

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**Université de Saad Dahleb Blida 1**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE VIE**

**DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES**



*Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention de Diplôme de Master  
Académique en Biotechnologie végétale*

**Thème**

**La capacité des algues marines à promouvoir les cultures  
pérenne : cas de la vigne *Vitis vinifera L.***

**Par : *Mohammedi Anissa***

*Devant le Jury :*

<b>Chaouia C.</b>	<b>MCA</b>	<b>U. Blida 01</b>	<b>Président</b>
<b>Djazouli Z. E</b>	<b>Professeur</b>	<b>U. Blida 01</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Moumen S</b>	<b>MCB</b>	<b>U. Blida 01</b>	<b>Examinatrice</b>

**Année universitaire : 2016-2017**

## **Remerciements**

*En premier lieu, je remercie avant tout Dieu le tout puissant de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail, et pour avoir mis sur ma route des gens qui m'ont permis d'évoluer.*

*Je tiens à remercier sincèrement Mr Djazouli Zahre el dine, promoteur de ce travail, pour sa disponibilité et ses conseils et son soutien moral et intellectuel, et surtout pour le temps précieux qu'il m'a toujours consacré malgré ses obligations.*

*Je tiens également à remercier les membres du jury qui ont accepté d'évaluer ma thèse avec la neutralité d'un regard extérieur, en particulier Mme Chaouia pour ses précieux cours de viticulture, qui ont été une base pour moi pour commencer ce petit travail. Ainsi que le personnel du Laboratoire de biotechnologie Végétale (directeur, docteurs, doctorants et techniciens) pour leur soutien technique et leur convivialité.*

*Mes plus vifs remerciements vont également au personnel de pépinière El Fartas , qui nous a fourni un lieu de travail et pour son accueil chaleureux.*

*Je remercie mes compagnons de promotion pour l'esprit d'entraide et de franche camaraderie développé au cours de nos années d'études.*

*Finalement, je tiens à remercier toutes les personnes qui échappent à ma mémoire mais qui d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de cette tâche.*

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*A ma grande mère, A mes parents.*

*A mes chères sœurs Samo et Suzie*

*A tonton Mohammed Mebarki.*

*A mes collègues d'option biotechnologie végétales en particulier Réda ben djalil*

*A tous les étudiants de département d'Agronomie.*

*A tous ceux que j'aime et qui m'aiment.*

## La liste des tableaux

- Tableau 1** : le contenu en métaux de l'*Ulva Régida* rapporté a la matière sèche à 105c° .....9
- Tableau 2** : le contenu en halogènes (mg/g) de l'*Ulva Rigida* .....9

## Liste des figures

<b>Figure 1 : Localisation géographique des groupes de <i>Vitis</i> américaines, asiatiques et européens.....</b>	<b>2</b>
<b>Figure 2 : Aspect générale d'<i>Ulva rigida</i>.....</b>	<b>9</b>
<b>Figure 3: Présentation du site expérimental (Google earth, 2017).....</b>	<b>13</b>
<b>Figure 4: Feuillaison des bouture de vigne (Originale, 2017).....</b>	<b>14</b>
<b>Figure 5: Dispositif expérimental (Original, 2017).....</b>	<b>16</b>
<b>Figure 6: Variation du nombre de feuilles de vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure 7: Variation du nombre de feuilles émises de vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>22</b>
<b>Figure 8 : Variation de la surface foliaire des feuilles de vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>24</b>
<b>Figure 9: Variation de la surface foliaire spécifique des feuilles de vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>25</b>
<b>Figure 10: Variation du poids frais des feuilles de vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>27</b>
<b>Figure 11: Variation du poids sec des feuilles de vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>28</b>
<b>Figure 12: Variation de la teneur en eau des feuilles de vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>30</b>
<b>Figure 13: Variation des quantités de la chlorophylle a chez la vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....</b>	<b>32</b>

**Figure 14: Variation des quantités de la chlorophylle b chez la vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....33**

