

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE**

**SCIENTIFIQUE**

جامعة سعد دحلب - البليدة



**Université saad Dahleb 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 de la salinité sur le potentiel antioxydant de *Coriandrum sativum L.***

**Présenté par :**

M<sup>elle</sup> Bandoui Hadjer et M<sup>elle</sup> Assali Sara

**Soutenu le : / 07 /2019**

**Devant le jury composé de :**

M <sup>me</sup> Takarli S	MAA/BPO	UBD-1	présidente de jury
M <sup>me</sup> Mitidji H	MCB / BPO	UBD-1	Examinatrice
M <sup>me</sup> Cherif H .S	MCA / BPO	UBD-1	Promotrice
M <sup>me</sup> Ketfi S	Ingénieure principal	UBD-1	Co-Promotrice

Année universitaire 2018/2019



## *Remerciement*

*Avant tout, nous remercions **Dieu** tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la Persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce modeste Travail .Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements à notre promotrice **Mme CHERIF HAMIDA** Enseignante au Département de BPO , Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Université **SAAD DAHLEB –BLIDA**, qui nous a encadrées et dirigée ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'elle nous a accordé nous ont permis de réaliser ce travail.*

*Nous adressons également nos remerciements à notre Co-promotrice **Mme KETFI SABRINA** ingénieure de laboratoire à la faculté de science de la nature et de vie –université de Blida-1.*

*Nous remercions **Mme Takarli** charge de cours d'avoir accepté de présider le jury chargé d'évaluer ce travail.*

*Nous tenons également à exprimer nos remerciements à **Mme MITIDJI** enseignante au département de biologie d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements spécifiques s'adressent à Mr **Migatli** de nous avoir accepté au sein du leurs laboratoires du département de sciences alimentaire.*

*Nous remercions aussi tous les membres de la bibliothèque de Département SNV à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Université **SAAD DAHLAB –BLIDA**.*

*Un grand merci à tous les enseignants du département des sciences de la nature et la vie de l'université.*

*Nos vifs et sincères remerciements s'adressent tout particulièrement à notre Université de Blida-1, qui nous a procuré une bonne formation.*

*Enfin nous remercions gracieusement toute personne qui a contribué de près ou loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail A mes très chère parents, symboles de courage et de volonté, qui ont consacré et sacrifié leurs vie pour mon bien être ;*

*A mon ange aya*

*A mes frère Younes et Ilyasse*

*A ma grand-mère maternelle pour ses précieux conseils et ses encouragements*

*A la mémoire de ma grande mère paternelle « que Dieu l'accueille dans son vaste paradis »*

*Ames oncles et tantes*

*A toutes ma famille*

*A mes meilleures amie Kahina et Karima, Sirine*

*A ma très chère binôme Hadjer et sa familles*

*A mes amies et collègues d'auditoire*

*Toute la promotion de biodiversité et physiologie végétale*

*2019 \_2020*

*Sara*

## **Dédicaces**

*A l'aide de dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce travail que je dédie :*

*A mes très chers parents*

*Je tiens à souligner le grand sentiment que je porte envers eux, en reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie avec toute ma tendresse*

*A mes sœurs : MAdina ,Djazia et ikram*

*A mes frères : Ahmed, Lamine et Zohir*

*A mes belles sœurs : Khadidja et sarah*

*mes beaux frères :sofiane et chouaib*

*La prunelle de mes yeux mes nièces et mes neveux*

*a mon fiancé*

*A mes meilleures amies « Manel et hassna »*

*A mes amies et collègues*

*A mon binôme SARra qui a partagée avec moi les moments difficiles de ce travail et sa famille*

*A tous Les étudiants de ma promotion de biodiversité et physiologie végétale*

*Hadjer*



## *Abstract*

The present investigation is carried out with the aim of studying the variability of morphological and physiological parameters, in a local cultivar of coriander (*Coriandrum sativum L.*), in response to salt stress induced by irrigation with increasing salinity solutions. (**8,55 /34,22 /85.55** and **136,89** mM.l<sup>-1</sup> NaCl), in a pot culture test and under semi-controlled conditions.

The aerial part (leaves and stems) was used for the determination of morpho-physiological parameters (HTD, leaf area, biomass, levels of chlorophyll a, b and c, proline and soluble sugar). As well as the determination of the oxidative potential by the radical scavenging tests (DPPH) and the reduction of ferric chloride (FRAP).

A phytochemical screening carried out on the infusion for the four treatments compared to the control allowed us to highlight the presence of polyphenols such as flavonoids and tannins.

Salinity generated a reduction in the morphological and physiological parameters by decreasing the height of the HTD dominant stem, reducing the fresh and dry biomass of the aerial part and decreasing the leaf area. On the other hand, NaCl has caused fluctuations in levels of chlorophyll a, b and c which varies between **0.89** to **2.12 µg / g MF** for chlorophyll a and **2.68** to **0.44 µg / g MF** and **2.79** to **0.55 µg / g MF** for chlorophylls b and c In contrast, the accumulation in soluble sugars and proline was increased, ranging from **0.4** to **3.4** and **1.9** to **3.8 µg / g MF**.

The determination of the antioxidant potential of the plants subjected to salt stress indicates that the fraction T<sub>4</sub> (**136.86** mM.l<sup>-1</sup> of NaCl) has a percentage of inhibition of the free radicals DPPH on the order of **94.49%** and an iron reducing power equal to **1.263** greater compared to other fractions (T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>) with (**14%** / **15.07%** / **53.91%** and **39.05%**) inhibition rate and (**0.268** / **0.444** / **0.599** and **0.934**) of the reducing power.

It is obvious that salt stress really affects coriander through the disturbances that occur.

Or one of the same morpho-physiological and biochemical parameters for antioxidant potential significantly increases, confirming the sensitivity of coriander vis-à-vis salt stress.

Key words: *Coriander sativum L.*, morphological and physiological parameters, salt stress, oxidative potential



## Résumé

La présente investigation est réalisée dans le but d'étudier la variabilité des paramètres morphologiques et physiologiques, chez une variété locale de coriandre cultivée (*Coriandrum sativum* L.), en réponse à un stress salin induit par l'irrigation avec des solutions à salinités croissantes (8,55/34,22/85,55 et 136,89 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl), dans un essai de culture en pots et dans des conditions semi-contrôlées.

La partie aérienne (feuilles et tiges) a été utilisée pour la détermination des paramètres morpho-physiologiques (HTD), surface foliaire, biomasse, les teneurs en chlorophylles a, b et c, en proline et en sucre soluble). Ainsi que la détermination du potentiel oxydatif par les tests de piégeage du radical (DPPH) et la réduction du chlorure ferrique (FRAP).

Un screening phytochimique effectué, sur l'infusion pour les quatre traitements comparés au témoin, nous a permis de mettre en évidence la présence des polyphénols tels que les flavonoïdes et les tanins.

La salinité a engendré, une réduction au niveau des paramètres morphologiques et physiologique par diminution de la hauteur de la tige dominante HTD, réduction de la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne et diminution de la surface foliaire. D'autre part, le NaCl a engendré des fluctuations au niveau des teneurs en chlorophylles a, b et c qui varie entre 0,89 à 2,12 µg/g MF pour la chlorophylle a et 2,68 à 0,44 µg/g MF et 2,79 à 0,55 µg/g MF pour les chlorophylles b et c en revanche, l'accumulation en sucres solubles et en proline ont été augmentées, allant de 0,4 à 3,4 et 1,9 à 3,8 µg/g MF.

La détermination du potentiel antioxydant des plantes soumises à un stress salin indique que la fraction T<sub>4</sub> (136,86 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl) présente un pourcentage d'inhibition des radicaux libres DPPH à l'ordre de 94,49% et un pouvoir réducteur du fer égale à 1,263 µm plus important comparativement aux autres fractions (T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>) avec (14%/ 15,07% /53,91% et 39,05%) de taux d'inhibition et (0,268 /0,444/0,599 et 0,934 µm) du pouvoir réducteur.

Il est évident que le stress salin affect véritablement la coriandre à travers les perturbations qui se produisent au niveau des paramètres morpho-physiologiques et biochimiques de même pour le potentiel antioxydant augmente significativement, confirmant la sensibilité de la coriandre vis-à-vis un stress salin.

**Mots clés :** *Coriandre sativum* L., paramètres morphologiques et physiologiques, stress salin, potentiel oxydatif

## ملخص.

اجريت هذه التحاليل لدراسة الخصائص المورفولوجيا والفيزيولوجية للصنف المحلية استجابة للإجهاد الملحي لعدة تراكيز مختلفة (34.22/85.55/ 136.89 و 8.55 ميلي مول لكل لتر من كلوريد الصوديوم ) الناجم عن الري بالمحلول في تجربة النمو في علب و تحت ظروف شبه خاضعة للرقابة تم استخدام الجزء العلوي (السيقان و الأوراق) لتحديد مستويات الكلوروفيل محتويات المعلومات المورفولوجية و الفيزيولوجية (مساحة الورقة / الكتلة الحيوية للجزيرة البرولين ، والسكر القابل للذوبان و نسبة الكلوروفيل أ ب و ج) و كذلك إمكانية الأكسدة عن طريق الكسر الجذري و الحد من كلورير الحديد .

سمح الفحص كيميائي الذي تم تنفيذه على النباتات المعالجات بأربعة محاليل ملحية بتسليط الضوء على وجود البوليفينول مثل الفلافونويد والعفص.

أدت الملوحة الى انخفاض في المعلمات المورفولوجية و الفسيولوجية عن طريق خفض ارتفاع الجذوع المهيمنة و خفض على مستوى المساحة الورقية كما أدت الى الحد من الكتلة الورقية للجزء الهوائي للنباتة .

يؤدي ارتفاع تركيز كلوريد الصوديوم الي تقلبات في محتوى الكلوروفيل أ و ب و ج تتراوح بين 0.89 و 2.12 ميكروغرام/غرام الكتلة الحية . و 2.68 الى 0.44 ميكروغرام / غرام الكتلة الحية بالنسبة للكلوروفيل أ اما بالنسبة للكلوروفيل ب و ج يبلغ محتوى الكلوروفيل من 0.55 ال 2.79 ميكروغرام / غرام . كما يؤدي ارتفاع نسبة الملوحة الى ارتفاع في محتوى السكر القابل للذوبان و البرولين

فيما يخص نسبة تثبيط الجذور الحرة "DPPH" فتقدر ب 94.49 % بالنسبة لاعلى تركيز المقدر ب 136.89 ميلي مول/اللتر و شدة الامتصاص كلورير الحديد "FRAP" تصل الي 1.263 مقارنة بالعينات الاخرى .

من الواضح ان ضغط الملح يؤثر حقا على الكزبرة من خلال الاضطرابات التي تحدث في المعلومات المورفولوجيا الفسيولوجية والكيميائية الحيوية على نحو مشابه لاحتمالية زيادة مضادات الأكسدة بشكل كبير ، مما يؤكد حساسية الكزبرة للإجهاد الملحي.

الكلمات المفتاحية : نبات الكزبرة ، المعلمات المورفولوجيا و الفسيولوجية. الإجهاد المياه المالحة، وإمكانية الأكسدة.

# ***TABLE DES MATIERES***

## INTRODUCTION

## ***CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE<sup>1</sup>***

<b><i>I.1.Généralité sur la coriandre</i></b>	1
I.1.1.Famille des Apiacées	1
I.1. 2. Espèce d'étude	1
I.1.3. Origine et historique	2
I.1.4. Classification botanique de la coriandre	2
I.1.5. Description Botanique	3
I.1.6. Écologie	4
I.1.7. Exigences pédoclimatiques de culture de coriandre	5
I.1.8. Composition chimique de la coriandre	5
I.1.9. Utilisation et intérêt de la coriandre	6
I.1. 9.1. Principes actifs et propriétés	7
I.1.9.2. Propriétés médicinales de la coriandre	7
I.1.9.3. Usage culinaire	7
I.1.9.4. Nutriment Essentiel	8
I.1.10. Les métabolites secondaires	8
<b><i>I.2.Notion de stress salin et influence sur les plantes</i></b>	
I.2.1. Généralités	10
I.2.2. Définitions de la salinité	10
I.2.3. salinité et plante	11
I.2.4. Effet de la salinité sur la morphologie des plantes	11
I.2.5. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante	11
I.2.6 Effet de la salinité sur la germination	12

I.2.7. Effet de la salinité sur la croissance et le développement	12
I.2.8. Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante	12
I.2.9. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante	13
I.2.10. L'Effet de la salinité sur la pression osmotique	13
I.2.11. Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques	13
I.2.12. Mode d'adaptation des plantes à l'excès de sel	14
I.2.13. Formation des ROS chez les végétaux	15
<b>CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES</b>	
<i>II.1 .Matériel</i>	16
II.1.1. Matériel végétal	16
<i>II.2. Méthodes</i>	17
II.2.1. Dispositif expérimental	17
II.2.2. Préparation du matériel de culture	18
II. 2.2.2. Préparation des pots et rempotage du sol	18
II.2.2.3 .Semis	18
II. 2.2.4. Préparation de la solution saline	18
II.2.2.5. Application de l'essai	19
II.2.3. Prélèvement et préparation des échantillons	20
II.2.4. Paramètres étudiés	20
II.2.4.1. Paramètre morphologique	20
II.2.4.2. Paramètres physiologiques	21
II.2.5. Détermination du Potentiel antioxydant	24
II.2.5.1. Préparation des extrais	24
II.2.5.2. Activité antiradicalaire du radicale DPPH	25
II.2.5.3. Réduction de chlorure ferrique	27
<i>II.6. Analyse statistique</i>	28

## **CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION**

III.1. Effet du stress salin sur les paramètres Morpho-physiologiques et biochimiques	29
III. 1.1.Paramètres morphologiques	29
III.1.2. Paramètres Physiologiques	31
III.1.2.1. Résultats de la teneur relative en eau	31
III.1.2.2. Résultats du screening phytochimique	31
III.1.2.3. Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle	32
III.1.2.4. Effet de la salinité sur la teneur en proline	34
III.1.2.5. Effet de la salinité sur la teneur en Sucre soluble	35
III.2.Evaluation du potentiel antioxydant	35
III.2.1.Taux d'extraction	36
III.2.2.Activité antiradicalaire DPPH	36
III.2.3.Pouvoir réducteur	37
Discussion	38
CONCLUSION	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	





## *LISTE DES ABREVIATIONS*

Cl	Chlore
C	Concentration
Chla	Chlorophylle a
Chl b	Chlorophylle b
Chl c	Chlorophylle c
DPPH	2' 2-Di Phenyl-1-Picryl hydrazyl
DO	Densité optique
FRAP	Potentiel Réducteur Ferriques d'Antioxydants
Fe <sup>2+</sup>	Fer ferreux
Fe <sup>3+</sup>	Fer ferrique
FeCl <sub>2</sub>	Chlorure de fer
FeCl <sub>3</sub>	Trichlorure de fer
ITCMI	l'institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles
K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	Ferricyanure de potassium
mM.l <sup>-1</sup>	Milli mole par litre
MF	Matière fraîche
M S	Matière Sèche
MgSO <sub>4</sub>	Sulfate de magnésium
NaCl	Chlorure de sodium
Na	Sodium
Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Hydrogénophosphate de sodium ou phosphate disodique ou
P	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH
ROS	Espècesréactives de l'oxygène
TCA	Acide Trichloroacétique
TRE	Teneur Relative en eau



## **LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES**

<b>Figure 01 :</b>	Différentes parties de <i>C.sativum L.</i>	3
<b>Figure 02 :</b>	Morphologie des feuilles de la coriandre. (a) Stade végétatif. (b) Stadefloraison	4
<b>Figure 03 :</b>	Différents stades de développement des fruits de la coriandre	4
<b>Figure 04 :</b>	Serre expérimentale du laboratoire de biotechnologie végétale	16
<b>Figure 05 :</b>	Graines de coriandre récupérées d'ITCMI, (B) Graines de coriandre provenant de Pépinière El FARTAS région Bouinan –Blida	17
<b>Figure 06 :</b>	Dispositif de germination des graines dans des alvéoles	17
<b>Figure 07 :</b>	(a) Premier jour de semis. (b) 2 semaines de germination	17
<b>Figure 08 :</b>	Préparation du substrat de culture	ANNEXE II
<b>Figure 09 :</b>	Opération de Rempotage	
<b>Figure 10 :</b>	Arrosage avec la solution de NaCl	ANNEXE II
<b>Figure 11 :</b>	Prélèvement et préparation des échantillons	ANNEXE II
<b>Figure 12 :</b>	Préparation des infusés	ANNEXE II
<b>Figure 13 :</b>	Tests du screening phytochimique	ANNEXE II
<b>Figure 14 :</b>	Dosage de la chlorophylle totale	ANNEXE II
<b>Figure 15 :</b>	Dosage de la proline	ANNEXE II
<b>Figure 16 :</b>	Dosage des sucres solubles	ANNEXE II
<b>Figure 17 :</b>	Préparation des macérations	ANNEXE II
<b>Figure 18 :</b>	Protocole d'extraction	25
<b>Figure 19 :</b>	Protocole d'étude de l'activité « scavenging » du DPPH	26
<b>Figure 20 :</b>	Activité antiradicalaire de DPPH	ANNEXE II
<b>Figure 21 :</b>	Protocole d'évaluation du pouvoir réducteur	27
<b>Figure 22 :</b>	Réduction du chlorure ferrique	ANNEXE II
<b>Figure 23 :</b>	Effet du stress salin sur la hauteur de la tige dominante	28
<b>Figure 24 :</b>	Effet du stress salin sur la biomasse de la partie aérienne de <i>C.sativum L.</i>	30

