

N° d'ordre :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR & DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DJILLALI LIABES
FACULTE DES SCIENCES
DE LA NATURE ET DE LA VIE
SIDI BEL ABBES

THESE
DE DOCTORAT de TROISIEME CYCLE

Présentée par :

M^{elle} BOUFELDJA Wahiba

Spécialité : Sciences biologiques
Option : Immunochimie alimentaire et santé

Intitulé

***Evaluation du potentiel nutritionnel et
antioxydant de quelques variétés de Truffes du
Sud-ouest algérien. Effets antimicrobien et anti-
inflammatoire***

Soutenue en 14/03/2017

Devant le jury composé de :

Président :	Pr ABBOUNI Bouziane	Université de Sidi Bel-Abbés
Examineurs :	Dr SEDDIKI SMH	Centre universitaire de Naama
	Dr AZZI Rachid	Université de Tlemcen
	Dr TOUMI Fouzia	Université de Sidi Bel-Abbes
Rapporteur :	Pr BENALI Mohammed	Université de Sidi Bel-Abbes

Mes Chers Parents

c'est vous qui m'avez transmis de vraies valeurs et vous m'avez grandi dans un monde sans laideur , en votre présence il n'y avait plus d'ennuis , ils s'effaçaient sans faire de bruit.. vous avez fait fuir toutes mes peurs, et dans mes yeux vous m'avez mis que des couleurs, vous avez toujours eu foi en moi, même quand je me décevais parfois

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Mes Très Chères Sœurs

***Hadjer** ,la prunelle de mes yeux, **Ikrām** ma douce au cœur si grand, et son mari Slimane, vous trouvez ici tout mon amour , et ma reconnaissance , vous m'avez assisté dans les moments difficiles et m'avez pris doucement par la main pour traverser ensemble des épreuves pénibles....qu'Allah vous garde pour moi.*

À Mes Amies et Soeurs De Toujours :Wafaà, Asmaà, Asmaa Simsim, Khadidja, Soumia,Meriem, Rima, Nadia et Imane

En souvenir de notre sincère et profonde amitié , des moments agréables et difficiles que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon amour , mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

Ma deuxième famille ; Tehami et Kherraf

Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère. Je ne vous oublie jamais !

À la mémoire de mon amie Hafida

J'aurais tant aimé que tu sois présente. Que Dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde.

A Mes deux Grands Meres Chéries Dada, et Fatina

Qui m'ont accompagné par leurs prières, leurs douceur, puisse Dieu vous prêter longue vie et bcp de santé et de bonheur dans les deux vies.

À Sofiane, Lakhdar, Saleh, et Mota

En témoignage de mon affection fraternelle, Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

Alba....

Au nom d'ALLAH le très miséricordieux , le tout miséricordieux

Louange à ALLAH seigneur des mondes , qui m'a donné la force, la volonté et le courage afin de m'accomplir ce modeste travail.

Mes sincères remerciements à :

***Pr. Benali Mohammed**, toutes mes gratitudes ne sont pas suffisantes pour vous dire grand merci pour votre patience , votre confiance, votre disponibilité, et vos conseils. Je suis honorée d'avoir été votre Doctorante. Veuillez, cher Maître, trouver dans ce modeste travail l'expression de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.*

***Pr. Abbouni Bouziane** de m'avoir honoré de présider ce jury. Veuillez trouver, chère Maître, le témoignage de ma reconnaissance.*

*Madame **Dr.Toumi Fouzia** , Monsieur **Dr. Azzi Rachid** et Monsieur **Dr. Seddiki Mohammed***

Nous vous remercions vivement de l'honneur que vous nous faites en siégeant dans ce jury. Nous vous sommes très reconnaissant de la spontanéité et de l'amabilité avec lesquelles vous avez accepté de juger notre travail. Veuillez croire, chère docteurs , à l'assurance de notre respect et de notre reconnaissance.

*Monsieur le **Pr, Maarouf Abderrazak** de m'avoir offert la possibilité d'accéder au sein du laboratoire de biochimie du centre universitaire de Naama ;*

*Je tiens bien évidemment à remercier le personnel du laboratoire de biotoxicologie de SBA et le laboraoire du centre universitaire Naama, avec une attention particulière à ;**Mr.Djamil, Mr Terzi , Aicha, mama, Fatima et Rokaya** ..., je remercie tout particulièrement **Mr.Bouchiha Djelloul** pour le support et l'encouragement qui est partager aussi de la part de mes étudiants du centre universitaire de Naama ; **Azzedine, Benchohra, Amine, les deux Bachir, Kader, Mohammed, et Krimou** ...*

Et pour ceux et celles qui ont pu m'aider et me supporter de près comme de loin, avec un conseil, ou même avec un sourire.

La truffe du désert connue sous le nom vernaculaire «El Terfess», est un champignon rare de bizarrerie de la nature qui appartient à la famille des *ascomycota*. Il est récolté, consommé et utilisé en ethnomédecine depuis l'antiquité.

Cette étude a pour l'objectif de déterminer la teneur en métabolites primaires et secondaires et d'évaluer l'activité antioxydante, antimicrobienne, ainsi que le potentiel anti-inflammatoire des extraits méthanoliques des ascocarpes desséchés de quatre espèces de Truffes récoltées de trois régions différentes du Sud-ouest algérien. *Terfezia boudeiri* qui provient de Tabelbala-Béchar montre une richesse nutritionnelle avec $13,32 \pm 0,14\%$ de protéines, $5,8 \pm 0,173\%$ de lipides, $6,25 \pm 0,11\%$ de sucres et $7,25 \pm 0,55\%$ de minéraux, comparativement aux autres espèces *Tirmania nivea* et *Terfezia claveryi* de Chellala, et *Terfezia arenaria* de Mecheria. L'estimation quantitative des flavonoïdes, des tanins, de la vitamine C, des caroténoïdes et des phénols totaux a montré que les extraits méthanoliques sont riches en ces composés avec des proportions différentes entre les quatre espèces où *T. boudieri* montre toujours une prépondérance en polyphénols et en tanins avec respectivement $53,62 \pm 0,26$ mg EAG/g et $12,42 \pm 0,10$ mg EQ/g MS. Pour *T. arenaria* et *T. Claveryi*, la première présente la plus forte teneur en flavonoïdes ($19,44 \pm 0,30$ mg EC/g) et la deuxième la plus forte teneur en caroténoïdes ($1,83 \pm 0,04$ mg/ml). Par contre Tin2 montre la richesse absolue en vitamine C par rapport aux autres espèces étudiées. L'évaluation du pouvoir antioxydant par le test DPPH et celui de FRAP a indiqué que l'extrait de *T. boudeiri* présente une activité antioxydante de 90% à la concentration de 1 mg/ml contrairement aux autres espèces qui montrent une activité modérée entre 42,06 et 77,82% à la même concentration. Les résultats de l'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques des truffes sur douze souches bactériennes et deux souches de levures mettent en évidence une forte inhibition surtout contre les bactéries Gram+ avec un diamètre qui varie de $10,33 \pm 0,34$ à $30 \pm 0,2$ mm. En revanche ils ont une activité modérée vis-à-vis les bactéries Gram- et aucun effet sur les levures. L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire *in vivo* des extraits de *T. boudieri* et *T. arenaria* montrent une inhibition de l'œdème de la patte induit par la carragénine chez les rats Wistar avec un taux moyen de 80 %. De plus une augmentation légère de la CRPr et une diminution du taux de l'albumine sérique par rapport à l'état initial, ainsi une diminution remarquable des leucocytes, des hématies et des plaquettes par rapport au lot traité avec du NaCl 0,9%. La différence entre ces valeurs et les valeurs obtenus par l'anti-inflammatoire de référence est statistiquement non significative. En définitive, les truffes peuvent être recommandées pour leurs vertus nutritionnelles et thérapeutiques importants.

Mots clés : truffes, *Tirmania*, *Terfezia*, principes nutritionnels, activité antioxydante, activité antimicrobienne, rat Wistar, activité anti-inflammatoire.

The desert truffle known as the vernacular “El Terfess” is a rare fungus of oddity of nature that belongs to the family of ascomycota. It was harvested, consumed and used in ethnomedicine since antiquity.

The purpose of this study was to determine the content of primary and secondary metabolites and to evaluate the antioxidant, antimicrobial activity and the anti-inflammatory potential of methanol extracts of dried ascocarps from four Truffle species harvested from three Regions of south-western Algeria. *Terfezia boudeiri* from Tabelbala Béchar showed a nutritional richness with $13.32 \pm 0.14\%$ of proteins, $5.8 \pm 0.173\%$ of lipids, $6.25 \pm 0.11\%$ of sugars and $7.25 \pm 0.55\%$ of minerals, compared to other species *Tirmania nivea* and *Terfezia claveryi* from Chelala, and *Terfezia arenaria* from Mecheria. The quantitative estimation of flavonoids, tannins, vitamin C, carotenoids and total phenols showed that the methanolic extracts were rich in these compounds with different proportions between the four species where *T. boudieri* always showed a preponderance polyphenols and tannins with 53.62 ± 0.26 mg EAG / g and 12.42 ± 0.10 mg EQ / g respectively. For *T. arenaria* and *T. Claveryi*, the first have the highest level of flavonoids (19.44 ± 0.30 mg EC / g) and the second the highest level in carotenoids (1.83 ± 0.04 mg / ml). Evaluation of antioxidant potency by the DPPH and FRAP tests indicated that the *T. boudeiri* extract had an antioxidant activity of 90% at the concentration of 1 mg/ml, unlike the other species which showed moderate activity between 42,06 and 77,82% at the same concentration. The results of the antimicrobial activity of methanol extracts of truffles on twelve bacterial strains and two strains of yeasts showed a strong inhibition especially against Gram+ bacteria with a diameter which varies from $10,33 \pm 0,34$ to $30 \pm 0,2$ mm. On the other hand, they have a moderate activity with respect to the other bacteria and no effect on the yeasts. Evaluation of the in vivo anti-inflammatory activity of the extracts of *T. boudieri* and *T. arenaria* showed an inhibition of carrageenan-induced paw edema in Wistar rats with an average rate of 80%. Of more a light increase of the CRPr and a decrease of the rate of the serum albumin compared with the initial state, so a remarkable decrease of the leukocytes, the red blood corpuscles and the plaques compared with lot treated with the NaCl 0,9 %. The difference between these values and the values obtained by the reference anti-inflammatory agent is statistically insignificant. Ultimately, truffles can be recommended for their nutritional and undeniable therapeutic benefits.

Key words: truffles, *Tirmania*, *Terfezia*, nutritional principles, antioxidant activity. Antimicrobial activity, Wistar rat, anti-inflammatory activity.

الكمأة الصحراوية المعروفة بالاسم الشعبي "الترفاس", فطر من معجزات وعجائب الطبيعة, ينتمي إلى عائلة الزقيات, يتم حصاده, استهلاكه واستخدامه من العصور القديمة.

الدراسة الحالية هدفها تحديد محتوى مكونات الايض الأولية والثانوية, وكذا تقييم النشاط المضاد للأكسدة, والمضاد للميكروبات والالتهابات لأربع مستخلصات الميثانول المتحصل عليها من أربع أنواع من الكمأة المجففة والتي حصدت من ثلاث مناطق مختلفة من الجنوب الغربي الجزائري.

Terfizia boudiri التي حصدت من منطقة تيبالالة ببشار, أبرزت ثراء غذائيا وذلك لاحتوائها نسبة 0.14 % من البروتين, 5.8 ± 0.173 % من الدهون, 6.25 ± 0.11 % من السكريات و 7.25 ± 0.55 % من الأملاح المعدنية مقارنة بالأنواع الأخرى *T. Nivea* و *T. clavery* من منطقة الشلالة, *T. arenaria* من منطقة المشرية. أظهر التقدير الكمي للمركبات: الفلافونويد, التانينات, الفيتامين C, الكاروتينويد, والبوليفينول أن هذه المستخلصات غنية بهذه المركبات ولكن بنسب مختلفة بين الأنواع الأربعة للترفاس, حيث تظهر *T. boudieri* دائما ثرائها بأعلى النسب من البوليفينول ومن التانينات ب 53.62 ± 0.26 مغ مكافئ حمض غاليليك, و 12.42 مغ مكافئ كارستين. بالنسبة لوحد غرام على التوالي. بالتوازي نلاحظ ان *T. Arenaria* و *T. clavery* تمتلكان أعلى نسب في الفلافونويد بنسبة 19.44 مغ مكافئ كاتشين بالنسبة للأولى وأعلى نسبة في الكاروتينويد 1.83 مغ/مل بالنسبة للثانية. أما *T. Nivea* أظهرت ثرائها المطلق بالفيتامين C عكس كل الأنواع المدروسة. أشار تقييم النشاط المضاد للأكسدة بواسطة الاختبار DPPH و FRAP أن مستخلص *T. boudiri* قدر نشاطه ب 90% وذلك بتركيز 1 مغ/مل على نقيض الانواع الاخرى التي اظهرت نسبة نشاط معتدل تراوحت بين 42.06 و 77.82% باستعمال نفس التركيز.

نتائج اختبار النشاط المضاد للبكتيريا لمختلف المستخلصات الميثانولية ضد 12 سلالة من البكتيريا ونوعين من الخمائر, أظهر قدرة تثبيط قوية لهذه الأخيرة بشكل خاص ضد بكتيريا غرام (+) وذلك بأقطار تتراوح حدودها بين 10.33 الى 30 مم, بالمقابل نلاحظ قدرة تثبيط معتدلة على البكتيريا غرام (-), و انعدام أي تأثير على الخمائر. بالنسبة لتقييم النشاط المضاد للالتهاب وذلك باستعمال جردان التجارب, أظهرت مستخلصات *T. boudiri* و *T. arenaia* نسبة تثبيط عالية لانتفاخ رجل الجرد بمتوسط قدرة 80 % إضافة إلى ارتفاع في نسبة CRP_r ونقصان في نسبة الألبومين بشكل ضعيف بالنسبة للحالة الأصلية, إضافة إلى نقص ملحوظ في الكريات البيضاء والحمراء والصفائح الدموية بالنسبة للمجموعة المعالجة ب NaCl 0.9%. الفرق بين هذه القيم والقيم المتحصل عليها من قبل الدواء المرجعي ليست ذات دلالة إحصائية, في الأخير يمكن أن نوصي بالكمأة لخصائصها الغذائية والعلاجية المهمة التي لا غنى عنها.

الكلمات المفتاحية: ترفاس, *Terfizia*, *Timania*, القيمة الغذائية, نشاط مضاد للأكسدة, نشاط مضاد للميكروبات, نشاط مضاد للالتهاب.

Abréviation	Signification
ABTS*	2,2'- azinobis-3-ethyl benzothiazoline - 6- sulfonique
ADN	Acide désoxyribonucléique
AINS	anti-inflammatoires non stéroïdiens
AOAC	association of analytical communities
ATCC	American type culture collection
BHA	butylhydroxyanisole.
BSk	Climat sec Steppique/semi aride froid
BWh	Climat chaud désertique/aride froid
BWk	Climat sec désertique/aride froid
CRP	protéine C réactive
DCPIP	dichlorophénol-indophénol
DPPH	2, 2- diphenyl-1- picrylhydrazyl.
EAG	équivalent acide gallique
EDTA	Acide éthylènediamine tétraacétique
ERO	espèces réactives de l'oxygène
Eucast	European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing
FNS	numération sanguine
FRAP	Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter
LOX	LipOXygénase
MAPK	Mitogen-activated protein kinases
MCP	monocyte chemo attractant
MRSA	Staphylococcus aureus methicillin resistant
MS	matière sèche
NCCLS	National Committee for Clinical Laboratory Standards
NF-κB	nuclear factor-kappa B
NO*	monoxyde d'azote

O₂^{•-}	l'ion superoxyde
OH	groupe hydroxyle.
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity
P(t)	patte traitée
pH	potentiel hydrogène
PI	pourcentage d'inhibition
PNF	procédure normalisée de fonctionnement
PNN	polynucléaires neutrophiles
PT	protéines totales
ROO[•]	le radical peroxy
ROS	espèces réactives oxygénées.
RS	Résidu sec
S2	Site 2
SAB	sérumalbumine bovine
Ta3	Terfezia arenaria
Tb1	Terfezia boudieri
Tc2	Terfezia claveryi
Tin2	Tirmania nivea
TNFα	facteur de nécrose tumorale
TRAP	Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter
UFC	unité formant colonie
UV-Vis	ultraviolet-visible
<i>Les unités de mesures</i>	
%	pour cent.
C°.	Degrés Celsius.

nm	Nanomètre
mm	Milimètre
cm	Centimètre
Km	Kilomètre
µg	Microgramme
Mg	Milligramme
g	Gramme
Kg	kilogramme
ml	Mililitre
min	minute
h	Heure
kDa	kilodalton
Kj	kilojoule
m/v	Masse/volume

Tableau	Titre	Page
01	Les différentes nominations des truffes de désert des différents pays du monde	09
02	les caractéristiques macro- et microscopiques du genre <i>Tirmania</i> et <i>Terfezia</i>	12
03	Identification des composés volatils majeurs des ascocarpes de <i>Tirmania nivea</i> , de <i>Tirmania pinoyi</i> , et de <i>Terfezia boudieri</i> analyses par CG-MS et exprimés en pourcentage par rapport à l'extrait volatil total	25
04	Composés antioxydants de quelques variétés de truffes de désert	31
05	Les différentes caractéristiques macroscopiques et microscopiques des différentes espèces de truffes de désert	46
06	Principales caractéristiques des souches microbiennes testées	58
07	Les étapes de réalisations des techniques de prélèvements	69
08	Les résultats d'identification et les descriptions mycologiques des espèces de Terfez prospectées	75
09	Rendements des extraits méthanoliques des truffes récoltées	83
10	Les valeurs d'IC50 des activités antioxydantes des différents extraits méthanoliques des Terfez	90
11	Zones d'inhibition (mm) des extraits des truffes sur les souches bactérienne.	96
12	Taux de CRP et d'albumines chez les lots témoins, et les lots traités avec le diclofenac, et les extraits des truffes	105
13	Décompte cellulaire des hématies, leucocytes et thrombocytes chez les lots témoins et traités	108

Figure	Titre	Page
01	Position des terfezes dans la classification des ascomycètes	08
02	l'ascocarpe de <i>Terfezia boudieri</i> ; a) aspect macroscopique, b) vue microscopique des asques, c) vue microscopique des ascospores	10
03	Truffe de désert géante: <i>Tirmania nivea</i> de 7Kg	11
04	Truffe de désert géante : <i>Tirmania nivea</i> de 3Kg	11
05	Principaux types de mycorhizes des truffes de désert représentés par une coupe transversale et coupe longitudinale d'une racine	14
06	Mycorhization a) Racine non mycorhizée de <i>Quercus cerris</i> , b) mycorhization de <i>Quercus cerris</i> avec <i>Tuber uncinatum</i>	15
07	Mycorhization a) Ectomycorhize de <i>Tirmania nivea</i> , b) hyphes de <i>Tirmania nivea</i> X400	15
08	Mycorhization des Truffes avec la même plante hélianthème	16
09	Existence de <i>H. lipii</i> et le craquèlement du sol sableux indique la présence des ascocarpes de truffe de désert (<i>Tirmania nivea</i>)	16
10	Quelques espèces du genre <i>Helianthemum</i> : [a] <i>Helianthemum lipii</i> (Bradai., 2007) [b] <i>Helianthemum guttatum</i> ,[c] <i>Helianthemum hirtum</i> ,[d] <i>Helianthemum violaceum</i> ,[e] <i>Helianthemum salicifolium</i> [f] <i>Helianthemum almeriense</i>	17
11	cycle de vie de Truffe de désert	19
12	Répartition géographique de l'espèce <i>T.boudieri</i> au niveau mondiale	22
13	Répartition géographique de l'espèce <i>T.arenaria</i> au niveau mondiale	22
14	a) vue générale de la répartition des truffes en Algérie, b) Répartition du Terfez dans l'Ouest algérien c) Répartition et la densité des Terfez dans le Sahara du Nord-est algérien	24
15	l'art culinaire des Terfess a) et b) : Tadjines de Terfess , c) Refssa de Terfess d) salade chaude de Terfess,e) mode de cuisson des truffes chez les saoudiens	26
15	la joie des ramasseurs saoudites pour la collecte des truffes	25
16	Marché algérien des Terfess ; a) Marché de Elkheiter-Saida , b) Marché de Naàma	28
17	Les pathologies associées aux espèces réactives oxygénées	31
18	Grille récapitulatif des polyphénols	35
19	Présentation et coordonnées géographiques des régions à Terfess prospectées	40
20	les étapes de la cueillette des Terfess	41
21	Diagramme climatique de Tabelbala	41

22	Diagramme climatique de Chellala	42
23	Diagramme climatique de Mécheria	43
24	Diagramme de l'extraction des truffes	51
25	complication de chlorure D'aluminium avec les flavonoïdes	52
26	Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH	55
27	Protocole expérimentale de l'essai d'activité antibactérienne (antifongique) des extraits des Terfez prospectées	62
28	Présentation des rats expérimentés	64
29	Injection de la carragénine au niveau de la région sub-plantaire de la patte gauche du rat	65
30	Injection au niveau de la veine caudale des extraits des truffes selon les recommandations Basic Biotechnology For Laboratory Mice	66
31	Mesures de des épaisseurs des pattes traitées (Œdèmes) et non traitées par un pied à coulisse	67
32	prélèvement du sang par ponction cardiaque, et par ponction dans l'aorte abdominale	68
33	Valeurs nutritionnelles et énergétiques des ascocarpes des Terfess prospectées (g/100 g MS)	79
34	Teneur en vitamine C des Terfess étudiées	81
35	Taux de polyphénols , des flavonoïdes et des tanins des espèces de Terfess étudiées	86
36	Le taux des caroténoïdes totaux des extraits méthanoliques des Terfess prospectées	86
37	Présentation graphique des pourcentages de DPPH résiduels en fonction de concentration des extraits des truffes et de l'acide ascorbique (mg/ml)	89
38	Activités antioxydantes des extraits méthanoliques de Tb1, Tin2, Tc2, et Ta3 et de la vitamine C par réduction du fer (Test FRAP).	92
39	Résultats de diffusion des extraits des Terfez sur le milieu gélosé sur : 1- <i>Acinetobacter baumannii</i> , 2- <i>Micrococcus luteus</i> , 3- <i>Escherichia coli</i> , 4- <i>Staphylococcus aureus</i> , 5- <i>Staphylococcus aureus methicillin resistant</i> , 6- <i>Enterococcus faecalis</i> , 7- <i>Bordetella bronchiseptica</i> , 8- <i>Bacillus subtilis</i> , 9- <i>klebsiella pneumoniae</i> , 10-11- <i>Candida albicans ATCC10231 , IP444GG</i>	94
40	Histogrammes des zones d'inhibition des extraits des truffes sur les souches bactérienne	97
41	Effets de des extraits méthanolique et Diclofenac sur l'œdème de la patte induit par la carragénine 1% chez le rat.	101
42	Inhibition de l'inflammation aiguë par les extraits méthanoliques de Tb1 et Ta3, et le diclofenac).	102

Table des matières

« *Evaluation du potentiel nutritionnel et antioxydant de quelques variétés de Truffes du Sud-ouest algérien. Effets antimicrobien et anti-inflammatoire* »

Résumés	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Table des matières	
Introduction	01

Chapitre I : Les truffes de désert

I. Généralités sur les Terfess

I.1.Historique	05
I.2. Classification botanique et nomenclature	06
I.2.1.Noms vernaculaires des truffes de désert des différents pays	06
I.3. Physiologie des truffes	10
I.3.1. Anatomie structurale et fonctionnelle des truffes de désert	10
I.3.2.Plantes hôtes	15
I.3.3.Cycle de développement des Terfess	18
I.3.3.1.L'effet des paramètres édaphiques et climatiques	20
I.3.4.Habitas et répartitions géographiques des Terfess	21
I.3.4. 1. Répartition et diversité au niveau mondial	21
I.3.4.2. Répartition et diversité en Algérie	23
I.4.Composition chimique et valeur nutritionnelle des truffes de désert	23
I.4.1.Modes de cuisson des Terfess	26
I.5.Production, récolte et commercialisation des truffes de désert	27

II. Les principales activités biologiques des truffes

II. 1. Activité antioxydante	30
II.1.1.Le stress oxydatif	30

II.1.2. Les radicaux libres	32
II.1.3. Les antioxydants des truffes	32
II.1.3.1. Les polyphénols	32
II.1.3.2. Les flavonoïdes	33
II.1.3.3. Les tannins	33
II.1.3.4. Les anthocyanes	33
II.1.3.5. Les caroténoïdes	33
II.1.3.6. Les vitamines	34
II.2. Autres activités biologiques des truffes	37

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. Prospection, identification, et analyses des métabolites primaires et secondaires des truffes récoltées

I.1 .Prospection et récolte des Truffes	40
I.2 .Localisation et caractéristiques des régions à Terfess prospectées	41
I.3. Procédures d'identification macroscopique et microscopique des Terfes récoltées	45
I. 4. Dosage des composés du métabolisme primaire	47
I. 4.1. Taux d'humidité	47
I. 4.2. Taux de cendres	47
I. 4.3. Dosage des protéines	48
I. 4.4. Dosage des sucres totaux	48
I. 4.5. Teneur en matières grasse	48
I. 4.6. Détermination de la teneur en acide ascorbique	49
I. 4.7. Détermination de La valeur énergétique des truffes	49
I. 5. Dosage quantitatif des composés du métabolisme secondaire des Terfez	49
I. 5.1. Extraction	49
1.5.2. Dosage des polyphénols totaux	50
I. 5.3. Dosage des flavonoïdes totaux	52
I. 5.4. Dosages des tannins	53

I. 5.5. Dosage des caroténoïdes	53
---------------------------------	----

II. Analyses de l'activité antioxydante, anti microbienne et anti inflammatoire des extraits méthanoliques des truffes

II.1. Activité antioxydante	55
II.1.1. Piégeage du radical du DPPH	55
II.1.2. Mesure du pouvoir antioxydant des extraits méthanoliques des truffes par le test de FRAP	56
II.2. Détermination de l'activité anti-microbienne des Terfez prospectées	56
II.2.1. Origine, et description des souches microbiennes testées	56
II.2.2. Préparation des suspensions bactériennes	59
II.2.3. Ensemencement et réalisation des puits	60
II.2.4. Recherche d'activité antifongique	61
II. 3. Détermination de l'Effet anti inflammatoire des extraits méthanoïques des truffes	63
II.3.1. Conditions d'adaptation des rats Wistar	63
II.3.2. Induction de l'inflammation par la carragénine et l'activité anti inflammatoire	64
II.3.3. Mesures des œdèmes des pattes inflammées	67
II.3.4. Sacrifice et prélèvement du sang	68
II.3.5. Dosage des protéines de l'inflammation	69

III. Analyses statistiques

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Identification des truffes et détermination des métabolites primaires et secondaires

I.1. Les espèces de Terfess identifiées	73
I.1.1. Caractérisation morphologique et mycologique des Terfez identifiées	74
I.2. Les principes nutritionnels des Terfez	77
I.2. Rendement d'extraction	81
I.3. Dosage des composés du métabolisme secondaire	83

II.L'activité antioxydante, anti-microbienne et anti- inflammatoire des extraits méthanoliques des truffes

II.1.Evaluation de l'activité antioxydante	88
II.1.1.Test du radical DPPH [•]	88
II.1.2. Test de FRAP	91
II.2. Evaluation de l'activité antimicrobienne des Terfess	93
II.3.Potentiel anti-inflammatoires des extraits méthanoliques des Terfez prospectées	100
II.3.1. L'effet des extraits méthanoliques des truffes sur l'évolution de l'œdème de la patte de rat	100
II.3.2. L'effet des extraits méthanoliques des truffes sur les protéines sériques, et FNS du rat	104

Conclusion et perspectives **112**

Références bibliographiques

Annexes

Travaux de recherche

- **Publication**
- **Communications internationales**
- **Communications nationales**

Les truffes de désert, appelées localement « El-Terfèss ou Al-Kamaa », sont des champignons hypogés, sauvages, comestibles, saisonniers, nutritifs et d'une grande importance socio-economique. Ces champignons sont largement rencontrés au tour de la méditerranée (Turquie, Italie et l'Espagne), au nord de l'Afrique (Algérie, Maroc, Tunisie et Lybie) mais aussi dans le moyen orient (Arabie saoudite, Koweït, Iraq, Iran, Liban, Syrie, et Jordanie). Les habitants de ces dernières régions sont les plus consommateurs de truffes ceci pour leur propriétés médicinales et organoleptiques ainsi que pour leur richesse en protéines (20-27%), en fibres (7-13%), en lipides (3-7.5%), en acide ascorbique (2-5%), et en sels minéraux (Al-Delaimy.,1977 ;Bokhary et al., 1987 ;Murcia et al.,2002 ; Pegler., 2002; Diez et al., 2002; Janakat et al., 2004 ; Gouzi et al., 2011 ; Wang et Marcone., 2011).

Le terme «**truffes de désert**» est principalement utilisé pour décrire des espèces des genres *Terfezia* et *Tirmania*, mais également des espèces moins connues tels que les genres *Picoa*, *Mattirolomyces* et *Loculotuber*. Les truffes de désert sont un type d'ascomycètes obligatoires hypogés qui forment des associations ectomycorhiziennes symbiotiques avec les racines de quelques plantes de la famille des Cistaceae en particulier *Helianthemum* spp (*H. sessiliflorum* et *H. guttatum*) et *Cistus*. Les truffes absorbent l'azote et les sels minéraux pour les transporter vers la plante hôte (Al-Laith., 2010; Loizides et al., 2012).

Les truffes du désert ont une grande valeur économique par rapport aux autres champignons vue leur cout le plus élevé. Les truffes apparaissent généralement dans les déserts algériens après la saison des pluies entre les mois de Février et Avril ainsi que dans de nombreux pays (Wang et Marcone., 2011; Gouzi et al., 2011).Ces champignons sont considérés comme l'un des produits alimentaires connus depuis l'antiquité pour leur valeur nutritive ainsi que leur gout très agréable par comparaison avec celui de la viande et le poisson. Outre leur importance nutritionnelle, leur arôme et leur saveur unique, les truffes possèdent également des activités biologiques diverses tels que l'activité antivirale, activité antimicrobienne, effet hépatoprotecteur, effet antimutagène ainsi que des activités anti-inflammatoires et antioxydantes (Hannan et al., 1989 ; Dabbour et Takturi., 2002a et b ;Neggaz., 2010 ; Gouzi et al., 2011 ; 2013 ; Wang et Marcone., 2011). La composition chimique et les activités biologiques des truffes Algériennes n'ont pas été bien étudiées par rapport aux truffes des autres pays (Hinfawy., 2001 ; Ali., 2006 ; Al-Alawi., 2009 ;Bekçi et al.,2011 ; Wang et Marcone., 2011).

C'est dans cette optique que nous avons orienté notre travail pour valoriser les différentes espèces de truffes du désert qui appartiennent à diverses régions de l'ouest Algérien. Cette valorisation englobe deux aspects ; la détermination de leur composition en métabolites primaires et secondaires et la mise en évidence de leurs effets thérapeutiques tels que les effets antioxydant, antimicrobien et anti inflammatoire.

Cette thèse a été organisée en différents chapitres décrivant les étapes successives de cette recherche.

Le premier chapitre concerne un rappel bibliographique sur les truffes et leur importance.

Le deuxième chapitre décrit les procédures expérimentales mises en œuvre dans cette étude.

Le troisième chapitre est consacré à une discussion des résultats expérimentaux obtenus du dosage des métabolites primaires et des métabolites secondaires ainsi que des principales activités biologiques des extraits de truffes.

Finalement, une récapitulation succincte des résultats ainsi que des perspectives ouvrant la voie à des études ultérieures sur les truffes est regroupée dans la dernière partie de ce chapitre.

I.1.Historique

Truffes du sable ou truffes du désert étaient connues, dégustées et valorisées comme une denrée précieuse depuis l'antiquité. Où elles sont fortement appréciées et étaient régulièrement importées de Libye, Lesbos et Cartage (Feeny., 2003 ; Loizides et al., 2011)

L'histoire de ce champignon mystérieux débute en Egypte en 2589 av. J.-C. On raconte que Kheops aimait à servir des truffes aux délégations qui venaient l'honorer et qu'il divertissait les ambassadeurs étrangers en leur proposant des plats à base de truffe, il s'agissait alors de truffe du désert (Rayss., 1959 ; Pagnol., 1973). Depuis son apparition dans les textes y compris sacrés, dans les poésies égyptiens ces champignons sont décrits comme suit : « *Sans feuilles, sans embryons, sans fleurs : encore eux de fruit; comme une nourriture, comme un fortifiant, comme un médicament : la création entière est précieuse* » (El Enshasy et al., 2013). Elles ont été probablement consommées par les populations indigènes riches de l'Afrique du nord, et du moyen orient dès la préhistoire et que l'on n'a permis à aucun citoyen normal de consommer cette nourriture précieuse. Les premiers enregistrements sur ce fruit de sable ont été détectés sur des inscriptions néo-Sumériennes, des périodes 1728-1531 J.C, et ce sont les Grecs qui étaient les premiers à considérer que la reproduction des truffes s'effectue par des spores (Gulick., 1927)

Au IV^{ème} siècle, Théophraste s'intéresse aux mécanismes de la vie de la truffe de désert et en découvre l'essentiel. Il la classe parmi les végétaux et non parmi les minéraux. Il affirme aussi que, pour naître, la truffe a besoin de semences, de pluie en été, et en automne et de coups de tonnerre (Ackerman et al., 1975 ; Gandeboeuf., 1997) ce mythe qui se perpétue étonnamment jusqu'à ce jour chez les bédouins du Sahara d'où leur nom « fruit de tonnerre ».

Avant l'islam, plusieurs poètes arabes ont estimé la liaison étroite qui existait entre les Terfess et certaines plantes d'hélianthèmes (Aibeche., 2008),

شوف الزبيدي والكماء يطرب العين	ياغلوها عندي وحلوه وزينه
لاصار قبل غيبب الشمس بشوين	يبين وسط الحشب لمدورينه

en plus plusieurs auteurs ont rapportés que « *Elmanne* , *la manne* » évoquée dans le Coran (Aliment que Allah a offert aux Israéliens), n'est que l'un des genres de *Terfess* ;

Tirmania sp ; **Le verset (160) de Sourat EL A'RAF** "Nous les couvrîmes de l'ombre du nuage, et fîmes descendre sur eux la manne et les cailles : « manger des bonnes choses que nous vous avons attribuées » et ce n'est pas Nous qu'ils ont fait du tort, mais c'est à eux-mêmes qu'ils en faisaient"

Le genre *Terfezia* a été créé par **Tulasne & Tulasne (1851)**, et rassemblait toutes les truffes d'Afriques sous le vocable de *Terfezia Leonis*.

En 1892, **Chatin** décrit plusieurs espèces et variétés de *Terfezia*, il créa le genre *Tirmania* (**Fortas., 1990**).

Patouillard (1901) signala la présence en Tunisie des espèces du Terfèz semblables à celles rencontrées en Egypte et en Asie Mineure.

En 1906, **Maire** a décrit une nouvelle espèce trouvée en Algérie *Tirmania pinoyi*. En 1971, **Imai** a décrit trois espèces sont *Tirmania nivea*, *Terfezia arenaria* et *Terfezia terfazoide* (**Splivallo et Bonfante., 2006**).

I.2. Classification botanique et nomenclature

Les caractéristiques morphologiques de truffes comme la forme, la taille et le diamètre peuvent varier d'une espèce à une autre. Pourtant, il y a d'autres caractéristiques communes qu'une majeure partie d'entre eux les partages. La taxonomie des Terfess est basée essentiellement sur les caractéristiques du Périidium (aspect ; couleur), sur celles des spores (nombre, forme ; ornementation), et sur des caractères complémentaires : forme ou taille des corps fructifères, coloration de la Gléba, disposition des veines, odeur, habitat... (**Voir l'annexe 01**) (**Trappe, 1971 ; Trappe, 1979**).

Il faut juste noter que Les Terfess ne sont pas les truffes du genre *Tuber européennes* (les vraies truffes) (**Chatin., 1891**). Le mot arabe "Terfess" et le mot français "Truffe" ont une même origine. Ils proviennent tous deux de "Tabarli" ; nom dans le langage sumérien qui signifiait " champignon souterrain " (**Chatin., 1892b ; Burdsall., 1968 ; Malencon., 1973 ; Trappe., 1979**).

Selon **Trappe (1979)**, *Terfezia* et *Tirmania* appartiennent aux familles *Terfeziaceae* et *Pezizaceae*, respectivement, dans l'ordre des *Pezizales*.

La famille des *Terfeziaceae* est actuellement formée par les (07) genres : *Amylascus* Trappe ; *Delastria* Tul et Tul ; *Hydnobolites* Tul et Tul ; *Mukagomyces* Tul et Tul ; *Picoa* Vitt. ; *Terfezia* Tu .et Tul ; *Tirmania*. Tul et Tul .

Le genre *Terfezia* regroupe douze (12) espèces : *Terfezia claveryi* (Chatin), *Terfezia spinosa* (Hark), *Terfezia longii* (Gilkey), *Terfezia arenaria* (Moris), *Terfezia leptoderma* Tul, *Terfezia gigantea* (Imai), *Terfezia boudieri* (Chatin), *Terfezia pflieilii* (Henn), *Terfezia austroafricana* (Marasas et Trappe), *Terfezia terfezioides* (Moris), *Terfezia erimita* (Malençon) et *Terfezia terfezioides* (Mat.) (Trappe 1971).

Le genre *Tirmania* est représenté par deux (02) espèces: *Tirmania nivea* (Desf) Trappe, *Tirmania pinoyi* (Maire) Malençon

Le genre *Picoa* inclut trois (03) espèces : *Picoa lefebvrei*, *Picoa carthusiana*, *Picoa juniperi*.

La **Figure n°1** abrège la position des Terfess dans la classification des Ascomycètes selon Trappe (1979) et Delmas (1989)

I.2.1. Noms vernaculaires des truffes de désert des différents pays

Le nom botanique *Terfezia* vient du mot Terfez ou Terfess, appellations données à ces champignons hypogés en Algérie et dans les pays de Maghreb. En Algérie on trouve des dénominations diverses selon les espèces, tels que Benhoureche, Terfess lakhal, Terfess Lahmar, et Djoubar (Bouchareb.,1994 ; khabar et al.,2001 ; Honrubia et al., 2003 ; Morte et al., 2009)

Le terme arabe classique des truffes décrit au Coran « **Al-Kama'a** » signifie couvert ou caché, tandis que le terme « **AL-Faga'a** » réfère au craquellement du sol lors de gonflement des ascocarpes des Truffes (Bokhary., 1987)

Le tableau n°1 résume les différentes nominations des truffes de désert des différents pays.

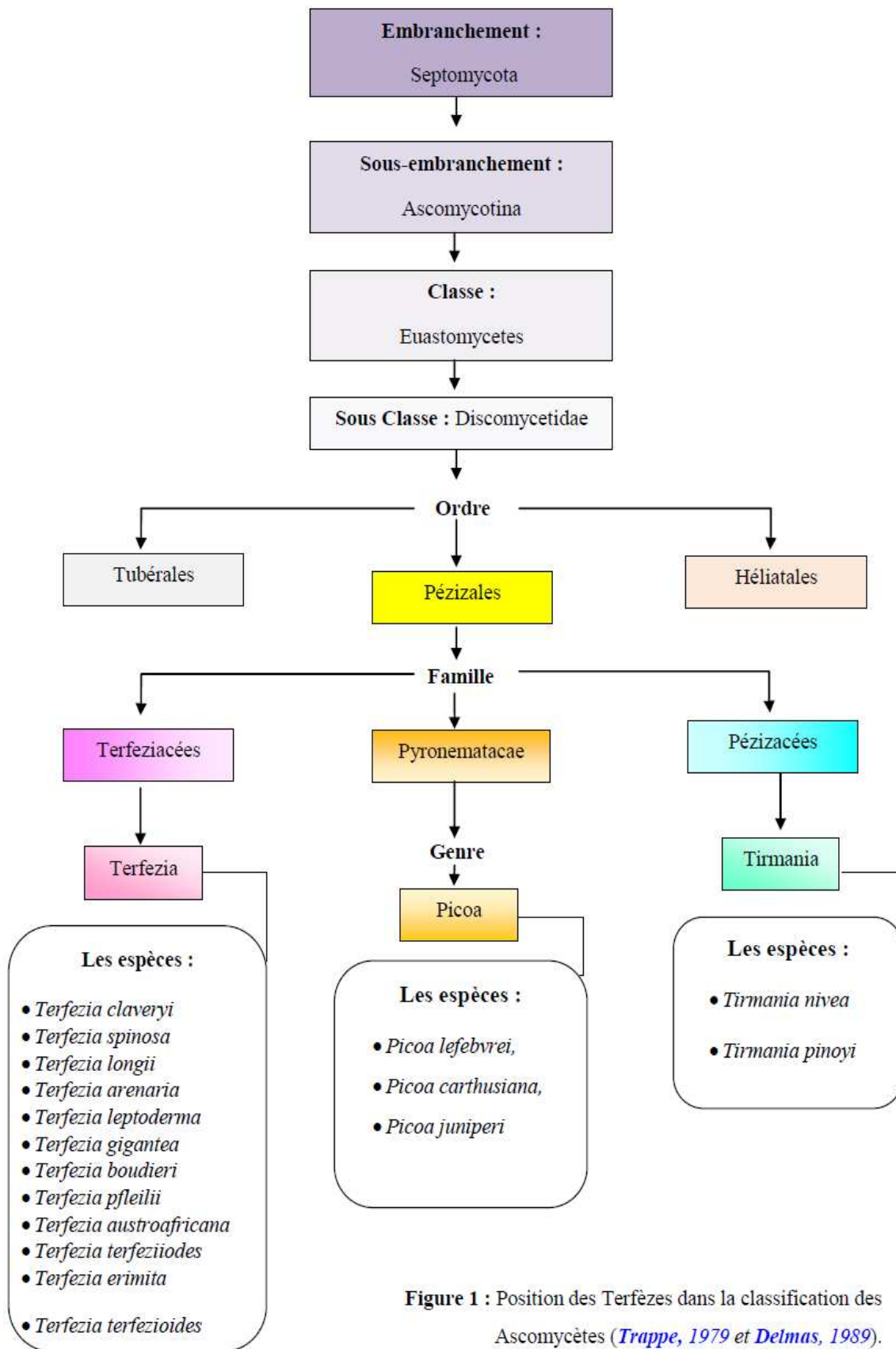



















Figure 1 : Position des Terfèzes dans la classification des Ascomycètes (Trappe, 1979 et Delmas, 1989).

Tableau 01 : Les différentes nominations des truffes de désert des différents pays du monde.

