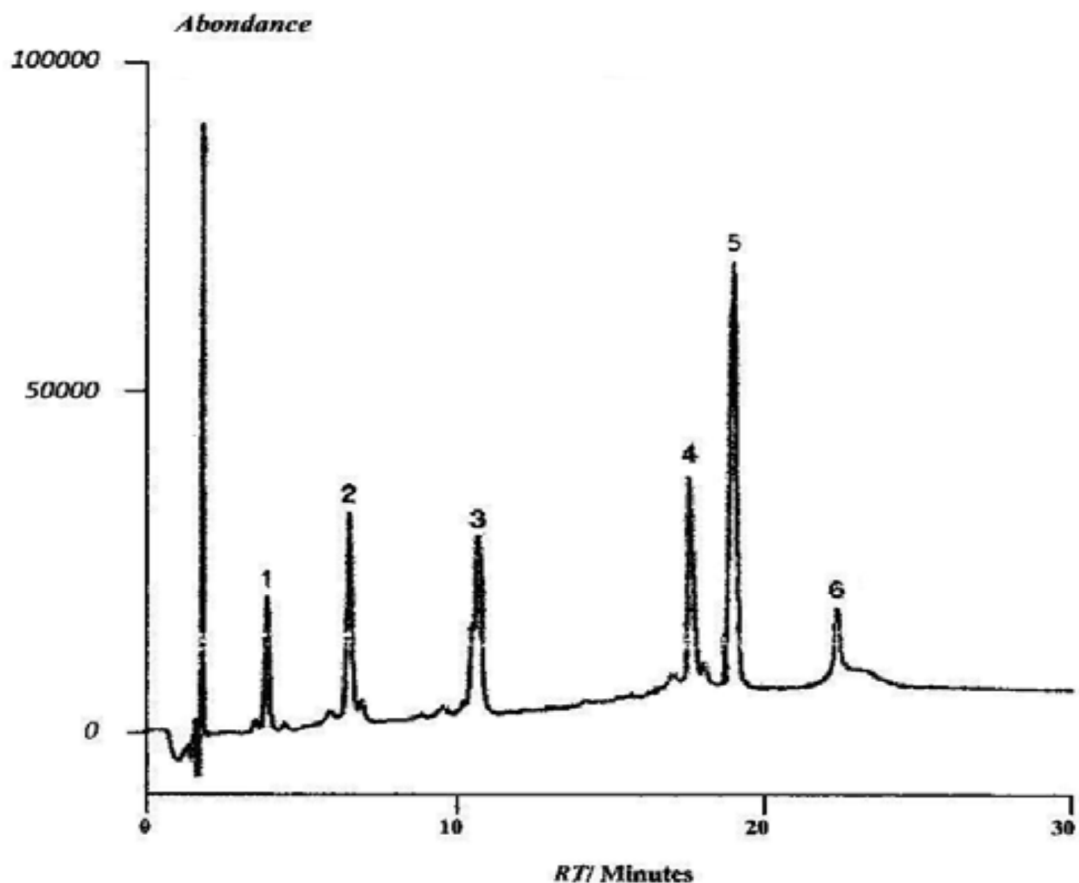
**Tableau VI** : Teneurs en acides gras dans deux espèces de truffes marocaines en %.

	C14 : 0	C16 : 0	C18 : 0	C18 : 1	C18 : 2	C18 : 3	D.I
<i>Tuber</i>	1.6 ±	9.3 ±	10.2 ±	10.5 ±	65.5±	2.9 ±	1.05
<i>oligospermum</i>	0.5	0.2	0.5	0.8	0.4	0.6	
<i>Terfezia</i>	3.6 ±	14.6 ±	8.7 ±	20.2 ±	51.3 ±	1.6± 0.4	1.40
<i>Arenaria</i>	0.5	0.2	0.4	0.5	0.6		

DI= degré d'insaturation.



**Figure 11.** Acides gras de *T. oligospermum* analysés par CPG. (1): C: 14: 0, (2): C: 16: 0, (3): C18: 0, (4): C18: 1, (5): C18: 2 et (6): C18: 3



**Figure 12.** Acides gras de *T. arenaria* analysés par CPG.

(1): C: 14: 0, (2): C: 16: 0, (3): C18: 0, (4): C18: 1, (5):  
C18: 2 et (6): C18: 3.

Une autre étude de la composition en acides gras des truffes marocaines rapporte que sept AG ont été détectés chez les différentes espèces de truffes étudiées ; quatre acides gras saturés (palmitique, stéarique, arachidique et béhénique) et trois acides gras insaturés (palmitoleique, oleique et linoléique) (**tableau VII**), ainsi les principaux acides gras trouvés sont les acides palmitique, oléique et linoléique ; les autres sont présents à des taux moins importants [20].

**Tableau VII** : Composition en acides gras des ascocarpes des différentes espèces de truffes (en % du poids sec de la fraction lipidique).

Espèces examinées	Acides gras						
	C 16 :0	C 16 :1	C 18 :0	C 18 :1	C 18 :2	C 20 :0	C 22 :0
<i>Terfezia arenaria</i> jeune	18.96	1.21	0.78	27.63	45.77	5.66	0.91
<i>Terfezia arenaria</i> adulte	14.08	0.91	0.68	27.13	48.1	4.57	0.77
<i>Terfezia "arenaria"J6</i>	21.47	1.056	3.25	27.02	38.8	8.56	0.9
<i>T.boudieri</i>	20.6	0.43	2.4	28.33	40.2	4.51	0.68
<i>T.leptoderma</i>	17.35	1.73	1.027	26.11	48.63	5.75	0.8
<i>Tuber asa</i>	16.47	0.94	1.81	15.98	61.18	4.77	0.74
<i>T.oligospermum</i>	16.67	1.09	2.02	20.59	54.92	4.72	0.78

### b) Composition en AG chez des truffes de diverses origines

La teneur en lipides dans la truffe *T. claveryi* d'Espagne était de 69,5 g kg-1 (de poids sec), alors que la teneur en lipides dans *P. juniperi* était plus élevée (199,4 g kg-1). La composition en acides gras montre des quantités élevées d'acide linoléique (45,4% dans *T. claveryi* et 53,0% dans *P. juniperi*) [79].

Chez les truffes d'Arabie saoudite treize acides gras détectés avec un total de neuf acides gras saturés (4% d'acide myristique, 2% de l'acide pentadécanoïque, 16% d'acide Palmitique, 18% d'acide margarique, 7% d'acide stéarique, 11% d'acide monadécanoïque, 5% d'acide arachidique,

1% d'acide heneicosonaique, 1% d'acide béhénique) et quatre insaturés (7% d'acide palmitoléique, 5% d'acide oléique, 3% d'acide érucique et 8% d'acide linoléique) [15].

Au cours de la maturation les acides gras non estérifiés augmentent de 94.8% à 96.2% ; par contre les acides gras estérifiés diminuent de 5.2% à 3.8%. La teneur en acides gras au stade de maturation est la suivante : 3.6% d'acide myristique, 11.7% d'acide palmitique, 3.3% d'acide stéarique, 23.1% d'acide oléique, 55.9 d'acide linoléique, 2.4% d'acide linoléique. Les principaux acides gras étaient l'acide linoléique, l'acide oléique et l'acide palmitique. L'acide myristique, stéarique et l'acide linoléique ont également été détectés mais en plus petites quantités (moins de 10% en tout) [88].

Une étude des acides gras contenus dans l'espèce *T. boudieri* en Turkey décrit la présence de divers acides gras dans *T. boudieri*. La composition en acides gras montre des quantités élevées d'acide linoléique (69,74% de C18: 2) ; suivi par l'acide palmitique (16.13 % de C16: 0), oléique (C18: 1), et l'acide linoléique (C18: 3), Il semble que la quantité d'acide linoléique est plus élevée que les résultats rapportés précédemment, mais d'autres valeurs d'acides gras sont différents de ceux rapportés par d'autres chercheurs [79, 88-90].

La composition lipidique fût déterminée sur deux variétés de truffes irakiennes (noires, *Terfezia claveryi* et blanche, *Terfezia hafizi*). Les tubercules étaient respectivement composés de 2,5% et 1,8% de corps gras. Les principaux acides gras étaient : les acides palmitique, oléique et linoléique. La fraction lipidique neutre était composée de 57-58% d'acide linoléique et 18-21% d'acide palmitique par rapport à 20% et 9-12% dans la

fraction lipidique polaire. Par contre, la teneur en acide oléique était plus élevée dans les lipides polaires (25-34%) que dans les lipides neutres (11-14%) [73].

Un total de 23 Acides gras, y compris l'acide arachidonique, l'acide eicosapentaénoïque, l'acide docosahexaénoïque, et des acides gamma-linolénique, ont d'abord été identifiés dans les espèces de *Tuber* [91].

## **2. Les stérols**

### **a) Composition en stérols de truffes marocaines.**

La composition en stérols des truffes marocaines est rapportée dans les travaux de khabar, ainsi quatrestérols ont été identifiés dans les ascocarpes des diverses espèces de truffes ; le Brassicastérol, l'ergostérol, lanostérol et un stérol non identifié (**Tableau VIII**) ; les principaux stérols sont le Brassicastérol (21-97%) et l'ergostérol (3-43%).

Le lanostérol est aussi présent chez le *Tuber oligospermum* et *Delastria rosea* en quantité assez importante, respectivement 16% et 23 % des stérols détectés. Ce lanostérol est pratiquement absent ou peu présent chez les espèces du genre *Terfezia* (environ 0à 7 %).Ce stérol n'a pas été détecté chez les espèces du genre *Tuber* ou du genre *Terfezia* étudié [92, 93].

Un stérol a été détecté chez *Tuber oligospermum* et *Delastria rosea* ; il n'est pas identifié et représente respectivement 17% et 13% des stérols détectés [20].

**Tableau VIII** : Composition en stérols des espèces de truffes marocaines.

Espèces	Stérols (%)			
	Brassicastérols	Ergostérols	Lanostérol(1,31)	NI (1,42)
<i>Terfezia arenaria</i> jeune	97	0	2	ND
<i>T.leptoderma</i> jeune sous <i>Helianthemum</i>	85	7	ND	ND
<i>T.leptoderma</i> adulte sous <i>Helianthemum</i>	97	3	ND	ND
<i>T.leptoderma</i> sous pin	92	8	ND	ND
<i>T.boudieri</i>	97	0	3	ND
<i>T.oligospermum</i>	46	21	16	17
<i>Delastria rosea</i>	21	43	23	13

NI : non identifiée ; ND : non déterminée

### **b) La composition en stérols des truffes de diverses origines**

La chromatographie gaz liquide des stérols chez deux truffes irakiennes montre que le  $\beta$ - sitostérol était le stérol majeur, ce qui représente 61,16% et 83,41%, tandis que le stigmastérol représente 6,31% et 5,01% pour les truffes noires (*Terfezia claveryi*) et blanche (*T. hafizi*), respectivement [73].

La composition en stérols de *Tuber melanosporum* a été examinée par la chromatographie en phase liquide, la spectroscopie de résonance magnétique nucléaire et la spectrométrie de masse. Ainsi l'ergostérol (62%) (ergosta-5,7,22 triénol) et le brassicastérol (28%) (ergosta-5,22-diénol) ont été identifiés comme les principaux composants (90%).

Une étude a été réalisée pour quantifier la composition mycochimique des truffes: *tuber melanosporum*, *Tuber aestivum* et *Tuber indicum* en termes de la concentration de l'ergostérol et les composants phénoliques ; La concentration de l'ergostérol variait de 1,28 à 1,80 mg / g de matière sèche. L'ester de l'ergostérol a été trouvé dans toutes les truffes, la concentration était beaucoup plus élevée chez *T. aestivum* (0,36 mg d'équivalents ergostérol / g de matière sèche) par rapport à *T. melanosporum* (0,10 mg / g) et *T. indicum* (0,09 mg / g) [94].

L'ergostérol est le stérol principal des espèces du genre *Tuber* qui contiennent également 28,44% de brassicastérol en fonction de l'espèce et de l'origine des échantillons. Le brassicastérol représente environ 98% des stérols des *Terfezia* étudiés, l'ergostérol n'étant présent qu'en quantités très faibles [92].

## V. COMPOSITION MINERALE

les teneurs trouvées en éléments minéraux étaient différentes chez les truffes appartenant à divers origines, ainsi l'analyse chimique de truffes turkiennes rapportent des quantités élevées de potassium, de magnésium et de calcium ainsi que la quantité élevée de sodium plus les éléments essentiels tels que le fer, le zinc et cuivre, ce qui permet de les considérer comme une excellente source de bioéléments [78, 90]. D'autres espèces turkiennes (*T. olbiensis* et *T. claveryi*), montrent que le K est le plus abondant des ressources minérales (24,254.54 et 19,337.34 mg / kg), suivi par le Mg (1017,34 et 998,41 mg / kg), le P (836,79 et 468, 91 mg / kg), le Ca (457,56 et 717.51 mg / kg), le Zn (85,47 et 49, 69 mg / kg) et le Fe (81,54 et 27,19 mg / kg), respectivement. En outre, le Mn a été aussi détectée. Des faibles quantités mais notables de Cd, Sn, et Ni ont également été déterminées dans les espèces *Terfezia* étudiées. L'un des minéraux essentiels, le sélénium, a également été détecté [86]. Une autre étude montre que *Tuber aestivum* Vittadini du Turquie contient vingt-deux éléments minéraux, ainsi le K représente le principal élément minéral (25647 mg / kg MS), le second est le P (7879 mg / kg MS), le troisième est le Ca (3331 mg / kg MS).

Chez *Terfezia claveryi*, le K était présent dans les plus grandes quantités suivies par le P, le Na, le Mg, et le Ca.

les oligoéléments étaient présents à des quantités justes par rapport aux allocations alimentaires recommandées [15]. Ces résultats des matières minérales pour *T. claveryi* conviennent étroitement avec les rapports de Sawaya et al. (1985) sur les truffes saoudiennes. En particulier les résultats rapportés pour Kholeissi [74].

Une analyse de truffes libyennes (*Terfezia boudieri* Chatin) montre la présence des macroéléments Na, K et Ca, et oligo- éléments Fe, Zn, Cu, Mn. Le potassium était présent dans la plus grande concentration (996 mg /100g) des truffes libyennes qui sont considérées pour être une bonne source de Fe et Zn [78]. Egalement dans les truffes d'Arabie saoudite (*Tirmania nivea*, *Tirmania pinoyi* et *Terjezia boudieri*) le K était présent dans les plus grandes quantités en particulier dans *T. nivea*, et *T. boudieri*, suivie par le phosphore. D'autres minéraux (cuivre, le sodium, le calcium, le fer, le magnésium, le manganèse et cobalt) étaient présents en quantités faibles et variées dans les trois espèces de truffes étudiées [16]. De même chez *Tuber melanosporum* le K a été le principal minéral [88].

Il est connu que l'équilibre homéostatique dans le corps est vital pour la vie, et le potassium joue un rôle important pour cet équilibre.

Le magnésium est le minéral clé dans l'activation de plusieurs enzymes du métabolisme des protéines, des lipides, des acides et des hydrates de carbone. Le fer est la pierre angulaire de l'hémoglobine, le pigment transportant l'oxygène des globules rouges. Le zinc est un minéral très important pour la croissance humaine et utilisé en tant que catalyseur dans les réactions enzymatiques. La carence de ce minéral peut causer des troubles du développement chez les enfants. Les allocations alimentaires recommandées de potassium, de magnésium, de fer et de zinc, qui répondent suffisamment aux besoins quotidiens des personnes adultes en bonne santé, sont environ 2000 mg, 300mg, 10 mg et 15 mg, respectivement [95] ; en d'autres termes, *T. olbiensis* et *T. claveryi* peuvent efficacement fournir les minéraux pour les besoins des consommateurs pour une vie saine.

## VI. TENEUR EN FLAVONOÏDES

L'étude de la composition en flavonoïdes des truffes marocaines n'a jamais été faite auparavant et les seuls travaux sur les flavonoïdes des truffes sont ceux publiés sur quelques espèces de Turquie.

La quantité des flavonoïdes chez *tuber aestivum* est de 0.093mg/g de MS [85], tandis que *T. nivea* contenaient des quantités relativement importantes de flavonoïdes ; l'extrait méthanolique avait la grande quantité (74.52 mg/g) [97].

Une étude de la composition en flavonoïdes chez l'espèce *Terfezia boudieri* montre qu'elle contient : myricetin, kaempférol, naringine, naringénine et resveratrol avec des concentrations de : 1,75, 0, 25, 98.75, 0,25 et 2,25 mg / g de poids sec, respectivement. La teneur en naringine (98,75 mg / g) était très élevée, alors que kaempférol et naringénine étaient très faibles, de plus ; la rutine, la morin, la quercétine et la catéchine étaient non détectées [85].

## VII. LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

### 1. La présentation des composés organiques volatils

Ces composés odorants désignés souvent comme « arômes » sont des molécules organiques de faible masse moléculaire ( $M < 400$  daltons) qui servent à l'amélioration des préparations culinaires pour la pâtisserie ou la cuisine. Ils ont la capacité de pouvoir se retrouver en partie à l'état de vapeur dans l'atmosphère gazeuse. Au contact de la muqueuse olfactive, ils

provoquent ainsi un stimulus qui est ressenti par la personne et est assimilé à « l'arôme ». Parce que ces composés interagissent avec les récepteurs olfactifs des êtres vivants qui y sont sensibles, ils sont dits composés odorants ; depuis 50 ans, les sujets d'études aussi bien mécanistiques, fonctionnelles, qu'évolutives (Hartmann 2007) sont abordés. Les COV font partie de ce qu'a nommé, en 1891, Albrecht Kossel, les « métabolites secondaires » qui désignaient alors tout composé produit par les plantes dont le rôle n'était pas impliqué directement dans les fonctions primaires [97]. On sait aujourd'hui que ces composés sont essentiels aux plantes et champignons, notamment pour la reproduction ou la survie, tout autant que les « métabolites primaires » (tels que les glucides, les lipides, les acides aminés, les protéines et les acides nucléiques). Les COV appartiennent à différentes classes des produits chimiques organiques tels que les hydrocarbures, alcools, aldéhydes, esters, cétones, amines, les composés chlorés, les composés soufrés ou encore les éthers. Pour une arôme naturelle, on peut trouver plus d'une centaine de composés qui forment ainsi le rendu final. Ces composés n'ont par contre aucune valeur nutritive.

## **2. L'identification des composés organiques volatils.**

Plusieurs techniques existent pour extraire et analyser les COV. Cependant, ces techniques suivent un même schéma constitué de deux grandes étapes. La première est **l'extraction des arômes** de l'échantillon d'intérêt. Cela peut se faire en phase liquide ou solide. Son but est d'extraire les COV, de les isoler et de les garder soit en milieu liquide avec un solvant soit sur une fibre. La seconde étape est **l'analyse des arômes**. Dans cette

étape les différents composés sont séparés selon différents critères puis analysés.

Parmi les techniques d'extraction, que ce soit en phase solide ou liquide et sur produit solide ou liquide, nous pouvons citer les extractions par concentration en espace de tête (statique ou dynamique) telles que le « purge and trap » et la SPME (micro extraction en phase solide) [98]. Il existe aussi des extractions de produits (solides ou liquides) nécessitant une chauffe comme la distillation (avec ou sans l'usage d'un solvant) telles que la « SAFE » (Solvent Assisted Flavour Evaporation ) [99].

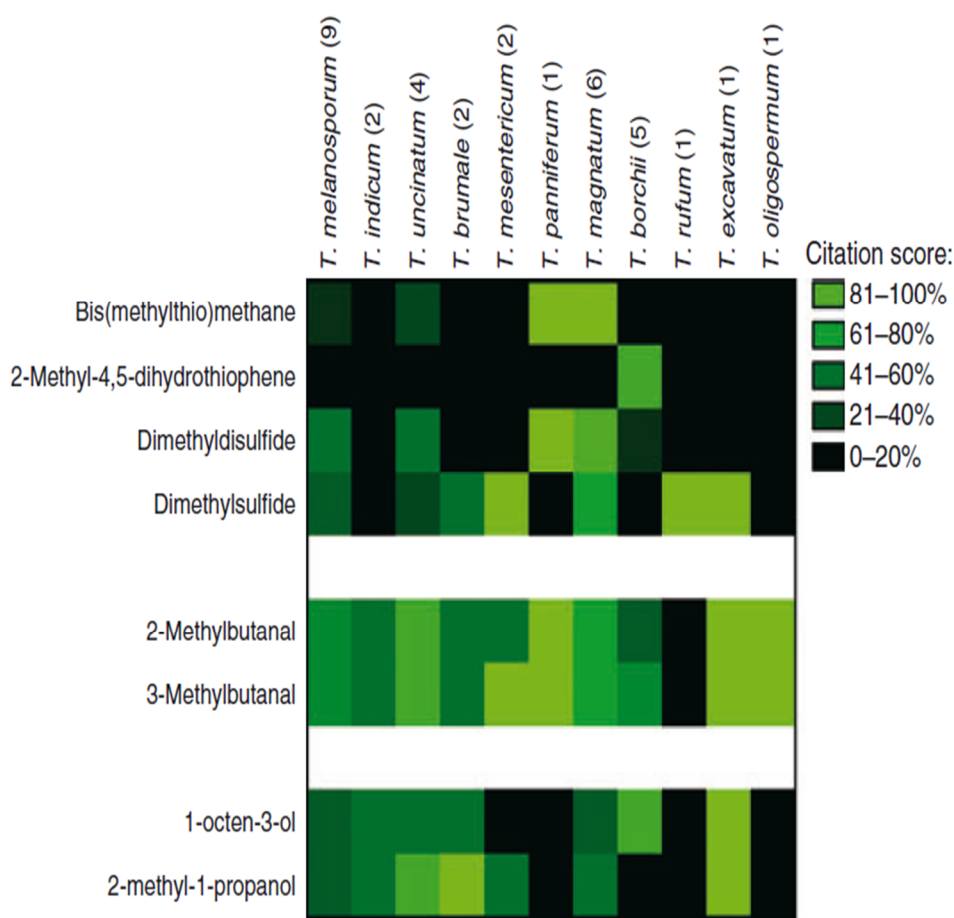
Pour la phase d'analyse (séparation des COV et leur détection), même si le plus courant est l'usage de la chromatographie gazeuse (GC) comme technique de séparation, d'autres existent comme la chromatographie en phase liquide par exemple. Pour l'identification, le détecteur à spectrométrie de masse est la technique la plus utilisée mais on peut citer le détecteur à ionisation de flamme, le détecteur à capture d'électron ou encore le détecteur olfactif (« e-nose » ou « sniffing »).