**Figure 15 : Variation des quantités de la chlorophylle totale chez la vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulé à base d'extrait aqueux d'algue marine .....35**

**Figure 16: Variation des quantités des caroténoïdes chez la vigne sous l'effet des différentes phytopréparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine.....36**

## Liste des abréviations

**F** : Formulation.

**Fig.** : Figure

# **Table des matières**

## Introduction

### Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

1. Généralité sur la vigne .....	2
1.2. Cycle végétatif .....	3
1.3. Exigences pédoclimatiques de la vigne .....	3
1.3.1. Exigences climatiques.....	3
1.3.2. Exigences édaphiques.....	4
1.4. Alimentation minéral de la vigne .....	4
1.5. Importance de la vigne.....	6
1.5.1. Intérêt économique .....	6
1.5.2. Autres intérêts.....	6
2. les algues marines et leurs parts dans la biostimulation de croissance.....	7
2.1. Généralité sur la biostimulation.....	7
2.2. Les algues marines en agriculture.....	8
2.3. Présentation du modèle biologique <i>Ulva rigida</i> .....	9
2.3.1. Critères d'identification et position systématique...	9
2.3.2. Caractéristiques phytochimiques d' <i>Ulva rigida</i> .....	10
3. Importance des formulations.....	10
3.1. Définition des formulations.....	10
3.2. Les composants d'un produit formulé .....	11
3.3. Types de formulations.....	11
3.4. Importance de formulation.....	11

### Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

Objectif de l'expérimentation.....	13
1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales.....	13
2. Matériel d'étude.....	13
2.1. Matériel végétal .....	13
3. Méthodes d'étude .....	14
3.1. Récolte et séchage de l'algue marine <i>Ulva rigida</i> .....	14
3.2. Préparation d'extrait aqueux.....	14
3.3. Préparation des formulations.....	15
3.4. Préparation des dilutions et application des bioproduits.....	15
3. Méthode d'étude.....	15
3.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai.....	15
3.2. Evaluation de la vigueur et de l'expression végétative.....	17
3.2.1. Nombre de feuilles et feuille émises.....	17

3.2.2. Estimation du poids frais des feuilles.....	17
3.2.3. Estimation du poids sec des feuilles.....	17
3.2.4. Estimation de la teneur en eau des feuilles.....	17
3.2.5. Estimation de la surface foliaire.....	17
3.2.6. Estimation de la surface foliaire spécifique .....	17
3.3. Estimation de l'activité photosynthétique .....	18
4. Analyses statistique des données.....	18
<b>Chapitre 3 : Résultats</b>	
1. Evaluation de l'effet des préparations formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine sur la vigueur et l'expression végétative de la vigne.....	19
1.1. Effet sur la densité foliaire .....	19
1.2. Effet sur l'émission des feuilles.....	19
1.3. Effet sur l'extension foliaire .....	22
1.3.1. Effet sur la surface foliaire.....	22
1.3.2. Effet sur la surface foliaire spécifique .....	22
1.4. Effet sur le poids frais des feuilles.....	25
1.5. Effet sur le poids sec des feuilles	26
1.6. Effet sur la teneur en eau des feuilles.....	29
2. Evaluation de l'effet des préparations formulées à base d'algues marines sur l'activité photosynthétique de la vigne.....	31
2.1. Effet sur l'expression de la chlorophylle a.....	31
2.2. Effet sur l'expression de la chlorophylle b.....	32
2.3. Effet sur l'expression de la chlorophylle totale.....	34
2.4. Effet sur l'expression des caroténoïdes.....	35
<b>Chapitre 4 : Discussion générale</b>	
1. Effet des préparations algales sur les paramètres de croissance de vigne.....	38
2. Effet des préparations algales sur les paramètres de l'activité photosynthétique.	39
<b>Conclusion générale et perspectives</b>	
<b>Références bibliographiques</b>	

