



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



Université Blida-1

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE DES POPULATIONS DES ORGANISMES

**Mémoire de Projet de Fin d'étude En Vue De L'obtention Du Diplôme De Master en
Biologie**

Option : BIODIVERSITE ET PHYSIOLOGIE VEGETALE

Thème

**Effet du stress hydrique sur la
morphologie et la composition chimique
des huiles essentielles de persil
*Petroselinum crispum***

Présenté par : Soutenu le : 29 / 09 / 2020

M^r KHENFIR Abdelkrim et M^r HELLALI Mohamed Issam

Devant le jury composé de :

Mme Amara N	MCB	USDB1	Présidente
Mme Chabane D	MAA	USDB1	Examinatrice
Mme Cherif H.S	MCA	USDB1	Promotrice
Mme Ketfi S	Ingénieure Principale	USDB1	Co-promotrice

Année universitaire

2019/2020

Remerciements

Remerciements :

On remercie dieu tout puissant de nous avoir donné la force, le courage et la patience nécessaire pour réaliser ce travail.

On tien a exprimé d'abord nos profonds remerciement et notre vive reconnaissance a notre promotrice **M^{me} CHERIF H.S.** Maitre de conférence classe A, a la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Blida -1-, pour ses précieux conseils et pour les efforts quelle a consentis durent la rédaction de ce mémoire, où on a eu un bon guide, ainsi que les années de nos études, on la remercie aussi pour sa disponibilité, ses qualités humaines et surtout sa patience.

On tien a remercie également **M^{me} AMARA N**, Maitre de conférence classe B, a la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Blida -1-, de nous avoir fait l'honneur de précéder le jury de ce mémoire.

On exprime nos vifs remerciements a **M^{me} CHABANE D**, Maitre Assistante classe A, a la faculté des sciences de la nature et de la vie, Université Blida -1-, pour l'examen de ce mémoire.

On oublié pas aussi de remercie l'ensemble de nos professeurs et enseignants durant nos années d'études : primaire, moyenne, secondaire et universitaire.

Enfin, on tien a remercié gracieusement toutes les personnes qui nous ont encouragé et soutenu dans les moments difficiles durant la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je souhaite tout d'abord remercier mes chers parents pour tout leur courage, leur devouement, leur patience, leurs temps qui ont sacrifié à me faire grandir, me faire murir et en arriver la ou j'en suis aujourd'hui, merci papa, merci maman.

Je veux par la même occasion remercier ma promotrice, Mme Chirif Hamida qui a malgré notre retard cru en nous, madame nous serions a jamais reconnaissable pour vos efforts, merci madame.

Je remercie le jury madame Amara la présidente du jury, et aussi madame Chabane notre examinatrice, qui nous ont accompagné pendant 3 ans en spécialité.

Je dédie aussi mon travail a mon binôme Hellali Med Issam, se fut un plaisir de travailler avec toi mon ami.

ABDELKRIM.

Je dédie ce projet fin d'étude

A mes chers parents, qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études. Sans eux je n'aurais certainement pas fait d'études longues, et toute au long de ma scolarité. et spéciale dédicace à ma chère mère, pour sa présence, encouragement et sacrifice, je vous aime que dieu vous garde pour moi.

A ma très chère fiancée : Amina qui est la plus belle chose dans ma vie.

A mes deux magnifiques sœurs : Asma et Madina pour leurs encouragements dans toute ma scolarité.

A ma grande mère paternelle, mes tantes et oncles.

A ma très chère promotrice Mme CHERIF H.S.

A tous mes amis : Merouane, Redah, Islam, Louisa, Aicha, Mohamed, djalil.

A toute la famille HELLALI.

A mon binôme Abdel Karim.

Et enfin à tous les étudiants de notre promotion sans exception.

Issam

Glossaires

Héliophile : Un végétal héliophile (ou plus rarement photophile) est un organisme ayant d'importants besoins en lumière pour se développer. (wikitionnaire)

Mésoxérophiles : Les plantes mésoxérophiles sont des plantes qui croissent sous les climats moyennement chauds et moyennement secs.(Fernez T.,2005)

Neutroclines : espèce qui tend à préférer un sol neutre, sol riches en bases et en azote ; pH basique à neutre. (alexandre D.Y, 1982)



Liste des abréviations

ANOVA : ANalysis Of VAriance : analyse de la variance.

ANSM : Agence Nationale de Sécurité des Médicaments et des produits de santé.

WWDR : Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.

EO : Essential oils.

HE : huile essentielle.

P.S : *Petroselinum sativum*.

T : témoin.

Liste des figures

Figure 1 : Feuilles de persil frais (originale, 2020)	2
Figure 2 : Différentes parties de <i>P.crispum</i> L.(Original herbier 2018)	4
Figure 3 : Cycle végétatif du persil (fr.wikihow.com)	5
Figure 4 : Pourcentage prévu de changement de l'indice de déficit hydrique pour 2030.....	9
Figure 5 : Graines de persil (original.2020).....	11
Figure 6 : Germination et apparition des plantules (original 2020)	12
Figure 7 : Schéma représentatif de l'irrigation des pots avant l'application de déficit hydrique	15
Figure 8 : Protocole général de la procédure expérimentale effectuée sur le persil.....	16
Figure 9 : Influence des traitements du déficit hydrique sur le rendement en huile essentielle des parties aériennes et des racines de <i>P.crispum</i> . Contrôle (0 à 10%), stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%)	19
Figure 10 : Influence des traitements du déficit hydrique sur les indices chimiques et physiques de <i>P.crispum</i> , Contrôle (0 à 10%), stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%)	19
Figure 11 : Montage de type hydro distillation(Marocvégétal – wordpress.com)	Annexe I
Figure 12 : les étapes de semis des graines de persil.....	Annexe IV
Figure 13 : l'arrosage des plantules de persil.....	Annexe IV

Liste des tableaux

Tableau 1 : classification botanique de <i>Petroselinum crispum</i> L.....	1
Tableau 2 : Quantité de macro éléments rentrant dans la composition du persil (anonyme1)	6
Tableau 3 : Quantité de micro éléments qui rentrent dans la composition du persil (anonyme1)	7
Tableau 4 : Présentation du matériel végétal utilisé par les différents chercheurs	13
Tableau 5. Influence des traitements de déficit hydrique sur le développement des parties aériennes et des racines de <i>P.crispum</i> . Contrôle (0 à 10%), stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%)	18
Tableau 6. Influence des traitements de déficit hydrique sur la composition chimique de l'OE des parties aériennes et des racines de <i>P. crispum</i> . Témoin (0-10%), stress modéré (30-40%), Stress sévère (50-60%)	20
Tableau 7 : Effet du stress hydrique sur le poids frais du feuillage et des racines et le nombre de feuilles par plante de trois cultivars de persil	Annexe III
Tableau 8 : Effet du stress de déficit hydrique sur le rendement en huile essentielle des feuilles et des racines de persil exprimé en ml d'huile essentielle pour 100 g de matière végétale fraîche et en ml par m ²	Annexe III
Tableau 9 : Effet du stress de déficit hydrique sur les concentrations relatives des principaux composants de l'huile essentielle extraite des feuilles de persil	Annexe III
Tableau 10 : Effet du stress de déficit hydrique sur les concentrations relatives des principaux composants de l'huile essentielle extraite des racines de persil à racines tuberculées....	Annexe III
Tableau 11. Composition du persil en minéraux et oligo-éléments	Annexe III
Tableau 12 : Influence des traitements de déficit hydrique sur les indices chimiques et physiques de <i>P.crispum</i> , Contrôle (0 à 10%), stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%)	Annexe V

Résumé

Il est bien connu que les huiles essentielles extraites des plantes ont plusieurs activités principalement thérapeutiques.

La présente étude vise à la mise en pots des cultivars de persil afin de mettre en évidence l'effet du stress hydrique sur la morphologie, la quantité et la qualité des huiles.

Dû à la pandémie de covid 19 notre travail a été réorganisé en présentation bibliographique sur une expérience réalisée par deux auteurs Petropoulos et *al* sur le même thème.

Les résultats trouvés par l'équipe de Ivania Borges et *al* montrent parfaitement l'influence des traitements du changement hydrique sur le développement des parties aériennes et souterraines de *P. crispum* où par le stress modéré les paramètres (poids et diamètres de la partie aérienne) sont (128,33 et 144,54g) (18,31 et 20cm) respectivement et d'autre part (145,41 et 137g) (19,71 et 16,67 cm) concernant la partie souterraine par rapport au stress sévère la partie aérienne et souterraine représente (90,36 g et 15,33 cm) (109,34 g et 17,89 cm) respectivement.

L'étude de l'effet des différents niveaux de stress hydrique sur le rendement en huiles essentielles extraites par Hydro distillation, a montré une absence de la diversité d'huiles essentielles par rapport à la partie aérienne mais une différence significative de la quantité d'huile extraite des racines avec 0,14 % pour un stress modéré et 0,01 % pour un stress sévère par rapport à (0,05%) pour le témoin.

Par contre qu'en cas de déficit hydrique, la plante a répondu en diminuant le contenu de l'apiole et en augmentant la quantité de myristicine, β -sesquiphelandrène et élémicine.

L'étude comparative menée par Petropoulos et *al* sur l'effet du changement hydrique entre trois types de persils : feuille frisée, simple et racines tuberculées dont le déficit d'eau à des niveaux croissants provoqué une diminution progressive du poids frais de feuillage de persil à feuilles frisées et à racines tuberculées. Alors que le poids du feuillage de persil à feuilles simples diminuait considérablement lorsque les plantes étaient soumises à un niveau inférieur de déficit hydrique (30 à 45%).

Les résultats concernant le rendement en huile ont montré que ce dernier était plus élevé dans le persil à feuilles simple et frisées soumises au stress hydrique, contrairement au persil à racines tuberculées. En revanche le stress hydrique n'a pas semblé affecter la composition relative de l'huile essentielle de persil frisé ou ordinaire, à l'exception d'une diminution relative de la teneur en apiole de ce dernier.

Nous avons conclu que la différence de la quantité d'eau (irrigation) n'affecte excessivement que sur la qualité et la quantité des huiles essentielles chez le persil par rapport en biomasse et diamètre des deux parties (aériennes et souterraines).

Mots clés : Persil, *Petroselinum crispum*, Stress hydrique, rendement en huile essentielle, composition chimique

Abstract

It is well known that essential oils extracted from plants have several mainly therapeutic activities.

The present study aims at potting parsley cultivars in order to demonstrate the effect of water stress on the morphology, quantity and quality of oils.

Due to the covid 19 pandemic, our work has been reorganized into a bibliographical presentation on an experiment carried out by two authors Petropoulos et al on the same theme.