Pays	Noms	Références
Arabie Saoudite 	Al-Kamah en général, Elfag'a, Kame, El-chamae, Kholassi, Al-Souda, Alkamae Alb-bunia, Zubaydi, Al-Baidah, bidat El-ardh.	<i>Bokhary, 1987</i> <i>Bokhary et Parvez, 1988</i> <i>El-sheikh et Trappe, 1990</i> <i>Hussain et Al-Ruquaie, 1999</i>
Bahreïn 	Al-kamma, Al-Fag'a, Banat Ober	<i>Mandeel et Al-LAith, 2007</i>
Koweït 	Fagga, Ikhlassi, Zubaidi, (Terfezia, Tirmania) Faga altouyou, Heberi, Hobber(Picoa)	<i>Feeney, 2003</i> <i>Mandeel et AL-laith, 2007</i>
Oman 	Faquah, Zubaydi	<i>Feeney, 2003</i>
Iraq 	Kamaa, Kima ou Chima	<i>Feeney, 2003</i>
Syrie 	Kamaa, Kamé, Bint el Ardh(la fille de la terre), ou bint Al-Raad (la fille du tonnerre)	<i>Feeney, 2003</i> <i>Bawadikji, 2004</i>
Tunisie 	Terfess ahmar, Terfess abiyadh, Zouber(Terfezia, Tirmania, Picoa, respectivement)	<i>Slama et al, 2004</i>
Maroc 	Terfess, Terfess blanc de Tafilet, (Tirmania) Terfess rouge de Tafilet(T erfezia claveryi) Terfess rose de Mamora	<i>Khabar et al, 2001</i> <i>Khabar, 2002</i>
Berbère	Tirfas, kama	<i>Haloubi, 1988</i>
Iran / Afghanistan 	Hüda	
Amérique, UK (anglophones) 	Desert truffle, Boudier's Truffle, Kalahari Truffle	<i>Hall et al, 1994</i>
France 	Truffe de désert	
Italie / Espagne 	Tartufo giallo (Terfezia) Tartufo delle sabbie (Tirmania) Trufa Turma de tierra,	
Chine 	Sōnglù shāmò	
Japon 	Toryufu sabaku	
Corée 	songlo beoseos samag	<i>Site 01</i> <i>Site 02</i>
Russie 	Tryufel' pustynya	
Turquie 	çöl trüf, Doliman	

I.3. Physiologie des truffes

I.3.1. Anatomie structurale et fonctionnelle des truffes de désert

Les truffes de désert possèdent des fructifications souterraines appelées ascocarpes ou ascômes qui présentent la forme sexuée de ce champignon, ces derniers sont constitués d'une gléba (Chair) c'est la partie centrale de texture spongieuse à solide, présente des ilots fertiles arrondis en forme de nodules séparés par des veines stériles dessinant un réseau contenant dans les poches fertiles des petits sacs appelés asques qui renferment de quatre, six ou huit ascospores par asque (Janex-Favre et al., 1988).

La gléba est protégé par une enveloppe rigide appelée Péridium (**Figure 02**) qui assure la protection de gléba contre la dessiccation et lui donne une excellente résistance à la sécheresse (Callot et al., 1999 ; Ricard et al., 2003).

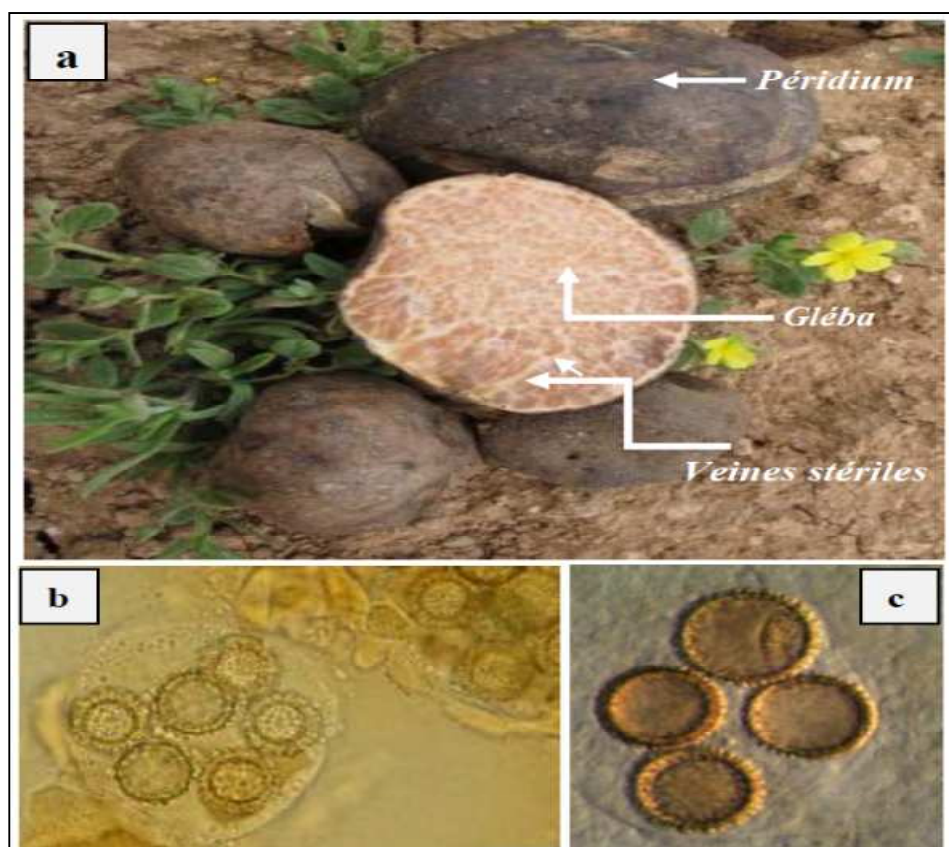


Figure 02: l'ascocarpe de *Terfezia boudieri* ; **a)** aspect macroscopique, **b)** vue microscopique des asques, **c)** vue microscopique des ascospores (cliché anonymes 1 modifié par Boufeldja 2016)

Ces ascocarpes peuvent varier considérablement en apparence, leurs corps fructifères peuvent être de forme arrondie ou irrégulière ; ceci dépend de la dureté du sol. lors de leur

collecte du sol, ils sont couverts de sable qui masque leur vraie couleur, cette dernière varie du blanc-jaune, au brun très foncé jusqu'à noir (Trappe et al., 2008) (Tableau 02).

Leur poids varie généralement de 30 à 300g /ascocarpe (Kagan-Zur et Roth-Bejerano., 2008) et même parfois plus de 1Kg (Hussain et Al-Ruqaie., 1999; Pegler., 2002) comme pour *Tirmania nivea* de l'Arabie Saoudite de 7kg, et de Béchar de 3kg (Figure 03 ; Figure 04)



Figure 03 : Truffe de désert géante:*Tirmania nivea* de 7Kg (anonyme 2 Hafr Al-Batine,Arabie Saoudite 31/01/2016)

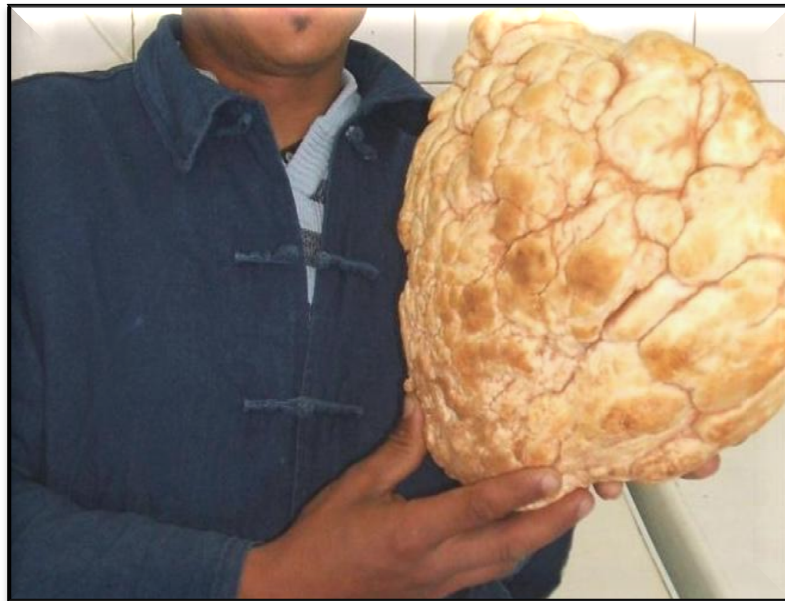


Figure 04 : Truffe de désert géante :*Tirmania nivea* de 3Kg(Béchar-Algérie, cliché Redouane Tahri, 2014)

Tableau 02 : les caractéristiques macro- et microscopiques du genre *Tirmania* et *Terfezia* (Trappe.,1979)

caractéristiques distinctives	<i>Tirmania</i>	<i>Terfezia</i>
1- Morphologie de l'ascocarpe		
1-1- Forme	Subglobuleuse à turbinée ou lobée	Subglobuleuse à turbinée ou irrégulière
1-2-Diamètre	> 14 cm	2 à 10 cm
1-3- Configuration de la surface	Lisse, glabre, ridée, ou craquelée	Lisse, glabre
1-4- Couleur externe	Blanc, Jaune-brun, Rouge-brun	jaune-brunâtre à brun, ou brun à noir foncé
1-5- Structure de la Gléba	Solides comportant un réseau de veines stériles blanc, délimitant les nodules fertiles	Solide comportant un réseau de veines stériles de couleur jaunâtre à brunâtre, délimitant les nodules fertiles.
2- Péridium		
2-1- Présence ou non	Présence	Présence
2-2 Cuticule externe	Hyphe entrelacées ou parallèles	Hyphe entrelacées ou mêlées à des cellules isodiamétriques.
3- Asques		
3-1 Forme	Ellipsoïde	En sac ou globuleuse
3-2 Nombre de spores/ asque à maturité	8	(-3) 5 – 8
3-3 Arrangement des spores dans l'asque	Irrégulièrement groupées	Irrégulièrement groupées
3-4 Réaction iodée avec le réactif de Melzer	Bleu (amyloïde)	Jaune à rouge (non amyloïde)
3-5 Arrangement des asques	Indéhiscents, répartis au hasard dans les tissus.	Indéhiscents, répartis au hasard dans les tissus.
4- Forme Spores		
4-1 Ornementation à maturité (les spores de toutes les espèces sont lisses à l'état jeune).	Lisse ou si elles sont rugueuses, elles sont incluses dans une épispore lisse et hyaline.	Avec des épines, papilles libres ou incluses dans un mucilage ou avec un réseau.
4-2 Couleur maturité (les spores immatures de tous sont hyalines).	Hyaline	Jaune-pale à brune
5- Habitat	Désertiques	Désertiques
6- Plantes associées	Hélianthème	Hélianthème
7- Nombre d'espèces	2	12
8- Répartition géographique	Ouest de l'Asie Afrique du Nord	Sud de l'Amérique du Nord Amérique du sud

Outre la présence des ascocarpes qui présentent la partie comestible et reproductive de ce champignon, ce champignon a une autre partie non comestible c'est partie végétative qui est très discrète. elle est constituée de : mycélium, de mycorhizes et de stromas, ces différentes formes sont reliées de façon complexe entre elles et avec le système racinaire (Ricard., 2003)

➤ **Mycélium :**

Désigne l'ensemble des filaments, appelés Hyphes, ces filaments mycéliens s'organisent pour constituer des structures plus complexes élaborés par la truffe ; mycorhize ; stroma et ascocarpe (Ricard., 2003)

➤ **Stroma :**

ces filaments mycéliens peuvent s'agglomérer en pelotes denses qualifiées de stroma, ces stroma sont des faux tissus, formés par la soudure des filaments qui sont en contact direct avec les cellules de l'écorce des racines (Ricard., 2003)

➤ **Mycorhize :**

Est un organe mixte formé par l'association symbiotique entre un champignon filamenteux et les racines d'une plante verte, dans lequel chacun prends des avantages de l'autre : la plante fournit au champignon de produits photosynthétiques comme des sucres, et le champignon facilite et amplifie l'absorption des sels minéraux et de l'eau par les racines de cette plante. l'union plante-champignon, favorise la croissance des deux partenaires, elle permet aussi la fructification du champignon (Stullu., 1991 ; Smith et Read, 1997 ; Duhoux et Nichole, 2004).

Ces champignons hypogés de désert forment deux types de mycorhizes avec les racines des plantes: des ectomychorizes où le champignon fabrique des filaments (mycélium) qui enveloppent les racines de la plante en formant un manchon autour d'elles, et les hyphes forment un réseau pénétrant dans le cortex (réseau de Hartig) sans pour autant pénétrer à l'intérieur des cellules (Gutiérrez et al., 2003; Roth-Bejerano et al., 1990; Dexheimer et al., 1985), d'autre part des endomychorizes dont les hyphes colonisent l'intérieur des cellules corticales en repoussant le plasmalemme sans toutefois le rompre pour y former des pelotons cependant le champignon ne franchit jamais l'endoderme (Awameh., 1981; Gea et al., 1994 ; Gay et al., 1994 ; Kagan-Zur et al., 1999 ; Slama et al., 2010 ; Gutiérrez et al., 2003).

Il arrive que ces deux types soient présents en même temps sur une racine, on parle alors d'ectendomycorhizes (**Figure 05**)

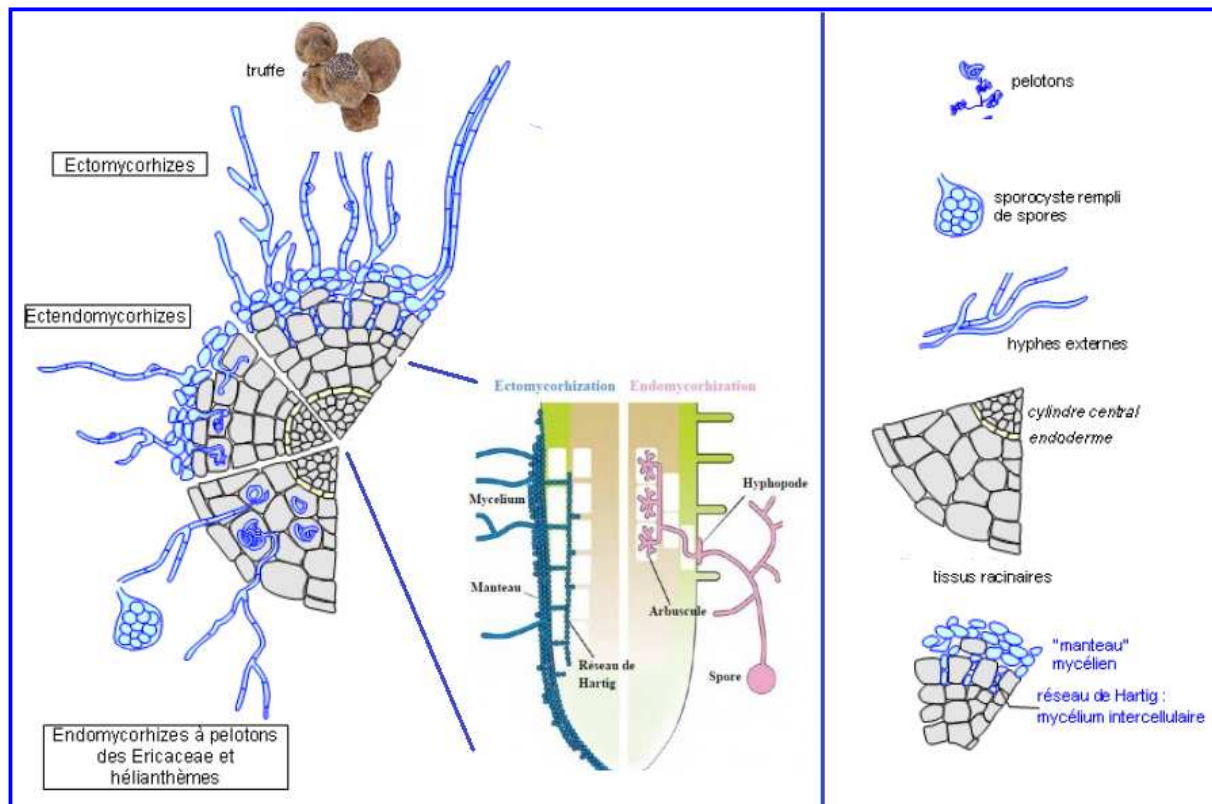


Figure 05: Principaux types de mycorhizes des truffes de désert représentés par une coupe transversale et coupe longitudinale d'une racine (F. Le talon, 1985 modifiée par Boufeldja W. 2016)

l'étude de l'organisation ultrastructurale des mycorhizes d'une plante du genre héliaanthème, montre que *Terfezia arenaria*, *Terfezia claveryi*, et *Tirmania pinoyi* forment sur la même plante hôte en fonction du substrat de culture, soit des ectomycorhizes avec un réseau Hartig bien différencié mais sans manteau fongique sur un substrat riche en phosphore, soit des ectoendomycorhizes, également sans manteau dans des terres carencées (Chevalier et al., 1984 ; Dexheimer et al., 1985 ; Fortas et Chevalier., 1988 ; Roth-Bejerano et al., 1990 ; Fortas et Chevalier., 1992a)

D'après Gutierrez et al 2003, l'endomycorhize est établie entre *Helianthemum sp*, *Terfezia claveryi* et *Picoa lefebverei*, Selon Zitoui, 2010, le caractère ecto ou endomycorhizien des Terfess est contrôlé par le partenaire végétal et non pas par le champignon (**Figure 06 ; Figure 07**).

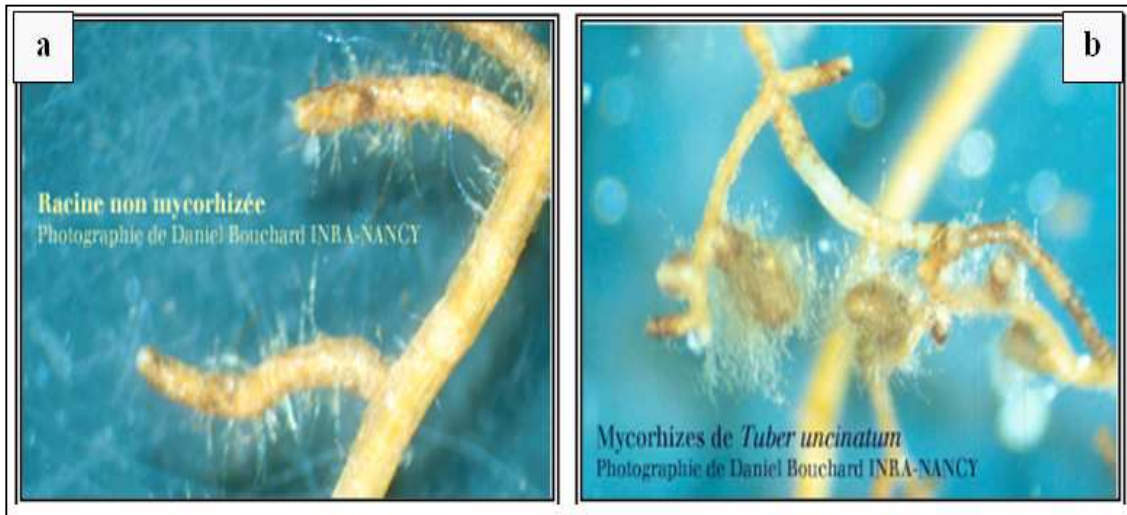


Figure 06 :Mycorization ;**a)** Racine non mycorhizée de *Quercus cerris*, **b)** mycorhization de *Quercus cerris* avec *Tuber uncinatum* (Daniel Bouchard, 2007)



Figure 07 : Mycorization ; **a)** Ectomycorhize de *Tirmania nivea* , **b)** hyphes de *Tirmania nivea* X400 (Bradai.,2014)

I.3.2.Plantes hôtes

Tous les Terfèzes sont des champignons mycorrhiziens comme nous avant mentionné dans le titre précédant. Elles s'associent avec des plantes Annuelles ou pérennes qui sont des herbacées ou arbustives de la famille des Cistacées, cette famille regroupe 8 genres et environ 180 espèces, certains espèces appartenant au genre *Helianthemum* qui signifie en grec fleur du soleil, qui sont fréquemment associées à ces Terfess (Awameh *et al.*,1980 ; Awameh,1981 ; Alsheikh et Trappe 1983a ; Raynaud,1985 ; Moreno *et al.*, 2000 ; Moreno *et al.*, 2002 ; Diez *et al.*, 2002 ; Kovacs *et al.*, 2011 ; Roth-Bejerano *et al.*, 2014). Ces petits arbustes sont des indices de repérage des sols à Terfess, leurs ascocarpes à maturité soulèvent et craquèlent le sol sous-jacent (Fortas, 1990) (**Figure 08** ; **Figure 09**).



Figure 08 : Mycorhization des Truffes avec la même plante hélianthème (*Dessiné par Boufeldja Wahiba 2017*)



Figure 09: Existence de *H. lipii* et le craquèlement du sol sableux indique la présence des ascocarpes de truffe de désert (*Tirmania nivea*)
(Photo prise par Boufeldja, à Chellala 02/2015)

En Algérie les Terfess s'associe à l'*Helianthemum*, comme l'*H. lippi*, *H. guttatum*, *H.aegyptiacum*, *H.salicifolium*, et *H.hirtum* (Fortas et Chevalier, 1992b ; Bradai, 2006 ; Aibeche, 2008 ; Bissati & Bradai, 2009 ; Zitouni 2010)

Ces champignons peuvent également s'associent à *H. apenninum*, à des cistes (*Cistus albidus*, *Cistus salviaefolius*, *Cistus monspeliensis*) à des fumana (*Furmana procumbens* et *Fumana hispidula*) (Sánchez-Gomez et al.,2011)

Par ailleurs, divers travaux ont montré que La présence des Terfèz a été aussi signalée au voisinage des céréales (orge, blé, maïs), des arbres comme le pin d'Alep, de différentes plantes hôtes tels *Plantago albicans* et *Artemisia herba alba* (Belkheir., 1991 ; Tadjia., 1996 ; Loumani., 1999 ; Fakiri et Seddiki., 2003).

Selon Díez et al., (2002), des échantillons de *Tirmania pinoyi* et de *Terfezia boudieri* d'Algérie forment des associations mycorhiziennes avec *Helianthemum guttatum* et *Helianthemum salicifolium*, respectivement (Figure 10).

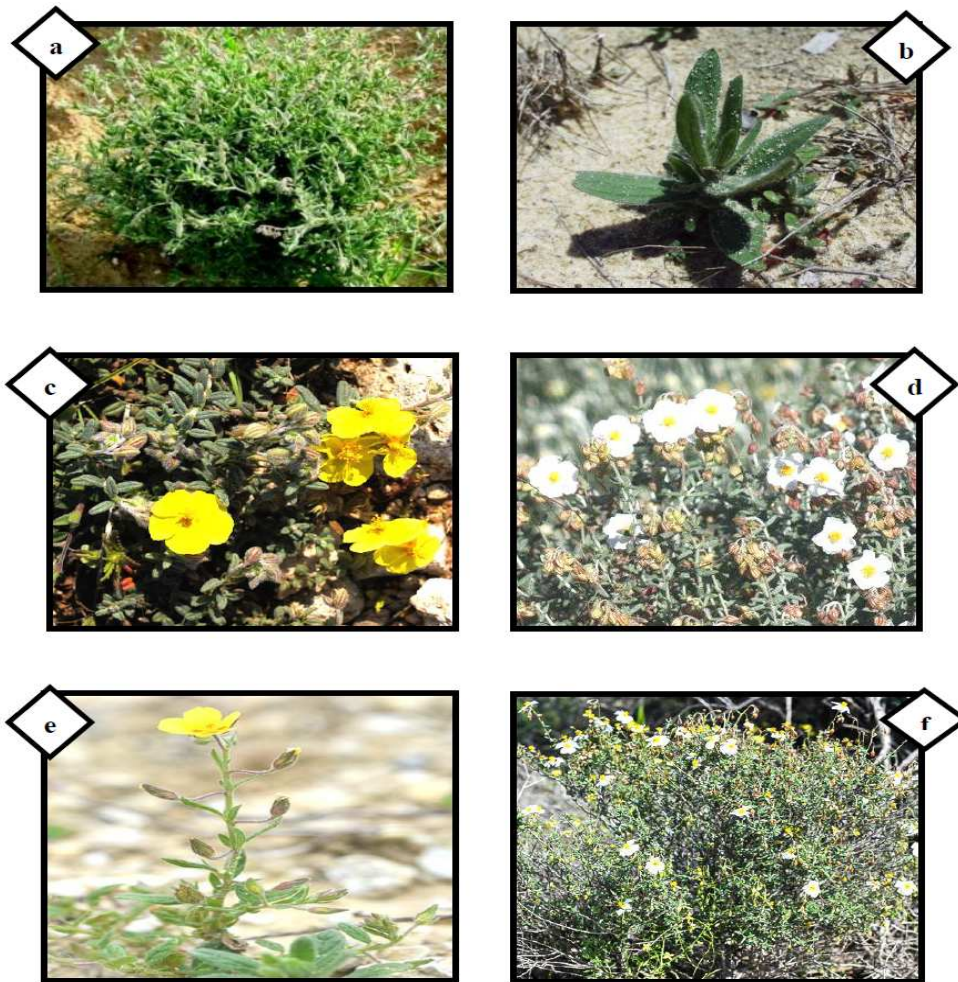


Figure 10 : Quelques espèces du genre *Helianthemum* :
 [a] *Helianthemum lipii* (Bradai., 2007) [b]*Helianthemum guttatum* ,[c] *Helianthemum hirtum*,[d] *Helianthemum violaceum* [e] *Helianthemum salicifolium* [f] *Helianthemum almeriense* (site 03)

I.3.3. Cycle de développement des truffes

Le cycle biologique des Terfess est particulier et assez complexe. Comme tout champignon, la truffe n'a pas de fonction chlorophyllienne ; elle est donc contrainte pour vivre de se rattacher à une autre vie, c'est la vie de son partenaire (Kagan-Zur *et al.*, 2008).

Le cycle de vie de la truffe a été un mystère depuis les civilisations antiques. Encore aujourd'hui, certains processus exacts comme la germination spontanée des spores de truffe restent inconnus, mais nous pouvons néanmoins affirmer que les cycles ou phases exactes de sa reproduction sont peu connus et restent hypothétiques. Il convient donc de les exposer ici :

- La truffe naît dans le sol en été, se développe en automne et murît au cours des premiers froids d'hiver pour être récoltée en printemps (**Figure11**)
- Le cycle commence par une disparition des ascospores vers d'autres sites, soit par des vents de sable, des pluies, ou par des insectes (Liodés adultes) et des animaux (chèvre, lièvres, chameaux..) qui sont attirés par l'odeur intense de ce champignon (Fortas.,1990 ; Kagan-Zur.,1998 ; Kovacs *et al.*,2007) (**Figure11**)
- La germination d'un certain nombre de spores, qui donnera naissance à des mycéliums homocaryotiques (reproduction végétative) qui s'étendant dans le sol et infectent les racelles en établissant des mycorhizes en induisant des changements morphologiques à la racine. pour qu'il y ait une reproduction sexuée, il faut qu'un mycélium primaire rencontre un autre mycélium primaire pour former un mycélium secondaire hétérocaryotique celui-ci entre en contact avec les racines de la plante hôte, en donnant naissance à de nouvelles mycorhizes. Les fortes chaleurs de juillet et l'orage d'Août et de Septembre (apport d'eau) ; stimulent le cycle biologique de ces truffes à condition que la quantité d'eau et de chaleur soient optimales (Bouchareb., 1994 ; Taylor *et al.*, 1995 ; Khabar *et al.*, 2001 ; Bradai.,2006) (**Figure11**)
- L'ensemble des hyphes mycéliens évoluent globalement vers l'édification d'un organisme à front de croissance circulaire, avec le temps débute la formation des primordiums (plotons)
- Au début de l'hiver, chaque peloton évoluera en Terfess et devient mature en printemps, s'il n'est pas récolté au bon moment, l'ascocarpe se décompose, et les asques libèrent les spores pour qu'ils recommencent le cycle à nouveau (Djedid., 2004 ; Bradai., 2006).

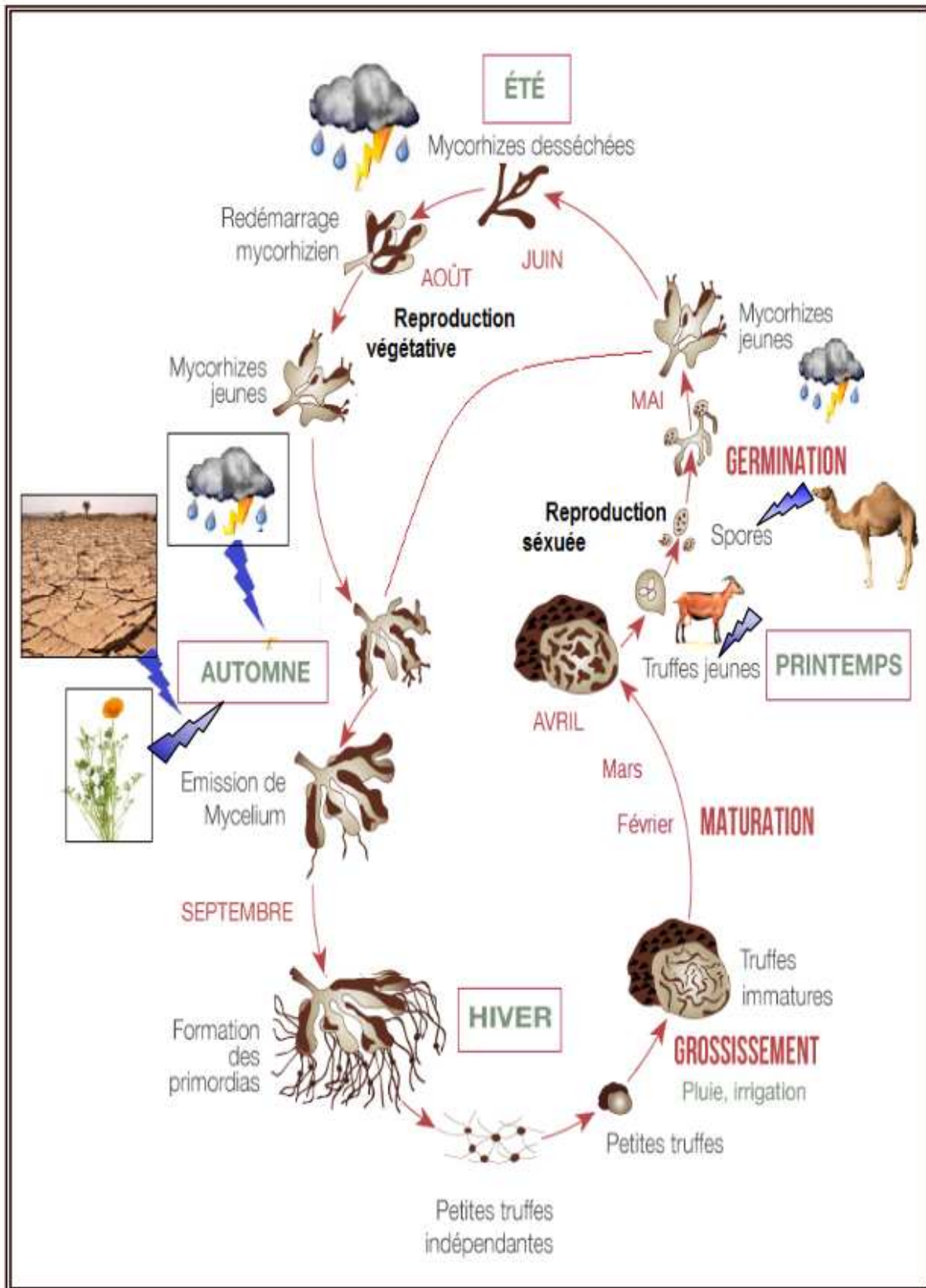


Figure 11 : cycle de vie de Truffe de désert (Figure originale de Giraud, 2010 ; modifiée par Boufeldja Wahiba , 2016)

I.3.3.1.L'effet des paramètres édaphiques et climatiques

Pour la naissance de ce champignon mystérieux, le cycle biologique exige l'interdépendance de trois éléments que sont : le sol, le climat et la plante hôte.

Le sol est un facteur édaphique capital, ses caractéristiques physicochimiques exercent une action prépondérante sur la croissance de ces truffes de désert. D'après les recherches de Fortas, 1990 ; Fortas et Chevalier, 1992b ; Bradai, 2006 ; Zitouni, 2007 et Aibeche, 2008 ; les truffes algériennes se développent dans des sols légèrement alcalins avec un pH qui varie entre 7,85 et 8,57 ; sablonneux calcaire, bien aérés et légers permettant une meilleure circulation des éléments minéraux, relativement pauvres en matière organique, riches en magnésium, bien pourvus en potassium et calcium, et pauvres en phosphore.

Au Kuwait, les Terfess affectionnent des sols soit gypseux, soit graveleux-gypseux salés (Halwagy et Halwagy, 1974a ; Halwagy et Halwagy, 1974b), d'autres espèces de truffes on été récoltées sur des sols acides en Sardaigne (Italie) (Moreno et al.,1986 ; Janex-Favre et al.,1988)

Sur le plan climatique, la production et l'abondance des corps fructifères sont fortement liées à l'intensité et à la distribution saisonnière des précipitations (Awameh et Alsheikh, 1979b ; Alsheikh et Trappe, 1983b ; Kagan-Zur, 1998 ; Fortas, 2004 ; Bradshaw, 2005).

Les Terfez algériennes se développent dans des zones arides, semi-arides et sahariennes, les pluies orageuses de fin d'été et début d'automne ; les pluies d'Octobre, Novembre ainsi que celles de Mars assurent une bonne production des Terfess, avec des précipitations de l'ordre de 40 à 60 mm durant le mois d'Octobre et Novembre , et de 5 à 15 mm au mois de Mars , suivie d'une période de sécheresse en Avril (Bouchareb., 1994 ; Tadjia., 1996 ;Fortas., 2004), les premières favorisent la germination des ascospores et le développement mycélien, celles du printemps assurent la formation et la maturation des ascocarpes (Feeny., 2004) , sans oublier la température qui joue un rôle important dans la production de ce champignon ,des températures de 24 à 30°C sont convenables (Bokhary., 1987 ; Hussain et Al-Ruquaie., 1999)

L'apparition des Terfess a été quelque peu retardée ces dernières années en Algérie, du fait des perturbations des conditions climatiques et pluviométriques qu'ont connues les régions des hauts plateaux et du Sud algérien, « *S'il pleut beaucoup entre juillet et novembre, alors il y aura beaucoup de truffes à ramasser au printemps. S'il pleut tard, disons à la fin de l'année, seulement, alors les quantités de Terfess seront petites avec un goût peu délicieux ! Tout dépend de la pluviométrie, La récolte de truffes a connu un pic sans précédent, durant la période des inondations qu'a connues Bechar, el Bayadh et Méchéria en 2008 et 2009, la production avait alors atteint le summum et le produit était cédé à 50 DA le kilogramme !!* » : Affirme Bekkar, 55 ans, ramasseur nomade de Terfess à Tababla–Béchar.

I.3.4.Habitas et répartitions géographiques des Terfess

I.3.4. 1. Répartition et diversité au niveau mondial

Les truffes de désert sont bien distribuées autour du globe. L'aire de prédilection de ces champignons se situe essentiellement sur le pourtour des zones arides, semi-arides et sahariennes du Bassin méditerranéen (Europe et Maghreb), et au Moyen-Orient : Iraq, le Koweït, le Sahara du Golf et l'Arabie Saoudite) (Chatin., 1892a; Awameh et Alsheikh.,1980; Alsheikh et Trappe, 1983b ; Trappe, 1990 ; Zhang, 1992 ; Bokhary et Parvez, 1995 ; Kagan-Zur.,1998 ; Khabar, 2002 ; Roth-Bejerano et al., 2004; Bouziani et al., 2006 ; Zaretsky et al., 2006 ; Laessoe et Hansen, 2007 ; Ammarellou et Saremi, 2008 ; Kagan-Zur et Roth-Bejerano, 2008 ; Morte et al., 2008 ; Ferdman et al., 2009) (**Figure 12 ; Figure 13**).

Elles se retrouvent aussi dans d'autres régions du monde comme : la Hongrie (Kiray et Bratsk., 1992), la Yougoslavie (Lawryniewicz et al., 1997), la Chine (Zhang., 1992), le Désert du Kalahari (Maman Rasas et Trappe., 1973; Trappe, 1990; Feldman et al., 2005), l'Australie (Francis et Bouger., 2002; Lebel et Castellano.,1999 ; Claridge et al.,2014),et en l'Amérique du Nord, Asie, et la Nouvelle-Zélande (Trappe et Castellano., 1991; Izzo et al., 2005; Laessøe et Hansen., 2007; Spivallo.,2007 ; Innocenti et al.,2008)

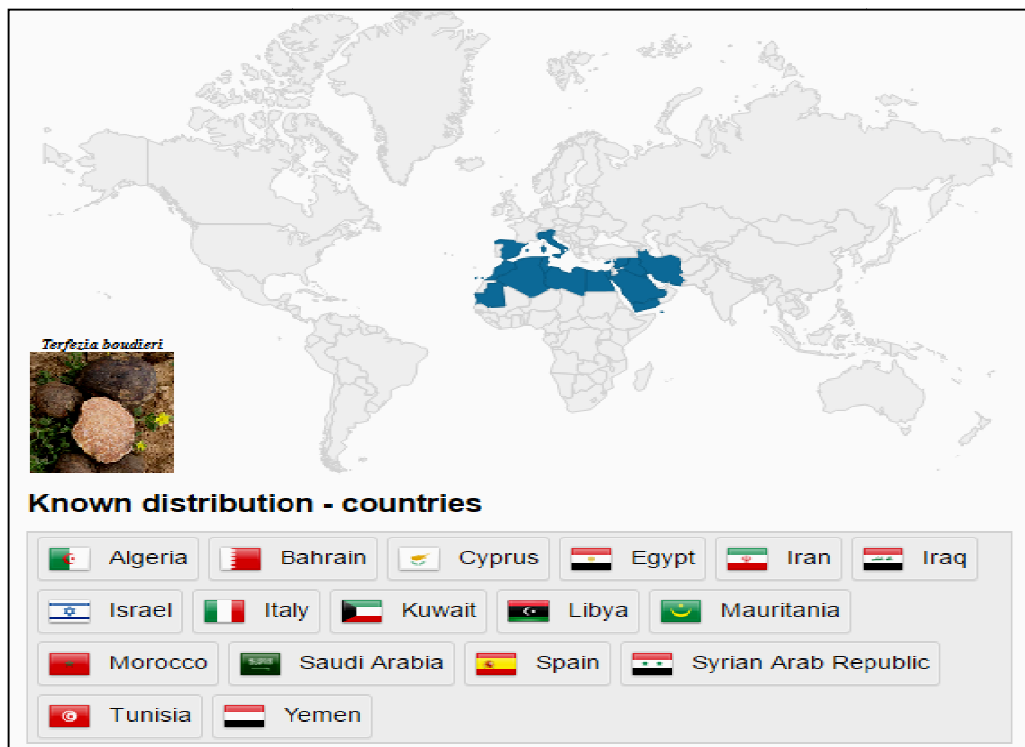


Figure 12: Répartition géographique de l'espèce *T.boudieri* au niveau mondiale (Site 2)

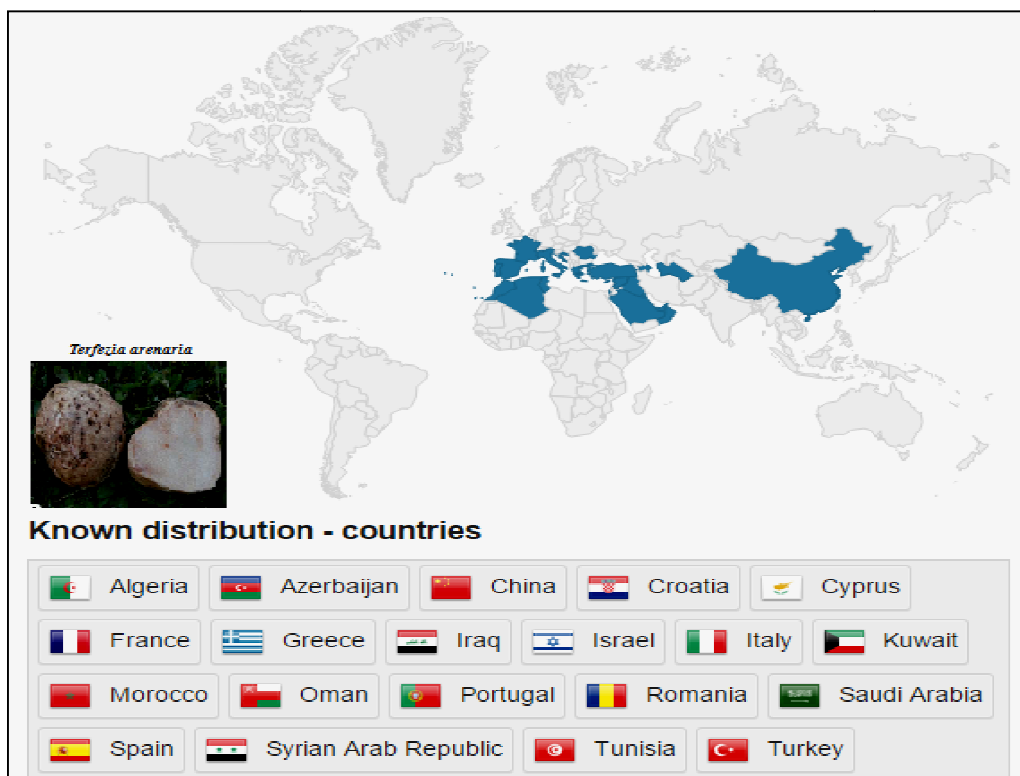


Figure 13 : Répartition géographique de l'espèce *T.arenaria* au niveau mondiale (Site 2)

I.3.4.2. Répartition et diversité en Algérie

En Algérie, ces Terfess se développent dans :

- **Les régions arides et sahariennes:** Béchar (Knadssa, Taghit, Tebelbala, Abadla, Beni Abbes) Tindouf, Biskra, Boussaada, Ghardaia, Laghouat, Timimoun, Ouargla, Touggourt, Tamanrasset (Sadat, 1994 ; Bradai, 2006) (**Figure 14 a, b, c**).
- **Les régions semi-arides :** Naàma, Mécheria, Biyouadh, Elkesdir, Ain benkhilil, Assla, Tiaret, Saida, Djelfa, EL-Bayadh, El-Kheiter, Tlemcen, Sidi Bel Abbes, Telagh, Batna (Fortas, 1990 ; Aibéche, 2008 ; Zitouni, 2010 ; Anonymes 6) (**Figure 14 b**).