## La capacité des algues marines a promouvoir les cultures pérennes :cas de vigne

### Résumé

La biostimulation offre un sérieux avantage écologique, car la grande majorité des composants d'un biostimulant sont facilement métabolisables dans le sol, et les quantités apportés sont minimales, qui se considère comme un promoteur de croissance pour les plantes. A ce jour, les biostimulants les plus utilisés et étudiés sont les préparations à base d'algues. La présente étude vise l'estimation des potentialités de préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp.* par évaluation de la vigueur et de l'activité photosynthétique de la vigne *Vitis vinifera*. Les deux formulations préparées à base d'extrait aqueux *Ulva sp.* ainsi que l'extrait aqueux brut d'*Ulva sp.* ont été dilués selon une seule concentration (4ml d'extrait aqueux brut ou formulé + 500 ml d'eau distillée). Les potentialités phytofortifiantes des extraits aqueux bruts et formulés d'*Ulva sp.* sont évaluées par application foliaire. Nos résultats montrent une meilleure vigueur et activité photosynthétique des feuilles suite à l'application de la formulation F2 en conditions non contrôlées. La Formulation F2 montre un effet remarquable sur la croissance végétative (la densité foliaire, un nombre des feuilles émis élevé, expansion foliaire, un changement de poids sec et frais de la feuille, et augmentation dans la teneur en eau) par rapport au plantes témoins de vigne (Eau). L'effet de la Formulation F2 prend place aussi dans l'activité photosynthétique par une forte expression de la chlorophylle Comparé à l'eau. La Formulation F2 a pour but de minimiser les doses d'extrait d'algue aqueux *Ulva sp.* en effectuant plus d'efficacité sur la vigueur et l'activité photosynthétique.

**Mots clés :** *Ulva sp.*, biostimulants, vigueur et biomasse, formulations, Extrait aqueux

## The ability of seaweed to promote perennial crops: vine case

### Abstract

Biostimulation offers a serious ecological advantage because the biggest majority of biostimulant components are quickly metabolizable in the soil, and the amounts provided are minimal, which is considered as a growth promoter for plants. Until today, the biostimulants most used and studied are preparations based on seaweed. The present study aims at estimating the potentialities of formulated phytopreparations based on aqueous extract of seaweed *Ulva sp.* by evaluation of the vigor and the photosynthetic activity of the vine *Vitis vinifera*. The two formulations prepared from aqueous extract *Ulva sp.* and the raw aqueous extract of *Ulva sp.* were diluted according to a single concentration (4 ml of crude or formulated aqueous extract + 500 ml of distilled water). The phytofortifying potentialities of the raw and formulated aqueous extracts of *Ulva régida* are evaluated by foliar application. Our results show a better vigor and photosynthetic activity of the leaves following the application of the F2 formulation with uncontrolled conditions. Formulation F2 shows a remarkable effect on vegetative growth (foliar density, high leaf number, foliar expansion, dry and fresh leaf weight change, and increase in moisture content) to the control plant of vines (Water). The effect of Formulation F2 also takes place in photosynthetic activity by a strong expression of chlorophyll compared to water. Formulation F2 aims to minimize the doses of extract of seaweed *Ulva sp.* by making more effective on the vigor and the photosynthetic activity.

*Key words: Ulva sp., biostimulants, vigor and vegetative expression, formulations, seaweed, Aqueous extract*

## قدرة الطحالب البحرية على تعزيز المحاصيل المعمرة: حالات الكروم

### ملخص

يوفر التحفيز الحيوي ميزة ببنية جدية لأن الغالبية العظمى من مكونات المحفز الحيوي تتحلل في التربة بسهولة ، و الكميات المقدمة تراوح الحد الأدنى، الذي يعتبر بمثابة المنشط لنمو النباتات.