The results found by the team of Ivania Borges et al perfectly show the influence of water change treatments on the development of the aerial and underground parts of *P. crispum* or by moderate stress the parameters (weight and diameters of the aerial part) are (128.33 and 144.54g) (18.31 and 20cm) respectively and on the other hand (145.41 and 137g) (19.71 and 16.67 cm) concerning the underground part compared to severe stress the aerial and underground part represents (90.36 g and 15.33 cm) (109.34 g and 17.89 cm) respectively.

The study of the effect of the different levels of water stress on the yield of essential oils extracted by Hydro distillation, showed an absence of the diversity of essential oils compared to the aerial part but a significant difference in the quantity of oil extracted from the roots with 0.14% for moderate stress and 0.01% for severe stress compared to (0.05%) for the control.

On the other hand, in the event of a water deficit, the plant responded by reducing the bare tale of the apiole and by increasing the quantity of myristicin, β -sesquiphelandrene and elemicin.

The comparative study carried out by Petropoulos et al on the effect of water change between three types of parsley: curly leaf, simple and tuberous roots of which The water deficit at increasing levels caused a gradual decrease in the fresh weight of parsley foliage with curly leaves and tuberous roots. Whereas the weight of the foliage of single-leaf parsley decreased considerably when the plants were subjected to a lower level of water deficit (30-45%).

The results for the oil yield showed that the latter was higher in single leaf and curly leaf parsley subjected to water stress, in contrast to parsley with tuberous roots. On the other hand, water stress did not seem to affect the relative composition of the essential oil of curly or ordinary parsley, except for a relative decrease in the content of the apiole.

We concluded that the difference in the amount of water (irrigation) only affects the quality and quantity of essential oils in parsley excessively in relation to the biomass and diameter of the two parts (above and below ground).

Key words: Parsley, Water stress, essential oil yield, chemical composition

من المعروف أن الزيت الأساسية المستخرجة من النباتات لها العديد من الأنشطة العلاجية بشكل رئيسي. تهدف الدراسة الحالية إلى زرع أصناف اليودونيس ني أصص لتوضيح تأثير الإجهاد المائي على شكل وكمية ونوعية الزيت. بسبب وباء كوفيد 19 ، تم إعادة تنظيم عملنا ني عرض بيولوجيا لتجربة قام بها مؤلفان بنروبولوس وآخرون حول نفس الموضوع.

النتائج التي توصل إليها نريكي Ivnania Borges et al تُظهر أن تأثير الإجهاد المائي على تطويع الأجزاء الهوائية ونحت الأرض من *P. crispum* أو عن طريق الضغط المعتدل (المعاملات) وزن وأقطار الجزء الجوي (هي) 128.33 و 144.54 جم (18.31 و 20 سم) على التوالي ومن ناحية أخرى (145.41 و 137 جم) (19.71 و 16.67 سم) نيمًا يتغلق بالجزء تحت الأرض نيمًا يتغلق بالضغط الشديد ، يمثل الجزء الجوي ونحت الأرض (90.36 جم) (15.33 و 109.34 جم) و 17.89 سم) على التوالي.

أظهرت دراسة تأثير المبيدات المختلفة للضغط المائي على محصول الزيت العطرية المستخرجة بالمطبخ المائي عدم تنوع الزيت العطرية مقارنة بالجزء الهوائي ولكن هناك فرق كبير في كمية الزيت العطري. الزيت المستخلص من الجذور بنسبة 0.14% للضغط المعتدل و 0.01% للضغط الشديد مقارنة بـ (0.05%) للسطح.

من ناحية أخرى ، في حالة حدوث عجز مائي ، استجاب النبات عن طريق توليد الحماض العطرية للحفاظ وزيادة كمية المبيدات وبنسبة 30-45%.

الدراسة المقارنة التي أجراها Petropoulos et al حول تأثير نهر الماء بين ثلاثة أنواع من اليودونيس: الأوراق المجمعة ، والجذور الدرزية البسيطة ، والتي تسبب نقص المياه عند مستويات متزايدة في انخفاض تدريجي في الوزن الطازج للأوراق اليودونيس. بأوراق مجمعة وجذور درزية. بيننا انخفاض وزن أوراق اليودونيس أحادي الورقة بشكل كبير عندما تعرضت النباتات لمستوى أقل من عجز المياه (30-45%).

أظهرت نتائج محصول الزيت أن اليودونيس ذو الأوراق المفردة والمجمعة كان أعلى في حالة الإجهاد المائي مقارنة باليودونيس ذي الجذور الدرزية. من ناحية أخرى ، ال يبدو أن الإجهاد المائي يؤثر على التركيب النسبي للزيت الأساسي لليودونيس المجمعة أو العادي ، باستثناء انخفاض نسبي في محتوى *Apiole* .

خلصنا إلى أن الاختلاف في كمية الماء (الري) يؤثر فقط على جودة وكمية الزيت الأساسية لليودونيس بشكل منفرد نيمًا يتغلق بالكتلة الحيوية وخطر الجفاف (فرق الأرض ونحت الأرض).

الكلمات المفتاحية: اليودونيس ، الإجهاد المائي ، محصول الزيت العطري ، التركيب الكيميائي

Table de matières

Introduction	1
Partie I : Synthèse Bibliographique	2
Chapitre I Généralité sur le persil.....	2
Systématique et étymologie.....	3
Systématique	3
Etymologie.....	3
Origine.....	3
Description botanique.....	3
Cycle végétatif.....	5
Exigences pédoclimatiques	5
Exigences pédoclimatiques	5
Condition Climatiques	5
1.6.3.Caractéristique du sol	6
Analyse chimique et nutritionnelle.....	6
Macro Eléments	6
Micro éléments	6
1.7.3 Les minéraux et les oligo-éléments	7
I.7.4 Les Polyphénols	7
Caractéristiques Organoleptiques.....	8
Intérêt thérapeutique	8
Chapitre II Stress hydrique.....	9
Définition du Stress hydrique.....	9
Effet du stress hydrique sur la plante.....	9
Sur la surface assimilatrice	9
II.2.2.Sur la photosynthèse.....	10

II.2.3 Sur la Respiration	10
Partie II : Expérimentation	11
Chapitre III Matériel et Méthodes.....	11
III.1 Matériel végéta... ..	11
Méthodes.....	12
Test de germination	12
Mise en pots	12
III.1. Matériel végétal	13
Méthodes.....	14
L'irrigation	14
Protocole général de la procédure expérimentale effectuée sur le persil	16
Méthodes d'extraction des l'huile essentielle de <i>Petroselin crispum</i>	17
CHAPITRE IV Résultats et discussion	18
Effet des traitements en déficit hydrique sur le développement des parties aériennes et des racines de <i>P.crispum</i>	18
L'effet du stress de déficit hydrique sur le rendement en HE.....	19
L'effet du stress hydrique sur le poids des trois types de persil	21
L'effet du stress de déficit hydrique sur le rendement en HE des trois types de persil	21
L'effet de stress de déficit hydrique sur la composition des HE	22
2.Discussion.....	22
Conclusion	24
Références.....	25
Annexe	26

Introduction

Le présent travail est une contribution à l'étude de l'effet de stress hydrique sur la morphologie et la composition chimique de *Petroselinum crispum*, il s'articule principalement sur un plan bibliographique.

Depuis plusieurs années, les météorologistes constatent des modifications des conditions climatiques à l'échelle mondiale, et surtout régionale, allant vers un réchauffement de la planète. Ce changement climatique entraîne une fréquence accrue d'évènements climatiques extrêmes, parmi lesquels des périodes de sécheresse provoquant un stress hydrique important sur les plantes cultivées avec pour conséquence une diminution des rendements et une modification de la qualité des produits (Seki et al, 2003 ; Farooq et al, 2009a,b et 2011). En effet, l'eau est l'un des principaux facteurs qui influent sur la croissance et le développement des plantes.

Un stress hydrique est défini comme une agression que subit une plante exposée à un environnement sec, quand la quantité d'eau transpirée est supérieure à celle absorbée par la plante.

Le Persil fait partie de la famille des Apiacées (APG III, 2009) bien connue pour ses feuilles condimentaires, c'est une plante potagère médicinale, chaude et dessiccative, atténuante, apéritive, détersive, diurétique et hépatique (Dom , 1716). Le persil a été choisi comme sujet d'étude , car c'est une espèce très abondante localement , elle est spontanée et cultivée en même temps et a de nombreuses utilisations traditionnelles et culinaires répertoriées .

Sur cette base le principal objectif poursuivi dans ce travail est d'étudier l'effet du stress hydrique sur la morphologie et le rendement en huile essentielles du persil.

Ainsi, ce travail en majorité théorique voir bibliographique est une synthèse de travaux antérieurs réalisés par deux équipes de chercheurs, Brésiliens (Burin Borges et al., 2015) et Grec (Petropoulos et al., 2006).

Notre travail est constitué de deux parties

La première partie consiste en une synthèse bibliographique, dans laquelle nous avons évoqué les caractères généraux de la plante, et aussi des généralités sur le stress hydrique, et son influence sur la plante (morphologie et le rendement des HE).

La deuxième partie comporte l'ensemble du matériel et méthodes des travaux cités auparavant ainsi que les principaux résultats obtenus par les deux équipes de chercheurs.

Ce travail est clôturé par une conclusion.

I.1.Généralité sur le persil

Le persil est une plante herbacée de la famille des Apiacées ombellifère bisannuelle, découverte il ya 5000ans sur le bassin méditerranéen (Carde, 2010) (Figure 01).

Au moyen âge, le persil était reconnu comme une plante médicinale. Sa culture s'est répandue dans l'ouest de l'Europe, puis dans le monde, et à partir du XVe siècle, les français ont commencé à l'utiliser dans la cuisine comme une plante aromatique culinaire (ANSM, 2012).On le consommait déjà il y a au moins 5000 ans, et les Grecs et les Romains le cultivaient au début de notre ère. Les Grecs, le vénéraient comme une plante sacrée et couronnaient les vainqueurs des jeux Isthmiques de chapelets faits de ses feuilles. (Ducros 2006)

Au XVIème siècle Charlemagne introduisit la culture du persil en France et son usage alimentaire s'y généralisa.

Le persil est aussi connu pour soigner les nausées, les maux d'estomac ou hypertension artérielle, pour apaiser les rhumatismes, les douleurs menstruelles et les troubles digestifs (Cardenas, 2017) .



Figure 01 : Feuilles de *Petroselinum crispum* (originale, 2020).