I.4. Composition chimique et valeur nutritionnelle des truffes

Il ya que peu des études exhaustives de la composition et de la valeur nutritionnelle de truffes de désert ont été effectué dans les pays où elles sont consommées et appréciées. Ce champignon présente une proportion moyenne de partie comestible de 76% à celui des légumes, ce taux, sensiblement égal à celui de la pomme de terre (Chellal., 1995). Il apparaît aussi que la matière sèche représente environ 20 % du poids .Dont elle est composée de 20-27 % de protéines (Kagan-Zur et Roth Bejerano.,2008) et contient des acides aminés indispensables à l'homme (lysine, thréonine, leucine, phénylalanine, tryptophane, isoleucine, méthionine et valine) (Hussein et Al-Ruqaie.,1999; Wang et Marcone.,2011; Patel., 2012)

Morte et al., 2008 indiquent que 250g de Terfez représenteraient 23 à 27% de la consommation journalière recommandée en protéines. Certains auteurs rapportent que leur teneur en protéines et en acide aminées serait comparable à celle des protéines animales ce qui expliquerait leur consommation par les bédouins comme substituant de la viande (Alrawi et Aldin., 1979 ; Janakat et Nassar., 2010 ;Akyuz et al.,2012)

En plus ces truffes contiennent de 3 à 7,5% de composés lipidiques y compris les acides gras non saturés aussi bien que saturés; et de 60% d'hydrate de carbone, et 7,13% de fibres brutes, en plus elles renferment des quantités élevés en acide ascorbique (2-5%) (Bokhary et al., 1989 ; Bokhary et Parvez., 1993 ; Murcia et al., 2003)

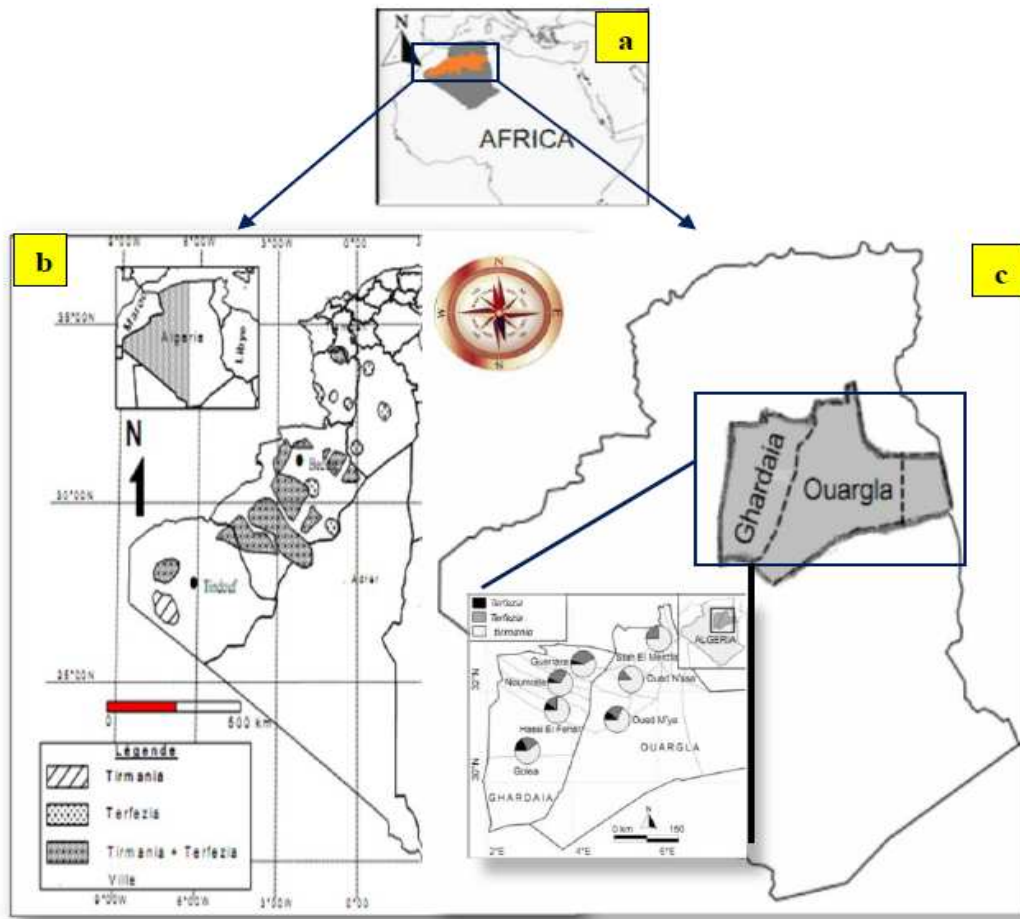


Figure 14: -a) vue générale de la répartition des truffes en Algérie, b) Répartition du Terfez dans l'Ouest algérien (Fortas., 2004), c) Répartition et la densité des Terfez dans le Sahara du Nord-est algérien (Bradai et al., 2013)[Redessiné par Boufeldja Wahiba., 2014]

Wang et Marcone., 2011 montrent que les ascocarpes frais de ces truffes contiennent 78 à 81% d'eau. Par ailleurs, les Terfess contiennent des quantités considérables en sels minéraux tels que le phosphore, le potassium, le sodium, le calcium et le fer. et aussi en vitamines. Cependant, cette valeur nutritive varie selon l'espèce, l'âge, la région, le type de sol et les facteurs climatiques (Ahmed-Ashour et al., 1981 ; Saqri., 1989 ; Bokhary et al., 1989 ; Bokhary et Perfez., 1993; Dabbour et Takturi., 2002; Murcia et al., 2003).

Les travaux de Shavit et Shavit, 2014 ; assurent que les truffes du désert ne contiennent aucun composé toxique. De nombreux composés volatiles sont présents dans les truffes et sont responsables d'odeurs particulières émises par ces dernières, comme la truffe blanche *Tirmania* qui possède des aromes fortement alliés (Callot et al., 1999) dus à des caryophyllènes, des aldéhydes, cétones, esters, alcanes, éthers... (Omer et al., 1994 ; Chellal, 1995 ; Chellal et Lukasova, 1995 ; Neggaz, 2010 ; Dib-Bellahouel et Fortas, 2011) (Tableau 03)

Tableau 03: Identification des composés volatils majeurs des ascocarpes de *Tirmania nivea* (Omer et al.,1994), de *Tirmania pinoyi*, et de *Terfezia boudieri* (Chellal,1995), analyses par CGMS et exprimés en pourcentage par rapport à l'extrait volatil total (Dib., 2012)

Genre et espèce de terfesz	Composés volatils	Pourcentage (%)
<i>Tirmania nivea</i> (Egypte)	7-octan 4-ol	5.22
	Benzoacétonitrile	1.41
	Acide tetradécanoïque	0.67
	Acide pentadécanoïque	0.27
	Acide hexadécanoïque	49.11
	Acide 11,14-eicosadiénoïque	18.8
	Acide octadécanoïque	18.8
	Eicosane	0.87
	Heneicosane	0.55
	Pentacosane	0.51
<i>Tirmania pinoyi</i> (Algérie)	Acide butyrique	11.0
	Isovaléraldéhyde	0.7
	4-hydroxy, 4-méthyl-2-pentanone	4.0
	Acide valérique	11.0
	Hexanoate de méthyle	10.0
	2,5-diméthyl pyrazine	0.5
	Triméthyl pyrazine	0.9
	Phényléthanal	0.3
	4,7-diméthyl octa1-6, diène-4ol	0.5
	3-éthyl-2,5-diméthyl pyrazine	2.5
	Phényléthanol	38.0
	Acétate de phénéthyle	1.0
	2-éthyl3,5,6triméthylpyrazine	0.9
	Acide phénylacétique	1.0
	Acide octanoïque	0.8
	N-2-phényl éthyl acétamide	1.3
	4-nonyl phénol	1.2
	Acide décanoïque	0.8
	Acide laurique	5.0
	Acide myristique	3.0
<i>Terfezia boudieri</i> (Algérie)	Isovaléraldéhyde	2.4
	Valéraldéhyde	4.8
	4-hydroxy, 4-méthyl-2-pentanone	7.0
	Acide valérique	6.2
	Hexanoate de méthyle	4.8
	Nonane	1.8
	Acide hexanoïque	3.8
	Décane	2.4
1,8 cinéole	4.2	

I.4.1. Modes de cuisson des truffes

Réputées pour sa saveur inégalable dans l'art culinaire au Sud de l'Algérie, les truffes peuvent être consommées de différents manières, crues ou cuites, assaisonnées ou non, seules ou mélangées à d'autres aliments. Les populations de M'sila et de Ghardaïa préparent les Terfess en sauce blanche ou en sauce rouge en y incorporant parfois des morceaux de viande. Elles les consomment surtout épluchés, cuits au four et assaisonnés de sel ou bouillis à l'eau en présence de sel ([Horizons., 2014](#))

Les gens de Naàma, Mécheria, Ain-Sefra, Al-Bayadh et Béchar; ils les consomment sous forme de Reffssa à Dhan « sauté de champignons au beurre », ou ils les utilisent pour garnir des couscous, des Tadjines ou des pizzas, et même ce champignon est également utilisée comme condiment traditionnel, après avoir été découpée en rondelles salées et séchées au soleil. Ce condiment se conserverait ainsi, plusieurs années, pour les plats locaux à base de pâtes, notamment pendant le mois de Ramadhan (**Figure 15**) Selon [Loumani, 1999](#) le mode de cuisson adopté est celui au four et l'eau en présence de sel de table.



Figure 15 : l'art culinaire des Terfess

a) et b) : Tadjines de Terfess ([anonyme 3](#)), **c)** Refssa de Terfess ([cliché Boufeldja](#)), **d)** salade chaude de Terfess ([anonyme 4](#)), **e)** mode de cuisson des truffes chez les saoudiens ([anonyme 5](#)).

I.5. Production, récolte et commercialisation des truffes de désert

Les populations des wilayas des hauts plateaux algériennes, au cours de la période de printemps profitent de la douceur printanière pour ramasser cette truffe au parfum enchanteur, c'est comme un rituel précieux pour eux et ils attendent impatiemment chaque année cette période pour faire sa cueillette. En outre, même pour le Sahara occidental la recherche de truffe représente une tradition annuelle qui est transmise d'une génération à une autre. «*Avoir une truffe entre les mains c'est comme si on possédait un joyau rare que l'on conserve jalousement et que l'on est fier d'exhiber*», disent en chœur de jeunes gens rencontrés sur un terrain de récolte à Naàma. Ces ramasseurs parcourent des centaines de kilomètres à sa recherche. Une fois les truffes repérées, ils utilisent la méthode dite "à la marque", le sol est souvent gonflé et fendillé en surface au pied de la plante hôte. Certains ramasseurs utilisent de simples outils comme des couteaux et des bâtons pour la déterrer (Awameh et Alsheikh, 1979a; Janex-Favre et al., 1988 ; Ewaze et Al-Naama, 1989 ; Mandeel et Al-Laith, 2007).

Divers essais ont été entrepris avec succès par les espagnols, les tunisiens, et les saoudiens pour la création des Terfezicultures (Khanaqa.,2006 ; Morte et al., 2008 ; Morte et al., 2009 ; Slama et al.,2010)

Morte et al., 2008 ont obtenu des corps fructifères de *Terfezia claveryi* 23 mois après la plantation .Cette période a été réduite à 12 mois après une gestion agricole adéquate (Morte et al., 2009). La recherche de nouvelles techniques de gestion des terres pourraient probablement améliorer la production de ces champignon (Diouf et al.,2011)

Le Terfess faisait l'objet d'un important commerce même à l'antiquité, les Grecs et les Romains l'importaient d'Afrique et le faisaient venir dans des jarres serties remplies de sable (Feeny, 2002). Les marchés de fruits et légumes des villes de hauts plateaux algériennes, connaissent à la période du printemps une ambiance particulière avec l'apparition des Terfess. Ces champignons hypogés sont vendus à des prix peu abordables. Ou même parfois des prix intouchables affichés varient de 3000 jusqu'à 20 000 DA le kilogramme, selon l'espèce (blanche ou noire), le calibre et la région de cueillette (Figure 16).

Malheureusement la commercialisation des truffes n'a aucune réglementation, elle a toujours fait l'objet de fraude. Les truffes sont souvent transportées par milliers de tonnes et

exportées illégalement vers les pays du Moyen-Orient ou vers l'Europe. Du coup, tout le monde court derrière la truffe algérienne, très estimée en raison de sa très bonne qualité. Au premier jour de la cueillette, leur prix a dépassé les 4 000 DA/kg. La truffe algérienne fait le bonheur des grands restaurants français et des pays du Golfe (Sofiane Abi, 2012).



Figure 16 : Marché algérien des Terfess ; **a)** Marché de Elkheiter-Saida-, **b)** Marché de Naàma (Prise de vue personnelle, Boufeldja.W, 2014).



II.1. Activité antioxydante

Ces dernières années, l'intérêt porté aux antioxydants naturels, en relation avec leurs propriétés thérapeutiques, a augmenté considérablement. Des recherches scientifiques dans diverses spécialités ont été développées pour l'extraction, l'identification et la quantification de ces composés à partir de plusieurs substances naturelles à savoir, les plantes médicinales et les produits agroalimentaires et même des champignons (Moreno S, 2002 ; Marc et al., 2004 ; Huang et al., 2005 ; Popovici et al., 2009).

Les Terfess possèdent une activité antioxydante non négligeable et primordiale pour la conservation des aliments puisqu'elle inhibe l'oxydation des lipides qui peuvent modifier les qualités organoleptiques de ce champignon (**Tableau 04**). Selon les travaux de Murcia et al., (2002) , les meilleurs inhibiteurs de l'oxydation lipidique des aliments sont les extraits des truffes ; *Terfezia claveryi* et *Picoa juniperi* qui sont de très bons conservateurs et des antioxydants alimentaires dont l'efficacité est comparable à celles de produits couramment utilisés en industrie alimentaire comme le tocophérol (E 307), le BHA (E-320), et le Galatte de propyle (E-310). Même après des traitements industriels des truffes (traitements thermiques, refroidissement et mise en boites de conserve) leur activité ne change pas.

II.1.1. Le stress oxydatif

Le stress oxydatif est défini comme étant le déséquilibre entre la génération des espèces réactives de l'oxygène et la capacité du corps à neutraliser et à réparer les dommages oxydatifs (Boyd et al., 2003).

L'oxygène est indispensable aux processus vitaux et notamment à la respiration cellulaire. Toutefois, le métabolisme de l'oxygène peut générer des éléments réactifs appelés radicaux libres, notamment l'ion superoxyde ($O_2^{\cdot-}$) et l'ion hydroxyle (OH^{\cdot}) (Koechlin-Ramonatxo., 2006). Ces espèces réactives de l'oxygène sont produites physiologiquement, certaines contribuant d'ailleurs à la régulation de fonctions biologiques, et participent à la réponse au stress, notamment d'origine infectieuse (Hennebelle et al., 2004), mais leur production excessive entraîne des dommages sur l'ADN, les protéines cellulaires essentielles et les lipides membranaires (peroxydation lipidique), pouvant aller jusqu'à la mort cellulaire (Koechlin-Ramonatxo., 2006).

Le stress oxydatif est impliqué dans de très nombreuses pathologies (**Figure 17**) comme facteur déclenchant ou associé à des complications (Favier., 2003). Il peut être



associer à l'athérosclérose, l'asthme, l'arthrite, la cataractogénèse, l'hyperoxie, l'hépatite, l'attaque cardiaque, les vasospasmes, les traumatismes, les accidents vasculaires cérébraux, les pigments d'âge, les dermatites, les dommages de la rétine, les parodontites et les cancers (Cohen *et al.*, 2000; Packer et Weber., 2001).

Dans les conditions dites « physiologiques », il y a un équilibre entre la production de radicaux libres et les mécanismes endogènes de défenses antioxydantes. Ces mécanismes impliquent principalement des enzymes spécifiques (superoxyde dismutase, catalase, glutathion peroxydase), ainsi que des molécules antiradicalaires « scavengers » : (β-carotène et vitamines antioxydantes A, C, E) qui piègent les radicaux libres (Afonso *et al.*, 2007).

Cependant, certaines conditions s'accompagnent d'une production accrue de dérivés instables d'oxygène : métabolisme des sucres au cours de l'effort physique, métabolisme graisses, réponse immunitaire notamment vis-à-vis des infections microbiennes, exposition à des rayonnements, pollution, tabagisme... Par ailleurs, des études épidémiologiques indiquent que les niveaux de défenses antioxydantes diminuent avec l'âge (Koechlin-Ramonatxo., 2006).

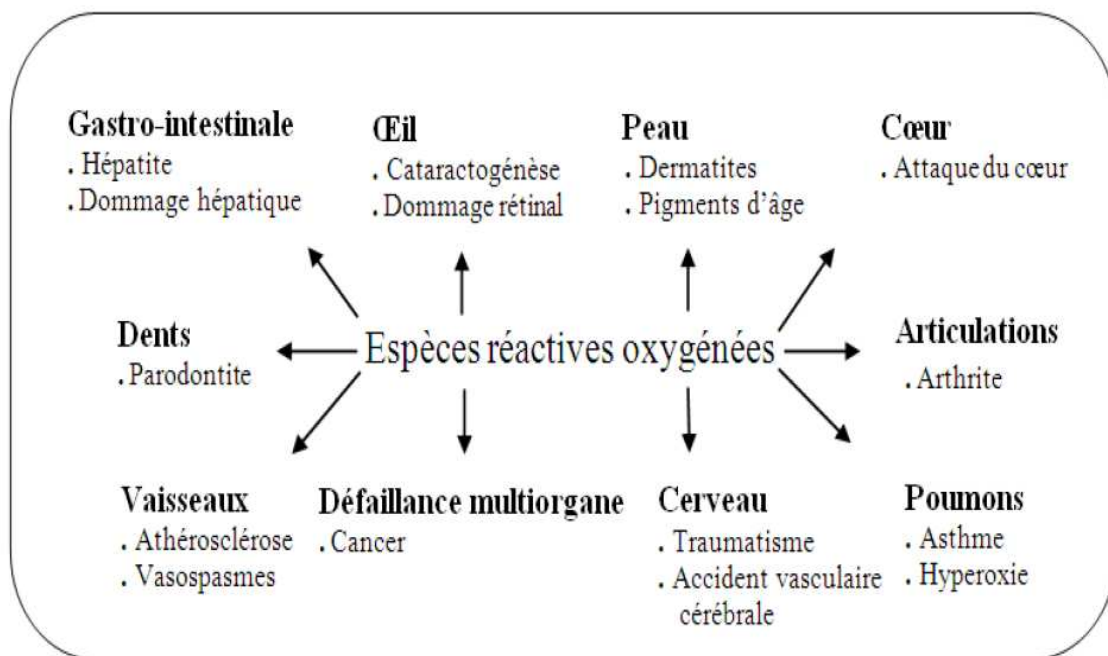


Figure 17 : Les pathologies associées aux espèces réactives oxygénées (Lee *et al.*, 2004).



II.1.2. Les radicaux libres

Un radical libre est définies comme toute molécule possédant un ou plusieurs électrons non appariés (Jacques et André., 2004), cette molécule est très instable et réagit rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir la stabilité, une réaction en chaîne débute lorsqu'un radical libre attaque la molécule stable la plus proche en lui arrachant son électron, et la molécule attaquée devient elle-même un radical libre (Martinez-Cayuela., 1995).

Parmi les espèces radicalaires les plus intéressantes se trouvent les espèces réactives de l'oxygène (ERO) qui sont des radicaux libres qui dérivent de la molécule d'oxygène, par addition d'un électron. Les principales espèces réactives de l'oxygène incluant le radical hydroxyl (OH^\bullet), le radical superoxyde (O_2^\bullet) et sa forme protonnée (HO_2^\bullet), le radical peroxy (ROO^\bullet) le monoxyde d'azote (NO^\bullet), et les espèces non radicalaires dont la toxicité est importante tels que le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), le peroxydinitrite (ONOO^-) et l'oxygène singulier (1O_2) (Gutteridge, 1993 ; Jacques et André, 2004 ; Chu *et al.*, 2010).

II.1.3. Les antioxydants des truffes

Un antioxydant est défini comme toute substance ayant la capacité de retarder, prévenir ou réparer un dommage oxydatif d'une molécule cible (Boyd *et al.*, 2003 ; Halliwell et Gutteridge., 2007 ; Tang et Halliwell., 2010). Les antioxydants qui sont présents dans les truffes du désert sont non seulement utiles pour l'industrie alimentaire, mais également pour la santé humaine (Tableau 04). Ils seraient donc d'un grand intérêt pharmacologique et thérapeutique pour la protection contre les dommages oxydatifs causés par les radicaux libres (Al-Laith., 2010).

II.1.3.1. Les polyphénols

Les polyphénols, des produits du métabolisme secondaire des végétaux regroupent un vaste ensemble de plus de 8000 molécules, divisées en une dizaine de classes chimiques, qui présentent toutes un point commun: la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonctions hydroxyles (Tapiero *et al.*, 2002).

Les composés phénoliques (acides phénoliques, tannins et flavonoïdes) forment le groupe le plus important (Beta *et al.*, 2005). Les acides phénoliques (acide chlorogénique, caféique, protocatéchique, vanillique, férulique, sinapique et gallique) contenus dans un certain nombre de



plantes médicinales (Hale., 2003; Psotová *et al.*, 2003) sont considérés aussi comme des antioxydants (Figure 18). Ils agissent de différentes façons soit par effet scavenger directe, soit par chélation de métaux de transition, soit par inhibition de l'activité de certaines enzymes responsables de la production de ROS comme la xanthine oxydase (Halliwell., 1994 ; Bossokpi., 2003 ; Macheix *et al.*, 2005).

II.1.3.2. Les flavonoïdes

Le nom flavonoïde proviendrait du terme *flavedo*, désignant la couche externe des écorces d'orange, cependant d'autres auteurs supposaient que le terme flavonoïde a été plutôt prêté du flavus ; (flavus = jaune). Les flavonoïdes ont été désignés sous le nom de vitamine P, en raison de leur efficacité à normaliser la perméabilité des vaisseaux sanguins, cette dénomination fut abandonnée lorsqu'on se rendit compte que ces substances ne correspondaient pas à la définition officielle des vitamines, il devient clair que ces substances appartiennent aux flavonoïdes (Nijveldt *et al.*, 2001 ; De Rijke *et al.*, 2006) (Figure 18)

II.1.3.3. Les tannins

Les tanins sont un groupe des polyphénols à haut poids moléculaire (Figure 18) . Les tanins sont des molécules fortement hydroxylées et peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments (Scalbert, 1991 ; Alkurd *et al.*, 2008). Ils peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (Hagerman et Butler, 1981 ; Cowan, 1999) et on distingue les tanins hydrolysables et condensés (Seigler, 1998 ; Bruneton, 1999).

II.1.3.4. Les anthocyanes

Les anthocyanes (du grec *anthos*, fleur et *Kuanos*, bleu violet) sont des molécules faisant partie de la famille des flavonoïdes et capables d'absorber la lumière visible. Ce sont des pigments qui colorent les plantes en bleu, rouge, mauve, rose ou orange (Ribéreau-Gayon, 1968; Brouillard, 1986 ; Guignard, 1996). Leur présence dans les plantes est donc détectable à l'œil nu. A l'origine de la couleur des fleurs, des fruits et des baies rouges ou bleues, elles sont généralement localisées dans les vacuoles des cellules épidermiques, qui sont de véritables poches remplies d'eau (Harbone *et al.*, 1993) (Figure 18)

II.1.3.5. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes tels que le β -carotène constituent une vaste famille de composés qui sont généralement des bons capteurs de radicaux hydroxyles et peroxydes ce qui les rend susceptibles d'inhiber les chaînes de peroxydation lipidique. En outre, les caroténoïdes ont un



rôle spécifique de capter l'oxygène singulet $1O_2$, ce qui leur permet d'exercer une protection vis-à-vis des dommages induits par les rayons ultraviolets de la lumière solaire. L'ensemble de ces propriétés antioxydantes permet d'expliquer, en partie, les bénéfices apportés par les régimes alimentaires basés sur une consommation de fruits, de légumes, de thé et d'autres produits végétaux (Gardès-Albert *et al.*, 2003).

Elmastas *et al.*, (2007) a rapporté que le contenu moyen de b-carotène de plusieurs champignons sauvages comestibles s'est étendu de 700 à 3600 mg/100 g, tandis que Barros *et al.*, (2007) a repéré une gamme de 188 à 297 mg/100 g de champignon.

II.1.3.6. Les vitamines

Les champignons sont ainsi une source intéressante de vitamines, en particulier de vitamine B nécessaire au fonctionnement neuro-musculaire et au bon état de la peau. Ils font également partie des rares aliments qui sont une source importante de vitamine D (Jean-Claude Secondé & Jacques Mandorla, 2014).

La vitamine E est le principal antioxydant dans les membranes des cellules, en particulier celles des mitochondries (Traber et Atkinson, 2007). Elle agit directement sur une grande variété de ROS pour former un radical peu réactif (Margaritis *et al.*, 2003 ; Lyn Patrick, 2006).

La vitamine A (rétinoïdes) est présente dans les aliments d'origine animale (lait, foie, jaune d'œuf), alors que les provitamines A (béta-carotène, lutéines, lycopènes,...) se rencontrent dans de nombreux fruits et légumes. Le béta-carotène est le principal précurseur de la vitamine A (Clarkson et Thompson, 2000 ; Fisher-Wellman et Bloomer, 2009). En excès, la vitamine A pourrait agir comme pro-oxydants, et favoriser l'oxydation de l'ADN (Van Helden *et al.*, 2009).

La vitamine C joue un rôle de prévention de l'oxydation dans le plasma et les fluides extracellulaires, dont elle est considérée comme le plus important antioxydant (Koolman *et al.*, 1999 ; Blokhina *et al.*, 2003). Elle agit directement sur les ROS et indirectement par son action de régénération de la vitamine E et du GSH (Gardès-Albert *et al.*, 2003 ; Sayre *et al.*, 2005).



Tableau 04 : Composés antioxydants de quelques variétés de truffes de désert

Espèce de Terfess	Teneurs en substances de métabolisme secondaire, vitamines	Références
<i>Tirmania nivea</i> d'Arabie saoudite	5,1mg/100g MS de vitamine C	<i>Sawaya et al,2005</i>
<i>Terfezia claveryi</i> d'Arabie Saoudite	1,8mg/100g MS de vitamine C	<i>Hashem & Al-Obaid 1996</i> <i>Sawaya et al,2006</i>
<i>Terfezia boudieri</i> de Tunisie	108.35 mg/g polyphénols, 95.12mg/g flavonoïdes 18.79mg/g tannins (extrait éther de pétrole) 105mg/g .polyphenols 70.2mg/g 6flavonoides 17.81mg/g tannins (extrait acétate éthyle) 159.67mg/g polyphénols, 96.18mg/g flavonoïdes 11.01mg/g tannins (extrait méthanolique) 12,20mg/100g MS acide ascorbique Caroténoïdes 1,43 mg/100gMS Anthocyanes 35,4mg/100gMS	<i>Hamza et al.,2013</i>
<i>Tirmania nivea</i> de :		
Arabie Saoudite	2206 mg/100g polyphénols, 306 mg/100g flavonoïdes 405g/100g caroténoïdes, 10,3mg/100g vitamine C, 23,6mg/100g anthocyanes	
Maroc	1445mg/100g polyphénols, 257mg/100g flavonoïdes, 675g/100g caroténoïdes, 5,9mg/100g vitamine C, 15,1mg/100g anthocyanes	<i>AL-Laith.,2010</i>
Iran	1600mg/100g polyphénols, 326 mg/100g flavonoïdes 1051g/100g caroténoïdes, 10,9mg/100g vitamine C, 4,5mg/100g anthocyanes	
Bahreïn	2206mg/100g polyphénols, 290 mg/100g flavonoïdes ,594 g/100g caroténoïdes,11,4mg/100g vitamine C, 4,7mg/1000g anthocyanes	



II.2. Autres activités biologiques des truffes

Les Terfess sont utilisées en médecine traditionnelle, depuis plus de 2000 ans, en plus les Grecs et les Romains et les anciens Arabes ; prêtaient à la truffe des vertus thérapeutiques et aphrodisiaques ; traitement de la faiblesse, des vomissements, de la goutte et pour aider à la cicatrisation des plaies et des blessures, même le grand médecin arabe Avicenne la recommandaient aux malades sans qu'il y ait des effets néfastes pour les consommateurs (Al-Rahmah., 2001 ; Hall *et al.*, 2008, Shavit., 2008).

Les extraits aqueux des Terfess étaient utilisés au Moyen-Orient (Iraq, Arabie Saoudite et l'Est de Jordanie) pour traiter des infections oculaires et des infections cutanées dû à des bactéries (Abu-Rabia, 1983 ; Chellal, 1995 ; Chellal *et* Lukasova, 1995 ; Dennouni, 1996 ; Mohamed-Benkada, 1999 ; Janakat *et al.*, 2004, Janakat *et al.*, 2005 ; Fortas., 2004 ; Mandeel *et* Al-Laith, 2007 ; Neggaz, 2010 ; Mandaville, 2011), les rhumes, les affections respiratoires, l'arthrite ou même le rhumatisme (Volpato *et al.*, 2013).

Les Terfess sont caractérisées aussi par de nombreux enzymes qui ont été isolés, purifiés et caractérisés comme l'estérase, la lipoxygénase, la phosphatase alcaline et la Tyrosinase. Ces enzymes jouent différents rôles tels que le développement de l'autonomie de nutrition de l'ascocarpe indépendamment de sa plante hôte, la catalyse, l'oxydation des phénols, la synthèse de mélanine de l'ascocarpe, la protection des parois des spores et la défense contre les pathogènes (Pérez *et al.*, 2001 ; 2004 ; 2005a ; 2005b ; Navarro *et al.*, 2009) , en plus ces champignons constituent d'autres classes des composés phytochimiques qui ont le grand rôle dans la prévention et le traitement de plusieurs maladies comme le cancer, le vieillissement et l'inflammation (Saddiq *et* Danial, 2012 ; Janakat *et* Nassar, 2010 ; Krvrak, 2014 ; Mekawey, 2014a ; Mekawey, 2015 ; Dahman *et al.*, 2016).

Actuellement une société italienne, *Dafla Skincare Institute*, située près de Gênes, vient d'annoncer lors d'un salon londonien, la mise sur le marché de nouveaux soins du visage visant à ralentir le vieillissement cutané grâce aux propriétés anti-rides fabriqués à base de truffe noire et de truffe blanche (anonyme 7).

I.1 .Prospection et récolte des Truffes

Des tournées de prospections ont été effectuées au niveau des sites à Terfess situés dans les zones arides et semi-arides d’Algérie. La récolte est effectuée de Janvier à Avril 2015 sur trois régions différentes ; Tabelbala (1), Chellala (2), et Mécheria (3) ; localisées respectivement dans les wilayas de Béchar, El Bayadh et Naàma (Figure 19).

Nous avons à cet effet suivi les orientations et les conseils des nomades de chaque région en plus des observations des surfaces du sol qui sont souvent gonflées et fendillées. Aussi la forte dominance du genre *Helianthemum* localement appelé ‘Regig ou El Gassiss est un bon indicateur de la présence de ces champignons (Taylor et al., 1995 ; Bradai et al., 2013, Bradai et al., 2014). Les étapes de la récolte manuelles sont résumées dans la Figure 20.

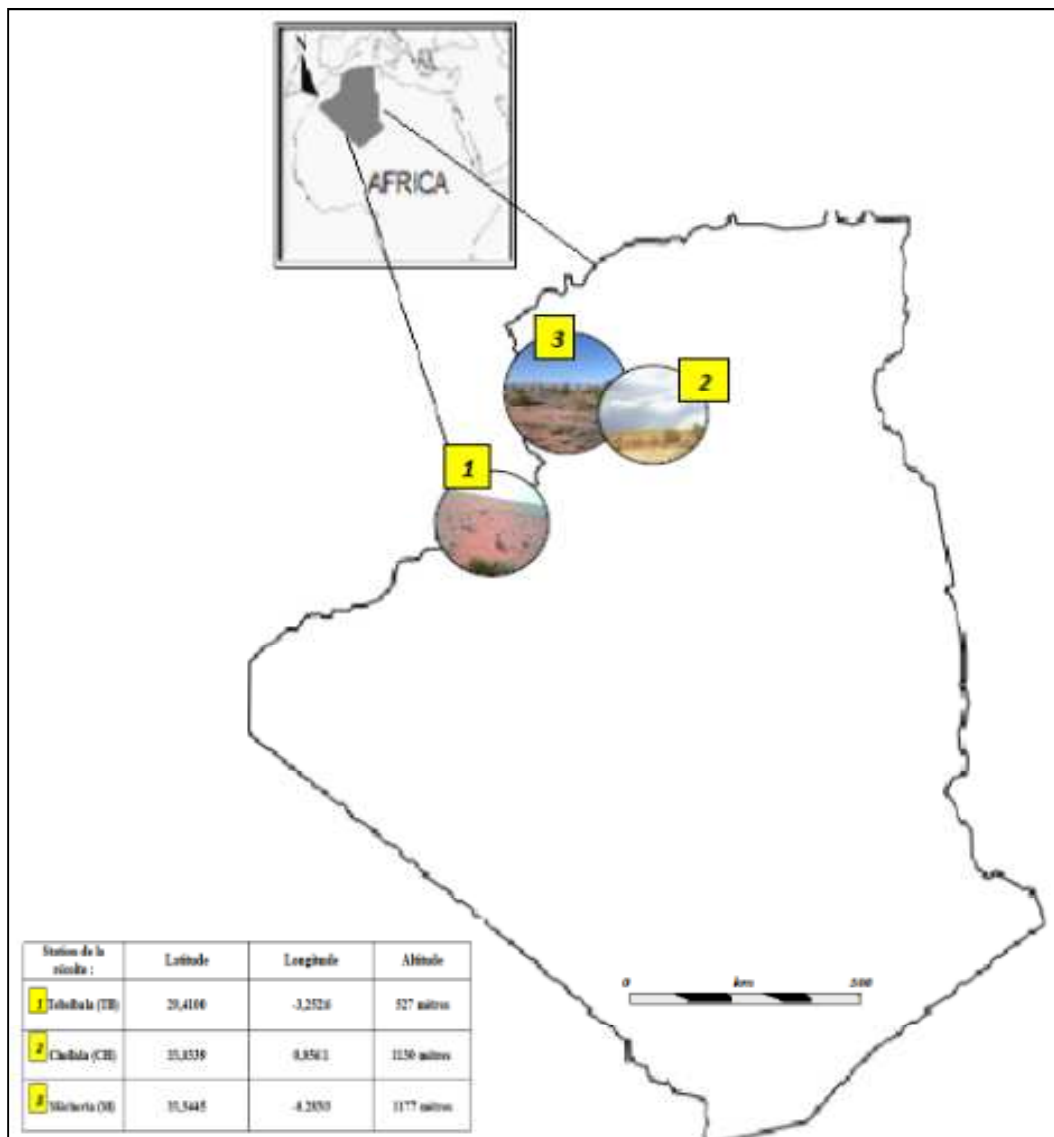


Figure 19 : Présentation et coordonnées géographiques des régions à Terfess prospectées



Figure 20 : les étapes de la cueillette des Terfess (Mécheria., 2015)

1. l'observation des surfaces du sol, qui sont gonflées et craquelées et qui sont associées avec les plantes hélianthèmes
2. creuser le sol pour apercevoir la truffe - 3- 4. Épargner les couches de sol bien comme il faut pour que le mycélium reconstitue d'autres truffes les années suivantes, sans altérer la truffe elle-même - 5. La truffe est extraite du sol à l'aide d'un piolet métallique - 6. 7. Les truffes marron foncée récoltées à la région de Mécheria en Janvier 2015.

I.2 .Localisation et caractéristiques des régions à Terfess prospectées

❖ Région 01 : Tabelbala

La région est située dans la wilaya de Béchar, située à environ 145 km au sud-ouest de Béni-Abbés et à 400 km au sud de Béchar. De fait, la commune de Tabelbala est complètement enclavée et se trouve enfermée entre deux grandes étendues sableuses que sont les Ergs Erraoui et El Atchane. Elle est caractérisée par un climat hyperaride de type BWh selon la classification climatique de Köppen et Geiger avec une pluviométrie assez faible estimée à 22 mm/an et température moyenne annuelle est de 24.0 °C (**Figure 21**). La région appartient au domaine saharien à terrasses sablo-limoneuses avec des sols minéraux brut xérique, des sols minéraux brut organisés d'apports ou des sols calcimagnésiques à croute calcaire (Djebaili, 1978 ; Climate-Data.org, 2016)

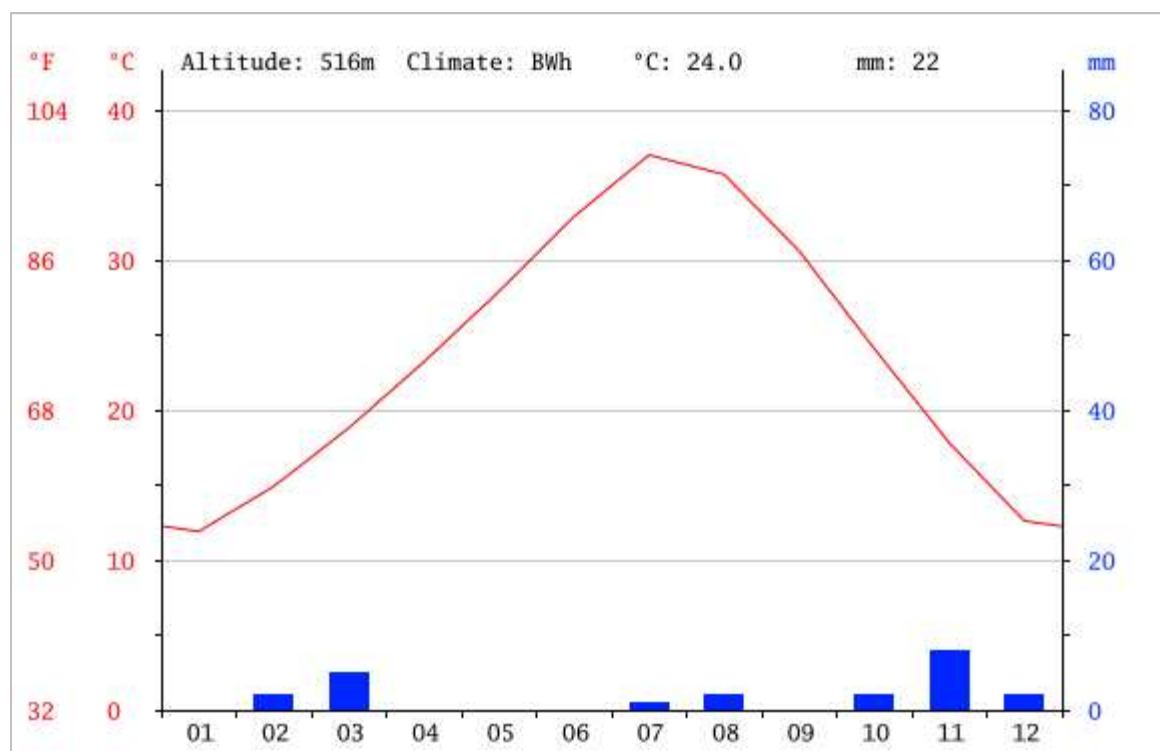


Figure 21 : Diagramme climatique de Tabelbala (CLIMATE-DATA.ORG., 2016)

Janvier est le mois le plus sec, avec seulement 0 mm. Une moyenne de 8 mm fait du mois de Novembre le mois ayant le plus haut taux de précipitations. Au mois de Juillet, la température moyenne est de 37.0 °C. Juillet est de ce fait le mois le plus chaud de l'année. 11.9 °C font du mois de Janvier le plus froid de l'année.

❖ Région 02 : Chellala

Cette région est localisée dans la wilaya de El Bayadh, la récolte est faite exactement dans la région de Chellala Gueblia. Elle est dotée d'un climat désertique. Il n'y a pratiquement aucune précipitation pendant l'année. D'après Köppen & Geiger, le climat y est classé BWk (Nedjraoui., 2004). La température moyenne annuelle à Chellala Gueblia est de 16.6 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 183 mm (Figure 22)

Les sols de la région contiennent de faibles teneurs en matières organiques souvent de type calcimagnésiques (Aidoud *et al.*, 2006)

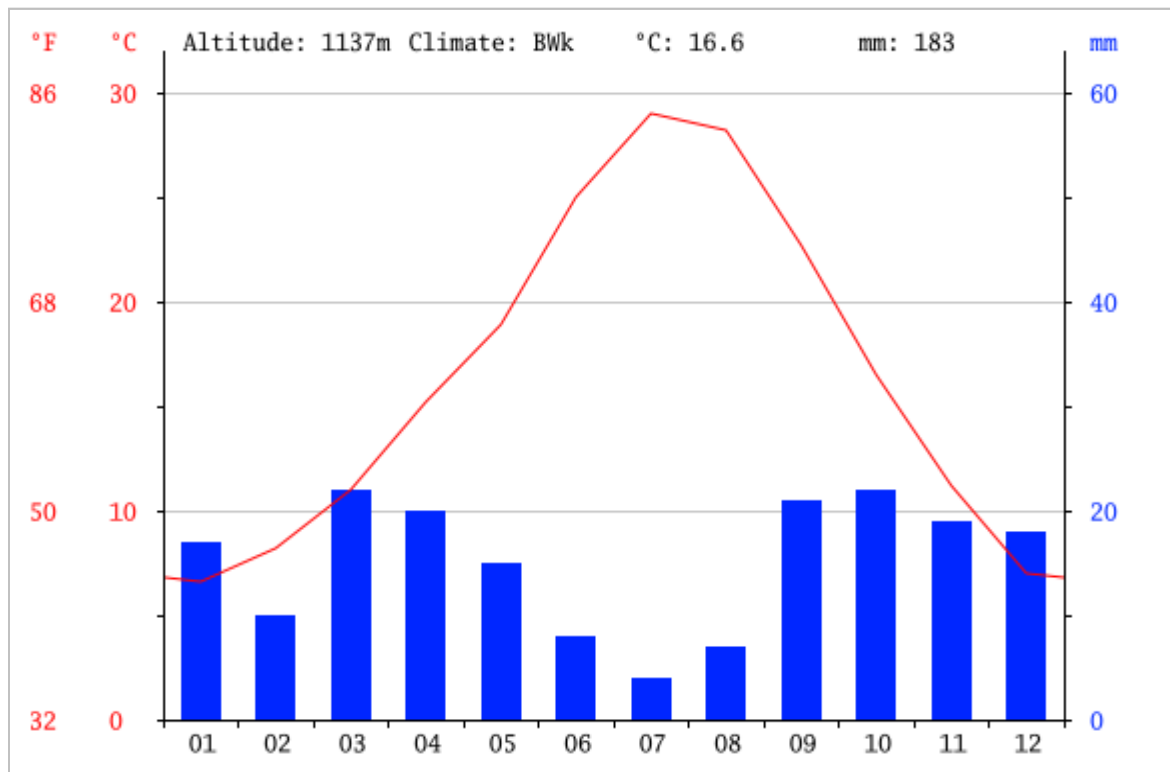


Figure 22: Diagramme climatique de Chellala (CLIMATE-DATA.ORG., 2016)

4 mm font du mois de Juillet le plus sec de l'année. Les précipitations records sont enregistrées en Mars. Elles sont de 23 mm en moyenne. 28.7 °C font du mois de Juillet le plus chaud de l'année. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 6.4 °C

❖ Région 03 : Mécheria

La région est située dans la wilaya de Naâma, à proximité de El Biod, Tousmouline et à 33 km au Nord-Est de Naâma. Son climat est dit « de steppe », la moyenne annuelle de la pluviométrie pour la période de 1970 à 2001 est de 180,7 mm avec 57 jours de pluie, selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type BSk, sur l'année, la température moyenne est de 15,8°C (**Figure 23**). Le mois de Janvier reste le mois le plus froid de l'année, et le mois de Juillet reste le plus chaud et le plus sec (4mm) (Bensaid ., 2006)

Le sol est généralement calcimagnésique avec des encroûtements gypseux, aussi il ya peu de sols halomorphes à texture sablo-lumineuse (Bensaid ., 2006)

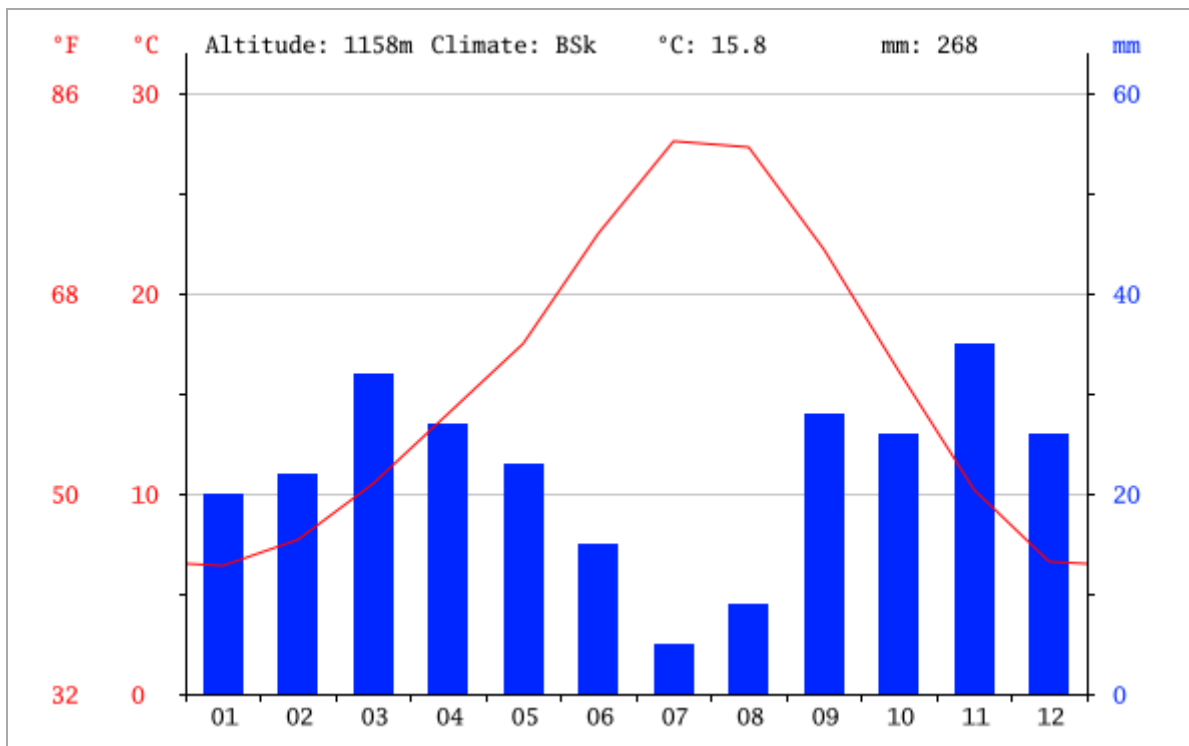


Figure 23: Diagramme climatique de Mécheria (CLIMATE-DATA.ORG., 2016)

5 mm font du mois de Juillet le plus sec de l'année. Les précipitations records sont enregistrées en Novembre. Elles sont de 35 mm en moyenne. Juillet est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 27.6 °C à cette période. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 6.4 °C.