<b>Figure 25 :</b>	Teneur en chlorophylle a	33
<b>Figure 26 :</b>	Teneur en chlorophylle b	33
<b>Figure 27 :</b>	Teneur en chlorophylle c	34
<b>Figure 28 :</b>	Teneur en proline	34
<b>Figure 29 :</b>	Teneur en sucre soluble	35
<b>Figure 30 :</b>	Rendement d'extraction de <i>C.sativum L.</i>	36
<b>Figure 31 :</b>	Pourcentage d'inhibition du radical DPPH	36
<b>Figure 32 :</b>	Pouvoir réducteur de <i>C.sativum L.</i>	37

### *Liste des Tableaux*

<b><i>Tableaux</i></b>	<b><i>Titre</i></b>	<b><i>Page</i></b>
<b><i>I</i></b>	Classification botanique de <i>Coriandrum sativum L.</i>	<b><i>2</i></b>
<b><i>II</i></b>	<i>Constituants chimiques de Coriandrum sativum L.</i>	<b><i>6</i></b>
<b><i>III</i></b>	Principaux nutriments présents au niveau des feuilles et des graines de coriandre	<b><i>8</i></b>
<b><i>IV</i></b>	Composition des solutions salines	<b><i>19</i></b>
<b><i>V</i></b>	Effet du NaCl sur la teneur relative en eau de la partie aérienne de la coriandre	<b><i>31</i></b>
<b><i>VI</i></b>	Résultats des différentes réactions du screening phytochimique de la partie aérienne de la coriandre soumise à un stress salin	<b><i>32</i></b>

## *Glossaire*

(Larousse, 1964 ; Agence Web Fidesio, 2016)

<b><i>Aromathérapie</i></b>	Science officinale exploitant les aromates et les plantes aromatiques. Elle est associée à la naturopathie des plantes médicinales.
<b><i>Barochore</i></b>	Dissémination des semences est assurée par la pesanteur.
<b><i>Chaperon</i></b>	Protéine dont la fonction est d'assister d'autres protéines dans leur maturation.
<b><i>Cosmopolite</i></b>	Espèce à distribution géographique et répandue dans le monde entier.
<b><i>Entomophile</i></b>	Pollinisation se fait par l'intermédiaire des insectes.
<b><i>Épictése</i></b>	Propriété des cellules végétales de pratiquer une absorption supplémentaire de sels minéraux pour maintenir leur pression osmotique interne.
<b><i>Glycophytes</i></b>	plantes sensibles aux concentrations relativement faibles en sel.
<b><i>Halophyte</i></b>	Plante halophile qui pousse naturellement dans des milieux salins
<b><i>Mellifère</i></b>	Plante dont le nectar est récolté par les abeilles pour élaborer le miel.
<b><i>Osmorécepteurs</i></b>	Cellule qui répondant à l'élévation de la pression osmotique effective de son environnement.
<b><i>Osmorégulation</i></b>	Action de régulation de la pression osmotique cellulaire.
<b><i>Protéosynthèse</i></b>	Synthèse des protéines par des cellules vivantes.
<b><i>Scavenging :</i></b>	Activité antiradicalaire.
<b><i>Vigueur</i></b>	Capacité de résistance et de développement

# *Introduction*

### Introduction

La salinisation des sols et l'eau figure parmi les principaux facteurs abiotiques qui limitent la production végétale et le rendement agricole (Baatour et al., 2004).

La salinité est considérée comme le plus menaçant des facteurs pour l'environnement naturel et elle est responsable de limitations croissantes des productions végétales et leur vigueur, dans la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables (Munns et Tester, 2008). Le stress salin des plantes est principalement dû à un déséquilibre nutritionnel engendrant la diminution de l'activité photosynthétique, impliquant une activité enzymatique par la synthèse de composés organique ayant un rôle d'osmoprotecteurs ou régulateurs osmotiques (Chaffei, 2004) .

En effet, en conditions stressantes les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes physiologiques et biochimiques (Brugnoli et al., 2005). De même la tolérance au sel a été beaucoup étudiée chez les halophytes, pour comprendre les mécanismes développés pour leur adaptation.

Ainsi des indices de tolérance ont été proposés, basés sur des caractéristiques physiologiques spécifiques, notamment l'accumulation d'ions ou la production des métabolites spécifiques (Shannon, 1984). La variation de la synthèse des polyphenols dans les plantes comme antioxydants en réponse aux stress abiotiques et particulièrement au stress salin varie selon l'espèce de plante, la variété, la sévérité du stress et les types de sels. L'utilisation d'espèces à usages multiples telle que *Coriandrum sativum L.* et capable de se développer dans ces milieux est d'une importance capitale.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressées à l'étude de l'effet de différentes concentrations de NaCl sur les paramètres morfo-physiologiques et biochimiques d'une plante aromatique, thérapeutique à usage multiples, *Coriandrum sativum L.*

Les objectifs que nous sommes assignées portent sur :

1. Mesures biométriques (la longueur de la tige dominante, la surface foliaire et la biomasse fraîche et sèche),
2. Détermination de la teneur relative en eau des feuilles,
3. Mise en évidence des métabolites secondaires (principalement les polyphénols) par un screening phytochimique,
4. Dosage des chlorophylles a, b et c des feuilles,

5. Dosage de la proline et sucres solubles,
6. Evaluation du potentiel antioxydant par deux tests (FRAP et DPPH).

# ***SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE***



## ***1.1. Généralités sur la coriandre***

### ***1.1.1. Famille des Apiacées***

La famille des Apiacées (anciennement nommées «Ombellifères») regroupe les plantes qui ont une inflorescence en forme d'ombelle. Le pédicelle (branche individuelle d'une seule fleur) rayonne depuis un point commun de la tige. Cette famille compte plus de 3000 espèces réparties en 420 genres. Principalement herbacées, beaucoup sont huileuses ou aromatiques, quelques-unes sont toxiques (Come et al., 2006).

La famille des Apiacées est généralement divisée en deux catégories de plante cultivée :

- Plantes cultivées pour leur racine comme le panais (*Pastina casativa*L.)
- Plantes cultivées pour leur feuillage comme l'acéleri (*Apium graveolens* L.)

La seule espèce ayant une importance économique notable est la carotte (*Daucus carota* L.)

Les Apiacées sont plutôt cosmopolites, distribuées presque partout avec un plus grand nombre d'espèces en Europe et en Asie, ainsi qu'une nette préférence pour les régions montagneuses (Come et al., 2006).

### ***1.1. 2. Espèce d'étude***

La Coriandre ou Coriandre cultivée (*Coriandrum sativum* L.) est une plante herbacée annuelle de la famille des Apiacées (Ombellifères). C'est une plante aromatique cultivée dans les zones tempérées du monde entier et utilisée pour de nombreuses préparations culinaires, particulièrement en Asie, en Amérique latine et également utilisée dans la cuisine méditerranéenne (Soltner, 2005 ;Lahoual, 2014).

Les feuilles sont généralement utilisées fraîches en accompagnement ou comme condiment.

Les fruits séchés, souvent confondus avec des graines, sont utilisés comme épice. Moulus, ils sont un ingrédient de base de nombreux mélanges, tels que les currys.

La coriandre est également une plante médicinale, reconnue notamment pour faciliter la digestion. Son huile essentielle utilisée en aromathérapie, dans l'industrie alimentaire pour son arôme et comme agent de senteur en parfumerie, dans les cosmétiques ou les produits sanitaires (Soltner, 2005) (LAHOUEL, 2014).

### 1.1.3. Origine et historique

L'origine de la coriandre est incertaine. Elle pousse à l'état sauvage dans une vaste zone au Proche-Orient et dans le Sud de l'Europe. Elle était bien connue par les Égyptiens, puisqu'on en trouve des graines dans de nombreuses sépultures. La coriandre aurait été ramenée en France par les Romains qui s'en servaient pour mariner et conserver leurs viandes, très utilisée au Moyen âge pour ses vertus thérapeutiques (Chadwick, 1996).

### 1.1.4. Classification botanique de la coriandre

La coriandre est une plante herbacée, monocotylédone appelée aussi « percile arabe » elle appartient à la famille des Apiaceae, genre *Coriandrum*. Cette famille comprend 420 genres et plus de 3000 espèces. Une classification détaillée est donnée ci-dessous (Pillet, 2001) (Tableau I).

Tableau I : Classification botanique de *Coriandrum sativum* L.

<b>Règne</b>	<i>Plantae</i>
<b>Sous-règne</b>	<i>Tracheobionta</i>
<b>Division</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Classe</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Rosidae</i>
<b>Ordre</b>	<i>Apiales</i>
<b>Famille</b>	<i>Apiaceae</i>
<b>Genre</b>	<i>Coriandrum</i>
<b>Nom binominal</b>	<u><i>Coriandrum sativum</i> L.</u>

### Classification APG II 2003

<b>Ordre</b>	<i>Apiales</i>
<b>Famille</b>	<i>Apiaceae</i>

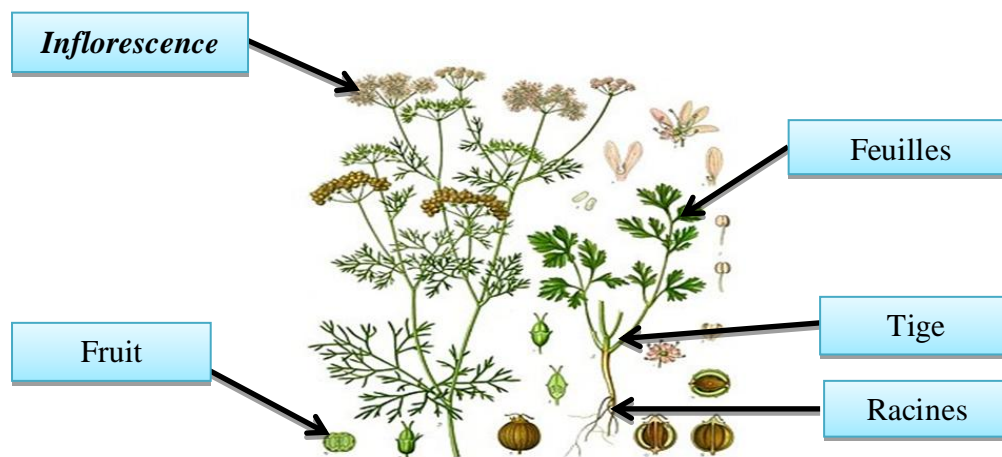
*Classification APGIII 2009*

<i>Clade</i>	<i>Angiospermes</i>
<i>Clade</i>	<i>Dicotylédones vraies</i>
<i>Clade</i>	<i>Astéridées</i>
<i>Clade</i>	<i>Campanulidées</i>
<i>Ordre</i>	<i>Apiales</i>
<i>Famille</i>	<i>Apiaceae</i>

*1.1.5. Description Botanique*

La coriandre est une plante d'environ 30 à 60 cm de hauteur (parfois jusqu'à 1,40 m).

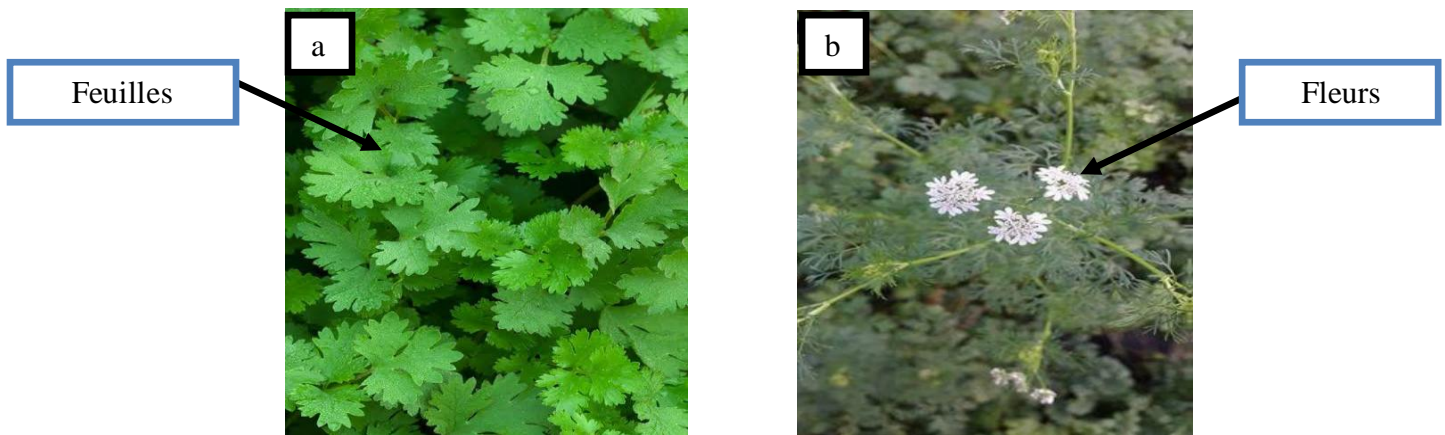
Les feuilles sont toujours découpées, mais sont plus larges à la base, ressemblant beaucoup alors à son proche parent, le persil on appelle parfois la coriandre « persil chinois » ou « persil arabe » (Margar et Roberts , 1920)(Fig. 01).



*Figure 01: Différentes parties de C.sativum L. (fr.m .Wikipedia.org,2003)*

Les fleurs sont portées au sommet de la plante en petites ombelles. Les minuscules fleurs sont blanches ou rose très pâle. Celles de l'extérieur de l'ombelle portent des pétales asymétriques, nettement plus longs. Elles attirent les insectes pollinisateurs au jardin, notamment les syrphes(Margar et Roberts , 1920).

À la fin de la floraison, le feuillage inférieur jaunit et s'assèche et les capsules de graines rondes brunissent très rapidement, signalant la fin de la vie de la plante (Fig. 02).



**Figure 02 : Morphologie des feuilles de la coriandre. (a) Stade végétatif. (b) Stade floraison (www.mccormick.ch, 2019)**

Les fruits sont globuleux, parfois légèrement allongés, de 3 à 6 mm de diamètre.

Les fruits frais sont verts et dégagent la même odeur que les feuilles. Ils deviennent beiges, puis ocre-brun clair. Au cours de leur maturation et développement, ils dégagent une odeur plus aromatique (Margar et Roberts, 1920).



**Figure 03 : Différents stades de développement des fruits de la coriandre. (a) Fruits verts. (b) Fruits murs. (c) Fruits murs et secs (Diederichsen, 1996)**

### ***1.1.6. Écologie***

La coriandre est probablement originaire du Proche-Orient ou du Sud de l'Europe et s'est propagée très tôt à travers l'Ancien Monde. Elle est aujourd'hui cultivée un peu partout sur la planète, principalement dans l'hémisphère nord. Elle a été décrite comme une plante sauvage en région méditerranéenne (Europe, Afrique du Nord, Proche-Orient), au sud de la Russie, en Arménie, en Asie centrale, en Inde et en Chine (Diederichsen, 1996).

*La Pollinisation* est Entomophile, mellifère. C'est-à-dire Elle est réalisée par les insectes (dont les abeilles domestiques) attirés par le nectar secrété par le stylopode quand les stigmates sont réceptifs à la pollinisation (Diederichsen, 1996)(Figure 02).

*La Dissémination* est Barochore. C'est-à-dire les fruits sont dispersés aux pieds des plantes mères, en tombant. Parfois l'éclatement des fruits alors qu'ils sont encore rattachés à la plante par leur pédicelle, projette les méricarpes sur une courte distance (*Diederichsen, 1996*).

### ***1.1.7. Exigences pédoclimatiques de la culture de coriandre***

La coriandre cultivée apprécie un sol propre et bien drainé. Elle craint en effet les excès d'eau en hiver pouvant provoquer des disparitions de plantes par pourriture racinaire. La coriandre peut supporter des températures négatives sur de courte période, en particulier les jeunes plantules, cette résistance au froid diminué après le développement de la tige (*Mermoud, 2006*).

La température minimum de germination est de 4 à 6°C mais une température moyenne est nécessaire pour la germination en deux semaines après le semis, une température élevée pendant la floraison favorise le rendement en fruit et leur teneur en huile essentielle. (Flowers et Yeo , 1995).

### ***1.1.8. Composition chimique de la coriandre***

La coriandre contient plusieurs composés antioxydants, principalement des acides phénoliques (acide caféique, acide férulique, acide gallique et acide chlorogénique), mais aussi des terpénoïdes, des coumarines et des flavonoïdes dans les fruits et des caroténoïdes dans les feuilles (carotènes, xanthophylles : lutéine, zeoxanthine et cryptoxanthine) (Kaiser et al., 2013) (Tableau II).

En outre les parties aériennes de *Coriandrum sativum L.* sont particulièrement riches en apigénine, catéchine et acide p-coumarique (*Tang et al ., 2013*).

Il a été mis en évidence également la présence de 11 composés phénoliques dans les feuilles et 10 dans les fruits. Les polyphénols identifiés dans les feuilles sont des dérivés d'acide caféique, des acides 5-feruloylquiniques et des acides 5-p-coumaroylquiniques. Ceux du fruit sont la rutine, un dérivé d'acide dicaféique, 2 isomères d'acide feroylquinique et d'acide caféoylquinique (*Kaiser et al ., 2013*)(Tableau II).