Systematique et étymologie

Systematique

Le persil appartient à la famille des Apiacées et au genre *Petroselinum*. Cette famille comprend près de 3500 espèces réparties en 463 genres (Magee et al., 2010). D'après la Classification APG III(2009)(Tableau 1), il appartient au :

Tableau 1 : classification botanique de *Petroselinum crispum L.*

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophyta
Sous embranchement	Angiosperme
Classe	Dicotyledone
Ordre	Apiales
Famille	Apiacees
Genre	<i>Petroselinum</i>
Espece	<i>Petroselinum crispum L</i>
Nom vernaculaire	Persil

APG III

Etymologie

Le persil tire son nom de deux mots grecs : *petros* qui signifie « rocher » (le persil plat pousse souvent dans les terrains rocaillieux) et *selinon* qui signifie « céleri ». Le persil était nommé « céleri des rochers », car on croyait à l'époque que le céleri et le persil constituaient deux variantes d'une même plante. Pour les distinguer, on les désignait par leur habitat naturel, les marais pour le céleri, les terrains rocheux pour le persil (Ingrid, 2019)

Origine

Originaire du pourtour méditerranéen, il est spontané en Asie du sud-ouest et en Afrique du nord. Cultivé déjà lors de l'antiquité par les grecs et les romains, il est rencontré à l'état naturel dans une bonne partie de l'hémisphère nord. C'est donc une plante qui est acclimatée à nos climats depuis très longtemps sans aucun problème particulier lors de sa culture (Martini, 2018).

Aujourd'hui le persil est l'une des herbes aromatiques culinaires les plus populaires, et est cultivé sur les 5 continents (Martini, 2018).

Description botanique

Le persil est une Plante bisannuelle de 25 à 80cm de hauteur, à odeur caractéristique et aromatique possédant des tiges striées, et rameuses.

Ses feuilles, sont glabre dans leur pourtour, à segments ovales en coin, incisés-dentés, les supérieures ordinairement à 3 segments entiers, (Figure02).

Les feuilles, de couleur vert luisant, sont généralement doublement divisées, surtout celles de la base, les feuilles supérieures ayant souvent seulement trois lobes étroits et allongés. Les fleurs d'une couleur jaune verdâtre tirent au blanc en pleine floraison, groupées en ombelles composées comprenant 8 à 20 rayons étalés, presque égaux, les ombellules sont munies d'un involucre à nombreuses bractées. (Wicht, 1999).

La racine allongée de type pivotante est assez développée. Elle est jaunâtre, d'odeur forte et aromatique. (Wicht, 1999).



Figure 02 : Différentes parties de *P. crispum* L.(fr.wikipedia.org,2020)

A : Inflorescence

B : Tige

C : Feuilles

Cycle végétatif

Le persil a un cycle végétatif qui s'étale sur deux ans si les conditions sont favorables (Carriere et André, 1829) (Figure03) :

- la première année ou l'année de semis (mois de mars jusqu'à la fin de l'été) le persil développe son feuillage après une durée de germination qui n'a lieu qu'au bout de 30 à 40 jours et donne en plus ou moins grande abondance, des feuilles radicales, longuement pétiolées, deux ou trois fois divisées et dentées
- La seconde année (printemps de la deuxième année de culture) le pied va prendre très vite et constitue la tige florale suivi par la production des graines et se termine par la mort du pied. . (Carriere et André, 1829)

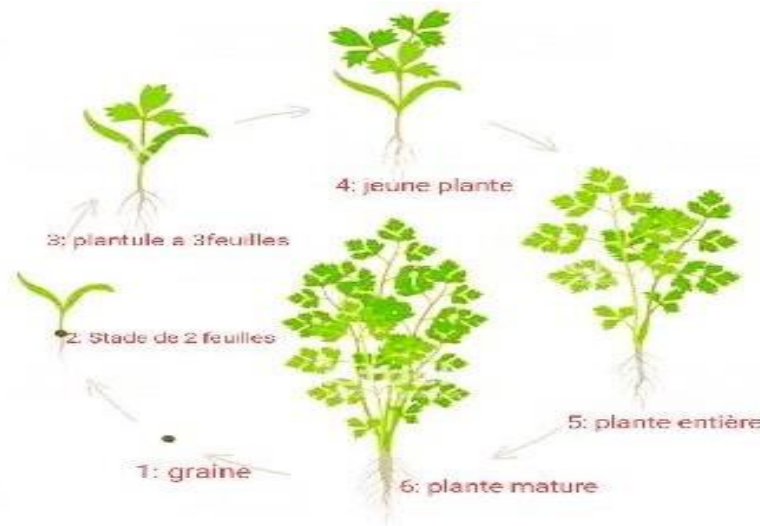


Figure 3 : Cycle végétatif du persil (fr.wikihow.com).

Exigences pédoclimatiques

Conditions Climatiques

Petroselinum crispum L., est une plante qui pousse dans les régions tempérées où il y a un climat doux, ni torride ni glaciale, la température minimale est de 12°C jusqu'à 30°C avec une atmosphère plus au moins humide et aussi une bonne luminosité, c'est une plante héliophile (Julve, 2020). Il se récolte de mai à octobre dans l'hémisphère nord.

Caractéristiques du sol

Le persil est une plante continentale sub océanique qui se retrouve dans un sol à texture limoneuse, avec une humidité méso xérophile ne supportant pas la sécheresse, la salinité et avec un pH neutrocline $5,5 < \text{pH} < 6,5$ (Julve, 2020).

I.7. Analyse chimique et nutritionnelle

Le persil est une des plantes les plus produites dans le monde, il en existe différentes variétés caractérisées par l'aspect physique de leur feuille : lisse, bouclée, ou encore des racines charnues (Naila, 2012).

Les macro éléments

Comme le montre le tableau 2, le persil est une plante riche en eau (85.5 g) et en fibres 4.3 g (pour 100g), il contient également beaucoup de protéines et de Glucides avec respectivement 3.63 g et 3.48 g pour 100 g, on peut trouver aussi des lipides, des acides gras et des sucres dans le persil mais avec des quantités beaucoup moins fortes.

Tableau 2 : Quantité de macro éléments rentrant dans la composition du persil (anonyme1) pour 100g de persil

Composants	Quantité
Eau	85,5 g
Protéines	3,63 g
Lipides	0,63 g
Acides gras saturés	0,1 g
Glucides	3,48 g
Sucres	0,95 g
Fibres	4,3 g

Les Micro éléments

Le persil est parmi les herbes riches en vitamine C, en vitamine A et en vitamine B9. Il contient aussi, en quantité moins importante, de la provitamine A bêta-carotène, de la vitamine E et les différentes vitamines du groupe B, allant de la vitamine B1 à la vitamine B6 (Tableau 3)

Tableau 3 : Quantité de micro éléments qui rentrent dans la composition du persil (anonyme1). Pour 100g de persil

Vitamines	Quantités
Provitamine A Béta-carotène	5050 µg
Equivalent Vitamine A	841.67 µg
Vitamine B1	0.1 mg
Vitamine B2	0.2 mg
Vitamine B3	1.51 mg
Vitamine B5	0.35 mg
Vitamine B6	0.15 mg
Vitamine B9	134 µg
Vitamine C	177 mg
Vitamine E	1.73 mg

I.7.3. Les minéraux et les oligo-éléments

Le persil est riche en potassium, calcium et sodium en quantité importante ainsi que d'autres éléments présents mais en faible quantité comme le cuivre, fer, zinc et le manganèse. Cependant, le persil ne contient pas de l'iode (**Tableau 12**) (**annexe III**).

Les Polyphénols

Les plantes sont le premier réservoir de principes actifs utilisés dans plusieurs domaines. Les polyphénols font partie de ces principes actifs, ce sont des substances hydrosolubles du métabolisme secondaire, présents dans les différentes organes de la plante et impliqués dans divers processus principalement les effets antioxydants (Hadj Salem, 2018).

Le persil fait partie des herbes aromatiques riches en polyphénols, il contient 13.95 mg des polyphénols totaux repartis comme suite :

- Parmi les polyphénols, les flavonoïdes sont particulièrement présents, avec notamment l'apigénine, l'apiine et la 6''-acétylapiine (Farzaei, 2013).
- Une autre étude a mis en évidence la présence d'apigénine-glucuronide, de lucénine-2 et d'acide lithospermique, ainsi que de dérivés d'acide p-coumarique (Kaiser, 2013).
- Dans l'huile essentielle de persil, les composés majoritaires sont la myristicine et l'apiol (Farzaei, 2013).

Caractéristiques Organoleptiques

Les résultats d'une analyse de 16 génotypes différents de persil, incluant 2 cultivars, 6 populations et 8 lignées consanguines a mis en évidence que les génotypes les plus résistants présentaient les caractéristiques sensorielles les plus négatives, à savoir amertume, goût herbeux, piquant, chimique et dur (Ulrich, 2011).

De plus, le contenu de certains composés volatils a été fortement corrélé à la fois à la résistance (hexanal et α -copaène) et à la sensibilité (p-menthenol) (Ulrich, 2011).

Intérêt thérapeutique

Les feuilles fraîches du persil sont très riches en vitamines, en minéraux et en flavonoïdes, faisant d'elles un excellent anti-inflammatoire et un très bon antioxydant. Les graines concassées servent à désinfecter et à adoucir les piqures d'insectes. En cas d'allergies, le persil peut être utilisé, puisque il inhibe la sécrétion d'histamine. Comme il contient beaucoup de chlorophylle, il est parfait pour rafraichir l'haleine (Cardenas, 2017).

Les propriétés médicinales du Persil dépendent de la teneur et la répartition en composés phytochimiques dans les différents organes de la plante ; sa richesse favorise ses activités biologiques et thérapeutiques :

- Les feuilles fraîches du persil sont riches en vitamines et en minéraux. Leur pouvoir antioxydant en fait un excellent assaisonnement santé, luttant contre l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement des cellules.
- Le persil offre une action bénéfique sur le foie, la rate, les intestins et l'ensemble du système digestif.
- Il soulage les troubles intestinaux (ballonnements, constipation, indigestions), calme les coliques néphrétiques et lutte contre les infections urinaires.
- Prévention des maladies chroniques et saisonnières des voies respiratoires : toux, asthme, bronchites.
- Le persil a des effets antianémiques et anticoagulants (Riche en vitamine K, il est toutefois déconseillé aux personnes qui prennent des anticoagulants).(jardinier malin, 2020)

Définition du Stress hydrique

Un stress hydrique est défini comme une agression que subit une plante exposée à un environnement sec, quand la quantité d'eau transpiré est supérieure à celle absorbée par la plante. La disparité entre l'activité humaine et les ressources en eau a entraîné une augmentation de l'incidence des crises locales et régionales de l'eau comme montré dans la figure 04(WWDR, 2017)

Les Déficits en eau sont encore aggravés par les effets du changement climatique où les changements dans les précipitations, l'évapotranspiration, la perte de zones humides, la fonte des glaciers et les changements conséquents sur l'utilisation des terres se produisent tous à un rythme toujours croissant (anonyme 2, 2020)

D'ici 2025, deux milliards de personnes vivront dans des régions qui connaîtront une pénurie d'eau absolue (Figure04)