### 3. Les composés organiques volatils chez les truffes et leur importance

L'étude des COV des truffes remonte à une trentaine d'années avec de premières études descriptives qui ont essayé d'analyser les composés existant dans les truffes [100-104]. Plus de 200 COV ont été mis en évidence jusqu'à présent [17, 18, 105-110] pour différentes espèces de truffes. Pour la majorité, il s'agit d'hydrocarbures contenant des groupements alcools, cétones, aldéhydes et sulfures. Un profil aromatique de truffe (à partir de l'ascocarpe) contiendrait de 20 à 50 composés différents.

Le rôle des composés organiques volatils des truffes n'a pas été totalement élucidé mais des pistes ont néanmoins été données. En effet, dans un article de synthèse récent, Splivallo et collaborateurs ont groupé les différents rôles des COV vis-à-vis des différents organismes [108]. Il a été par exemple montré que lors de l'interaction truffe/plante hôte, certains composés présents chez la truffe tels que l'éthylène et l'acide indole-3-acétique pouvaient moduler l'architecture racinaire de la plante [111]. De même, les composés à 8 atomes de carbone (C8) présents chez la truffe, tel que le 1-octen-3-ol, à faibles doses, activent les gènes de défenses chez les plantes. En revanche, à fortes doses, l'effet produit est un stress oxydatif pour la plante. De même, certains composés organiques volatils ont un rôle important dans l'interaction truffes/ animaux. En effet, le diméthylsulfure (DMS) serait un composé attractif pour les animaux [104]. Enfin, un autre rôle majeur des COV dans les interactions truffes/organismes est celui de la compétition vis-à-vis des autres champignons ectomycorhiziens. En effet, il a été montré que les COV de *Tuber melanosporum* aideraient, au sein du brûlé, à réduire l'abondance des autres champignons mycorhiziens.

Dans une étude récente, Splivallo et collaborateurs ont comparé les occurrences de 8 composés dans la littérature pour 11 espèces de truffes différentes (**Figure 13**) [108]. Il semblerait que le diméthylsulfure (DMS) ou encore le disulfure de diméthyle (DMDS) par exemple soient des composés universels car retrouvés chez la majorité des espèces. En revanche, le composé 2-méthyl-4,5-dihydrothiophene est uniquement retrouvé chez *Tuber borchii*.



**Figure 13** : Etude bibliographique de l'occurrence de quelques COV majeurs chez 11 espèces de *Tuber*

## VIII. L'APPORT ENERGETIQUE DES TRUFFES

### 1. Généralités

Les besoins énergétiques d'un individu sont définis comme étant "la quantité d'énergie nécessaire pour compenser les dépenses et assurer une taille et une composition corporelle compatibles avec le maintien à long terme d'une bonne santé et d'une activité physique adaptée au contexte économique et social" (OMS, 1996).

La calorimétrie (bombe calorimétrique) permet de mesurer la chaleur de combustion des aliments.

La valeur énergétique physiologique est la quantité d'énergie utilisable par l'organisme en KJ. Elle prend en considération les pertes fécales et urinaires.

Conversion des calories en kilojoules : 1 calorie = 4,184 kilojoules.

La contribution des macronutriments à l'apport énergétique total devrait être de [112] : 15% des protéines (1g de protéines fournit 4 Kcals), 50% des glucides (1g de glucides fournit 4 Kcals), 40% des lipides (1 g de lipides fournit 9 Kcals), 30 % des fibres (1 g de fibres fournit 4 Kcals [113]).

Pour calculer la valeur énergétique d'un aliment, il suffit de calculer la quantité de macronutriments qu'il contient et de la multiplier par leurs coefficients de conversion établis par Atwater et Benedict en 1899.

## **2. Le rôle des truffes dans le régime alimentaire**

Les truffes contiennent peu de calories et de lipides, plus de fibres et pas de composés toxiques donc ce sont des aliments diététiques de choix pour l'homme.

Khalastchy (2003) décrit les difficultés de la vie en Irak dans les années 1970, quand l'Irak était en guerre. La nourriture était rare, mais les truffes étaient copieuses. Khalastchy rapporte que pendant 4 mois, les populations du désert utilisent les truffes au lieu de la viande dans les plats à base de viande traditionnels, les Truffes étaient aussi délicieux et nutritifs comme la viande, bien que les truffes du désert ne produisent pas de fruits chaque saison [114].

Les truffes sont très recherchées en raison de leur forte odeur, qui provient du composé hydrocarboné aromatique bis (méthylthio) méthane. La valeur nutritive des truffes est très élevée et presque identique pour les différentes espèces. Elle varie selon les conditions environnementales dans lesquelles les truffes sont cultivées. Contrairement aux champignons, aucune truffe n'est connue pour être toxique. Les truffes sont appréciées en France, en Géorgie, en Grèce, en Italie, au Moyen-Orient et en cuisine espagnole .

Les truffes sont des tubercules rares et luxueux, et l'un des ingrédients les plus recherchés par les meilleurs chefs internationaux largement reconnus comme l'un des aliments gastronomiques les plus souhaitables. Elles sont utilisées pour enrichir les plats ou comme accompagnement en plus ou en moins grande quantité. Ainsi, leur contribution à la nutrition humaine reste relativement faible.

Les truffes sont différentes des autres légumes en raison de leurs saveurs; de petites quantités peuvent faire ressortir le goût, la saveur et l'arôme d'un plat. Parce qu'elles sont rarement trouvées, les truffes sont chères, mais les truffes sont également connues pour leur valeur médicinale. Elles ont une faible teneur en gras, sans cholestérol, ainsi la consommation régulière peut abaisser le taux de cholestérol.

Les truffes sont utilisées crues, cuites, sous forme de jus concentré, de fumé ou d'essence. Les truffes entrent dans une multitude de préparations les plus connues étant les plats, les terrines et les foies gras. Elles parfument aussi notamment les salades, les pâtes, les sauces, les pâtes alimentaires, le riz et les œufs. Elles sont délicieuses crues ou cuites. Quelques lamelles suffisent pour parfumer tout un plat [130].

### 3. Apports énergétiques des espèces de truffes

Tableaux IX : apports énergétiques des espèces de truffes.

Truffes	En g/100g de matière sèche				Apport énergétique		réf.
	Protéines totales	Lipides bruts	Carbohydate	Fibre brutes	Energie (kcal/100g)	Energie (kjoul/100g)	
<i>Terfezia boudieri</i>	17.19	6.40	59.73	3.80	380.48	1,591.9	[78]
<i>Terfezia hafidi</i>	27.26	9.11	58.23		423.95	1,773.0	[73]
<i>Terfezia claveryi</i>	24.38	10.02	62.05		435.90	1,823.0	
<i>Terfezia claveryi</i>	15,95	6,95	64,55	8,32	417.83	1,748.2	[79]
<i>Picoa juniperi</i>	22,54	19,94	36,66	13,04	468.42	1,959.6	
<i>Terfezia claveryi</i>	16	2	28	4	210.0	878.64	[15]
<i>Terfezia boudieri</i>	1.80	0.86	11.60	2.95	73.14	306.02	[80]
<i>Terfezia claveryi</i>	11.0	11.8		10.0			[81]
<i>Tirmania pinoyi</i>	20.3	3.0	72.5	11.2	443.0	1,853.5	[82]
<i>T. nivea</i>	28.81	6.78	57.83		407.58	1,705.3	[96]



*Chapitre III :*  
*Les activités biologiques*  
*et thérapeutiques*

# I. L'ACTIVITE ANTIBACTERIENNE

## 1. Généralités

Les vaccins étaient les premiers antimicrobiens utilisés (Edward Jenner en 1796, Louis Pasteur depuis 1880-1885) et enfin les antibiotiques: pénicilline 1928, gramicidine S 1942, streptomycine 1944, etc., qui sont des produits naturels issus de microorganismes, ainsi l'effet thérapeutique des truffes a été signalé depuis longtemps ; l'eau de truffe était prescrite contre les vomissements, les diarrhées et gastralgies [37].

Des antibiotiques récemment rapportés extraits des truffes du désert ;

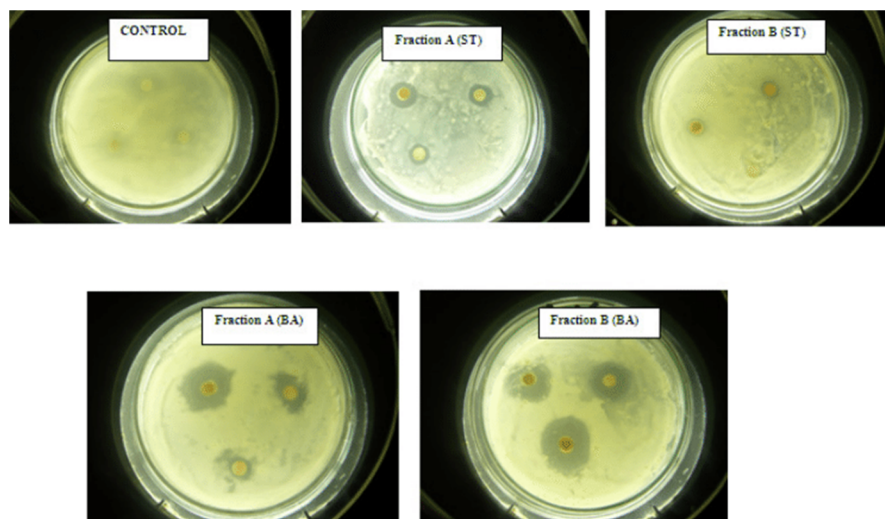
*T. nivea* et *T. claveryi* se sont révélés efficaces contre une large gamme de bactéries Gram (-) et Gram (+) [61, 115]. *T. claveryi* aurait été utile dans le traitement des affections ophtalmiques. L'extrait d'eau bouillie de truffe a été réclaté efficace par les Bédouins pour le remède contre le trachome. L'extrait a montré une inhibition envers l'agent thérapeutique du trachome, *C. trachomatis* [115]. L'activité antimicrobienne des extraits aqueux et méthanoliques ainsi que des extraits protéiques partiellement purifiés de *T. claveryi* a été étudiée in vitro contre *S. aureus*[116], et *P. aeruginosa* [117]. L'extrait aqueux de *T. claveryi* contenait un puissant agent antimicrobien protéique pour le traitement des infections oculaires causées par *P. aeruginosa*.

## 2. Les composants antibactériens actifs

Les deux fractions isolées à partir de l'extrait sec de l'ascarpe de *T. pinoyi* ont été testées sur les souches de bactéries. L'Activité antibactérienne in vitro des fractions A et B testées contre *S. aureus* ATCC 6538 et *B. subtilis* ATCC 6633 est représentée sur la **figure 14**.

Le spectre de la fraction A (GC- MS) a révélé cinq produits, un produit a été identifié. Il a été dérivé de la famille des pyrazines. Ce fut la pyrazine, la 3-éthyl-2,5-de diméthyl. Le spectre de la fraction B GC-MS a révélé dix produits inconnus, seulement un produit a été identifié. Ce produit est obtenu à partir de la famille des pyrazines : 1- (6-méthyl-2pyrazine) -3 méthyl-1-butanol).

Il a été constaté dans cette étude préliminaire que les fractions de l'extrait d'acétate d'éthyle du *T. pinoyi* contiennent des produits qui inhibent la croissance de *S. aureus* ATCC 6538 et *B. subtilis* ATCC 6633. Par contre *P. aeruginosa* ATCC 14028, *E. coli* ATCC 25922 et *Enterococcus sp.* ATCC 29212 n'était pas inhibée. GC-MS a révélé la présence de plusieurs produits ; les pyrazines identifiées ont une activité antibactérienne dans la littérature [118].



**Figure 14** : Activité antibactérienne in vitro des fractions A et B testées contre *S. aureus* ATCC 6538(ST), et *B. subtilis* ATCC 6633 (BA).

L'activité antimicrobienne peut être attribuée à la présence de saponines, des tanins, des flavonoïdes, des coumarines, des stéroïdes, des quinones et iridoïdes libres dans l'espèce *Terfezia boudieri* [119].

La protéine partiellement purifiée de l'extrait aqueux en utilisant une précipitation au sulfate d'ammonium (fraction de 45-75%) a révélé une activité antimicrobienne (8mm). Cette fraction est ensuite soumise à une filtration sur gel en utilisant Sephadex G-100. Deux pics ont été obtenus, le pic qui possédait une plus grande activité antimicrobienne (9mm) a été soumis à une chromatographie par échange d'ions en utilisant DEAE Sephadex. Seulement le pic 4 des six pics obtenus qui a montré une légère activité antimicrobienne (3 mm). Puis les fractions qui ont montré une activité antimicrobienne contre *S. aureus*, ainsi que l'extrait aqueux, comparé avec des antibiotiques de référence, seulement la gentamicine montre une activité antimicrobienne de 100% comparé au pic 4, ce qui indique clairement que l'activité antibiotique est due à un antibiotique de structure protéinique [116].

### 3. L'activité antibactérienne in vitro de divers extraits des espèces de truffes

De nombreux travaux ont mis en évidence les activités antimicrobiennes des extraits d'ascomes de truffes et la nature des substances bioactives (tableau X).

**Tableau X** : l'activité antimicrobienne in vitro de divers extraits de truffes.

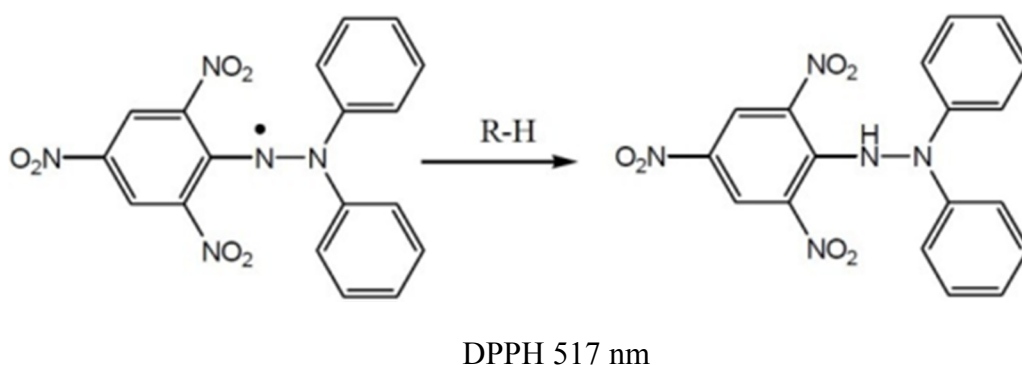
L'activité antibactérienne in vitro de divers extraits des espèces de truffes	Références
<p>Un extrait aqueux purifié de <i>Terfezia claveryi</i> Chatin a été obtenu par l'extraction avec l'eau.</p> <p>L'extrait concentré a été testé pour une activité antimicrobienne contre trois micro-organismes : une BGN (<i>E. coli</i> ATCC 8739) et deux BGP (<i>S. aureus</i> ATCC6538P et <i>S. epidermidis</i> ATCC 12228), en utilisant la méthode de diffusion sur gélose. Il a présenté une très bonne activité avec des zones d'inhibition de croissance de 21 mm, 20,5 mm, et 26,5 mm, respectivement. Dans les trois cas, l'extrait a été le plus efficace contre <i>S. epidermidis</i>, il y avait une diminution significative d'activité antibactérienne après dilution de l'extrait.</p>	[120]
<p>Des extraits aqueux de <i>Terfezia boudieri</i> (macération, la digestion et décoction) présentait une activité antimicrobienne contre huit souches bactériennes (<i>S. aureus</i>, <i>S. eperdimidis</i>, <i>E. feocalis</i>, <i>B. subtilis</i>, <i>S. thyphi</i>, <i>E. coli</i> et <i>P. aeruginosa</i>). En outre les extraits organiques : éther de pétrole, le dichlorométhane, le chloroforme, l'acétate d'éthyle et du méthanol de matériau de champignons a montré une activité élevée contre les bactéries testés.</p>	[119]
<p>L'extrait d'acétate d'éthyle de <i>T. pinoyi</i> a été séparé par chromatographie sur colonne. Les deux fractions de l'extrait obtenu inhibe la croissance de deux souches bactériennes seulement : <i>S. aureus</i> ATCC 6538 et <i>B. subtilis</i>, ATCC 6633</p>	[118]
<p>L'extrait de chloroforme de <i>T. claveryi</i> a montré une activité antimicrobienne significativement élevée contre les BGP (<i>S. aureus</i>, <i>B. subtilis</i>, <i>E. feocalis</i>, <i>Corynebacterium</i>) et BGN (<i>P. aeruginosa</i>)</p>	[121]

<p><i>E. coli</i>, <i>S. typhi</i>, <i>K. pneumoniae</i>), <i>C. albicans</i>. La plus grande zone d'inhibition (31,66 ± 2,51 mm) a été trouvée contre <i>E. coli</i> ; Pour ce microorganisme, la concentration minimale bactéricide (MBC) était de 12,5 mg / ml. Seulement l'extrait de chloroforme a été actif contre <i>Corynebacterium</i>.</p>	
<p>L'extrait aqueux de <i>T. claveryi</i> a inhibé la croissance de <i>S. aureus</i> de 66,4%. La fraction protéinique a aussi révélé une activité antibiotique, tandis que l'extrait méthanolique a été inefficace.</p>	[116]
<p>toutes les bactéries testées étaient sensibles à l'extrait aqueux de <i>T. claveryi</i> parmi les BGN et BGP ; <i>S. aureus</i>, <i>P. aeruginosa</i> a exposé le plus haut taux de sensibilité à l'extrait aqueux. Cette étude révèle également que le <i>P. aeruginosa</i> était la bactérie la plus sensible avec une zone d'inhibition de 20,33 mm suivie par <i>S. aureus</i> (19,00 mm), <i>S. epidermidis</i> (18.00 mm), <i>S. faecalis</i> (17.00 mm), <i>E. coli</i> (15.33 mm), <i>P. vulgaris</i> (15,33 mm) et <i>K. pneumonie</i> (14,66 mm).</p> <p>les extraits de <i>T. claveryi</i> ont montré une bonne activité antibactérienne contre la plupart des isolats bactériens cliniques des cas d'ulcère de la cornée, la zone d'inhibition pour les extraits de <i>T. claveryi</i> obtenus par diffusion sur disque sont égaux ou plus grands que ceux des huit antibiotiques couramment utilisés pour traiter les infections de l'ulcère cornéen.</p>	[122]
<p>L'activité antimicrobienne de l'extrait de <i>T. boudieri</i> contre sept espèces de bactéries Gram positif (<i>E. faecalis</i>, <i>S. aureus</i>, <i>S. épiderme</i>, <i>B. subtilis</i>) Gram négatif (<i>S. typhi</i>, <i>E. coli</i>, <i>P. aeruginosa</i>) a été évaluée par la détermination de concentration minimale inhibitrice (CMI). l'extrait méthanolique semble être le plus efficace sur les souches testées, En outre <i>B. subtilis</i>, <i>S. aureus</i>, <i>E. faecalis</i>, et <i>E. coli</i> étaient les bactéries les plus sensibles à cet extrait de truffe.</p>	[83]
<p>Des extraits de chloroforme, d'acétone et de méthanol de <i>T. boudieri</i> ont été testés contre quatre BGP et cinq BGN, et une levure par micro dilution. Dans cette étude, la concentration minimale inhibitrice maximale (CMI) a été observée avec l'extrait d'acétone (CMI, 4,8 µg / ml) Contre <i>C. albicans</i>. L'effet antimicrobien maximal a également été déterminé avec l'extrait d'acétone (CIM, 39-78 µg / ml).</p>	[123]

## II. L'ACTIVITE ANTIOXYDANTE

### 1. Généralités

Un antioxydant peut être défini comme étant toute substance capable, à concentration relativement faible, d'entrer en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats (Berger, 2006). En d'autres termes, un antioxydant est une substance qui, en faible concentration comparativement à la quantité des substances oxydables telles que les espèces oxygénées réactives (ROS), retarde significativement ou prévient l'oxydation des substrats comme les lipides, les protéines, les ADN et les carbohydrates. La production excessive des espèces réactives à l'oxygène est responsable de dégâts cellulaires importants notamment l'induction de ruptures et de mutations de l'ADN, la modification de structures protéiques, la peroxydation des lipides, l'inactivation de diverses enzymes et l'oxydation des sucres [124]. In vitro, les méthodes anti radicalaires décrites par Velázquez et al. en 2003(DPPH) [125] et par Re et al. en 1999 (ABTS) [126] sont les plus souvent utilisées pour évaluer l'activité antioxydante des molécules. Ainsi, par exemple, l'équation de la réaction du DPPH avec une molécule RH peut s'écrire (**figure15**):



**Figure 15** : Réaction du DPPH avec une molécule donneuse de proton

## 2. Les composants actifs

Les composés phénoliques sont les constituants majeurs contribuant à l'activité antioxydante ainsi il y a des composés phénoliques libres et d'autres liés y compris les flavonoïdes et les non-flavonoïdes. Les constituants chimiques responsables de l'activité antioxydants ont été identifiés comme l'acide ascorbique, les anthocyanes, les composés phénoliques totaux estérifiés, les composés phénoliques totaux libres, les flavonoïdes totaux et caroténoïdes totaux, la vitamine A, C et  $\beta$ -carotène.

### a) Composés phénoliques

L'activité antioxydante des composés phénoliques est causée par leurs propriétés redox, jouant un rôle important dans l'absorption et la neutralisation des radicaux libres, imprégner l'oxygène des singulet et triplet et la décomposition des peroxydes [127].