I.3. Procédures d'identification macroscopique et microscopique des Terfess récoltées

Notre travail de recherche est réalisé au niveau du laboratoire de Biotoxicologie de l'université Djillali LIABES de Sidi Bel Abbes et celui de Biochimie du centre universitaire SALHI Ahmed de Nâama. La liste des réactifs, des produits chimiques, de la verrerie et des équipements... est donnée dans **l'annexe 02**.

Juste après la récolte, les truffes fraîches sont nettoyées et découpées en morceaux fins, puis séchées à température ambiante à l'abri de la lumière pendant 20 jours ensuite sont finement broyées en poudre et tamisées et stockées à température ambiante et à l'abri de la lumière jusqu'à l'analyse (Hamza et al., 2013) (**Figure 24**)

Pour l'identification du genre et de l'espèce des Terfess prospectées de chaque zone, nous nous sommes basés sur l'observation macroscopique de la morphologie, de la couleur de Gléba et du Péridium à l'aide de loupe binoculaire en se référant toujours à la description de la littérature (Trappe 1979 et Astier, 1998).

Pour compléter et assurer l'identification, nous avons fait des observations microscopiques à différents grossissements des asques et des spores des préparations à partir des coupes fines de la Gléba en utilisant l'eau distillée pour l'observation simple des asques et des spores. Le réactif de Melzer est un liquide épais composé d'iode, d'iodure de potassium, d'hydrate de chloral et d'eau qui nous permet d'identifier facilement le genre *Tirmania* (les parois des asques prennent une teinte grise bleue qui signifie la présence de l'amidon), et le genre *Terfezia* (les parois des asques se colorent en jaune ou orange). Cela permet de confirmer la coloration finale des asques en effectuant plusieurs observations successives qui s'imposent après des temps de 4, 6, 24h, jusqu'à 48h après la première observation (Ferdman et al., 2005 ; Bradai et al., 2014).

Les différentes caractéristiques macroscopiques et microscopiques des différentes espèces de truffes de désert sont résumées dans le **Tableau 05** et **Annexe 03**.

Tableau 05: Les différentes caractéristiques macroscopiques et microscopiques des différentes espèces de truffes de désert (Dib, 2012)

Genres et espèces	Caractères macroscopiques et / ou microscopiques majeurs
<i>Picoa juniperi</i> Vittad	Ascomes subglobuleux noirs et verruqueux. Périidium couvert de verrues noires polygonales, aplaties, ayant une dépression à leur sommet. La gléba est blanche avec des veines blanches. Les asques sont subglobuleux avec 6-8 spores. Les ascospores (fig. 4k) sont hyalines, avec guttule, sphériques (certaines légèrement ellipsoïdes) et lisses de 22-28 (32) x 22-25 (28) µm (Anonyme 2).
<i>Picoa lefebvrei</i> (Pat.) Maire	Ascomes subglobuleux et assez irréguliers. Périidium brun à noir, parfois avec des tons rougeâtres, et verruqueux. La gléba est blanche avec des veines blanches. Les asques sont subglobuleux avec 4-8 spores. Les ascospores sont hyalines, sphériques (certaines légèrement ellipsoïdes), avec une grande guttule lipidique, de 20-28 x 19-24 µm, à ornementation faiblement cyanophile (Moreno <i>et al.</i> , 2000).
<i>Reddellomyces westraliensis</i> (G.W. Beaton et Malajczuk) Trappe, Castellano et Malajczuk	Ascomes irrégulièrement subglobuleux à ellipsoïdes ou lobés. Périidium de couleur blanche crème devenant plus tard brunâtre. Gléba blanche à grise. Les ascospores (fig. 3f) sont hyalines, globuleuses, de 1-4 (-6) x 1-4 µm, avec des verrues arrondies (Trappe <i>et al.</i> , 2010).
<i>Terfezia arenaria</i> (Moris) Trappe	Périidium blanc d'abord, puis brun foncé, quand il mûrit. La gléba est blanchâtre au début, puis devenant rose avec des veines pâles. Les asques sont globuleux à subglobuleux avec 8 ascospores. Les ascospores (fig. 4o) sont de 25-30 µm de diamètre et décorées avec des verrues tronquées jusqu'à 7 µm de hauteur (Fortas, 1990 ; Diez <i>et al.</i> , 2002 ; Anonyme 2).
<i>Terfezia boudieri</i> Chatin	Périidium épais, brun foncé et noirâtre à maturité. La gléba est rose saumon à maturité avec des veines plus pâles, mais parfois jaune-orange en contact avec l'air. Les asques sont subglobuleux, non amyloïdes. Les ascospores (fig. 4p) sont ocre jaune, de forme sphérique, de 20-25 µm de diamètre (y compris les ornementations), et décorées avec des verrues arrondies (Diez <i>et al.</i> , 2002 ; Slama et Nefatti, 2004 ; Slama <i>et al.</i> , 2006 ; Ammarellou <i>et al.</i> , 2007 ; Ammarellou et Saremi, 2008).
<i>Terfezia claveryi</i> Chatin	Périidium brun rougeâtre. La gléba est blanchâtre au début, puis devenant rose saumon avec des veines plus pâles, mais parfois brun jaunâtre en contact avec l'air. Asques non amyloïdes, globuleux avec 8 spores. Les ascospores (fig. 4m) sont de forme sphérique et
	de 17-22 µm de diamètre. La surface de l'ascospore est réticulée et alvéolée (Fortas, 1990 ; Mohamed- Benkada, 1999 ; Diez <i>et al.</i> , 2002).
<i>Terfezia leptoderma</i> Tul.	Les ascomes ont une apparence similaire à celle de <i>Terfezia arenaria</i> , mais plus petits et plus rougeâtres. Périidium mince et rougeâtre au début, un peu rêche. La gléba est blanchâtre au début, puis devenant gris verdâtre avec des nervures blanchâtres. Asques non amyloïdes, subglobuleux avec 5 à 8 spores. Les ascospores (fig. 4r) sont ocre jaune, de forme sphérique, de 20-27 µm de diamètre (y compris les ornementations), et décorées avec des épines coniques, très pointues, isolées, jusqu'à 5 µm de hauteur (Diez <i>et al.</i> , 2002 ; Anonyme 2). <i>Terfezia olbiensis</i> est souvent confondue avec <i>Terfezia leptoderma</i> et certains auteurs les considèrent comme synonymes, mais ils sont clairement différenciés par leur écologie différente et leur microscopie. Il y a peu de données sur leur distribution. L'ascome de <i>Terfezia olbiensis</i> est globuleux. Son périidium est blanchâtre au début, puis devient brun et noircit. La gléba est grise rosâtre, puis devenant verte olive avec des veines blanches rosâtres. Les asques sont subglobuleux à ovoïdes avec 8 spores. Les ascospores sont ocre, de forme sphérique, de 16-19 µm de diamètre (y compris les ornementations), et décorées avec des rachis coniques, isolés, de 1-2 µm de hauteur (épines courtes et moins épaisses que <i>Terfezia leptoderma</i>) (Anonyme 2).
<i>Tirmania nivea</i> (Desf. : Fr.) Trappe	Ascomes blancs quand ils sont retirés de la terre, mais en contact avec l'air, ils deviennent jaunâtres. La gléba est solide, jaune, blanche pâle, avec plusieurs veines pâles. Asques amyloïdes contenant 4 à 8 spores. Ascospores (fig. 4n) lisses et ovales de 16- 18 x 12-15 µm (Alsheikh et Trappe, 1983a ; Diez <i>et al.</i> , 2002 ; Anonyme 2).
<i>Tirmania pinoyi</i> (Maire) Malençon	Ascocarpe blanc cassé. Asques amyloïdes contenant 4 à 8 ascospores (fig. 4q) globuleuses et réticulées avec un léger maillage (cette ornementation n'est pas observée par microscopie photonique mais par microscopie électronique (Alsheikh et Trappe, 1983b, Fortas, 1990 ; Trappe et Castellano, 1992 ; Diez <i>et al.</i> , 2002).
<i>Ulurua nonparaphysata</i> Trappe, Claridge et Kovács, gen. et sp. nov.	Ascomes globuleux. Périidium souvent brun rougeâtre. Ascospores (fig. 3g) ellipsoïdes à subglobuleuses, de 12-15 x 10-12 µm. Asques amyloïdes (Trappe <i>et al.</i> , 2010).

I. 4. Dosage des composés du métabolisme primaire

I. 4.1. Taux d'humidité

Pour déterminer la teneur en eau, on a introduit dans chaque vase de tare 2g de l'échantillon frais de truffe : c'est le poids P1 ; les placer dans une étuve (Memmert UF 110) réglée à 105 ± 2 °C pendant trois heures ; après on a fait la Pesée des vases de tare .On répète l'opération jusqu'à l'obtention d'une mesure constante du poids (AOAC, 1997).La teneur en eau (%) est donnée par la formule suivante:

$$\text{Teneur en eau (\%)} = (P - P1) / M .100$$

- P : masse en g de la prise d'essai avant séchage.
- P1 : masse en g de la prise d'essai après séchage.
- M : masse du matériel biologique.

A partir de la teneur en eau, on détermine le taux de matière sèche qui est donné par la formule suivante :

$$\text{Taux de matière sèche (\%)} = 100 - \text{teneur en eau (\%)}$$

I. 4.2. Taux de cendres

Le principe consiste en une incinération du poudre des truffes au four à moufle (Heraeus Instrument UK) , à une température de 900°C. L'opération ne sera terminée que lorsque la couleur des résidus deviendra blanche grisâtre, qui se transformera en une couleur blanche après refroidissement (Audigie et Dupont, 1982)

La teneur en cendres (%) est donnée par la formule suivante:

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = (B - A) / M .100$$

- B : poids de creuset vide (g).
- A : poids de creuset + échantillon après l'incinération (g).
- M : poids de l'échantillon (g).

I. 4.3. Dosage des protéines

La méthode colorimétrique de [Lowry et al., 1951](#) est retenue pour effectuer ce dosage. Elle est basée sur la combinaison d'une réaction au biuret et une réaction au réactif de Folin-Ciocalteu. Ce dernier acide phosphomolybdo-tungstique réagit avec les tyrosines et les tryptophanes pour donner une coloration bleue qui s'ajoute à celle du biuret. Cette méthode est caractérisée par une sensibilité qui peut atteindre 5 à 10µg/l

Une gamme d'étalonnage est réalisée avec différentes concentrations de sérumalbumine bovine (SAB) à 0,25 g/L ([annexe 04](#)). La lecture est effectuée à 750 nm avec un spectrophotomètre (SpectroScan 40).

I. 4.4. Dosage des sucres totaux

La méthode utilisée est celle de [Fox et Robyt, 1991](#). Le principe repose sur les liaisons glycosidiques des sucres qui sont hydrolysées en milieu acide et à chaud en dérivés furfuraux qui se combinent facilement avec le phénol et donnent une coloration rougeâtre qui absorbent dans le visible (450-500 nm). Cette méthode permet ainsi de doser tous les glucides totaux d'un matériel biologique.

Mode opératoire

1 g de farine de chaque échantillon est dispersé dans 10 ml de **DMSO** à 25% (v/v), ensuite le mélange est incubé pendant 15 min au bain marie bouillant. 0.1 ml de ce mélange est dilué dans 9.9 ml d'eau. A 0.5 ml de ce dernier mélange on ajoute 0.5 ml de phénol (5%). Après homogénéisation, 2 ml de H₂SO₄ sont ajoutés, puis le mélange est incubé 30 min température ambiante. La lecture est réalisée avec un spectrophotomètre ([Spectro Scan 40](#)). Une gamme de glucose est réalisée dans les mêmes conditions que les échantillons ([Annexe 04](#)). Les essais sont faits en trois fois (triplicate).

I. 4.5. Teneur en matières grasses

La poudre de truffe est pesée et placée dans une capsule de cellulose et est ensuite extraite en continu par l'hexane à ébullition (PE 35°C) qui dissout graduellement la matière grasse dans un montage type SOXLET ([Adrian et al., 1998](#)). Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction est

terminée, l'hexane est évaporé par évaporateur rotatif et la MG est pesée sur une balance de précision (Femenia et al., 1999).

I. 4.6. Détermination de la teneur en acide ascorbique

Le dosage de l'acide ascorbique est réalisé selon la méthode décrite par Klein et Perry, 1982) modifiée par Yen et al., 2008. Il s'agit d'acide ascorbique qui, du point de vue chimique, est un composé réducteur. On pourra donc le doser au moyen d'un oxydant comme le 2,6-dichlorophénol-indophénol (2,6-DCPIP) qui sert également d'indicateur coloré. Les solutions d'acide ascorbique sont incolores ; une goutte en excès de 2,6-DCPIP donnera à la solution une coloration rose.

Mode opératoire

On réalise une extraction de l'échantillon à partir de 0,5g de poudre de truffe avec 10mL d'acide oxalique 1% que l'on centrifuge 15 min à 3000 tours/min pour prélever 5 mL de surnageant qui sont mélangés à 9 mL de DCPIP à 0.2 mM. Ce milieu réactionnel est bien mélangé pendant 15 secondes et l'absorbance est lue à 515nm.

La courbe d'étalonnage est réalisée dans les mêmes conditions que l'échantillon avec une gamme de concentrations d'acide ascorbique de 0 à 500 µg. Les résultats obtenus de la teneur en acide ascorbique sont exprimés en µg/g de substrat (Annexe 04).

I. 4.7. Détermination de La valeur énergétique des truffes

La valeur énergétique d'un aliment est définie dans le Règlement sur les aliments et drogues (RAD). Elle est calculée selon la méthode Atwater à l'aide de facteurs spécifiques tirés de la version la plus récente du *USDA Agriculture Handbook N°8 Composition of Foods*, 1984. Stojkovi et al., 2013 l'ont aussi calculé selon l'équation suivante :

$$\text{Énergie (kJ)} = 17 \times (\text{G protéines} + \text{G glucides}) + 37 \times (\text{G lipides})$$

I. 5. Dosage quantitatif des composés du métabolisme secondaire des Terfess

I. 5.1. Extraction

10 g de chaque poudre d'espèce de truffe est mélangée avec 100 mL de méthanol à 80%. L'agitation est faite à une température ambiante (30°C) à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 48 heures. Après macération d'une nuit, le contenu des flacons est filtré

puis Les filtrats récupérés sont évaporés à sec à l'aide d'un rotavapeur et stockés au réfrigérateur à + 4 °C jusqu'à utilisation (**Figure 24**). Le rendement d'extraction exprimé en gramme de résidu sec par 100 gramme de la MS est déterminé à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{Le rendement}\% = \frac{\text{masse de l'extrait après évaporation du solvant}}{\text{masse de poudre de truffe utilisée pour l'extraction}} \times 10$$

I. 5.2 Dosage des polyphénols totaux

La méthode adoptée pour le dosage des polyphénols totaux est celle décrite par [Waterhouse, 2001](#). Les polyphénols sont quantifiés par spectrophotométrie en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu qui est une solution de couleur jaune constituée d'un mélange de deux acides : acide phosphotungstique et acide phosphomolybdique. Ce réactif est réduit lors de l'oxydation des phénols pour former un complexe bleu stable d'oxydes de tungstène et de molybdène ([Ribéreau-Gayon, 1968](#)).

La coloration bleue produite, dont l'absorption maximum est au voisinage de 760 nm, est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits de truffes ([Boizot et Charpentier, 2006](#)). La quantification des polyphénols est effectuée à l'aide d'une courbe d'étalonnage linéaire, réalisée dans les mêmes conditions que l'échantillon, en utilisant l'acide gallique comme standard (**Annexe 04**).

Mode opératoire

Un volume de 20 µl de l'échantillon convenablement dilué ou de solution de standard, est introduit dans un tube à essai contenant initialement 3.16 ml d'eau distillée et 20 µl de méthanol. On ajoute ensuite 200 µl du réactif de Folin-Ciocalteu et on l'agite. Après 3 minutes, une solution de Na₂CO₃ d'une concentration de 200g/l (600 µl) est ajoutée tout en agitant.

Après une incubation de 30 min à 40° C, l'absorbance est mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible, contre un blanc (le même mélange sauf l'échantillon qui est remplacé par le MeOH). Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par g du poids du résidu sec de truffe (mg EAG/g). Tous les essais sont reproduits au moins trois fois.

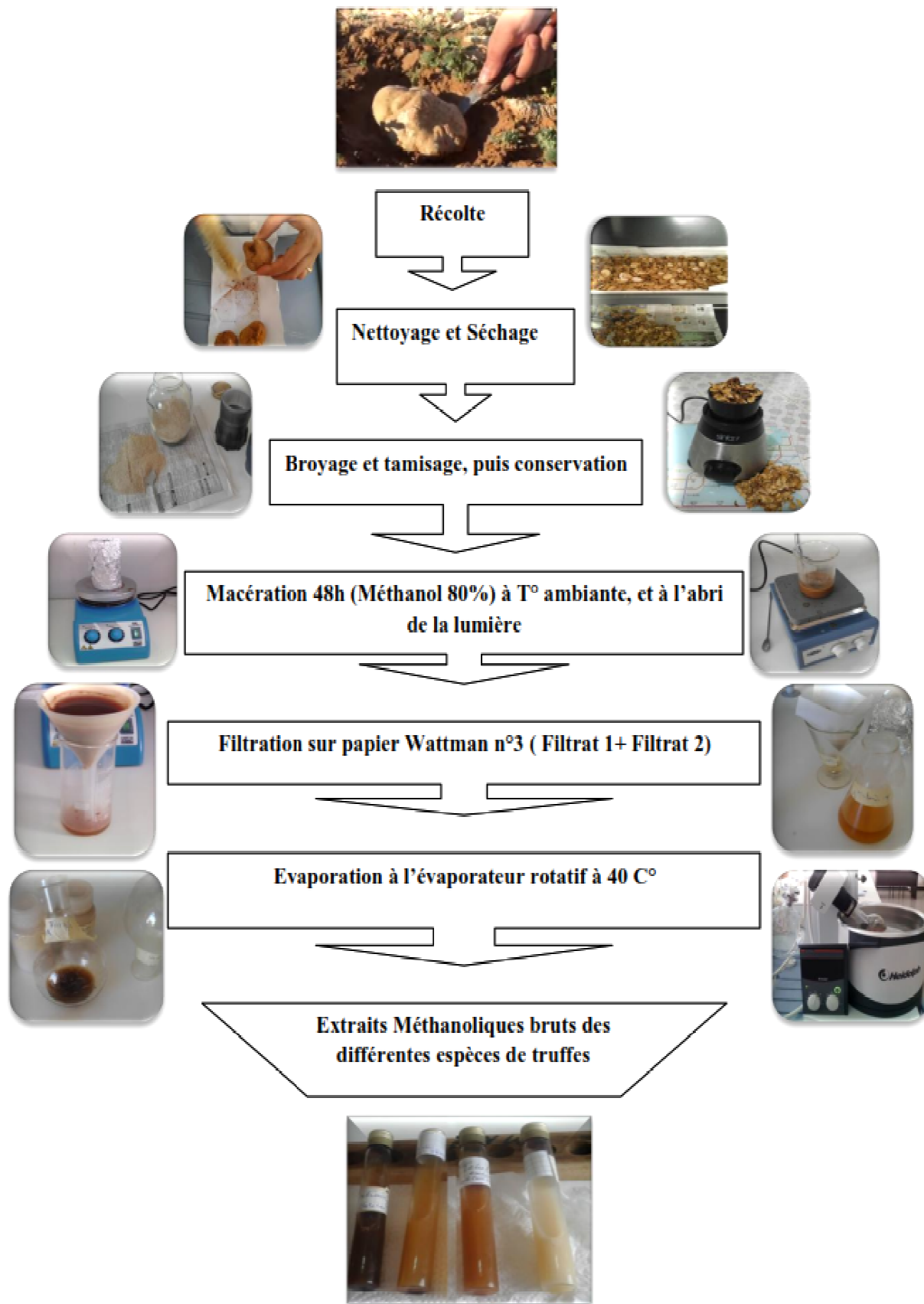


Figure 24: Diagramme de l'extraction des truffes

I. 5.3. Dosage des flavonoïdes totaux

La teneur en flavonoïdes des extraits bruts méthanolique a été déterminée par spectrophotométrie selon la méthode décrite par [Kim et al., 2003](#).

Le principe de la méthode colorimétrique repose sur la formation de complexes stables du chlorure d'aluminium (AlCl_3) avec les groupes cétoniques C-4 et C-3 ou le groupe hydroxyle C-5 des flavones et des flavonols (**Figure 25**). En outre, le chlorure d'aluminium forme des complexes avec les groupes ortho-dihydroxylés des cycles A ou B des flavonoïdes ([Mabry et al., 1970](#)) qui absorbent à 510 nm. Ce dosage est effectué en utilisant une gamme étalon de quercétine.

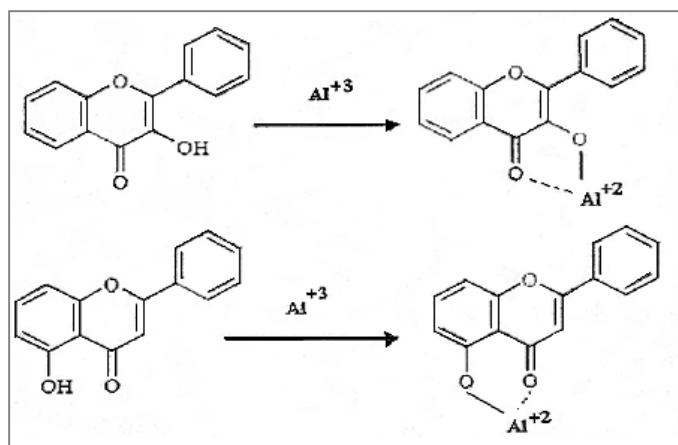


Figure 25: complexation de chlorure d'aluminium avec les flavonoïdes ([Mabry et al., 1970](#)).

Mode opératoire

Une quantité de 490 μl de méthanol est mélangée à 10 μl de l'extrait concentré de chaque espèce de truffe (méthanol pour le blanc). On ajoute 0,3 ml d'une solution de nitrite de sodium NaNO_2 à 5%. 0, 2 ml d'une solution d' AlCl_3 à 10% est ajoutée. Après 5 minutes on additionne au mélange 1 ml de solution de NaOH (1M). L'ensemble est bien agité et l'absorbance est mesurée à 510 nm. La teneur en flavonoïdes est calculée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions opératoires avec une gamme de concentrations de quercétine (**Annexe 04**).

Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalents quercétine par gramme de résidu sec de truffe (mg EQ/g de résidu sec).

I. 5.4. Dosages des tannins

Les tanins condensés sont déterminés par la méthode à la vanilline en milieu acide (Price *et al.*, 1978). Cette méthode est basée sur la capacité de la vanilline à réagir avec les unités de tanins condensés en présence d'acide pour produire un complexe coloré mesuré à 500 nm. Les quantités de tannins sont estimées en utilisant la méthode de vanilline décrite par Ritta *et al.*, 1985.

Un volume de 50 µl d'extrait brut est ajouté à 1500 µl de la solution vanilline/méthanol (4% m/v) puis mélangé à l'aide d'un vortex. Ensuite, 750 µl d'acide chlorhydrique concentré (HCl) sont additionnés. Le mélange obtenu est laissé réagir à la température ambiante pendant 20 min. L'absorbance est mesurée par spectrophotométrie à 550 nm contre un blanc. La courbe d'étalonnage est réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant de la catéchine comme étalon

I. 5.5. Dosage des caroténoïdes

La teneur des différents extraits de truffes en caroténoïdes est déterminée par la méthode de Lichtenthaler *et al.*, 1985. L'absorbance des extraits convenablement dilués dans du méthanol est mesurée à l'aide de spectrophotomètre UV-Vis à différentes longueurs d'ondes (470, 653 et 666 nm). Les concentrations des *chlorophylles a* et *b* sont déterminées à l'aide des équations suivantes:

$$\text{Chlorophylle } a \text{ (mg/ml)} = 15.65 \text{ Abs}_{666} - 7.340 \text{ Abs}_{653}$$

$$\text{Chlorophylle } b \text{ (mg/ml)} = 27.05 \text{ Abs}_{653} - 11.21 \text{ Abs}_{666}$$

$$\text{Caroténoïdes totaux (mg/ml)} = 1000 \text{ Abs}_{470} - 2.860C_A - \frac{129.2 \times C_B}{245}$$

Les caroténoïdes totaux sont exprimés en milligrammes par millilitre d'extrait.

II.1. Activité antioxydante des extraits méthanoliques de truffes

II.1.1 Piégeage du radical DPPH

Afin d'étudier l'activité antiradicalaire, des extraits des truffes, nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH (1,1-diphényl-2 picrylhydrazyl) comme un radical relativement stable, selon le protocole décrit par Blois (1958) avec quelques modifications.

Le radical libre DPPH avec un électron impair donne une absorption maximum de 517 nm (couleur pourpre). En présence d'un donneur d'hydrogène (antioxydant), le DPPH est réduit à la forme non radicalaire DPPH-H de couleur jaune pâle. Ce passage, de la première forme à la deuxième (Figure 26), résulte d'une diminution de l'absorbance de DPPH (Mohammad *et al.*, 2009). Plus la décoloration est importants, plus les capacités réductrices est élevée (Sanchez-Moreno.,2002 ; Ganie., 2012).

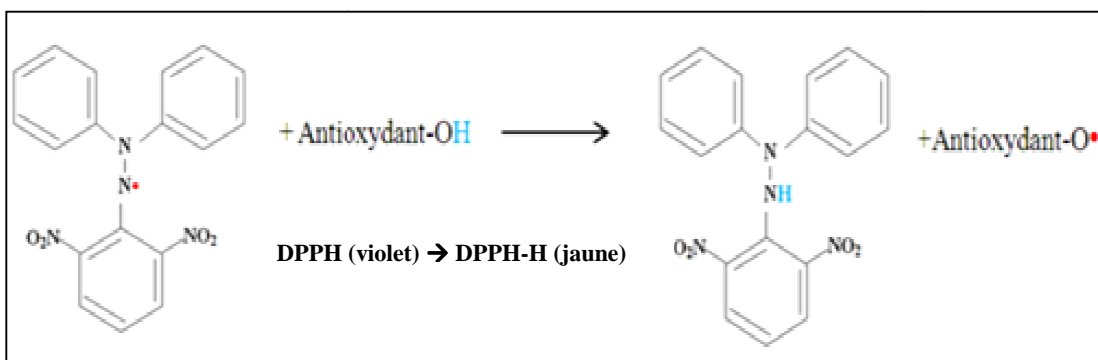


Figure 26: Réaction d'un antioxydant avec le radical DPPH (Kouamé *et al.*, 2009).

Mode opératoire

Diverses concentrations d'extraits de truffes d'un volume de 0.1 ml sont ajoutées à 2.9 ml de solution méthanolique contenant le radical DPPH. Le mélange est secoué ensuite incubé à température ambiante pendant 30 minutes dans l'obscurité. L'absorbance est mesurée à 517 nm. Le méthanol est utilisé en tant que blanc. La vitamine C représente le standard. Pour chaque extrait nous avons déterminé la valeur IC₅₀ qui est la concentration de l'extrait de truffe responsable de 50% d'inhibition des radicaux DPPH (Bidie *et al.*, 2011). Plus la valeur d'IC₅₀ est basse, plus l'activité antioxydante d'un composé est grande (Laib et Barkat, 2011).

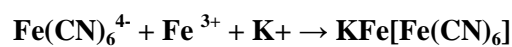
IC₅₀ : Concentration de l'extrait responsable de 50% d'inhibition des radicaux DPPH



II.1.2. Mesure du pouvoir antioxydant des extraits méthanoliques des truffes par le test de FRAP

Ce test est basé sur l'étude du pouvoir antioxydant des extraits de truffes en utilisant la méthode du pouvoir oxydo-réducteur d'Oyaizu (1986) modifiée par Li *et al.*, 2008

La présence des réducteurs dans ces extraits provoque la réduction du complexe ferricyanide-Fe³⁺ à la forme ferreux Fe²⁺. Par conséquent, Fe²⁺ peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleue dans le milieu réactionnel à 700 nm (Chung *et al.*, 2002).



Mode opératoire

Dans des tubes en verre, 50 µl d'extrait de différentes concentrations sont ajoutés dans un mélange de 1 ml de ferricyanure de potassium (K₃Fe(CN)₆) à 1% et 1 ml d'une solution tampon phosphate 1M (pH= 6). Après incubation des tubes à 50°C pendant 20 min, 1ml d'acide trichloracétique à 10% est ajouté afin d'arrêter la réaction. 1 ml de cette solution est ajouté à 1 ml d'eau distillée et 0.2 ml d'une solution de chlorure de fer (FeCl₃) à 0,1%. L'absorbance des différents échantillons est lue à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à 700 nm contre un blanc. L'acide ascorbique est utilisé comme standard.













II.2. Détermination de l'activité anti-microbienne des Terfess prospectées

II.2.1. Origine, et description des souches microbiennes testées



Souches bactériennes testées

Nous avons testé l'activité antibactérienne des quatre extraits des différentes espèces de truffes sur douze souches bactériennes qui nous ont été fournies par le laboratoire antibiotiques Antifongiques, Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique de l'université (LAAPSAB) de Tlemcen.



 <i>Staphylococcus aureus</i>	ATCC25923
 <i>Staphylococcus aureus methicillin resistant (MRSA)</i>	ATCC25923
 <i>Enterococcus faecalis</i>	ATCC49452
 <i>Bacillus subtilis</i>	ATCC21332
 <i>Micrococcus luteus</i>	ATCC 10240
 <i>Escherichia coli</i>	ATCC25912
 <i>klebsiella pneumoniae</i>	ATCC700603
 <i>Citrobacter freundii</i>	ATCC8090
 <i>Salmonella ebony</i>	ATCC9027
 <i>Bordetella bronchiseptica</i>	ATCC9617
 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 9027
 <i>Acinetobacter baumannii</i>	ATCC19606

Les caractéristiques des différentes espèces bactériennes et fongiques sont résumées dans **le tableau n°06**.



Souches fongiques testées

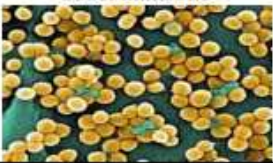







Les levures testées proviennent aussi du laboratoire « LAAPSAB » de l'université de Tlemcen, qui sont :





 <i>Candida albicans</i>	ATCC10231
 <i>Candida albicans</i>	IP444GG

Milieux de culture utilisés

- Le bouillon nutritif.
- Gélose nutritive (Repiquage)
- Milieu de Muller Hinton (milieu de référence pour les tests antibactériens)
- Milieu Sabouraud (milieu de référence pour les tests antifongiques)

Tableau 06 : Principales caractéristiques des souches microbiennes testées
(Delarras, 2007 ; Delarras, 2014)

L'espèce	Origine	Gram	Forme et Mobilité	Caractères biochimiques	Habitat	Pouvoir pathogène
<i>Les staphylocoques</i>	ATCC 25923	+	Cocci immobile 	aérobie facultatif Catalase +, oxydase -, coagulase +	Peau et muqueuses	Infections pyogène grave les infections nosocomiales Les infections cutanées
<i>Enterococcus faecalis</i>	ATCC 49452	+	Cocci immobile 	anaérobie facultatif Catalase -	Tube digestif	Infections urinaires Bactériémie Endocardite bactérienne
<i>Micrococcus luteus</i>	ATCC 10240	+	Cocci immobile 	aérobie strict Catalase +	Sol, eaux douce, aliments, la peau de l'homme et des animaux	Contaminant occasionnel
<i>Bacillus subtilis</i>	ATCC 21332	+	Bacille mobile 	aéro-anaérobie facultatif Oxydase -, catalase +	Sol, poussières, eau, air et plantes	Non pathogène mais elle peut entraîner des intoxications alimentaires
<i>Escherichia coli</i>	ATCC 25912	-	Bacille mobile 	Aérobie facultatif Oxydase -, lactose +, indole +	Tube digestif	Infections urinaires et gastroentérite infantile
<i>Salmonella ebony</i>	ATCC 9027	-	Bacille mobile 	Aérobie facultatif Oxydase -, lactose -, uréase -	Parasites de l'homme, et des animaux	Gastroentérite Et les toxico-infections alimentaires collectives
<i>klebsiella pneumoniae</i>	ATCC 700603	-	Bacille mobile 	Aérobie facultatif Oxydase -, uréase +	Eau, sol commensal du tube digestif	des angines, des infections pulmonaires des infections urinaires
<i>Citrobacter freundii</i>	ATCC 8090	-	Bacille mobile 	Aérobies Facultatif Glucose + Uréase -	l'eau, les égouts, les aliments et le tube digestif	infections urinaires, des pneumonies, des arthrites, troubles abdominaux et/ou cérébraux.

<i>Bordetella bronchiseptica</i>	ATCC 9617	-	<p>Bacille mobile</p> 	aérobies stricts glucose + uréase +	muqueuses respiratoires des animaux.	Une pneumonie
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ATCC 9027	-	<p>Bacille mobile</p> 	Aérobie facultatif oxydase. Glucose - Uréase+	les sols et en milieu humide, fréquent en milieu hospitalier	infection oculaires et des poumons, septicémie ;
<i>Acinetobacter baumannii</i>	ATCC 19606	-	<p>Cocci immobile</p> 	aérobies strictes catalase + oxydase -	les sols, la flore cutanée naturelle de l'Homme	La pneumopathie bactériémies, infections urinaires ou de système nerveux central
<i>Candida albicans (levure)</i>	ATCC 10231 IP444GG	//	<p>Ovale</p> 	Estérase phosphohydrolase	des muqueuses de l'être humain	infections fongiques (candidiase ou candidose)

II.2.2. Préparation des suspensions bactériennes

Chaque espèces bactérienne est mise en culture séparément à 37°C/24 h sur un bouillon nutritif puis ensemencées par écouvillonnage sur une boîte de pétri contenant la gélose nutritive à 37°C pendant 24h d'incubation, afin d'obtenir une culture jeune des bactéries et des colonies isolées.

L'étape suivante vise à préparer l'inoculum en prélevant à l'aide d'une pipette pasteur une à deux colonies bien isolées et parfaitement identiques, et les suspendre dans 9 ml d'eau physiologique stérile (9g NaCl/l). La suspension bactérienne est bien homogénéisée et laissée sur la paillasse pendant 30 minutes (OMS, 2005).

La densité de l'inoculum est fixée entre 0,08 à 0,1 à une longueur d'onde de 625 nm correspondant au standard 0,5-McFarland équivalent à 10⁶UFC/ml. L'inoculum peut être ajusté en ajoutant de la culture si la DO est trop faible, ou bien de l'eau physiologique stérile si elle est trop forte (Aboun et al., 2001 ; Aboun et al., 2008 ; Abi-ayad, 2009).

La technique utilisée pour étudier l'effet des extraits des truffes est celle de la diffusion sur milieu solide (par puits : contact direct).



II.2.3. Ensemencement des milieux de cultures sur boîtes de Pétri et réalisation des puits

Cette méthode suit pratiquement le même principe de l'antibiogramme décrit par Kirby-Bauer (1960) et standardisée par le comité national des normes pour laboratoires cliniques. Elle peut prévoir avec certitude l'efficacité *in vivo* du produit en question (Prescott *et al.*, 2003 ;NCCLS, 2003).

Elle est basée sur la diffusion des substances à tester qui sont imprégnées dans des puits sur un milieu solideensemencé avec création d'un gradient de concentration après un certain temps de contact entre ces substances et le microorganisme cible. L'effet du produit antibactérien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition (Hellal., 2011).

Mode opératoire

Après préparation et stérilisation du milieu Mueller Hinton, 20 ml du milieu sont coulés dans des boîtes de pétri de 90mm de diamètre et l'épaisseur doit être impérativement de 4 mm. Le milieu est laissé se solidifier sur une surface froide dans des conditions aseptiques. Il faut éviter que des gouttelettes d'eau se forment à la surface de la gélose, phénomène pouvant altérer les qualités de diffusion sur le milieu.

L'ensemencement est fait par écouvillonnage en stries sur toute la surface du milieu en 3 reprises en faisant tourner la boîte de pétri de 60° après chaque application. L'inoculum doit être bien réparti sur la surface de la gélose afin d'obtenir une bonne reproductibilité des diamètres de la zone d'inhibition.

Avec les bactéries à Gram négatif, les inoculums trop lourds sont à éviter en prenant soin d'essorer l'excès de liquide sur l'écouvillon en le pressant légèrement à l'intérieur du tube avant l'ensemencement (EUCAST.,2010).

Après l'ensemencement et le séchage des boîtes de pétri, les puits sont comblés avec l'extrait de truffe. Et les semences sont mises à incuber à 37°C pendant 18 heures, il est recommandé de ne pas la raccourcir ou l'allonger mais souvent des résultats satisfaisants peuvent être obtenus dès la 6^{ème} heure (EUCAST., 2010).

Pour la lecture, la bordure de la zone d'inhibition correspond à une inhibition complète de la culture observée à l'œil nu (Janakat *et al.*, 2005). Lire les géloses Mueller



Hinton à l'envers sur un fond noir avec une lumière réfléchissante (EUCAST.,2010). La mesure du diamètre d'inhibition est la moyenne de trois mesures.

Lecture des résultats

L'activité antibactérienne est considérée comme positive à partir d'un diamètre supérieur à 6 mm (Parck et al., 2006 ; Nath et al., 2008 ; Rahmoun, 2009). Ce produit peut avoir :

- Très forte activité : diamètre = 30 mm ; forte activité diamètre 21-29 mm
- Moyenne activité : diamètre 16-20 mm ; faible activité diamètre 10-15mm
- Petite ou pas d'activité : diamètre =9 mm

II.2.4. Recherche d'activité antifongique

Préparation des suspensions fongiques

Chaque souche de levure estensemencée suivant la même méthode décrite pour les souches bactériennes testées, mais sur un milieu Sabouraud Après 24h à 48h d'incubation à 25°C, 4 à 5 colonies bien isolées sont prélevées et émulsionnées dans 9ml de l'eau physiologique. La suspension est comparée avec l'étalon de Mc Farland (10^6 UFC/ml).

Ensemencement des milieux de cultures en boîtes de Pétri et réalisation des puits

La méthode utilisée est celle précédemment décrite pour les bactéries en remplacement le milieux Muller Hinton par celui de Sabouraud . L'incubation est de 24h à 48h à 25°C. Cette méthode est résumée dans la **Figure 27**

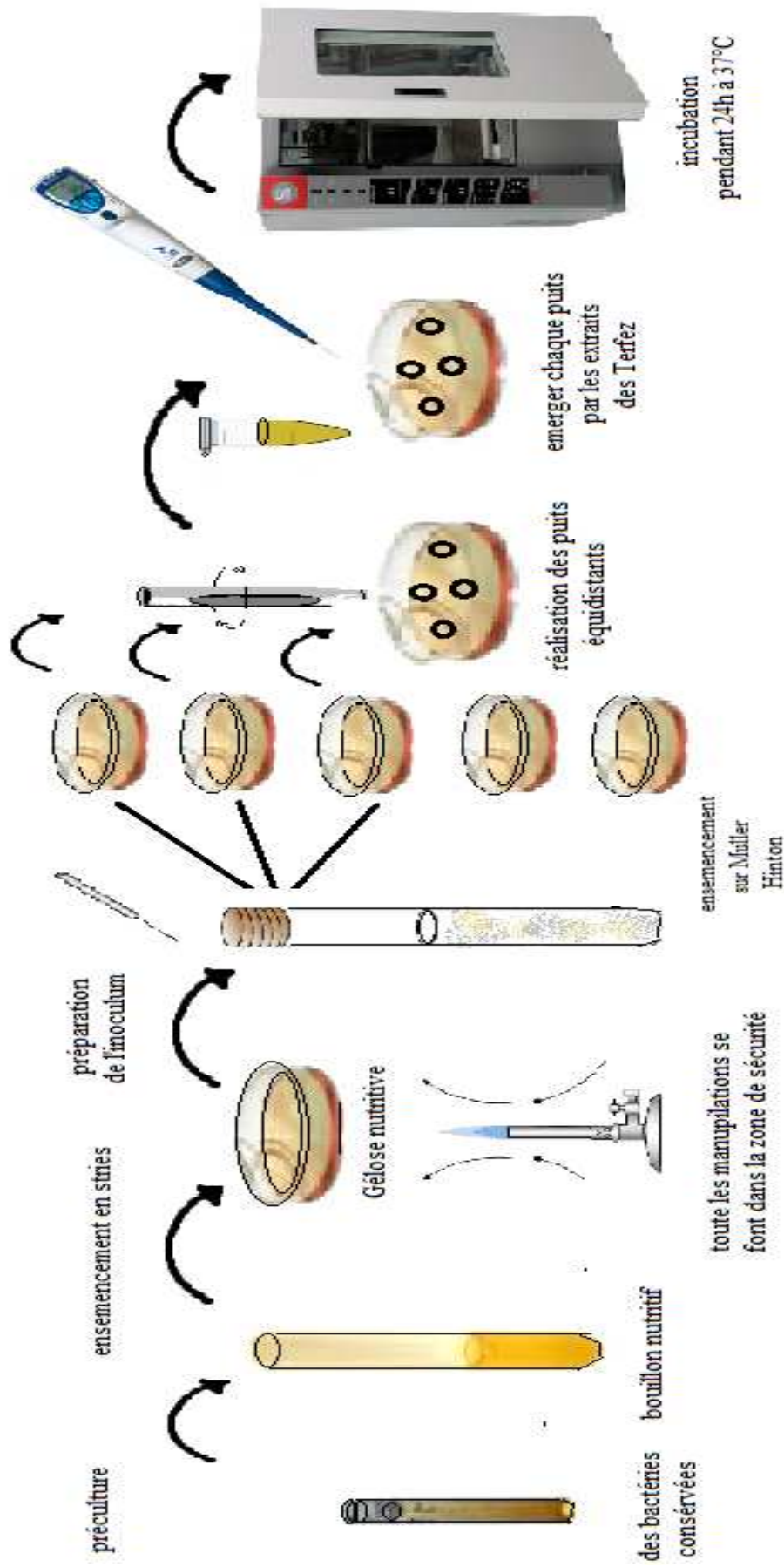


Figure 27 : Protocole expérimentale de l'essai d'activité antibactérienne (antifongique) des extraits des Terfez prospectées



II. 3. Détermination de l'Effet anti inflammatoire des extraits méthanoïques des truffes

L'inflammation est un processus physiologique intimement lié et impliqué dans un grand nombre de maladies aiguës ou chroniques. Cependant, les médicaments commercialisés (anti-inflammatoires non stéroïdiens, anti-inflammatoires stéroïdiens, ...) sont insatisfaisants, contraignants et entraînant beaucoup d'effets indésirables (ulcères gastriques, actions immunosuppressives, convulsions... (Newton, 2000 ; Stewart, 2003 ; Editorial, 2005). D'où la nécessité de la recherche de nouvelles molécules qui pourraient agir directement sur les médiateurs de l'inflammation ayant ainsi moins d'effets secondaires. Dans ce contexte, nous avons étudié l'effet anti-inflammatoire des différentes espèces de truffes algériennes. Il est évalué *in vivo* par le test de l'œdème induit par la carragénine.