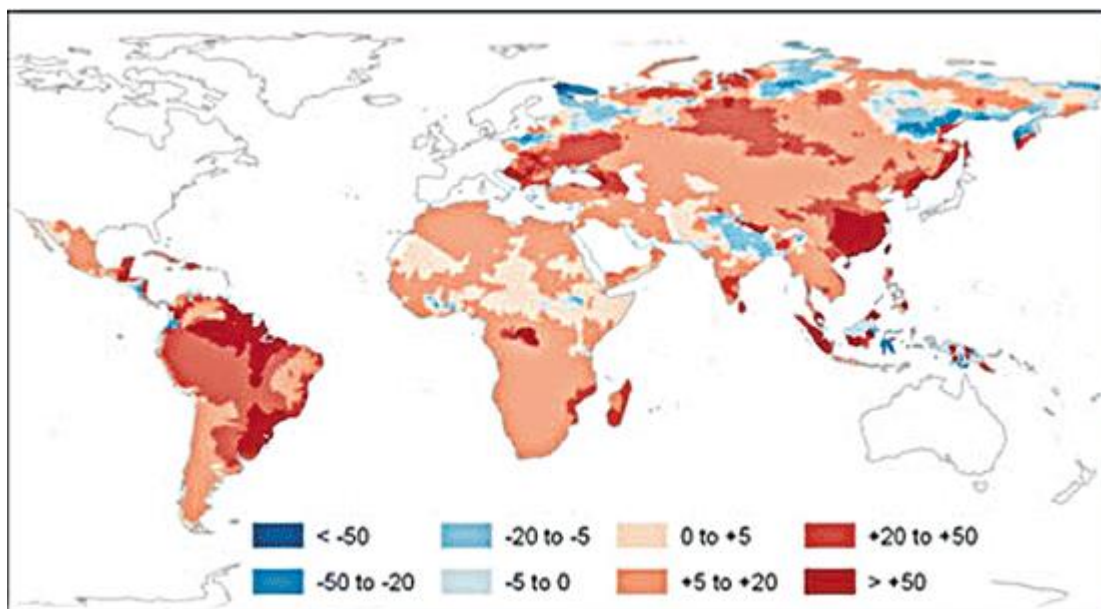


Figure 04. Pourcentage prévu de changement de l'indice de déficit hydrique pour 2030 (WWDR, 2017)

Effet du stress hydrique sur la plante

Sur la surface assimilatrice

La croissance végétative des plantes en condition de sécheresse est fortement perturbée. Par exemple chez le tournesol, la croissance foliaire soumise à un déficit hydrique est arrêtée très rapidement lorsque le potentiel hydrique foliaire est de $-0,4$ Mpa (BOYER, 1968).

La sécheresse a un effet négatif sur : la hauteur de la plante (Ijaz rasool, 2012), la matière sèche (Kramer, 1983; Chowdhry et al, 1999; Hassan, 2003; Noorka et al, 2009a, b; Moharram et al, 2011) et la surface foliaire.

Sur la photosynthèse

La photosynthèse se déroule dans les chloroplastes des organes chlorophylliens. Ces organes sont le plus souvent les feuilles, mais parfois des tiges (*Leptadenia hastata*). C'est un ensemble de processus aux cours desquels, en présence de la lumière et des éléments minéraux, les végétaux verts synthétisent des molécules organiques (glucose, lipides et protéides). C'est une réaction nécessitant la fixation de CO₂ sur le Rudi-P (Rubulose biphosphate), libération de l'oxygène O₂ dans l'atmosphère, en présence de la lumière et d'une alimentation purement minérale. Au cours d'une période de sécheresse, la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire. Elle est aussi liée à la fermeture des stomates, proportionnelle à la baisse du potentiel hydrique (BOIS et *al.* 1983) et à la limitation des métabolismes carbonique et enzymatique (Zinselmeyer et *al.*, 1999; Kim et *al.*, 2000). La réduction de la fixation du CO₂ limite la régénération du Rudi-P (Ribulose biphosphate) substrat du cycle de Calvin (Gimenez et *al.*, 1992).

Sur la Respiration

La respiration se réalise dans les mitochondries qui sont des organites présents dans toutes les cellules respiratoires.

La respiration est une réaction de dégradation totale des composés organiques aboutissant à la formation des corps minéraux, responsable de l'oxydation des composés organiques (consommation d'O₂, libération de CO₂). La respiration est affectée par la réduction d'oxygène et l'absorption des éléments nutritifs dissous dans l'eau (Hopkins et *al.*, 2003). Cependant, l'absorption de CO₂ peut également être limitée par des limitations non stomatiques (conductance mésophylle réduite, limitations photochimiques et enzymatiques), en particulier lorsque le stress hydrique persiste pendant de longues périodes (Flexas et *al.* 2006; Peguero-Pina et *al.* 2008)

En temps normal, la partie expérimentale aurait porté sur :

Matériel :

- Biologique (matériel végétal)
Les graines de persil *Petroselinum crispum*, et ses différentes parties (les feuilles et racine).
- Nom biologique : *Petroselinum crispum*

Les méthodes utilisées pour réaliser les objectifs.

- Observations morphologiques
- Test de germination
- Extractions de l'huile essentielle
- Hydro distillation
- Analyse statistique

III.1.Matériel végétal

Notre travail a porté sur le persil (*Petroselinum crispum*), nous avons utilisé des graines(Figures 5)achetées chez un épicier à Blida. Ce sont des graines locales assez fraîches, leur durée de stockage était très courte et dans des conditions sèches, ce qui a favorisé leur germination qui n'a duré que 15 à 20 jours pour l'apparition des premières feuilles.



Figure 5 : Graines de persil (original.2020).

Méthodes

La première étape expérimentale était la germination dont le but est de connaître la viabilité des graines de persil.

Test de germination

Pour effectuer le test de germination des graines de persil (*Petroselinum crispum*) nous avons préparé 10 échantillons dans des boîtes de Pétri contenant du coton cardé imbibé avec l'eau. Chaque boîte contenait 20 graines au minimum et de temps en temps une pulvérisation de ces graines pour rester humide. Les graines ont été mises en germination à l'obscurité

Après 20 jours nous avons obtenu un taux de germination maximal, car dans chaque boîte uniquement 2 à 3 grains n'avaient pas germés.



Figures 6 : Germination et apparition des plantules (original 2020)

Mise en pots

Les plantules sont transplantées dans des pots de 6kg, remplis par un mélange de sol agricole de la pépinière de département de biotechnologie et une tourbe, les pots préparés sont en nombre de 40, chacun comporte de 4 à 5 plantules de persil (P.S).

La répartition des pots a raison de 10 pots / traitement.

Les pots ont été placés sous serre, et les traitements sont divisés en 4 traitements comme suit :

T1 : 10 pots témoins à irrigation quotidienne (0 à 10 % de stress)

T2 : 10 pots à irrigation chaque 3 jours (30-40 % stress modéré)

T3 : 10 pots à irrigation chaque 5 jours (50-60 % stress sévère)

L'eau d'irrigation est une eau de robinet sans aucun traitement chimique.

Le stress hydrique est appliqué au stade de l'apparition de la quatrième feuille jusqu'à l'obtention des différents niveaux de stress hydrique selon les 3 traitements appliqués.

Le lieu de travail c'est la serre du département de biotechnologie au niveau de la faculté SNV, la serre comporte deux portes latérales qui assurent l'aération, et où température, humidité et hygrométrie sont contrôlées.

Notre étude s'est arrêtée à cette étape, en raison de la pandémie mondiale du Covid19.

Raison pour laquelle nous avons réorienté le travail en une synthèse bibliographique basée sur les travaux de chercheurs brésiliens (Ivania Burin Borges et *al*, 2015) et un deuxième grec (Petropoulos et *al.*, 2006)

Le tableau ci-dessous regroupe le matériel végétal utilisé par chaque équipe de chercheurs et leur expérimentation, la provenance et l'année de travail.

Tableau 4 : Présentation du matériel végétal utilisé par les différents chercheurs

Equipe de chercheurs	Année	Lieu	Matériel végétal
Petropoulos et <i>al</i>	2006	Athènes, Grèce	3 cultivars de persil ont été semés après maturation, les parties utilisées sont les feuilles simples, les feuilles frisées, et les racines).
Ivania Burin Borges et <i>al</i>	2015	Bresil	Plantes de <i>P. crispum</i> , cultivar au Portugal.

III.1. Matériel végétal

Pour la première équipe de chercheurs (Burin Borges et *al*, 2015) ils ont utilisés des plantules d'un cultivar de *P. crispum* portugais, de 4,0 cm, collectées à partir de leur lit de semence et transférées dans des vases de 2 L. L'expérience conceptionaléatoire, a été réalisée dans une serre située à Paranaense Université - UNIPAR, dans la ville d'Umuarama au Bresil.

L'équipe de Petropoulos et *al*(2006) ont travaillé, sous serre non chauffée, sur trois cultivars de persil (a) *Petroselinum crispum* L à feuilles simple, *petroselinum crispum subsp. Tuberosum* à racine tuberculée, *petroselinum crispum* (mill), à feuilles frisées.

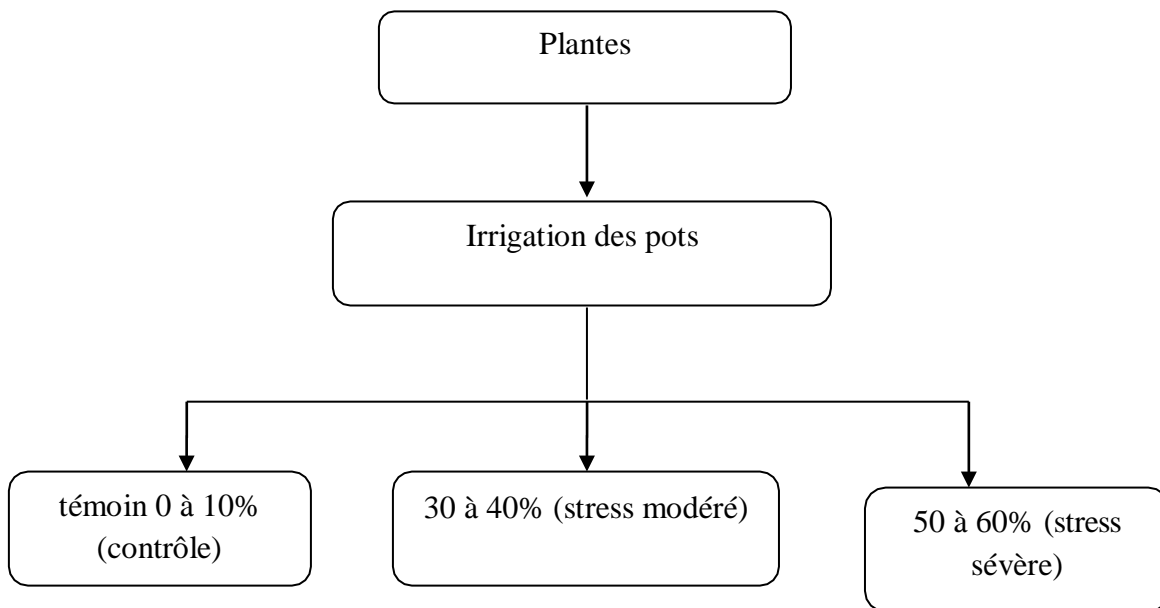
Méthodes

L'irrigation

Pour l'équipe Brésilienne (Burin Borges et *al*, 2015), au bout d'un mois, les plantes ont été soumises à deux traitements de déficit hydrique de 30 à 40% (stress modéré) et de 50 à 60% (stress sévère), alors que le témoin était de 0 à 10% (contrôle).