Tableau II : Constituants chimiques de la coriandre *Coriandrum sativum L.*

<i>Familles de constituants chimiques</i>	<i>Constituants chimiques</i>
<i>Huile essentielle 0,4 à 0,6%</i>	<i>Linalol (Coriandrol) 65-78%, Géranol 0,3-5,3%, gamma- Terpinène, 1,5-8%, -Pinène 0,1- 0,6%, p-Cymène 0,5-4%, Camphre 3-6%, Camphène 4-6%, Limonène 0,2-3,2%, acétate de Géranyl 0,5-4%, Terpinén-4-ol tr 3,0%, -Terpinéol 0,1-1,5%, Myrcène, Limonène 1,5-5% - et - Phéllandrène, Aldéhydes aliphatiques insaturés : décennal, décanal, decen-1-ol, trans-tridécène-(2) -al</i>
<i>Flavonoïdes</i>	<i>Quercétine, isoquercétine, hétérosides de la quercétine et kaempferol, rutine, hypéroside, hespéridine</i>
<i>Acides phénols</i>	<i>Acides caféique, férulique, gallique, chlorogénique, salicylique</i>
<i>Huile grasse (13-21%)</i>	<i>Triacyglycérols á acide pétrosélinique</i>
<i>Coumarine (traces)</i>	<i>Esculétine, Scopolétine, Esculoside, umbelliférone, 4- Hydroxycoumarine</i>
<i>Autres substances</i>	<i>Polysaccharides, Thiamine, Riboflavine, Niacine, Vit. C, Vit. A, Bêta-carotène, sitostérine Calcium, Phosphore</i>

(Ghedira, 2015)

### ***1.1.9. Utilisation et intérêt de la coriandre***

La coriandre peut être consommée pour ses feuilles (fraîches ou séchées) ainsi que pour ses graines, deux parties qui sont assez distinctes quant à leurs teneurs en différents composés actifs (Dauzat et al ., 1971).

#### ***1.1. 9.1. Principes actifs et propriétés***

***Les antioxydants*** sont des composés qui réduisent les dommages causés par les radicaux libres dans le corps. Ces derniers sont des molécules très réactives qui seraient impliquées dans l'apparition des maladies cardiovasculaires, de certains cancers et d'autres maladies liées au vieillissement (*Bajpai et al ., 2005*).

#### ***1.1.9.2. Propriétés médicinales de la coriandre***

La coriandre est principalement employée en aromathérapie pour ses propriétés carminatives et antispasmodiques douces, et pour ses activités antibactériennes et antifongiques.

L'huile essentielle de ses graines est un excellent tonique digestif. Elle agit favorablement sur la stimulation de la salivation et la sécrétion des sucs gastriques. Elle permet par ailleurs de lutter contre les troubles digestifs et le manque d'appétit.

L'huile essentielle de semences de coriandre est souvent indiquée contre les fermentations et les infections intestinales (colites) ou urinaires (cystites). Elle est notamment recommandée pour lutter contre les ballonnements et les lourdeurs d'estomac (Gray et Flatt,1999).

#### ***1.1.9.3. Usage culinaire***

La coriandre est présente comme condiment dans de nombreux plats de la cuisine Magrèbine, Elle donne une saveur rafraîchissante aux recettes épicées et facilite leur digestion. La saveur des feuilles fraîches apporte une note exotique pour accompagner les poissons, les grillades, les pommes de terre, les soupes, le riz, les aubergines et bien-sûr, les salades orientales(Chithra et Leelamma.,2000).

**I.1.9.4. Principaux Nutriment**

Les feuilles de coriandre crues présentent une excellente source de **vitamine K**.

La vitamine K est nécessaire pour la synthèse des protéines qui collaborent à la coagulation du sang autant à la Stimulation qu'à l'inhibition de la coagulation sanguine). Elle joue aussi un rôle dans la formation des os (Brahimi, 2001 ; Richards et al ., 2002 )(Tableau III).

*Tableau III:* Principaux nutriments présents au niveau des feuilles et des graines de coriandre

<i>Poids/volume</i>	<i>Feuilles de coriandre crues, 8 g (125 ml)</i>	<i>Feuilles de coriandre déshydratées, 1 g (5 ml)</i>	<i>Graines de coriandre, 2 g (5 ml)</i>
<i>Calories</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>5</i>
<i>Protéines</i>	<i>0,2 g</i>	<i>0,1 g</i>	<i>0,2 g</i>
<i>Glucides</i>	<i>0.3 g</i>	<i>0.3 g</i>	<i>1,0 g</i>
<i>Lipides</i>	<i>0,0 g</i>	<i>0,0 g</i>	<i>0,3 g</i>
<i>Fibres alimentaires</i>	<i>0,2 g</i>	<i>0,1 g</i>	<i>0,8 g</i>

(Santécanada, 2005)

**I.1.10. Les métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires sont, par définition, des composés organiques non indispensables à la croissance, au développement et à la reproduction d'un organisme. Ils dérivent néanmoins de voies de biosynthèse provenant du métabolisme primaire et sont constitués principalement



de trois grands groupes de composés : les alcaloïdes, les terpènes et les composés phénoliques (Karabourniotis et al ., 2014).

➤ **Polyphénols**

Les polyphénols ou composés phénoliques sont des molécules spécifiques du règne végétal. Cette appellation générique désigne un vaste ensemble de substances aux structures variées qu'il est difficile de définir simplement (Bruneton, 1993) Ils sont caractérisés par la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupement hydroxyle libre, ou engagé dans une autre fonction tels que : éther, ester et hétéroside (Bruneton , 1999 ;Lugasi et al ., 2005).

Les principales classes de composants phénoliques sont :

- Les acides phénoliques (acide caféique, acide hydrox cinnamique et acide chlorogénique),
- les flavonoïdes qui représentent plus de la moitié des polyphénols, les tanins, et les coumarines, Les polyphénols sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieurs : racine, tiges, feuilles, fleurs et fruits(*Boizot et al ., 2006*).

➤ **Alcaloïdes**

Les alcaloïdes figurent parmi les principes actifs les plus importants en pharmacologie et en médecine. Ce sont des substances organiques azotées, basiques ou amers et ayant des propriétés thérapeutiques ou toxiques .Ils ont des structures très diverses et dérivent de différents acides aminés ou de l'acide mévalonique en passant par différentes voies biosynthétiques. Ils existent sous forme de sels solubles (citrate, malate et benzoate) ou sous forme d'une combinaison avec les tanins(Judd, 2002).

➤ **Terpénoïdes**

Les terpénoïdes constituent la famille de produits naturels la plus diverse structurellement, stéréo chimiquement et fonctionnellement avec plus de 55 000 molécules identifiées à ce jour dans toutes les formes de vie, Chez les végétaux les terpénoïdes sont produits par tous les tissus végétatifs dont les racines mais aussi par les diverses pièces florales (Dudareva et al ., 2006).

## ***1.2. Notion de stress salin et influence sur les plantes***

### ***1.2.1. Généralités***

Plusieurs auteurs ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en (Na<sup>+</sup>), (Ca<sup>++</sup>), (Mg<sup>++</sup>) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (Asloum, 1990) (in Ben kaddour ,2014). Ce type de stress est essentiellement dû au NaCl en conditions naturelles, Il caractérise les zones arides et semi arides, surtout là où l'irrigation est pratiquée La salinité déclencherait un stress environnemental très significatif chez les plantes cultivées, et constitue un obstacle majeur sur la productivité agricole (Asloum, 1990) (in Ben kaddour , 2014).

### ***1.2.2. Définitions de la salinité***

Selon *Chaves, (2003)* la salinité peut être définie comme une accumulation excessive de sels dans les sols ou dans les eaux à un seuil pouvant avoir un impact sur les activités humaines et naturelles (plantes, animaux, écosystèmes aquatiques, approvisionnement en eau, ...). On distingue deux types de salinité, une salinité primaire où l'augmentation des sels est uniquement due à des processus naturels et une salinité secondaire ou induite où les augmentations ont eu lieu en raison des changements des pratiques d'utilisation des terres par les activités humaines.

On distingue deux types :

**a) Salinisation primaire** : La salinité primaire résulte de l'accumulation des sels dans le sol à travers un long processus naturel de dégradation des roches salines et des apports éoliens des sels des mers et océans (Munns et al., 2006).

**b) Salinisation secondaire** : résultant des activités humaines, notamment l'irrigation avec des eaux chargées de sels (Munns et al., 2006). Il s'agit d'une contamination du sol, par des apports extérieurs comme les eaux chargées de sels solubles (de la nappe phréatique salée ou de l'irrigation par des eaux plus ou moins salines) (Chaves et al., 2003).

La salinité est une contrainte en agriculture parce que la plus part des cultures sont peu tolérantes aux excès de sels. De plus la salinité est associée à l'eau qui est un important facteur d'augmentation des productions végétales. En effet, les 15% des terres irriguées dans le monde participent pour 1/3 dans la production totale mondiale (Chaves et al., 2003).

### ***1.2.3. Salinité et la plante***

Le stress salin comme beaucoup d'autre stress abiotique inhibe la croissance des plantes, les concentrations élevées de sel causent un déséquilibre des ions (Zhu, 2001).

La tolérance au sel n'est pas constante pour une même espèce ou variété. Elle peut changer en fonction de l'âge physiologique ou du stade végétatif de la plante (Bennabi, 2005).

### ***1.2.4. Effet de la salinité sur la morphologie des plantes***

La salinité affecte toute la plante mais elle freine davantage la croissance des parties aériennes que celle des racines.

- ***Effet de la salinité sur les racines*** : les racines sont les premières à réagir. l'excès de sel dans l'environnement racinaire donne naissance à des plantes naines. La masse racinaire est moins affectée par la salinité que les limbes, les tiges et les pétioles (Saadollaet al., 2005 ).
- ***Effet de la salinité sur les tiges***: La longueur des tiges est réduite par l'excès de sel dans le sol (Saadollah et al., 2005 ).
- ***Effet de la salinité sur les feuilles***: Des concentrations élevées de sel tels que le  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  et les bicarbonates provoquent des nécroses sur les feuilles, des décolorations et la réduction de la chlorophylle (Saadollahet al., 2005 ).

### ***1.2.5. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante***

La première difficulté d'une plante en milieu salin est d'assurer son apport en eau. Pour cela, il faut que la plante puisse ajuster la pression osmotique de ses tissus par rapport à la pression osmotique du sol. Ce phénomène nommé l'épictése, permet donc à la plante d'assurer une hypertonie constante (Heller, 2004). Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence. Dans les conditions de concentration de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez l'halophyte alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (Luet et al., 2002) (in Parida et Das, 2005 ).

### ***1.2.6 Effet de la salinité sur la germination***

Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre plus sensible que les autres stades (Said et al., 2011).

Selon Rejili *et al.*, (2006), les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination.

### ***1.2.7. Effet de la salinité sur la croissance et le développement***

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire et cette expansion s'arrête si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne (Meloniet al., 2001).

### ***1.2.8. Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante***

Dans des conditions salines, il y a un changement dans l'expression des gènes et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la protéosynthèse (Alem et Amri, 2005).

Le stress salin induit une perturbation de la composition lipidique et protéique au niveau de la membrane cellulaire, affectant ainsi sa stabilité (Alem et Amri, 2005).

Chez diverses espèces, plus ou moins résistantes, on a observé une augmentation des sucres totaux résultant d'un blocage de la glycolyse ou du saccharose provenant d'une forte hydrolyse de l'amidon (Asloum, 1990).

Selon *Hadjadj (2009)*, l'accumulation des Sucres solubles est importante dans les feuilles des plantes stressées. D'autre part, signalent que la proline est l'acide aminé le plus caractérisé des plantes soumises au stress salin. L'importance de la proline comme indicateur aux agressions semble jouer un rôle dans la protection des membranes et des systèmes enzymatiques. Ainsi qu'un régulateur du pH.

### ***1.2.9. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante***

Si la concentration en sel excède le niveau de tolérance de la plante, des perturbations fonctionnelles apparaissent au niveau de la photosynthèse, par effet du sel dans le stroma des chloroplastes qui perturbe le transport des électrons. Par conséquent, la glycolyse et le cycle de Krebs sont aussi affectés. De même que l'acquisition de nutriments minéraux, comme le potassium, les nitrates ou le calcium est également réduite (Alem et Amri., 2005).

### ***1.2.10. L'Effet de la salinité sur la pression osmotique***

Plus la salinité augmente et plus la pression osmotique de la solution du sol sera élevée Sur les plantes, la salinité à deux actions bien distinctes qui peuvent se produire simultanément :

- La sécheresse physiologique qui inhibe l'absorption de l'eau et de sels par les plantes et qui entraîne un retard ou un arrêt de croissance(Hopkins, 2003).

L'intoxication par la concentration de certains ions provoquant la mort des cellules, la modification des chloroplastes et des mitochondries des feuilles. Les effets toxiques peuvent se produire sur la membrane plasmique ou dans le protoplaste après avoir traversé celle-ci, notamment le Cl<sup>-</sup> et Na<sup>+</sup>(Alem et Amri, 2005).

### ***1.2.11. Effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques***

L'effet de la salinité sur la photosynthèse, dépend de la concentration des sels de l'espèce, de réduction de l'assimilation de CO<sub>2</sub> par des réductions de surface foliaires (Omami, 2005), conductibilité des stomates, efficacité des enzymes photosynthétiques et le bon fonctionnement de photosystèmes (Parida et Das , 2005).

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber sous l'effet du stress salin (Agastianet al., 2000).

Cependant, Wang et Nil (2000) ont rapporté que la *chlorophyllea* augmente sous les conditions de salinité, la *chlorophylleb* et les *caroténoïdes* diminuent significativement sous le stress salin, mais. Les pigments anthocyaniques augmentent significativement dans ce cas(Parida et Das, 2005).

### *I.2.12. Mode d'adaptation des plantes à l'excès de sel*

Quand des plantes sont exposées à des concentrations élevées du sel, elles peuvent développer divers mécanismes pour leur survie :

- **Morphologiquement** par épaissement de la cuticule, diminution du nombre de stomates ou développement de grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl.
- **Physiologiquement** par compartimentation vacuolaire, répartition et accumulation des ions dans la plante, accumulation de solutés organiques (osmorécepteur)

Par ailleurs, il a été reporté dans plusieurs études que le peroxyde d'hydrogène s'accumule lors de stress salin, dans ce type de stress environnementaux, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> jouerait le rôle de molécule signal de la réponse.

En effet, l'exposition des plantes au stress salin mène à une accumulation des composants contenant de l'azote, comme les acides aminés, protéines, polyamines et leurs accumulations corrélées avec la tolérance de la plante à la salinité (Ben Naceur et al., 2001).

L'accumulation de la proline est une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement. La proline joue un rôle clé dans la régulation osmotique chez les plantes soumises aux stress hyper osmotiques, principalement la sécheresse et le stress salin. La proline agit comme chaperon moléculaire en protégeant l'intégrité de la protéine et accroître ainsi les activités de nombreuses enzymes (Sannada et al., 1995 ; Belkhodja et Benkabilia, 2000).

L'adaptation de la cellule végétale à la forte salinité implique l'ajustement osmotique et la compartimentation des ions toxiques. Un nombre croissant de preuves suggère que la forte salinité induit également la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) et un stress oxydatif. Le taux réduit de photosynthèse augmente la formation des ROS, et augmente l'activité des enzymes qui détoxifient ces espèces (Logan, 2005).

Pour faire face à ce stress associé à la salinité et à divers autres stress environnementaux, Les cellules végétales ont développé une gamme complète de défense antioxydante pour limiter les effets néfastes des espèces réactives de l'oxygène (ROS).

### ***1.2.13. Formation des ROS chez les végétaux***

Les ROS sont un groupe de radicaux libres, des molécules réactives et d'ions dérivés à partir d'O<sub>2</sub>. Il a été estimé qu'environ 1% de l'O<sub>2</sub> consommé par les plantes est dévié pour produire des ROS dans différents compartiments subcellulaire, comme les chloroplastes, les mitochondries et les peroxysomes (Gill and Tuteja, 2010).

La tolérance au stress salin a souvent été associée au stress oxydatif, puisque l'une des conséquences de l'exposition à la salinité est la production des ROS, tels que les radicaux superoxydes ( $\bullet\text{O}_2^-$ ), le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) et des radicaux hydroxyles ( $\bullet\text{OH}$ ) (Asada, 2006).

#### ***Dans quelles conditions les ROS sont-elles produites ?***

En général la production des ROS est fortement augmentée lorsqu'il y a trop de lumière par rapport à la capacité de transport des électrons photosynthétiques (surexcitation des photosystèmes).

L'enzyme Rubisco peut réagir avec l'O<sub>2</sub> plutôt que le CO<sub>2</sub>. Le produit de l'oxygénation (phosphoglycolate) est exporté dans les peroxysomes et impliqué dans des réactions qui entraînent la production de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Parmi les causes on peut citer :

- La lumière en excès:
- Sécheresse et salinité : la fermeture des stomates baisse la concentration de CO<sub>2</sub> et donc le transport des électrons.
- Froid: limite la mobilité de la plastoquinone à cause de la baisse de fluidité de la membrane et baisse la vitesse de réaction des enzymes de la phase obscure.
- Pollution: Métaux lourds et pollution atmosphérique augmentent la production des ROS.