إلى يومنا هذا، المحفزات الحيوية الأكثر استخداما ودراسة هي المستحضرات التي تعتمد على الطحالب. وتهدف الدراسة الحالية إلى تقدير إمكانات الصيغ النباتية المكونة أساسا من مستخلص ماني من الطحالب البحرية أولفا ريجيدا من خلال تقييم النشاط والنشاط الضوئي للكرمة فيتيس فينيفيرا. تم تخفيف المركبين اللذين تم تحضيرهما باستخلاص أولفا ريجيدا ومستخلص المياه الخام من أولفا ريجيدا بتركيز (4 مل من مستخلص الماء الخام أو مستخلص الماء + 500 مل من الماء المقطر). يتم تقييم إمكانات المقويات النباتية للمستخلصات المائية الخام والمركبة من أولفا ريجيدا بواسطة تطبيق الورقية. نتانجا تظهر فعالية ونشاطا ضونيا أفضل للأوراق بعد تطبيق صياغة اف2 في ظل ظروف غير خاضعة للرقابة. تظهر الصيغة اف2 تأثيرا ملحوظا على النمو الخضري (الكثافة الورقية، ارتفاع عدد الأوراق، التوسع الورقي، تغير الوزن الجاف والجذري للورق، زيادة الرطوبة) مقارنة بالكروم المسقاة بالمياه. تأثير الصيغة اف2 يتواجد أيضا في النشاط الضوئي ويتجلى ذلك في الكلوروفيل مقارنة بالماء وتهدف الصيغة اف2 للحد من جرعات الطحالب المائية أولفا ريجيدا المستخرجة من خلال جعل النشاط الضوئي أكثر فعالية

**الكلمات المفتاحية:** محفز حيوي، مستخلص خام، تركيبات حيوية وتعبير نباتي، أولفا ريجيدا

# **Introduction**

La vigne *Vitis vinifera L.*, cultivée depuis l'antiquité, avait au fil du temps été sélectionnée par l'homme pour conserver un rendement et une qualité satisfaisant aux besoins locaux cependant, comme la plupart des espèces d'intérêts économique, elle n'a pas échappé à la généralisation de l'agriculture intensive.

La conscientisation environnementale pousse les politiques agricoles à exiger une réduction de l'utilisation des intrants en production végétale (Clunies-Ross, 1992). Une diminution des applications de fertilisants et de biocides sur les cultures limiterait les risques de pollution des sols, des nappes phréatiques, des ressources épuisées, et réduirait les coûts énergétiques et environnementales liés à la production et à la distribution des produits agro-chimiques (Ervin *et al.*, 1998). Cependant la minimisation du risque environnemental implique souvent des pertes de rendement qui découragent l'agriculteur. De telles pratiques sont alors très impopulaires. L'agriculture moderne est donc à la recherche de nouvelles techniques ou biotechnologies qui permettraient une réduction de l'utilisation des intrants chimiques sans affecter le rendement des cultures, ni le revenu des agriculteurs (Doucet, 1992).

Depuis peu, de nouvelles biotechnologies agricoles sont apparues, l'utilisation croissante d'extraits d'algues comme engrais dans l'agriculture écologique a été observée au cours des dernières années (Pielesz, 2010). Dans la littérature, il existe des données d'effets positifs des algues et des extraits d'algues sur la croissance des plantes, qui améliorent significativement les rendements et la qualité des cultures, même appliquées à de faibles doses, en fertilisation foliaire ou sur le sol. (YUAN *et al.*, 2005).

Notre intérêt s'est porté plus particulièrement sur l'évaluation de l'efficacité de ces algues marines dans la production végétale d'un côté, et d'un autre coté sur le développement d'une nouvelle biomolécule à usage agricole face aux problèmes d'érosion génétique des algues.

Dans cette optique notre étude comporte trois étapes successives dont la première consiste à une synthèse bibliographique concernant les connaissances acquises dans ce domaine, la deuxième étape concerne les méthodes d'analyses utilisées et les conditions expérimentales et la dernière étape porte sur les résultats obtenus des paramètres retenus, ainsi que leurs discussions.