40 vases étaient utilisés pour chaque traitement. Les plantes ont été conservées dans des vases jusqu'à atteindre la floraison. Une fois récoltées, la longueur (cm) et masse fraîche (g) de leurs racines et parties aériennes ont été mesurées.

(Ivania Burin Borges et *al*)



Pour Petropoulos et *al*(2006) au stade 2-3 feuilles les plants sont transplantées dans des pots de 10Kg (3 plants par pots et 8 pots par traitement).

L'irrigation des pots a été comme suit :

(Petropoulos et al)

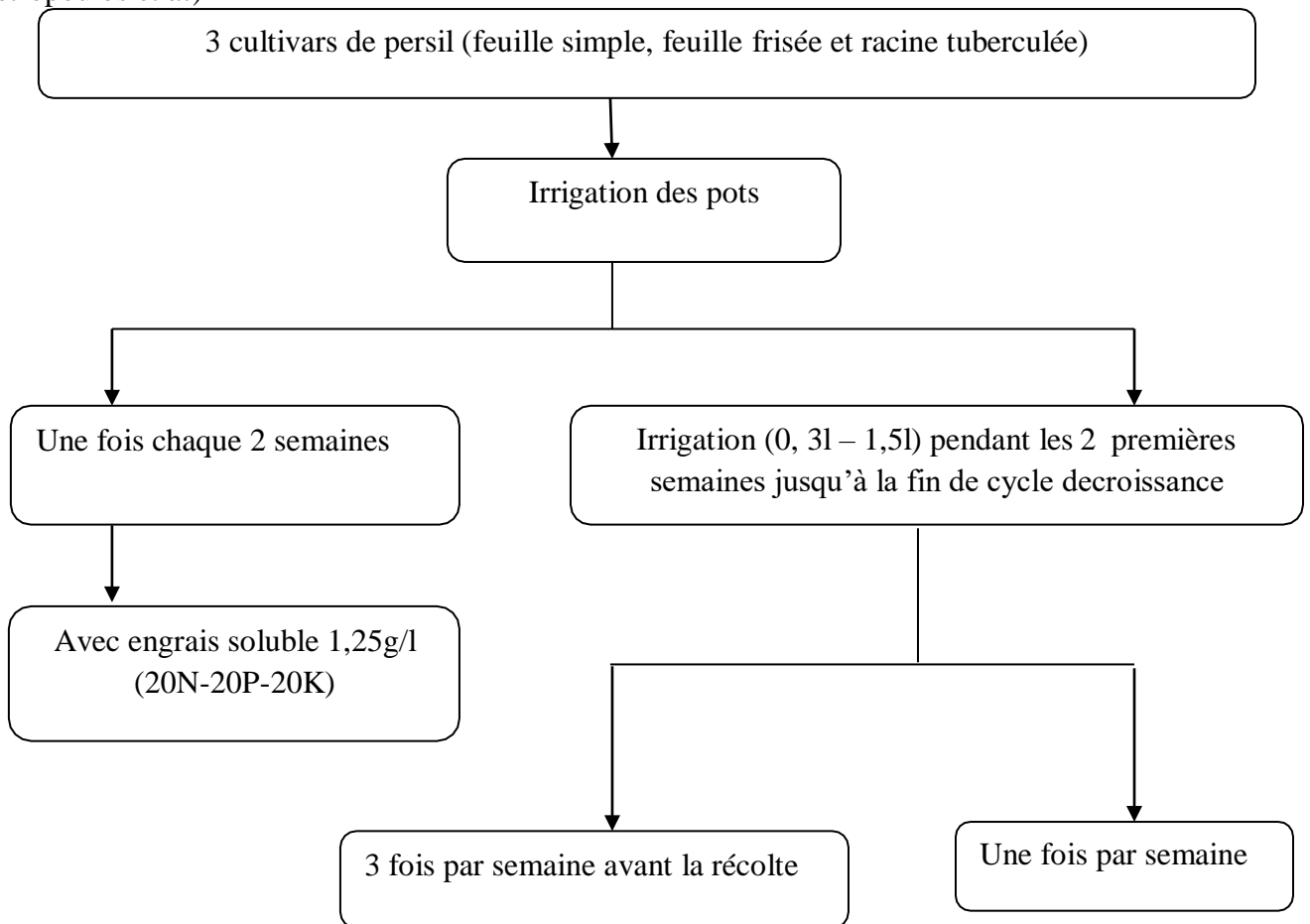


Figure 7 : Schéma représentatif de l'irrigation des pots avant l'application de déficit hydrique.

I.2.3 protocole général de la procédure expérimentale effectuée sur le persil

Le plan général du

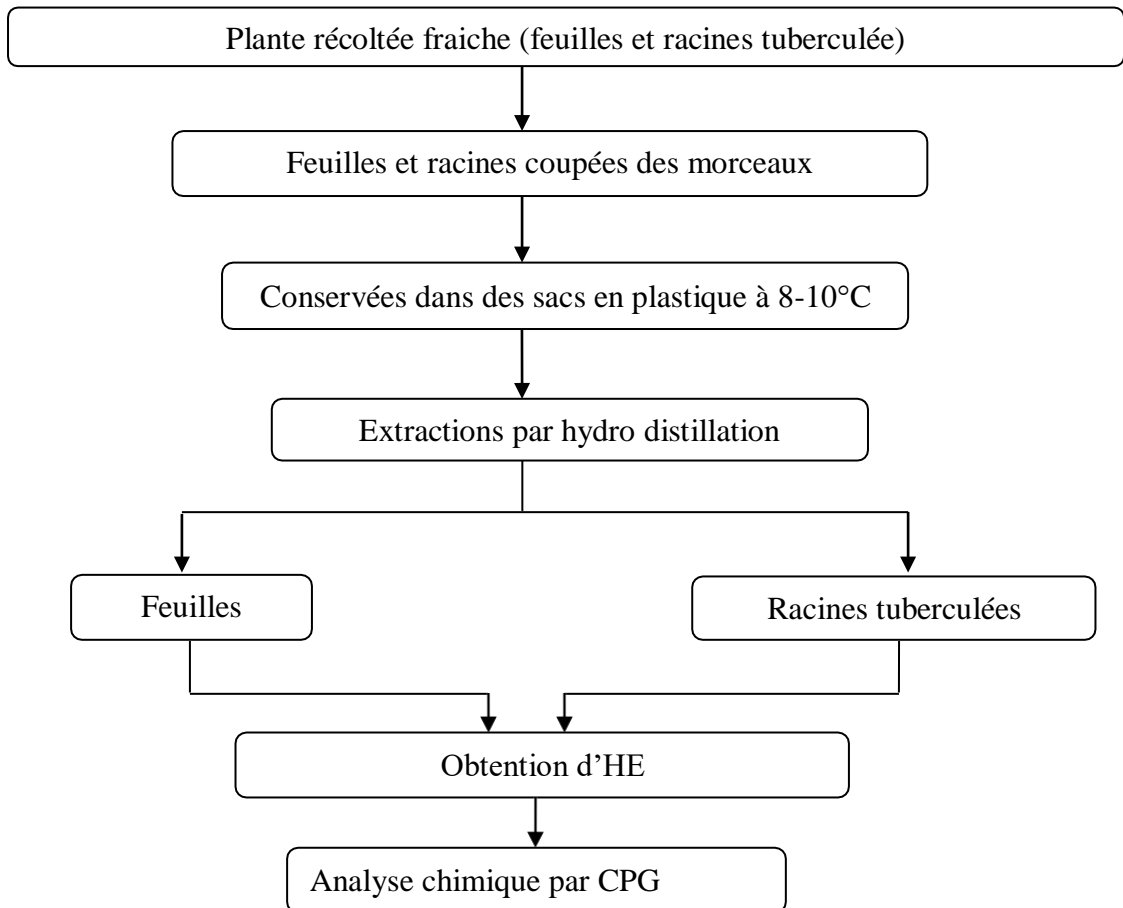


Figure 8 : Protocole général de la procédure expérimentale effectuée sur le persil

I.2.4. Méthodes d'extraction de l'huile essentielle de *Petroselinum crispum*

La méthode d'extraction adoptée par les deux équipes pour extraire les huiles essentielles des différents cultivars de persil est l'hydro distillation.

Le matériel frais de la partie aérienne et des racines a été soumis à hydro distillation (Stanković et al, 2005; Petropoulos et al, 2008) pour trois heures, et les extractions ont été effectuées en triple pour chaque traitement. L'huile a été retirée de l'appareil avec de l'hexane (PA) et filtré avec Na₂SO₄ anhydre, stockée dans des flacons ambrés sous réfrigération et ouvert une fois que l'hexane se soit complètement évaporé. Après évaporation totale du solvant, chaque extrait a été pesé afin de calculer le rendement en huile (%)

Effet des traitements en déficit hydrique sur le développement des parties aériennes et des racines de *P.crispum* :

Les résultats de l'application des différents traitements de stress hydrique sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 5. Influence des traitements de déficit hydrique sur le développement des parties aériennes et des parties souterraine de *P.crispum*. Stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%) comparé au Contrôle (0 à 10%). (Ivania Burin Borges et al)

Développement	T1 Témoin (0-10 %)		T2 Stress modéré (30-40%)		T3 Stress sévère (50-60%)	
	Longueur (cm)	Biomasse (g)	Langueur (cm)	Biomasse (g)	Longueur (cm)	Biomasse (g)
Partie aérienne	20	144.54	18.31	128.33	15.33	90.36
Partie sous terrain	19.71	145.41	16.67	137	17.89	109.34

Cette étude a montré l'influence des deux traitements du déficit hydrique dans le développement des parties aériennes et sous terrain (tableau 5). Nous avons observé que lors du changement des conditions hydriques ; **30 à 40%** (stress modéré), **50 à 60%** (stress sévère) et de **0-10%** (témoins) ; les parties aériennes présentent un développement remarquable contrairement aux racines.

Dans les parties aériennes, le stress modéré a présenté des masses et des diamètres plus importants (**128,33 et 144,54 g**) (**18.31 et 20 cm**) respectivement comparativement au stress sévère qui a montré une masse de (**90,36 g et 15.33 cm**).

Concernant la partie sous terrain le stress modéré a donné des mesures plus élevées(**145.41 et 137g**) (**19.71 et 16.67cm**) que dans le cas du stress sévère (**109.34g et 17.89cm**).