## ***MATERIEL ET METHODES***



### *Objectifs de l'étude*

La présente étude a pour objectif de déterminer, l'effet du stress salin induit par les différentes concentrations de NaCl sur la variation des teneurs des antis oxydants. Notre étude a duré quatre mois à partir du 14/02/2019. Les différentes expérimentations ont été effectuées dans les structures suivantes :

- La serre de biotechnologie végétale pour la réalisation de la culture de la coriandre au niveau de département d'agronomie Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Blida-1
- Laboratoire de Nutrition au niveau de département des biotechnologies Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Blida 1 pour les mesures des paramètres morphologiques et le dosage des paramètres physiologiques (proline, sucres solubles et chlorophylles) ainsi que la détermination du potentiel antioxydant par la réalisation des tests (DPPH et FRAP).



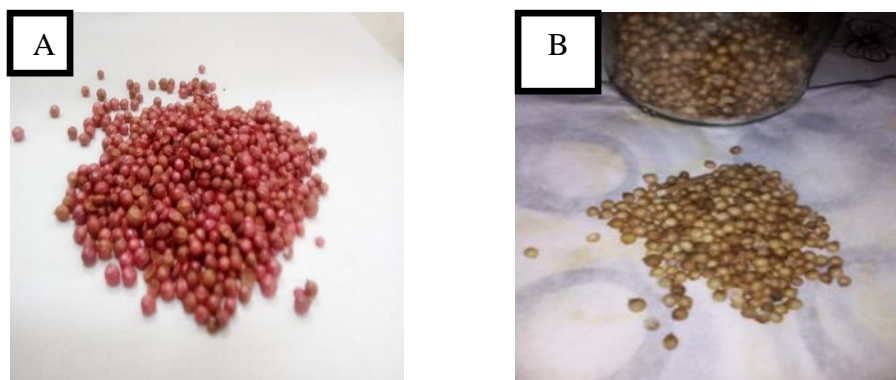
*Figure 04 : Serre expérimentale du laboratoire de biotechnologie végétale*

## II.1 .Matériel

L'appareillage, la verrerie et accessoires, en plus des réactifs et produits chimiques divers sont mentionnés en annexe I.

### II.1.1. Matériel végétal et conduite de la culture

Le matériel végétal est constitué de graines de coriandre traitées fournies par l'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles (ITCMI) de Staoueli wilaya d'Alger (Algérie) (fig05 A). Et des graines non traitées provenant de la pépinière : ELFERTAS au niveau de la wilaya de Blida, région de Bouinan (Algérie) (fig.05 B).



**Figure 05 : (A) Graines de coriandre récupérées d'ITCMI, (B) Graines de coriandre provenant de la pépinière El FARTAS région de Bouinan-Blida**

## II.2. Méthodes

### II.2.1. Dispositif expérimental

Les graines ont été mises à germer dans des alvéoles le **14 /02 /2019** dans une serre à aération latérale et où les températures maximales oscillent entre 11 et 21°C, et les températures minimales variaient entre 04 et 10 °C durant la période de plantation.

L'irrigation a été faite avec l'eau du robinet selon les besoins jusqu'au stade de levée, c'est à dire jusqu'à l'apparition de deux à quatre feuilles (**Fig.06**).



*Figure 06: Dispositif de germination des graines dans les alvéoles*

## **II.2.2. Préparation du matériel de culture**

### **II.2.2 .1. Préparation du substrat de culture**

Le substrat de culture utilisé est un substrat composé d'un mélange de 70% de tourbe et 30% de terreau. Avant son utilisation, ce mélange a subi une opération de purification selon les étapes suivantes :

- Un tamisage approprié afin de supprimer les différents débris et déchets dans le but d'obtenir un sol propre.
- Le sol est ensuite étendu à l'air libre pour subir un séchage naturel, ainsi on obtient un support inerte à la plante (*Fig. 08 annexe II*).

### **II. 2.2.2. Préparation des pots et remplissage des pots**

Des pots en plastiques a capacité de 5 Kg de 23 cm de diamètre et de 13.8 cm de hauteur sont remplis par une quantité de 3 Kg de mélange sol et terreau naturel (2 volume de tourbe +1/2 volume de terreau). Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat.

L'expérimentation a été conduite selon un dispositif expérimental aléatoire à quatre traitements et le témoin.

### **II.2.2.3 .Semis**

Avant leur mise en pots, les plantules choisies devant être saines, ont été sélectionnées selon leur taille (3 cm) , leur forme et leur couleur.

- Le semis a été effectué manuellement à raison de cinq à six plantules par pot à une profondeur ne dépassant pas 5 cm. Les plantules sont bien couvertes et tassées afin de favoriser un meilleur contact sol-racines (*Fig. 09 annexe II*).

#### II.2.2.4. Préparation de la solution saline

Au cours de l'étude 4 solutions salines ont été préparées contenant de l'eau de robinet et le chlorure de sodium NaCl, dont les proportions sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau IV : composition des solutions salines

solutions	Concentration	
	Chlorure de sodium NaCl	
	g.l-1	mM.l-1
S1	0.5	8,55
S2	2	34,22
S3	5	85,55
S4	8	136,86

#### II.2.2.5. Application de l'essai

La disposition des cinq traitements a été faite d'une manière régulière. Après 35 jours, les plantules ont été soumises à quatre traitements différents comparés au témoin (*Fig.10 annexe II*).

- Traitement 01 : (T<sub>0</sub>) les plantes témoin arrosées seulement par l'eau de robinet
- Traitement 02 : (T<sub>1</sub>) bloc des plantes arrosées avec une solution saline de 0.5g/l de NaCl.
- Traitement 03 : (T<sub>2</sub>) bloc des plantes arrosées avec une solution saline de 2g/l de NaCl.
- Traitement 04 : (T<sub>3</sub>) bloc des plantes arrosées avec une solution saline de 5g/l de NaCl.
- Traitement 05 : (T<sub>4</sub>) bloc des plantes arrosées avec une solution saline de 8g/l de NaCl.

### II.2.3. Prélèvement et préparation des échantillons

Les échantillons que nous avons récoltés en vue des dosages sont sélectionnés respectivement après la provocation d'un stress salin (Fig. 11 annexe II).

#### ✓ Récolte

La récolte de la partie aérienne de la plante de (*Coriandrum sativum L.*) a été effectuée au mois de Mai, au niveau de la serre expérimentale de biotechnologie végétale à l'université de Blida-1.

#### ✓ Séchage

L'échantillon a été bien nettoyé et débarrassé de toutes les impuretés avec de l'eau, ensuite, il a été séché dans une étuve à 45°C ventilée jusqu'à séchage complet pendant 72h.

#### ✓ Broyage

La plante sèche est broyée à l'aide d'un mortier, puis tamisée afin d'obtenir une poudre fine, cette dernière a été récupérée et conservée dans des boîtes de Pétri à température ambiante à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation.

### II.2.4. Paramètres étudiés

Afin de déterminer l'effet des différents traitements de NaCl comparés au témoin sur la coriandre, des paramètres biométriques (croissance et biomasse fraîche et sèche de la tige et de la racine) et les paramètres physiologique (dosage des chlorophylles a, b et c, des sucres solubles et la proline) ont été effectués au stade végétatif.

#### II.2.4.1. Paramètre morphologiques

- Avant prélèvement du matériel végétal nous avons mesuré la hauteur de la tige (**HTD**) en centimètres (cm) à l'aide d'une règle graduée pour les quatre traitements comparés au témoin.
- Détermination de la surface foliaire
- Détermination de la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne ont été effectuées au stade végétatif.

### II.2.4.2. Paramètres physiologiques

#### A. Teneur en eau

La teneur en eau (T.E) est calculée par différence entre le poids de matière fraîche (M.F) de l'échantillon et son poids de matière sèche (M.S), après passage à l'étuve pendant 48 h à 45°C. Les échantillons ont été pesés, à des intervalles de temps réguliers, jusqu'à obtention d'un poids constant.

$$TE (\%) = [(MF - MS) / MF] \times 100$$

#### B. Tests du screening phytochimique

Le but de ces tests qualitatifs est de connaître la composition en métabolites secondaires des échantillons issus des quatre traitements testés comparés au témoin. Ils sont effectués, soit sur la poudre du broyat, soit sur l'infusé (*Fig. 12 annexe II*).

Le screening phytochimique est le résultat des réactions de colorations ou de précipitations. Les réactions du screening phytochimique que nous avons effectués ont été décrites par BOUYER, 1996. Pour la préparation de l'infusion un échantillon de 10 g de poudre végétale de chaque traitement et du témoin est mis dans cinq flacons différents. Au niveau de ces derniers sont ajoutés 100 ml d'eau distillée bouillante, laissés infuser pendant 10 minutes, puis filtrer. Les filtrats sont ajustés à 100 ml avec l'eau distillée (*BOUYER, 1996*) (*Fig.14 annexe II*).

- **Flavonoïdes**

Dans cinq tubes à essai différents sont mis 5 ml de l'infusé de chaque traitement et le témoin. Ces derniers sont additionnés à 5 ml d'HCl, un copeau de Mg et 1 ml d'alcool isoamylique. La réaction des flavanols, flavanones et flavones par le magnésium métallique donne une couleur rouge orangée. Ce qui indique la présence de flavonoïdes (*BOUYER, 1996*).

- **Tannins catéchiques**

Dans cinq tubes à essai différents sont introduits 5 ml de l'infusé de chaque traitement et le témoin, ensuite quelques gouttes de la solution FeCl<sub>3</sub> à 5% sont ajoutées. L'apparition d'une couleur bleue noire indique la présence des tannins catéchiques (*BOUYER, 1996*).

- *Tannins galliques*

Dans cinq tubes á essai différents sont mis 5 ml de l'infusé de chaque traitement et le témoin, 2 g d'acétate de sodium et quelques gouttes de FeCl<sub>3</sub>. L'apparition d'une couleur bleue noire indique la présence des tannins galliques (BOUYER, 1996).

### C. Teneur en chlorophylles

Les chlorophylles (Chl a, Chl b et Chl c) ont été dosées selon les deux stades phénologiques de la plante (végétatif, floraison), sur les feuilles médianes de la coriandre, en utilisant trois répétitions pour chaque traitement et le témoin (FRANCIS *et al.*, 1970)(Fig.15 annexe II).

La méthode d'extraction consiste á une macération des feuilles (0,1 g) dans 10ml d'un mélange de l'acétone et de l'éthanol (75% et 25%) de volume (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans des tubes á essai couverts de papier aluminium pour éviter l'oxydation des chlorophylles par la lumière. après filtration du mélange une lecture des Densités Optiques (DO) des solutions réalisées par spectrophotomètre á trois longueurs d'ondes : (645, 663 et 470 nm) a été faite 48heures plus tard .La détermination des teneurs des chlorophylles à, b et c a été calculée selon les formules

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/g MF}) = 12,7 \times \text{DO (663)} - 2,59 \times \text{DO (645)} \times V / (1000 \times W).$$

$$\text{Chl b } (\mu\text{g/g MF}) = 22,9 \times \text{DO (645)} - 4,68 \times \text{DO (663)} \times V / 1000 \times W.$$

$$\text{Chl c } (\mu\text{g/g MF}) = 1000 \text{ DO (470)} - [1,82 \text{ Chl a} - 85,02 \text{ Chl b}] / 100.$$

**Où :**

**V :** Volume de la solution extraite

**W :** Poids de matière fraiche de l'échantillon

**Chl :** chlorophylle

**DO :** Densité Optique.

#### ***D. Teneur en proline libre des feuilles***

La méthode utilisée est celle de Trolls et Lindsley (1955) simplifiée par *Rascio et al.* (1987). Cette méthode consiste à placer des échantillons de 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant 2 ml de méthanol à 40%. L'ensemble est porté à 85°C dans un bain marie pendant une heure (les tubes sont recouverts de papier aluminium afin d'éviter la vaporisation de l'alcool). Après refroidissement, on prélève 1ml de l'extrait au quel on ajoute 1ml d'acide acétique, 25 mg de ninhydrine et 1 ml de mélange (120 ml d'eau distillée + 300 ml d'acide acétique + 80 ml d'acide orthophosphorique de densité 1,7). La solution obtenue est portée à ébullition pendant 30mn. La couleur vire au rouge, on refroidit et on ajoute 5 ml de toluène. Deux phases se séparent : la phase supérieure contient la proline et la phase inférieure sans proline. Après avoir récupéré, la phase supérieure (colorée en rouge), on ajoute du NaSO<sub>4</sub> à l'aide d'une spatule afin d'éliminer l'eau qu'elle contient. La dernière étape consiste à mesurer la densité optique au spectrophotomètre à une longueur d'ondes de 528 nm. (**Fig. 16 annexe II**)

La teneur de la proline a été déterminée selon la formule suivante :

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO (528)} \times 0,62.$$

#### ***E. Détermination de la teneur en sucres solubles des feuilles***

Le dosage des sucres solubles a été réalisé suivant les deux stades phénologiques de la plante au niveau des feuilles médianes de la coriandre en utilisant trois répétitions pour chaque traitement et le témoin. L'extraction des sucres solubles a été effectuée selon la méthode de (*DUBOIS et GILLET, 1965*) (**Fig. 17 annexe II**).

Dans des tubes à essai nous avons mis 100 mg de matière fraîche végétale, à laquelle a été ajoutée 2ml d'éthanol à 80%. Les tubes fermés sont laissés au repos pendant 48 heures. Ensuite ils sont mis au bain- marie à 70°C pour faire évaporer l'alcool au niveau des tiges .

Après refroidissement, dans chaque tube à essai ont été ajoutés 20 ml d'eau distillée. Puis 1 ml de la solution de chaque tube a été prélevé et mis dans de nouveaux tubes et à lequel a été ajoutés 1 ml de phénol à 5% et bien agiter. Ensuite 5 ml d'acide sulfurique concentré ont été ajoutés dans chaque tube et passés au vortex. Les tubes à essai ont été laissés au repos pendant 10 minutes. Ensuite mis au bain- marie pendant 15 à 30 minutes.



La lecture des Densités Optiques (DO) des solutions a été réalisée par spectrophotomètre à une longueur d'onde de 490 nm. La détermination de la teneur des sucres solubles est calculée selon la formule de *DUBOIS et GILLET (1965)*.

$$\text{Sucre soluble } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO (490)} \times 1,657$$

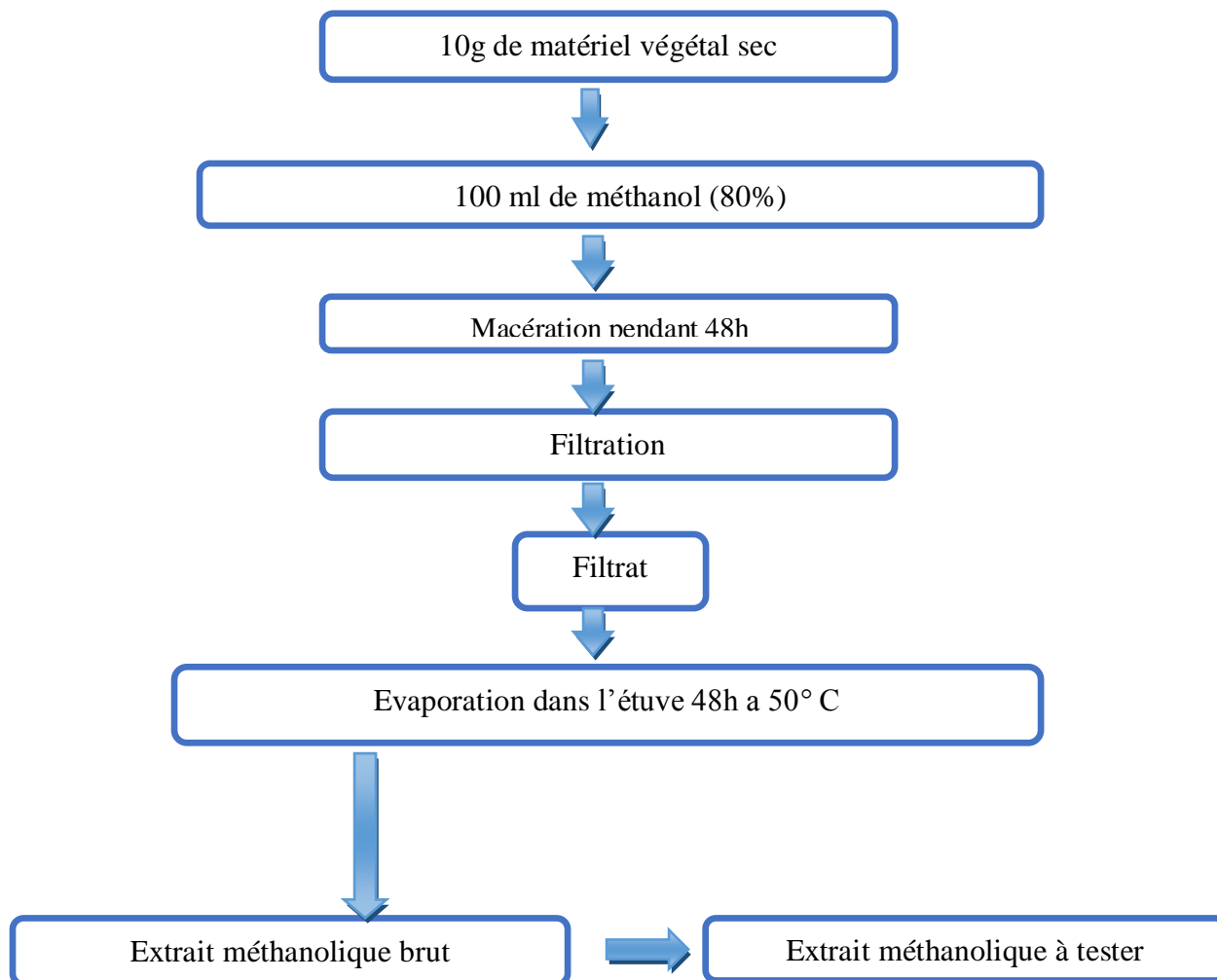
### ***II.2.5. Détermination du pouvoir antioxydant***

L'activité antioxydante a été évaluée en testant l'activité scavenging du radical *DPPH* et le pouvoir réducteur des extraits par le test *FRAP*.