Le **Tableau XI** Résume les moyennes, et les pourcentages des composés phénoliques et des autres antioxydants non phénoliques de *Tirmania nivea* (Zubaidi). Les composés phénoliques libres représentent la majorité des composés phénoliques (~ 73%). Cependant l'extraction a été effectuée en utilisant une solution méthanolique à 80%, sauf indication contraire. L'utilisation de produits non acidifiés méthanoliques peut avoir tendance à sous-estimer le contenu phénolique. L'hydrolyse acide douce de la truffe libère les phénols liés. Les teneurs en flavonoïdes et de non flavonoïdes phénoliques représentent respectivement 22-25% et 75-78% des phénols totaux. Basée sur l'analyse des échantillons de *T. nivea* provenant de deux sources différentes, La teneur moyenne en tanins était de (22,53 mg / 100 g) de DM. Aucune différence significative n'a été trouvée entre les deux sources. Ce niveau de tanins constitue environ 34% du total phénolique [128]. Les tannins ont été corrélés avec l'activité antioxydante en général et avec une capacité de chélation de métaux en particulier. En fait, l'acide tannique forme un complexe avec le fer dans des réactions de type Fenton [129]. En tant que groupe, les tanins sont des oligomères et des polymères mixtes polyhydroxy-flavan-3-ol [130], et leurs sites actifs augmentent en nombre avec une augmentation du degré de polymérisation. Récemment, Tharayil et al en 2011 ont montré que les conditions climatiques plus sèches, typiques des déserts, ont conduit à des flavonoïdes dans les plantes d'Acer, à doubler la concentration de tanins totaux, et à la production de tanins condensés à faible polymérisation et une plus grande proportion de motifs procyanidine, fournissant ainsi plus de composés protecteurs [131].

**Tableau XI** : Moyens, écarts-types et pourcentages de divers constituants antioxydants trouvés dans la truffe *Tirmania nivea* (Zubaidi) provenant de six sources différentes au Moyen-Orient.

Les composés phénoliques	Mg/100g (MS) ( $\pm$ SD)	%
Le total <sup>a</sup>	1811.5 $\pm$ 330.15	100
lies <sup>a</sup>	494.67 $\pm$ 207.77	27.3
libre <sup>a</sup>	1316.83 $\pm$ 195.81	72.7
Les phénoliques non-flavonoïdes <sup>a</sup>	1027.0 $\pm$ 176.16	78.8
Les flavonoïdes <sup>a</sup>	289.83 $\pm$ 26.99	22
Flavanones	48.67 $\pm$ 29.63	3.6
Tannins (TEA) <sup>b,c</sup>	335.08 $\pm$ 22.08	33.90
Tannins (CE) <sup>b,d</sup>	225.31 $\pm$ 82.40	22.80

a. Évaluation des échantillons en triple provenant de six sources différentes

b. Moyenne d'échantillons en triple provenant de trois sources différentes

c. Calculé en tant que équivalent d'acide tannique (TAE) (mg / 100 g)

d. Calculé en équivalent catéchine (CE) (mg / 100 g)

Une autre étude montre que le contenu phénolique total des extraits d'acétate d'éthyle de *T. olbiensis* et *T. claveryi* ont été évalués à  $129,18 \pm 0,74$  et  $104,78 \pm 0,35$   $\mu$ g PE / mg d'extrait, respectivement. Cependant, la teneur en flavonoïdes des extraits d'acétate d'éthyle de *T. olbiensis* et *T. claveryi* ont été évaluées à  $6,41 \pm 0,19$  et  $4,71 \pm 0,11$   $\mu$ g / mg d'extrait, respectivement.

Les résultats obtenus pour les composés phénoliques des espèces de *Terfezia* sont présentés dans le **tableau XII** ; les compositions phénoliques étaient assez homogènes pour les deux espèces. Quatorze composés phénoliques sur 30 analysés ont été détectés chez *T. olbiensis* et *T. claveryi*. Parmi les composés phénoliques, l'acide géntisique a été le plus abondant

(25,48  $\mu\text{g}$  / g de poids corporel) dans *T. olbiensis* et l'acide p-hydroxybenzoïque était le plus abondant (16,99  $\mu\text{g}$  / g de poids corporel) chez *T. claveryi*. Outre l'acide protocatechique et l'acide homogentisique, des quantités d'acide p-coumarique étaient également élevées chez *terfezia* [86].

**Tableau XII** : Teneur en composés phénoliques chez *T. claveryi* et *T. albiensis* ( $\mu\text{g}$  / g).

Composés phénoliques	<i>T. claveryi</i>	<i>T. albiensis</i>
L'acide homogentisique	10.42±0.03	13.01±1.87
L'acide protocatechique	15.54±0.97	21.55±0.98
L'acide gentisique	14.84±0.77	25.4±1.61
Pyrocatechol	1.51±0.19	1.99±0.54
Acide hydroxybenzoïque	16.99±0.87	18.07±1.12
3,4 dihydroxybenzaldehyde	3.27±0.74	2.09±0.44
Acide vanillique	11.48±0.22	9.77±0.43
Acide syringique	2.07±0.23	2.06±0.71
Vanilline	2.67±0.49	3.24±0.35
Acide p-coumarique	7.58±0.99	13.99±0.91
Acide ferulique	2.67±0.14	1.78±0.93
Rutine	1.28±0.11	1.73±0.47
Acide trans-cinnamique	2.47±0.10	3.88±0.42
Apigénin	0.99±0.05	1.29±0.17

Les Truffes saoudiennes et bahreïnies présentent des concentrations plus élevées en phénols libres totaux, alors que les truffes marocaines ont de faibles concentrations (**tableau XIII**).

**Tableau XIII** : Teneurs en antioxydants par origine des truffes.

Composes phénoliques (mg/100g)	Origine de truffe			
	Bahreïn	Iran	Maroc	Saudia
Total phénoliques estérifiée	2206	1600	1445	2188
Les phénols Libre totaux	1418	1328	1083	1484
Les flavonoïdes totaux	290	326	257	306
Les non- flavonoïdes	1128	1002	826	1178

#### **b) Les anthocyanes**

La plus grande quantité d'anthocyanes a été observée en Arabie saoudite, suivie par le Maroc, alors que les truffes bahreïnies et iraniennes possédaient les plus faibles concentrations (**Tableau XIV**) cette variation s'explique par les variations saisonnières, origines géographiques et conditions climatiques des truffes.

**Tableau XIV:** Teneur en anthocyanes chez les espèces de truffes.

Les espèces de truffes	Teneur en anthocyanes (mg/100g)	Références
<i>T.nivea</i> d'origine Marocaine	15.1	[39]
<i>Tirmania nivea</i> d'origine Bahreïni	4.7	
<i>T.nivea</i> d'origine Iranienne	4.5	
<i>T.nivea</i> d'origine Saoudienne	23.6	
<i>Terfezia boudieri</i>	35.40±0.18	[83]
<i>Tirmania nivea</i> (Zubaidi) <sup>a</sup>	11.98±9.2	[128]
<i>T.nivea</i>	29.1±0.14	[96]

<sup>a</sup>Moyenne d'échantillons en triple provenant de quatre sources différentes

### c) L'acide ascorbique

La teneur moyenne en acide ascorbique de *T. nivea* provenant de quatre sources est de 9,63±2,52 mg / 100 g, représentant ainsi 0,01% de la matière sèche totale[128].

Les valeurs de l'acide ascorbique de *T. nivea* sont comparables aux valeurs rapportées pour les truffes de l'Arabie saoudite [74]. Les truffes sèches bahreïniennes présentent le taux le plus élevé d'acide ascorbique, suivies par les truffes iraniennes, saoudiennes et marocaines, dans cet ordre. Les truffes marocaines ne possèdent qu'environ 50% de la teneur en acide ascorbique par rapport aux autres [39] (voir **tableau XV**).

Il est supposé que l'acide ascorbique, bien que puissant antioxydant, n'a qu'un rôle mineur dans l'activité antioxydante de *T. nivea* et dans d'autres truffes par rapport à des composés phénoliques.

**Tableau XV** : Teneur en acide ascorbique chez des espèces de truffes.

<b>Les truffes</b>	<b>La teneur en acide ascorbique (mg/100g)</b>	<b>Références</b>
<i>Tirmania nivea</i>	9.63±2.52	[128]
<i>Tirmania nivea</i> d'origine marocaine	5.9	[39]
<i>T.nivea</i> d'origine bahreïni	11.4	
<i>T.nivea</i> d'origine iranienne	10.9	
<i>T.nivea</i> d'origine saoudienne	10.3	
<i>Terfezia boudieri</i>	12.20±0.46	[83]
<i>Terfezia claveryi</i>	1.8	[74]
<i>T.nivea</i>	5.1	
<i>T. nivea</i>	10.63±0.28	[96]

#### **d) Caroténoïdes**

Les caroténoïdes agissent principalement comme antioxydants, sachant qu'ils sont solubles dans la graisse et peuvent protéger contre des dommages de la membrane cellulaire déclenchée par des stress abiotiques.

La teneur totale en caroténoïdes de *T. nivea* variait significativement d'une source à l'autre et en moyenne à 0,68 mg / 100 g de poids.

Les truffes contiennent de faibles concentrations de caroténoïdes (**tableau XVI**). On ne s'attend pas à une teneur élevée en caroténoïdes totaux dans les organismes qui se développent sous terre non exposés à la lumière du soleil, comme les truffes.

**Tableau XVI** : Teneur en caroténoïdes chez des espèces de truffes.

<b>Les truffes</b>	<b>Teneur en caroténoïdes (mg/100g)</b>	<b>Références</b>
<i>Tirmania nivea</i>	0.681±0.27	[128]
<i>T.nivea d'origine marocaine</i>	0.675	[39]
<i>T.nivea d'origine Bahreïni</i>	0.594	
<i>T.nivea d'origine iranienne</i>	1.051	
<i>T.nivea d'origine saoudienne</i>	0.405	
<i>T.boudieri</i>	1.43±1.03	[83]
<i>T .nivea</i>	1.17±1.53	[96]

## **2. Méthodes d'étude de l'activité antioxydante**

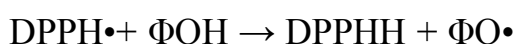
### **a. Test de l'activité de piégeage des radicaux : DPPH**

#### *i.Principe de la méthode.*

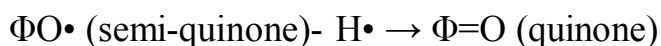
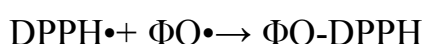
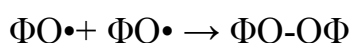
C'est une réaction entre le radical libre DPPH• et l'antioxydant.

Le composé chimique 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle ( $\alpha,\alpha$ -diphényl- $\beta$ -picrylhydrazyle) fut l'un des premiers radicaux libres utilisé pour étudier la relation structure-activité antioxydant des composés phénoliques [132, 133]. Il possède un électron non apparié sur un atome du pont d'azote. Du fait de cette délocalisation, les molécules du radical ne forment pas des dimères, DPPH• reste dans sa forme monomère relativement stable à température ordinaire. La délocalisation provoque aussi la couleur bleue bien caractéristique de la solution de DPPH•. La mesure de l'efficacité d'un antioxydant se fait en mesurant la diminution de la coloration bleue, due à une

recombinaison des radicaux DPPH•, mesurable par spectrophotométrie à 515-518 nm. Le piégeage des radicaux libres par des antioxydants est tributaire de deux types de mécanismes: (i) la libération de l'atome d'hydrogène du groupement hydroxyle (cinétique rapide de certaines acides et dérivées phénoliques) ; (ii) la libération d'un électron (cinétique lente des dérivées glycosylées et des anthocyanes) [134, 135]. Dans le cas des composés phénoliques (Φ-OH), le mécanisme principal d'action est le piégeage des radicaux libres par le transfert de l'atome H sur le DPPH• transformé en une molécule stable DPPHH [136, 137]:



Plusieurs voies réactionnelles sont alors possibles qui forment des structures plus au moins stables :



La capacité anti-radicalaire (capacité à fixer des radicaux libres, donc à arrêter la propagation de la réaction en chaîne) ne peut être mesurée directement, mais par contrôle de l'effet de la réactivité. Plusieurs facteurs influent sur le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport Antioxydant/DPPH•, type de solvants, pH) et le profil phénolique en particulier [136].

## *ii. Dosage*

Pour l'évaluation de l'activité antioxydante, deux approches sont appliquées : d'une part, la détermination de la réduction relative du radical DPPH• à un temps de référence ou la détermination de la quantité d'antioxydant nécessaire pour réduire 50 % de DPPH• et d'autre part, le suivi de la cinétique de la réduction [137, 138]. Dans la première approche, l'activité est définie par l'indice de la réduction de l'activité anti-radicalaire en pourcentage %RSA (Radical Scavenger Activity), où l'absorbance du mélange réactionnel qui contient le radical libre et l'échantillon de l'antioxydant est reliée avec l'absorbance du mélange sans aucun antioxydant (solution témoin ou contrôle) à un temps t : [%RSA= (Abs contrôle – Abs témoin)/ Abs contrôle x 100%]. Comme il n'existe pas de mesure absolue de la capacité antioxydante d'un composé, les résultats sont souvent portés par rapport à un antioxydant de référence, comme l'acide ascorbique (vitamine C), les antioxydants synthétiques BHT (butyl-hydroxy-toluène) ou le Trolox® (acide-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylique), dont la structure moléculaire cyclique est similaire à celle de la vitamine E [136] .

L'indice relative % RSA montre seulement la capacité de l'échantillon, à une concentration fixée, de réduire ou non les radicaux et dans beaucoup de cas, l'augmentation de la concentration de l'antioxydant amène l'augmentation de ces indices relatifs [31]. Pour s'affranchir de l'influence de la concentration, dans la majorité des études, la réactivité est estimée par la concentration effective CE50 (ou l'inverse 1/CE50) de l'antioxydant, qui correspond à une réduction de 50% de l'activité (de l'absorbance) du DPPH• dans le milieu réactionnel. La capacité antioxydante d'un composé est d'autant plus élevée que sa CE50 est petite. L'indice CE50 montre les concentrations

de l'antioxydant qui sont nécessaires pour faire décroître la concentration initiale du DPPH• avec 50% (exprimée en mol Antioxydant/mol DPPH• ou mg Antioxydant/g DPPH•), mais ne prennent pas en considération l'influence de la concentration sur le temps de la réaction [137]. Pour mieux caractériser le pouvoir anti-radicalaire, dans la deuxième approche des paramètres cinétiques sont introduits, tels que le temps TEC50 nécessaire pour atteindre l'équilibre à CE50, la constante de vitesse de la réaction ou le coefficient directeur de la courbe cinétique [138-140]. L'estimation de TCE50 permet d'introduire la classification suivante: TCE50 < 5 min (réaction rapide), 5-30 min (réaction intermédiaire) et TCE50 > 30 min (réaction lente) [133, 138]. L'indice de l'efficacité anti-radicalaire [EAR = 1/(CE50.TCE50)] relie la concentration du DPPH• et le temps TEC50 dans l'essai avec la concentration effective CE50 de l'échantillon, et résulte dans un paramètre constant pour chaque solution ou extrait.

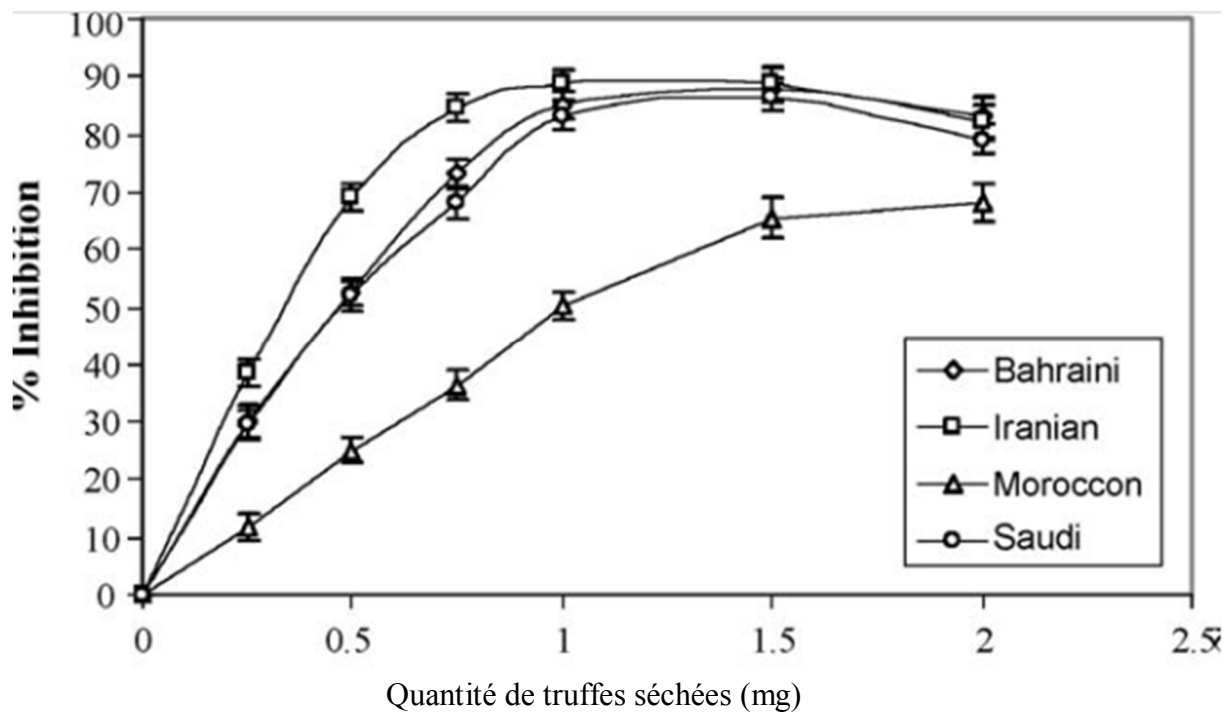
### iii. L'activité de piégeage de radicaux des différents extraits de Truffes

L'activité de piégeage de radicaux des différents extraits de Truffes déterminée par les radicaux DPPH est donnée dans le **tableau XVII**.

L'extrait méthanolique de *T. claveryi* montre de manière significative l'activité antioxydante la plus élevée (90,48%) comme indiqué par Hamza et al [83] et Neggaz en 2015 [121]. à une concentration de 40 mg / ml et la valeur CI50 est de 8,56 mg / ml, suivie par l'extrait de macérât (71,36%) ou la CI50 est de 22,16 mg /ml. L'extrait de dichlorométhane a montré l'activité la plus faible (29,38%) tandis que les extraits de chloroforme et d'acétate d'éthyle n'ont montrés aucune activité antioxydante aux concentrations testées. Tandis que les extraits d'acétate d'éthyle de *T. olbiensis* et de *T. claveryi* ont donnée l'activité d'inhibition la plus élevée (IC50) (61,33 et 57,73 pg /ml, respectivement).

Tous les extraits de la truffe ont des quantités significatives d'activité de piégeage radicalaire. Cependant, l'extraction à l'éthanol a montré l'activité de piégeage du radical DPPH la plus forte avec une CI50 de 52  $\mu\text{g} / \text{ml}$ , suivie d'un extrait d'eau et de méthanol avec une IC50 respectivement de 57,9  $\mu\text{g} / \text{ml}$  et 69,50  $\mu\text{g} / \text{ml}$  tandis que l'acide ascorbique témoin positif a montré 49  $\mu\text{g} / \text{ml}$ . L'acétate d'éthyle présente une activité de piégeage du radical DPPH la plus faible (CI50 121,84  $\mu\text{g} / \text{ml}$ ), tandis que l'extraction à l'hexane était de 87,21  $\mu\text{g} / \text{ml}$ . Ces données ont montré que l'activité de piégeage du radical DPPH était fortement affectée par les solvants d'extraction. Au contraire de ces résultats, les extraits d'acétate d'éthyle de *T. claveryi* de Turquie ont présenté une activité de piégeage du radical le DPPH le plus élevé avec une IC50 de 57,73  $\mu\text{g} / \text{ml}$ .

Les truffes iraniennes présentent le plus haut pourcentage d'inhibition DPPH alors que Les truffes marocaines possédaient les valeurs les plus faibles. Le profil d'inhibition de DPPH à partir des quatre origines est représenté dans la **figure 16**. Le profil d'inhibition de DPPH était le même pour tous. Cependant, le taux d'inhibition varie et dépendait de l'origine. Le pourcentage d'inhibition augmente linéairement à faible concentrations, stabilisées puis inversées à des concentrations plus élevées.



**Figure 16** : Pourcentage d'inhibition de l'activité des radicaux hydroxyles par la truffe séchée de divers origines, tel que mesuré par l'essai par DPPH.