Effet du déficit hydrique sur le rendement en HE

Les résultats des traitements de déficit hydrique sur le rendement en huiles essentielle est illustré ci-dessous :

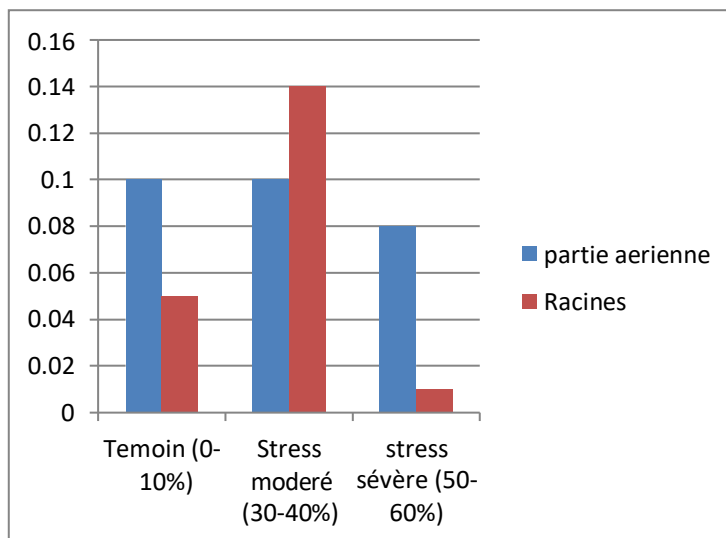
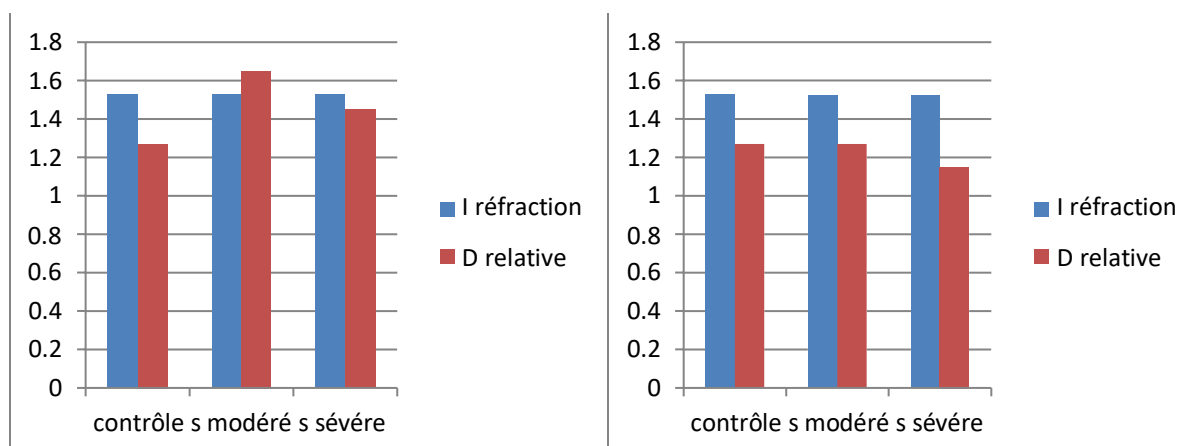


Figure 9. Influence des traitements du déficit hydrique sur le rendement en huile essentielle des parties aériennes et des racines de *P. crispum*. Contrôle (0 à 10%), stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%) (Ivania Burin Borges et al)

Concernant l’effet du stress hydrique sur le rendement de l’HE des parties et racines de *P. crispum* (figure 9), on observe que le rendement (%) en HE des parties aériennes ne présentait pas de différence significative entre les traitements évalués; cependant, l’HE des racines a montré une différence significative entre les trois paramètres du déficit hydrique, comme le montre la figure 9.



A. Les parties aériennes.

B. la partie sous terrain.

Figure 10 : Influence des traitements du déficit hydrique sur les indices chimiques et physiques de *P. crispum*, Contrôle (0 à 10%), stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%) (Ivania Burin Borges et al)

Cette expérience a évalué l'influence du déficit hydrique sur les indices physiques et chimiques du persil par la mesure de la densité (g ml⁻¹) et l'indice de réfraction, comme présenté dans la (figure 9). Les résultats ont montré qu'il n'y avait pas une différence significative pour la densité de l'HE de la partie aérienne et racines soumises au stress hydrique. Pour l'indice de réfraction de l'HE, il n'y avait pas de différence entre les parties aériennes.. L'indice de réfraction a une corrélation directe avec la densité, mais cette relation n'a pas été observée dans les résultats présentés.

Tableau 6. Influence des traitements de déficit hydrique sur la composition chimique de l'OE des parties aériennes et des parties racinaires de *P. crispum*. Stress modéré (30-40%), Stress sévère (50-60%) comparé au Témoin (0-10%) (Ivania Burin Borges et al)

Composés	Partie aérienne			Racines		
	Témoin (0-10%)	Stress modéré (30-40%)	Stress sévère (50-60%)	Témoin (0-10%)	Stress modéré (30-40%)	Stress sévère (50-60%)
Myristicine	N/A	N/A	3.49%	N/A	N/A	3.61%
β – sesquiphellandrène	N/A	N/A	6.53%	N/A	N/A	5.83%
Élémicine	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2.16%
Apiole	100%	100%	89.98%	100%	100%	88.40%

Les résultats ont montré que lors du déficit hydrique du témoin et du stress modéré il ya présence de 100% d'apiol dans l'HE des parties aériennes et des racines.

Dans le cas du stress sévère, l'HE des parties aériennes contenait de l'apiol (**89,98%**), le β -sesquiphellandrène(**6,53%**) et la myristicine (**3,49%**) tandis que l'HE des racines avait l'apiole (**88,40%**), β -sesquiphellandrene (**5,83%**), myristicine (**3,61%**)et élémicine (**2,16%**), respectivement.

Ces résultats ont indiqué qu'en cas de déficit hydrique plus important (stress), la plante répond en diminuant le contenu de l'apiole et en augmentant la quantité de myristicine, β -sesquiphellandrène et élémicine, à côté de l'apiole, probablement comme mécanisme de défense (Morais et Castanha, 2012).

Le déficit d'eau à des niveaux croissants provoque une diminution progressive du poids frais du feuillage du persil à feuilles frisées et à racines tuberculées.

Alors que le poids du feuillage de persil à feuilles simples diminuait considérablement lorsque les plantes étaient soumises au niveau inférieur de déficit hydrique (30 à 45%) mais pas davantage au niveau de déficit hydrique plus élevé (45–60%) (Petropoulos et al., 2005).

Le nombre de feuilles par plante a également diminué sous l'influence du stress hydrique (sauf le persil frisé à la 2ème année), tout comme le poids frais des racines à la première année (Petropoulos et al., 2005).

A la deuxième année, le poids frais des racines n'a été réduit que chez les plantes à feuilles simples et le persil à racines tuberculées exposé au plus haut niveau de déficit hydrique (45–60%), alors que le poids des racines du cultivar à feuilles frisées n'a pas été affecté (**Tableau 7, annexe**) (Petropoulos et al., 2005).

Effet du stress hydrique sur le poids des trois cultivars de persil

Le déficit en eau à des niveaux croissants provoquait une diminution progressive du poids frais de feuillage du persil à feuilles frisées et à racines tuberculées. Alors que le poids du feuillage de persil à feuilles simples diminuait considérablement lorsque les plantes étaient soumises au niveau inférieur de déficit hydrique (30 à 45%) mais pas d'avantage au niveau de déficit hydrique plus élevé (45–60%). (Petropoulos et al., 2005)

Le nombre de feuilles par plante a également diminué sous l'influence du stress hydrique (sauf le persil frisé à la deuxième année), tout comme le poids frais des racines à la première année (Petropoulos et al., 2005)

La 2ème année, le poids frais des racines n'a été réduit que chez les plantes à feuilles simples et le persil à racines tuberculées exposé au plus haut niveau de déficit hydrique (45–60%), alors que le poids des racines du cultivar à feuilles frisées n'a pas été affecté (Petropoulos et al., 2005) (**Tableau 7, annexe**).

Effet du stress hydrique sur le rendement en HE des trois cultivars de persil

Le rendement en huile était plus élevé chez le persil à feuilles simples et celui à frisées soumises au stress hydrique tandis que le rendement en huile des racines était inférieur à celui des feuilles et n'était pas affecté par le stress de déficit hydrique, quel que soit le cultivar (**Tableau 8, annexe**).

Lorsqu'il est exprimé sur une base surfacique (ml par m²), le rendement en huile des feuilles s'est avéré plus élevé dans le persil frisé soumis à un stress hydrique, mais pas dans les deux autres cultivars.

Le stress hydrique n'a pas affecté de manière significative le rendement en huile des racines sur une base de poids frais, et même une diminution du rendement en huile sur une base à m² dans le cultivar à feuilles simples (**Tableau 8, annexe**).

Effet de stress du déficit hydrique sur la composition des HE

Les deux niveaux de stress hydrique ont entraîné une réduction de la concentration relative du 1,3,8- p- menthatriène, mais une augmentation de la myristicine. La concentration en pourcentage de terpinolène + p- le cyménène a diminué dans le cas du stress le plus élevé.

Dans les feuilles de persil frisé, l'augmentation du stress hydrique a provoqué une diminution progressive du pourcentage de myristicine qui a été compensée par des augmentations d'une b-phellandène, terpinolène + p- cyménène.

La composition de l'huile essentielle extraite des feuilles de persil en racine tuberculée n'a été que marginalement affectée par le stress hydrique, mais la diminution de la concentration relative de b- myrcène a coïncidé avec une petite augmentation de l'apiole (**Tableau 9, annexe**).

Le stress hydrique a eu relativement peu d'effet sur la composition de l'huile essentielle extraite des racines de persil à racines tuberculée, il a été observé une diminution de la myristicine au niveau le plus élevé de déficit hydrique, ainsi qu'une légère baisse du pourcentage de terpinolène + p- cyménène aux deux niveaux de stress (**Tableau 10, annexe**).

Globalement, le stress hydrique n'a pas semblé affecter la composition relative de l'huile essentielle de persil frisé ou ordinaire, à l'exception d'une diminution relative de la teneur en apiole de ce dernier, coïncidant avec une légère augmentation de b- pinène (données non présentées). (Petropoulos et *al.*, 2005).

V. Discussion

Les huiles essentielles dérivées du persil sont précieuses pour l'industrie cosmétique ainsi que pour la synthèse de médicaments des produits. Les huiles sont principalement extraites du feuillage ou des graines, mais les rendements sont plutôt faibles par rapport à d'autres espèces aromatiques, par exemple l'aneth (*Anethum graveolens* L) (Callan et al., 2007).

Lorsqu'il est cultivé dans des climats chauds comme ceux du bassin méditerranéen, le persil peut facilement être exposé au stress dû au déficit hydrique, comme le montre le présent travail. un tel stress entraîne une réduction de la biomasse, exprimée par le poids moyen du feuillage et des racines, ainsi que du nombre de feuilles par plante (**Tableau 7**), ceci résulte probablement d'une perturbation de la photosynthèse, de la transpiration et d'autres processus métaboliques (Jones et Tardieu, 1998; Sarker et al., 2005).