#### ***II.2.5.1. Préparation des extraits***

- La méthode d'extraction suivie dans notre étude est l'extraction par macération effectué Selon le protocole de *Chiang et al (1994)*(Fig. 13 annexe II).

Le principe de cette Méthode est basé sur l'extraction sélective liquide-solide des composés phénoliques en Utilisant un seul solvant : méthanol selon le protocole suivant :



**Figure 18 : Protocole d'extraction (Chiang et al., 1994)**

Après l'extraction deux phases pour chaque plante ont été obtenues. Le taux d'extraction de chaque extrait sec a été calculé suivant la formule ci-dessous :

$$\text{Taux d'extraction} = [(P - P_0) / \text{poids de poudre}] \times 100$$

**Où :**

**$P_0$**  : poids vide de la boîte de Pétri.

**$P$**  : poids après évaporation du solvant

### II.2.5.2. Activité antiradicalaire du DPPH (test de DPPH)

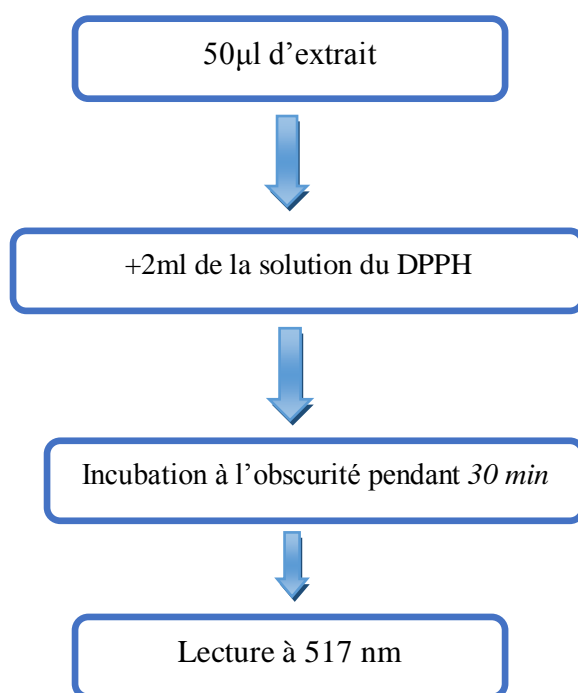
- *Principe*

Le test au 2,2-diphényl-2-picryl-hydrazyle (DPPH.), permet de mesurer le pouvoir réducteur par le calcul de pourcentage d'inhibition des substances antioxydants contenues dans un extrait. Le DPPH est un radical libre de couleur violette qui devient jaune quand il est réduit par un donneur de proton H<sup>+</sup>.



Où AH est un composé capable de céder un H<sup>+</sup> au radical DPPH. Cette capacité de réduction est déterminée par une diminution de l'absorbance induite par des substances anti radicalaires (Molyneux, 2004).

La méthode utilisée est celle de Brand-Williams et *al.* (1995). La solution de DPPH est préparée par solubilisation de 4mg de DPPH dans 100ml de méthanol.(Fig.19 )(Fig. 20 annexe II



**Figure 19 : Protocole de DPPH.** (Brand et al., 1995).

Le pouvoir d'inhibition est exprimé en % et pour le déterminé en appliquant la formule suivante :

$$\% \text{ d'inhibition} = (\text{Do blanc} - \text{Do échantillon} / \text{Do blanc}) \times 100$$

Ou :

Do blanc : absorbance du blanc (DPPH dans le méthanol)

### II.2.5.3. Réduction du chlorure ferrique (test FRAP)

Cette méthode est basée sur la capacité des composés réducteurs, à réduire le fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) du ferrocyanure de potassium pour donner du fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ). (Figure 20)

La réaction est révélée par le virement de la couleur jaune de ( $\text{Fe}^{3+}$ ) en couleur bleu vert de ( $\text{Fe}^{2+}$ ), l'absorbance est mesurée à 700 nm (Oyaizu, 1986) .Une augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des extraits testés (Hubert., 2006).

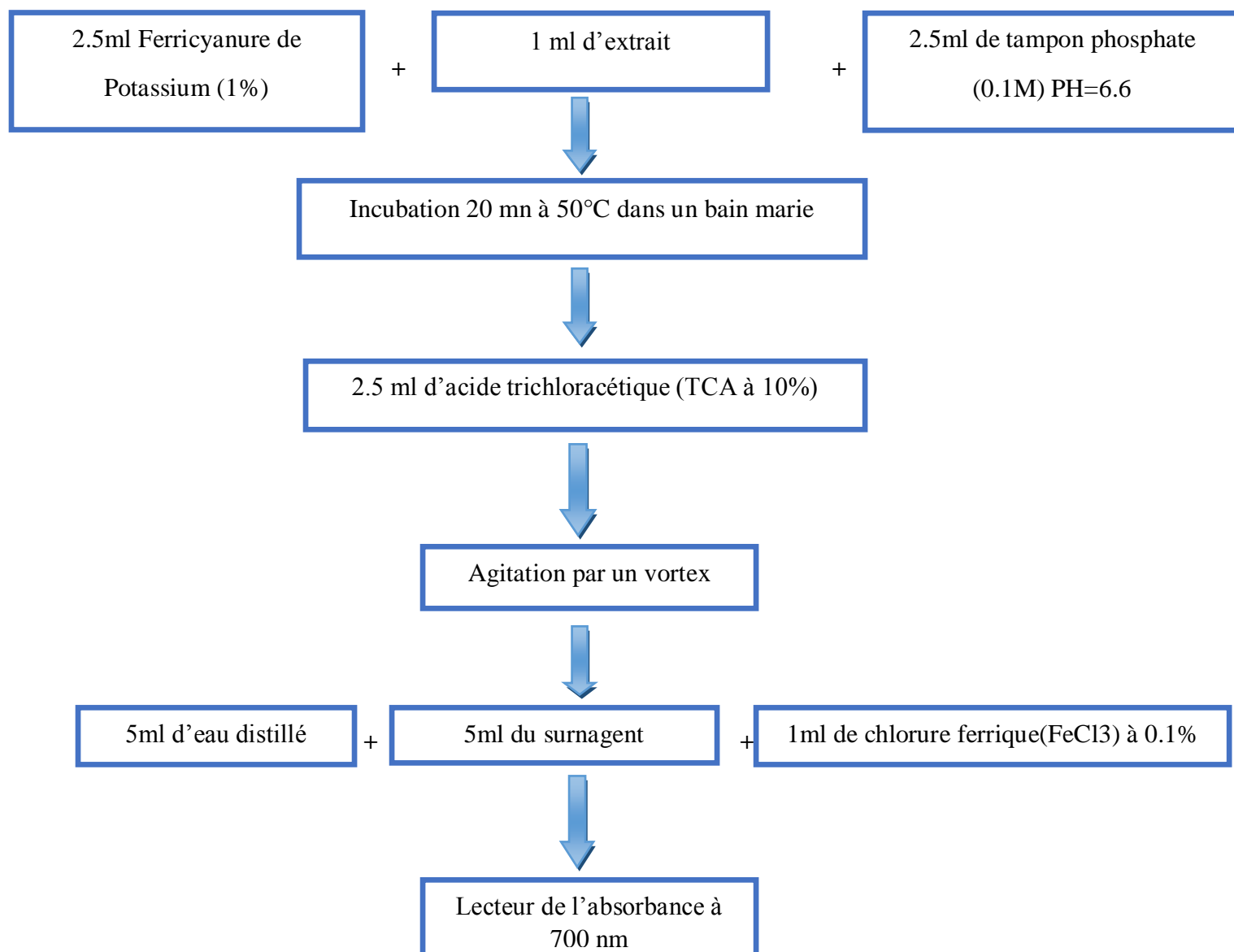


Figure n°20 : Protocole d'évaluation du pouvoir réducteur (Elmastas et al ., 2007)

***II.6. Analyse statistique***

Les résultats sont exprimés sous forme de moyenne (M) calculée sur la moyenne de quatre répétitions pour tous les paramètres mesurés :

- Contenu chlorophylles
- Contenu en proline et sucre soluble
- Le taux d'inhibition du radical DPPH
- L'absorbance du test FRAP

Les données expérimentales sont présentées sous forme de tableaux et d'histogrammes

Les analyses de variances sont effectuées à l'aide du logiciel Ri 683 3.6.0 de Gimmersoft.

L'Excel de Microsoft office 2010 est aussi utilisé pour quelques calculs comme l'estimation des Taux d'inhibition des extraits à partir de courbes de régressions du taux d'inhibition du DPPH et FRAP en fonction de la concentration de l'échantillon mis en réaction.



## ***RESULTAS ET DISCUSSION***

### III. Résultats

Au terme de cette étude, nous analysons dans ce chapitre les résultats des paramètres mesurés qui se résument dans les paramètres morfo-physiologiques, biochimiques et le potentiel antioxydant (test DPPH et FRAP) des extraits éthanoliques de *C.sativum L.* soumise à un stress salin.

A noter que durant l'expérimentation on a eu certains obstacles parmi eux :

- Augmentation brusque des températures.
- Certaines plantes n'étaient pas assez développées (germination tardive) d'où une faible biomasse obtenus.
- Quelques graines n'ont pas germées (environ 20%)

#### III.1. Effet du stress salin sur les paramètres Morpho-physiologiques et biochimiques

##### III. 1.1.Parametres Morphologiques

La variation des hauteurs de la partie aérienne (PA), chez la coriandre pour les quatre traitements (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub>) comparés au témoin est représentée dans la (Fig.22).

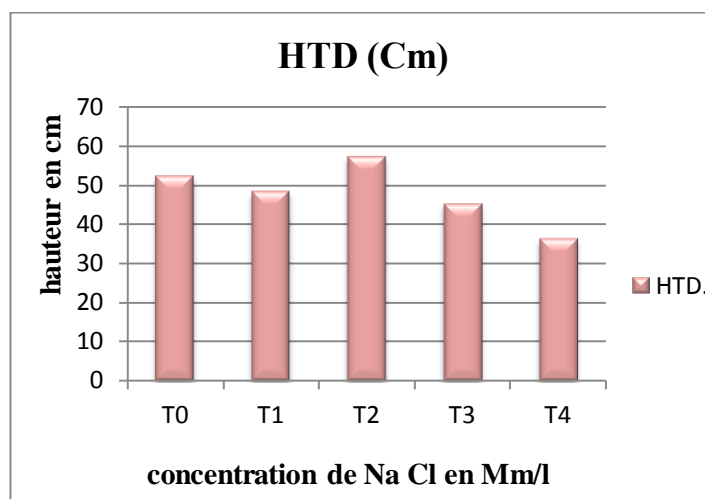


Figure 22: Effet du stress salin sur la hauteur de la tige dominante

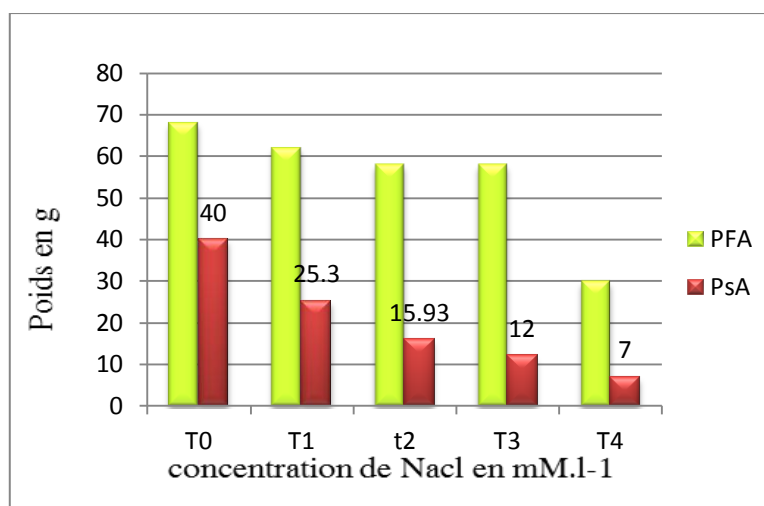
Le stress salin a entraîné une diminution significative de HTD de la partie aérienne au niveau des quatre traitements (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub>) comparés au témoin Effectivement, le taux de réduction le plus élevé est obtenue au traitement T<sub>4</sub> (136,89mM.l<sup>-1</sup>) avec 30,57%.Cependant, le taux de réduction le plus faible correspondent au traitement T<sub>1</sub> (8,55 mM.l<sup>-1</sup>) avec 7,65%.



Cette réduction est d'autant plus importante que la contrainte saline est plus sévère. Sauf le cas de  $T_2$  ( $34,22\text{mM.l}^{-1}$ ) ou la *HTD* enregistre une hauteur plus au moins élevée (57,22cm) par rapport au témoin.

En outre, l'observation à l'œil nu, nous a permis de constater au niveau des plantes à une concentration  $T_4$  un certain, nombre de feuilles jaunies au stade de floraison et d'autres tachetées par des taches jaunes au niveau des plantes stressées. On a également observé une diminution au niveau de la surface foliaire remarquable chez les échantillons  $T_4$  traité par une concentration de  $136,89\text{ mM.l}^{-1}$  de NaCl.

Les valeurs des mesures de la biomasse fraîche et sèche de la parties aérienne de la coriandre soumise à un stress salin à différentes concentrations sont regroupées dans la (Fig. 23).



**Figure 23 : Effet du stress salin sur la biomasse de la partie aérienne de *C.sativum L.***

D'après les résultats obtenus, nous avons remarqué que, la réduction du poids frais et de la biomasse sèche des parties aériennes de la coriandre est proportionnelle à la concentration en NaCl pour les quatre traitements  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  et  $T_4$  comparés au témoin. Ainsi le taux de réduction le plus élevé de la biomasses fraîche et sèche de la partie aérienne enregistrés au niveau du traitement  $T_4$  ( $136,89\text{ mM.l}^{-1}$ ) avec un taux de réduction de (55,88%) et (82,5%) respectivement. Les taux de réduction les plus faibles ont été obtenus au traitement  $T_1$  ( $85,55\text{ mM.l}^{-1}$ ) avec un taux de réduction de (8,82%) par rapport à la partie aérienne et (36,75 %) par rapport à la partie souterraine.

**III.1.2. Physiologiques****III.1.2.1. Effet de stress salin sur la teneur relative en eau**

Les résultats concernant les teneurs en eau sont reportés sur le *tableau VI*, représentant les pourcentages de la teneur en eau de la partie aérienne (feuilles, tiges) des plantes stressées par les différents traitements comparés au témoin. On remarque que la teneur en eau des feuilles est irrégulière et il n'y a pas de grandes fluctuations.

*Tableau VI: Effet du NaCl sur la teneur relative en eau de la partie aérienne de la coriandre*

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4
Taux d'humidité (%)	11,28	9,20	9,12	8,08	6,04

D'après le (*Tableau VI*) nous remarquons que TRE de la partie aérienne (tiges, feuilles) de *Coriandrum sativum* L. soumise à une contrainte saline est de l'ordre de 11,28% pour le témoin T<sub>0</sub>, 9,20% pour le traitement T<sub>1</sub>, 9,12% pour le traitement T<sub>2</sub>, 8,08% pour le traitement T<sub>3</sub> et 6,04 pour le traitement T<sub>4</sub>.

D'après ces résultats nous remarquons que le stress salin a un effet sur le taux d'humidité des échantillons étudiés. En plus ces valeurs apparaissent nettement inférieure à 12%. Ce qui indique que ces dernières répondent aux normes (ISO 662,1998), et prouve que le matériel végétal est bien séché et conservé dans de bonnes conditions. Ce qui pourrait rendre les résultats des analyses phytochimiques fiables.

**III.1.2.2. Résultats du screening phytochimique**

Le screening phytochimique effectué, sur l'infusé de la poudre végétale pour les quatre traitements comparés au témoin, nous a permis d'obtenir les résultats consignés dans le (*Tableau VII*).

D'après le (*Tableau VII*) nous constatons que les tests préliminaires qualitatifs, réalisés sur la partie aérienne de la coriandre (tiges et feuilles) des quatre traitements comparés au témoin, nous ont permis de mettre en évidence la présence de flavonoïdes, de tannins galliques, de tannins catéchiques.

Tableau VII : Résultats des différentes réactions du screening phytochimique de la partie aérienne de la coriandre soumise à un stress salin.