II.3.1. Conditions d'adaptation des rats Wistar

Nous avons utilisé dans le cadre de cette étude des rats males Wistar ayant un poids variant entre 150 et 350 g et provenant de l'institut Pasteur d'Alger. Ils sont hébergés dans des cages en plastique transparentes d'une longueur de 55 cm, d'une largeur de 33 cm et d'une hauteur de 19 cm. Les animaux sont alimentés ad libitum par un régime standard ONAB et abreuvés à l'eau du robinet. Ils sont soumis à des conditions de température de $22\pm 3^{\circ}\text{C}$ et d'éclairage contrôlés. La litière utilisée est la sciure renouvelée trois fois par semaine pour assurer le bon état hygiénique des animaux. Les animaux sont acclimatés aux conditions de l'animalerie du département de Biologie SBA pendant 10 jours avant l'expérimentation (Figure 28)

On note aussi que les animaux de l'expérience sont répartis en quatre groupes comportant chacun six rats. Les rats sont pesés, identifiés par une marque sur le dos ,et répartis selon l'homogénéité de leurs poids (Ismail *et al.*, 2011).



Figure 28 : Présentation des rats expérimentés

II.3.2. Induction de l'inflammation par la carragénine et l'activité anti inflammatoire

Pour évaluer l'effet anti-inflammatoire des extraits méthanoliques des truffes, un modèle d'inflammation aiguë est utilisé. L'œdème peut être provoqué par plusieurs agents phlogogènes : formol, ovalbumines, kaolin, carragénine... Pour cette étude, la carragénine a été utilisée pour induire l'inflammation.

L'étude expérimental de l'activité anti-inflammatoire de nos extraits des Terfez a été réalisée selon la méthode décrite par [Winter et al., 1962](#) et selon laquelle l'inflammation est induite par injection de la carragénine au niveau de la voute plantaire de la patte postérieure gauche du rat (**Figure 29**) . A la suite de cette agression tissulaire, une réaction vasculaire se

développe rapidement. Elle se traduit par une étape très brève de vasoconstriction artériolaire, suivie par une vasodilatation des petits vaisseaux. Celle-ci entraîne une rougeur, un gonflement, et une augmentation de la chaleur, locales.

L'œdème causé par cet agent phlogogène a été traduit en volume mesuré par un pied à coulisse ce qui permet de suivre l'évolution du processus inflammatoire (Gentili *et al.*, 1997). Aussi des analyses d'autres paramètres inflammatoires sériques ont été effectuées.

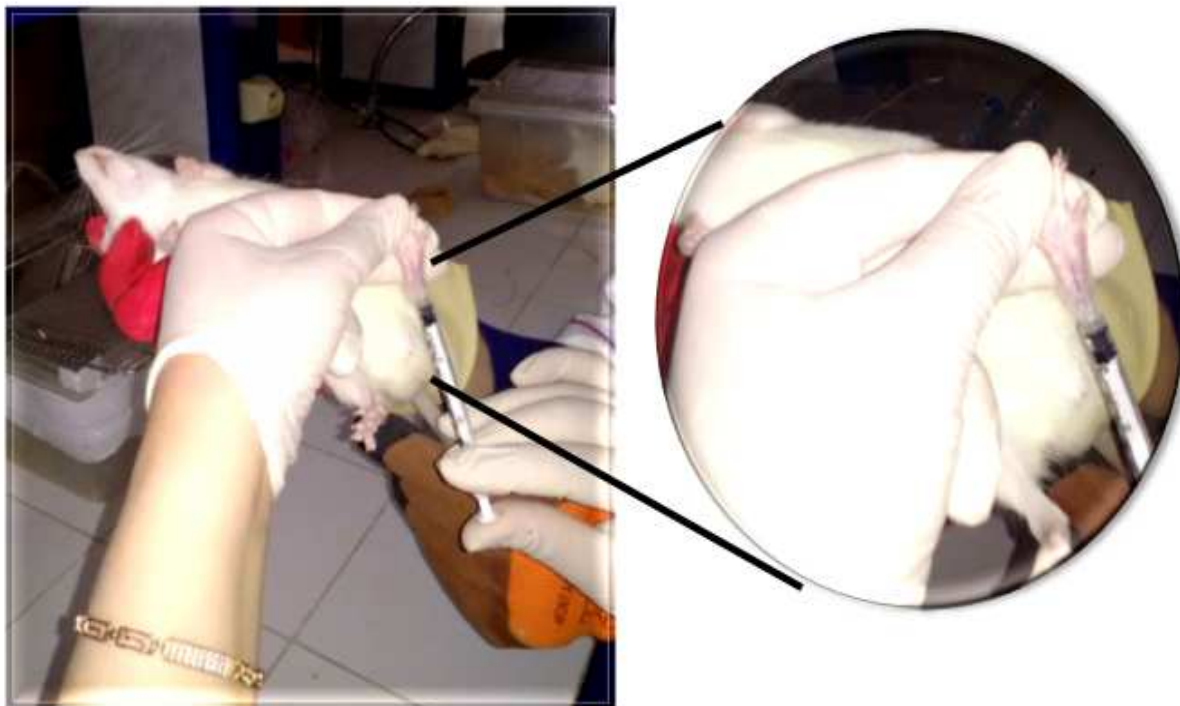


Figure 29: Injection de carragénine au niveau de la région sub-plantaire de la patte gauche du rat Wistar

Pour cette étude, Les 24 rats utilisés, sont mis à jeune pendant 16 heures avant de commencer l'expérimentation, ils sont répartis en 4 lots :

Le lot témoin du NaCl reçoit une dose unique par voie intraveineuse au niveau de la veine caudale de 400µl d'eau physiologique (NaCl à 0,9%) (**Figure 30**), Les deux lots traités par les extraits des truffes (deux espèces de truffes, présentant les meilleurs constituants en composés antioxydants, sont retenues) reçoivent une injection à une concentration de 400mg/kg. Le lot témoin de référence reçoit du Diclofénac à 5mg/kg par la même voie d'injection décrite pour le lot du NaCl (Ahmed *et al.*, 1993 ; Sarita *et al.*, 1993 ; Singh *et al.*, 1997).

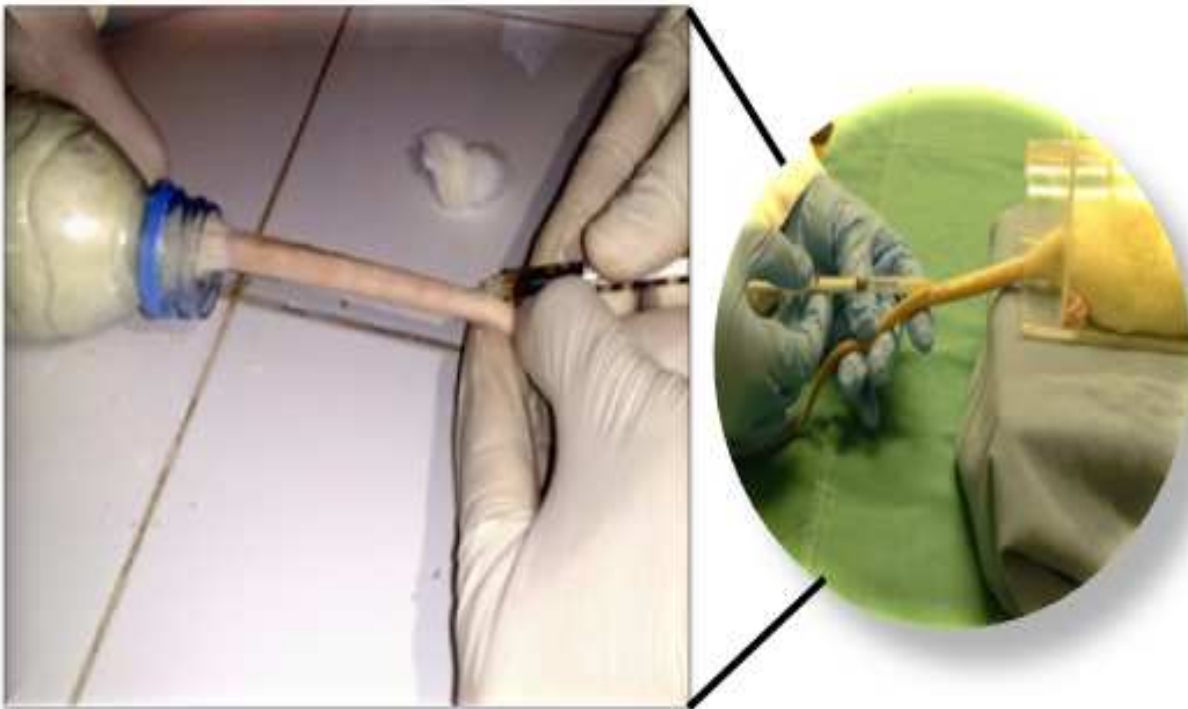


Figure 30 : Injection au niveau de la veine caudale des extraits des truffes selon les recommandations de « Basic Biomethodology For Laboratory Mice 2008 »

Recommandations de Basic Biomethodology For Laboratory Mice

- *Placer l'animal dans un dispositif de contrainte ou une cage de contention, et stabilisez la queue entre le pouce et l'index de la main qui ne manipulera pas la seringue.*
- *Désinfecter la queue avec de l'éthanol à 70 %.*
- *Faire l'injection en commençant au milieu ou légèrement au niveau distal de la partie finale de la queue.*
- *Insérez l'aiguille, approximativement parallèle à la veine et au moins 3 mm dans la veine.*
- *Injectez la solution en poussant le piston de seringue lentement et régulièrement. Vous devriez voir que la veine blanchit si l'aiguille est correctement placée.*

Trente minutes après l'administration de l'eau physiologique, des extraits de truffes et de Diclofenac , 100 µl de suspension de carragénine à 1% dans du sérum physiologique (NaCl 0,9%) est injectée dans la voute plantaire de la patte postérieure gauche pour provoquer l'inflammation (Winter, 1962 ; Fleurentin *et al.*, 1997 ; Khabbal *et al.*, 2006 ; Epa *et al.*, 2015).

II.3.3. Mesures des œdèmes des pattes inflammées

Le suivi de l'évolution de l'œdème se fait par mesure de la patte traitée par la carragénine $P(t)$ (Figure 31) et ceci à 30 min (V_0), à 2h, 3h, 4h et 6h après injection de la carragénine 1 % (Winter et al., 1962 ; Elion Itou et al, 2014).



Figure 31: Mesure de des épaisseurs des pattes traitées (Œdèmes) à l'aide d'un pied à coulisse

Une diminution du volume de l'œdème est considérée comme effet anti-inflammatoire de l'extrait étudié. Ensuite la détermination du pourcentage d'inhibition de l'œdème (% PI) permet d'évaluer le potentiel anti-inflammatoire des extraits des truffes et de le comparer à celui du produit de référence selon la formule suivante (Elion Itou et al, 2014) :

$$V = V_t - V_o$$

$$\%PI = \frac{(V_t - V_o)_t - (V_t - V_o)_{tr}}{(V_t - V_o)_t} \times 100$$

- V = volume de l'œdème
- V_t = volume moyenne de l'œdème des pattes traitées d'un lot à un temps t ;
- V_o = volume moyenne de des pattes avant le traitement
- $(V_t - V_o)t$ = volume moyenne de l'œdème du groupe control; $(V_o - V_t)tr$ = volume moyenne de l'œdème du groupe des rats traités.

II.3.4.Sacrifice et prélèvement du sang

A la fin de l'expérimentation (après 6h), les rats sont anesthésiés à l'éther dans une cloche en verre. Le sang est prélevé soit par ponction cardiaque directement, soit par ponction au niveau de l'aorte abdominale (**Figure 32**), selon les procédures terminales pratiquées sur des animaux anesthésiés, permettant de réaliser une exsanguination avant ou après l'euthanasie. L'avantage de ces techniques est la possibilité de collecter du sang stérile et aussi de prélever le maximum de sang. Les étapes de chaque technique de prélèvement sont résumées dans **le tableau 07**.

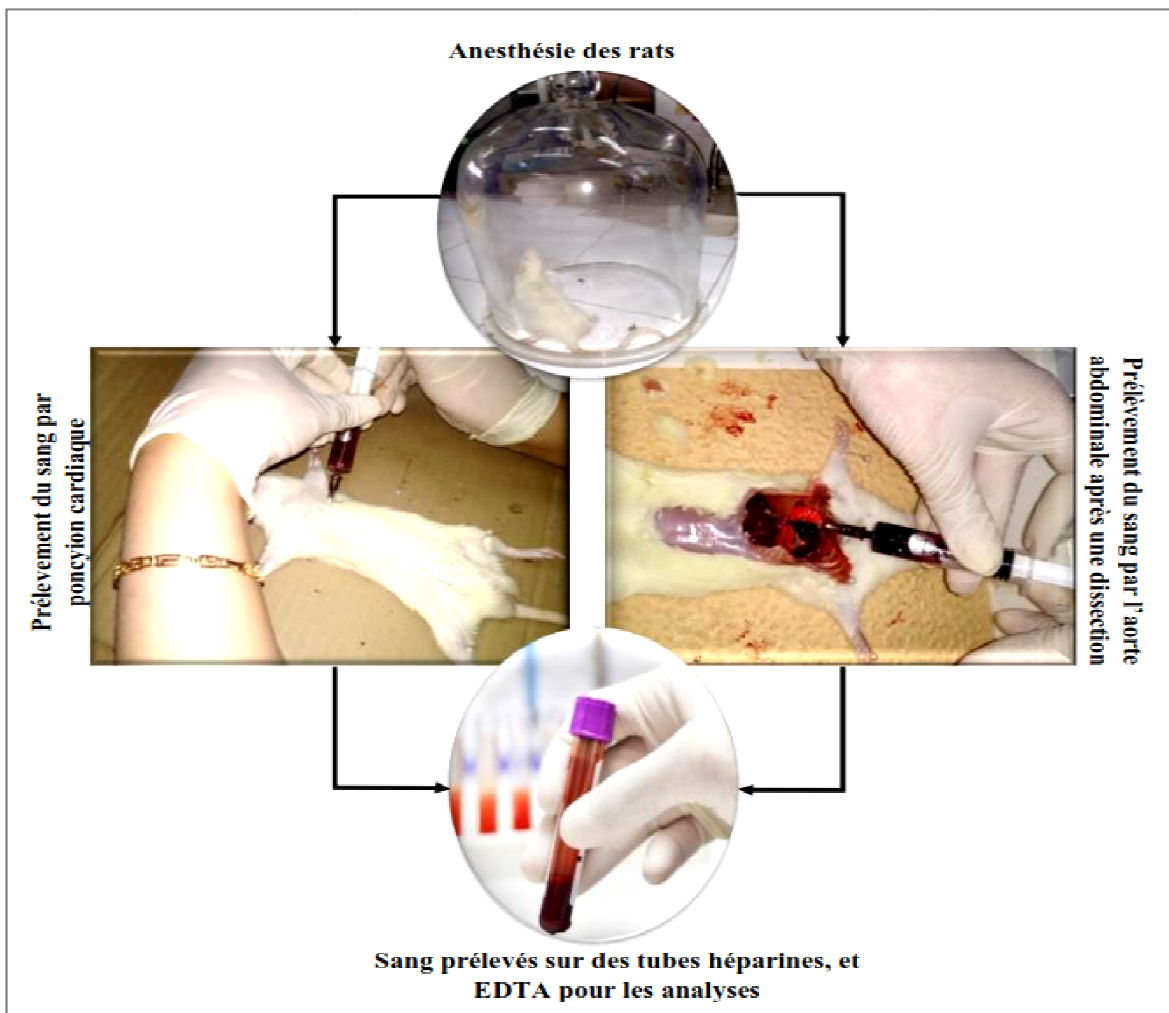


Figure 32 : prélèvement du sang par ponction cardiaque, et par ponction dans l'aorte abdominale



Tableau 07 : les étapes de réalisations des techniques de prélèvements (Janet Hof.,2000 ; Janis Ott Joslin,2009)

Prélèvement par l'aorte abdominale	Prélèvement par ponction cardiaque
<p>Anesthésier la souris selon la procédure en vigueur.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Placer l'animal en décubitus dorsal. • Vérifier la profondeur de l'anesthésie. • Ouvrir la cavité abdominale en forme de « V ». • Déplacer les intestins vers la gauche de l'animal. • Localiser et isoler l'aorte abdominale. • Utiliser une seringue de «3ml » ou « 5ml » insérer l'aiguille vers le bas à la base de l'aorte pour éviter de recevoir du sang au visage <ul style="list-style-type: none"> • Aussitôt l'aiguille insérée, soutirer le maximum de sang. • Procéder à une deuxième méthode d'euthanasie et vérifier la mort de l'animal avant de disposer de la carcasse (se référer à la PNF) 	<ul style="list-style-type: none"> • Anesthésier la souris selon la procédure en vigueur. • Vérifier la profondeur de l'anesthésie. • Placer l'animal en décubitus dorsal, fixer les pattes avant de chaque côté à l'aide Sur une planche de liège. <p>Palper la pointe du sternum et la dépression qui se trouve à sa gauche</p> <p>Appliquer de l'alcool afin de bien visualiser le site.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utiliser une seringue de «3ml » ou « 5ml » <p>Insérer doucement l'aiguille dans la dépression, biseau vers le haut, à un angle de 30 à 45 degrés, en exerçant une pression négative sur le piston de la seringue.</p> <p>Et soutirer le sang</p>

II.3.5.Dosage des protéines de l'inflammation

Les causes les plus fréquentes de dysprotéïnémie (après la déshydratation qui conduit à une hyperprotéïnémie) sont les processus inflammatoires. La concentration de certaines protéines de phase aigüe positive augmente en moins d'un jour en cas d'inflammation Les principales protéines de phase aigüe positive sont les suivantes :

➤ **Fibrinogène**, précurseur de la fibrine, consommé lors de phénomènes hémostatiques au niveau de lésions vasculaires ; il est absent dans le sérum,

➤ **Protéine C réactive**, il s'agit de protéine de synthèse essentiellement hépatique de cinétique rapide, sensible, précoce, spécifique au syndrome inflammatoire , son évolution peut être très importante, sa cinétique est rapide et son pic plasmatique est atteint en 6 heures, sa demi de vie est de 8 à 12 heures. Elle initie la fixation du complément à la



bactérie et induit la production de cytokines, la société française de biologie clinique la recommande comme le meilleur marqueur de l'inflammation.

➤ **Amyloïde A sérique**, permet le recrutement de cellules inflammatoires au niveau du site inflammatoire (Epstein, *et al* 1999).

Les protéines de la phase aigüe négative sont les protéines dont la concentration diminue lors d'un processus inflammatoire : leur concentration diminue car leur production hépatocytaire est diminuée par l'action de cytokines. Les principales protéines de la phase aigüe négative sont les suivantes :

➤ **Albumine**, ayant un rôle majeur dans le maintien de la pression osmotique, source d'acides aminés, et transporteur de cations (Ca^{2+} , Mg^{2+}).

➤ **Transferrine**, transporteur de fer.

Il ya aussi d'autres paramètres pouvant mettre en évidence l'existence d'un processus pouvant être responsable d'une réponse inflammatoire comme la FNS (hyperneutrophilie, anémie microcytaire) et le taux des plaquettes (thrombocytes)

Pour notre étude nous avons réalisé le dosage des paramètres sériques de l'**albumine**, et de la protéine C réactive **CRP** et de la fraction totale de numération sanguine **FNS** , qui sont mesurés par des méthodes immunochimiques et spectrophotométriques réalisées au niveau d'un Laboratoire d'analyse clinique privé à Sidi Bel-Abbes, utilisant un spectrophotomètre Beckman coulter Synchro CX-9 clinical system ALX.

III. Analyses statistiques

Les résultats de différents paramètres sont représentés par la moyenne \pm erreur standard de la moyenne. Tous les paramètres physico-chimiques mesurés ont été testés en utilisant l'analyse de variance (ANOVA) afin d'analyser les effets des facteurs site et espèce et l'interaction entre les deux facteurs. La comparaison des moyennes est réalisée à l'aide du test t de « Student» pour le dernier paramètre analysé (activité anti-inflammatoire). Les différences significatives ont été établis au niveau $p < 0,05$. L'analyse statistique est réalisée à l'aide du logiciel **STATISTICA (version 6.1.478.0 Statsoft)**



I.1. Les espèces de Terfess identifiées

L'étude taxonomique réalisée par observation à l'œil nu, à la loupe binoculaire et au microscope optique, nous a permis d'identifier quatre (04) espèces de truffes du désert récoltées à partir de différentes stations d'étude.

Le test de Melzer nous a permis d'avoir deux colorations des spores : trois espèces que leurs spores se colorent en jaune, c'est le genre *Terfezia*, et une espèce que ses spores prennent une teinte grise bleue c'est le genre *Tirmania* (Trappe., 1979 ; Alsheikh., 1994).

Ces espèces appartiennent à la famille des *Pezizaceae* et sont réparties sur deux (02) genres *Terfezia* et *Tirmania*, à savoir :

- [1] *Terfezia boudieri* Chatin (**Tb1**), connue sous le nom vernaculaire "Terfesse Lakhel" (Truffe noir) ;
- [2] *Tirmania nivea* Trappe (**Tin2**), communément appelée "Terfesse Labyadh", (Truffe blanche) ;
- [3] *Terfezia claveryi* Chatin (**Tc2**), connue localement sous le nom de "Terfesse Lahmar" (Truffe rouge) ;
- [4] *Terfezia arenaria* (Moris) Trappe (**Ta3**), connue sous le nom vernaculaire "Terfesse Lakhel".




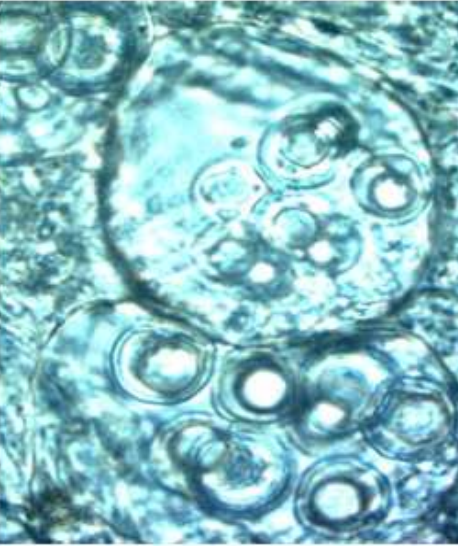
Les pays d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Libye, et l'Égypte) présentent une grande diversité d'espèces de truffes du désert. Une douzaine d'espèces sont réparties un peu partout, avec une distribution spécifique en fonction de la nature du sol et du climat (Diez *et al.*, 2002 ; Chevalier, 2014 ; Khabar, 2014).

Toutefois, certaines espèces de truffes ont été retrouvées au Botswana en Afrique du Sud (Marasas et Trappe, 1973 ; Trappe *et al.*, 2008) et en Amérique du Nord (Trappe et Sundberg, 1977).




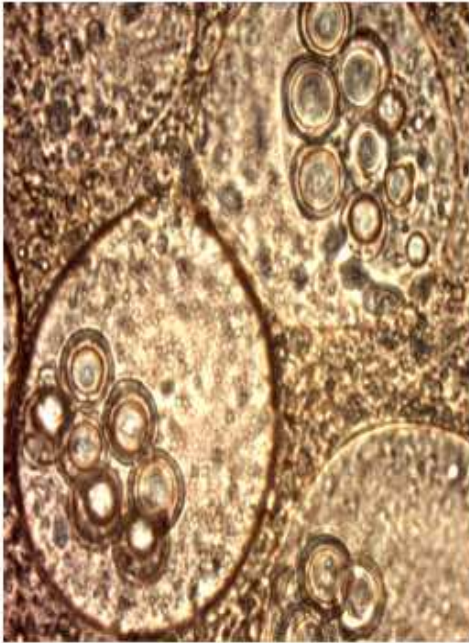
Selon Ibn Tattou., 2001, *T. nivea* est une espèce endémique du nord africain, et elle est décrite pour la première fois en Algérie à Biskra, à Barika et à Batna par Chatin (1891). Fortas et Chevalier (1992), rapportent que cette espèce a été également repérée à l'Ouest de Naâma et dans la région de Zeriguët à Béchar. Ainsi Khabar., (2014) a signalé que Les espèces du genre *Tirmania* sont les plus abondantes dans les zones arides, subsahariennes et sahariennes du bassin méditerranéen et à la péninsule arabe.



Tableau 08 : Les résultats d'identification et les descriptions mycologiques des espèces de Terfez prospectées

L'espèce de Terfez , et sa région de prospection	La forme et les caractéristiques macroscopiques	La forme et les caractéristiques microscopiques
<p><i>Terfezia boudieri</i> Chatin</p> <p>Tebelbala (Bechar)</p> <p>(Diez et al.,2002 ;Slama et Neffati.,2004 ;Slama et al.,2006 ;Ammarellou et al.,2007 ; Ammarellou et Saremi.,2008)</p>	<p>-Péridium épais a une surface unie, de couleur brun foncé et noirâtre à la maturité</p> <p>-Gléba est rose saumon à maturité avec des veines plus pales avec une saveur agréable</p> 	<p>-Asques Subgobuleux non amyloïdes</p> <p>-Ascospores de 5 à 8 par asque, sphériques de 20 à 25 µm et décorées avec des verrues arrondies</p> 
<p><i>Tirmania nivea</i> Trappe</p> <p>Chellala (Al-Bayadh)</p> <p>(ALsheikh et Trappe.,1983a ; Diez et al.,2002 Bradai et al.,2013)</p>	<p>-Péridium blanc quand il est retiré de la terre, en contact avec l'air il devient jaunâtre</p> <p>-Gléba est de couleur blanche pale avec plusieurs veines pales</p> 	<p>-Asques amyloïdes contenant de 4 à 8 spores</p> <p>-Ascospores lisses et ovales de 16-18 à 12-15 µm</p> 



<p><i>Terfezia claveryi</i> Chatin</p> <p>Chellala (Al-Bayadh)</p> <p>(Fortas .,1990 ;Mohammed benkada.,1999; Diez et al.,2002 ;Bradai et al.,2013)</p>	<p>-Péridium brun rougeatre -Gléba est blanchatre au début puis devenantrose saumon avec des venes plus pales, mais parfois brun jaunatres en contact avec l'aire</p> 	<p>-Asques globuleux non amyloïdes avec 8 spores -Ascospores sont de forme sphérique de 17à 25 µm . la surface des ascospores est un peut alvéolés</p> 
<p><i>Terfezia arenaria</i> Trappe</p> <p>Mécheria (Naama)</p> <p>(Fortas .,1990 ; Diez et al.,2002 ;Bradai et al.,2013)</p>	<p>-Péridium blanc d'abord, puis brun foncé à la maturité -Gléba est blanchâtre au début puis devenant jaune rosâtre rose avec des veines pales</p> 	<p>-Asques sont globuleux à subglobuleux non amyloïdes, avec 8 ascospores de 25à 30 µm décorés avec des petits verrues</p> 



I.2. Les principes nutritionnels des Terfess

Diverses études ont prouvé que les caractéristiques alimentaires des ascocarpes de Terfess changent d'une espèce à une autre selon l'âge, la région, le type du sol et les facteurs climatiques (Ahmed *et al.*, 1981 ; Bokhary et Parvez., 1993 ; Kagan-Zur., 1998 ; Hussain et Al-Ruqaie, 1999 ; Dabbour et Takruri, 2002a ; Murcia *et al.*, 2003 ; Barros *et al.*, 2008 ; Liu *et al.*, 2012 ; Pereira *et al.*, 2012 ; Reis *et al.*, 2012)

Les résultats de la composition nutritive sont mentionnés dans la **Figure 33**. Le taux d'humidité le plus élevé est celui de **Tb1** avec une proportion de $84 \pm 0,5$ %, Ce taux d'humidité est plus important que celui trouvé par Hamza *et al.*, (2013) pour la même espèce *T.boudieri* de la Tunisie. En deuxième lieu on remarque que **Ta3** présente un taux d'humidité de $78 \pm 0,3$ %, puis **Tc2** avec $73,5 \pm 0,2,5$ % et le plus faible taux pour **Tin2** avec $68 \pm 0,2$ %. On note qu'il ya une différence significative entre toutes les espèces des différentes régions ($P < 0,05$). Ces résultats corroborent ceux rapportés par Al-Laith, (2010) pour les truffes fraîches du désert comme *Tirmania nivea* du Bahreïn, Iran, Maroc et l'Arabie Saoudite.

On remarque qu'il ya des taux comparables de cendres entre L'espèce **Tb1** de Tabelbala ($07,25 \pm 0,55$ %) et l'espèce **Ta3** de Mécheria ($06,75 \pm 0,45$ %), qui présentent toutes les deux des taux de cendres importants par rapport aux autres espèces. En revanche aucune différence n'est remarquée pour les deux espèces de la même région de Chellala, ces résultats sont en accord avec le rôle écologique des Terfess qui sont connus pour fournir à leur plantes symbiotiques (Hélianthèmes) des éléments minéraux tels que P, N, Zn, K, Cu, Sr, et S et par conséquent représentent une bonne source de ces derniers (Sakri., 1989 ; Awameh et Alsheikh., 1979b ; Chellal., 1995 ; Al-Rahmah., 2001 ; Shavit., 2008 ; Roth-Bejerano., 2008).

Divers auteurs (Al-Naama *et al.*, 1988 ; Agaoglu., 1992 ; Hashem & Al-Obaid., 1996 et Callot., 1999) ont montré que l'espèce de *Terfezia boudieri* est considérée comme une bonne sources de fer et de zinc, ces deux micro éléments interviennent généralement dans la constructions des métalloenzymes .

Les résultats de notre étude ont montré que les valeurs moyennes des protéines pour chaque espèce sont significativement plus élevées chez **Tb1** de Tabelbala (site S1) par rapport à celles de **Tin2** et **Tc2** de Chellala (site S2) et de **Ta3** de Mécheria (site S3). Ainsi les valeurs se présentent en ordre décroissant comme suit:

Tb1 ($13,32 \pm 0,14$ %) > **Tc2** ($12,87 \pm 0,09$ %) > **Tin2** ($11,97 \pm 0,03$ %) > **Ta3** ($7,75 \pm 0,08$ %).



donc aux mêmes facteurs climatiques. On peut expliquer les différences en ces métabolites par l'effet de la plante symbiotique (mycorhize) sur la truffe associée de laquelle elle tire bénéfice. La plante fournit aux truffes les produits photosynthétiques tels que des sucres et la truffe fournit à la plante les sels minéraux et l'eau (Chevalier et Frochot, 1997 ; Smith et al., 2007). D'un point de vue physiologique, cette plante (Hélianthème) accumule les hydrates de carbone totaux disponibles dans tous les organes ; les sucres solubles dans les organes reproductifs et les protéines brutes dans la partie aérienne. Durant la saison sèche, elle se protège en augmentant les teneurs en protéines brutes et en azote solubles dans les organes végétatifs (Wichens., 1988 ; Haloubi., 1988 ; Fortin et al., 2008).

La valeur énergétique la plus élevée des truffes étudiées est celle concernant *T. boudieri* (**Tb1**) de Tabelbala avec 547,29 kj/100 g MS . Cette valeur est faible devant 2451.20 ± 186.62 kj de *T. pinoyi* de la Lybie (Stojković, 2013).

D'après Aboud et Rouhm., (2008) les espèces de Terfess brunes sont les plus riches en lipides, en minéraux et plus pauvres en vitamine C que les espèces de Terfess blancs.

D'après les résultats concernant le dosage de vitamine C, nous avons observé des valeurs qui sont significativement hyper différentes quelque soit l'espèce et le site de la récolte. On remarque que **Tin2** et **Tc2** sont trop riches en acide ascorbique avec respectivement des proportions de l'ordre de 2294 ± 15 , et 2174 ± 13 $\mu\text{g/g}$ MS. Sawaya et al.,(1985) ont montré que la teneur en acide ascorbique chez *T.claveryi* de l'Arabie saoudite est de 5.10mg/100g ce qui est élevé par rapport à *T.claveryi* de l'Iraq (Abdul Majid et al.,2016) . La plus faible teneur en cette vitamine concerne l'espèce **Tb1** de Tabelbala mais cette dernière paraît plus riche en acide ascorbique comparée aux résultats rapportés par Sawaya et al., 1985 ; Hamza et al., 2013 pour la même espèce. Cela prouve clairement la richesse des espèces de truffes algériennes en cette vitamine. L'un des rôles importants de cette vitamine est son **effet antioxydant** qui protège les cellules contre les dommages infligés par les **radicaux libres**, son rôle préventif contre la pneumonie et son effet stimulant sur le système immunitaire (Hemilä et Louhiala, 2013).

Les teneurs en vitamines C (en $\mu\text{g/g}$ MS) pour nos truffes sont rapportées dans la **Figure 34** et se présentent dans l'ordre décroissant comme suit:

Tin2 (2294 ± 15) > **Tc2** (174 ± 13) > **Ta3** (1064 ± 8) > **Tb1** (574 ± 9).

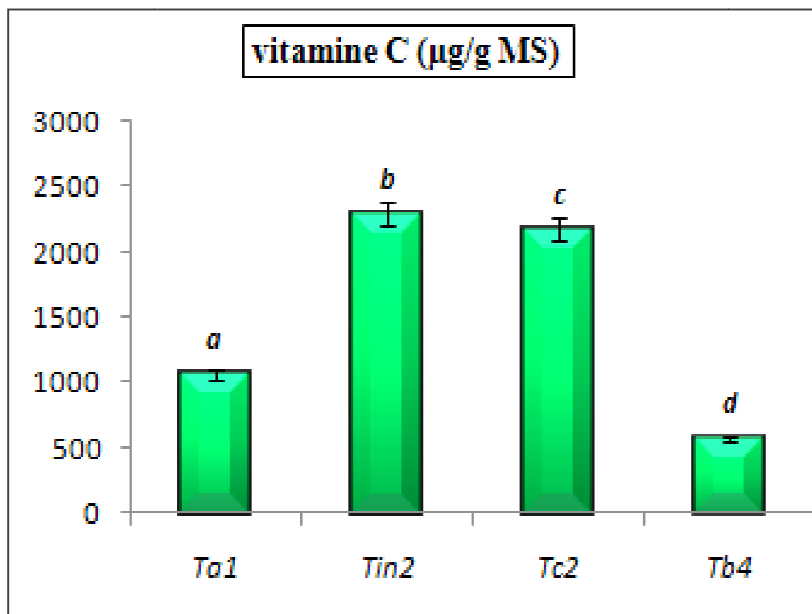


Figure 34 : Teneur en vitamine C des Terfess étudiées

Les lettres différentes indiquent des différences significatives (Test de Tukey, $p < 0,05$) entre les espèces de différents sites.

D'après tout ces résultats on peut considérer que les Terfess ont peu de calories et de lipides, plus de protéines, de vitamines, et de sels minéraux, donc se sont des aliments diététiques de choix pour l'homme. (Andreoti et Casoli, 1968 ; Ackerman *et al.*, 1975 ; kiraly et Bratek, 1992 ; Callot, 1999 ; Khabar *et al.*, 2004 ; Murcia *et al.*, 2003 ; Barros *et al.*, 2008 ; Liu *et al.*, 2012 ; Pereira *et al.*, 2012 ; Reis *et al.*, 2012).

I.2. Rendement d'extraction

L'extraction est une étape très importante pour l'isolement et l'identification des principes actifs à haute valeur ajoutée à partir de la matière végétale ou fongique, notamment le cas des polyphénols, qui suscitent actuellement beaucoup d'intérêt grâce à leur activités biologiques diverses en particulier leur propriétés antioxydantes (Su *et al.*, 2006)

De nombreuses études ont montré l'influence de différentes conditions d'extraction sur les rendements d'extraction des composés phénoliques d'origine végétale ou fongique, tels que le temps et la température d'extraction, le pH, la composition chimique des échantillons et la polarité du solvant (Tabart *et al.*, 2009 ; Jayaprakasha et Bhimanagouda, 2007).

L'extraction est faite après séchage des truffes à l'ombre et leur transformation en poudre. En fait, l'utilisation d'un matériel sec est recommandé du moment que les flavonoïdes peuvent être soumis à une dégradation enzymatique quand le matériel végétal est frais ou non séché (Marston et Hostettmann., 2006).



Les fermentations microbiennes causées par l'humidité peuvent être la cause de cette dégradation (Seidel, 2005). Le séchage des truffes à l'obscurité prévient les transformations chimiques telles que l'isomérisation et la dégradation causées par les radiations ultraviolettes de la lumière solaire (Jones et Kinghorn, 2005). L'utilisation des truffes sous forme de poudre présente l'avantage d'améliorer l'extraction du fait de rendre l'échantillon plus homogène, en augmentant la surface de contact avec le solvant et en facilitant sa pénétration à l'intérieur des cellules qui ne sont pas détruites après le broyage.

L'extraction faite par macération et menée sous agitation continue pendant 48h, permet d'extraire le maximum de composants bioactifs et de prévenir leur dénaturation ou modification probable (Hagermann *et al.*, 2000).

Des auteurs ont montré que le méthanol reste le solvant le mieux choisi pour extraire les antioxydants d'une plante (Sun *et al.*, 2007; Zeng *et al.*, 2012).aussi d'autres études montrent que l'eau fait partie des solvants les plus utilisés pour une haute récupération de composés phénoliques (Bouzid *et al.*, 2011) et l'obtention d'une bonne activité antioxydante (Barros *et al.*, 2010).

Nos extraits de Terfess ont de couleurs différentes, avec une odeur faiblement piquante, exquise et de sapide fongique. Leurs rendements d'extraction sont relativement importants (**Tableau 09**)

L'extrait brut de **Ta3** enregistre un très fort rendement de l'ordre de $27\pm 0,14\%$ suivi par les extraits de **Tin2** et **Tc2** qui montrent une similitude de pourcentage (22%) due probablement au fait que les deux truffes appartiennent à la même aire géographique, tandis que l'extrait méthanolique de **Tb1** montre le plus faible rendement de $20\pm 0,15\%$. Les hauts rendements des truffes du désert peuvent être dus à leurs hautes teneurs en composés phénoliques (Tsai *et al.*, 2006).

Nos valeurs sont similaires à celles rapportées par Mau *et al.*, 2004 pour les champignons de Taiwan (20.86-30.9%), à celles rapportées par Puttaraju *et al.*, 2006 pour ceux de l'inde (20 – 32%) et à celles rapportées par Zeng *et al.*, 2012 pour les champignons australiens (10-39%). En revanche nos valeurs sont supérieures à celles rapportées par Hamza *et al.*, 2013 pour *Terfezia boudieri* de la Tunisie (21%). toutes ces études ont utilisé le méthanol comme solvant d'extraction.



total en phénols et flavonoïdes des espèces de truffes, même si le solvant utilisé est identique (Lee *et al.*, 2003).

Les fonctions biologiques des polyphénols et des flavonoïdes en dehors des propriétés antioxydantes comprennent la protection contre les allergies, l'inflammation, l'agrégation plaquettaire, les microbes, les ulcères, les virus et les tumeurs (Ogunleye et Ibitoye, 2003 ; Carcho et Ferreira, 2013). Des études épidémiologiques recommandent que la maladie coronarienne soit traitée par les flavonoïdes alimentaires (Wadood *et al.*, 2013).

Les tanins sont traditionnellement utilisés pour la protection des surfaces enflammées de la bouche et le traitement du catarrhe, des hémorroïdes et la diarrhée. Ils ont un pouvoir de stopper les hémorragies et de lutter contre les infections (Ghestern. *et al.*, 2001 ; Diallo, 2005 ; Senthilkumar, 2013).

Les résultats du dosage des polyphénols, flavonoïdes et tannins des extraits méthanoliques de nos Terfess sont regroupés dans la **Figure 35**.

La forte hydrophobicité des caroténoïdes conditionne leur répartition dans l'environnement cellulaire. Les caroténoïdes sont associés aux bicouches lipidiques membranaires. Grâce à leur longue chaîne polyinsaturée, les caroténoïdes sont de bons piègeurs de radicaux libres (Faure *et al.*, 1999). Ils sont d'abord connus par la capacité de certains d'entre eux à être convertis en vitamine A, une vitamine essentielle et indispensable à la vision, à la préservation des tissus épithéliaux et au système immunitaire. Ils exercent une action préventive contre un certain nombre de maladies dégénératives (Krinsky, 1998 ; Beutner *et al.*, 2001).

II. 1. Evaluation de l'activité antioxydante

Plusieurs méthodes sont utilisées pour évaluer *in vitro*, l'activité antioxydante par piégeage de radicaux différents, comme les peroxydes ROO[•] par les méthodes ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) et TRAP (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter); les ions ferriques par la méthode FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Parameter); ou les radicaux ABTS[•] (sel d'ammonium de l'acide 2,2'- azinobis-3-ethyl benzothiazoline -6- sulfonique), ainsi que la méthode utilisant le radical libre DPPH[•] (Popovici, 2009 ; Ozen, 2009).

Parmi ces différentes méthodes, les tests DPPH et FRAP sont les deux méthodes qui ont été prises en considération pour l'évaluation de l'activité antioxydante des extraits méthanoliques des truffes étudiée dans ce travail.

II.1.1. Test du radical DPPH[•]

L'activité antiradicalaire des quatre extraits des différentes espèces de truffes vis-à-vis du radical DPPH est évaluée à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à 517 nm en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette à la couleur jaune (Duh *et al.*, 1999 ; Chang *et al.*, 2002).

Le test de DPPH est une méthode fréquemment employée pour évaluer le potentiel antioxydant de différents composés naturels vue sa rapidité, sa fiabilité et son faible coût (Senthilkumar *et al.*, 2012).

Le DPPH a été largement employé comme un radical libre pour évaluer la réduction des substances, et c'est un réactif utile pour étudier les activités antiradicalaires des composés (Soares *et al.*, 1997 ; Senthilkumar *et al.*, 2012). Les résultats du pouvoir antiradicalaire des différents extraits des Terfess étudiés, exprimé en pourcentage d'inhibition du radical DPPH sont représentés dans la **Figure 37**.

Les extraits sont capables de piéger le radical libre DPPH[•] de manière concentration-dépendante. D'après la **Figure 37** on constate que les allures des courbes sont différentes d'un extrait à un autre et que le taux d'inhibition du DPPH augmente avec l'augmentation de la concentration. L'extrait Méthanolique **Tb1**, réduit fortement le radical DPPH[•] par rapport aux autres extraits où les extraits de **Tin2** et **Tc2** ont la plus faible capacité de réduction du radical DPPH[•] ceci est démontré par l'allure exponentielle du graphe. L'extrait de **Tb1** a exercé une activité anti radicalaire de 90% à la concentration de 1mg/ml. Cet effet est

D'après les valeurs d'IC₅₀, l'extrait méthanolique de **Tb1** représente l'extrait le plus actif sur le radical DPPH avec une IC₅₀ de 0.36±0,02 mg/ml, suivi par l'extrait de **Ta3** avec une IC₅₀ de 0,50±0,04 mg/ml, tandis que les extraits de **Tin2** et **Tc2** de qui provient de la même région possède l'activité la plus faible avec des IC₅₀ comparables de 1,01±0,02 mg/ml et 1,02±0,02 mg/ml respectivement.

Selon [Popovici \(2009\)](#), plusieurs facteurs influent sur le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport Antioxydant/DPPH[•], type de solvant, pH) et le profil phénolique en particulier.

La classification des différents extraits méthanoliques de nos Terfess selon leur activité antioxydante d'ordre décroissant est la suivante: acide ascorbique > extrait de **Tb1** > extrait de **Ta3** > extrait de **Tin2** > extrait de **Tc2**.