Le stress de déficit hydrique ne réduit pas le rendement en huile essentielle du feuillage de persil sur une base de poids frais. En effet, le rendement en huile des cultivars à feuilles simples et frisées a augmenté de manière significative dans des conditions de stress (**Tableau 8**). Compensant ainsi la réduction de la biomasse fraîche. Ce résultat contraste avec ceux de

Zehtab-Salmasi et *al.* (2001), qui ont signalé que le stress hydrique réduisait les rendements en huile du Romarin. Singh et Rames. (2000) ont également signalé que le stress lié au déficit hydrique réduisait le rendement en huile du romarin sur une base d'hectare, mais que le rendement en huile sur la base du poids frais de la plante ne semblait pas être affecté.

Dans le persil frisé le stress de déficit de l'eau peut être considéré comme bénéfique puisque le rendement en huile du feuillage augmente avec le stress sur une zone (m²) base.

En outre, cet effet peut être encore renforcé si la plantation a lieu à une densité plus élevée, ce qui est permis grâce à la taille plus petite de la plante dans des conditions de stress (Petropoulos, 2006 ; **Tableau 7**).

La valeur de densités de plantes plus élevées dans des conditions de stress a été notée pour la citronnelle (Fatima et *al.*, 2000). Théoriquement en augmentant la densité des plantes de persil frisé et à feuilles simples de 27 à 36 plantes par m², une augmentation du rendement net en huile du feuillage de 44 et 57%, respectivement à un niveau de déficit hydrique de 45–60% peut être obtenue par rapport aux plantes non stressées à la densité végétale inférieure, mais le rendement en huile du feuillage correspondant du persil à racines tuberculées est toujours 5% de moins que celui des plantes non stressées. L'augmentation de la population végétale nécessite des tests sur le terrain car l'augmentation de la densité végétale pourrait encore accroître le stress hydrique des plantes.

Les effets du stress hydrique limitent aussi la qualité de l'huile. L'arôme de persil semble être principalement dû au 1,3,8- p- menthatriène (Jung et *al.*, 1992; Masanetz et Grosch, 1998).

La réduction de la concentration relative de 1,3, 8- p- menthatriène dans l'huile extraite de persil ordinaire soumis à un stress (**Tableau 3**) peut être considérée comme nuisible à la qualité de l'huile, même si cela a été en partie compensé par une augmentation de la myristicine, un autre constituant aromatique important (Simon et Quinn, 1988). Dans le persil frisé, la diminution progressive du pourcentage de myristique induite par l'augmentation du stress hydrique peut être atténuée par l'augmentation du b- phellandrène, terpinolène et p- cyménène, qui contribuent également à l'arôme de persil (Kasting et *al.*, 1972; Freeman *etal.*, 1975).

Le persil à racines tuberculées est le seul des trois types de persil qui est cultivé pour ses racines, pivotantes charnues par opposition aux systèmes racinaires adventifs ramifiés des cultivars à feuilles simples et frisées (Petropoulos, 2006). En raison du faible rendement en huile essentielle à partir de racines de persil, seul le persil à pied de girofle peut être considéré pour la production d'huile de racine. Même ainsi, le rendement est sensiblement inférieur à celui du feuillage sur une base de poids frais (**Tableau 8**). Bien que le stress de déficit hydrique puisse affecter la qualité de l'huile des racines de persil à racines tuberculées, puisque le pourcentage de myristicine a été légèrement réduit dans des conditions de stress, le principal effet du stress hydrique est ici une réduction du rendement en huile sur la plante. Même en appliquant des densités végétales plus élevées, le rendement net en huile des racines dans des conditions de stress est similaire au rendement en huile dans des conditions normales et des densités végétales, rendant cette pratique sans valeur pratique.

Conclusion

A l'heure actuelle, les plantes sont encore le premier réservoir des principes actifs utilisées dans plusieurs domaines entre-autres, agroalimentaire, pharmacologie ; cosmétologie. Cet intérêt dépend du bon déroulement de cycle phénologique ainsi que la présence des exigences climatique qui participent à leur tour dans la teneur et la répartition des composés phytochimiques chez les plantes.

Dans ce contexte, la présente étude théorique de synthèse s'est portée sur l'effet du stress hydrique sur le persil. Les résultats rapportés par Petropoulos *et al.*, (2006) montrent l'influence des traitements du changement hydrique sur le développement des parties aériennes et souterraine de *P. crispum*, où pour le stress modéré, les paramètres (poids et diamètres) sont **(128,33 et 144,54g) (18.31 et 20cm)** respectivement pour la partie supérieure et d'autre part **(145.41 et 137g) (19.71 et 16.67cm)** concernant la partie inférieure du sol, par rapport au stress sévère appliqué sur les parties aérienne et souterraine, les chiffres obtenus représentent **(90,36g et 15.33cm)(109.34g et 17.89cm)** respectivement.

Chez la même espèce *P. crispum* ; l'étude de l'effet des différents niveaux de stress hydrique sur le rendement et de la qualité des huiles essentielles a montré une absence de la diversité des huiles essentielles par rapport à la partie aérienne mais une différence significative de la quantité de l'huile extraite des racines avec **0,14%** pour un stress modéré et **0,01%** pour un stress sévère par rapport à **(0,05%)** pour le témoin.

Parcontre, en cas de déficit hydrique plus important (stress), la plante a répondu en diminuant le contenu de l'apiole et en augmentant la quantité de myristicine, β -sesquiphelandrène et élémicine.

La deuxième étude consistait en une étude comparative sur l'effet du changement hydrique entre trois types de persils : feuille frisé, ordinaire et racines tuberculée. Le déficit en eau à des niveaux croissants a provoqué une diminution progressive du poids frais de feuillage du persil à feuilles frisées et à racines tuberculées. Alors que le poids du feuillage du persil à feuilles simples diminuait considérablement lorsque les plantes étaient soumises à un niveau inférieur de déficit hydrique **(30à45%)**. Cependant, le rendement en huile était plus élevé dans le persil à feuilles simples et frisées soumises au stress hydrique, contrairement au persil à racines tuberculées. En revanche, le stress hydrique n'a pas semblé affecter la composition relative de l'huile essentielle de persil frisé ou ordinaire, à l'exception d'une diminution relative de la teneur en apiole de ce dernier.

Ainsi, et à la lumière des résultats obtenus, il est clair que la différence de la quantité d'eau (irrigation) n'affecte excessivement que la qualité et la quantité des huiles essentielle chez le persil par rapport a la biomasse et le diamètre des deux parties (aérienne et souterraine).

Pour conclure, Ces résultats sont très prometteurs pour obtenir des composés utilisés pour déterminer des activités biologiques à utiliser dans les industries alimentaire et pharmaceutique.

Référence bibliographique

Alexandre D.Y; 1982. Aspects de la régénération naturelle en forêt dense en Côte d'Ivoire. Conservatoire et jardin botanique de Genève, 357941 : 583 - 584.

Anonyme1 : <https://www.Aprifel.com>.

Anonyme2 : <https://www.cieau.com>.

Anthony R. Magee et al ; 2010. New tribal alimentation for the early diverging lineages of Apiaceae sub family, *Taccon*, vol 59 - n°2, P.567

Burin B et al ; 2015. Evaluation of performance and chemical composition of *Petroselinum crispum* essential oil under different conditions of water deficit. Thèse de doctorat : Biologie université of Brasil.

BOYER S ; 1968. Plant water status, hydraulic resistance and capacitance, 445–53.

Carriere et André ; 1829. *Revue horticole*, Paris, Libraire Agricole de la maison rustique, 146 vol.

Coombesj Allen ; 2010. L'encyclopédie des 600 plus beaux arbres du monde, 688-702.

Dom F ; 1716. *Encyclopédie Universalis*, vol 46, 156.

Ducros J; 2006. *Ducros: Épices, herbes et recettes*.

Fernez T ; 2005. *Guide des végétations remarquables, guide pratique, volume II*, 166.

Farzaei B ; 2013 .Parsley : a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. Vol 5, 26.

Gimenez et a ; 1992. Reactive oxygen species, antioxidant systems and nitric oxide in peroxisomes, *Journal of experimental botany*. 74-76.

Salem H ; 2018. Extraction, identification, caractérisation des activités biologiques de flavonoïdes de *Nitraria retusa* et synthèse de dérivés acylés de ces molécules par voie enzymatique.

Hopkins et al ; 2003. [LIVRE] *Physiologie végétale*, <https://www.books.google.com>.

Ijaz R ; 2012. Mechanistic insight of water stress induced aggregation in wheat (*Triticum aestivum* L.) quality: The protein paradigm shift. Vol 76.

Jesus Carde ; 2017. Agence national de securité du medicament (ANSM), liste A des plantes médicinales utilisées traditionnellement, vol 8, 17.

Référence bibliographique

- Julve PR ; 2020** : Index botanique, écologique de la flore de France version 27 Avril 2020, 5-17.
- Kammer PM ; 2017**. Reconnaître pas à pas 700 plantes communes, vol II, 5.
- Kramer et al ; 1983**. Caractérisation morphologique des accessions d'arachide (*arachis hypogaea* L.) pour la teneur en huile et la tolérance à la sécheresse.
- Naila ; 2012**. Caractérisation de la pollution plombique à l'aide des bio indicateurs végétaux : un lichen (*ramalina farinacea*), une mousse (*funaria hygrometrica*) et quelques espèces phanérogamiques dans la région de Annaba (Algérie), mémoire de master, Département de biologie, Université de Annaba UBMA. 27.
- Petropoulos et al ; 2005**. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley, Volume 115, Pages 393-397.
- Ramean J-C ; 2009**. flore forestière française : guide écologique illustré, tome 1 : plaines et collines, 2674.
- Seki et al ; 2003**. Drought Stress in Plants, Vol 46, 107.
- Thibault M ; 2018**. <https://www.more.grow.fr>.
- Ulrich, 2011** : Sensory Characteristics and Volatile Profiles of Parsley (*Petroselinum crispum* [Mill.] Nym.), 27.
- Zinselmeyer et al ; 1999**: Grain yields with limited water, Oxford academic, Journal of experimental botany, vol 2, 158.