# **Chapitre 1 : Synthèse bibliographique**

## 1. Généralités sur la vigne

### 1.1. Position systématique

La vigne *Vitis vinifera* L., est une liane pérenne, à tiges sarmenteuses qui appartient à la famille des Vitacées (Aradhya *et al.*, 2003). Les Vitacées appartiennent à l'ordre des Rhamnales, comprenant 18 genres dont *Vitis* ; celui-ci est séparé en deux sous-genre, *Muscadinia* qui possède  $2n=40$  chromosomes et *Euvitis* à  $2n=38$  chromosomes (Alleweldt et Ossingham, 1988). A l'intérieur d'*Euvitis* on distingue trois groupes : un groupe européen (formé par *Vitis vinifera* Linné et *Vitis vinifera silvestris*), un groupe asiatique (une dizaine d'espèces, peu étudiées) et un groupe américain (une vingtaine d'espèces de grande utilisation viticole) (Huglin, 1986 in Attia, 2007) (Fig. 1).

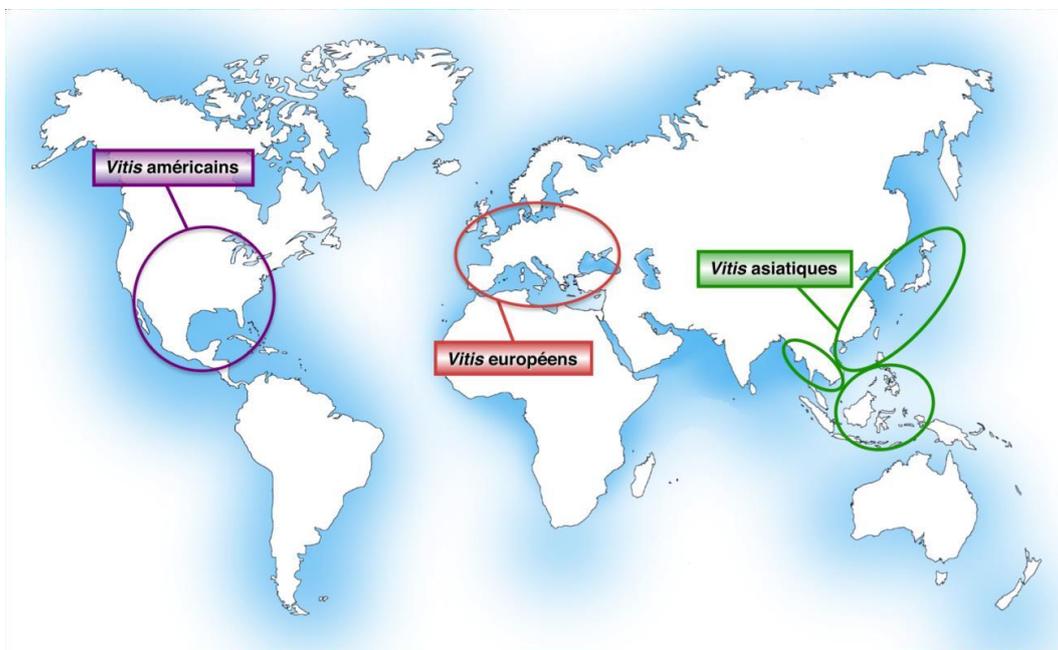


Figure 1 : Localisation géographique des groupes de *Vitis* américains, asiatiques et européens.

Selon Simon *et al.* (1992), la vigne cultivée appartient à la classification suivante :

Embranchement : Angiospermes  
Classe : Dicotylédones  
Sous-classe : Archichlamydées  
Ordre : Rhamnales  
Famille : Vitacées  
Genre : *Vitis*  
Espèce : *Vitis vinifera* L.