<i>Phytoconstituants</i>	<i>traitements</i>	<i>Résultats de réaction</i>	<i>Etats</i>
<i>Flavonoïde</i>	<i>T<sub>0</sub></i>	<i>Couleur rouge</i>	<i>Présence</i>
	<i>T<sub>1</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>2</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>3</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>4</sub></i>		<i>Présence</i>
<i>Tannins gallique</i>	<i>T<sub>0</sub></i>	<i>Bleu noire</i>	<i>Présence</i>
	<i>T<sub>1</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>2</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>3</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>4</sub></i>		<i>Présence</i>
<i>Tannins catechique</i>	<i>T<sub>0</sub></i>	<i>Bleu vert</i>	<i>Présence</i>
	<i>T<sub>1</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>2</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>3</sub></i>		<i>Présence</i>
	<i>T<sub>4</sub></i>		<i>Présence</i>

T<sub>0</sub> : Témoin, T<sub>1</sub> : traitement 1, T<sub>2</sub> : traitement 2, T<sub>3</sub> : traitement 3, T<sub>4</sub> : traitement 4

### III.1.2.3. Effet de la salinité sur la teneur en chlorophylle

Les résultats concernant les teneurs en chlorophylles sont illustrées sur les (figures 24, 25, 26) on remarque une différence significative ( $P < 0,05$ ) dans toutes les accessions étudiées (chlorophylles a, b et c) les deux stades phénologique répondant au stress salin.

Pour la *chlorophylle (a)*, le témoin enregistre la teneur la plus faible dans les stades végétatifs et floraison, comparativement aux teneurs en chlorophylles dosées pour les autres concentrations (8,55/34,22/85,55 et 136,89 mM.l<sup>-1</sup>) successivement ou les taux d'augmentation est de l'ordre de (120,58/260,78/170,58 et 580,22%) pour le stade végétatif, (152,80/107,88/116,85 et 238,20%) pour le stade floraison, cette réponse est variable, en fonction de l'intensité du stress. En outre, les taux de réductions les plus élevés de la *chlorophylle b* qui sont l'opposés du témoin sont de (37,45%) pour le stade végétatif enregistré à une concentration T<sub>2</sub> (34, 22 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl) et (83,59%) pour le stade floraison notées chez une concentration T<sub>3</sub> (85,55 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl). Les taux de réduction les plus faibles sont enregistrés au niveau de traitements T<sub>3</sub> (85,55 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl) avec un taux de réductions de (6,86%) pour le stade végétatif et (38,93%) à une concentration T<sub>1</sub> (8,55 mM.l<sup>-1</sup>) pour le stade floraison.

Par ailleurs, pour la *chlorophylle c* dans les deux stades (végétatif et floraison), les échantillons T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> subissent une diminution significative par rapport au témoin, T<sub>0</sub> (136,89 mM.l<sup>-1</sup>) ou il enregistre le taux de réductions le plus élevé avec (85,69%) pour le stade végétatif et T<sub>3</sub> (85,55mM.l<sup>-1</sup>) avec (79,46%) pour le stade floraison. Les taux de réductions les plus faibles sont (70,06%) et (39,55) enregistrés dans des concentrations T<sub>2</sub>(34,22 mM.l<sup>-1</sup>) et T<sub>1</sub> (8,55 mM.l<sup>-1</sup>) respectivement.

En effet cette diminution est d'autant plus marquée avec l'augmentation des concentrations saline. Par conséquent le stress salin a engendré une fluctuation de l'activité photosynthétique des plantes.

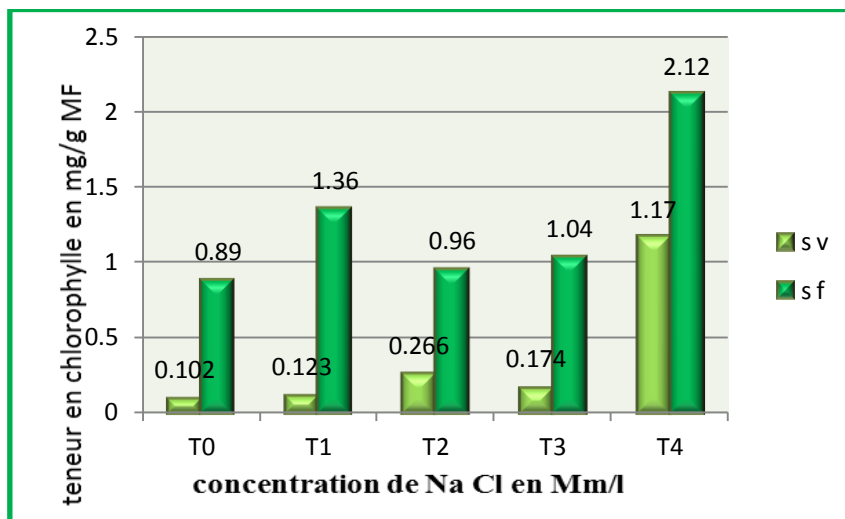


Figure n°24 Teneur en chlorophylle a

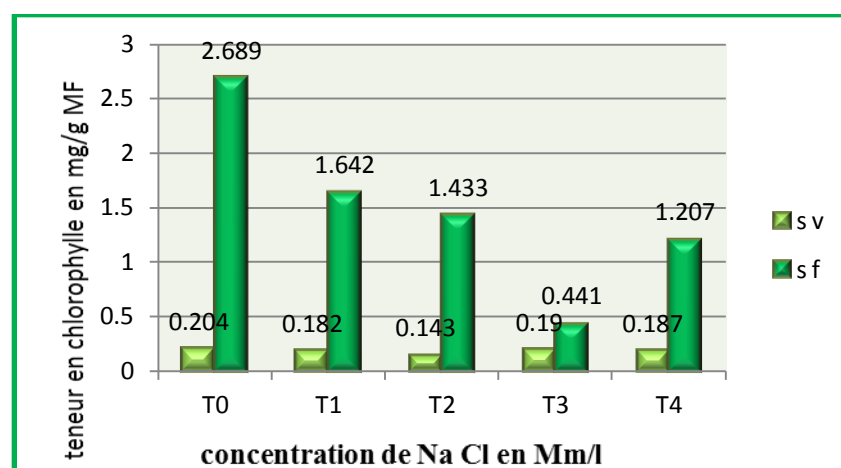


Figure n°25: Teneur en chlorophylle b

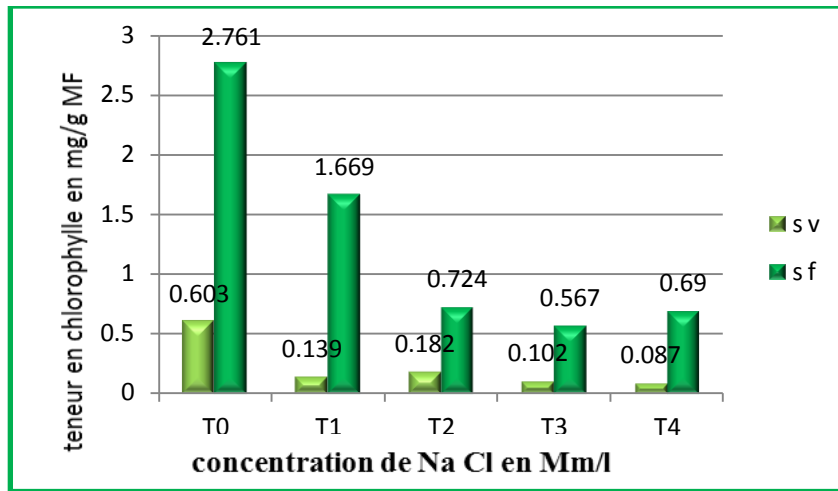


Figure n°26: Teneur en chlorophylle c

III.1.2.4. Effet de la salinité sur la teneur en proline

Le contenu en acide aminé proline est illustrée sur la (Fig.27), varié d'une façon significative a ( $p < 0,05$ ), les deux stades phénologiques répondant positivement au stress salin pour les concentrations étudiées. L'augmentation de la quantité en proline chez les plantes traitées avec des doses plus au moins élevés est en corrélation positive avec le degré de stress, plus la dose est forte plus le contenu en proline est important sauf le cas de T<sub>2</sub> (34,22mM.l<sup>-1</sup>) ou le taux d'augmentation est plus au moins faible par rapport aux autres fractions étudiés. La valeur la plus élevée enregistrée est de 56,74% pour la concentration T<sub>3</sub>(85,55 mM.l<sup>-1</sup> e NaCl) dans le stade végétatif et 679.76% pour la concentration T<sub>4</sub> (136,89 mM.l<sup>-1</sup>). Pour, les taux d'augmentations les plus faibles sont enregistrées au niveau du T<sub>2</sub> (34,22 mM.l<sup>-1</sup>) avec 8,38% et 9,80% pour les deux stades phénologiques respectivement.

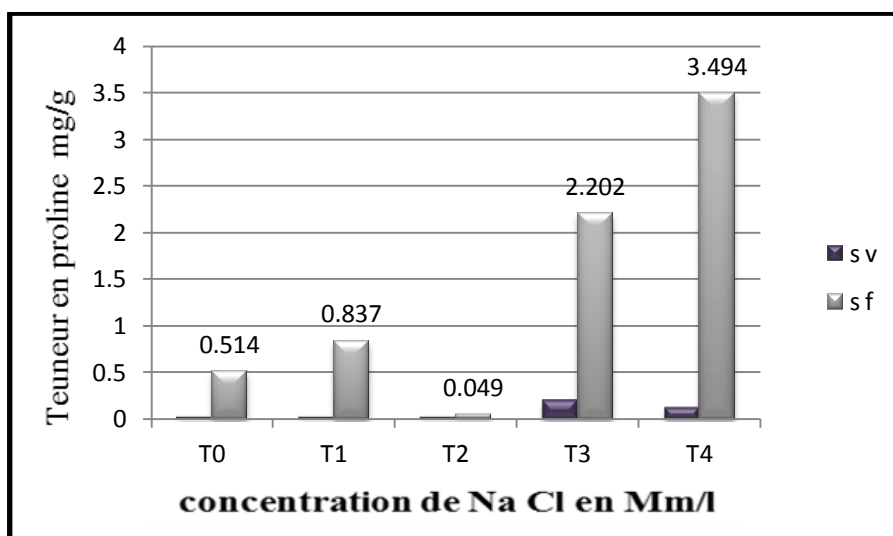


Figure n°28: Teneur en proline

### III.1.2.5. Effet de la salinité sur la teneur en Sucre soluble

Les résultats de l'effet de NaCl, à différentes concentrations, ont montré que les teneurs en sucres solubles des feuilles médianes, suivants les stades phénologiques de *Coriandrum sativum* L. sont corrélatives avec la sévérité du stress salin. Après une irrigation avec l'eau du robinet, contenant du NaCl, nous avons constaté que la teneur en sucres solubles dans les feuilles médianes prélevées de la coriandre est significativement différente ( $P < 0,05$ ) dans les traitements T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> et T<sub>4</sub> sauf T<sub>3</sub> suivant le stade phénologique de la plante étudiée.

La salinité dans sa globalité a induit une augmentation des teneurs en sucres soluble au niveau des feuilles testées. En effet au fur et à mesure que le stress salin devient sévère, les plantes accumulent des teneurs en sucres élevées dans leurs feuilles. Ceci a été remarqué beaucoup dans les deux stades végétatifs et floraison au traitement T<sub>4</sub> avec taux de (159,90% et 197,66%) respectivement.

Les taux d'augmentation les plus faibles sont enregistrés au niveau des traitements T<sub>1</sub> (8,55 mM.l<sup>-1</sup>) avec 136,11% et T<sub>3</sub> (85,55 mM.l<sup>-1</sup>) avec 136,21% pour les stades végétatif et floraison respectivement. (Fig.29)

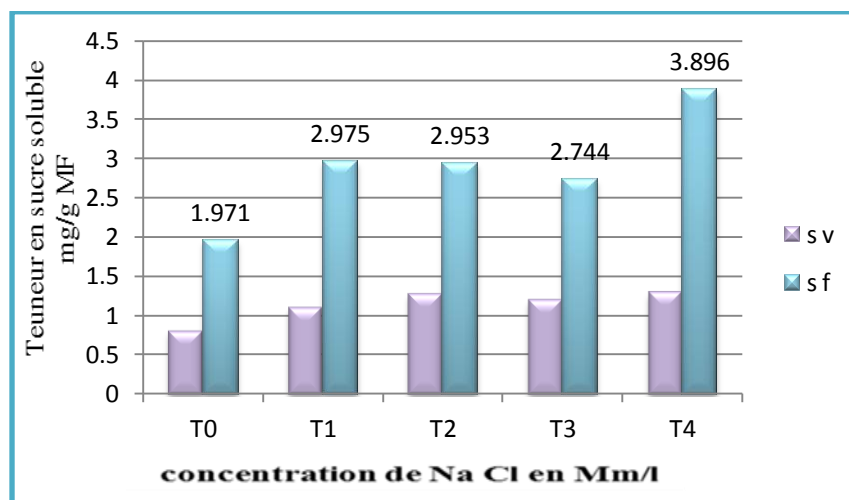


Figure 29: Teneur en sucre soluble

### III.2. Détermination du potentiel antioxydant

La mise en évidence du pouvoir antioxydant des extraits des plantes a été réalisée par deux tests chimiques (le piégeage du radical libre DPPH et la réduction du chlorure ferrique).

#### III.2.1. Taux d'extraction

Dans ce travail, une macération a été réalisée sur la poudre de la partie aérienne de *Coriandrum sativum* Stressée en utilisant deux solvants : Ethanol et l'eau distillée.

L'extraction par l'éthanol (80%) permis d'extraire le maximum de Composés phénoliques et de substances actives. Les pourcentages d'extraction des différentes phases des deux plantes sont représentés dans l'histogramme suivant (Fig.30).

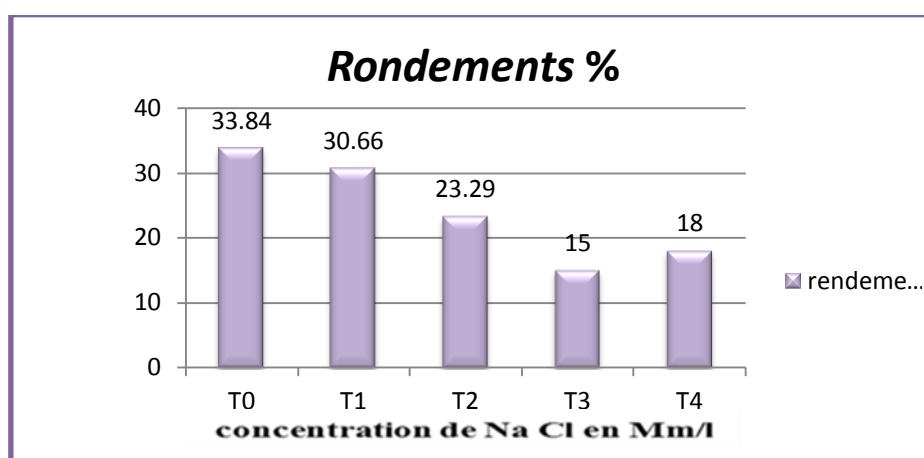


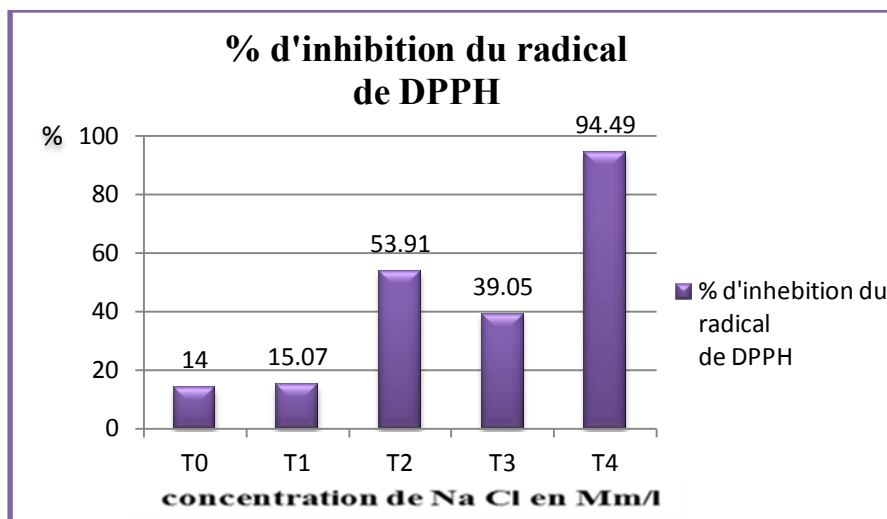
Figure n°30: Rendement d'extraction de *Coriandrum sativum* L.

Nous constatons que le rendement le plus élevé de la partie aérienne de *Coriandrum sativum* L. Est celui de l'extrait aqueux T<sub>0</sub> (33,84%) suivi des extraits T<sub>1</sub> (30,66%), T<sub>2</sub>(23,29%) et T<sub>4</sub>(18%) notées respectivement chez les concentrations (8,55/ 34,22et 136,89 mM.l<sup>-1</sup>).Concernant le rendement le plus faible est obtenu par l'extrait T<sub>3</sub>(15%) notées chez la concentration 85,55 mM.l<sup>-1</sup>.

#### III.2.2. Activité antiradicalaire DPPH

Le radical DPPH est généralement l'un des composés les plus utilisés pour l'évaluation rapide et directe du potentiel antioxydant en raison de sa stabilité en forme radical et la simplicité de l'analyse.

La salinité dans sa globalité a induit une augmentation en pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH au niveau des feuilles testées, les résultats obtenus sont exprimés en pourcentage d'inhibition en fonction des concentrations de NaCl.



**Figure 31 : Pourcentage d'inhibition du radical DPPH. En fonction de la concentration en NaCl**

D'après les résultats de la (Fig.31), on remarque que tous les extraits éthanoliques de *C.sativum L.* ont exhibés des effets de piégeage contre le radical DPPH.