L'IC₅₀ de notre extrait **Tb1** est supérieure de celle trouvé par [Hamza et al ., \(2013\)](#) qu'ont rapportés que l'IC₅₀ d'extrait méthanolique est de 0.20 mg/ml ainsi l'extrait éther de pétrole est de 0.30 mg/ml, par contre [Stojkovic et al., \(2013\)](#) et [Gouzi et al., \(2013\)](#) ont trouvés des valeurs qui varient entre 1.80 à 3.22 mg/ml des IC₅₀ des extraits méthanolique des truffes pour *T.pinoyi*, *T.arenaria*, et *T.nivea*. Ces IC₅₀ sont supérieurs au IC₅₀ trouvés pour nos extraits étudiés ce qui prouve que nos espèces de Terfess prospectées de différentes régions de l'ouest algérien sont des sources incontestables riches en produits antioxydants naturels.

II.1.2. Test de FRAP

La réduction directe du complexe Fe³⁺ ferricyanure qu'est une méthode relativement rapide, simple et économique est utilisée pour le screening du pouvoir réducteur des extraits des truffes.

Le pouvoir réducteur d'un l'extrait, qui peut servir comme réflexion de son activité antioxydante, est déterminé en utilisant le test de réduction Fe³⁺ en Fe²⁺, par lequel la couleur jaune de la solution d'essai change en couleur bleue-verte et cela selon la puissance réductrice de l'échantillon. La présence des antioxydants dans l'échantillon cause la réduction du complexe Fe³⁺/ferricyanure en Fe²⁺, Par conséquent, Fe²⁺ peut être évalué en mesurant l'augmentation de la densité de la couleur bleue dans le milieu réactionnel à 700 nm. L'absorbance la plus importante indique le pouvoir de réduction le plus grand ([Meir et al., 1995](#) ; [Chung et al., 2002](#) ; [Do et al., 2013](#)).

En outre, les truffes sont utilisées comme un aliment médicinal pendant plusieurs siècles en raison de leur richesse en antioxydant comme la vitamine A, C, et beaucoup d'autres composés phénoliques qui sont très spécialisés pour piéger et réduire les radicaux peroxy, qui incitent à la peroxydation lipidique (Gazzani et al., 1998a ; Gazzani et al., 1998 b ; Murcia et al., 2002 ; Salah, 2005 ; Stanikunaite et al., 2009 ; Al-Laith, 2010 ; Guo et al., 2011). Cependant, nos précédents résultats montrent que les composants antioxydants des truffes du désert algérien ont un grand intérêt comme agents protecteurs capables de réduire les dégâts oxydatifs.

II.2. Evaluation de l'activité antimicrobienne des Terfess

Face aux problèmes de la résistance bactérienne aux antibiotiques, beaucoup de travaux sont menés sur le pouvoir antimicrobien des produits naturels extraits de plantes et de champignons (Skiest et al., 2007; Aldebasi et al., 2013; Burton et al., 2005).

Lors de cette étude, nous avons testé l'action des extraits méthanoliques de différentes espèces de Terfess qui proviennent de différentes régions vis-à-vis de douze souches bactériennes (Gram-positif et Gram-négatif) et deux souches fongiques (levures).

Le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre et d'un extrait à un autre. La variation de l'activité antimicrobienne des extraits explique les variations de leurs compositions chimiques et l'efficacité antibiotiques de ces composants.

Les résultats de la présente étude révèlent que tous nos extraits ont réagi positivement au moins sur une des souches bactériennes testées ce qui confirme que les extraits méthanoliques des Terfez sont doués de propriétés antibactériennes. Contrairement aucune inhibition n'est remarquée contre les souches fongiques testées.

Djenane et al (2012) ont supposé que chaque diamètre (\emptyset) d'une zone d'inhibition a une signification ; $\emptyset < 8$ mm : bactérie non sensible ; $9 < \emptyset < 14$ mm : bactérie sensible ; $15 < \emptyset < 19$ mm : bactérie très sensible et $\emptyset > 20$ mm : bactérie extrêmement sensible. L'action bactériostatique se traduit par l'apparition d'une zone d'inhibition autour du puits contenant l'extrait de Terfess (**Figure 39**).

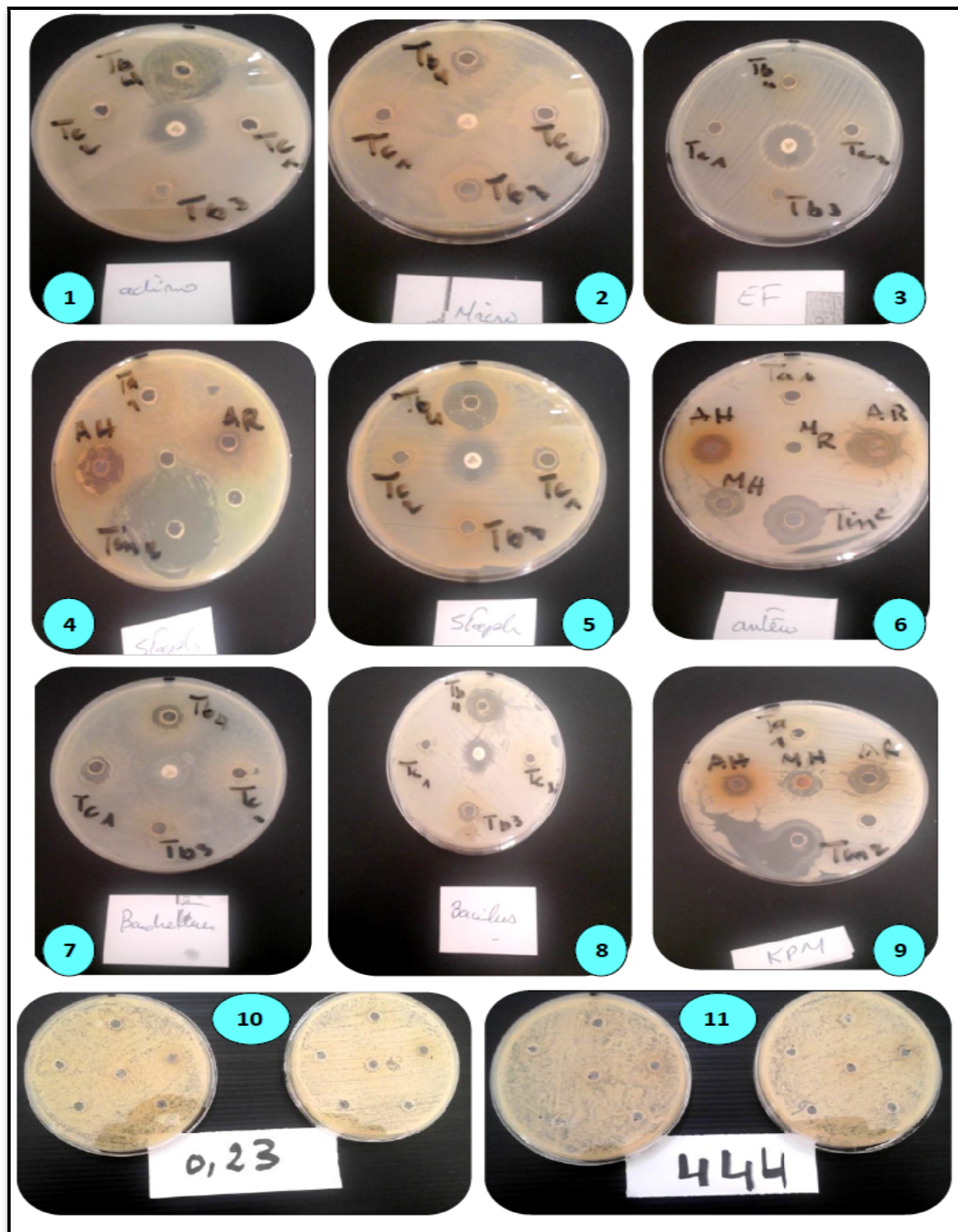


Figure 39: Résultats de diffusion des extraits des Terfez sur le milieu gélosé sur :
 1- *Acinetobacter baumannii*, 2- *Micrococcus luteus*, 3- *Escherichia coli*, 4- *Staphylococcus aureus*, 5-
Staphylococcus aureus methicillin resistant, 6- *Enterococcus faecalis*, 7- *Bordetella bronchiseptica*, 8- *Bacillus*
subtilis, 9- *klebsiella pneumoniae*, 10-11- *Candida albicans* ATCC10231 , IP444GG

A partir de cette classification ; on constate que les bactéries *Pseudomonas aeruginosa* et *Citrobacter freundii*, se révèlent les plus résistantes pour tous les extraits (non sensibles).

En plus Les souches de *klebsiella pneumoniae* et de *Salmonella ebony* semblent aussi résistantes plus que *Micrococcus luteus* qui est inhibé fortement avec l'extrait **Tb1**, et moyennement avec l'extrait **Tin2**, et *Escherichia. Coli* qui montre une sensibilité sauf vers les extraits de **Tb1** et **Tc2**.

On note aussi que la souche *klebsiella pneumonia* montre une hypersensibilité seulement vis-à-vis de l'extrait de **Tin2** avec un diamètre d'inhibition de $25,66 \pm 0,57$ mm.

Acinetobacter baumannii est la seule bactérie Gram négatif qui montre une sensibilité vis-à-vis de tous nos extraits des différentes espèces de Terfess avec une hypersensibilité à l'extrait de **Tb1** à raison de 26 ± 01 mm et une sensibilité à **Tin2**, **Ta3** et **Tc2** avec des diamètres de $18,66 \pm 1,52$ mm, $16,66 \pm 0,57$ mm et $9,66 \pm 0,57$ mm respectivement (**Tableau 11**)

La souche *Bordetella bronchiseptica* montre une sensibilité seulement vis-à-vis des extraits de **Tb1** et **Tin2**.

On remarque aussi que les bactéries Gram positif sont toutes sensibles à hypersensibles à nos extraits à l'exception de *Enterococcus faecalis* et *Micrococcus luteus* qui sont résistantes vis à vis l'extrait de **Tc2**. En revanche la dernière souche bactérienne *M. luteus* semble aussi résistante contre l'extrait de **Ta3**. Par contre elle montre une hypersensibilité à l'extrait de **Tin2** à raison de 30 ± 01 mm.

D'après ces résultats, on note que l'extrait le plus actif est celui de **Tin2** suivi par l'extrait de **Tb1**. Ceci peut traduire le pourcentage élevé en vitamine C renfermée par la truffe blanche de Chellala, voire la truffe noire de Tabelbala qui montre une quantité inférieure en cette vitamine mais qui a une richesse absolue en tous les autres composés (**Tableau 11**).

Les résultats de la sensibilité des bactéries aux extraits des Terfess obtenus par la méthode de diffusion sur le milieu Muller-Hinton gélosé sont regroupés dans la **Figure n°40**.

les *Pseudomona* ce qui corrobore nos résultat. Ces auteurs ont aussi fortement suggéré que la substance bioactive présente chez ces truffes ressemble à la structure de la pristinamycine qui est un antibiotique de la famille des streptogamines indiqués pour les sinusites maxillaires aigu, les exacerbations de bronchite chronique, les infections cutanés et les infections ostéoarticulaires.

L'extrait acétonique de gléba fraîche de *T.claveryi* n'avait aucun effet sur la croissance des espèces bactériennes (*Salmonella Typhi*, *Staphylococcus aureus*, et *pseudomonas aeruginosa*) et fongiques testés (*Candida albicans*, *Fusarium oxysporum*, et *Phytophthora sp*) ([Benkada., 1999](#)). D'autres auteurs confirment que l'extrait acétate éthyl de *T. Pinoyi*, contient les composés qui ont inhibé la croissance de *S. aureus* et *B. subtilis*, mais pas de *P. aeruginosa*, *E. coli* et *Enterococcus sp* ([Dib-Bellahouel & Fortas., 2011](#)).

Les espèces levuriformes (*Candida albicans*, *Rhodotorula mucilaginosa*, et *saccharomyces oviformis*) testées sont fortement inhibées avec des fractions de différents extraits de *T. nivea* et *T. pinoyi*, qui confirment la présence de substances bioactives dans les corps fructifères de ces champignons tels que la Caryophylléne ([Dennouni, 1996](#), [Neggaz, 2010](#) ; [Neggaz, et al .,2015](#)).

Les champignons généralement et les truffes spécialement ; sont une source naturelle des composés antimicrobiens, comme les terpenoides, stéroïdes, anthraquinone et les dérivées acides benzoïque, quinolones et certains métabolites principaux comme acide oxalique ,des protéines et des peptides. En outre, quelques extraits de truffes sont connus pour produire un ou plusieurs mycotoxines ou des antibiotiques ([Janakat et al.,2004](#) ; [Evans et Solomon, 2011](#) ; [Alves et al., 2012](#)).

Les résultats obtenus reflètent l'efficacité de nos extraits méthanoliques des espèces de Terfess prospectées contre la croissance des bactéries Gram(+) spécialement, aussi pour quelques espèces Gram(-) par rapport aux antibiotiques couramment employés à titre curatif.

Pour les différents tests d'évaluation de l'activité antifongiques, on a remarqué l'absence totale de l'effet inhibiteur des extraits de nos Terfess sur les deux souches de levures. Il semble que ces espèces de truffe ne peuvent pas être considérées comme source potentielle d'antifongique, ou bien que le solvant et la méthode d'extraction sont inappropriés pour extraire leurs substances bioactives.

II.3.Potentiel anti-inflammatoires des extraits méthanoliques des Terfess prospectées

II.3.1. l'effet des extraits méthanoliques de truffes sur l'évolution de l'œdème de la patte de rat

L'étude de l'activité anti-inflammatoire des différents extraits méthanoliques de truffes est réalisée en utilisant la mesure du volume de l'œdème induit par la carragénine chez deux lots de rats, l'un traité par l'extrait de **Tb1**, et l'autre par celui de **Ta3** en les comparant à un lot témoin recevant de l'eau physiologique et un lot de référence recevant du Diclofénac un anti-inflammatoire non stéroïdien.

Cette technique est retenue en raison de sa simplicité d'exécution, de sa rapidité d'induction des symptômes caractéristiques de l'inflammation (développement de l'œdème dans l'heure qui suit l'injection, avec un effet maximal au bout de 5 heures) et également en raison de sa reproductibilité.

Le choix des extraits de ces deux espèces est basé sur la richesse de ces dernières en composants responsables de l'effet anti-inflammatoire tels que les polyphénols, flavonoïdes, tannins et vitamine C.

L'injection de 100µl de carragénine à 0,1% au niveau de la patte postérieure gauche du rat, provoque une inflammation visible dans l'heure qui suit cette injection, l'œdème augmente progressivement et atteint une intensité maximale ($7,15 \pm 0,24$ mm) au bout de 6h chez le lot témoin traité par NaCl 0,9% ($p < 0,001$).

L'extrait méthanolique de **Tb1** et **Ta3**, ne provoquent pas une diminution du volume des œdèmes des rats pendant les deux premières heures, cependant de la 3ème heure on remarque que l'extrait de **Ta3** montre une diminution de volume de l'œdème, peu remarquable que l'extrait **Tb1** et le lot traité par le Diclofenac (**Figure 41**).

La deuxième phase de l'œdème (1h30 à 3 heures) est due à la libération des substances prostaglandin-like à savoir la bradykinine et les leucotriènes. Au-delà de la 3^{ème} heure les prostaglandines sont synthétisées par les macrophages tissulaires (Wantana *et al.*, 2009; Perazzo *et al.*, 2013). Selon Cuzzoera *et al.* (1998), la phase tardive de la réponse inflammatoire est liée à la migration des neutrophiles et leur accumulation dans le site enflammé, où elles libèrent des espèces réactives de l'oxygène, des enzymes protéolytiques et d'autres médiateurs. La mesure de l'œdème est donc un excellent outil pour la quantification de l'inflammation cutanée, induite par les agents phlogistiques.

Peu de travaux ont concerné l'effet anti-inflammatoire des extraits de truffes. Une étude très récente de Saddiq *et al.*, 2016 a discuté et recommandé *T. claveryi* comme un remède anti-inflammatoire contre les maladies oculaires. D'autres études antérieures ont montré généralement que les extraits des plantes et les champignons ont des effets anti-inflammatoires (Agbonon, 2000 ; Pham, 2006 ; Adu-Amoah *et al.*, 2014).

Le Diclofénac utilisé dans notre expérimentation appartient à la famille des anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS). Ces molécules agissent primordialement sur les médiateurs de l'inflammation en agissant directement sur l'ADN. Cette interaction induit une inhibition de la transcription des gènes cibles impliqués dans la genèse des signes physiologiques de l'inflammation (œdème vasodilatation, rougeur, chaleur...).

La pharmacopée concède à la plupart des composés phénoliques une activité anti-inflammatoire (Chika *et al.*, 2012 ; Duru *et al.*, 2013 ; Ibrahim et Fagbonun., 2013a ; Enrechi et Nwodo., 2014).

Pour cela, on pourrait penser que l'activité anti-inflammatoire de nos extraits serait due aux polyphénols totaux, aux flavonoïdes et aux tanins, et voire les caroténoïdes qu'ils contiennent, et qui sont des antagonistes de l'histamine, des inhibiteurs de la phosphodiesterase, des piègeurs de radicaux libres. Il a été rapporté que les flavonoïdes, antioxydants naturels, joueraient un rôle très important dans le traitement des inflammations, des tumeurs et des affections bactériennes (Crummey *et al.*, 1987 ; Mascolo *et al.*, 1987 ; Nassis *et al.*, 1992 ; Uteshev *et al.*, 2000 ; He *et al.*, 2005 ; Ezeja *et al.*, 2011 ; Ibrahim & Fagbonun., 2013a et 2013b ; Duru *et al.*, 2013)

En outre, Les phénols et les flavonoïdes sont d'après [Schneider et Bucar \(2005\)](#) de puissants inhibiteurs de la 12-LOX. Selon [Kim et ses collaborateurs \(2006\)](#), l'acide gallique et ses dérivés sont responsables de l'inhibition de l'activation du MAPK, et l'inhibition de la fixation du NF- κ B, essentiels pour l'expression des cytokines pro-inflammatoires telles que l'histamine, TNF- α et IL-6. De plus, les tanins ont la capacité d'inhiber la phospholipase A2 ce qui conduit à l'inhibition des prostaglandines et des leucotriènes ([Glaser et al., 1995](#) ; [Lobo et al., 2010](#) ; [Da Silva et al., 2008](#)).

II.3.2.L'effet des extraits méthanoliques des truffes sur les protéines sériques et FNS du rat

D'un autre côté, l'activité *in vivo* de ces extraits des truffes a été assurée par le dosage des paramètres biochimiques sériques, et hématologiques des rats.

Les résultats des dosages sériques effectués sur les rats témoins, et les rats traités par les extraits méthanoliques des truffes sont résumés dans le **Tableau n° 12**

C'est en 1930, que William Tillet et Thomas Francis ont découvert la protéine C-réactive qui réagit avec le polysaccharide C du pneumocoque dans le sérum de patients présentant une inflammation aiguë ([Ablij., 2002](#)).

La Protéine C-Réactive (CRP) est un pentamère cyclique de 115 kDa chez l'homme, et de 129Da chez le rat ([Pepys., 1983](#)). La CRP exerce de nombreuses fonctions biologiques dont l'élimination des tissus endommagés, la régulation de la réponse inflammatoire, l'activation du complément, l'opsonisation, le contrôle de la phagocytose et la production de cytokines anti-inflammatoires ([Ballou et al.1992](#) ; [Cermak et al.,1993](#), [Du Clos., 2001](#), [Mold., 2002](#)). Elle possède la propriété de se lier sélectivement aux bactéries pathogènes et aux antigènes intracellulaires des cellules endommagées ([Geers et al., 2003](#)).

C'est l'une des protéines positives de la réaction inflammatoire, une protéine dont le taux plasmatique augmente rapidement dans les heures qui suivent une agression. En plus elle est retrouvée dans le sang de nombreux vertébrés ; mammifères, oiseaux et quelques poissons.de plus, une protéine possédant les mêmes propriétés a été décrite chez certains invertébrés comme *Limulus polyphemus* par exemple ([Bürger., 1992](#) ; [Watanabe., 1992](#) ; [Gillet., 2002](#))

Elle est largement considéré comme l'un des indicateurs de l'inflammation en médecine humaine et elle été suggérée en tant que biomarqueur précoces et sensibles de la

remarque que ces valeurs sont comparables entre nos lots traités par les Terfez et entre le lot référence de Diclofenac, ce qui traduit clairement l'efficacité anti-inflammatoire de nos extraits.

Nos valeurs des extraits méthanoliques des truffes apparaissent meilleurs significativement que les valeurs obtenues de l'extrait éthanolique de *Ziziphus jujuba* de [in Mansour., \(2016\)](#), où cet extrait éthanolique présente cependant un taux de CRPr de 635,5 µg/ml qui est supérieur à celui du Diclofénac et supérieurs aussi aux valeurs de nos extraits de Terfez. D'après l'expérimentation de quatorze semaines de [Dimitrov et al., 2014](#) la CRPr atteint un taux élevé de 947,51 µg/ml chez les rats obèses par rapport à celle des témoins (647,34 µg/ml).

La plupart des pathologies chroniques possèdent une composante inflammatoire. C'est le cas de l'obésité, du diabète de type II, des maladies cardiovasculaires et du cancer ([Hotamisligil., 2006](#)). Les différentes études menées sur les effets protecteurs des polyphénols et leurs métabolites dans ces contextes pathologiques ont montré que ceux-ci diminuaient les marqueurs de l'inflammation ([Gonzalez-Gallego et al., 2010](#)) et agissaient sur de nombreuses cibles moléculaires au centre des voies de signalisation de l'inflammation ([Santangelo et al., 2007](#)). De plus, il est maintenant connu que ces métabolites exercent leur activité anti-inflammatoire en agissant *in vitro* et *in vivo* sur l'activation du facteur de transcription NF-κB ([Santangelo et al., 2007](#)).

En plus des études menées chez l'homme sain ont montré que le suivi d'un régime riche en fruits et légumes était inversement corrélé aux marqueurs de l'inflammation (CRP, IL-6) dans le plasma ([SalasSalvado et al., 2008](#)), que la consommation des tannins et d'anthocyanes était associée à la diminution du taux de cytokines (IL-8, IL-13 et IFN-α) circulantes ([Karlsen et al., 2007](#)) ou encore que l'augmentation du pouvoir antioxydant du plasma dû à une consommation de jus de fruits concentré était associée à une diminution des cassures de brins d'ADN ([Nantz et al., 2006](#)). Alors on parle de phytothérapie anti-inflammatoire.

En ce qui concerne la mycothérapie où il y a 200 000 familles de champignons, il y en a 2 à 3 000 qui sont comestibles, il y en a 200 qui sont connus et seulement une centaine ayant des vertus thérapeutiques." Voilà pourquoi [Jean-Claude Secondé \(2014\)](#) conseille aux personnes en bonne santé de compléter leur alimentation en permanence avec des

champignons frais, en poudre ou sous forme de gélules. Les truffes font partie de ces précieux champignons qui sont riches en polyphénols, en polysaccharides, en caroténoïdes et en vitamines, qui jouent un rôle préventif contre les maladies inflammatoires, infectieuses, et même cancéreuses (Uteshev et al., 2000 ; He et al., 2005)

La concentration en protéines totales (PT) diminue sensiblement dans les premiers jours de la réaction inflammatoire, principalement en raison de l'exsudation plasmatique qui entraîne une diminution d'environ 20 % de la concentration en albumine et de la diminution de la synthèse hépatique d'albumine. (Conner et al., 1988 ; McNair et al., 1997)

L'albumine est une protéine (66 kDa), représentant environ 60 % des protéines plasmatiques, elle est exclusivement produite par le foie. En plus elle fait partie des protéines négatives de la réaction inflammatoire aiguë, on parle alors d'hypoalbuminémie. Elle exerce de nombreuses fonctions : action de ligand, propriétés de transporteur, fonctions antioxydantes et enzymatiques. Elle contrôle la pression osmotique, module l'inflammation et influence les dommages liés au stress oxydatif (Tamion., 2010)

Les résultats obtenus du dosage de cette protéine sont mentionnés dans le **Tableau n°12**. D'après les résultats obtenus, on note qu'il y a une diminution remarquable du taux d'albumine sériques chez les rats traités avec du NaCl 0,9% à celui des rats témoins E0 à raison de $3,64 \pm 0,03$ g/dl, on peut expliquer cette hypoalbuminémie par la présence d'une réaction inflammatoire persistante chez ces rats après 6^{ème} heure qui suivent l'administration de l'agent phlogogène.

Par contre on remarque que les lots traités avec de Diclofenac, des extraits méthanoliques **Tb1**, et **Ta3**, assurent une baisse comparable entre eux du taux de l'albumine sériques chez ces rats ce qui témoigne l'effet anti-inflammatoire important des extraits méthanoliques de *T.boudieri* **Tb1** de Tabelbala et *T.arenaria* **Ta3** de Mécheria comparativement au lot non traité de NaCl et en plus aussi l'effet anti-phlogogène de ces deux extraits qui est analogue au médicament de référence Diclofenac.

Cependant Engler (1995) fait remarquer que la plupart des **PPA** négatives sont des protéines de transport. La diminution de leur concentration plasmatique conduit à l'augmentation de la fraction libre, active, des ligands (vitamines, hormones, acides gras, oligo-éléments) qui jouent un rôle important dans la phase de restauration cellulaire.

leucocytes totaux, de neutrophiles segmentés et non segmentés, de monocytes, d'éosinophiles et de monocytes.

Au cours de l'inflammation, on observe généralement une hyperleucocytose. Les endotoxines bactériennes par exemple stimulent la production d'IL-1 qui agit sur la moelle osseuse pour augmenter la production de polynucléaires neutrophiles (PNN) dont les formes jeunes sont libérées dans le sang. Certaines chémokines exercent un effet ciblé sur certaines lignées de cellules sanguines : l'IL-8 sur le PNN, l'éotaxine sur l'éosinophile, le MCP-1 (monocyte chemo attractant) sur les monocytes. Toutefois, l'hyperleucocytose n'est pas constante dans les syndromes inflammatoires (Jain et al., 1978 ; Jain., 1993 ; Pillai et al., 2001)

Pour les hématies, chez l'homme l'anémie n'apparaît qu'après trois à quatre semaines d'inflammation et reste souvent modérée : entre 8 et 11 g d'hémoglobine par décilitre. Son intensité est en rapport avec la gravité de l'affection. Habituellement elle est normochrome et normocytaire mais devient microcytaire si l'inflammation persiste. Le taux de fer sérique est abaissé (Weill & Batteux., 2003).

Dans notre cas, on remarque une chute significative du taux des globules rouges chez le lot traité avec du Nacl à 0,9% par rapport au lot témoin E0, en revanche on remarque une similitude des résultats entre les lots traités avec les extraits méthanoliques de truffes et le lot traité avec du Diclofenac qui ont subi un effondrement modéré en hématies que le lot traité avec du Nacl à raison de ; $8,29 \pm 0,27$; $8,97 \pm 0,31$; et $8,74 \pm 0,67$ pour le lot du Diclofenac, **Tb1**, et **Ta3** respectivement.

Les plaquettes sont des éléments anucléées du sang circulant, jouant un rôle dans l'hémostase primaire et la coagulation plasmatique. L'inflammation étant reconnue comme un facteur d'hypercoagulabilité (par l'intermédiaire de l'augmentation du taux de fibrinogène) et de thrombocytose du fait de l'augmentation de la mégacaryopoïèse sous l'effet de l'IL-6. (Pottier et al.,)

Dans les conditions de notre expérience, on note une hyperplaquettose significative chez les lots de Nacl, du Diclofénac et les lots traités par les extraits des truffes par rapport à lot E0, ce qui assure la sévérité de l'inflammation surtout chez le lot traité avec du Nacl qui atteint la maximale valeur de $987 \pm 39,2$.

Les autres lots traités avec le traitement de référence et les extraits des truffes montrent un abaissement comparable des thrombocytes par rapport au lot du NaCl ce qui affirme l'efficacité des composés anti-inflammatoire de nos extraits qui est semblable au traitement de référence utilisé dans notre expérience.

Ces marqueurs hématologiques, cytologiques et biochimiques de l'inflammation permettent de mettre en évidence l'existence d'un foyer inflammatoire, en plus d'assurer l'efficacité ou non des anti-inflammatoires testés sur la sévérité d'un processus inflammatoire.

D'après tous ces résultats, nous avons constaté que nos extraits constituent un totem de substances d'activités diverses. Le fait que nos extraits aient exprimé simultanément leur effet par rapport au Diclofenac pourrait s'expliquer par la présence de substances actives dans ces derniers qui ont de ressemblance de propriétés pharmacocinétique et pharmacodynamique des composants actifs du produit de référence.

On dit qu'ils seront à l'origine d'un véritable renouveau de la pharmacopée mondiale au cours de ce siècle. Les experts parlent même d'une «révolution non-verte» qui est la mycothérapie. Cette science est aussi vieille que l'homme mais c'est juste ces dernières années que leur importance dans le domaine de la santé publique est très accentuée grâce aux thérapeutiques qu'elles procurent. Cette diversité en propriétés biologiques est liée certainement aux vertus thérapeutiques attribuées à une gamme extraordinaire de molécules bioactives synthétisées par le champignon, et qui agissent non seulement comme des agents chimique contre les maladies et les prédateurs mais aussi comme des agents médicaux tels que les antioxydants, anti-inflammatoires, antidiabétiques, immunomodulateurs et anti-cancers.

L'objectif primordial assigné à cette étude est l'évaluation de la composition en métabolites primaires et secondaire et la détermination des propriétés antioxydante, antimicrobienne et anti-inflammatoire des extraits méthanoliques de quatre espèces d'un champignon comestible médicinal algérien la truffe du désert ou Terfess (*Terfezia boudieri*, *Terfezia claveryi*, *Terfezia arenaria* et *Tirmania nivea*) récoltées de différentes régions du Sud-ouest Algérien.

Dans un premier temps, l'analyse phytochimique quantitative de ces extraits de truffes a mis en évidence la richesse en composés du métabolisme primaire et secondaire de l'espèce *T. boudieri* de Tabelbala suivie par *T. arenaria* de Mécheria par rapport aux autres espèces étudiées. Cela confère aux truffes de ces régions leur renommée comme excellente source de protéines, de lipides, de vitamines et de minéraux comparées à d'autres champignons comestibles et même à d'autres truffes des pays voisins comme nous cité précédemment.

D'autre part, nos extraits des différentes truffes prospectées montrent un pouvoir antioxydant très important où l'extrait de *T. boudieri* inhibe à 90% le radical libre DPPH à une concentration de 1mg/ml suivi par celui de *T. arenaria* qui inhibe à 77,82% ce même radical et à la même concentration. En outre, ces deux extraits montrent un pouvoir réducteur important déterminé par la méthode de FRAP et qui est attribué principalement aux composés bioactifs contenus dans ces espèces.

Par ailleurs, on remarque que le facteur région (sol, climat) n'influence pas la composition biochimique des Terfess même s'ils appartiennent à différentes espèces. Par contre, les composés du métabolisme secondaire sont influencés par le facteur de la plante hôte comme c'est le cas de *T. nivea* et *T. claveryi* de la région de Chellala.

L'activité antimicrobienne des extraits de Terfess dirigée contre douze souches bactériennes et deux souches fongiques, montre leur pouvoir circonscrit aux bactéries ;

aucune inhibition n'est décelée contre les souches fongiques testées. On a constaté aussi que les bactéries Gram positif sont toutes sensibles à hypersensibles à nos extraits, sauf pour *Entérocooccus feacalis*, *Actinobacter*, les entérobactéries et les *Pseudomonas* qui montrent une résistance. La mise en évidence de cette activité biologique révèle un pouvoir antibactérien intense de *T. nivea* (**Tin2**) et de *T. boudieri* (**Tb1**). Ces activités sont dues probablement à leur richesse en protéines, polysaccharides, polyphénols et en vitamines. En définitive on peut dire que la variation de la composition biochimique des truffes détermine les propriétés antimicrobiennes observées.

L'étude de l'activité anti-inflammatoire in vivo sur les rats Wistar a révélé que l'administration des extraits méthanoliques de *T. boudieri* (**Tb1**) et *T. arenaria* (**Ta3**) par voie intraveineuse prévient de façon significative l'œdème de la patte induit par la carragénine à 1%. Ceci montre que les deux extraits de truffe provoquent des diminutions d'œdèmes des pattes comparables à celle du Diclofenac avec des pourcentages d'inhibition de 76,97% et 81,9 % à la 6^{ème} heure pour une dose de 400 mg/kg respectivement.

Pour le dosage des protéines de l'inflammation, nos extraits de truffes montrent similairement à l'effet de Diclofénac, une augmentation légère de la CRPr et une diminution du taux de l'albumine sérique par rapport à l'état initial. De plus, on assiste à une diminution remarquable des leucocytes, des hématies et des plaquettes par rapport au lot traité avec du Nacl 0,9%. Cela confirme clairement l'efficacité anti-inflammatoire de nos extraits, similaire celle obtenue avec le traitement de référence.

La présente étude montre l'existence d'une corrélation entre la teneur en polyphénols totaux et le bon pouvoir pharmacologique exhibé par ces extraits de truffes. On note que nos extraits bruts contiennent un grand nombre de métabolites secondaires différents. Ces derniers peuvent très probablement présenter une fois isolés et purifiés une activité antioxydante, antimicrobienne, et anti-inflammatoire plus importantes. Ils peuvent aussi sous une forme complémentaire présenter une synergie pour les mêmes activités.


L'ensemble de ces résultats permettent de valoriser les produits de notre terroir par rapport à la recherche des substances et sources naturelles biologiquement actives. Des études complémentaires, précises et approfondies restent cependant nécessaires pour explorer en profondeur nos résultats et confirmer les effets obtenus.

De nombreuses perspectives peuvent donc être envisagées et se résument comme suit:

- Elargir l'étude aux fractions des extraits et composés volatiles de ces truffes,
- Utilisation de techniques avancées pour l'isolement et l'identification des principes actifs responsables des effets thérapeutiques,
- Utiliser des cultures cellulaires ou des cellules isolées in vitro pour estimer l'activité antioxydante et anti-inflammatoire et confirmer les résultats précédents.
- Evaluation in vivo d'autres activités biologiques à savoir l'activité antidiabétique, antitumorale, immunomodulatrice, etc.

Le Terfess a dans le passé et continu de nos jours, à travers ses multiples usages, de révéler son importance médicinale, environnementale, économique, et sociale en Algérie. Cependant, la méconnaissance dont il fait l'objet freine l'éventuelle exploitation de sa richesse thérapeutique dans des industries alimentaire et pharmaceutique et la possibilité de créer des Terfezicultures. A cet effet il serait intéressant de mettre en place des programmes de recherche permettant d'exploiter dans le vaste Sahara algérien ces aliments fonctionnels riches en protéines, en minéraux, en vitamines et en composés thérapeutiques incontestables.

Annexe 01 : Caractéristiques, des escarpes, asques et ascospores de quelques espèces des Terfez

Désignation mycologique	Aspore			Asque		Ascospore		
	Forme	Épaisseur et Couleur du périidium	Couleur de la gîbe	Forme et taille moyenne	Réaction au Melzer	Forme et taille	Type d'ornementation	Observation au microscope électronique à balayage
<i>Terfezia benkeri</i> Chotin	Subglobuleux pédonculé	Épais/Sombre brun au marron à l'olive foncée jusqu'au noir	Rose	Globuleux: 21,66 × 21 µm	Non amyloïde	Sphérique de 17 à 22 µm de diamètre	Verrues irrégulières au sommet	 Kabber (2022)
<i>Terfezia clavayii</i> Chotin	Subglobuleux pédonculé	Épais/Sombre marron à noirâtre	Rose	Ovale: 69 × 74 µm	Non amyloïde	Sphérique de 17 à 24 µm de diamètre	Alvéoles	 Mohamed-Ahmed (2009)
<i>Terfezia leptostroma</i> Tulane	Globuleux ou ovale	Très mince/pâle blanc rosé	Citracé, verdâtre	Globuleux ou subglobuleux	Non amyloïde	Sphérique de 17 à 25 µm, 15-22 µm chez <i>T. albavaria</i> (forme immature)	Longues épines, Epines courtes chez <i>T. albavaria</i>	 Abdali (2009)
<i>Peziza lefevrei</i> Maire	Subglobuleux	Marron, marron-rougeâtre à marron foncé	Très blanc	En forme de nuage: 90-140 × 40-62 µm, à pédoncule très variable en longueur (jusqu'à 500 µm)	/	Sphérique à ovale: 22-28 × 20-24 µm	Ornementé à ramifié avec de petites lappes verrues	 Misuro et al. (2020)
<i>Terziaia pinetii</i> (Maire) Malençon	Subglobuleux lobé	Clair (clair au jaune clair marron)	Blanche jaunâtre	Ellipsoïde à piriforme de 51-110 × 38-63 µm	Amyloïde	Sphérique de 15 à 20 µm de diamètre	Solisse (minuscules verrues)	 Fournis (1980)
<i>Terziaia ravae</i> Trappe	Subglobuleux à ovale lobé	Clair, (très blanc)	Blanche jaunâtre à marron rosâtre pâle	Ellipsoïde à piriforme de: 37-91 × 33-55 µm	Amyloïde	Ovale ou ellipsoïde 16-18 × 12-14 µm	Lisse	 Misuro et al. (2009)

Annexes 02 : La liste des réactifs, des produits chimiques, de la verrerie et des équipements

Réactifs et produits chimique

- Iodure de potassium (KI)
- L'iode (I₂)
- Hydrate de chloral, ou trichloracétaldéhyde monohydrate
- Ether de pétrole
- chloroforme
- Dichlorométhane
- Méthanol
- Ethanol
- Acétate d'éthyle
- Sérum albumine bovine (BSA)
- Carbonate de sodium (Na₂CO₃)
- Soude (NaOH)
- sulfate de cuivre (CuSO₄)
- tartrate double de sodium et de potassium
- Réactif de Folin ciocalteu
- Phénol
- acide sulfurique (H₂SO₄)
- Glucose
- phénolphtaléine
- Ammoniac (NH₃)
- Quercétine
- Vanilline
- bisulfite de sodium (NaHSO₃)
- Acide ascorbique
- l'acétate de sodium (CH₃COONa)
- Catéchine
- DPPH
- HNO₃ Acide nitrique,
- Eau oxygénée (H₂O₂)
- carbonate de sodium Na₂CO₃
- l'acide gallique
- nitrite de sodium (NaNO₂)
- chlorure d'aluminium (AlCl₃).
- Alcool isoamylique
- magnésium
- l'alcool amylique
- chlorure ferrique (FeCl₃)
- Disques antibiotiques :
Ampicilline, Tetracycline, Enrofloxacin
, Acide Nalidixique , Colistine,
Amoxicilline, Néomycine

Verreries et équipements

- Ballon
- Bécher
- Bocal
- Boîte de Petri
- Colonne de Vigreux
- Compte-gouttes
- Cornue
- Cristalliseur
- Cuvette
- Décanteur
- Dessiccateur
- Entonnoir
- Erlenmeyer
- Extracteur de Soxhlet
- Pipette Pasteur (micro-pipette)
- Tube à essai
- Verre de montre
- Spectrophotomètre UV-Vis
- bain marie (MEMMERT),
- pH mètres (Hanna),
- autoclave
- incinérateur
- Rotavapeur
- agitateur magnétique (SCIOLOGEX),
- vortex (VELP), centrifugeuse réfrigérée (ROTINA 420 R – HETTICH),
- Balance (OHAUS)



-Autoclave(WISEBATH)-



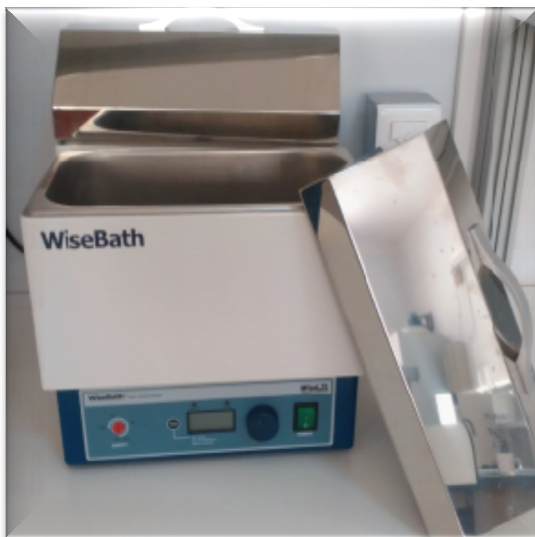
-incinérateur WISEBATH)-



-Hotte (MUMMERT)



-Incubateur (MUMMERT)-



-bain marie (WISEBATH)-



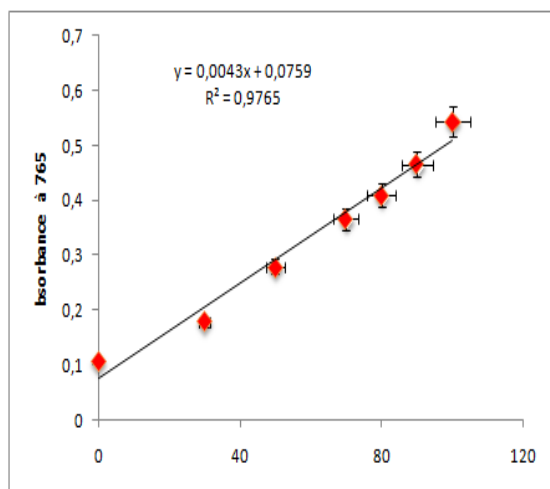
-PH mètre (Hanna)-

Annexe 03 : Clés descriptive des Terfez (Trappe, 1979)

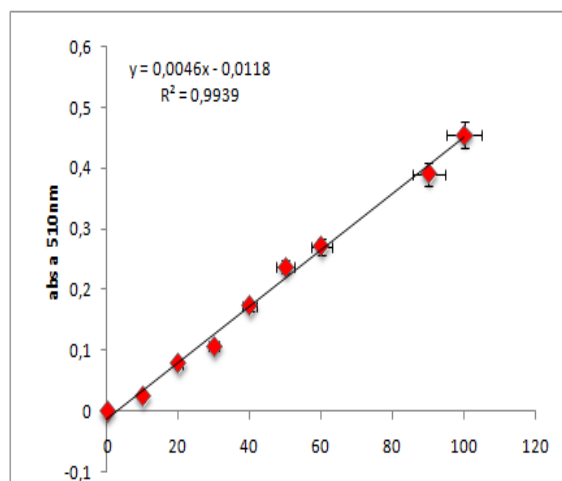
Caractéristiques		Péridium	Glèba	asque	Ascospore	Plante-hôte	Habitat
Genres et espèces							
<i>Terfezia eremita</i> (Malençon, 1973)		Couleur brune à marron. Cortice à section brune. Extérieurement glabre ; lisse ou faiblement veinulé. Les hyphes sont larges ; confuses rameuses et septes	Parcourue de veines pâles délimitant des modules globuleux Base stérile très brève ; homogène et charnue.	Ovoïde ou piriforme octo-sporé. Dimension : 60 à 70x50 à 55 à 5µm	Sphérique avec une membrane épaisse de 1 µm groupées par 8 parfois en nombre plus réduit par avortement. Dimension: 12.3 à 14µm ; sans les verrues.	Hélianthème	Afrique du nord.
<i>Terfezia pfeifferi</i> (Henning, 1897)		Couleur marron possède une couleur externe ; forme d'hyphes allant 4 à 12 µm.	Couleur hyaline formée de poches séparées par des veines stériles.	Subglobuleux et parfois ellipsoïde. Jeune : Couleur hyaline âgé : couleur marron formé de poches	Globuleuse. Dimension : 10 à 20 µm avec ornementation.	hélianthème	Afrique du sud. Province du cap Damarland
<i>Tirmania nivea</i> (trappe, 1971) <i>T. Ovalispora</i> (Patouillard, 1890) <i>T. africana</i> (Chatin, 1892)		Coloré en blanc lacté et jaunissant. Avec l'âge, mat, lisse, peut être turbiné, lobé ou bosselé. Couleur blanche, mal définie à peine différencié, réduit à un feutrage stérile.	Couleur blanchâtre ou jaunâtre. Homogène, charnue et spongieuse.	Ovoïde, piriforme à base courte. Octosporé. Dimension : 80-90x35-40µm	Ellipsoïde à membrane peu épaisse. Hyaline, lisse ou sublisse. Dimension : 18 à 20µm sur 13-15µm.	Hélianthème Cistes.	Afrique septentrionale (Maroc, sud algérien Libye). Iraq, (Syrie, Péninsule d'Arabie, Turquie)
<i>Tirmania pinoyi</i> (Maire, 1906)		Couleur blanche, mal définie à peine différencié, réduit à un feutrage stérile.	Couleur peu rosée homogène, marbrée de quelques veinules ascendantes	Piriformes. Octosporé. Dimension : 90 à 100x50µm	Sphérique parfois brièvement ellipsoïde avec un ou plusieurs globules. Dimension : 15 à 19µm de diamètre	Hélianthème	Afrique du Nord : Maroc, Algérie, Iraq, (Syrie, Péninsule d'Arabie, Turquie).
<i>Terfaziarenaria</i> (Trappe, 1971) <i>T. Leonis</i> Tul.		Couleur mate passant à brun. Rouge avec l'âge. Epais	Couleur blanchâtre puis marbrée rose. Ocre lobée ou divisée en petites masses. Présence de poches jaunes à marron sombre espacées de veines stériles	Subglobuleux à ellipsoïde. Grand contentent de 5 à 8 spores. Dimension : 51 à 56x6.2 à 6.5 µm	Sphérique non alvéolée avec papilles. Grosses obtuses, tronquées avec des dents d'ergrenage. Dimension : 22 à 26µm	<i>Tuberaria gutiata</i> <i>Hélianthemum guttatum</i> , <i>pinus</i>	Afrique du Nord : Algérie, Maroc, Tunisie, Libye. Dans les forêts de pins et de cèdres en Espagne. Amérique du Nord, Asie.