**Tableau XVII : L'activité de piégeage de radicaux des différents extraits de Truffes déterminée par les radicaux DPPH.**

Les truffes		Méthode d'analyse	DPPH%	Références
<i>T. boudieri</i>		la méthode de Liyana-Pathiranan Et Shahidi (2005) La capacité à éliminer le radical DPPH a été calculée Par l'équation suivante: Activité de piégeage des radicaux libres DPPH (%) = (Abs Témoin - échantillon d'ABS) / (contrôle d'Abs) × 100 où Abs Contrôle est l'absorbance du radical DPPH + méthanol; Abs est l'absorbance du radical DPPH + Échantillon extrait / standard.	22.24±1.91 (50µl)	[141]
<i>T. albiensis</i> :	Extrait d'hexane	le protocole de radicaux libres DPPH (Brand-Williams Et coll. 1995) L'activité de piégeage de radicaux (RSA) a été calculée en pourcentage de décoloration de DPPH En utilisant l'équation suivante:% RSA = [(ADPPH-AS) / ADPPH] x 100, où AS est l'absorbance de la solution contenant le Échantillon et ADPPH est l'absorbance de la solution DPPH	189.71±0.83 <sup>a</sup>	[86]
	Extrait d'acétate d'éthyle		61.33±0.32 <sup>a</sup>	
	Extrait de méthanol		169.17±0.59 <sup>a</sup>	
	Extrait de l'eau		199.47±1.78 <sup>a</sup>	
<i>T. claveryi</i> :	Extrait d'hexane		156.55±1.12 <sup>a</sup>	
	Extrait d'acétate d'éthyle		57.73±0.47 <sup>a</sup>	
	Extrait de méthanol		159.97±0.96 <sup>a</sup>	
	Extrait d'eau		189.97±1.98 <sup>a</sup>	
<i>T. nivea</i>	Marocaine	DPPH a été réalisée selon Brand-Williams et al. (1995) avec de légères modifications.	24.5	[39]
	Bahreïnne		52.50	
	Iranienne		69.2	
	Saoudienne		51.0	

<i>T. boudieri</i> :	Extrait d'ether de pétrole	L'activité de piégeage de radicaux DPPH et l'antioxydant Activité utilisant l'analyse du b-carotène / acide linoléique des extraits de <i>T. boudieri</i> Ont été mesurés comme décrit précédemment (Yildirim et al., 2001; Koleva et al. 2002; Zouari et al. 2011). Les valeurs de CI50, définies comme Concentration de l'extrait nécessaire pour obtenir une inhibition de 50%.	0.30±0.24	[83]
	Extrait de dichlorométhane		0.60±0.21	
	Extrait de chloroforme		0.30±0.12	
	Extrait d'acétate d'éthyle		0.40±0.90	
	Extrait de méthanol		0.20±0.02	
	Macération		1.20±0.19	
	Extrait d'eau chaud		1.80±0.07	
<i>Terfezia boudieri</i>		Activité de piégeage des radicaux libres. Radical-balayage Capacité a été déterminée par spectrophotométrie Méthode basée sur la réduction d'une solution d'éthanol De DPPH en utilisant la méthode de Blois (1958) DPPH, en pourcentage (%) était Calculé selon la formule Effet de piégeage DPPH = $[A(\text{blanc}) - A(\text{échantillon}) / A(\text{blanc})] * 100$	92.21±1.49 (à 10mg/ml)	[80]
<i>Terfezia claveryi</i>	Extrait de dichlorométhane	L'activité de piégeage de radicaux DPPH a été déterminée par une méthode spectrophotométrique basée sur la réduction de la solution de méthanol De 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle (DPPH) Les valeurs de CI50 désignent la concentration d'échantillon qui est Nécessaire pour récupérer 50% des radicaux libres DPPH. DPPH gratuitement L'activité de piégeage radicalaire a été calculée L'équation suivante: Activité de piégeage de radicaux DPPH (%) = (contrôle d'Abs -	29.38±0.72 (40mg/ml)	[121]
	Extrait de méthanol		90.48±0.56 (40mg/ml)	

Macérât de <i>Terfezia claveryi</i>		Abs d'échantillon) / (contrôle Abs) × 100 où le contrôle Abs est le Absorbance du radical DPPH + méthanol; L'échantillon d'ABS est le Absorbance du radical DPPH + extrait d'échantillon / standard	71.36±0.39 (40mg/ml)	[121]
<i>T. claveryi</i>	Extrait d'hexane		87.21**	[142]
	Acétate d'éthyle		121.84**	
	Ethanol		52.10**	
	Méthanol		69.50**	
	Extrait d'eau		57.91**	
<i>T. nivea</i>	Extrait d'eau	IC50 (mg/ml)	1.59±0.62	[96]

<sup>a</sup>Les valeurs en IC50 représentent les moyennes ± écart-type de trois mesures parallèles

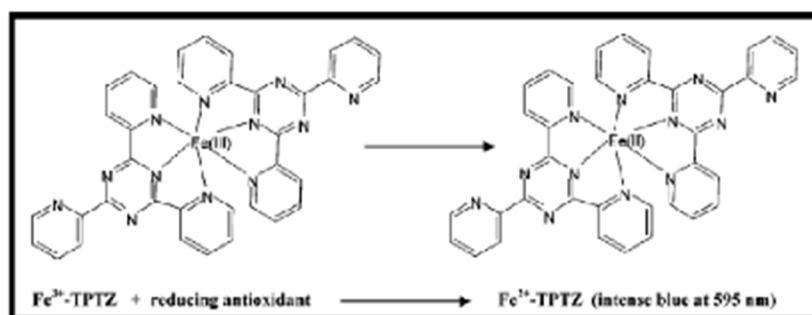
\*la valeur en mmol (TE /100g), La moyenne ± écart- type d'échantillons en triple provenant de six sources différentes

\*\* : (IC50 µg/ml)

## b. Test du pouvoir réducteur du fer : FRAP

### i. Principe de la méthode

Le pouvoir réducteur du fer ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dans les extraits est déterminé selon la méthode décrite par OYAIZ (1986)[143]. La méthode de la réduction du fer est basée sur la réduction de fer ferrique en sel de fer par les antioxydants qui donnent la couleur bleue [144] selon la **figure 17**.



**Figure 17** : Schéma sur la réaction de test FRAP)

TPTZ: ferric 2, 4, 6-tripyridyl-s-triazine.

$\text{Fe}^{2+}$  : Ions ferreux.

$\text{Fe}^{3+}$  : Ions ferriques (PRIOR et al. 2005).

### ii. Dosage

Un millilitre de l'extrait à différentes concentrations (de 0,007 à 2,5 mg/ml) est mélangé avec 2,5 ml d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 2,5 ml d'une solution de ferricyanure de potassium  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  à 1%. L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min, ensuite 2,5 ml d'acide trichloracétique à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction. Les tubes sont centrifugés à 3000 rpm pendant 10 min. Un aliquote (2,5 ml) de surnageant est combinée avec 2,5 ml d'eau distillée et 0,5 ml d'une solution

aqueuse de FeCl<sub>3</sub> (Chlorure ferrique) à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700 nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (spectrophotomètre UV-VIS). Le contrôle positif est représenté par un standard d'un antioxydant ; l'acide ascorbique dont l'absorbance a été mesurée dans les mêmes conditions que les échantillons. Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés [145]. Le pourcentage de pouvoir réducteur de fer est calculé par la réaction suivante :

$$\text{Pouvoir réducteur de fer (\%)} = \left[ \frac{A_0 - A_1}{A_0} \right] \times 100.$$

A<sub>0</sub> : est l'absorbance de FeCl<sub>3</sub>.

A<sub>1</sub> : est l'absorbance de FeCl<sub>3</sub> solution en présence de l'extrait (GHAISAS et al. 2008).

### *iii. Mesure d'activité des extraits de truffes*

La Mesure de l'activité antioxydante par dosage FRAP est effectuée selon Benzie et Strain (1996). L'extrait limpide a été utilisé pour la mesure d'activité, l'acide ascorbique a été utilisé comme témoin positif pour la courbe standard et les valeurs FRAP ont été calculées en fonction de l'activité d'acide ascorbique et exprimées en équivalent AA (AAE).

Les truffes bahreïnies et saoudiennes possédaient. Un pouvoir réducteur FRAP le plus élevé (18,62 et 18,06 mmol / 100 g, respectivement), alors que les truffes iraniennes ont montré le plus faible pouvoir réducteur FRAP (10,43 mmol / 100 g), tandis que les truffes marocaines présentent des valeurs de FRAP intermédiaires (14,62 mmol / 100g) (voir **Tableau XVIII**).

L'essai FRAP a été réalisé selon la méthode de Dordevic et al. En 2010 avec de légères modifications.

**Tableau XVIII** : Les valeurs de FRAP chez des espèces de truffes.

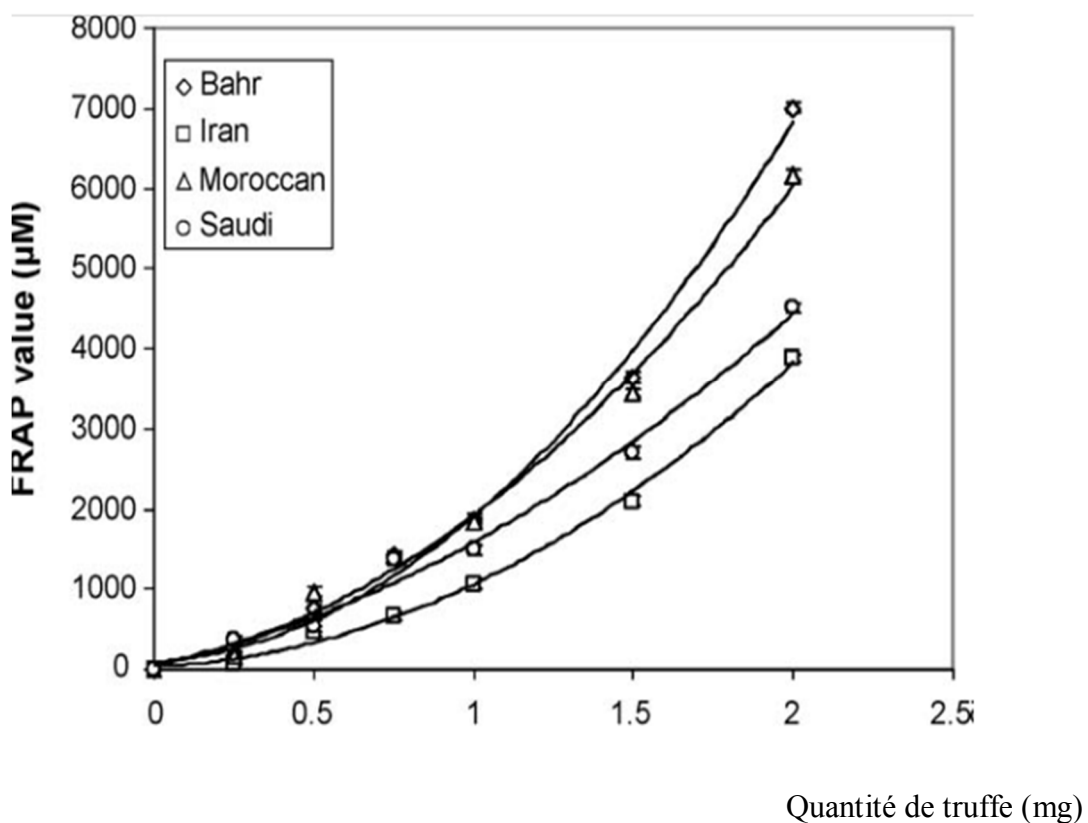
Les truffes		FRAP (mmol/100g)	Références
<i>T. nivea</i>	Marocaine	18.62	[39]
	Bahreïnne	10.34	
	Iranienne	14.62	
	Saoudienne	18.06	
Zubaidi (mmol TE/100g)		14.81±3.23	[128]
Zubaidi VCEAC(mmol AEE/100g) <sup>a</sup>		15.77±3.65	
Extrait de méthanol de <i>T.aestivium</i> (mg d'AAE/g de poids sec)		13.40±1.1	[146]
Extrait de méthanol obtenu par macération de <i>T.magnatum</i>		9.2±2.4	
<i>T. claveryi</i>	Extrait d'hexane	105.8*10 <sup>-3</sup>	[142]
	Ethyle acétate	88*10 <sup>-3</sup>	
	éthanol	48.53*10 <sup>-3</sup>	
	méthanol	66.04*10 <sup>-3</sup>	
	Eau	83.24*10 <sup>-3</sup>	

<sup>a</sup> (VCEAC) est la concentration d'antioxydant Donnant le même% de changement d'absorbance ou même% d'inhibition que celle de 1 mM.

Les échantillons de truffe séchée provenant des quatre origines sont testés par le test FRAP dans la gamme de 0-2 mg par dosage, ils ont tous montré un schéma similaire (**figure 18**). De toute évidence, l'ordre de classement de l'activité antioxydante était le suivant: Bahreïn> Marocain> Saoudien> Iranien. Les truffes de Bahreïn possèdent une activité antioxydante environ 1,8 fois plus élevée que les truffes iraniennes. A un tel niveau élevé (c'est-à-dire 2 mg), une différence entre les quatre sources a été observée (p =

0,0034). Une différence non significative entre les truffes Bahreïnies, Marocains et les truffes saoudiennes à une quantité relativement inférieure (c'est-à-dire 0,25 mg / essai).

L'extrait d'éthanol a la propriété FRAP la plus élevée suivie de méthanol avec une  $CI_{50}$  de 48,53 et 66  $\mu\text{molFe}^{2+}$  / mg, respectivement. L'extrait d'acétate d'éthyle et l'extrait aqueux ont présenté un pouvoir réducteur FRAP inférieur avec une  $IC_{50}$  de 88 et 83,24  $\mu\text{mol Fe}^{2+}$  / mg, respectivement. Cependant, l'extrait d'hexane a la plus faible pouvoir réducteur FRAP  $IC_{50}$  de 105,8  $\mu\text{mol de Fe}^{2+}$  / mg[142].



**Figure 18** : L'Activité antioxydante de différentes concentrations de truffe séchée mesurée par FRAP et exprimé en mM.

### c. Test de balayage ABTS

#### i. Principe de la méthode

La méthode de radicale ABTS est l'un des tests les plus utilisés pour la détermination de la concentration des radicaux libres. Il est basé sur la neutralisation d'un radical - cation résultant de la mono électronique oxydation du chromophore synthétique 2,2'- azino-bis (3 - éthylbenzothiazoline -6- sulfonique acide) (ABTS•) :  $ABTS^{•+} + e^-$ . Cette réaction est suivie par spectrophotométrie par la variation de spectre d'absorption [147].

#### ii. Dosage

Le radical cation ABTS est généré en mélangeant à volume égal une solution de 3 mM de persulfate de potassium  $K_2S_2O_8$  et une solution stock d'ABTS à 8 mM, le tout est conservé à l'abri de la lumière et à la température ambiante durant 16 h avant utilisation [148]. La solution obtenue est diluée avec du tampon phosphate (0,2 M, pH 7,4) contenant 150 mM de NaCl pour obtenir une absorbance de 1,5 à 734 nm. 2,9 ml de cette solution fraîchement préparée sont ajoutés à 0,1 ml d'extrait et la lecture est faite à 734 nm après 30 min pour chaque série d'analyses. Le Trolox est utilisé comme standard et le résultat final est exprimé en micromoles d'équivalent Trolox par gramme de matière sèche [149].

Le pourcentage d'inhibition est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Pourcentage inhibition (\%)} = \frac{[(\text{Abs témoin} - \text{Abs blanc})]}{(\text{Abs témoin})} \times 100$$

Abs témoin : l'absorbance du radical ABTS+ méthanol.

Abs blanc : l'absorbance de l'échantillon ABTS radical + Extrait / standard [150].

### iii. Mesure d'activité des extraits de truffes

L'analyse spectrophotométrique du ABTS + l'activité de piégeage a été déterminée selon la méthode décrite précédemment par Öztürk et al 2011 [151]; Re et al 1999 [126].

La capacité de piégeage de l'ABTS + • est calculée en utilisant l'équation suivante:  $ABTS \% = [(A(ABTS) - A(S)) / A(ABTS)] \times 100$ , où A(S) est l'absorbance restante de la concentration de l'ABTS en présence de l'échantillon et A(ABTS) est la concentration initiale du ABTS.

Dans l'essai ABTS• +, les extraits d'acétate d'éthyle de *T. olbiensis* et *T. claveryi* ont affiché la plus forte activité de piégeage avec des valeurs d'inhibition de 19,28 et 17,34 µg / ml, respectivement. Tandis que les extraits aqueux des champignons étudiés présentaient le plus faible taux d'activité de piégeage du radical.

La capacité antioxydante totale (TAC) de la truffe *T. claveryi* a montré que les extraits d'éthanol ont une activité inhibitrice maximale avec une CI50 de 64,76 µg / ml suivie par les extraits de méthanol et d'hexane, respectivement 92,63 et 96,28 µg / ml, comme indiqué dans le **Tableau XIX**. L'extrait aqueux a montré une activité inhibitrice faible (CI50 133,71µg / ml), alors que l'activité la plus faible était de 102,5µg / ml pour l'extrait d'acétate d'éthyle. Par contre, l'extrait d'acétate d'éthyle de *T. claveryi* de Turquie a montré une activité de piégeage forte ABTS• + (IC50 306 17,34µg / ml) (Buharalioglu et al. 2011) (Kivrak, 2014).

**Tableau XIX** : Les valeurs ABTS chez des espèces de truffes.

Les truffes		ABTS (IC50 (µg/ml))	Références
<i>T. nivea</i>		3.84±1.25*	[128]
<i>T. albiensis</i>	Extrait d'hexane	33.91±1.03 <sup>a</sup>	[86]
	Extrait d'éthyle acétate	19.28±0.46 <sup>a</sup>	
	Extrait de méthanol	27.70±0.82 <sup>a</sup>	
	extrait a l'eau	100.47±1.27 <sup>a</sup>	
<i>T. claveryi</i>	Extrait d'hexane	41.37±0.56 <sup>a</sup>	
	Extrait d'acétate d'éthyle	17.34±0.21 <sup>a</sup>	
	Extrait de méthanol	34.40±0.67 <sup>a</sup>	
	Extrait d'eau	122.68±1.73 <sup>a</sup>	
<i>T. albiensis</i>	Extrait d'hexane	96.28	[142]
	Extrait d'acétate d'éthyle	133.1	
	Extrait d'éthanol	64.76	
	Extrait de méthanol	92.63	
	Extrait d'eau	102.50	

<sup>a</sup> Mesure IC50 (µg/ml), Les valeurs représentent les moyennes ± écart-type de trois mesures parallèles (p <0,05)

\*mmol TE/100g)

#### **d. Dosage de l'activité de piégeage de l'oxyde nitrique (NO)**

##### *i. Principe de la méthode*

Ce dosage repose sur la désintégration spontanée du Nitroprussiate de sodium (SNP) à un pH physiologique donnant un radical NO qui réagit avec l'oxygène pour produire des ions nitrites qui peuvent être mesurés par le réactif de Griess [152].

##### *ii. Dosage*

Le réactif de Griess (préparé en mélangeant des volumes égaux de 1% de NEDD et 0,1% d'acide sulfanilique), à température ambiante pendant 10 min et en lisant l'absorbance à 542 nm. Une courbe standard de nitrite a été préparée. L'activité de piégeage du radical NO a été calculée comme suit: % d'inhibition =  $(Ac - A\epsilon) / Ac * 100$  ; ou AC : absorbance du blanc, A $\epsilon$  : absorbance d'extrait.

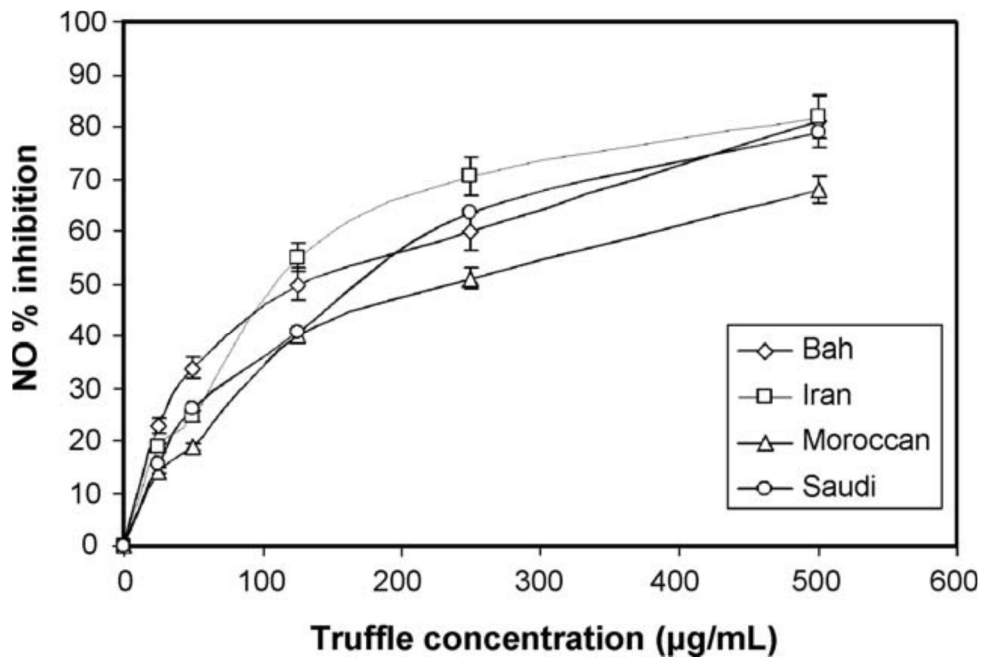
##### *iii. Mesure d'activité des extraits de truffes*

La (EC50) en mg / ml concentration à laquelle 50% des radicaux (NO) sont inhibés est présentée dans le **Tableau XX**. Les truffes iraniennes possédaient la IC50 la plus forte (102 mg / ml) et n'était pas statistiquement différente de La IC50 des truffes bahreïnies. Les truffes marocaines possédaient la IC50 la plus faible (250 mg / ml). Toutes les truffes testées possèdent une activité de piégeage par rapport à la IC50 du témoin positif, L'acide ascorbique, qui est mesuré à 15,8(0,25) mg / ml. Le piégeage des radicaux NO des truffes séchées (25-500 mg / ml) était dépendant de la concentration, il présentait une forme hyperbolique pour tous les échantillons testés (**figure 19**). A 500 mg / ml, l'inhibition maximale du radical NO variait entre 68 et 88%.

**Tableau XX** : Concentration efficace de radicaux oxyde nitrique (EC50) par origine des truffes.

Les truffes	Oxyde nitrique	Références
<i>T. nivea</i> marocaine	250*	[39]
<i>T. nivea</i> bahreïnies	115*	
<i>T. nivea</i> saoudienne	170*	
<i>T. nivea</i> iranienne	102*	

\*EC50 (mg / ml) est la concentration efficace à laquelle 50% du radical NO sont Inhibée, La CE50 pour l'acide ascorbique témoin positif était de 15,8 (0,25) mg / ml.



**Figure 19** : Pourcentage d'inhibition de la production des radicaux oxyde nitrique (NO) par les truffes séchées de diverses origines telles que mesurées par un dosage de désoxyribose.