En effet, l'extrait éthanolique T<sub>4</sub> (136,89mM.l<sup>-1</sup> de NaCl) de *C.sativum* montre le potentiel le plus élevé avec un suivi des extraits éthanoliques T<sub>2</sub> (34,22 Mm.l<sup>-1</sup> de NaCl) et T<sub>3</sub> (85,55Mm.l<sup>-1</sup> de NaCl) avec des pourcentages respectifs de 53,91% et 39,04%. Concernant le pourcentage d'inhibition le plus faible est constaté au niveau du traitement T<sub>1</sub> (8,55 Mm.l<sup>-1</sup> de NaCl) avec un pourcentage 15,07%.

L'étude statistique a révélé qu'il n'existe pas une différence significative a ( $p < 0.05$ ) de l'activité antiradicalaire contre le DPPH entre l'extrait éthanolique témoin T<sub>0</sub> et les extraits des plante stressée a (T<sub>1</sub>

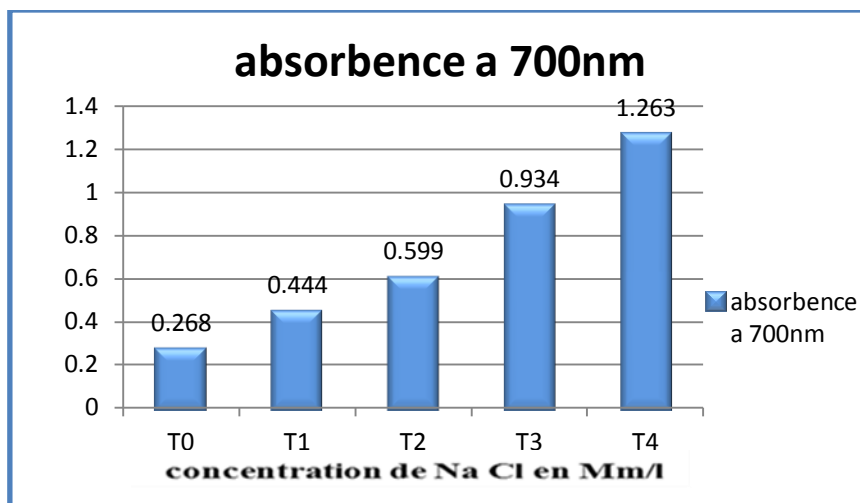
8, 55 Mm.l<sup>-1</sup> /T<sub>2</sub> 34,22 Mm.l<sup>-1</sup> /T<sub>3</sub> 85,55Mm.l<sup>-1</sup> et T<sub>4</sub> 136,89mM.l<sup>-1</sup> de NaCl).

### **III.2.3. Pouvoir réducteur du chlorure ferrique**

Le pouvoir réducteur d'une molécule est relatif à sa capacité de transfert des électrons et peut servir comme indicateur significatif de son pouvoir antioxydant.

Dans cette technique, la couleur jaune de la solution change au vert-bleu selon le pouvoir réducteur de l'échantillon testé. Une absorbance élevée à 700 nm indique un pouvoir réducteur élevé.





**Figure n°32:** Pouvoir réducteur de *Coriandre sativum L.*

D'après les résultats de la (Fig.32), nous remarquons que l'augmentation du taux de réduction du fer est proportionnelle avec l'augmentation des différentes concentrations de NaCl.

Nous constatons que la capacité la plus élevée de réduction du chlorure ferrique par rapport à l'échantillon témoin a été obtenue avec l'extrait éthanolique T<sub>4</sub> (136,89mM.l<sup>-1</sup> de NaCl) avec une absorbance de 1,263, suivi de l'extrait éthanolique T<sub>3</sub> (85,55Mm.l<sup>-1</sup> de NaCl) avec une absorbance de 0,934.

Concernant la capacité d'absorbance la plus faible est constatée au niveau des traitements T<sub>2</sub> (34,22 Mm.l<sup>-1</sup> de NaCl) avec absorbance de 0,599 et T<sub>1</sub> (8,55 Mm.l<sup>-1</sup> de NaCl) avec absorbance de 0,444.

L'analyse statistique révèle une différence significative entre le pouvoir réducteur des extraits des plantes témoins et les extraits des plantes stressées.



### Discussion

Nous rappelons que l'objectif de notre présent travail est d'estimer l'effet du stress salin sur le potentiel antioxydant et quelques autres paramètres morphologiques et physiologiques sur la coriandre *Coriandrum sativum L.* provoqué par l'ajout des sels de chlorure de sodium (NaCl).

La mesure des paramètres morphologiques tels que la *HTD*, la surface foliaire et la biomasse fraîche et sèche à montrer que la salinité subie par les plants de *Coriandrum sativum L.* a modifié leur potentiel de croissance. En effet le traitement salin a affecté positivement la hauteur en fonction des concentrations salines. lors de l'expérimentation, l'addition de 136,89 mM.l<sup>-1</sup> (la concentration la plus élevée) de NaCl à la solution d'arrosage, entraîne une réduction plus importante à la longueur de la tige (36.33 cm), conformément à ce que plusieurs auteurs ont marqués une diminution de la hauteur chez le petit pois, la valeur enregistrée est de 50 cm pour une concentration de 100mM.l<sup>-1</sup>(Okcu et al., 2005), les céréales enregistre une diminution significative pour une concentration de 200mM.l<sup>-1</sup>(Atak et al., 2006), la luzerne enregistre une baisse significative à une concentration de 200mM.l<sup>-1</sup>(Abdul ,2011), la coriandre aussi enregistre un taux de réduction faible (45.26cm) a une concentration de 150 mM.l<sup>-1</sup> (Ben Fred ,2014) .

En outre, le stress salin a réduit la surface foliaire chez les quatre traitements. Toutefois, T<sub>4</sub> (136.39mM.l<sup>-1</sup> NaCl) est la fraction la plus touché par le stress salin. Ainsi, la réduction de la surface foliaire d'autant plus importante puisqu'elle a diminué de presque 50% de surface par rapport au témoin, le stress salin se traduit par une réduction de la surface foliaire chez les plantes (Chakib et al., 2002). Cette diminution se présente comme étant la principale stratégie développée par le blé dur et le blé tendre avec un taux de 70 % pour atténuer les effets de la limitation de la disponibilité de l'eau en conditions de stress salin (Chakib et al., 2002).

En effet la plante, pour s'adapter au stress salin, peut éviter les dommages par la réduction de la croissance (Lamzeri, 2007). C'est l'effet, le plus commun des stress abiotiques sur la physiologie des plantes. La réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique.

En fait ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme augmente jusqu'à un seuil où les dommages seront irréversibles. La croissance est inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce/variété (Bois,2005)

Dans notre essai la teneur en eau des organes (feuilles et tiges) est également affectée négativement en fonction de concentration par rapport au témoin. Le pourcentage de réduction de la teneur en eau est généralement considéré comme indice de sensibilité des plantes vis-à-vis du stress.

Les résultats obtenus, à partir de l'étude de certains paramètres physiologiques de résistance au stress chez le blé dur par (ZERRAD et al., 2008) montre que la teneur en eau des deux variétés de blé dur (locale et introduite) entraîne une chute du pourcentage de la TRE aussi bien dans les feuilles que dans les coléoptiles. Cette baisse devient de plus en plus nette au fur et à mesure que le niveau de stress s'accroît.

On compare les résultats obtenus avec ceux de (MALICK et al., 2012) . qui montrent que l'effet de stress salin établi chez l'aneth et la cèleri avec des concentrations de (100 mM.l<sup>-1</sup>) induisait une diminution de la teneur relative en eau , par ajustement osmotique et diminution de la transpiration qui s'opposent à toute résistance au transport de l'eau, la conséquence de cette diminution de la transpiration est la réduction de l'absorption hydrique par les racines.

Dans le cas d'un stress salin, le végétal fait face à l'absorption de sel dans les tissus qui menace le bon fonctionnement physiologique des cellules en abaissant le potentiel hydrique au niveau des racines au détriment de l'approvisionnement en eau (MALICK et al., 2012).

Le screening phytochimique effectué , sur la poudre végétale ou sur l'infusion pour les quatre traitements comparés au témoin, nous a permis de mettre en évidence, au niveau de la partie aérienne des traitements testés comparés au témoin de la coriandre, la présence des flavonoïdes, des tannins galliques et catéchiques. D'après MOHAMMEDI,(2013) cette analyse phytochimique permet de déterminer qualitativement les constituants non nutritifs, mais biologiquement actifs qui confèrent la saveur, la couleur et d'autres caractéristiques à la plante, selon Amara,(2016) les métabolites II<sup>air</sup> e sont produits en réponse au stress environnemental ou pour assurer un mécanisme de défense aux agressions provoquant des maladies chez les végétaux.

Par ailleurs, le stress salin a engendré une perturbation de l'activité photosynthétique, traduit par une diminution des teneurs en chlorophylles (b) et (c) et une augmentation de la teneur en chlorophylle (a) aux stades végétatif et floraison pour les concentrations de NaCl supérieures ou égales à 8,55mM.l<sup>-1</sup>, Ces résultats concordent avec plusieurs études réalisées sur différentes plantes tel que la coriandre (Amara, 2017) ,Luzerne (Abdul ,2011).

Wang et Nil (2000), ont rapporté que la *chlorophylle a* augmente sous les conditions de salinité, par contre la *chlorophylle b* et les *caroténoïdes* diminuent significativement.

Selon Mistsuya et al., (2006) La teneur de la chlorophylle totale diminue considérablement chez les plants sauvages d'*Arabidopsis thaliana* en comparaison avec les plants mutants .

Trois cultivars de *Lycopersicon esculentum* et une accession de *Lycopersicon sheesnani* ont été étudiés sous différentes concentrations salines (50 ,100 et 150 mM.l<sup>-1</sup>) ont rapporté que la salinité a réduit la teneur en pigments chlorophylliens (El Iklil et al., 2009) .

Les réductions des teneurs en chlorophylles observées chez les plantes stressées par le sel : ont été attribuées à l'effet inhibiteur de l'accumulation des ions Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> sur la structure des chloroplastes et par conséquent sur la biosynthèse des différents pigments (MOHAMMED, 2007). L'augmentation de l'activité chlorophyllase (Activité enzymatique) peut aussi provoquer une baisse des teneurs en chlorophylles (ALI DINAR, 1999 ; SULTANA et al. 1999). Par contre, LEVIT (1980) montre que ces réductions sont dues à l'instabilité du complexe protéique, du fait que la salinité affecte les forces de liaisons des complexes protéines /pigments.

En outre, les résultats obtenus montrent que l'accumulation des sucres solubles et la proline dans les feuilles médianes de la coriandre, augmentent en fonction de l'intensité du stress salin, les taux les plus élevés obtenus sont au traitement T<sub>4</sub> (136,55mM.l<sup>-1</sup>) avec un taux de 679.76% pour la proline et 197,66% pour les sucres solubles par rapport au témoin. , Ceci explique que, le métabolisme de la plante est perturbé par le stress salin, notamment celui des acides aminés libres, dont la proline constitue un marqueur de la résistance des plantes aux contraintes abiotiques. Nos résultats concordent avec plusieurs travaux menés sur *Coriandrum sativum* L (AMARA et BENRIMA, 2007 ; MALICK et al., 2012) et *Medicago sativa* (Riheb, 2014) ou les auteurs ont constaté une augmentations de la teneur en proline, de même pour les sucres solubles .

Les composés organiques tels que les sucres solubles et certains amino-acides comme la proline (Haissani et al, 2008). Ainsi l'ajustement osmotique permet le maintien de nombreuses fonctions physiologiques (photosynthèse, transpiration, croissance...) et peut intervenir á tous les stades de développement du végétal (Martinaner et al 2012).

Par ailleurs, JALEEL et al., (2007) ont rapporté que les réductions sont dues à l'interférence des ions salins avec la synthèse de nouvelles protéines, composantes principales des pigments, plutôt qu'à la dégradation des chlorophylles.

D'après les résultats obtenus il a été remarqué que le stress salin a induit une accumulation des antioxydants au niveau des extraits éthanoliques de la partie aérienne de

*Coriandrum sativum L.*

Cependant PARIDA et al., (2002) ont observé une accumulation des polyphénols chez *Bruguiera parviflora L.* (lenggadai) Cette augmentation en polyphénols est proportionnelle aux concentrations croissantes de la salinité. L'induction du métabolisme secondaire est un mécanisme de défense adaptée par les plantes pour faire face à la contrainte environnementale.

Les résultats que nous avons constatés montre une augmentation significative dans le potentiel oxydatif rejoignent ceux de (Yuan et al., 2010) dans une étude sur des plantules de radis *Raphanus sativus L.* et ceux de (Mane et al., 2011) sur vetivier *Vetiveria zizanioides L.* ou ils ont trouvé que les contenus en polyphenols n'augmentent significativement que lorsque le taux de sels atteint 50 mM. l<sup>-1</sup>. Cette augmentation des polyphenols face à la salinité a été également signalée dans diverses espèces de plantes. Cela témoigne de l'effet antioxydant de ces métabolites dans la lutte contre le stress oxydant généré par la salinité des sols et des eaux. Noreen et al. (2009) ont étudiés l'effet de la salinité sur des cultivars de pois *Pisum sativum* cultivés sur sable et soumis à des niveaux de NaCl de 0, 40, 80 et 120 mM.l<sup>-1</sup> Ces auteurs ont trouvé que les polyphenols totaux ont augmenté avec l'accroissement du niveau de sel.

## *CONCLUSION*

## Conclusion

La présente étude porte sur l'influence de la salinité sur le comportement des plantes en particulier la coriandre cultivée, dans un premier temps, on a mesuré les paramètres morpho-physiologiques et biochimiques (*teneur en chlorophylles, proline et en sucre soluble*) à des stades différents (végétatif et floraison) vis-à-vis un milieu salin, et dans un deuxième temps, on a évalué le potentiel oxydatif sous l'influence d'une contrainte saline à différentes concentrations 8,55/34,22/85,55 et 136,89 mM.l<sup>-1</sup> de NaCl. Des principaux résultats obtenus ressort que le stress salin exerce chez tous les échantillons un effet dépressif sur tous les paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques étudiés. Des différences significatives ont été observées pour l'ensemble des paramètres étudiés à ( $P < 0,05$ ).

En effet, les résultats constatent que le NaCl exerce une diminution significative au niveau du paramètre morphologique, tels que la diminution de la croissance en longueur de la tige (*HTD*) qui atteint jusqu'à 30,57% de taux de réduction, une diminution de la surface foliaire et une réduction de la biomasse (82,5%) de la partie aérienne.

D'autre part, la teneur relative en eau de la partie aérienne (feuille et tige) révèle une diminution remarquable, où la concentration T<sub>4</sub> (136,85 mM.l<sup>-1</sup>) enregistre la teneur la plus faible (6,04%) par rapport au témoin (11,28%)

Le screening phytochimique effectué sur l'infusé a permis la mise en évidence, au niveau de la partie aérienne de la coriandre, de la présence des flavonoïdes, des tannins galliques et des tannins catéchiques,

La salinité dans sa globalité induit une augmentation des teneurs en chlorophylle a, en revanche les chlorophylles b et c ont été réduites et une augmentation des teneurs en sucres solubles et en proline au niveau des feuilles médianes de la coriandre

Concernant le potentiel antioxydant étudié sur les extraits éthanoliques de la coriandre par les méthodes de réduction du radical DPPH et la réduction de chlorure ferrique (FRAP), et après comparaison des pourcentages d'inhibitions et les taux d'absorbances, nous avons remarqué une augmentation du pouvoir antioxydant dans les extraits des plantes stressées comparées au témoin. L'augmentation du pouvoir antioxydant est remarquable à la concentration T<sub>4</sub> (136,89 mM.l<sup>-1</sup>) avec un taux de réduction du DPPH (94,49%) et un taux de réduction de chlorure ferrique traduit par une absorbance de (1,263).



A la lumière de ces résultats, il en résulte que la variété decoriandre examinée est sensible face au stress salin, et cette sensibilité s'est traduite par leur modification morpho\_physiologiques et biochimiques durant le stade végétatif et le stade floraison de ces échantillons.

Dans la perspective de connaître le rôle joué par les autres composants du système antioxydant chez les plantes soumises à un stress salin, et pour bien approfondir cette étude sur *Coriandrum sativum L.* il serait intéressant d'élargir l'investigation à d'autres méthodes d'analyses et aux autres marqueurs de stress oxydatif (dosage des différentes enzymes antioxydantes et le dosage des vitamines). Pour l'évaluation du pouvoir antioxydant, en plus du test DPPH et FRAP, il serait intéressant d'effectuer d'autres tests comme *b*-carotène et orac.

## *REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES*

## *Références Bibliographiques*

**AGASTIAN P, KINGSLEY SJ, VIVEKANANDAN M (2000).**Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes.

**ALEM C et AMERI, 2005-** Importance de la stabilité des membranes cellulaire dans la tolérance à la salinité chez l'orge. Bio Alliance. Canada- Morocco Vol.4, N°1: p20-31.

**ALI DINAR., EBERT G ., LUDDERS P .**1999GROWTH, chlorophyll content, photosynthethsis and water relations in guava *Psidium gaujava L.* un dersalinity and different nitrogensupply .garten Bauwis senschaft 64 :54-59p.