<u><i>Terfazia clavervi</i></u> (Chat, 1982)	Couleur jaune brunâtre devenant plus foncé avec l'âge. Surface unie	Couleur blanche teintée de jaune Homogène avec une saveur peu sucrée se terminant par un court et épais pédicule.	Ellipsoïde ou largement piriforme subsessile. Octosporé. Dimension : 80 à 100x65 à 85µm.	Sphérique, finement réticulée hyaline. Ormée d'un beau réseau superficiel bas et serré. Dimension : 16 à 23µm de diamètre.	<i>Helianthemum salicifolium.</i> <i>H. guttatum</i>	Espagne (Granada). Moyen-Orient : Iraq, Koweït. Algérie, Tunisie, Maroc, Libye. Australie, Asie, Amérique du Nord (Louisiane).
<u><i>Terfazia boudieri</i></u> (Chatin, 1982) = <u><i>T. Microspora.pat</i></u> (1894) = <u><i>T. aphroditis</i></u> Chat (1893) = <u><i>T. Metaxii</i></u> Chat (1891).	Couleur jaune bistre. Surface unie	Couleur brune, sensiblement homogène. Saveur agréable	Subglobuleux ou ellipsoïde. Possède de 5 à 8 spores. Dimension : 66 à 80µm.	Afrique relief avec courts festons munis de nombreuses granulations. Dimension : 22 à 26µm	Héliantheme.. Cistes.	Afrique septentrionale Algérie : (Boussaada, Biskra, Barika, Batna, El-Golca). Libye Moyen-Orient : Koweït et les pays voisins (Syrie, Iraq, Péninsule d'arabie, Turquie, Russie (Caucase).
<u><i>Terfazia leptoderma</i></u> Chatin (1891)	Couleur jaune à marron .formé d'hyphes larges et des cellules gonflées.	Couleur jaune à marron foncée. Possède des poches fertiles séparées par des veines terminales stériles.	Ellipsoïde ou sphérique. Possède de 4 à spores subglobuleuses. Dimension : 60x50 à 60µm	Sphérique à épines serrées de couleur claire, subhyaline. Dimension : 16 à 19µm de diamètre	Héliantheme, Pins , Cistes	Amérique de sud. Sud et centre de l'Europe, Asie.
<u><i>Terfazi spinosa</i></u> (Marlen)	Couleur jaune pâle. Formé par des hyphes enchevêtrées.	Couleur blanche	Sub-arrondi à légèrement arrondi	Emoussé ou large, portant des épines qui peuvent être minces. Dimension : 16 à 32µm	Héliantheme	Louisiane (sud de l'Amérique du Nord).
<u><i>Terfazia decaryi</i></u> (Helin)	Couleur brune charnue.	Couleur blanche marquée de veines relativement large et peu nombreuses avec des terminaisons aiguës et fermés sans être dures.	Largement cylindrique, claviforme suboblongue. Dimension : 50 à 80µm	Ornementée d'une péri spore très saillante atteignant 4µm d'épaisseur, d'aiguillons énormes isolés ou reunis par groupes. Dimension : 20 à 30µm de diamètre	Daro (résineux).	Madagascar.

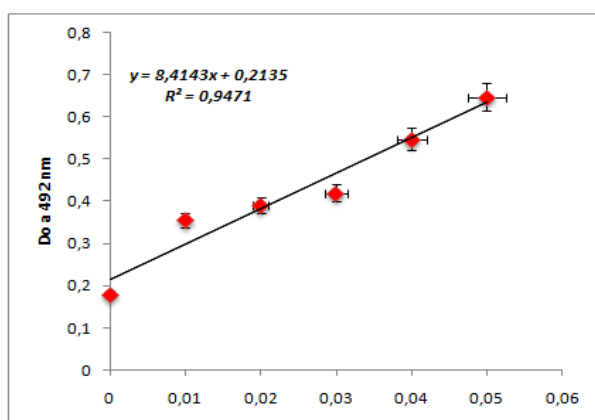
Annexe 04: les gammes étalonnages des différents dosages effectués



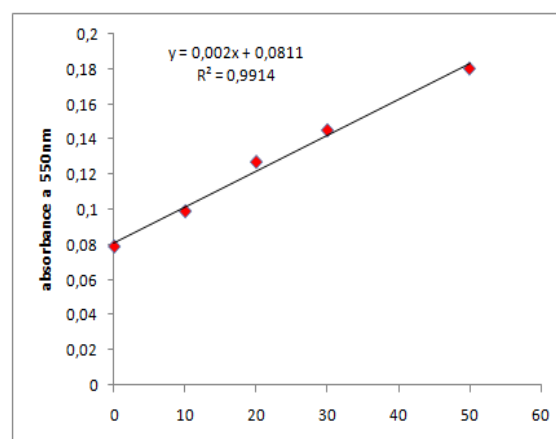
-Gamme étalonnage acide gallique pour le dosage des polyphénols-



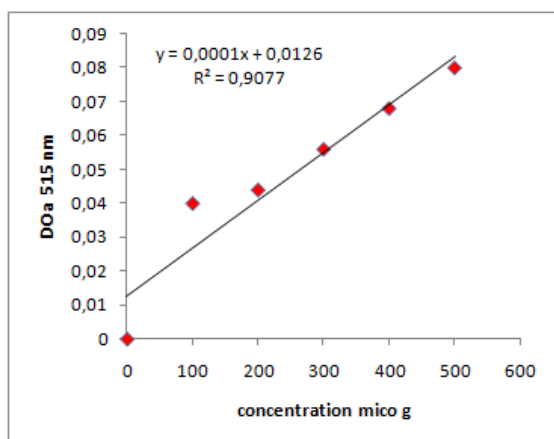
-Gamme étalonnage quercétine pour le dosage des flavonoïdes-



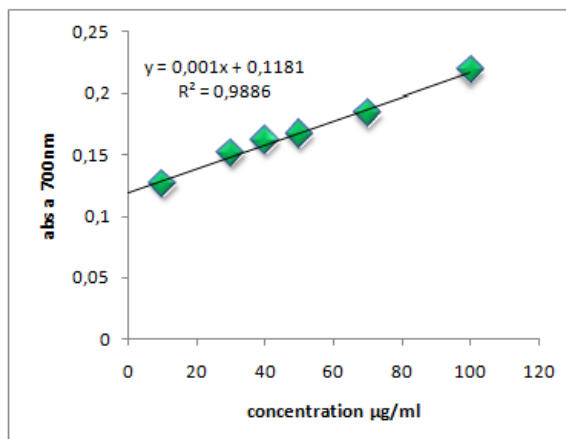
-Gamme étalonnage glucose pour le dosage des sucres-



-Gamme étalonnage catéchine pour le dosage des tannins-



-Gamme étalonnage vitamine C pour le dosage de l'acide ascorbique-



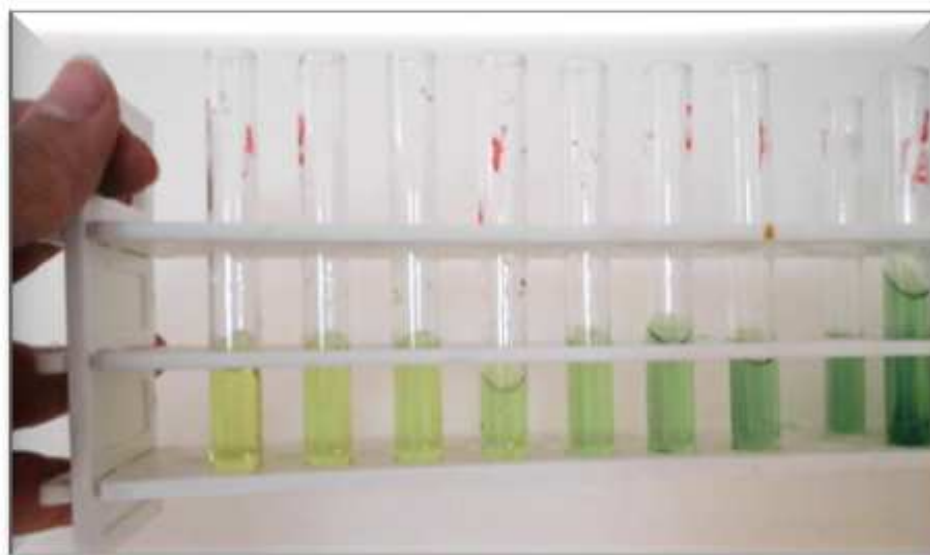
-Gamme étalonnage vitamine C pour le test de FRAP-



gamme étalonnage de la vitamine C pour le test DPPH



Les résultats après 30 min d'incubation à T° ambiante et à l'abri de la lumière du radical DPPH en présence de l'extrait de truffe à différentes concentration



gamme étalonnage de la vitamine C pour le test de FRAP



les résultats de teste FRAP en présence de l'extrait à différentes concentration



préparation des milieux de culture

Ces milieux ont été préparés conformément aux recommandations du fabricant, ensuite autoclavées pour la stérilisation

A

- **Abdul Majid.M.S., Dahham S.S., Al-Rawi S.S., Ibrahim A.H., Majid A.S.A., (2016)**, Antioxydant, anticancer, apoptose propriétés et composition chimique de la truffe noire *Terfezia clavaryi*, Saudi Journal of Biological Sciences (10),110-120p
- **Abi-ayad. M., (2009)**. Contribution à l'étude physico-chimique de l'huile essentielle du Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) de la région de Tlemcen & de son activité antimicrobienne. Mémoire de magister ; Université Abou-Bakr Belkaïd, Tlemcen. p 50-55.
- **Aboun. A., Ammari. H., Belazouz. T., Benslimani. A., Rahal. K., Tali M.H., (2008)**. Standardisation de l'antibiogramme en médecine vétérinaire à l'échelle nationale. Selon les recommandations de l'OMS. Ministère de l'Agriculture et du développement rural, Ministère de la santé, de la population et de la réforme hospitalière. 4^{ème} Ed., Algérie, 98p.
- **Aboun. A., Aoun. L., Bendimerad. K., Boukerrou. A., Kechich. S., (2001)**. Antibiogramme en médecine vétérinaire. Standardisation de l'aromatogramme à l'échelle nationale selon les recommandations de l'OMS. Algérie édition.
- **Abourouh. A (2011)**. "Truffes du désert" du Maroc: diversité et modes d'exploitation Centre de Recherche Forestière Rabat, Maroc 6^{ème} Rencontre de MICOSYLVA, Mértola (ADPM), Portugal, 15-18 Mars 2011
- **Ackerman L. G. J., Van Wyk P. J., Du Plessis L. M. (1975)**. Some aspects of the composition of the Kalahari truffle or N^oabba. S Afr Food Rev, (2), 145-146 p.
- **Adu-Amoah L., Agyare C., Kisseih E., Ayande P. G., Mensah B. K., (2014)**. Toxicity assessment of *Erythroploeum ivorense* and *Parquetina nigrescens*. *Toxicology Reports* (1): 411-420p.
- **Afonso V., Champy R., Mitrovic D., Collin P., Lomri A. (2007)**. Radicaux libres dérivés de l'oxygène et superoxydes dismutases: rôle dans les maladies rhumatismales. *Revue du Rhumatisme*. 74(7):637-638p.
- **Agaolu Y.S., Artik N., Ercan R., Guler M., Baspinar E. (1992)**. Composition chimique de la truffe désert (*Terfezia boudieri*) cultivée en Turquie. *Micologiae Vegetazione Mediterranea*. 7(2) : 295-301p.

- **Agbonon A. (2000).** Study of the properties antiinflammatory drugs of the root of *Pluchea Ovalis* sea-green D. C. (Asteraceae) in the rat. Mémoire de DEA de Pharmacologie physiologie, Université de Lomé-Togo, p 25.
- **Aïbèche C. (2008).** Caractérisation écologiques et mycologiques d'une espèce de terpez du littoral Ouest algérien. Essai de mycorhization contrôlée avec sa plante-hôte naturelle *Helianthemum guttatum*. Mémoire de Magister. Univ d'Oran. Es-Sénia. 85p.
- **Aidoud A., Edouard L., Le Hourerou H.N. (2006).** Les steppe arides du Nord de l'Afrique. *Secheresse*. 17 (1-2) :19-30p.
- **Akyuz M., Onganer A.N., Erecevit P., Kirbag S. (2010).** Antimicrobial Activity of some Eddible Mushrooms in the Eastern and Southeast Anatolia Region of Turkey. *Gazi Univ.J.Sci. (G.U.J)*. 23(2) : 125-130p.
- **Aldebasi Y.H., Aly S.M., Quereshi M.A., Khadari H. (2013).** Novel antibacterial activity of *Terfizia claveryi* aqueous extract against clinical isolates of corneal ulcer. *Afr.J.Biotechnol*. 12: 40-60p
- **Al-Delaimy K. S, (1977)** Protein and Amino Acid Composition of Truffle. *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment. Vol. 10. (3):156-165p.*
- **Alhussaini M S., Aadabi A.M. S, Hashim K , Abdullah A. (2016).** Efficacy of the Desert Truffle *Terfezia claveryi* to Cure Trachoma Disease with Special Emphasis on its Antibacterial Bioactivity Trends in Medical Research 11 (1): 28-34,
- **Alkurd A., Hamed T. R., Al-Sayyed H. (2008).** Tannin Contents of Selected Plants Used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences*. (4): 265 – 274p.
- **Al-Laith A.A.A. (2010).** Antioxidant components and antioxidant / antiradical activities of desert truffle (*Tirmania nivea*) from various Middle Eastern origins. *J.F.Comp. Anal.* (23) : 15-22p.
- **Al-Naâma M.M., Ewaze J.O., Nema J.H. (1985).** Chemical constituents of Iraqi truffles. *Biotechnol*. 10: 36-40p
- **Al-Rahmah, AN. (2001).** Truffle of deserts and jungles. King Saud University publications, Riyadh, Saudi-Arabia, p 272.
- **Alrawi, AM., Aldin, MM. (1979).** New mycorrhizal identification, truffles cultivation, and truffles radiation preservation. *Radiation Physics and Chemistry*. 14(3), 759-767p.

- **Al-Saadi A.H., Fahim A., Mohammed B., (2005).** Libyan Truffles *Terfezia boudieri* Chatin : Characterization of lipids and total protein electrophoretic pattern. *Dirasat : Pure Sciences.* 32(2) : 22-26p.
- **Alsemgeest S.P.M., Van T., Klooster G.A.E., Van Miert A.S.J.P.A.M., Hulskamps-Koch C.K., Gruys E. (1996).** Primary bovine hepatocytes in the study of cytokine induced acute-phase protein secretion in vitro. *Veterinary Immunology and Immunopathology.* (53), 179-184p.
- **Alsemgeest, S.P.M., Taverne M.A.M., Boosman R., Van Der Weyden B.C., Gruys E. (1993).** Peripartum acute-phase serum amyloid-A concentration in plasma of cows and fetuses. *American Journal of Veterinary Research.* 54(1) : 164-167p.
- **Alsheikh AM. (1994).** Taxonomy and mycorrhizal ecology of the desert truffles in the genus *Terfezia*. Ph.D. thesis, Oregon State University, Oregon, USA, 239 p
- **Alsheikh AM., Trappe J. M. (1983)a.** Desert truffles: The genus *Tirmania*. *Trans. Br.Mycol. Soc.* (81):83-90p.
- **Alsheikh, A.M., Trappe J.M. (1983)b.** Desert truffles: The genus *Tirmania*. *Transactions of the British Mycological Society,* 81(1), 83-90p.
- **Altinier G, Sosa S, Aquino R.P, Mencherini T, Della Loggia R, Tubaro A. (2007).** Characterization of Topical Antiinflammatory Compounds in *Rosmarinus officinalis* L. *J agr food chem,* (55), 1718-1723p.
- **Alves M.J., Ferreira I.C., Dias J., Teixeira V., Martins A., Pintado M. (2012).** A review on antimicrobial activity of mushroom (Basidiomycetes) extracts And isolated compounds. *Planta Med.* 78:(17) 7–18p.
- **Alwashli A A A . (2013).** These De Doctorat Valorisation Pharmacologique De *Dracaena Cinnabari* Balf, *Boswellia Elongata* Balf Et *Rumex Nervosus* Vahl : Plantes Du Yemen: Toxicite, Potentiel Analgesique, Anti Inflammatoire, Et Anti Spasmodique Equipe De Recherche De Pharmacodynamie 71-86p
- **Ammarellou A,(2007).**Protein profile analysis of desert truffle(*terfezia claveryi* chatin). *Journal of Food, Agriculture & Environnement.* 5(2) :62-64p.
- **Ammarellou A., Saremi H. (2008).** Mycorrhiza between *Kobresia bellardii* (All.) Degel and *Terfezia boudieri* Chatin. *Turk J Bot.* (32):17–23p
- **AOAC.,(1997).** Official Methods of Analysis, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.

- **Ashour A.A., Mostafa A., Hami M.A. (1981).** Libyan truffles: Chemical composition and toxicity. *Mush.Sc.* (81): 83-90p.
- **Astier J. (1998).** Truffes blanches et noires. Marseille : Louis-Jean, Gap, pp. 48-49
- **Audigie C.L and Dupont G. (1982),** Principes des méthodes d'analyses biochimiques, Paris, pp. 566-567.
- **Awameh M., Alsheikh A., Al-Ghawas S. (1979)b.** Mycorrhizal synthesis between *Helianthemum ledifolium*, *H. salicifolium* and four species of the genera *Terfezia* and *Tirmania* using ascospores and mycelia cultures obtained from ascospore germination. In: Proceedings of the 4th North American Conference on Mycorrhizae, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, pp 23–23.
- **Awameh M.S. (1981).** The response of *Helianthemum salicifolium* and *H. ledifolium* to infection by the desert truffle *Terfezia boudieri*. Mushroom science. XI. Part II. In: Proceedings of the 11th International Congress on the Cultivation of Edible Fungi, Sydney, Australia, pp. 843–583
- **Awameh M.S., Alsheikh A. (1979)a.** Laboratory and field study of four kinds of truffle (*Kamah*), *Terfezia* and *Tirmania* species, for cultivation. *Mush.Sc.* 10 :507-517.

B

- **Baker DD, Chu M, Oza U, Rajgarhia V. (2007).** The value of natural products to future pharmaceutical discovery. *Nat Prod Rep*;(24):1225–44p.
- **Ballou S.P., Kushner I. (1992)a.** C-reactive protein and the acute phase response. *Adv. Intern. Med.*, 1992, 37, 313-336.
- **Ballou S.P., Lozanski G. (1992)b.** Induction of inflammatory cytokine release from cultured human monocytes by C-reactive protein. *Cytokine*. 4 : 361-368.
- **Barros L., Venturini BA., Baptista P., Estevinho L.M., Ferreira I.C.F.R. (2008).** Chemical composition and biological properties of Portuguese wild mushrooms: a comprehensive study. *J Agric Food Chem* 56 :3856–3862
- **Bawadikji A.H.,(2004).** La truffe de désert en Syrie : Aspects écologiques et économiques. Premiers symposium sur les champignons hypogés du bassin méditerranéen, Rabat, Maroc, p19
- **Beara I.N., Lesjak M.M., Četojević-Simin D.D., Marjanović Ž., Ristić Ž.D., Mrkonjić Ž.O., Mimica-Dukić Ž.M. (2014).** Phenolic profile, antioxidant, anti

- inflammatory and cytotoxic activities of black (*Tuber aestivum* Vittad.) and white (*Tuber magnatum* Pico) ruffles, *Food Chemistry*. 15(165): 460-6.
- **Belkheir B.,(1991).**Essai de mycorhization de Terfez (*Tirmania nivea*) sur trois espèces céréalières (blé dur, orge et maïs).Mém.Ingén.Agro.,Mostaganem., 70 p
 - **Benkada M., (1999).** Extraction et essai d'isolement des principes antimicrobiens de *Terfezia claveryi* chat. Thèse magister. Univ. d'Es Sénia, Oran, 83p.
 - **Bensaid. A., (2006).** Sig et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride ; le cas de la wilaya de Naama (Algérie) , géographie.,université Joseph-Fourier-Grenoble I, Thèse doctorat 192p.
 - **Bernard W., Frédéric B (2003).** Immunopathologie et réactions inflammatoires. De Boeck Supérieur, 23
 - **Beta T., Nam S., Dexter J.E., Sapirstein H.D. (2005).** Phenolic content and antioxydants Activity of Pearled wheat and Roller-Milled. Fractions. *Cereal chem*. 82 (4): 390-393.
 - **Beutner S., Bloedorn B., Frixel. S., (2001).** Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: carotenoids, flavonoids, phenols and indigoids. The role of β -carotene in antioxidant functions. *J Sci Food Agri*. 81: 559-568
 - **Bidié A., N'Guessan B.B., Yapo A.F., N'Guessan J.D., Djaman A.J. (2011).** Activités antioxydantes de dix plantes médicinales de la pharmacopée ivoirienne. *Sciences et Nature*, 8 (1):1-11
 - **Bissati S., Bradai L. (2009).** Les terfez de la région de Oued M'ya-Ourgla. Séminaire international : protection et préservation des écosystèmes sahariens, Ourgla. p11.
 - **Blois M. S., (1958).** Antioxydant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200. Boca Raton London New York Washington, D.C.
 - **Blokhina O, Virolainen E., Fagerstedt K.V. (2003).** Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a Review. *Annals of Botany*, 91, 179-194.
 - **Boizot N., Charpentier J.P. (2006).** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. Méthodes et outils pour l'observation et l'évaluation des milieux forestiers, prairiaux et aquatiques. In le Cahier des techniques de l'INRA - Amélioration Génétique et Physiologie Forestières, Laboratoire d'Analyses Biochimiques.79-82.

- **Bokhary H. A., Sarwat P. (1993).** Chemical composition of desert truffles *Terfezia clavary*. *Journal of Food Composition and Analysis*. 6(3): 285-293.
- **Bokhary H.A., Parvez S. (1988).** Desert truffles ‘Al-kamah’ of the Kingdom of Saudi Arabia. 2. Additional contributions. *Arab Gulf J Sci Res*. 6 (1) :103–112.
- **Bokhary H.A., Parvez. (1995).** Studies on the chemical composition of the ascomycète fungus *Phaeangium lefebvrei*. *Pat.J.King Saud Univ.Sci*. 2 : 215-224.
- **Bokhary H.A., Suleiman A.A.A., Basalah M.O. (1989).** The fatty acid components of the desert truffle “Al Kamah” of Saudi Arabia. *J Food Prot*. 52: 668-669.
- **Bossokpi, I.P.L. (2002).** Etude des activités biologiques de *Fagara xanthoxyloïdes* LAM (Rutaceae). *Thèse de pharmacie, Bamako*. p 133.
 - *Botanique de France*, (38), 54-64p.
- **Botting R.M., Botting J.H. (2000).** Pathogenesis and mechanisms of inflammation and pain: an overview. *Clin. Drug Invest*. 19 (2) : 1-7
- **Bouchareb F. (1994).** Etude écologique des terfez, cas de la région d’Ain Sefra (Wilaya de Naâma). *Mém. Ing. D’état. Agron., I.N.F.S.A. Mostaganem*. p81.
- **Bourdin. A. (2005).** Thèse doctorat en medecine le syndrome inflammatoire au cours de la thrombose veineuse profonde :cause ou conséquence ? *Revue de la littérature etude rétrospective à propos de 54 patients*. 10-40.
- **Bouziani N., Bouakka M., Belabed A., El-Houssine T. (2006).** Caractérisation biochimique du terfez du Maroc oriental : (I) Isolement et culture *in vitro*. *Congrès International de Biochimie, Agadir*. 519-522.
- **Bouziani N., Bouakka M., Belabed A., Tahri El-H. (2010).** Le Terfess au Maroc Oriental : Isolement et culture *in vitro*. *Rev.Microbiol.Ind.San et Environn*. 4(2) : 110-120.
- **Bouزيد W., Yahia M., Abdeddaim M., Aberkane M.C., Ayachi A. (2011).** Evaluation de l’activité antioxydante et antimicrobienne des extraits de *L’Aubepine Monogyne*. *LebaneseScience Journal*. 12 (1) : 59-69.
- **Boyd B., Ford C., Koepke M.C., GaryK., Horn E., McAnalley S., McAnalley B. (2003).** Etude pilote ouverte de l’effet antioxydant d’Ambrotose sur des personnes en bonne santé. *Glycoscience & Nutrition*. 4 (6):7.(cited in Mohammedi Z, 2005).
- **Bradai L.(2006).** Contribution à l’étude bioécologique de la truffe blanche de désert (*Terfezia sp*) cas de la région de Oued Mya (Ouargla). *Thèse de Magister. Univ .Kasdi Merbah, Ouargla*

- **Bradai L., Bissati S., Chenchouni H. (2014).** Desert Truffles of the North Algerian Sahara: Diversity and Bioecology. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 26(5), 10.
- **Bradai, L., Bissati, S., & Chenchouni, H. (2013).** Etude mycologique et bio-écologique de la truffe blanche du désert (*Tirmania nivea* Desf. Trappe 1971) dans la région de Oued M^ˆya (Ouargla, Sahara algérien). *Revue des Bioressources*, 3, 6-14.
- **Bradshaw B.P. (2005).** Physiological aspects of *Coryllus avellana* associated with the fresh black truffle fungus *Tuber melanosporum* and the consequence for commercial production of black truffles in Western Australia. Thesis PhD., Univ.Perth, Western Australia. pp 1-6.
- **Brouillard R, (1986).** The flavonoids Advances. *Research science*: 525-538 p.26
- **Bruneton J., (1999).** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 3ème édition. 3, Lavoisier Paris. pp 151-160.
- **Burdsall Jr. , H. H. (1968).** A revision of the genus *Hydnocystis* (Tuberales) and of the hypogeous species of *Geopora* (Pezizales). *Mycologia*, 496-525p.
- **Bürger W., Ewald C., Fennert E.M. (1998).** Increase in C-reactive protein in the serum of piglets (pCRP) following ACTH or corticosteroid administration. *J.Vet.Med* (45), 1-6p.
- **Bürger W., Fennert E.M., Pohle M., Wesemeier H. (1992)** ,CReactive protein - a characteristic feature of health control in swine. *J.Vet Med. A*, , (39), 635-638p.
- **Burton, M.J., F. Kinteh, O. Jallow, A. Sillah and M. Bah (2005).** A randomised controlled trial of azithromycin following surgery for trachomatous trichiasis in the Gambia. *Br. J. Ophthalmol.*, (89): 1282-1288p.

C

- **Cabrini D A, Henrique H, Priscila I, Cintia S, Evelise F, Daniel G B, Arthur S P, Moacir G P, Maria C B , Andmichel F O (2011).** Analysis of the potential topical anti inflammatory activity of *averrhoa carambola* l. In mice. *Evid Based Complement Alternat Med*. Epub (90)-59.
- **Callot. G., Byé. P., Raymond. M., Fernandez. D., Pargney. J., Parguey.C., Leduc A., Pagès. L., (1999)** .La truffe, la terre, la vie. INRA, Paris, 210 p.

- **Carocho, M., Ferreira, I.C.F.R. (2013).** A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, (51), 15-25.
- **Cermak J., Key N.S., Bach R.R., Balla J., Jacob H.S. (1993), Vercellotti G.M.:** C-reactive protein induces human peripheral blood monocytes to synthesize tissue factor. *Blood*, , (82), 513-520p.
- **CHANG, S.T., WANG, S.Y., WU, C.L., SU, Y.C, KUO, Y.H. 1999.** Antifunga compounds in the ethyl acetate soluble fraction of the extractives of *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides* Hayata) heartwood. *Holzforschung* , pp:53-487-490.
- **Chatin A, (1892)b** - Contribution nouvelle à l'histoire chimique de la Truffe. Parallèle entre les Terfas ou Kamés d'Afrique et d'Asie et les Truffes d'Europe, sous les rapports de la composition chimique des terres et des tubercules. *Compt Rend AcadSci*, Paris, série 3. (114), 46–53 p
- **Chatin, A. (1891).** Contribution à l'histoire naturelle de la truffe. *Bulletin de la Société*
- **Chatin, A., (1892)a** - La truffe : botanique de la truffe et des plantes truffières, sol, climat, pays producteurs, composition chimique, culture, récolte, commerce, fraudes, qualités alimentaires, conserves, préparations culinaires. JB Baillièrre et fils.
- **Chatter R R, Tarhouni S *, Kharrat R. (2012)** .Criblage de l'effet anti inflammatoire et analgésique des algues marines de la mer méditerranée. *Les Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, , (88), pp.19-28.
- **Chellal A, Lukasova E. (1995).** Evidence for antibiotics in the two Algerian truffles *Terfezia* and *Tirmania*. *Pharmazie*. (50) : 228-229p.
- **Chellal A., (1995).** *Terfezia boudieri* et *Tirmania pinoyi* : Composition chimiques et effet des traitements thermiques, pouvoir antibiotique. Thèse Mag. Univ. Ferhat Abbas, Setif, 109 p.
- **Chevalier G., (2014).** The European Desert Truffles. In *Desert Truffles* Springer Berlin Heidelberg, 121-141p
- **Chevalier G., Frochot H., (1997).** *La truffe de Bourgogne*, Ed. Pétrarque, 257p
- **Chevalier G., Rioussset L., Dexheimer J., et Dupre C., (1984).** Synthèse mycorhizienne entre *Terfezia leptoderma* Tul et diverses cistacées. *Agronom.* (4):210-212.

- **Chika E., Moses I., Chigozie U., Olisa A., Ifeanyichukwu I., Michael A., Charles E., (2012).** Evaluation of anti-bacterial activity of the leave extracts of *Treculla Africana* and *Buchholzia coriacea* Engl. *Journal Pharm. Sci.* (10):27-31p.
- **Chung Y.C., Chang C.T., Chao W.W., Lin C.F., et Chou S.T., (2002)** Antioxidative activity and safety of the 50% ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* (50): 2454–2458p
- **Conner, J.G., Eckersall, P.D., Wiseman, A., Aitchison, T.C., Douglas, T.A. (1988)** Bovine acute phase response following turpentine injection. *Research in Veterinary Science,* , (44), 82-88p.

D

- **Dabbour IR., Takuri HR., (2002).** Protein quality of four types of edible mushrooms found in Jordan. *Plant Food Hum Nutr* (57) : 1-11pp
- **Dabbour, IR., Takruri, HR. (2002)b.** Protein digestibility using corrected amino acid score method (PDCAAS) of four types of mushrooms grown in Jordan. *Plant Foods Hum Nutr* (57):13–24p.
- **Dabbour, JR., Takyuri, HR. (2002)a.** Protein quality of four types of edibles mushroom found in Jordan. *Plant Foods Human Nutr* (57):1–11p
- **Delarras C. (2007).** *Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Technique et documentation .Lavosier. Paris. 150p*
- **Delmas J., (1983)** .*La truffe et sa culture. Ed. INRA Paris , 55 p.*
- **Dennouni N., (1996).** *Mise en évidence des activités antibactériennes et antifongiques chez deux espèces de Terfez d'Algérie (Tirmania pinoyi et Tirmania nivea). Thèse de magister. Univ. Aboubakr Belkaid (Tlemcen), 97p*
- **Dib S. (2002).** *Recherche des conditions optimales de la croissance mycélienne de deux espèces de terfez d'Algérie et aessai de mycorhizatin avec le pin d'Alp en conditions axéniques. Thèse de Magister. Unv. D'Es-Senia (Oran). 78p.*
- **Dib S., Fortaz, Z. (2011).** Antibacterial activity of various fractions of ethyl acetate extract from the desert truffle, *Tirmania pinoyi*, preliminary analyzed by gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS). *African J Biotech* 10(47):9694-9699p.

- **Díez J., Luis Manjón J., Martin F., (2002).** Molecular phylogeny of the mycorrhizal desert truffles (*Terfezia* and *Tirmania*), host specificity and edaphic tolerance. *Mycologia*. 94 (2) : 247–259p.
- **Diouf D, Ducousson M, Gianinazzi S, Lebrun M, Leyval C. (2011).** 1st International congress on mycorrhizal symbiosis : ecosystems and environment of Mediterranean area (MYCOMED). *Mycorrhiza*. (21) : 451-452p.
- **Djebaili S., (1978),** Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas Saharien algérien. Thèse Doct. d'Etat, Univ.Sci. Tech. Languedoc 220p.
- **Djedid R., (2004).** L'effet de l'extrait de la truffe (*Terfezia leonis*) sur la cristallisation oxalo-calcique. Mém Ing. Univ. Djelfa, 47p
- **Douhan GW, Fremier AK, Rizzo DM (2009)** Are true multihost fungi the exception or the rule? Dominant ectomycorrhizal fungi on *Pinus sabiniana* differ from those on co-occurring *Quercus* species. *New Phytol* (182):295–299
- **Dubois M.K.A., Gilli Y.K. Hamilton P.A.,(1956).** Colometrie method for determination of sugary et related substances, *Anal et chem. Jour.* (28): 350 -356p.
- **Duhoux E, Nichole M. (2004).** Biologie végétale. Associations et interactions chez les plantes. Ed. Dunod. Paris : 166p.

E

- **Editorial (2005).** Dual inhibition of cyclo-oxygénases and 5-lipoxygenase : a novel therapeutic approach to inflammation .*Revue du Rhumatisme*, (72), 379-382p.
- **European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing EUCAST, (2010).** M100-S9, (19). 44-67p
- **Evans WC(2002).** Trease and Evans pharmacolognosy. WB Saunders Ltd. London; pp. (32), 512, 547p.
- **Ewaze J.O., Al-Naama M.M., (1989).** Studies on nitrogen metabolism of *Terfezia* spp. And *Tirmania* spp. *New Phytologist*, (112) : 419–422p.
- **Ezeja M. I., Ezeigbo I. I, Madubuike K. G. (2011).** Analgesic activity of the methanolic seed extract of *Buchholzia coriacea*. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, (2): 187-193p.

F

- **Fakiri A, Seddiki R. (2003).** Contribution à l'étude des activités antibactériennes et antifongiques de deux espèces de terfez : *Terfezia claveryi* et *Tirmania pinoyi*. Mémoire de D.E.S. Univ.Aboubakr Belkaid (Tlemcen)., 35p.
- **Falleh H, Ksouri R, Chaieb K, Karray-Bouraoui N, Trabelsi N, Boulaaba M & Abdelly C. (2008)** .Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities. *Comptes Rendus Biologies*,; 331(5): 372-379p.
- **Favier A., (2003)** . Le stress oxydant intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. l'actualité chimique. 108-115.
- **Feeney, J.,(2002)** . Desert truffles galore. *Saudi Aramco World*. pp 22–27
- **Femenia A., S Sanchez E., Simal S., Rossello C., (1999).** Compositional features of polysaccharides from *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) plant tissues. *Carbohydrate Polymers*.(39) : 109–117.
- **Ferdman Y, Aviram S, Roth-Bejerano N, Trappe J.M, Kagan-Zur V. (2005).** Phylogenetic studies of *Terfezia pfeilii* and *Choiromyces echinulatus* (*Pezizales*) support new genera for southern African truffles : *Kalaharituber* and *Eremiocyses*. *Myco.Research*. (109) : 237-245p.
- **Ferdman Y, Sitrit Y, Li Y.F, Roth-Bejerano N, Kagan-Zur V. (2009).** Cryptic species in the *Terfezia boudieri* complex. *Antonie van Leuuwenhoek*. 95(4) : 351-362.
- **Ferreira I.C.F.R, Baptista P, Vilas-Boas M. (2007)** Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: Individual cap and stipe activity. *Food Chemistry*, (100) : 1511-1516p
- **Fleurentin J., Joyeux M., (1990).** Les tests *in vivo* et *in vitro* dans l'évaluation des propriétés anti-hépatotoxiques de substances d'origine naturelle. Ed. ORSTOM, pp. 248-269.
- **Fortas Z, (1990).** Etude de trois Terfez. Caractères cultureux et cytologie du mycélium isolé et associé à l'*helianthemum guttatum*. Thèse Doctorat d'état, université d'Oran Es-Sénia pp 9-68
- **Fortas Z, Chevalier G (1992)a.** Effects des conditions de culture sur la mycorrhization de l'*Helianthemum guttatum* par trois espèces de terfez des genres *Terfezia* et *Tirmania* d'Algérie. *Can J Bot* (70):2453–2460p.

- **Fortas Z., Chevalier G., (1992)b.** Effet des conditions de culture sur la mycorhization de l'*Helianthemum guttatum* par trois espèces de terfez des genres *Terfezia* et *Tirmania* d'Algérie. *Canadian journal of botany*, 70(12), 2453-2460.
- **Fortaz Z, Chevalier G. (1998).** Effet des conditions de culture sur la mycorhization d'*Helianthemum guttatum* par trois espèces du genre *Terfezia* et *Tirmania* (truffes du desert). 2^{ème} congresso internzional sul.tartufo spoletto, 197-203.
- **Fortaz Z. (2004).** Ecologie et production naturele des terfez d'Algérie. Premier symposium sur les champignons hypogés du bassin méditerranéen. Rbat (Maroc). 24-25p.
- **Fortin J.A., Plenchette C., Piché Y. (2008)** . Les mycorhizes. La nouvelle révolution verte. Eds. MultiMondes et Quae, Québec, Canada, 131 p.
- **Fox, J. D. and Robyt, J. F., (1991)** Miniaturization of three carbohydrate analyses using a microsample plate reader. *Analytical Biochemistry.*, (195), 93-96p

G

- **Gandebœuf O., (1997).** Caractérisation et identification moléculaire de différentes espèces de genre *Tuber*. Thèse de doctorat de l'université Blaise Pascal, ClermontFerrand.France. p65
- **Gay G, Normand L, Marmeisse R, Sotta B, Debaud JC (1994)** Auxin overproducer mutants of *Hebeloma cylindrosporum* Romagne'si have increased mycorrhizal activity. *New Phytol* (128): 645–657p.
- **Gazengel J-M (2001).** « le préparateur en pharmacie»; Paris;; pp: 50-56.
- **Gouzi H, Belyagoubi L., Abdelali KN., et Khelifi A.,(2011)** In vitro antibacterialactivities of aqueous extracts from Algerian desert truffles (*Terfezia* and *Tirmania*, Ascomycetes) against *Pseudomonas aeruginosa* and *Staphylococcus aureus*. *Int J Med Mushrooms* 13(6), pp553–558.
- **Guignard J.L., (1996).** Abrégé de biochimie végétale, Ed. *Masson*, Paris, 160 p.
- **Guillet, C., (2002).** Implication des produits terminaux de glycation dans les complications liées au diabète. *Nutrition clinique et métabolisme* **24** : 109-114.
- **Gutierrez A, Morte A, Honrubia M (2003).** Morphological characterization of the mycorrhiza formed by *Helianthemum almeriense* Pau with *Terfezia claveryi* Chatin and *Picoa lefebvrei* (Pat.) Maire. *Mycorrhiza* (13):299–307p.

H

- **Haeffner-Cavaillon, N. Cavaillon, J.M.(1996)** Cytokines et inflammation. in Cavaillon, J.M. Les cytokines. Paris: Masson,. p 501-522.
- **Hall I.R, Brown G, Zambonelli A. (2008).** Taming the truffle : the history, Lore and Science of the Ultimate Mushroom.Ed.Timber Press,Oregon U.S.A. 304p.
- **Halliwell A, Gutteridge M C (2007).** The antioxidant of human extracellular fluids. Archives of biochemistry and biophysics, (280), 1-8p.
- **Haloubi A. (1998).** Les plantes des terrains sales et désertiques, vue par les anciens arabes ; confrontation es données historiques avec la classification es végétaux, leur état et leur répartition actuel en Proche-Orient. Thèse du doctorat, Univ.Scién.Tech.Languedoc.Monrpelie, 86-311p.
- **Halwagy R., Halwagy M., (1974)a** Ecological Studies on the desert of Kuwait: I the physical environment. Of the university of Kuwait (Science). (1):75-86p.
- **Halwagy R., Halwagy M., (1974)b** Ecological Studies on the desert of Kuwait: II the vegetation. J. Of the University of Kuwait (Science). (1):85-95p.
- **Hamza A., Zouari N., Zouari S. (2013)** Nutraceutical potential, antioxidant and antibacterial activities of *Terfezia boudieri Chatin*, a wild edible desert truffle from Tunisia arid zone. Arabian Journal of Chemistry (9): 383-389p
- **Harbone, J.B. (1993).** Introduction to Ecological Biochemistry, 4 Ed; Academic Press: London. 62-75p.
- **He YH, Xiao C, Wang YS, Zhao HY, Tong Y,Zhou J, Jia HW,Lu C,Li XM ,Lu AP ., (2013)** Antioxidant an anti-inflammatory effects of cyanidin from cherries on rat adjuvant-induced arthritis : Zhongguo Zhong Yao Za Zhi . (20).602-5.
- **Hemilä H, Louhiala P,(2013)** Vitamin C for preventing and treating pneumonia. Cochrane Database Syst Rev. Issue 8.pp 203-215p.
- **Honrubia, M., Cano, A., Molina-Ninñirola, C. (1992).** Hypogeous fungi from Southern Spanish semiaridlands. Persoonia 14(4):647–653p.
- **Hu Z., Yang X., Ho P.C., Chan S.Y., Heng P.W., Chan E., Duan W., Koh H.L. and Zhou S. (2000).**Herb–drug interactions. Drugs (65): 1239–1282p.
- **Huang, D., Ou, B., Prior, R. L. (2005)** The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (53), 1841-1856p.

- **Hussain G, Al-Ruqaie I.M, (1999)** Occurrence, chemical composition, and nutritional value of truffles: an overview, Pakistan journal of biological sciences, (2): 510-51.

I

- **Ibn-tattou M.,(2001)** .Contribution a la flora vascular de marruecos(3-5).acta botanica malacitana,(26) :287-303p.
- **Ibrahim T. A. Fagbonun E. D. (2013).** Antibacterial and Antifungal Activity of Ethanolic and Methanolic Extract of Dried Seeds of Buchhlozia coriacea. Greener Journal of Agricultural Sciences 3:458-463.
- **Innocenti M, Domingo C, Barreto M, Garcia V.J.E. (2008).** Nuevos datos para el conocimiento de los hongos hipogeos en las Islas Canarians. (III). *Boletin de la Sociedad Micologica de Canaria.* (39) : 1-4p.