### III. L'ACTIVITE ANTICANCEREUSE

#### 1. Généralités

L'origine du cancer est une altération du patrimoine génétique d'une cellule saine qui peut apparaître à n'importe quel tissu ou organe, et à tout âge. En se multipliant de manière anarchique, sans différenciation, les cellules cancéreuses vont alors former un amas de cellules transformées qu'on nomme tumeur. De plus, à partir des vaisseaux sanguins existants se forment de nouveaux vaisseaux sanguins qui permettent d'apporter l'oxygène nécessaire à la croissance de la tumeur. Ce processus s'appelle l'angiogenèse.

En grossissant, la tumeur envahit et détruit les zones qui l'entourent. En infiltrant et en détruisant les cellules normales des tissus environnants, la tumeur peut devenir un réel danger pour le fonctionnement de l'organe et la survie de l'être vivant. Des cellules cancéreuses peuvent également migrer de la tumeur initiale vers d'autres tissus et organes. Après avoir adhéré à l'endothélium vasculaire, les cellules s'y implantent pour former une nouvelle tumeur en altérant le fonctionnement de ce nouvel organe. On appelle ces tumeurs secondaires des métastases (CNRS, 2011).

#### 2. La propriété mutagène et antimutagène chez *tuber aestivum*

Une étude préliminaire a été réalisée sur les truffes noires fraîches, irradiées de *Tuber aestivum* afin d'étudier la présence d'activités mutagènes et antimutagènes dans le produit frais et d'examiner les effets possibles du traitement par les rayons gamma. L'étude a été réalisée sur des extraits aqueux et éthanoliques de truffe, non traités ou irradiés avec une dose finale de 1,5

kGy. Deux souches de *Salmonella typhimurium* His, TA 98 et TA 100 ont été utilisées. Les résultats préliminaires indiquent que les truffes noires peuvent contenir des composés ayant un effet inhibiteur contre les composés mutagènes à action directe et indirecte. L'irradiation n'a pas conduit à la formation de composés mutagènes, mais le niveau d'activité antimutagène a été légèrement diminué après le traitement [153].

### 3. Effet cytotoxique des extraits

L'essai de cytotoxicité MTT a été réalisé selon la méthode Ibrahim et al., (2011) [154].

**Tableau XXI** : IC<sub>50</sub> de l'inhibition de la prolifération cellulaire de l'extrait de *T. claveryi* ( µg / ml)

<b>IC<sub>50</sub> de l'inhibition de la prolifération cellulaire de l'extrait de <i>T. claveryi</i> ( µg / ml)</b>					
<b>Cellules</b>	<b>hexane</b>	<b>Acétate d'éthyle</b>	<b>Ethanol</b>	<b>Méthanol</b>	<b>L'eau</b>
<b>U78GM</b>	50.3±5.2	72.6±6.3	109.2±9.51	136.2±7.4	428.5±19.3
<b>PC3</b>	106.1±7.3	125.6±8.3	154.1±6.6	111.2±4.8	242.4±11.1
<b>MCF7</b>	115.8±6.5	125.8±9.3	91.3±5.9	252.3±8.6	335.7±11.1
<b>HT29</b>	239.2±14.3	163.5±6.3	210.8±10.1	145.2±7.2	389.6±11.3

\* Les résultats sont exprimés en moyenne ± ETM de trois expériences indépendantes (n = 6).

**Tableau XXII** : IC50 d'extraits de *Terfezia boudieri*.

IC50 de dose d'extraits de <i>Terfezia boudieri</i> qui réduit la survie à 50%							
Extraits	Lignes cellulaires						
	BHK	HEPG2	HELA	MCF7	CACO2	HCT116	HEP2
Aqueux	-	-	-	8.4	9.2	7.2	3.6
Chloroforme	-	6.7	4.4	-	-	4.4	-
Acétone	-	-	-	-	5.6	-	7.7
Méthanol	-	-	-	7.8	4.0	-	-

L'effet des extraits de *T. claveryi* sur 4 types de lignées cellulaires cancéreuses (U-78MG, HT 29, MCF-7 et PC3) dans 6 concentrations en série allant de 3.125-100µg / ml est étudié, ainsi les résultats sont présentés dans le **Tableau XXI**. Les résultats montrent que l'extrait d'hexane a significativement ( $p < 0,05$ ) inhibé la lignée cellulaire de carcinome du cerveau humain (U-78MG) et c'était l'extrait le plus puissant avec des valeurs de CI50 de  $50,3 \pm 5,2 \mu\text{g} / \text{ml}$ , suivie de l'extrait d'acétate d'éthyle avec une IC50 de  $72,6 \pm 6,3 \mu\text{g} / \text{ml}$ . De plus, l'extrait d'éthanol et l'extrait de méthanol présentaient une cytotoxicité modérée contre U-78MG avec une valeur CI50 de  $109,25 \pm 9,51$  et  $136,2 \pm 7,4 \mu\text{g} / \text{ml}$ , respectivement. Cependant, l'extrait d'hexane a également inhibé la croissance cellulaire de la lignée cellulaire PC3 et MCF7 avec une IC50 de  $106,1 \pm 7,3$  et  $125,8 \pm 6,5 \mu\text{g} / \text{ml}$ , respectivement. L'extrait d'acétate d'éthyle a montré une activité d'inhibition similaire contre les lignées cellulaires PC3 et MCF7 avec une CI50 de  $121,6 \pm 8,3$  et  $125,8 \pm 6,5 \mu\text{g} / \text{ml}$ . Alors que l'extrait de méthanol a montré une activité modérée vers la lignée cellulaire d'adénocarcinome du côlon (HT-29) avec une CI50 de ( $145,2 \pm 7,2 \mu\text{g} / \text{ml}$ ), suivi par l'acétate

d'éthyle, l'extrait de méthanol et l'extrait d'hexane avec une IC50 de  $163,5 \pm 6,3$ ,  $210,84 \pm 10,1$  et  $239,2 \pm 14,3 \mu\text{g} / \text{ml}$ , respectivement. L'extrait de méthanol a également une activité modérée avec une valeur IC50 de  $111,2 \pm 4,8$  et  $252,3 \pm 8,6$  vers les lignées cellulaires PC3 et MCF7, respectivement. Cependant, l'eau a montré l'effet d'inhibition le plus faible avec une CI50 de  $242,4 \pm 11,1$  et  $428,5 \pm 19,3 \mu\text{g} / \text{ml}$  vers les lignées cellulaires PC3 et MCF7, respectivement [142].

Alors que l'évaluation de la IC50 de tous les extraits de *T. boudieri* (**Tableau XXII**) montre que l'extrait aqueux présente de bons résultats en tant qu'agent antitumoral, alors qu'il présente IC50 contre quatre lignées de cellules HEP2, HCT116, MCF7 et CACO2 respectivement 3.6, 7.2, 8.4 et 9.2 [ $\mu\text{m} / \text{ml}$ ], suivie de l'extrait de chloroforme (son IC50 contre trois lignées cellulaires), puis l'acétone et le méthanol ont présenté IC50 contre seulement deux lignées cellulaires comparativement à 1  $\mu\text{m} / \text{ml}$  de médicament antitumoral vinblastine [155].

Le dosage SRB (SulfoRhodamine - B) des cellules traitées par des extraits aqueux et d'acétone montre qu'à la concentration de 1  $\mu\text{g} / \text{ml}$ , il y avait une activité légère vis-à-vis des lignées cellulaires HEP2 et CACO2 où 70% et 75% des lignées cellulaires ont été obtenues respectivement. Tandis qu'une grande résistance du reste des lignées de cellules tumorales qui étaient exposées à la même concentration. A la concentration 2,5  $\mu\text{g} / \text{ml}$  l'extrait aqueux présente une activité contre la lignée cellulaire HEP2 (seules 55% des cellules ont survécu). Alors que HELA et HPEG2 (71% des lignées cellulaires survivantes) et HCT116 (54%) sont les cellules les plus sensibles contre 2,5  $\mu\text{g} / \text{ml}$  d'extrait de chloroforme, ainsi que de MCF7 (70%) par l'extrait de

méthanol, ainsi CACO2 a survécu à 64% lorsqu'on l'a traité avec de l'extrait d'acétone à la même concentration. Le **Tableau XXIII** révèle qu'une concentration de 5 µg / ml de l'extrait aqueux a introduit de bonnes activités pour deux des lignées de cellules tumorales étudiées (HEP2 et HCT116); 43% des cellules tumorales HEP2 ont survécu ainsi 58% de HCT116 ont survécu. En outre, l'extrait de chloroforme (a concentration de 5 µg / ml) a montré de bonnes activités antitumorales contre trois lignées de cellules alors que les cellules de survie de HEPG2, HCT116 et HELA étaient respectivement de 59, 46 et 47%. Alors, 52 et 58% des lignées cellulaires survivantes de CACO2 et HEP2 ont été enregistrées sous 5 µg / ml d'extrait d'acétone, et 54 et 42% de lignées cellulaires survivantes de MCF7; CACO2 ont été enregistrées sous 5 µg / ml d'extrait de méthanol. Dans le cas de 10 µg / ml d'extraits de *T. boudieri*, l'extrait aqueux avait remarqué l'effet de quatre lignées cellulaires MCF7; CACO2; HCT116; les lignées cellulaires HEP2 ont été les plus touchées (48, 45, 40 et 30% des cellules ont été préservées) suivies par l'extrait de chloroforme ont montré un bon effet comme activité antitumorale sur HEPG2; HCT116 et HELA où 42; 35 et 34% des cellules ont survécu respectivement. Seulement 55; 33 et 44% des cellules survivantes de MCF7; CACO2 et HEP2 et 47; 59 et 30% des cellules survivantes de MCF7; HCT116 et CACO2 ont été enregistrées dans des extraits d'acétone et de méthanol, respectivement [155].

D'autre part une autre étude des extraits des deux types de truffe (truffes noire et blanche) montre des effets cytotoxiques et synergiques sur les cellules leucémiques par la suppression de la division mitotique et la formation de souffle, sur les patients leucémiques ; La leucémie aiguë lymphocytaire (LLA), la leucémie myéloïde aiguë (LMA) et la leucémie myéloïde chronique (LMC) utilisant des marqueurs cytogénétiques (indice mitotique et Indice de souffle) comme indicateurs. Les pourcentages de l'index mitotique (MI) et l'indice de souffle (BI) diminué chez tous les patients leucémiques ; ils étaient 1,99% et 25,92%, respectivement, dans le milieu non traité lymphocytes du sang et diminué à 0,92% et 15,46%, respectivement chez ceux traités par la truffe blanche [156].

**Tableau XXIII** : Activité antitumorale des extraits de *Terfezia boudieri* contre six lignées de cellules tumorales (% de survie)

Concentration	Extrait aqueux	Extrait de chloroforme	Extrait d'acétone	Extrait de méthanol
HEPG2	0.0	100	100	100
	1.0	95	85	98
	2.5	84	71	95
	5.0	70	59	86
	10	62	42	82
MCF7	0.0	100	100	100
	1.0	86	96	95
	2.5	77	91	84
	5.0	62	86	67
	10	48	80	55
HCT116	0.0	100	100	100
	1.0	89	80	98
	2.5	75	54	95
	5.0	58	46	93
	10	40	35	88
HELA	0.0	100	100	100
	1.0	98	80	95
	2.5	94	71	80
	5.0	86	47	72
	10	77	34	64
CACO2	0.0	100	100	100
	1.0	92	98	75
	2.5	75	94	64
	5.0	62	90	52
	10	45	86	33
HEP2	0.0	100	100	100
	1.0	70	96	90
	2.5	55	92	85
	5.0	43	87	58
	10	30	83	44
BHK	0.0	100	100	100
	1.0	96	99	100
	2.5	94	97	99
	5.0	90	95	98
	10	85	90	96

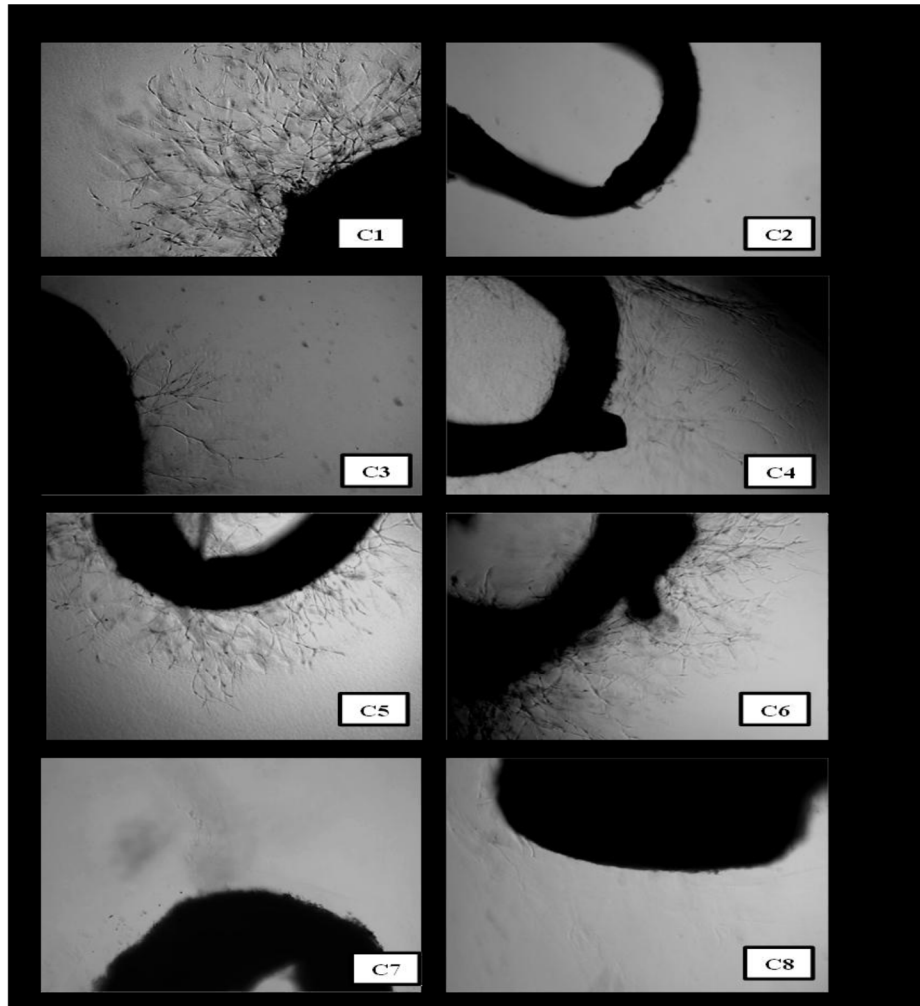
#### 4. Effet antiangiogénique d'extraits de T.CLAVERY

La propriété anti-angiogénique des extraits a été déterminée en utilisant l'essai de cycle de l'aorte de rat. Les extraits de truffe de *T. claveryi* ont été ajoutés à l'aorte de rat, les résultats de cette expérience sont présentés dans le **Tableau XXIV**. Ils montrent que lors de l'utilisation de l'extrait d'hexane, les vaisseaux sanguins exagérés des anneaux d'aorte de rat étaient significativement inhibés par rapport au témoin ( $p < 0,001$ ) comme montré par la **figure 20**. De plus, l'extrait d'hexane a inhibé 100% du développement de nouveaux vaisseaux sanguins en utilisant la concentration de 100  $\mu\text{g} / \text{ml}$  et la CI50 de cet extrait calculée de 36,1  $\mu\text{g} / \text{ml}$ , suivie de l'extrait d'acétate d'éthyle avec une valeur CI50 de 42,2  $\mu\text{g} / \text{ml}$ . Cependant, les extraits de méthanol et d'éthanol ont inhibé la formation de nouveaux vaisseaux sanguins et ont montré une valeur modérée et proche de l'activité anti-angiogénique, avec une CI50 de 96,6 et 91,3  $\mu\text{g} / \text{ml}$ , respectivement. Cependant, l'activité antiangiogénique la plus faible était obtenue à l'aide de l'extrait aqueux. Des études antérieures montrent que les antioxydants agissent comme des inhibiteurs d'angiogenèse naturelle [157], elles ont affirmé que les composés antioxydants ont une influence sur l'angiogenèse du cancer, car ces composés sont capables d'entraver l'angiogenèse en inhibant la formation des vaisseaux sanguins. En outre, Ahn et al., (2009) [158], démontrent une corrélation entre l'activité antioxydante et l'activité antiangiogène, on peut donc dire que les solvants d'extraction ont significativement influencé la composition chimique et la concentration en antioxydants qui met en évidence son activité potentiel antiangiogène [142].

**Tableau XXIV** : Activité antiangiogénique des extraits de *T. claveryi* sur les vaisseaux sanguins d'explants aortiques de rat

Echantillon	Extrait	IC50 ( $\mu\text{g/ml}$ )
<i>T. claveryi</i>	Hexane	36.1 $\pm$ 6.4
	Acétate d'éthyle	42.2 $\pm$ 5.2
	Ethanol	96.6 $\pm$ 7.7
	Méthanol	91.3 $\pm$ 6.2
	Eau	117.2 $\pm$ 8.4

\*Les résultats sont exprimés en moyenne  $\pm$  SEM de trois expériences indépendantes (n = 6).



**Figure 20:** Images de l'effet inhibiteur de l'angiogenèse de l'extrait de *T. claveryi*. C1; Contrôle négatif, une bague traitée au DMSO montre une croissance vaisseau sanguin. C2: extrait d'hexane, bague traitée a montré 100% d'inhibition en utilisant 10 µg / ml. C3; l'extrait d'acétate d'éthyle a montré 81% d'inhibition des vaisseaux sanguins en utilisant 10 µg / ml, C4; l'extrait de méthanol présentait une inhibition de 55% des vaisseaux sanguins en utilisant 10 µg / ml, C5; l'extrait d'éthanol a montré 49% d'inhibition du vaisseau sanguin en utilisant 10 µg / ml, C6; L'extrait aqueux présentait une inhibition de 41% des vaisseaux sanguins en utilisant 10 µg / ml. C7 & C8 Suramine a montré 100% d'inhibition des vaisseaux sanguins en utilisant 10 µg / ml.

\*\*\* P <0,001 comparativement au groupe témoin.

## IV. L'ACTIVITE ANTIDIABETIQUE

### 1. Généralités

Bien que divers types d'hypoglycémiantes oraux soient actuellement disponibles avec l'insuline pour traiter le diabète sucré, il y a un intérêt croissant pour les remèdes à base de plantes dus aux effets secondaires associés aux agents hypoglycémiantes thérapeutiques existants. Par exemple, chimiquement, certains types de *Terfezia boudieri* chatin contiennent des produits naturels d'antioxydants tels que des vitamines, des enzymes, des flavonoïdes, des terpénènes et des alcaloïdes. Ces produits ont été documentés comme des agents hypoglycémiantes qui agissent comme agents protecteurs Pour maintenir les cellules  $\beta$  pancréatiques à partir des dommages et peuvent faciliter la sécrétion d'insuline due à la facilitation du calcium dans les cellules  $\beta$ .

### 2. L'activité antihyperglycémique des extraits de truffes

Une étude sur l'effet antihyperglycémique de l'extrait éthanolique de *Terfezia boudieri* Chatin (ETBCE) Sur des rats diabétiques induits par la streptozotocine (STZ) (**Figure21**) a montré que les rats qui ont reçu une concentration de 200 mg / kg d'ETBCE ont eu une diminution significative de leurs glycémie plasmatique ( $P < 0,005$ )(**Figure22**), cependant des rats traités avec 400 mg / kg de poids d'extrait de truffe présentent un léger effet hypoglycémiant par rapport au témoin ( $P < 0,05$ ) (**Figure 23**), ainsi lorsque l'extrait de truffe a été administré à une concentration de 600 mg / kg de poids, il a montré une diminution moins significative de la glycémie ( $P < 0,05$ ) (**Figure 24**). De plus, le **Tableau XXV** montre que tous les rats diabétiques ont montré une diminution de leurs poids par rapport à la normale, cependant, les rats diabétiques traités avec ETBCE ont montré une réduction significative de leur poids normal [159].

Les résultats de l'étude actuelle ont montré que l'administration orale d'un extrait aqueux de truffe protège contre le diabète léta. Cela a été démontré par l'abaissement de la glycémie et le taux de survie plus élevé des animaux traités. Parce que la truffe peut ne pas avoir d'effets secondaires, l'action observée a été très probablement produite via la cellule bêta pancréatique par libération d'insuline. Ce qui donne à penser que dans un proche avenir, une telle truffe peut avoir des effets prophylactiques et thérapeutiques contre l'hyperglycémie comme " Drogues diabétiques ".