**AMARA N, 2017** effete de la salinisation sur la variation de la teneur en polyphenols des extraits de la coriandre (*Coriandrum sativum L.*) et leur valorisation comme biopesticide : thèse du doctorat : université saad dahlab-Blida (Algerie) . 12 juillet 2017.p. 40 à 46

**ASADA K., 2006.** Production and scavenging of reactiveoxygenspecies in chloroplasts and theirfunctions.*Plant Physiology* (141), pp. 391–396.

**ASHRAF M.A, ASHRAF M, Shahbaza M., 2012.** Growth stage-based modulation in antioxidant defense system and proline accumulation in two hexaploïd eswheat (*Triticum aestivum L.*) cultivars differing in salinity tolerance.Flora., 207: 388– 397. Thèse de doctorat, Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum Desf*) exposées à un stress salin : 24- 32.

**ASLOUM H, 1990.** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum L.*) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, Modifications physiologiques chez des plantes de blé (*Triticum durum Desf*) exposées à un stress salin : 24- 32.

**BAJPAI M, MISHRA A, PRAKASH, D.** Antioxidant and free radical scavenging activities of someleafyvege tables. Int J Food SciNutr 2005 November; 56(7):473-81.

**BATAMOUNY, NH, 1993.**adaptation of plants to saline condition in arid régions. Egypt academy publischer in the Netherlands; 13-20.

**BELKHODJA M. and BENKABLIA M., 2000-** Proline response of *Fababea nunder* salt stress. Egypt . J. Agr. Res., Vol 78 : p. 185-195.

**BENACEUR M., RAHMOUNE C., SDIRI H., MEDDAHI M. et SELMI M., 2001**-Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé ; Science et changements planétaires. Sécheresse, Vol. 12, (3) 167-74.

**BRAND N; ATIK BEKKARA, F; KADIFKOVA, P. 1995.** Antiradical capacity of the phenolic compounds of *Pistacia lentiscus* L. and *Pistacia atlantica* Desf . *Advances in Food Sciences*. pp 29(3) .155-161.

**BENNABI, 2005.** Réponses de la fève (*Vicia faba* L.) à la salinité : étude de la germination de quelques lignées à croissance déterminée. *Bull Soc Bot Fr* ; 139 : 357-68.

**BOIZOT N., CHAPONTIER J.P.** Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier. *Le cahier des techniques de l'Inra*, (2006), 79-82

**BOUYER J.**, « Méthodes statistiques, médecine biologie » (1996), 139.

**BRUNETON J**, Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3<sup>ème</sup> Ed Tec & Doc. Paris, (1999), 1120p.

**BRUNETON J**, Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Technique et documentation Lavoisier, Paris, (1993), 915 p.

**CHAVES M , PEREIRA. J. S., 2003:** Understanding plant responses to drought-fromgenesto the whole. *Funct.Plant.Biol*, 30: 239 - 264.*Chemistry*.50, 6882-6890.

**Chiang W, Cherng, JM Chiang LC.,** Immunomodulatory activities of common vegetables and spices of Umbelliferae and its related coumarins and flavonoids. *Food Chemistr* 106 (3), (1994), 944-50.

**CHITHRA V, LEELAAMA S.** Hypolipidemic effect of coriander seeds (*Coriandrum sativum*): mechanism of action. *Plant Foods Hum Nutr* 1997;51(2):167-72.

**COME D., FRANCOISE C., 2006 :** Dictionnaire de la biologie des semences et des plantes, Edition Tec et Doc. Lavoisier. Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (*Helianthus annuus* L.). *Revue HTE* N° 136, pp.29-34.

**DAUZAT AILBERT, DUBOIS JEAN, MITTERAND, HENRI.,** Nouveau dictionnaire étymologique et historique, Librairie Larousse, France, 1971.

**Diederichsen, A.** Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Institute of Plant Genetics and Crop Research (IPK), Gatersleben- International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Coll, "Promoting conservation and underutilized and neglected crops" no3, (1996), 83p.

**Dubois M. Gillet K. A.,** Dosage des sucres totaux à l'ortho-toluidine. *Agro Food Chemistry*. 137, (1965), 9-15

**DUDAREVA, N., NEGER, F., NAGEGOWDA, D.A., ORLOVA, I.,** Plant volatiles: Recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25, (2006), 417-440.

**Elisabeth Dodinet al.** « Synthèse sur les origines du mot « Coriandre » (<http://www.tela-botanica.org/page:coriandre>) » sur Tela Botanica, octobre 2001. Consulté le 22 juillet 2011.

**Elmastats M., Isildak O., Turkekul I. et Temur N (2007).** Determination of antioxidant activity and antioxidant compound in Wild edible mushrooms. *Journal of food composition and analysis*, 20:337-345.

**FLOWERS, T.J.** Improving crop salt tolerance. *J Exp Bot* 55, (2004) 307-319.

**Fragiská. M.** « Wild and Cultivated Vegetables, Herbs and Spices in Greek Antiquity », dans *Environmental Archaeology* 10, vol. 1, 2005, p. 73-82.

**Francis, C.W., Tamura, T., Bonner, W.P., Cooper** enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiol.*, 24, (1970), 1-15.

**GHEDIRA K., GOETZ P.** *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae) : coriandre. *Lavoisier SAS Phytothérapie* 13, (2015), 130-134.

**Gill S., & Tuteja N., 2010** .Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* (48), pp. 909-930.

**GRAYS, FLATT P.R.** Insulin-releasing and insulin-like activity of the traditional anti-diabetic plant *Coriandrum sativum* (coriander). *Br J Nutr* 1999 March;81(3):203-9.

**HADJADJ S., BISSATI S., et DJERROUDI O., 2009-** Effet de trois régimes de dilution d'eau de mer sur des marqueurs moléculaires (proline et sucres solubles) de plantes juvéniles d'*Atriplex halimus* L. et *Atriplex canescens* (PURSH) NUTT. Séminaire International sur la

Protection et Préservation des Ecosystèmes Sahariens, Université Kasdi Merbah Ouargla, 13 - 15 décembre 2009.

**HELLER R., ESNAULT R, LANCE C, 2004.** Physiologie végétale, Tome 1-Nutrition, Edit Dunod (6ème édition). Paris, 322p. ISBN : 2-10- 048710-8.

**HERNANDE Z., J.A., A.JIMENEZ., P. MULLINEAUX AND F. SEVILLA., 2000** :Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long term salt stress associated with induction of antioxidant defences. *Plant Cell Environ.*, 23 : 853-253.

**HOPKINS. W.G., 2003** : Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par SERGE R. Ed. De Boeck, p 66-81.

**Hubert.A.J, 2006.** Caractérisation biochimique et propriétés biologiques des micronutriments du germe de soja. Etude des voies de sa valorisation en nutrition et santé humaine. Thèse de doctorat en qualité et sécurité des aliments de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. France 174p.

**JALEEL A.C., MANIVANNAN P. LAKSHMANAN G.M.A. SRIDHARAN R., 2007b-** NaCl as a physiological modulator of proline metabolism.

**Jesuceburillo and Carl codina, 2002.** Comparison between the radical scavenging activity of

**JOHN CHADWICK,** The Mycenaean World, Cambridge University Press, 1976, 201 p., p. 119

**JUDD WALTERS,** Campbell Christopher S., Kellogg Elizabeth A., Stevens Peter S., Botanique Systématique, une perspective phylogénétique. Edition De Boeck Université, 84 - 87, (2002), 396-399.

**KAISER, A., Kemmerer, D.R., Carle, R.,** Impact of polyphenols stability and antioxidant capacity of innovative coriander (*Coriandrum sativum* L.) pastes. *Food chem.* 1: 140 (1-2), (2013), 332-9.

**Karabourniotis, G., Liakopoulos, G., Nikolopoulos, D., Bresta, P., Stavroulaki, V., Sumbele, S.** Carbon gain vs. Water saving, growth vs. Defence : two dilemmas with soluble phenolics as a joker. *Plant Sci.* 227, (2014), 21–27.

**LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995-** Les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures.4 (4): 26

**LEVITT J., 1980-**Responses of plant to environmental stress chilling, Freezing, and high temperature stresses, Academic Press, New York, 606p.

**LOGAN B., 2005.** Reactive oxygen species and photosynthesis. In: N. Smirnoff, Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plant, Oxford Ed. Blackwell. pp. 250–67..

**LUET, ET AL., LO, S.M. 2002, 2003.** Application of evolutionary neural network method in predicting pollutant levels in downtown area of Hong Kong. Neuro Computing. 51 : 387-400.

**LUGASIA ;Hovari J ; Sagi K.V ; Biro L.,** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases. Acta Biologica Szegediensis 1-4, (2003), 119-125. 70p.

**MARGARET ROBERTS,** Margaret Roberts' A-Z of Herbs, Struik, 1920, p. 36

**MELONI. D.A., OLIVA. M.A., RUIZ. H.A., MARTINEZ. C.A., 2001: Contribution** of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr. 24, 599-612.

**MERMOUD A. 2006 :** Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.

**MOHAMMAD. M., SHIBLI. R., ADJOUNI. M., NIMRI. L., 1998: Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition.** J. Plant Nutr. 21, 1667-1680.

**Monneveux P. H. & Nemmar P.,** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le ble tendre (*Triticum aestivum*) et le ble dur (*Triticum durum*). Etude de l'accumulation de la proline au cycle de développement. Agronomie. 6,(1986), 583-590.

**MUNNS. R., 2002.** Comparative physiology of salt and water stress; Plant, Cell and Environment 25, 239-250.

**MUNNS. R., JAMES. R. A., LAUCHLI. R., 2006:** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany; 57 (5): 1025-1043.

**OMAMI N.E. (2005)** Response of amaranth to salinity stress.235p, Thesis (Ph. D.). University of Pretoria etd. Pretoria. South Africa.

**PAREJO,I,Francece Viladomat, JaumeBastida, Alfredo Rosace-Romeron, Nadinflerlage,**

**PARIDA. A.K AND DAS., 2005:** Salt tolerance and salinity effects on plants: A.Rev.Ecotoxicol. Environ. Safety, 60:324-349.

**PILLET, J.** Impact du microclimat sur le métabolisme de la baie de raisin. Thèse de doctorat université de Bordeaux France, (2011), 200 p.

**REJILI; NEFFATI, N; MOUHAMMED VADEL, H ;** 2006 "Comportement germinatifs de deux population de lotus creticus. L en présence du NaCl" Revue des Région Arides n° 17 page 65.75.

**SAADOLLAH et al., 2005:** Evaluation of salt-tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments, *Elsevier, Field Crops Research*, pp345–354. 3-273.

**SAID BOUDAA, B, ABDELMAJID HADDIOUIB., 2011 :** effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre atriplex *Revue «Nature &technologie »*. n° 05/Juin 2011.

**SANTE CANADA.** Fichier canadien sur les éléments nutritifs, version 2005.[Consulté le 26 avril 2006].

**SHANNON. M.C., 1984: Breeding** selection and the genetics of salt tolerance. Salinity in plants Eds. RC staples and GH Toenniessen pp. 231-254 John Wiley. Six distilled and nodistilled mediterranean Herbs aromatic. *Plants. Agricultural and Food*

**SOLTNER D., 1990 :** Les grandes productions végétales .Phytotechniespéciale. 17 Emme édition .coll : sciences et techniques agricoles pp 41-67. Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le rendement des apiaceae (cas de fenouil) dans la région de Hemadna à Relizane, (2014) p 22.

**TANG, E.L., Rajarajeswaran, J., Fung, S.Y., Kanthimathi, M.S.,** Antioxidant activity of *Coriandrum sativum* and protection against DNA damage and cancer cell migration. *BMC complement Altern Med*, 9: 13, (2013), 347-352.



**WANG.Y., NIL. N., 2000: Changes** in chlorophyll, ribulosebiphosphatecarboxylase-oxygenase, glycine betaine content, and photosynthesis and transpiration nin Amaranthus tricolor leaves duringsalt stress. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 75,623-627.

**ZHU, M.Y., WILSON, R., LEPTIN, M. (2005).** A screen for genesthat influence fibroblastgrowth factor signal transduction in Drosophila.Genetics170 (2): 767--777. (Export to RIS).

# *ANNEXE*

## ***ANNEXE I***

### ***Appareillage, verrerie et consommables***

- **Appareillages**
- Agitateur magnétique
- Baromètre
- Bain marie
- Balance analytique
- Centrifugeur
- Etuve
- Hotte
- Incubateur
- Pompe
- Spectromètre
- Vortex
  
- **Verrerieset accessoires**
- Bec benzène
- Boite de pétrie
- Bécher
- Burette
- Erlen Meyer
- Entonnoir
- Eprouvette
- Fiole
- Gant
- Pipette graduée
- Spatule
- Tube à essais

▪ **Réactifs chimiques**

- Acide trichloracétique
- Acide sulfurique
- Acétone
- Acétate de sodium
- Alcool isoamylique
- Acide phosphorique
- Acide acétique gallique
- Acide aurthophosphorique
- Acide chlorhydrique
- Chlorure de fer
- DPPH: 2' 2-Di Phenyl-1-Picryl hydrazyl
- Ethanol
- Eux distillé
- Ferricyanure de potassium
- Méthanol
- Solution tampon
- Sulfate de sodium
- Toluène

## ANNEXE II

### ❖ Méthodes

#### ➤ Application de l'essai

Le premier  
jour de  
semis



a

Après une  
semaine de  
germination



b

**Figure 07 :** (a) Premier jour de semis. (b) 2 semaines de germination

Remplissage  
des pots



Tamisage du  
sol



**Figure 08:** Préparation du substrat de culture



Mise en pots



**Figure 09 :** Opération de Rempotage



Pots en bloc

Figure 10 : Arrosage avec la solution de NaCl

Récolte



Séchage



Broyage



Pesage



Figure 11 : Prélèvement et préparation des échantillons

Filtration

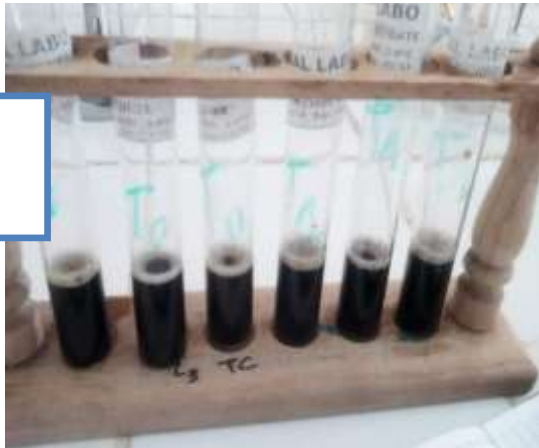


Infusions



*Figure 12 : Preparation des infusions*

Dosage  
Tannin  
gallique



Dosage des  
Tanins  
catechique



Dosage des  
flavonoïdes



*Figure 13 : Tests du screening phytochimique*



*Figure 14 : Dosage de la chlorophylle totale*



*Figure 15: Dosage de la proline*



*Figure 16 : Dosage des sucres solubles*



La poudre  
végétale



Macération  
dans l'éthanol



Agitation



*Figure 17 : Préparation des macérations*



*Figure 20 : Activité antiradicalaire de DPPH*



*Figure 22 : Réduction du chlorure ferrique*

❖ *Matérielle*



Graines de la coriandre provient de ITCMI



Balance



Balance de précision



Vortex



Pompe



Agitateur



Baromètre



Bain-mari



Bec benzène



Distillateur



thermometer

### ANNEXE III

Tableau 01 : *Longueur de la tige de la coriandre*

Variable	répétions	Moyenne estimée	Probabilité
T0	3	54	0.007
T1	3	43,45	0.007
T2	3	36,95	0.007
T3	3	35	0.007
T4	3	18,5	0.007

Tableau 02: la teneur en chlorophylle a

Variable	répétions	Moyenne estimée	Probabilité
T0	3	0,496	0,004
T1	3	0,7415	0,004
T2	3	1,113	0,004
T3	3	0,607	0,004
T4	3	1,645	0,004

Tableau 03 : la teneur en chlorophylle b

Variable	répétions	Moyenne estimée	Probabilité
T0	3	1,80	0.001
T1	3	1,14	0.001
T2	3	0,98	0.001
T3	3	0,39	0.001
T4	3	2,25	0.001

Tableau 04 : la teneur en chlorophylle c

Variable	répétions	Moyenne estimée	probabilité
T0	3	1,48	0,04
T1	3	0,90	0,04
T2	3	0,45	0,04
T3	3	0,33	0,04
T4	3	0,38	0,04

Tableau 05 : Dosage de proline

Variable	répétions	Moyenne estimée	probabilité
T0	3	0,274	0.008
T1	3	0,432	0.008
T2	3	0,54	0.008
T3	3	1,19	0.008
T4	3	1,80	0.008

Tableau 07 : Dosage de sucre soluble

Variable	répétions	Moyenne estimée	probabilité
T0	3	1,38	0,000
T1	3	2,03	0,000
T2	3	2,11	0,000
T3	3	1,96	0,000
T4	3	2,59	0,000

Tableau 09 : le teste de DPPH au stade de floraison de la coriandre

Variable	répétions	Moyenne estimée	probabilité
T0	3	1,622	0,08
T1	3	1,605	0,08
T2	3	0,871	0,08
T3	3	1,152	0,08
T4	3	0,1265	0,08

Tableau 10 : le teste de FRAP au stade de floraison de la coriandre

Variable	répétions	Moyenne estimée	probabilité
T0	2	0,27	0.0006
T1	2	0,4685	0.0006
T2	2	0,6	0.0006
T3	2	0,928	0.0006
T4	2	1,136	0.0006