J

- **Jain, N.C. (1993).** Essentials of veterinary hematology. Philadelphia: Lea and Febiger, 417 p.
- **Jain, N.C., Schalm, O.W., and Lasmanis, J. (1978)** Neutrophil kinetics in endotoxin-induced mastitis. American Journal of Veterinary Research, , 39(10), 1662-1667p.
- **Janakat S., Al-Fakhiri S., Sallal A-K., (2004).** A promising peptide antibiotic from *Terfazia claveryi*. Aqueous extract against *Staphylococcus aureus* in vitro. *Phytother. Res.* 18: 810-813
- **Janakat S., Al-Fakhiri S., Sallal A-K., (2005).** Evaluation of antibacterial activity of aqueous and methanolic extracts of the truffle *Terfazia claveryi* against *Pseudomonas aeruginosa*. *Phytother. Res.* 26 (6): 447-450p.
- **Janakat, S. , Nassar, M., (2010).** Hepatoprotective Activity of Desert Truffle (*Terfezia claveryi*). p 27-99.
- **Janex-Favre et Parguey-Leduc A , (1988)** les asques et ascocarpes de *Terfezia claveryi* Ch (Tuberales). *Cryptogamie, Mycol.* (06) : 27-99p

- **Janex-Favre M.C., Parguey-Leduc A., Rioussel L., (1988).** L'ascocarpe hypogé d'une Terfez Française : *Terfezia leptoderma* Tul, Tubérales, Dixomycètes. Bull.Soc.Mycol.Fr. (104): 145-178p.
- **Jayaprakasha GK., Rao LJ. (2000)** Phenolic constituents from the lichen *Parmotrema stuppeum* (Nyl.) Hale and their antioxidant activity. Zeitschrift für Naturforschung C.; 55(1112): 1018-1022p.
- **Jean C. S., Jacques M. (2014)** Les champignons de santé et de longévité guide pratique de mycothérapie édition Rancher p 27-30
- **Jones WP & Kinghorn AD (2005).** Extraction of plant secondary metabolites. Natural products isolation,323-411p.
- **Josserand M.J, (1983)** .La description des champignons supérieurs (basidiomycètes charnus).encyclopédie mycologique XXXVII^{ème} ED. Le chevalier. Paris, 398p.

K

- **Kagan-Zur V, Akyuz M (2014)** Asian Mediterranean desert truffles. In: Roth-Bejerano N, Sitrit Y, Morte A, Kagan-Zur V (eds) Desert truffles. Springer, pp 159–171.
- **Kagan-Zur V. (1998).** Terfezia, a family of mycorrhizal edible mushrooms for arid zones, 2nd International conf.on mycorrhiza (ICOM), uppsala (Sweden).
- **Kagan-Zur V., (2001).** Terfezia, a family of mycorrhizal edible mushrooms for arid zones. Springer US , *Combating Desertification with Plants* (pp. 45-53).
- **Kagan-Zur V., Roth-Bejerano N., (2008).** Desert Truffles. *Fungi* 1(3):32–37p.
- **Khabar L, Najim L, Janex-Favre MC, (2001)** Contribution à l'étude de la flore mycologique du Maroc. Les truffes marocaines (Discomycètes). Bull Trimest Soc Mycol Fr (117):213– 229p
- **Khabar L. (2002).** Etudes pluridisciplinaires des truffes du Maroc et perspectives pour l'amélioration de production des « Terfess » de la forêt de la Mamora. Thèse de Doctorat d'Etat Es-sciences, Univ.Mohamed V-Agdal, Rabat (Maroc). 167p.
- **Khabar L., Slama A., Neffati M., (2005).** Terfess common to morocco and Tunisia. Actes of IWEMM 4, 27 novembre au 2 décembre 2005, Murcia, Espagne
- **Khabar, L., (2014)** Mediterranean Basin : North Africa. Springer Berlin Heidelberg,pp. 143-158.

- **Khanaqa A. (2006).** Truffle production in the kingdom of Saudi Arabia-Potential and limitation. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 80(1) :14-18.
- **Kim D., Chun O., Kim Y., (2003)** Quantification of phenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. *J. Agric. Food Chem*, (51): 6509-6515p
- **Kim H P, Son K H, Chang H W , kong S S (2006).** Antiinflammatory plant flavonoids and cellular action mechanism. *J Pharmaco .Sci*, 96, 229-254.
- **Kiraly I, Bratek Z. (1992).** *Terfezia terfezioides*, a common truffle in Hungary. *Mycol.Veg. Med.* 7(1) : 43-45p.
- **Kivçak and Akay S (2014).** Quantitative Determination Of alpha-Tocopherol In *Pistacia Lentiscus*, *Pistacia Lentiscus* Var. Chia, and *Pistacia Terebinthus* by Tlc-Densitometry and colorimetry. *Fitoterapia*, 76, 62–66.
- **Klein B, Perry A., (1982)** Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. *Journal of Food Science*, (47): 941-945p
- **Koechlin-Ramonatxo, C. (2006).** Oxygène, stress oxydant et suppléments antioxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. *Nutrition clinique et métabolisme* 20 (4) :165-177p.
- **Koolman, J., Rohm, K.H. (1999).** Atlas de Poche de Biochimie. *Flammarion*: Paris. p : 462.
- **Kovacs G, Trappe J.M, Alsheikh A.M, Hasen K, Healy R.A, Vagi P. (2011).** *Terfezia* disappears from the American truffle mycota as two new genera and *Mattiolomyces* species emerge.*Mycologia*. 103(4) : 831-840p.
- **Kovacs G.M., Bagi I, Vagvolgyi C., Kottke I., Oberwinkler F., (2002)** Studies on the root associations of the truffle *Terfezia terfezioides*. *Acta Microb Immunol Hung* 49(2–3), pp 207–213

L

- **Læssøe T., & Hansen K. , (2007).** Truffle trouble: what happened to the Tuberales. *Mycological research*, 111(9), 1075-1099p.
- **Lanhers, M. C., Fleurentin, J., Mortier, F., Vinche, A. and Younos, C. (1992).** Anti-inflammatory and analgesic effects of an aqueous extract of *Harpagophytum procumbens*. *Planta Medica*, (58), 117– 123p.

- **Lawrynowicz, M., Markovic, M., Milenkovic, M., Ivancevic B. (1997).** *Terfezia terfezioidesa* new hypogeous fungus for Balkan Peninsula. *Acta Mycol.* (32), 233–238.
- **Lebel T., Castellano M.A., (1999)** Australasian truffle-like fungi. IX. History and current trends in the study of the taxonomy of sequestrate macro fungi from Australia and New Zealand, *Australian Systematic Botany* (12) 803-817p.
- **Lee, J., Durst, R.W., Wrolstad, R.E., (2005).** Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colourants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International* 88, 1269–1278.
- **Lee, J., Rennaker, C., Wrolstad, R.E.,(2008).** Correlation of two anthocyanin quantification methods: HPLC and spectrophotometric method. *Food Chemistry*110, 782–786.
- **Li HB, Cheng, KW, Wong CC, Fan KW, Chen F.,Jiang Y. (2007)** Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Food chemistry*, 102(3): 771-776p.
- **Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R., (1985)** Determination of Total Carotenoids and Chlorophylls A and B of Leaf in Different Solvents, *Biol. Soc. Trans.*, (11): 591-592p.
- **Liu Y-T., Sun J., Luo Z-Y, Rao S-Q., (2012)** Chemical composition of five wild edible mushrooms collected from Southwest China and their antihyperglycemic and antioxidant activity. *Food Chem Toxicol* (50):1238–1244p.
- **Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010).** Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, (4), 118p.
- **Loumani B., (1999).** Synthèse bibliographique sur les Terfez en Algérie. *Mém. DES. Univ. Es'Sénia. Oran*, 45p.
- **Lowry O H, Rosebrough N. J, Randall R, (1951)** Protein measurement with Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, (193): 265-275p.
- **Lyn Patrick, N.D. (2006).** Lead Toxicity Part II: The Role of Free Radical Damage and the Use of Antioxidants in the Pathology and Treatment of Lead Toxicity. *Altern. Med.* 11 (2): 114-127p.

M

- **M, Granetti B (1988).** Atti del secondo congresso internazionale sul tartufo. Spoleto, Italy Com. Mont. Dei Martini, Italy Pub. pp. 19–30
- **Malençon, G., (1973)** Champignons hypogés du Nord de l’Afrique. I. Ascomycetes. Persoonia (7), pp 261–288
- **Mandeel, Q. A., et Al-Laith, A. A. A. , (2007)** - Ethnomycological aspects of the desert truffle among native Bahraini and non-Bahraini peoples of the Kingdom of Bahrain. Journal of ethnopharmacology, 110(1), pp 118-129.
- **Marasas W.F.O., Trappe JM., (1973)** Notes on southern African Tuberales. Bothalia (11), pp139–141
- **Marc Fr., Davin A., (2004)** ,Deglène-Benbrahim L., Ferrand C. et all. Méthodes d’évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. Erudit, M/S : médecine sciences 20(4), 458-463p.
- **Mascolo N., Sharma R., Jain SC., Cappasso F. (1987)** Ethnopharmacology of *Calotropis procera* flowers. Journal of ethnopharmacology, 22(2), 211-221p.
- **Mau J. L, Lin H. C, Chen C.C, (2002)** Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (50): 6072–6077p.
- **Mau, J.-L., Chang, C.-N., Huang, S.-J., Chen, C.-C., (2004).** Antioxidant properties of methanolic extract from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia. Food Chemistry, (87), 111–118p.
- **Middleton, P., Stewart, F., Al-Qahtani, S., Egan, P., O’Rourke, C., Abdulrahman, A., et al. (2005).** Antioxidant, antibacterial activities and general toxicity of *Alnus glutiosa*, *Fraxinus excelsior* and *Papaver rhoeas*. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 2, 81–86.
- **Moreno G., Diez J., Manjon JL., (2000).** *Picoa lefebvrei* and *Tirmania nivea*, two rare hypogeous fungi from Spain. Mycol Res (104):378–381p.
- **Moreno G., Galan R., Ortega A., (1986).** Hypogeous fungi from continental Spain. Cryptogam. Mycol. (7): 201-229p.
- **Moreno S. C., (2002)** Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. Food Science and Technology International, 8 (3), 121-137p.

- **Moreno, G., Diez, J., et Manjon, J. L., (2002)** - *Terfezia boudieri*, first records from Europe of a rare vernal hypogeous mycorrhizal fungus. *Persoonia*, 17, pp 637-641.
- **Morte A., Gutierrez A., Honrubia M., (2008)** Biotechnology and cultivation of desert truffles. In *Mycorrhiza: Biology, genetics, novel endopytes and biotechnology*. Ed Varma, Springer, Germany, (120) 467- 483p.
- **Morte A., Gutierrez A., Honrubia M.,(2008)**. Biotechnology and cultivation of desert truffles. In *Mycorrhiza: Biology, genetics, novel endopytes and biotechnology*. Ed Varma, Springer, Germany, 467- 483p.
- **Morte A., Zamora M., Gutiérrez A., Honrubia M., (2009)** Desert truffle cultivation in semiarid Mediterranean areas. *Mycorrhizas : Functional processes and ecological impact*. Springer Berlin Heidelberg, pp 221–233.
- **Murcia MA, Martí´nez-Tome´ M, Jime´nez AM, (2002)** Antioxidant activity of edible fungi (truffles and mushrooms): losses during industrial processing. *J Food Prot* (65):1614–1622p.
- **Murcia MA, Martínez-Tomé M., Vera A., (2003)**. Effect of industrial processing on desert truffles *Terfezia claveryi* Chatin and *Picoa juniper* Vittadini): proximate composition and fatty acids. *J Sci Food Agric* (83) :535–541p.

N

- **Nantz, M.P., C.A. Rowe, C. Nieves, Jr., et al. (2006)**. "Immunity and antioxidant capacity in humans is enhanced by consumption of a dried, encapsulated fruit and vegetable juice concentrate." *J Nutr* (136): 2606-2610p.
- **Navarro-Rodenas A., Morte A., Perez-Gilabert M., (2009)**. Partial purification, characterization and histochemical localisation of alkaline phosphatase from ascocarps of the edible desert truffle *Terfezia claveryi* Chatin *Plant Biology* .11 (5) : 678–685p.
- **NCCLS (National Committee for Clinical Laboratory Standards) (2002)**. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests of bacteria that grow aerobically. Approved Standard M100-S12.
- **Neggaz S ., Z. Fortas ., M. Chenni . (2015)** In vitro evaluation of antioxidant ,antibacterial and antifungal activities of *Terfezia claveryi* Chatin. *Phytothérapie* (015)- 84-93p.

- **Neggaz S. (2010).** Analyses chromatographie et spectroscopiques des composés antimicrobiens d'une espèce de terfez : *Tirmania pinoy* (Maire). Mémoire de Magister, Univ. Oran, Es-sénia, 107p.
- **Nejraoui D (2004).** Desertification (dégradation de la steppe).184p
- **Newton R. (2000).** Molecular mechanisms of glucocorticoid action: what is important. *Thorax*, (55), 603-613p.
- **Niess, J.H. (2008).** "Role of mucosal dendritic cells in inflammatory bowel disease." *World J Gastroenterol* (14): 5138-5148.

O

- **Ojewole J (2006).** Antinociceptiv, anti-inflammatory and ant diabetic properties of *Hypoxis hemerocallidea* fisch. And C.A. Mey.(Hypoxidaceae) corn ('African potato') aqueous extract in mice and rats» ; *J Ethnopharmacology*,(103) pp 126–34.
- **Omer E.A., Smith D.L., Wood K.V., El-Menshawi B.S, (1994).** The volatiles of desert truffle: *Tirmania nivea*. *Plant Foods for Human Nutrition*, (45): 247-249p.
- **Ouédraogo N, Lompo M, Sawadogo R.W, Tibiri A, Hay A.E, Koudou J, Dijoux M.G, Guissou I.P (2012).** Étude des activités anti-infl ammatoire, analgésique et antipyrétique des décoctés aqueux des feuilles et des racines de *Pterocarpus erinaceus* Poir. (Fabaceae). *Phytother*, (10), 286-292p.
- **Oyaizu M, (1986)** Studies on products of browning reaction-Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japanese Journal of Nutrition*. (44), 307–315p.
- **Ozen T., Demirtas I ., Aksit H (2011).** Determination of antioxidant activities of various extracts and essential oil compositions of *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* var. *skorpilii*. *Food Chem*, (124), 58-64p.

P

- **Park B.S, Lee H.K, Lee S.E, Piao X.L, Takeoka G. R., Wong R. Y., Ahn Y.J., Kim J.H., (2006).** Antibacterial activity of *Tabebuia impetiginosa* Martius ex DC (Taheebo) against *Helicobacter pylori*. *Journal of Ethnopharmacology*, (105) : 255-262p.
- **Patel R.P., Moellering D., Murphy-Ullrich J., Jo H., Beckman J.S., Darley-USmar V.M., 2000.** Cellsignaling by reactive nitrogen and oxygen species in atherosclerosis. *Free Radic Biol Med*. (28): 1780-1794p.

- **Pegler D.N., (2002)** - Useful fungi of the World : the ‘Poor man’s truffles of Arabia’ and Manna of the Israelites. *Mycologist* (16), pp 8–9.
- **Pepys M.B., Baltz M.L. (1983)** Acute phase proteins with special reference to C-reactive protein and related proteins (Pentaxins) and serum amyloid A protein. *Adv. Immunol.*,(34), 141-212p.
- **Perazzo F.F, Rodrigues I.V, Maistro E.L, Souza S.M, Nanaykkara N.P.D, Bastos J.K, Carvalho J.C.T, De Souza G.H.B (2013).** Anti-inflammatory and analgesic evaluation of hydroalcoholic extract and fractions from seeds of *Piper cubeba* L. (Piperaceae). *Pharmacogn J*, **5**, (1),13-16p.
- **Pereira E., Barros L., Martins A., Ferriera ICFR., (2012).** Towards chemical and nutritional inventory of Portuguese wild edible mushrooms in different habitats. *Food Chem* (130) :394–403p
- **Pérez-Gilabert M., Avila-Gonzalez R., Garcia-Carmona, F., Morte A. , (2005)a.** Characterization and histochemical localization of nonspecific esterase from ascocarps of desert truffle (*Terfezia claveryi* Chatin). *Journal of agricultural and food chemistry*, 53 (14): 5754- 5759p.
- **Pérez-Gilabert M., Morte A., Garcia-Carmona F., (2004).** Histochemical and biochemical evidences of the reversibility of tyrosinase activation by SDS. *Plant Science*, (166) : 365–370p.
- **Pérez-Gilabert M., Morte A., Honrubia M., Garcia-Carmona F. , (2001).** Partial Purification, Characterization, and Histochemical Localization of Fully Latent Desert Truffle (*Terfezia Claveryi* Chatin) Polyphenol Oxidase. *Agric. Food Chem.*, 49 (4): 1922-1927p.
- **Pérez-Gilabert M., Sanchez-Felipe I., Garcia-Carmona F., (2005)b.** Purification and partial characterization of lipoxygenase from desert truffle (*Terfezia claveryi* Chatin) ascocarps. *J Agric Food Chem*. 53(9): 3666-71p.
- **Pham C. T., (2006).** Neutrophil serine proteases : specific regulators of inflammation. *Nat Rev Immuno* (16): 541-500p.
- **Pham C. T., (2006).** Neutrophil serine proteases : specific regulators of inflammation. *Nat Rev Immuno* (16): 541-50p.
- **Pietta P.G (2000).** Flavonoids as Antioxidants. *J Nat Prod*, (63), 1035-1042p.

- **Pillai, S.R., Kunze, E., Sordillo, L.M., Jayarao, B.M (2001).** Application of differential inflammatory cell count as a tool to monitor udder health. *Journal of Dairy Science*, , (84), 1413-1420p.
- **Popovici C. , Ilonka S .,Bartek T.,(2009)** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH *Revue de génie industriel*,(4), 25-39p.
- **Pottier P, Planchon B, Pistorius M.A, Grolleau J.Y. (2001).** Facteurs de risque et incidence de la maladie thromboembolique veineuse en médecine interne : une étude descriptive prospective sur 947 patients hospitalisés. *Rev Med Interne*. (22): 59-34.
- **Pottier P, Planchon B, Pistorius M.A, Grolleau J.Y. (2002).** Facteurs de risque de la maladie thromboembolique veineuse chez des malades hospitalisés en médecine interne : une enquête cas-témoins sur 150 patients. *Rev Med Interne*. (23), 80-91p.
- **Prescott L, Herley J, Klein D. (2003).** *Microbiologie 2^{ème} édition Française.* traduction de la 5eme édition Américaine.Université de Liège. 1137p.
- **Price, S.F., P.J. Breen, M. Valladao, et al. (1995).** "Cluster sun exposure and quercetin in pinot noir grapes and wine." *Am. J. Enol. Vitic.* (46): 187-194p.
- **Psotová J., Lasovsky J., Vicar J., (2003).** Metal –chelating Propertys, lector chemical Behaviour, Scavenging and cytoprotoective Activities of six Natural phenolic. *Biomed Papers* 147(2): 147-153p.
- **Puttaraju N.G, Venkateshaiah S.U, Dharmesh S M, Urs S.M.N, Somasundaram R. (2006).** Antioxydant activity of indigious edible mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. (54) : 9764-9772p.

Q

- **Queiroz A C., Daysianne P.D .L., Thays D LM.,Freire D., Everton T S., Crolina D B M. (2010)** The antinociceptive and antiinflammatory activites of *piptadenia stipulacea benth (Fabacae)*. *Journal of Ethnopharmacology* (128); pp: 377- 383

R

- **Rahmoun M. N., (2009).** Essai de tests biologiques (antibactériens/ antifongiques) de produits dérivés de la lawsone. *Mémoire de magister*, Université Abou-bakr Belkaïd, Tlemcen. p 3640.

- **Raynaud, CH. (1985).** Contribution to the study of some species of the genus *Helianthemum* sect. *Helianthemum*. Preliminary note. *Anales Jard. Bot. Madrid* 41(2):303-311p
- **Rayss, T. (1959).** Champignons hypogés dans les régions désertiques d'Israël. Pp. 655-659.
- **Recommendation de OMS, 2005.** Standardisation de l'antibiogramme en médecine humaine à l'échelle nationale. 4^{ème} édition, ALGER. ins. Pas, p 95.
- **Reis FS., Barros L, Martins A, Ferreira ICFR., (2012).** Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an interspecies comparative study. *Food Chem Toxicol* (50):191–197p.
- **Reis FS., Barros L, Martins A, Ferreira ICFR., (2012).** Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: an interspecies comparative study. *Food Chem Toxicol* (50):191–197p.
- **Ribereau G P, (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris, 254 p.
- **Ribereau G P, (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Dunod, Paris, 254 p.
- **RIBEREAU- GAYON,** Les composés phénoliques des végétaux., 1968.2^{ème} édition Dunod, Paris 250p
- **Ricard J. M., Bergougnoux F., Callot G., Olivier, J. M., Pargney, J. C., Sourzat, P. (2003).** La truffe. CTIFL, Paris, France, 270p.
- **Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G., (1996).** Structure–antioxydant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic Biol Med.* (20): 933-956p.
- **Riitta J.T ., (1985).** Phenolic constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics *J. Agric. Food Chem*, 33 (2), pp 213–217
- **Roth-Bejerano N., Livne D., Kagan-Zur V. (1990).** *Helianthemum*-*Terfezia* relations in different growth media. *New Phytol* 114(2):235–238p.
- **Roth-Bejerano N., Navarro-Rodenas A, Gutierrez A., (2014) -** Types of Mycorrhizal Association. Springer Berlin Heidelberg, pp 69-80.
- **Roth-Benjerano N, Mendlinger S, Kagan-Zur V. (2004).** Effect of calcium on growth of submerged *Terfezia boudieri* mycelium. *Mycoscience.* (45) : 30-34p.
- **Rubio-Rodríguez, N., Beltrán, S., Jaime, I., de Diego, S. M., Sanz, M.T., Rovira Carballido, J. (2010).** Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, (11), 1-12p.

- **Sadat G. (1994).** Contribution à l'étude de l'association symbiotiques entre le genre *Terfezia sp.* et les espèces *l'Helianthemum*, *Pinus halepensis* et *Pinus canareinces*. Men.Ing.Agr.I.N.A.El-Harach. Alger , 57p.
- **Saddiq A.A. and Danial E.N. (2012).** Assessment of phenolic content, free radical-scavenging capacity and antimicrobial activities of Truffle *claveryi*. *Wulfenia J.* 19: 403-422.
- **Saddiq AA., Danial E.N, Jehad . M. Yousef A. Mohamed M (2016).** *In Vitro* And *In Vivo* Safety Evaluation Of *Terfezia Claveryi* Ruiting Bodies Extract Romanian Biotechnological Letters (20), 52-68p
- **Saenz MT, Gomez MA Garcia MD, and Fernandez MA (1999)** Topical Antiinflammatory Activity of Phytosterols Isolated from *Eryngium foetidum* on Chronic and Acute Inflammation Models. *Phytother. Res.* 13, 78–80.
- **Sakri F.A. (1989),** Chemical composition and mineral content of Iraqi truffles, Iraqi. *J. Sci.* 30 421-424p.
- **Salah S.M. ,Jager A.K. (2005).** Screening of traditionally used Lebanese herbs for neurological activities. *J Ethnopharmacol*, **97**: 145–149
- **Salas-Salvado, J., J. Fernandez-Ballart, E. Ros, (2008).** "Effect of a Mediterranean diet supplemented with nuts on metabolic syndrome status: one-year results of the PREDIMED randomized trial." *Arch Intern Med* (168): 2449-2458p.
- **Sanchez-Moreno C., 2002.** Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in food and biological systems. *Food Sci Tech Int.* 8(3): 121-137p.
- **Santangelo, C., R. Vari, B. Scazzocchio, (2007).** "Polyphenols, intracellular signalling and inflammation." *Ann Ist Super Sanita* **43**: 394-405.
- **Saqri F. A. (1989).** Chemical composition and mineral content of Iraqi truffels. *Iraqi J. Sci.* (30): 421–24p.
- **Sarita.G. Mohd.A . Sarwar.A.(1993)** .Ethycholest 4 en 3 *b* ol from the roots of *Lawsonia inermis*. *Phytochemistry*, (31) 2558-2560p.
- **Sawaya W.N , Al-Shalhat A, Alsogair A, (1985).**chemical composition and nutritive value of truffles of Saoudi Arabia .*J.Food Sci.*,50(2):450-453.
- **Sawaya W.N , Al-Shalhat A, Alsogair A,(1985).**chemical composition and nutritive value of truffles of Saoudi Arabia .*J.Food Sci.*,50(2):450-453p.

- **Sawaya W.N, Al-Shalhat A, Al-Sogair A, Al-Muhammad M. (2006).** Chemical Composition and Nutritive Value of Truffles of Saudi Arabia. *Journal of Food Science.* 50(2) : 450-53p.
- **Sayre, L.M., Moreira, P.I., Smith, M.A., Perry, G. (2005).** Metal ions and oxidative protein modification in neurological disease. *Ann. Ist. Super. Sanità.* 41 (2):143-164.
- **Sbissi I, Ghodhbane-Gtari F, Neffati M, Ouzari H, Boudabous A, Gtari M. (2011).** Diversity of the desert truffle *Terfezia boudieri* Chatin. in southern Tunisia. *Canadian Journal of Microbiology.* 57 (7) : 599-605p.
- **Sbissi I, Neffati M, Boudabous A, Murat C, Gtari M. (2010).** Phylogenetic affiliation of the desert truffles *Picoa juniperi* and *Picoa lefebverei*. *Antonie van Leeuwenhoek.* (98) : 429-436p.
- **Scalbert, A. (1991).** Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry,* (30): 3875-3883p.
- **Seidel V (2005).** Initial and Bulk Extraction. *In: Sarker S D, Latif Z and Gray A I. Natural products isolation. Humana Press (Totowa), pp: 27-37.*
- **Seigler DS. (1998)** Plant secondary metabolism.Ed. Kluwer Academic, Boston,p. 193-205.
- **Senthilkumar M .,(2013).** Phytochemical Screening of *Gloriosa superba* L. from different geographical positions. *International Journal of Scientific and Research Publications,* ; 3(1): 1-5.
- **Senthilkumar R., Vijayaraghavan K., Thilakavathi M., Iyer P.V.R., Velan M. (2007).**Application of seaweeds for the removal of lead from aqueous solution. *Biochem Eng J.,* (33), p. 211-216.
- **Shavit E., (2008).** Medicinal mushrooms: truffles roasting in the evening fires. *Fungi* 1:18–23 Patel S (2012) Food, health and agriculture importance of truffles: a review of current scientific literature. *Curr Trend Biotechnol Pharm* 6(1):15–27
- **Shavit, E., Shavit, EN., (2014)** - The Medicinal Value of Desert Truffles. Springer Berlin Heidelberg, pp 323-340.
- **Singh S., Singh S.,(1996).**Interaction of mycorrhizae with plant diseases pathogens .Part I, Efficacy of mycorrhizal fungi as disease control agents, *Mycorhiza News,*(8) ;1-9.
- **Skiest, D.J., Brown K., Cooper T.W., Hoffman-Roberts H., Mussa H.R. Elliott A.C., (2007).** Prospective comparison of methicillin-susceptible and

- methicillin-resistant community-associated *Staphylococcus aureus* infections in hospitalized patients. *J. Infect.*, (54): 427-434.
- **Skiest, D.J., K. Brown, T.W. Cooper, H. Hoffman-Roberts, H.R. Mussa and A.C. Elliott,(2007)** Prospective comparison of methicillin-susceptible and methicillin-resistant community-associated *Staphylococcus aureus* infections in hospitalized patients. *J. Infect.*,54: 427-434.
 - **Slama A, Gorai M, Fortas Z, Boudabous A, Neffai M. (2012).** Growth, root colonization and nutrient status of *Helianthemum sessiliflorum* Desf. inoculated with a desert truffle *Terfezia boudieri* Chatin. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 19 : 25-29.
 - **Slama A., Fortas Z., Boudabous A., Neffati M., (2010).** Cultivation of an edible desert truffle (*Terfezia boudieri* Chatin). *Afr J Microbiol Res* 4(22):2350–2356
 - **Slama A., Fortas Z., Neffati M., Khabar L., Boudabous A., (2006).** Etude taxonomique de quelques Ascomycetes hypoges (Terfeziaceae) de la Tunisie meridionale. *Bull Soc Mycol Fr* 122(2–3):187–195
 - **Smith ME, Douhan GW, Rizzo DM (2007)** Ectomycorrhizal community structure in a xeric *Quercus* woodland as inferred from rDNA sequence analysis of bulked ectomycorrhizal roots and sporocarps. *New Phytol* 174:847–863
 - **Smith ME, Singh, J., Kakkar, P. (2009).** Antihyperglycemic and antioxidant effect of *Berberis aristata* root extract and its role in regulating carbohydrate metabolism in diabetic rats. *Ethnopharmacol.* 123(1): 22-6 p
 - **Smith S.È., Read D.J., (1997).** Mycorrhizal symbiosis (second edition). Academic press, London, UK. 605 p.
 - **Soares, A.A., Marques, de Suza, C.G., Daniel, F.M., Ferrari, G.P., Gomes da Costa, S.M., Peralta, R.M. (2009).**Antioxidant activity and total phenolic content of *Agaricus brasiliensis* (*Agaricus blazei* Murril) in two stages of maturity. *Food Chem.* 112: 775-781.
 - **Splivallo R., (2007).** Truffles Volatiles and Exudates, Investigation of their Role in Truffle/Plant Interactions. Ph.D Course in Biology and Biotechnology of Fungi XIX Cycle University of Torino Department of Plant Biology, 142p.
 - **Splivallo R., Bonfante P., (2006).** Truffles volatiles and exudates investigation of their role in truffle/plant interactions. *Ce biovem. Ipp -cnr. (1)*: 10-14.

- **Splivallo R., Bonfante P., (2006).** Truffles volatiles and exudates investigation of their role in truffle/plant interactions. *Cebiovem. Ipp -cnr. 1* : 10-14.
- **Stanikunaite, R., J.M. Trappe, S.I. Khan and S.A. Ross, (2007).** Evaluation of therapeutic activity of hypogeous ascomycetes and basidiomycetes from North America. *Int. J. Med. Mushrooms*, 9: 7-14.
- **Stojković D., F.S. Reis, I.C.F.R. Ferreira, L. Barros, J.Glamočlija, A. Ćirić, et al., (2013)** *Tirmania pinoyi*: Chemical composition, in vitro antioxidant and antibacterial activities and in situ control of *Staphylococcus aureus* in chicken soup, *Food Res. Int.* 53pp 56-62
- **Su X, Duan J, Jiang Y, Shi J & Kakuda Y. (2006)** Effects of soaking conditions on the antioxidant potentials of oolong tea. *Journal of Food Composition and Analysis*,; 19(4): 348-353.
- **Sun, X., Seeberger, J., Albericao, T., Wang, C., Wheeler, C.T., Schauss, A.G., (2010)** . Aci plam fruit (*Euterpe oleracea* Mart.) pulp improves survival of flies on a high fat diet. *Exp. Gerontol.* 45, 243–251.

T

- **Tabart J., Kevers C., Pincemail J., Defraigne J., Dommes J. (2009)** Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food Chemistry*, 113, 1226-1233
- **Tadja A. , (1996).** Etude écologique de deux espèces de *Terfezia* du Sud-Ouest Algérien. Essai de leur mycorhization sur trois espèces céréalières. Magister thesis, National Institute of Agronomy, El-Harrach, Algeria. p. 57.
- **Tamion F. (2010)** Albumine dans les états infectieux graves Albumin in sepsis *Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation* 29 629–634
- **Tang S, Shechan D, Buckley D.j, Morrsey P.A, Kerry J.P. (2001).** Anti-oxydant activity of added tea catechines on lipid oxidation of raw minced red meat, poultry and fish muscle. *International Journal of Food Science and Technology.* 36, 685-692
- **Tapiero H., Tew K.D., Nguyen B.G., and Mathé G. (2002).** Polyphenol do they play a role in the prevention, of the human pathologies. *Biomed.pharmacother.* 56: 200-207
- **Taylor FW, Thamage DM, Roth-Bejerano N, Kagan-Zur V., (1995).** Notes on the Kalahari desert truffle, *Terfeziapfeilii*. *Mycol Res* 7:874–878

- **Traber, M.G., Atkinson, J., (2007).** Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free Radic. Biol.Med.* 43, 4–15. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2007.03.024
- **Trappe JM, Claridge AW, Arora D, Smit WA .,(2008).** Desert Truffles of the African Kalahari: Ecology, Ethnomycology and Taxonomy. *Econ. Bot.* 62(3):521-529
- **Trappe J. M. ,(1971).** Mycorrhiza-forming ascomycetes. *Mycorrhiza-forming Ascomycetes. Miscellaneous Publication, 1189*, 19-37.
- **Trappe J.M ,(1979)** The order, families and genera of hypogeous ascomycete(truffles and their relatives).*Mycotaxon* N° 9.pp 297-340.
- **Trappe J.M, Castellano M.A. (1992).** Keys of the genera of truffles (Ascomycetes). *Mycologia*, 10 : 47-65.
- **Trappe J.M., (1990).** Use of truffles and false truffles around the world. In: *Bencivenga*
- **Trappe J.M., Sundberg W.J. (1977).** *Terfezia gigantea* (Tuberales) in North America. *Mycologia.* 69 : 433-437
- **Tsai S Y, Tsai H L, and Mau, J L, (2007).** Antioxidant properties of *Agaricus blazei*, *Agrocybe cylindracea*, and *Boletus edulis*. *Lwt-Food Science and Technology*, 40, 1392–1402
- **Tulasne L.R. et Tulasne C., (1851).** *Fungi hypogaei*, Ed. MPCHA, Paris, 222p.

U

- **U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.(1984).** Composition of Foods: Vegetables and Vegetable Products; Raw, Processed, Prepared. *Agric. Handb. No. 8-11*, 502 pp.
- **Uteshev DB,Kostriukov EB,Karabinenko AA,Kovaleva VL,Makarova OV, Storozhakov GI , (2000)** The anti-inflammatory activity of intal and beta-carotene in a model of experimental granulomatous lung inflammation..*Apr-June(2).*19-22.

V

- **Van Helden, Y.G.J., Keijer, J., Knaapen, A.M., Heil, S.G., Briedé, J.J., van Schooten, F.J., Godschalk, R.W.L. (2009).** β -Carotene metabolites enhance inflammation-induced Oxidative DNA damage In lung Epithelial cells. *Free RadicalBiology Medicine* 46: 299-304.

- **Vinegar R, Schreiber W., Hugo R (1969).** Biphasic development of carrageenin-induced edema in rat. *J Pharmacol Exp Ther*, 166, 96-103.
- **Volpato G, Rossi D, entoni D. (2013).** A reward for patience and suffering : Ethnomycology and commodification of desert truffles among Sahrawi refugees and nomads of Western Sahara. *Econ Bot WW(X)* : 1-14, Published online by The New York Botanical Garden Press, Bronx, NY 10458-5126, USA, on June 6th, 2013. Accessed 8Jun 2013.

W

- **Wadood A, Ghufuran M, Jamal SB, Naeem M, Khan A & Ghaffar R. (2013)** Phytochemical analysis of medicinal plants occurring in local area of Mardan. *Biochem Anal Biochem*, 2(4): 144.
- **Wang GX.** In vivo anthelmintic activity of five alkaloids from *Macleaya microcarpa* (Maxim) Fedde against *Dactylogyrus intermedius* in *Carassius auratus* *Veterinary Parasitology*, 2010; (171): 305–313.
- **Wang S., Marccone M.F ., (2011),** The biochemistry and biological properties of the world's most expensive underground edible mushroom: truffles *Food Res. Int.* pp. 2567–2581
- **Wantana R, Tassanee N, Subhadhirasakul S (2009)** Antinociceptive, antipyretic, and anti-inflammatory activities of *Putranjiva roxburghii* Wall. leaf extract in experimental animals. *J Nat Med* (06) :27-45
- **Watanabe T, Misawa S, Hiradate S., Osaki M (2008).** Characterization of root mucilage from *Melastoma malabathricum*, with emphasis on its roles in aluminum accumulation. *New Phytologist*, **178**, 581-589
- **Waterhouse Andrew L ,(2002).** Determination of total phenolics, journal *Current protocols in food analytical chemistry*
- **Winter CA, Risley EA. and Nuss GW: (1962).** Carrageenan-induced edema in hind paws of the rats as an assay of antiinflammatory drugs. *Proceed Soc Exper Biol And Med* 3: 544-547.

Y

- **Yen CE, Yen CH, Huang MC, Cheng CH, Huang YC., (2008)** Dietary intake and nutritional status of vegetarian and omnivorous preschool children and their parents in Taiwan. *Nutr Res.* Volume 28, Issue 7, Pages 430–436
- **Yen, G.C., Duh, P.D., (1993).** Antioxidative properties of methanolic extracts from peanut hulls. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 70, 383-386

Z

- **Zaretsky M., Kagan-Zur V., Mills D., et Roth-Bejerano N. (2006)** Analysis of mycorrhizal associations formed by *Cistus incanus* transformed root clones with *Terfezia boudieri* isolates. *Plant cell reports*, 25 (1), pp 62-70
- **Zeng. J., Zhou, J., Huang, K. (2009).** Effect of selenium on pancreatic proinflammatory Cytokines in streptozotocin-induced diabetic mice. *Journal of Nutritional Biochemistry* 20 (7): 530-536.
- **Zhang B.C.,(1992).**Chinese Hypogeous mycoflora Terfeziaceae, new records *Micologiae Vegetazione Mediterranea*,7 (1) ;39-42p.
- **Zhou, Q., Wang, L., Wang, H., Xie, F., Wang, T. (2012).** Effect of dietary vitamin C on the growth performance and innate immunity of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Fish and Shellfish Immunology* 32: 969-975.
- **Zhu, Z.Z., Ma, K.J., Ran, X., Zhang, H., Zheng, C.J., Han, T., Et Al: (2010)** .Analgesic, Anti-inflammatory and antipyretic activities of the petroleum ther fraction from the ethanol extract of *Desmodium podocarpum* »; *Journal of Ethnopharmacology*; (133); pp: 1126–1131.
- **Zitouni F.H, Zelmat F.Z. (2007).** Caractérisation écologique et pédologique de trois sites à terfez de la steppe centrale d »Algérie. Essai de mycorhization de *Tirmania pinoyi* avec *Pinus halepensis* en conditions gnotoxéniques.Mém.Ing.Biotech, Univ.Oran, 62p.
- **Zitouni F.H.(2010).** Etude des associations mycorhiziennes entre quatre espèces de terfez et diverses plantes Cistacées et ligneuse en conditions contrôlées. Mém.Magister, Univ.Oran, 262p.

Bibionet

- **« les espèces et les variétés des truffes communes dans les zones désertiques algériennes »**, communication affichée au 2^{ème} congrès international de la biodiversité végétal, 27-29 mars 2014, Marrakech.
- **« le potentiel nutritionnel et antioxydant des variétés des truffes de désert »**, communication affichée au 3^{ème} congrès international sur les molécules bioactives, aliments fonctionnels et maladies associées au stress oxydant le 21,22,23 mars 2014, Hammamate Tunisie .
- **« La recherche des anticorps anti HLA chez les transplantés rénaux, en post greffe et prégreffe, par technologie Multiplex »**, communication affichée au II^{ème} congrès international de biotechnologie et valorisation des bioressources(BVBR) 18-20 Mars 2014, Tabarka-Tunisie .

- **« Potentiel Nutritionnel et anti oxydant des variétés des terfess »,**
communication affichée, au journées internationales sur la nutrition et santé, à Constantine le 12/13 Mai 2014.
- **« La recherche des anticorps anti hala classiques par technologie luminex ,
implication en transplantation rénale ».** *communication affichée, au 1 ère
journées scientifiques sur les sceinecs de la nature et de la Vie, à UDL sidi bel
abbes.22/23 janvier 2014*
- **« Evaluation de composition biochimique de terfezia leonis des deux
régions ;Mecheria et Tebelbala »** ,*communication affichée, au 1 ère séminaire
national de biologie à UDL sidi bel abbes. 2015*



Année universitaire : 2016-2017



Intitulé :

« Evaluation du potentiel nutritionnel et antioxydant de quelques variétés de Truffes du Sud-ouest algérien. Effets antimicrobien et anti-inflammatoire »

Résumé :

La truffe du désert connue sous le nom vernaculaire «El Terfess», est un champignon rare de bizarrerie de la nature qui appartient à la famille des *ascomycota*. Il est récolté, consommé et utilisé en ethnomédecine depuis l'antiquité.

Cette étude a pour l'objectif de déterminer la teneur en métabolites primaires et secondaires et d'évaluer l'activité antioxydante, antimicrobienne, ainsi que le potentiel anti-inflammatoire des extraits méthanoliques des ascocarps desséchés de quatre espèces de Truffes récoltées de trois régions différentes du Sud-ouest algérien. *Terfezia boudeiri* qui provient de Tabelbala-Béchar montre une richesse nutritionnelle avec 13,32±0,14% de protéines, 5,8±0,173% de lipides, 6,25±0,11% de sucres et 7,25±0,55% de minéraux, comparativement aux autres espèces *Tirmania nivea* et *Terfezia claveryi* de Chellala, et *Terfezia arenaria* de Mecheria. L'estimation quantitative des flavonoïdes, des tanins, de la vitamine C, des caroténoïdes et des phénols totaux a montré que les extraits méthanoliques sont riches en ces composés avec des proportions différentes entre les quatre espèces où *T.boudieri* montre toujours une prépondérance en polyphénols et en tanins avec respectivement 53.62± 0,26 mg EAG/g et 12,42± 0,10 mg EQ/g MS. Pour *T. arenaria* et *T. Claveryi*, la première présente la plus forte teneur en flavonoïdes (19,44 ± 0,30 mg EC/g) et la deuxième la plus forte teneur en caroténoïdes (1,83±0.04 mg/ml). Par contre Tin2 montre la richesse absolue en vitamine C par rapport aux autres espèces étudiées. L'évaluation du pouvoir antioxydant par le test DPPH et celui de FRAP a indiqué que l'extrait de *T. boudeiri* présente une activité antioxydante de 90% à la concentration de 1 mg/ml contrairement aux autres espèces qui montrent une activité modérée entre 42,06 et 77,82% à la même concentration. Les résultats de l'activité antimicrobienne des extraits méthanoliques des truffes sur douze souches bactériennes et deux souches de levures mettent en évidence une forte inhibition surtout contre les bactéries Gram+ avec un diamètre qui varie de 10,33±0,34 à 30±0,2 mm. En revanche ils ont une activité modérée vis-à-vis les bactéries Gram- et aucun effet sur les levures. L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire *in vivo* des extraits de *T. boudieri* et *T. arenaria* montrent une inhibition de l'œdème de la patte induit par la carragénine chez les rats Wistar avec un taux moyen de 80 %. De plus une augmentation légère de la CRPr et une diminution du taux de l'albumine sérique par rapport à l'état initial, ainsi une diminution remarquable des leucocytes, des hématies et des plaquettes par rapport au lot traité avec du NaCl 0,9%. La différence entre ces valeurs et les valeurs obtenus par l'anti-inflammatoire de référence est statistiquement non significative. En définitive, les truffes peuvent être recommandées pour leurs vertus nutritionnelles et thérapeutiques importants.

Mots clés : truffes, *Tirmania*, *Terfezia*, principes nutritionnels, activité antioxydante, activité antimicrobienne, rat Wistar, activité anti-inflammatoire.

Structure de recherche

Laboratoire de Biotoxicologie de l'université Djillali Liabes –Sidi Bel-Abbes ,CRU (Ex-CFT)