**Tableau XXV** : Variation de la glycémie et du poids chez différents groupes de rats.

Groupes de rats	Niveau de glycémie (g/ dl) $\pm$ MSE		Poids (g) $\pm$ MSE	
	Enregistrement du premier jour	Dernier jour d'enregistrement	Enregistrement du premier jour	Dernier jour d'enregistrement
1	<b>374<math>\pm</math>28.21</b>	<b>173.7<math>\pm</math>39.27</b>	<b>86<math>\pm</math>5.37</b>	<b>142.31<math>\pm</math>2.2</b>
2	<b>197.3<math>\pm</math>58.39</b>	<b>357.3<math>\pm</math>2.51</b>	<b>92.33<math>\pm</math>2.04</b>	<b>126.94<math>\pm</math>3.51</b>
3	<b>278.3<math>\pm</math>104.74</b>	<b>319<math>\pm</math>128.96</b>	<b>91<math>\pm</math>5.49</b>	<b>127.15<math>\pm</math>13.31</b>
4	<b>492.7<math>\pm</math>26.85</b>	<b>504<math>\pm</math>36.66</b>	<b>82.33<math>\pm</math>6.25</b>	<b>69.41<math>\pm</math>0.63</b>
5	<b>106.3<math>\pm</math>18.50</b>	<b>120<math>\pm</math>7.81</b>	<b>87<math>\pm</math>5.09</b>	<b>145.66<math>\pm</math>2.25</b>

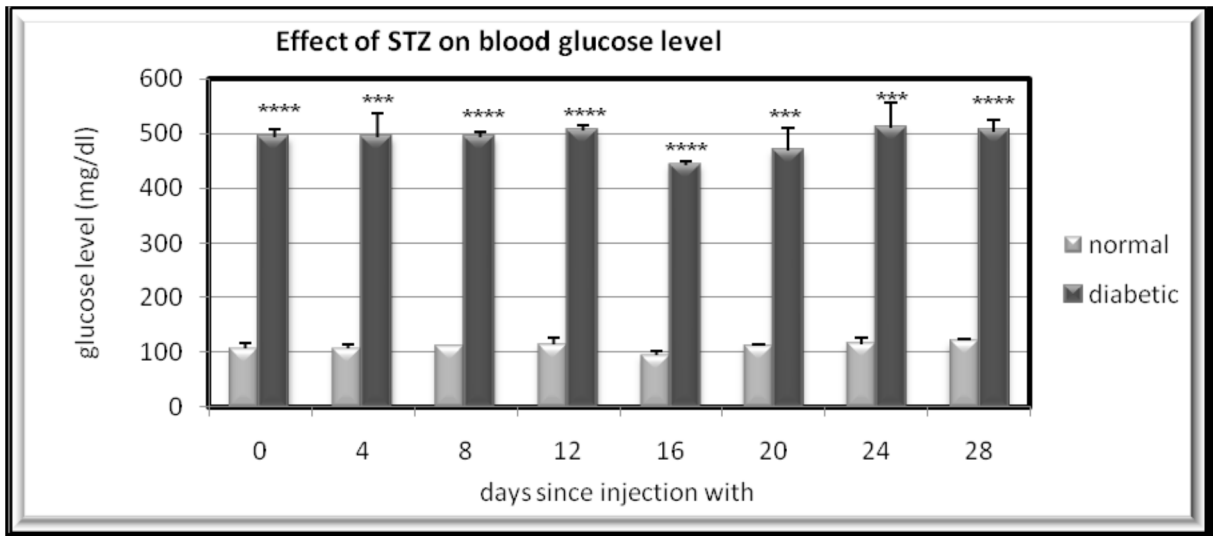
1 : rats administré 200 mg/kg de poids d'ETBCE.

2 : rats administré 400 mg/kg de poids d'ETBCE.

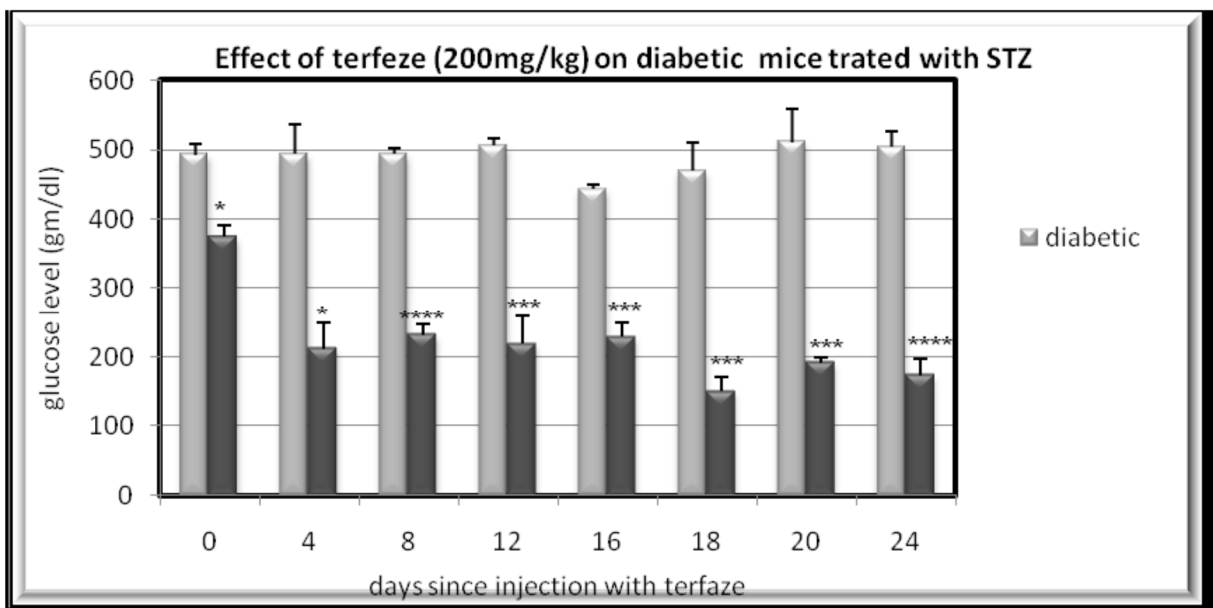
3 : rats administré 600 mg/kg de poids d'ETBCE.

4 : rats témoins (injectée de 50 mg/kg de poids de STZ sans injection d'ETBCE en intraperitoniale)

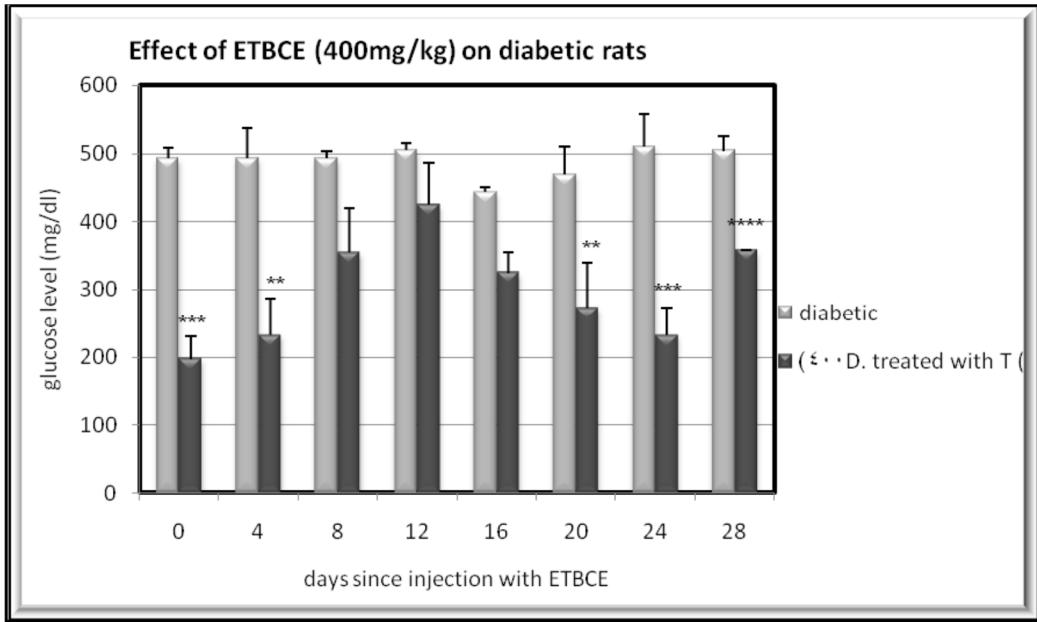
5 : rats normales (injectée de 3 ml/kg de poids de solution saline normale à 0.9% seulement)



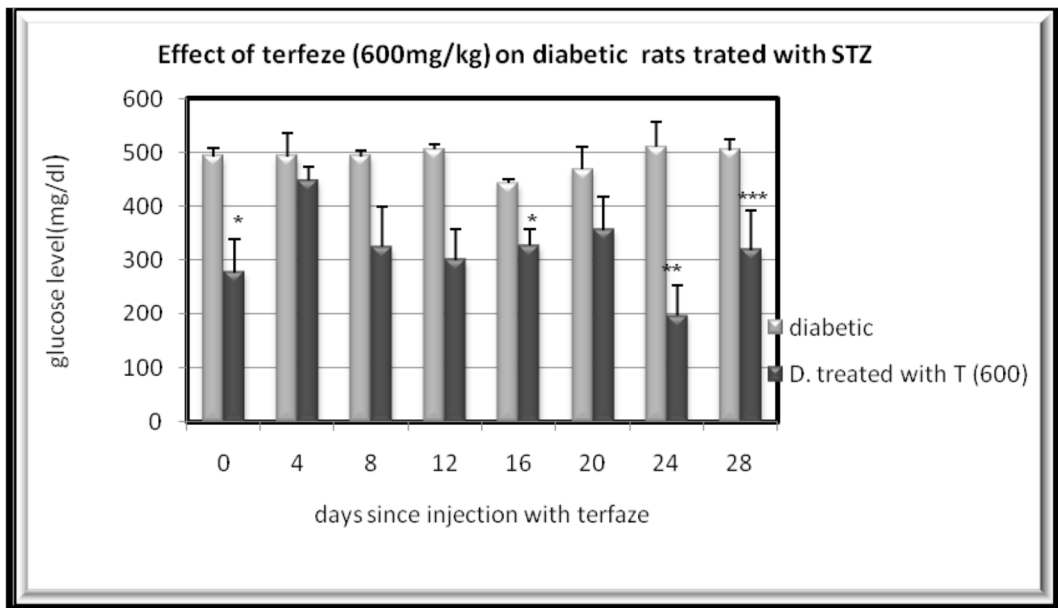
**Figure 21:** Les rats ont reçu une injection de STZ pour induire le type 1DM (diabète sucré).



**Figure 22 :** Comparaison des résultats entre rats témoins et expérimentaux, présent -une diminution significative dans la glycémie totale depuis le premier traitement (4 jours Après injection avec 200 mg / kg d'ETBCE).



**Figure 23** : Comparaison des résultats entre rats témoins et rats expérimentaux, (4 jours Après injection avec 400 mg / kg d'ETBCE).



**Figure 24** : Comparaison des résultats entre rats témoins et rats expérimentaux, (4 jours Après injection avec 600 mg / kg d'ETBCE).

Une autre étude de l'effet de la truffe syrienne (ST) sur les souris témoins et des souris diabétiques induite par l'alloxane révèle que l'extrait de ST améliore le jeûne et que les taux de glucose sanguin postprandial des souris diabétiques à l'alloxane étaient significativement réduits par rapport aux résultats des témoins diabétiques (**Tableau XXVI**). L'extrait de ST a également abaissé significativement le taux de glycémie des souris diabétiques dans le test de tolérance au glucose de  $410 \pm 19$  à  $260 \pm 14,5$  mg / dl après 120 minutes sans aucun médicament (**Tableau XXVII**) et a diminué significativement le rapport HbA1c par rapport aux résultats témoins diabétiques (**Tableau XXVIII**). Ces résultats révèlent l'effet bénéfique de ST chez les souris diabétiques.

En conclusion les principaux résultats trouvés sont résumés comme suit : (1) un ou plusieurs constituants de ST peuvent être responsables de la réduction de la glycémie chez les souris diabétiques à l'alloxanes. (2) l'effet hypoglycémiant de ST peut être lié à l'action de ST dans la réduction de l'absorption intestinale de glucose contribuant ainsi à contrôler l'augmentation des taux de sucre dans le sang postprandial (3) ST améliore significativement la performance des souris diabétiques à l'alloxane dans le test de tolérance au ratio glucose et l'HbA1c, (4) extrait ST a entraîné une diminution significative des ASAT, ALAT, la créatinine et le taux de cholestérol dans le sang du groupe diabétique et (5) ST entraîne la suppression du stress oxydatif ainsi que la conversion de la pathologie hépatique et rénale causée par le diabète à un schéma normal.

Ces résultats ont révélé que la truffe syrienne peut avoir un avantage potentiel dans le traitement des diabétiques et joue un rôle dans la gestion du diabète et la réduction du risque de complications diabétiques.

**Tableau XXVI** : Effet de l'extrait de truffe syrienne (*Tuber brumale vittadini*) sur la glycémie chez des souris témoins et diabétiques pendant 12 semaines.

Groupes	1w	2w	4w	6w	8w	10w	12w
1- Groupe de souris témoins Niveau de glycémie à jeun (mg / dl) après 12 h	95± 12	101± 6.2	97± 9.3	105± 8.4	95± 9.8	107± 6.6	102± 5.5
Niveau de glycémie postprandial (mg / dl) après 12 h	105± 8.2	109± 9.6	101± 9.9	116± 7.3	108± 9.5	112± 6.9	114± 9.5
2- Groupe témoin sous l'extrait ST Niveau de glycémie à jeun (mg/dl) après 12 h	105± 8.2	109± 9.6	97± 11.2	89± 16.4	95± 14.1	100± 6.9	96± 8.7
Niveau de glycémie postprandial (mg / dl) après 12 h	107± 14.4	114± 23.5	101± 9.8	106± 12.9	104± 10.8	110± 15.7	101± 11.4
3- Groupe témoin diabétique Niveau de glycémie à jeun (mg / dl) après 12 h	238± 16.9	249± 11.4	241± 18.5	231± 19.6	251± 16	246± 23.7	255± 14.2
Niveau de glycémie postprandial (mg / dl) après 12 h	322± 15.3	334± 18.6	337± 17.6	342± 21.4	361± 14.8	338± 17.8	354± 10.5
4- Groupe diabétique sous l'extrait ST Niveau de glycémie à jeun (mg / dl) après 12 h	229± 20.4	236± 17.7	218± 12.4	210± 19.5	199± 13.8	193± 16.9	187*± 13.6
Niveau de glycémie postprandial (mg / dl) après 12 h	304± 12.3	299± 17.6	290± 13.9	276*± 12.6	280* ±14.8	271*± 16.5	255* ±19.8

Les données représentent la moyenne ± DS de 10 animaux.

\* P <0,05 par rapport à la valeur correspondante du groupe témoin.

W : semaine

**Tableau XXVII** : Effet de l'extrait de truffe syrienne (10 ppm 3 fois Hebdomadaire pendant 12 semaines) sur la glycémie (mg / dl) des souris diabetiques à l'alloxane pendant le test de tolérance au glucose.

<b>Temps (minutes)</b>	<b>Prétraitement * (mg / dl)</b>	<b>Post-traitement ** (mg / dl)</b>
30	285±11.4	203±13.7
60	396±20.1	240±9.4
90	434±18.6	300±16.3
120	410±19.5	260±14.5

Les données représentent la moyenne ± DS de 10 animaux.

\* La glycémie avant l'initiation du traitement avec l'extrait de ST

\*\* La glycémie après traitement de 12 semaines avec l'extrait de ST

**Tableau XXVIII** : Effet de l'extrait de truffe syrienne (*Tuber brumale vittadini*) sur certains paramètres sanguins chez des souris témoins et des souris diabétiques à alloxanes pendant 12 semaines.

Groupes	ASAT IU●/l	ALAT IU●/l	Créatinine μmol/l	Cholestérol mmol/l	HbA1c mmol/l
1-Groupe de souris témoins 1 semaine	99.7±18	44.3 ± 14	45.1± 11	2.9± 0.5	5.3±0.6
Après 12 semaines	95.1 ± 13	44.8 ± 7.6	47. 3± 6.1	2.8 ± 0.2	5.5± 0.6
2-Extrait de ST témoin 1 semaine	96.8 ± 7.1	44. 2± 1.4	42.3 ± 0.5	2.7 ± 0.9	5.1±0.9
Après 12 semaines	89.7 ± 5.8	43.5 ±0.5	36.3± 1.9	2.6 ± 0.4	4.8±0.
3-Groupe témoin diabétique 1 semaine	101 ± 8.9	45.8± 6.7	46. 4 ± 2. 1	2.8 ± 0.9	6.7±0.9
Après 12 semaines	168.7 ±18	74.8 ±4.6	79. 2 ± 3. 6	3.04± 0.6	17.1±0.8
4- Groupe diabétique ST 1 semaine	99.6 ±18	48.5± 6.6	48.7 ± 4.3	2.7 ± 0.5	6.8±0.5
Après 12 semaines	119.5±15.1*	57.2± 1.4*	53.5 ± 6.2*	2.5 ± 0.9*	12.5± 0.4*

Les données représentent la moyenne ± écart-type de 10 animaux.

\* P <0,05 par rapport à la valeur correspondante du groupe témoin.

● Unités internationales par litre.

## **V. AUTRES ACTIVITES DES TRUFFES**

### **1. Activité enzymatique**

*Tirmania* et *terfezia* contiennent l'enzyme impliqué dans le cycle de l'ornithine permettant l'accumulation de l'urée et augmente la pression osmotique qui faciliterait la libération des ascocarpes de truffes [160].

Une polyphénol oxydase (PPO) entièrement latente provenant de l'ascocarpe de la truffe désertique (*Terfezia claveryi* Chatin) intervient dans la défense contre les pathogènes [161], et la tyrosinase à activité monophénolasiqye dans la synthèse de la mélanines [162], la lutte contre les champignons pathogènes et la protection de la paroi sporale [163], la lipoxygénase à propriétés cinétiques [164], la phosphatase alcaline interviennent dans le métabolisme lipidique qui est un facteur limitant dans la conservation des ascomes de cette espèce de truffes [165].

### **2. Activité anticholinestérasique**

L'acétylcholine estérase et la butyrylcholinestérase inhibent l'activité de quatre extraits de *terfezia* comparé à la galantarine.

L'extrait d'éthyle acétate de *Terfezia albiensis* et *Terfezia claveryi* était le plus actif ; IC50: 99,17 et 100,45 pg / ml, respectivement [86].

### **3. Activité hépatoprotective.**

Les extraits d'éther de pétrole, et méthanoliques et aqueux de *Terfezia claveryi* ont été évalués chez le rat en utilisant un hépatotoxine (CCl4) puissant par rapport à l'activité hépatoprotective d'une référence : *Nigella sativa*. Les extraits ont été administrés par gavage trois jours avant CCl4

l'intoxication est suivie de deux doses supplémentaires d'une heure et quatre heures après l'injection CCl<sub>4</sub>. Vingt-quatre heures après l'intoxication, des échantillons de sang ont été prélevés et la concentration de bilirubine sérique, PAL, ALAT et ASAT, ont été mesurées. Le poids corporel a été mesuré, puis les foies étaient excisés et pesés. Les extraits aqueux, méthanoliques et d'éther de pétrole de *T. claveryi* et *N. sativa* ont abaissé tous les tests de la fonction hépatique de manière significative. Cependant, l'extrait aqueux de *T. claveryi* presque normalise l'effet de CCl<sub>4</sub> et était aussi efficace que l'extrait de l'éther de pétrole de la référence *N. sativa*. En outre, l'extrait aqueux de *T. claveryi* normalise l'hépatomégalie induite par le CCl<sub>4</sub>, ce qui était comparable à l'effet d'éther de pétrole extrait de *N. sativa*. Ces résultats démontrent que l'extrait aqueux de *T. claveryi* possède une très puissante activité hépatoprotective contre CCl<sub>4</sub> et il est aussi efficace que l'extrait de l'éther de pétrole de la référence *N. sativa* [166].

#### **4. Activités aphrodisiaque, antidépresseur.**

Comme source aphrodisiaque, antidépresseur : Pendant des siècles, on pense que les truffes possèdent des pouvoirs aphrodisiaques mystiques. Les connaisseurs d'aliments décrivent le parfum des truffes comme sensuel et séduisant. Selon une enquête, environ 95% des répondants non bahreïnes et 72% des répondants bahreïnes mangent des truffes pour des raisons sexuelles [115] 5 $\alpha$ -Androst-16-en-3- $\alpha$ -ol (androsténol), un composé stéroïdien appartenant au groupe des 16-androstènes odorants du musc, reconnu comme une phéromone qui pourrait augmenter l'excitation sexuelle de la femelle humaine, ajuster les humeurs comme soumises plutôt que agressif dans le cycle menstruel féminin et antagoniser l'anxiété et la convulsion par

modulation positive des récepteurs GABA. En raison de son odeur agréable et la fonction pharmaceutique, androstenol a été développé pour parfumer avec la valeur élevée dans le marché Aussi, il a le potentiel dans le développement de médicament pour l'anti-dépression [167].

## **5. Activité antivirale**

*Terfezia boudieri* a été utilisé pour étudier sa capacité comme source d'agent antiviral. Deux cellules virales (HSV-2 et VSV) ont été testées. Quatre extraits de *T. boudieri* ont été obtenus par quatre solvants et des analyses SRB et MTT ont été réalisées pour la mesure du potentiel antiviral. La séparation, la purification et l'identification de la plupart des composés actifs ont été effectuées. Ainsi les quatre extraits (aqueux, chloroforme, acétone et méthanol) de *T. boudieri* ont montrée une activité inhibitrice sur HSV-2 de 75%, 64%, 49% et 35% , respectivement et de 70%, 33%, 32% et 50% sur VSV aux mêmes concentrations que l'acyclovir standard.

Le méthyl-8-acétoxy-1,2,-tétradécahydro-1,5-dihydroxylchrysène-2-carboxylate (MATDC) est le composé extraite de *Terfezia boudieri* qui est révélé responsable de la forte activité antitumorale et antivirale de la truffe [155].



*Conclusion  
et Perspectives*

La composition chimique des truffes à fait l'objet de nombreuses études qui ont montré leurs richesses en protéines, acides aminés, fibres, acides gras, minéraux et carbohydate.

Cependant les ascocarpes des truffes contiennent 77% d'humidité et 23% de matière sèche, cette dernière est composée de 87% de matière organique et 13% de cendres.

Le contenu en acides aminés des truffes varie d'une espèce à l'autre, ainsi tous les acides aminés essentiels se sont révélés présents en grandes quantités, l'acide glutamique est l'acide aminé majeur suivi par l'acide aspartique et l'arginine, alors que les plus faibles acides aminés présents étaient la méthionine et l'histidine.

Les glucides des espèces marocaines à leur tour constituent environ 28% de matière sèche, dont le glucide reste le principal sucre suivi par le mannose et rhamnose, l'acide uronique est également détecté.

Les lipides sont présents à des concentrations avoisinant 5 % de la matière sèche. Divers acides gras essentiels saturés et insaturés ont été décelés chez les truffes ce qui représente 26%, dont les principales trouvées sont l'acide palmitique, linoléique, oléique et stéarique, alors que la composition en stérols rapporte des teneurs de 97% en Brassicastérols qui est le principal stérol suivi de l'ergostérol.

La composition minérale a été également établie, ils rapportent des quantités élevées de potassium, magnésium, calcium et sodium, en plus des éléments essentiels tels ; le fer, manganèse, zinc, cuivre.

Les truffes marocaines possédaient les plus basses quantités de flavonoïdes.