ANNEXES

Annexe I

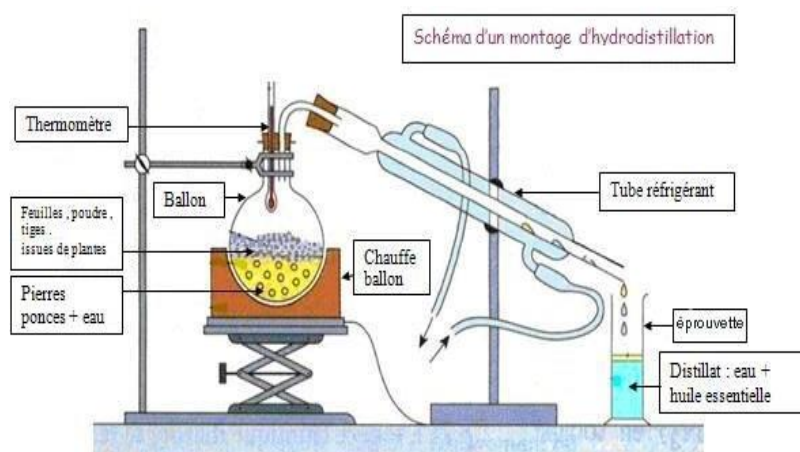


Figure 11 : Montage de type hydro distillation(Marocvégétal – wordpress.com).

Le procédé consiste à immerger directement le matériel végétal à traiter (intact ou éventuellement broyé) dans un récipient rempli d'eau qui est ensuite porté à ébullition. Les vapeurs hétérogènes sont condensées sur une surface froide et l'huile essentielle se sépare par différence de densité (Bruneton, 1993). Parfois un additif ionique est ajouté, il s'agit souvent de Na Cl qui permet d'augmenter la force ionique de l'eau et donc d'obtenir un meilleur rendement en huile essentielle (Pisteli, 2015).

Annexe II

Chromatographie en phase gazeuse :

Chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un GC Hewlett Packard 5890 II (Hewlett Packard, Waldbronn, Allemagne) équipé d'un détecteur FID et d'une colonne capillaire HP-5MS (30 m 0,25 mm, épaisseur de film 0,25 mm). Les températures de l'injecteur et du détecteur ont été fixées à 220 et 290 °C, respectivement. La température de la colonne a été initialement maintenue à 50 °C pendant 5 min, puis progressivement augmentée à 200 °C à un taux de 4 - 8 °C / min et maintenue pendant 5 min. Le débit d'hélium était de 1 ml / min. Les données quantitatives ont été obtenues par voie électronique à partir des données de pourcentage de surface FID sans l'utilisation de facteurs de correction. Chaque extraction a été répétée trois fois et les pourcentages composés sont les moyennes des trois répétitions, (petropoulos et al, 2005).

Annexes

Annexe III

Tableau 7 : Effet du stress hydrique sur le poids frais du feuillage et des racines et le nombre de feuilles par plante de trois cultivars de persil (Petropoulos et *al*)

Cultivar	Niveau de déficit hydrique	Année 1			Année 2		
		Feuillage g	Racine g	Numéro de feuille	Feuillage g	Racine g	Numéro de feuille
Feuille simple	Contrôle (0 – 10 %)	62,3 un	16,8 un	8,2 a	80,7 un	27,8 un	9,1 un
	Niveau 1 (30 à 45 %)	32,8 b	11,3 b	5,9 b	55,6 b	24,9 ab	7,0 b
	Niveau 2 (45 à 60 %)	29,6 b	7,3 c	5,9 b	49,7 b	21,1 b	6,4 b
Feuille frisé	Contrôle (0 – 10 %)	52,6 un	14,8 un	6,5 un	86,3 un	14,3	6,7
	Niveau 1 (30 à 45 %)	28,7 b	9,0 b	4,5 c	58,1 b	14,5	6,5
	Niveau 2 (45 à 60 %)	24,4 c	5,8 c	5,3 b	46,3 c	14,1	6,0
Racine tuberculé	Contrôle (0 – 10 %)	52,2 un	42,3 un	6,9 un	62,2 un	44,4 un	6,7 un
	Niveau1 (30 à 45 %)	33,7 b	27,8 b	5,1 b	43,7 b	41,4 un	5,7 b
	Niveau2 (45 à 60 %)	29,5 c	20,8 b	4,9 b	35,5 c	25,8 b	4,8 c

Les moyennes pour chaque cultivar dans les colonnes qui ne sont pas suivies d'une lettre ne sont pas significativement à P = 0,05

Annexes

Tableau 8 : Effet du stress de déficit hydrique sur le rendement en huile essentielle des feuilles et des racines de persil exprimé en ml d'huile essentielle pour 100 g de matière végétale fraîche et en ml par m² (Petropoulos et al)

Composant	Concentration relative (%) des composants des huiles essentielles dans les feuilles de Persil								
	Persil ordinaire			Persil frisé			Racine tuberculé		
	Contrôle	Niveau 1	Niveau 2	Contrôle	Niveau 1	Niveau 2	Contrôle	Niveau 1	Niveau 2
une- Pinene	4.11	3,98	4,32	1,17	1.13	1,86	5,36	5,75	7,6
b- Pinene	3,35	3,36	3,50	1,04 b	0,99 b	1,95 un	4,69	5,28	6,7
b- Myrcène	6,76	5,76	4,28	6,35	6,54	7,91	26,94 un	24,44 b	22,0 b
une- Phellandrène	1,07	0,96	0,99	0,29 c	0,61 b	0,83 un	0,97 un	0,37 b	1.1 a
p- Cymène	nd une	nd	0,6	0,28	0,44	nd	1,02	0,97	1.0
b- Phellandrène	25.07	23,63	21,97	9,66 b	18,66 un	20,96 un	26,73	25,41	29,7
Terpinolène + p- cyménène	10,77 un	10.23 a	6,79 b	2,62 c	3,86 b	5.77 a	18,69 un	21,28 un	16,4 b
1,3,8- p- Menthatri�ne	5,49 un	2,63 b	1,95 b	0,15	0,34	3,18	3,16	Nd	3,5
b- �l�m�ne	0,77	0,78	0,96	3,52	4,50	3,32	0,66 un	0,45 b	0,3 c
Myristicine	28,63	33,43 a	33,35 un	61.09 a	48,19 b	41,20 c	0,43	1,34	1.0
Apiole	2,91 b	1,90	6,35	2,96	3.04	2,95	nd	0,10 b	2,7 a
Total	88,93	86,66	85,06	89,13	88,30	89,63	88,65	85,39	92,00

Les moyennes pour chaque cultivar dans les rangées qui ne sont pas suivies d'une lettre ou sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes   P = 0,05. une nd: non détecté

Annexes

Tableau 9 : Effet du stress de déficit hydrique sur les concentrations relatives des principaux composants de l'huile essentielle extraite des feuilles de persil.

	Contrôle	Niveau 1	Niveau 2
une- Pinène	nd	nd	1.1
b- Pinène	16,43 a	12,97 b	21,0 un
b- Myrcène	9.88 a	5,67 b	7,7 un an
une- Phellandrène	1,53	1,35	1,6
p- Cymène	1,72 un	1,25 b	1,1 b
b- Phellandrène	20,95 un	14,37 b	19,8 un
Terpinolène + p- cyménène	3.04 a	2,31 b	2,5 b
1,3,8- p- Mentatriène	nd	nd	nd
b- Élémente	1,05	1.1	1,5
Myristicine	13,55 un	16.05 un	7,7 b
Apiole	23,59 b	33,92 un	25,7 b
Total	91,74	88,99	89,7

Les moyennes dans les lignes qui ne sont pas suivies d'une lettre ou qui sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à $P = 0,05$. nd: non détecté

Annexes

Tableau 10 : Effet du stress de déficit hydrique sur les concentrations relatives des principaux composants de l'huile essentielle extraite des racines de persil à racines tuberculées (Petropoulos et *al*)

Niveau de déficit hydrique	Ml pour 100g de poids frais			Ml pour m 2a		
	Feuilles simples	Feuilles frisées	Racine tuberculé	Feuilles simple	Feuilles frisées	Racine tuberculé
Feuilles						
Contrôle (0 – 10 %)	0,04 b	0,05 b	0,04	0,87	1,17 b	0,67
Niveau 1 (30 à 45 %)	0,06 un	0,07 b	0,05	0,90	1,09 b	0,59
Niveau 2 (45 à 60 %)	0,11 a	0,11 a	0,05	0,94	1,38 a	0,48
Les racines						
Contrôle (0 – 10 %)	0,05	0,03	0,02	0,38 un	0,12	0,24
Niveau 1 (30 à 45 %)	0,04	0,02	0,01	0,27 b	0,08	0,11
Niveau 2 (45 à 60 %)	0,04	0,02	0,2	0,23 b	0,08	0,14
Niveau de déficit hydrique	Ml pour 100g de poids frais			Ml pour m 2a		
	Feuilles simples	Feuilles frisées	Racine tuberculé	Feuilles simple	Feuilles frisées	Racine tuberculé
Feuilles						
Contrôle (0 – 10 %)	0,04 b	0,05 b	0,04	0,87	1,17 b	0,67
Niveau 1 (30 à 45 %)	0,06 un	0,07 b	0,05	0,90	1,09 b	0,59
Niveau 2 (45 à 60 %)	0,11 a	0,11 a	0,05	0,94	1,38 a	0,48
Les racines						
Contrôle (0 – 10 %)	0,05	0,03	0,02	0,38 un	0,12	0,24
Niveau 1 (30 à 45 %)	0,04	0,02	0,01	0,27 b	0,08	0,11
Niveau 2 (45 à 60 %)	0,04	0,02	0,2	0,23 b	0,08	0,14

Les moyennes pour chaque cultivar dans les rangées qui ne sont pas suivies d'une lettre ou sont suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à P = 0,05. une nd: non détecté

Annexes

Tableau 11. Composition du persil en minéraux et oligo-éléments pour 100g de persil

Minéraux et oligo-éléments	Quantités
Calcium	218 mg
Cuivre	0,12 mg
Fer	4,67 mg
Iode	-
Magnésium	39,5 mg
Manganèse	1,7 mg
Phosphore	65 mg
Potassium	598 mg
Sélénium	0,1 µg
Sodium	54,3 mg
Zinc	0,77 mg

Annexe IV



A : Avant de semer les graines. B : Pose de graines.

C : Graines semées

Figure 12: les étapes de semis des graines de persil



Arrosage



germination et apparition des plantules.

Figures 13 : l'arrosage des plantules de persil

Annexes

Annexe V

Tableau 12 : Influence des traitements de déficit hydrique sur les indices chimiques et physiques de *P. crispum*, Contrôle (0 à 10%), stress modéré (30 à 40%), stress sévère (50 à 60%) (Ivania Burin Borges et al)

Huile essentielle de <i>P. crispum</i>	Indice de réfraction n^{20}	Densité relative d_{20}^{20}
Partie aérienne		
Contrôle (0-10%)	1.5305 ± 0.00	1.27 ± 0.35
Stress modéré (30-40%)	1.5310 ± 0.00	1.65 ± 0.01
Stress sévère (50-60%)	1.5312 ± 0.00	1.45 ± 0.42
Racines		
Contrôle (0-10%)	1.5285 ± 0.00	1.27 ± 0.00
Stress modéré (30-40%)	1.5250 ± 0.00	1.27 ± 0.00
Stress sévère (50-60%)	1.5245 ± 0.00	1.15 ± 0.01