L'agréable odeur des truffes leurs confèrent la propriété d'être utilisées dans la cuisine comme arôme qui sert à améliorer les préparations culinaires pour la pâtisserie ou la cuisine. Ceci est dû sa composition en (COV) ils sont également essentiels aux plantes et champignons notamment pour la reproduction ou la survie, aussi utilisés dans des produits dites produits à truffes.

Les truffes apportent environ 400Kcal/100g ; peu de calories et de lipides, plus de fibres et pas de composés toxiques ce sont donc des aliments diététiques de choix pour l'homme. Elles sont utilisées en médecine traditionnelle depuis des millénaires, des études ont montré que les extraits des espèces de truffes possèdent une activité antimicrobienne contre des microorganismes BGN et BGP à savoir ; *S. aureus*, *E. coli*, *S. thyphi*, *P. aeruginosa* ; ainsi une légère activité antifongique contre *C. albicans*.

Quant à l'activité antioxydante a été également révélée, elle est due essentiellement aux composés phénoliques et a des constituants chimiques actifs ; l'acide ascorbique, anthocyane, flavonoïdes, caroténoïdes.

Enfin différents travaux ont montré que les truffes contiennent une multitude de composés thérapeutiques : des antimutagènes, anti cancérigènes, antidiabétiques, enzymatiques, anticholinesterasique, hépatoprotective et antiviraux.

L'enrichissement des ragoûts et des casseroles avec des truffes du désert et leur consommation représenterait une augmentation des niveaux d'antioxydants de notre régime. Les truffes peuvent être considérées comme des candidates prometteuses pour la transformation industrielle en remplacement des antioxydants synthétiques par des extraits naturels de truffe, des études sur l'incorporation de la truffe dans la formulation des aliments conventionnels pourraient être considérées comme une approche intéressante qui peut améliorer significativement leur capacité antioxydante et donc ils pourraient devenir un "modèle préventif" contre certaines maladies. Les nombreuses études menées sur les activités sensorielles, nutritionnelles et biologiques des truffes du désert au cours des dernières années indiquent leur potentiel d'utilisation comme aliment fonctionnel et agent thérapeutique, mais d'autres études sont recommandées sur la façon d'incorporer leurs propriétés chimiques et biologiques dans la truffe à valeur ajoutée ou des produits liés à la truffe.



## *Résumés*

## Résumé :

**Titre :** Les truffes : Apport nutritionnel et thérapeutique.

**Auteur :** Asmae BENMOULOUD .

**Encadrant :** Pr. Mustapha BOUATIA.

**Mots clés :** Truffe, Nutriment, Antioxydant, Antibactérien.

Les truffes sont des organes de fructification hypogés de champignons ascomycètes, comestibles.

Appelées au Maroc "Terfass ", les espèces les plus connues sont des genres *Terfezia* (*T.arenaria*, *T.boudieri*, *T.claveryi*) et *Tirmania* (*T.pinoyi*, *T.nivea*) et *Tuber* (*T.oligospermum*).

D'une part les truffes représentent une source nutritionnelle importante par leur composition en protéines, carbohydrate, lipides et minéraux intéressants en régime alimentaire, ainsi leur apport calorique est d'environ 400 Kcal /100g ; ce sont donc de bons aliments diététiques. En plus de leur agréable arôme elles sont très utilisées en cuisine.

D'autre part les truffes possèdent des composants actifs peu exploités par la recherche pharmaceutique. Ce travail met plus particulièrement en évidence le potentiel antioxydant chez certaines espèces de truffes qui leur permettrait de prendre place pour leurs effets bénéfiques sur l'état général de la santé et / ou pour réduire le risque de certaines maladies liées au stress oxydatif.

Elles ont aussi révélées une activité antibactérienne intéressante sur des souches bactériennes à intérêt médical telles *E. coli* et *S. aureus*. Ainsi, elles pourraient être utilisées pour contrôler la qualité microbiologique des aliments transformés.

Enfin on note des propriétés anticancéreuses, antidiabétiques, enzymatique, anticholinestérasique, hépatoprotective, aphrodisiaque et antivirale potentiellement intéressantes qui peuvent aussi être exploitées.

## Abstract:

Title: The truffles: Nutritional and therapeutic contribution.

Author: Asmae BENMOULOU.

Rapporteur: Pr.Mustapha BOUATIA

Keywords: Truffle, Nutrient, Antioxidant, Antibacterial.

The truffles are edible hypogean bodies of ascomycete mushrooms fructification.

Called "Terfass" in Morocco, the most known species are from the genres *Terfezia* (*T.arenaria*, *T.boudieri*, *T.claveryi*), *Tirmania* (*T.pinoyi*, *T.nivea*) and *Tuber* (*T.oligospermum*).

On one hand, truffles represent an important nutritional source by their composition in protein, carbohydrate, lipids and minerals interesting in diet, their caloric intake is about 400 Kcal / 100g; wich makes them a good dietetic foods. In addition to their pleasant aroma they are very used in culinary.

On the other hand, the truffles have active ingredients little exploited by pharmaceutical research. This work particularly highlights the antioxidant potential in certain species of truffles that would allow them to take place for their beneficial effects on the general state of health and / or to reduce the risk of certain diseases related to oxidative stress.

They have also revealed interesting antibacterial activity on bacterial strains of medical interest such as *E. coli* and *S. aureus*. Thus, they could be used to control the microbiological quality of processed foods.

Finally, potentially useful anti-cancer, antidiabetic, enzymatic, anticholinesterase, hepatoprotective, aphrodisiac and antiviral properties can be exploited.

## الملخص

العنوان: الكمأة : المساهمة الغذائية والعلاجية

الكاتبة: أسماء بنمولود

المشرف : مصطفى بوعطية

الكلمات المفتاح : الكمأة، غذاء، مضاد للأكسدة، مضاد للبكتيريا

الكمأة عبارة عن أعضاء تمريية لفطريات كيسية صالحة للأكل تنمو تحت سطح الأرض.

يطلق عليها اسم "الترفاس" في المغرب. تنتمي الأنواع المعروفة الى الأجناس ترفيزيا ( أرنايا، بوديري، كلافيري)، ترماني (بينوي، نيفيا) وتوبر ( اوليغوسبيرموم).

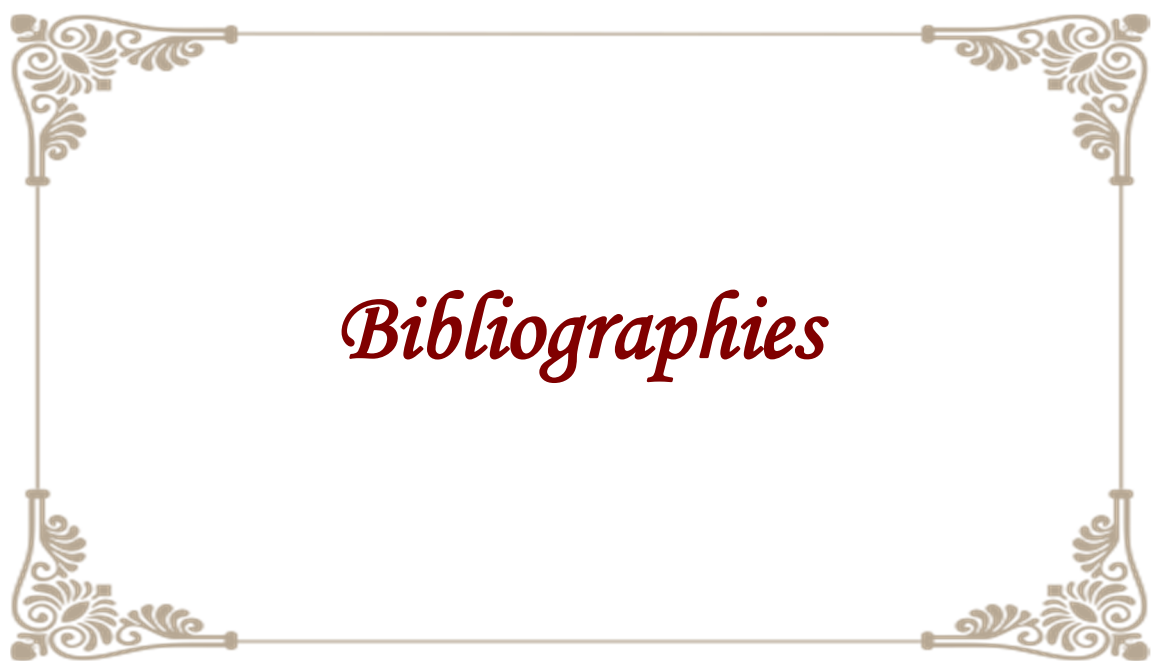
فمن جهة، تعتبر الكمأة مصدرا غذائيا مهما نظرا لاحتوائها على تركيبة مثيرة للاهتمام من البروتينات، الكربوهيدرات، الدهون والمعادن في التغذية، إذ أن كل 100 غرام توفر حوالي 400 سعرة حرارية فهي بذلك أغذية جيدة للحمية بالإضافة إلى طعمها الرائع، فهي تستعمل كثيرا في الطبخ.

ومن جهة أخرى، تحتوي الكمأة على عناصر فعالة قليلة الاستغلال في البحث العلمي الصيدلاني.

يقوم هذا العمل بتوضيح الإمكانيات المضادة للأكسدة عند بعض أنواع الكمأة والتي قد تمكنها من أخذ مكان نظرا لتأثيراتها الإيجابية على الحالة الصحية العامة و/ أو في تقليص خطر الإصابة ببعض الأمراض المرتبطة بالأكسدة.

لقد كشفت كذلك عن نشاط مضاد للبكتيريا مثير للإهتمام فعال ضد سلالات بكتيرية ذات أهمية طبية مثل الإي كولاي والمكورات العنقودية الذهبية مما قد يمكن من استعمالها في مراقبة الجودة الميكروبيولوجية للأغذية المصنعة.

وفي الأخير، تم تسجيل خصائص مثيرة للإهتمام مضادة للسرطان، مضادة للسكري، أنزيمية، مضادة للكولين، حامية للكبد، مثيرة للشهوة الجنسية ومضادة للفيروسات والتي يمكن استغلالها أيضا.



*Bibliographies*

1. Yao, Y., B. Spooner, and D. Hawksworth, *Author citation of the generic name Peziza (Pezizales, Pezizaceae)*. Systema Ascomycetum, 1995. **14**(1): p. 17-24.
2. OUABBOU, A., et al., *Bibliographic catalog of the forest of Mamora (Morocco) fungal flora*. Journal of Animal & Plant Sciences, 2012. **15**(3): p. 2200-2242.
3. Awameh, M., A. Alsheikh, and S. Al-Ghawas. *Mycorrhizal synthesis between Helianthemum ledifolium, H. salicifolium and four species of the genera Terfezia and Tirmania using ascospores and mycelial cultures obtained from ascospore germination*. in *Proceedings of the 4th North American Conference on Mycorrhizae, Colorado State University, Fort Collins, Colorado*. 1979.
4. Awameh, M. *response of Helianthemum salicifolium and H. ledifolium to infection by the desert truffle Terfezia boudieri*. in *Proceedings of the Eleventh International Scientific Congress on the Cultivation of Edible Fungi, Australia, 1981/edited by NG Nair, AD Clift*. 1981. Sydney:[sn], 1981.
5. Nounsi, A., et al., *Inventaire des champignons ectomycorhiziens du Maroc*. Journal of Applied Biosciences, 2014. **79**(1): p. 6826-6854.
6. Chevalier, G., *Une nouvelle méthode de production de plants mycorhizés par la truffe: l'inoculation en motte roulée Melfert*. Agronomie, 1984. **4**(2): p. 211.
7. Bradai, L., et al., *Effects of climate on the productivity of desert truffles beneath hyper-arid conditions*. International journal of biometeorology, 2015. **59**(7): p. 907-915.
8. Bokhary, H. and S. Parvez, *Soil mycoflora from truffle native areas of Saudi Arabia*. Mycopathologia, 1992. **118**(2): p. 103-107.

9. Pargney, J. and I. Kottke, *Microlocalization of calcium in the walls of truffle mycorrhizae by analytical transmission electron microscopy*. Journal of trace and microprobe techniques, 1994. **12**(4): p. 305-321.
10. Harley, J.L. and S.E. Smith, *Mycorrhizal symbiosis*. 1983: Academic Press, Inc.
11. Zitouni-Haouar, F.E.-H., Z. Fortas, and G. Chevalier, *Morphological characterization of mycorrhizae formed between three Terfezia species (desert truffles) and several Cistaceae and Aleppo pine*. Mycorrhiza, 2014. **24**(5): p. 397-403.
12. Slama, A., et al., *Cultivation of an edible desert truffle (Terfezia boudieri Chatin)*. African Journal of Microbiology Research, 2010. **4**(22): p. 2350-2356.
13. Fortas, Z. and G. Chevalier, *Effet des conditions de culture sur la mycorrhization de l'Helianthemum guttatum par trois espèces de terfez des genres Terfezia et Tirmania d'Algérie*. Canadian journal of botany, 1992. **70**(12): p. 2453-2460.
14. Mello, A., C. Murat, and P. Bonfante, *Truffles: much more than a prized and local fungal delicacy*. FEMS Microbiology Letters, 2006. **260**(1): p. 1-8.
15. Bokhary, H. and S. Parvez, *Chemical composition of desert truffles Terfezia claveryi*. Journal of Food Composition and Analysis, 1993. **6**(3): p. 285-293.
16. Bokhary, H., et al., *Chemical composition of desert truffles from Saudi Arabia*. Canadian Institute of Food Science and Technology Journal, 1987. **20**(5): p. 336-341.
17. Diaz, P., et al., *Truffle aroma characterization by headspace solid-phase microextraction*. Journal of Chromatography A, 2003. **1017**(1): p. 207-214.

18. Culleré, L., et al., *Characterisation of aroma active compounds in black truffles (*Tuber melanosporum*) and summer truffles (*Tuber aestivum*) by gas chromatography–olfactometry*. Food Chemistry, 2010. **122**(1): p. 300-306.
19. Chatin, M., *Contribution à l'histoire botanique de la truffe: kamé de Damas (*Terfezia claveryi*)*. Bulletin de la Société Botanique de France, 1891. **38**(8): p. 332-335.
20. Khabar, L., *Etudes pluridisciplinaires des truffes du Maroc et perspectives pour l'amélioration de production des " Terfess" de la forêt de la Mamora*. 2002.
21. Harki, E., A. Farah, and A. Bouseta, *Volatile compounds from four species of Moroccan truffles*. Moroccan Journal of Biology: p. 10.
22. Zambonelli, A., et al., *Hypogeous fungi in Mediterranean maquis, arid and semi-arid forests*. Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 2014. **148**(2): p. 392-401.
23. Khabar, L., *Mediterranean Basin: North Africa*, in *Desert Truffles*. 2014, Springer. p. 143-158.
24. Rebière, J. and C. Parra, *La truffe du Périgord*. 1981: P. Fanlac.
25. Delmas, J., *Les champignons et leur culture*. 1989: La Maison Rustique, Flammarion.
26. Pegler, D., *Useful Fungi of the World: the 'Poor man's tuffles of Arabia' and 'Manna of the Israelites'*. Mycologist, 2002. **16**(01): p. 8-9.
27. Benkada, S., *La " Société savante"; rupture et continuité d'une tradition associative: le cas de la Société de Géographie et d'Archéologie d'Oran*. Insaniyat/إنسانيات. Revue algérienne d'anthropologie et de sciences sociales, 1999(8): p. 119-128.

28. Loizides, M., et al., *Desert Truffles: The mysterious jewels of antiquity*. Field Mycology, 2012. **13**(1): p. 17-21.
29. Tulasne, L.R.T., C., *Fungi Hypogaei: Histoire et Monographie des Champignons Hypogés*. 1851.
30. Maire, M., *Contributions à l'étude de la flore mycologique de l'Afrique du Nord*. Bulletin de la Société Botanique de France, 1906. **53**(sup2): p. CLXXX-CCXV.
31. Trappe, J.M., *A synopsis of the Carbomycetaceae and Terfeziaceae (Tuberales)*. Transactions of the British Mycological Society, 1971. **57**(1): p. 85-92.
32. Malençon, G., *Champignons hypogés du Nord de l'Afrique*. Persoonia, 1973. **7**(2): p. 261-288.
33. Ricard, J.-M., et al., *La truffe: guide technique de trufficulture*. 2003: Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes Paris.
34. Callot, G., et al., *La truffe, la terre, la vie: Quae*. 1999, INRA.
35. Jamali, S. and Z. Banihashemi, *Fungi associated with ascocarps of desert truffles from different parts of Iran*. Journal of Crop Protection, 2012. **1**(1).
36. Bonito, G., et al., *Historical biogeography and diversification of truffles in the Tuberales and their newly identified southern hemisphere sister lineage*. PloS one, 2013. **8**(1): p. e52765.
37. Callot, G., *La truffe, la terre, la vie*. 1999: Editions Quae.
38. Alsheikh, A. and J. Trappe, *Desert truffles: the genus Tirmania*. Transactions of the British Mycological Society, 1983. **81**(1): p. 83-90.
39. Al-Laith, A.A.A., *Antioxidant components and antioxidant/antiradical activities of desert truffle (Tirmania nivea) from various Middle Eastern origins*. Journal of Food Composition and Analysis, 2010. **23**(1): p. 15-22.

40. Khabar, L., et al., *Contribution à l'étude de la flore mycologique du Maroc. Les truffes marocaines (Discomycètes)*. Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France, 2001. **117**(3): p. 213-229.
41. AGNELLO, C. and V. KAOUNAS, *Tuber asa and T. gennadii. A close morphological study of two species often confused in the past with a brief historical bibliographic summary*. 2011.
42. Chatin, M.A., *Truffes (terfaz) de Grece, Terfezia gennadii*. Bulletin de la Société botanique de France, 1896. **43**(5): p. 611-617.
43. Mattiolo, O., *Gli ipogei di Sardegna e di Sicilia*. 1900.
44. Hariot, P. and N. Patouillard, *Quelques Champignons de la Nouvelle Calédonie, de la collection du Museum*. 1903.
45. Moreno-Arroyo, B., et al., *The biogeography and taxonomy of Tuber oligospermum (Tul. & C. Tul.) Trappe (Ascomycota)*. Cryptogamie Mycologie, 2000. **21**(3): p. 147-152.
46. Moreno-Arroyo, B., et al., *Tuber oligospermum from Morocco*. Mycologist, 2001. **15**(1): p. 41-42.
47. Tulasne, L. and C. Tulasne, *Champignons Hypogés*. Ann. Sci. Nat., Bot. Sér, 1843. **2**(19): p. 373-381.
48. Chatin, M., *Contribution à l'histoire naturelle de la truffe*. Bulletin de la Société Botanique de France, 1891. **38**(1): p. 54-64.
49. Ceruti, A. and G.B. Traverso, *Elaphomycetales et Tuberales*. 1960: Comitato Onoranze Bresadoliane.
50. Patouillard, N., *Quelques champignons de la Chine récoltés par M. l'abbé Delavey*. 1890.
51. Chatin, A., *La truffe*. 1892: Baillièrè.

52. Khabar, L., *Le genre Terfezia Tull. Terfass*) de la Forêt de la Mamora (Région de Salé): étude systématique, écologique, morphologique, cytologique et ultrastructurale. Université Mohammed V, Rabat, 1988.
53. Khabar, L. and L. Najim. *Les truffes au Maroc: biodiversité et circuit de commercialisation*. in *Actes du Vème Congrès International Sciences et culture de la truffe et des autres champignons hypogés comestibles*. 1999.
54. Khabar, L., et al., *L'ascocarpe de Terfezia leonis Tul.(Discomycètes, Tubérales)*.Cryptogamie. Mycologie, 1994. **15**(3): p. 187-206.
55. Gutiérrez, A., A. Morte, and M. Honrubia, *Morphological characterization of the mycorrhiza formed by Helianthemum almeriense Pau with Terfezia claveryi Chatin and Picoa lefebvrei (Pat.) Maire*. Mycorrhiza, 2003. **13**(6): p. 299-307.
56. Bratek, Z., et al., *Mycorrhizae between black locust (Robinia pseudoacacia) and Terfezia terfezioides*.Mycorrhiza, 1996. **6**(4): p. 271-274.
57. Dexheimer, J., et al., *Étude ultrastructurale comparée des associations symbiotiques mycorrhiziennes Helianthemum salicifolium-Terfezia claveryi et Helianthemum salicifolium-Terfezia leptoderma*. Canadian journal of botany, 1985. **63**(3): p. 582-591.
58. Pargney, J.-C. and J.-P. Leduc, *Etude ultrastructurale de l'association mycorrhizienne Noisetier/Truffe (Corylus avellana/Tuber melanosporum)*. Bulletin de la Société Botanique de France. Lettres Botaniques, 1990. **137**(1): p. 21-34.
59. Dangeard, P., *La truffe*. Recherches sur son développement, sa structure, sa reproduction sexuelle. Botaniste, 1894. **4**: p. 63-87.
60. Díez, J., J.L. Manjón, and F. Martín, *Molecular phylogeny of the mycorrhizal desert truffles (Terfezia and Tirmania), host specificity and edaphic tolerance*. Mycologia, 2002. **94**(2): p. 247-259.

61. Nazzaro, F., et al., *Evaluation of gamma rays influence on some biochemical and microbiological aspects in black truffles*. Food Chemistry, 2007. **103**(2): p. 344-354.
62. Barbieri, E., et al., *New evidence for bacterial diversity in the ascoma of the ectomycorrhizal fungus *Tuber borchii* Vittad.* FEMS Microbiology Letters, 2005. **247**(1): p. 23-35.
63. Barbieri, E., et al., *Occurrence and diversity of bacterial communities in *Tuber magnatum* during truffle maturation.* Environmental Microbiology, 2007. **9**(9): p. 2234-2246.
64. MASSANTINI, R., et al., *Conservazione in film plastico del tartufo fresco (*Tuber aestivum*)*. Industrie alimentari, 2002. **41**(419): p. 1204-1207.
65. Reale, A., et al., *Irradiation Treatments to Improve the Shelf Life of Fresh Black Truffles (Truffles Preservation by Gamma-Rays)*. Journal of food science, 2009. **74**(4): p. M196-M200.
66. Wang, S. and M.F. Marcone, *The biochemistry and biological properties of the world's most expensive underground edible mushroom: Truffles*. Food Research International, 2011. **44**(9): p. 2567-2581.
67. Al-Ruqaie, I., *Truffles: II. Non—Conventional Methods (Radiation)*. International Journal of Biological Chemistry, 2009. **3**(3): p. 126-131.
68. Sorrentino, E., et al., *Lactobacillus plantarum 29 inhibits *Penicillium* spp. involved in the spoilage of black truffles (*Tuber aestivum*)*. Journal of food science, 2013. **78**(8): p. M1188-M1194.
69. Rivera, C.S., et al., *Selection of a decontamination treatment for fresh *Tuber aestivum* and *Tuber melanosporum* truffles packaged in modified atmospheres*. Food Control, 2011. **22**(3): p. 626-632.

70. Romdhane, I.B., et al., *Sanitizing Method Effects on Depending-Culture Microorganisms in Tuber aestivium*. *Advances in Microbiology*, 2015. **5**(06): p. 425.
71. Bokhary, M. and S. Parvez, *Desert Truffle Al-Kamah of Kingdom of Saudi Arabia. 2. Additional Contribution*. *Arab Gulf J. Sci. Res. Agric. Biol. Sci. B*, 1988. **6**: p. 103-112.
72. Al Delaimy, K., *Protein and amino acid composition of truffle*. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 1977.
73. Al-Shabibi, M., S. Toma, and B. Haddad, *Studies on Iraqi truffles. I. Proximate analysis and characterization of lipids*. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 1982. **15**(3): p. 200-202.
74. Sawaya, W., et al., *Chemical composition and nutritive value of truffles of Saudi Arabia*. *Journal of Food Science*, 1985. **50**(2): p. 450-453.
75. Bokhary, H., A. Suleiman, and M. Basalah, *The fatty acid components of the desert truffle "Al Kamah" of Saudi Arabia*. *Journal of Food Protection®*, 1989. **52**(9): p. 668-669.
76. Al-Naama, N., J. Ewaze, and J. Nema, *Chemical constituents of Iraqi truffles*. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 1988. **6**: p. 51-56.
77. Ackerman, L., P. Van Wyk, and L. Du Plessis, *Some aspects of the composition of the Kalahari truffle or N'abba*. *S Afr Food Rev*, 1975. **2**: p. 145-146.
78. AHMED, A.A., M.A. MOHAMED, and M. Hami, *Libyan Truffles "Terfezia boudieri Chatin:" Chemical Composition and Toxicity*. *Journal of Food Science*, 1981. **46**(3): p. 927-929.

79. Murcia, M.A., et al., *Effect of industrial processing on desert truffles Terfezia claveryi Chatin and Picoa juniperi Vittadini): proximate composition and fatty acids*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2003. **83**(6): p. 535-541.
80. Dundar, A., et al., *Antioxidant properties, chemical composition and nutritional value of Terfezia boudieri (Chatin) from Turkey*. Food Science and Technology International, 2012. **18**(4): p. 317-328.
81. Dabbour, I.R. and H.R. Takruri, *Protein digestibility using corrected amino acid score method (PDCAAS) of four types of mushrooms grown in Jordan*. Plant Foods for Human Nutrition, 2002. **57**(1): p. 13-24.
82. CHELLAL, A. and E. Lukasova, *Evidence for antibiotics in two Algerien truffles Terfezia and Tirmania*. Pharmazie, 1995. **50**(3): p. 228-229.
83. Hamza, A., et al., *Nutraceutical potential, antioxidant and antibacterial activities of Terfezia boudieri Chatin, a wild edible desert truffle from Tunisia arid zone*. Arabian Journal of Chemistry, 2013.
84. Vetter, J. and D. Kruzseiyi, *Complex chemical evaluation of the summer truffle (Tuber aestivum Vittadini) fruit bodies*. Journal of Applied Botany and Food Quality, 2014. **87**.
85. Saltarelli, R., et al., *Effect of storage on biochemical and microbiological parameters of edible truffle species*. Food chemistry, 2008. **109**(1): p. 8-16.
86. Kivrak, İ., *Analytical methods applied to assess chemical composition, nutritional value and in vitro bioactivities of Terfezia olbiensis and Terfezia claveryi from Turkey*. Food Analytical Methods, 2015. **8**(5): p. 1279-1293.

87. El Houssaine Harki1\*, M.G., *Chromatographic investigation of sugars and lipids from Tuber oligospermum and Terfezia arenaria*. Moroccan Journal of Biology 2014/N11, 2014.
88. Harki, E., D. Bouya, and R. Dargent, *Maturation-associated alterations of the biochemical characteristics of the black truffle Tuber melanosporum Vitt*. Food Chemistry, 2006. **99**(2): p. 394-400.
89. Kaisey, A., et al., *Proximate analysis of Iraqui truffles*. Mushroom Research, 1996. **5**(2).
90. Yildiz, A., et al., *Nutritive value of Pleurotus eryngii and Terfezia boudieri*. The Scientific and Technological Research Council of Turkey, Agriculture, Forestry and Veterinary Sciences Research Grant Group (TOVAG), Project No: TUBITAK-TOVAG-1040108. 43 pp. 2006.
91. Tang, Y., et al., *Comparison of lipid content and fatty acid composition between Tuber fermentation mycelia and natural fruiting bodies*. Journal of agricultural and food chemistry, 2011. **59**(9): p. 4736-4742.
92. Weete, J., et al., *Distribution of sterols in fungi. II. Brassicasterol in Tuber and Terfezia species*. Canadian journal of microbiology, 1985. **31**(12): p. 1127-1130.
93. Weete, J.D., *Structure and function of sterols in fungi*. Adv Lipid Res, 1989. **23**: p. 115-167.
94. Villares, A., et al., *Identification and quantification of ergosterol and phenolic compounds occurring in Tuber spp. truffles*. Journal of food composition and analysis, 2012. **26**(1): p. 177-182.
95. Damodaran, S., K.L. Parkin, and O.R. Fennema, *Fennema's food chemistry*. 2007: CRC press.

96. Hamza, A., H. Jdir, and N. Zouari, *Nutritional, Antioxidant and Antibacterial Properties of Tirmania nivea, A Wild Edible Desert Truffle from Tunisia Arid Zone*. *Med Aromat Plants*, 2016. **5**(258): p. 2167-0412.1000.
97. Hartmann, T., *From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism*. *Phytochemistry*, 2007. **68**(22): p. 2831-2846.
98. Arthur, C.L. and J. Pawliszyn, *Solid phase microextraction with thermal desorption using fused silica optical fibers*. *Analytical chemistry*, 1990. **62**(19): p. 2145-2148.
99. Engel, W., W. Bahr, and P. Schieberle, *Solvent assisted flavour evaporation—a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices*. *European Food Research and Technology*, 1999. **209**(3-4): p. 237-241.
100. Claus, R., H. Hoppen, and H. Karg, *The secret of truffles: A steroidal pheromone?* *Experientia*, 1981. **37**(11): p. 1178-1179.
101. Talou, T., M. Delmas, and A. Gaset, *Principal constituents of black truffle (*Tuber melanosporum*) aroma*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 1987. **35**(5): p. 774-777.
102. Talou, T., M. Delmas, and A. Gaset, *Analysis of headspace volatiles from entire black truffle (*Tuber melanosporum*)*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1989. **48**(1): p. 57-62.
103. Talou, T., M. Delmas, and A. Gaset. *New trends in black truffle aroma analysis*. in *ACS Symposium series-American Chemical Society (USA)*. 1989.
104. Talou, T., et al., *Dimethyl sulphide: the secret for black truffle hunting by animals?* *Mycological Research*, 1990. **94**(2): p. 277-278.

105. Gioacchini, A.M., et al., *Geographical traceability of Italian white truffle (*Tuber magnatum* Pico) by the analysis of volatile organic compounds*. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 2008. **22**(20): p. 3147-3153.
106. March, R.E., D.S. Richards, and R.W. Ryan, *Volatile compounds from six species of truffle-head-space analysis and vapor analysis at high mass resolution*. International Journal of Mass Spectrometry, 2006. **249**: p. 60-67.
107. Mauriello, G., et al., *Determination of volatile organic compounds from truffles via SPME-GC-MS*. Journal of chromatographic science, 2004. **42**(6): p. 299-305.
108. Splivallo, R., et al., *Truffle volatiles: from chemical ecology to aroma biosynthesis*. New Phytologist, 2011. **189**(3): p. 688-699.
109. Splivallo, R., et al., *Intraspecific genotypic variability determines concentrations of key truffle volatiles*. New Phytologist, 2012. **194**(3): p. 823-835.
110. Zeppa, S., et al., *Determination of specific volatile organic compounds synthesised during *Tuber borchii* fruit body development by solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry*. Rapid Communications in Mass Spectrometry, 2004. **18**(2): p. 199-205.
111. Splivallo, R., et al., *Truffles regulate plant root morphogenesis via the production of auxin and ethylene*. Plant Physiology, 2009. **150**(4): p. 2018-2029.
112. Martin, A., *The "apports nutritionnels conseillés (ANC)" for the French population*. Reproduction Nutrition Development, 2001. **41**(2): p. 119-128.
113. Krinsky, N., et al., *Dietary reference intakes for vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids*. Institute of Medicine, 2000.

114. Khalastchy, E., *Desert truffles—Eileen Khalastchy writes*. The Scribe—J Babylonian Jewry, 2003. **76**.
115. Mandeel, Q.A. and A.A.A. Al-Laith, *Ethnomycological aspects of the desert truffle among native Bahraini and non-Bahraini peoples of the Kingdom of Bahrain*. Journal of ethnopharmacology, 2007. **110**(1): p. 118-129.
116. Janakat, S., S. Al-Fakhiri, and A.K. Sallal, *A promising peptide antibiotic from Terfezia claveryi aqueous extract against Staphylococcus aureus in vitro*. Phytotherapy Research, 2004. **18**(10): p. 810-813.
117. Janakat, S.M., S.M. Al-Fakhiri, and A.-K.J. Sallal, *Evaluation of antibacterial activity of aqueous and methanolic extracts of the truffle Terfezia claveryi against Pseudomonas aeruginosa*. Saudi medical journal, 2005. **26**(6): p. 952-955.
118. Dib-Bellahouel, S. and Z. Fortas, *Antibacterial activity of various fractions of ethyl acetate extract from the desert truffle, Tirmania pinoyi, preliminarily analyzed by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)*. African Journal of Biotechnology, 2011. **10**(47): p. 9694-9699.
119. Amina, H. and N. Mohamed, *Chemical Screening and Antimicrobial Proprieties of Terfezia boudieri (A Wild Edible Fungi N South Tunisia)*. Middle-East Journal of Scientific Research, 2014. **21**(8): p. 1317-1322.
120. Casarica, A., et al., *A PURIFIED EXTRACT FROM BROWN TRUFFLES OF THE SPECIES TERFEZIA CLAVERYI CHATIN AND ITS ANTIMICROBIAL ACTIVITY*. FARMACIA, 2016. **64**(2): p. 298-301.
121. Neggaz, S., et al., *In vitro evaluation of antioxidant, antibacterial and antifungal activities of Terfezia claveryi Chatin*. Phytothérapie: p. 1-7.
122. Aldebasi, Y.H., et al., *Novel antibacterial activity of Terfizia claveryi aqueous extract against clinical isolates of corneal ulcer*. African Journal of Biotechnology, 2013. **12**(44): p. 6340-6346.

123. Dođan, H. and S. Aydin, *Determination of antimicrobial effect, antioxidant activity and phenolic contents of desert truffle in Turkey*. African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 2013. **10**(4): p. 52-58.
124. Defraigne, J.-O. and J. Pincemail, *Stress oxydant et antioxydants: mythes et réalités*. Revue médicale de Liège, 2008. **63**: p. 10.
125. Velázquez, E., et al., *Antioxidant activity of Paraguayan plant extracts*. Fitoterapia, 2003. **74**(1): p. 91-97.
126. Re, R., et al., *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. Free radical biology and medicine, 1999. **26**(9): p. 1231-1237.
127. Tsuda, T., et al., *Antioxidative activity of the anthocyanin pigments cyanidin 3-O-. beta.-D-glucoside and cyanidin*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1994. **42**(11): p. 2407-2410.
128. Al-Laith, A.A.A., *Nutritional and Antioxidant Properties of the White Desert Truffle Tirmania nivea (Zubaidi)*, in *Desert Truffles*. 2014, Springer. p. 275-297.
129. Lopes, G.K., H.M. Schulman, and M. Hermes-Lima, *Polyphenol tannic acid inhibits hydroxyl radical formation from Fenton reaction by complexing ferrous ions*. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects, 1999. **1472**(1): p. 142-152.
130. Schofield, P., D. Mbugua, and A. Pell, *Analysis of condensed tannins: a review*. Animal Feed Science and Technology, 2001. **91**(1): p. 21-40.
131. Tharayil, N., et al., *Changes in the structural composition and reactivity of Acer rubrum leaf litter tannins exposed to warming and altered precipitation: climatic stress-induced tannins are more reactive*. New Phytologist, 2011. **191**(1): p. 132-145.

132. Blois, M.S., *Antioxidant determinations by the use of a stable free radical*. 1958.
133. Brand-Williams, W., M.-E. Cuvelier, and C. Berset, *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*. LWT-Food science and Technology, 1995. **28**(1): p. 25-30.
134. Huang, D., B. Ou, and R.L. Prior, *The chemistry behind antioxidant capacity assays*. Journal of agricultural and food chemistry, 2005. **53**(6): p. 1841-1856.
135. Nanjo, F., et al., *Scavenging effects of tea catechins and their derivatives on 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical*. Free Radical Biology and Medicine, 1996. **21**(6): p. 895-902.
136. Molyneux, P., *The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity*. Songklanakarin J Sci Technol, 2004. **26**(2): p. 211-219.
137. Sánchez-Moreno, C., J.A. Larrauri, and F. Saura-Calixto, *A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1998. **76**(2): p. 270-276.
138. Scherer, R. and H.T. Godoy, *Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method*. Food chemistry, 2009. **112**(3): p. 654-658.
139. Villano, D., et al., *Radical scavenging ability of polyphenolic compounds towards DPPH free radical*. Talanta, 2007. **71**(1): p. 230-235.
140. Nenadis, N. and M. Tsimidou, *Observations on the estimation of scavenging activity of phenolic compounds using rapid 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH•) tests*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2002. **79**(12): p. 1191.

141. Akyüz, M., *Nutritive value, flavonoid content and radical scavenging activity of the truffle (Terfezia boudieri Chatin)*. Journal of soil science and plant nutrition, 2013. **13**(1): p. 143-151.
142. Dahham, S.S., et al., *Antioxidant, anticancer, apoptosis properties and chemical composition of black truffle Terfezia clavaryi*. Saudi Journal of Biological Sciences, 2016.
143. Bougandoura, N. and N. Bendimerad, *Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de Satureja calamintha ssp. Nepeta (L.) Briq.* Nature & Technology, 2013(9): p. 14.
144. Ou, B., M. Hampsch-Woodill, and R.L. Prior, *Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe*. Journal of agricultural and food chemistry, 2001. **49**(10): p. 4619-4626.
145. Singleton, V. and J.A. Rossi, *Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents*. American journal of Enology and Viticulture, 1965. **16**(3): p. 144-158.
146. Beara, I.N., et al., *Phenolic profile, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic activities of black (Tuber aestivum Vittad.) and white (Tuber magnatum Pico) truffles*. Food chemistry, 2014. **165**: p. 460-466.
147. Sochor, J., et al., *Fully automated spectrometric protocols for determination of antioxidant activity: Advantages and disadvantages*. Molecules, 2010. **15**(12): p. 8618-8640.
148. Awika, J.M. and L.W. Rooney, *Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health*. Phytochemistry, 2004. **65**(9): p. 1199-1221.

149. Ba, K., et al., *Étude comparative des composés phénoliques, du pouvoir antioxydant de différentes variétés de sorgho sénégalais et des enzymes amylolytiques de leur malt*. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 2010. **14**(1): p. 131-139.
150. Adedapo, A.A., et al., *Antioxidant activities and phenolic contents of the methanol extracts of the stems of Acokanthera oppositifolia and Adenia gummifera*. BMC Complementary and Alternative Medicine, 2008. **8**(1): p. 1.
151. Öztürk, M., et al., *In vitro antioxidant, anticholinesterase and antimicrobial activity studies on three Agaricus species with fatty acid compositions and iron contents: A comparative study on the three most edible mushrooms*. Food and Chemical Toxicology, 2011. **49**(6): p. 1353-1360.
152. Rao, M., *Nitric oxide scavenging by curcuminoids*. Journal of pharmacy and Pharmacology, 1997. **49**(1): p. 105-107.
153. Fratianni, F., et al., *Mutagenic and antimutagenic properties of aqueous and ethanolic extracts from fresh and irradiated Tuber aestivum black truffle: A preliminary study*. Food chemistry, 2007. **102**(2): p. 471-474.
154. Ibrahim, A., et al., *Separation and Fractionation of Aquilaria Malaccensis Oil Using Supercritical Fluid Extraction and tThe Cytotoxic Properties of the Extracted Oil*. Procedia Food Science, 2011. **1**: p. 1953-1959.
155. Mekawey, A.A., *TERFEZIA BOUDIERI AS SOURCES OF ANTITUMOR AND ANTIVIRAL AGENT*. 2015.
156. Jaafar, Z.M., et al., *USE OF CYTOGENETIC ANALYSIS TO STUDY THE EFFECT OF CRUDE EXTRACTS OF TWO TYPES OF TRUFFLES ON LYMPHOCYTES OF LEUKEMIC PATIENTS*. 2012.

157. Oak, M.-H., J. El Bedoui, and V.B. Schini-Kerth, *Antiangiogenic properties of natural polyphenols from red wine and green tea*. The Journal of nutritional biochemistry, 2005. **16**(1): p. 1-8.
158. Ahn, M.R., et al., *Correlation between antiangiogenic activity and antioxidant activity of various components from propolis*. Molecular nutrition & food research, 2009. **53**(5): p. 643-651.
159. Khaled A. Shakshak<sup>1</sup>, A.M.A., Abdurazag A. Auzi<sup>3</sup> and Amar M. Hamrouni<sup>4</sup>, *The Hypoglycemic Effect of Libyan Truffle “Terfezia Boudieri” in Experimentally Induced Diabetic Rats*. Tripolitana Medical Journal (2014) Vol. 3, No. 1, pp. 1-4, 2014.
160. Ewaze, J.O. and M.M. AL-NAAMA, *Studies on nitrogen metabolism of Terfezia spp. and Tirmania spp.* New Phytologist, 1989. **112**(3): p. 419-422.
161. Pérez-Gilabert, M., et al., *Partial purification, characterization, and histochemical localization of fully latent desert truffle (Terfezia claveryi Chatin) polyphenol oxidase*. Journal of agricultural and food chemistry, 2001. **49**(4): p. 1922-1927.
162. Pérez-Gilabert, M., et al., *Monophenolase activity of latent Terfezia claveryi tyrosinase: characterization and histochemical localization*. Physiologia plantarum, 2001. **113**(2): p. 203-209.
163. Pérez-Gilabert, M., A. Morte, and F. Garcí, *Histochemical and biochemical evidences of the reversibility of tyrosinase activation by SDS*. Plant Science, 2004. **166**(2): p. 365-370.
164. Pérez-Gilabert, M., et al., *Kinetic properties of lipoxygenase from desert truffle (Terfezia claveryi Chatin) ascocarps: effect of inhibitors and activators*. Journal of agricultural and food chemistry, 2005. **53**(15): p. 6140-6145.

165. Navarro-Ródenas, A., A. Morte, and M. Pérez-Gilabert, *Partial purification, characterisation and histochemical localisation of alkaline phosphatase from ascocarps of the edible desert truffle Terfezia claveryi Chatin*. *Plant Biology*, 2009. **11**(5): p. 678-685.
166. Janakat, S. and M. Nassar, *Hepatoprotective activity of desert truffle (Terfezia claveryi) in comparison with the effect of Nigella sativa in the rat*. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2010. **9**(1): p. 52-56.
167. Wang, G., et al., *Determination of 5 $\alpha$ -androst-16-en-3 $\alpha$ -ol in truffle fermentation broth by solid-phase extraction coupled with gas chromatography–flame ionization detector/electron impact mass spectrometry*. *Journal of Chromatography B*, 2008. **870**(2): p. 209-215.



## *Serment de Galien*

*Je jure en présence des maîtres de cette faculté :*

- *D'honorer ceux qui m'ont instruite 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 publique, 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 méprisée de mes confrères si je manquais à mes engagements.*



قسم الصيدلي

بسم الله الرحمن الرحيم

## 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 إلى أو التي قد أطلع عليها أثناء القيام بمهامي، وأن لا أوافق على استعمال معلوماتي لإفساد الأخلاق أو تشجيع الأعمال الإجرامية.
- ◀ لأحضى بتقدير الناس إن أنا تقيدت بعهودي، أو احتقر من طرف زملائي إن أنا لم أف بالتزاماتي.

والله على ما أقول شهيد

## الكمأة: المساهمة الغذائية والعلاجية

### أطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم : .....

### من طرف

الآنسة: أسماء بنمولود

المزودة في: 20 مارس 1991 بالرباط

### لنيل شهادة الدكتوراه في الصيدلة

الكلمات الأساسية: كمأة - غذاء - مضاد للأكسدة - مضاد للبكتيريا.

#### تحت إشراف اللجنة المكونة من الأساتذة

رئيس	السيد: مصطفى دراوي أستاذ في الكيمياء التحليلية
مشرف	السيد: مصطفى بوعطية أستاذ في الكيمياء التحليلية
أعضاء	السيد: محمد أولاد بويحيى إدريسي أستاذ في الكيمياء التحليلية
	السيد: رشيد نجاري أستاذ في علم العقاقير
	السيد: يونس رحالي أستاذ في الصيدلة الغالبية