## 1.2. Cycle végétatif

Le cycle végétatif de la vigne se déroule sur un an selon différents stades phénologiques définis par (**Baggiolini, 1952 ; Eichhorn et Lorenz, 1977**). Après une période de dormance, les pleurs, qui correspondent à l'écoulement de sève brute à la surface des plaies de taille, confirme (**Kappel, 2010**) que cette période est suivie d'une reprise d'activité du bourgeon latent et la croissance, ajoute (**Reynier, 2005**) lorsque les bourgeons commencent à gonfler, les écailles protectrices s'écartent et laissent apparaître la bourre, puis les premières feuilles, des rameaux et des futurs organes reproducteurs d'où le nom de débourrement.

La floraison, rapidement suivie par la nouaison: le moment où les ovaires sont fécondés et commencent à grossir. Puis, vers le mois d'août, les baies changent de couleur, on dit qu'elle vére (on parle de *véraison*) (**Bretonneau et Fauve, 1990**) qui est suivie de la phase de maturation du fruit dont la fin sera déterminée par la date de vendange, en général vers septembre. Les tiges herbacées stoppent leur croissance et prennent un aspect brunâtre, elles se lignifient, c'est l'aoûtement : qui se manifeste par le développement d'une assise subérophello-dermique, éventuellement de parenchyme libérien et ligneux, suivie de brunissement de l'écorce, des rameaux et des vrilles (**Huglin et Schneider, 1998 ; Kappel, 2010**). Il s'accompagne d'une accumulation de réserves dans les futurs bois et se poursuit jusqu'au mois de novembre qui marque le début d'une nouvelle période de repos végétatif qui est considéré par la séparation des feuilles de la tige qui les porte (**Tison, 1900 in Galet, 2000**) Les réserves ainsi accumulées permettront la reprise du cycle végétatif l'année suivante.

## 1.3. Exigences pédoclimatiques de la vigne

### 1.3.1. Exigences climatiques

Selon **Briche (2011)**, pour se développer, la vigne a besoin d'un climat favorable avec notamment des exigences quant au rayonnement solaire, à la température et également à l'eau.

- *La lumière*, d'après **Simon et al. (1992)**, la vigne est une plante de jour long, qui nécessite un ensoleillement entre 1500 et 1600 heures/an. Lors de la phase lumineuse de la photosynthèse, une partie de l'énergie fournie par les rayons lumineux est captée par les pigments des cellules chlorophylliennes ; lors de la phase obscure, d'autres phases physico-chimiques ont lieu notamment pour la synthèse des sucres (**Huglin, 1986**).

- *La température*, La température joue un rôle primordial. En effet, le développement optimal de la vigne est limité par des seuils thermiques aux différents stades du cycle végétatif, notamment d'avril à septembre quand la vigne est active (**Briche, 2011**).

- *Source hydrique*, Il est inutile de préciser l'importance de l'eau chez les êtres vivants. Pour les plantes, elle assure la turgescence, et donc le port végétal. Elle permet le transport des substances minérale, nutritive, d'éléments issus du métabolisme, de facteurs de croissance

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

(Calu, 2004). D'après Lebon (2005), chez la vigne, la sécheresse provoque des pertes de rendements importantes en revanche une forte pluviométrie provoque un stress lors de la reproduction chez la vigne.

### 1.3.2. Exigences édaphiques

D'après Attia (2007), la vigne est une culture dont on attend des performances au travers d'une valorisation des milieux pauvres du point de vue agronomique et selon Huglin et Schneider (1998), la vigne s'adapte à une large gamme de sol, depuis les sols secs, pauvre jusqu'aux sols argilo-calcaires.

### 1.4. Alimentation minéral de la vigne

La vigne nécessite pour se développer sept macroéléments à savoir l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le soufre (S), le chlore (Cl) et six autres oligo-éléments à savoir le fer (Fe), le zinc (Zn), le bore (B), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo) (Marschner, 1989). Tous les éléments minéraux indispensables à la vigne jouent un rôle important dans son développement ; une carence de l'un d'entre eux est en mesure de freiner ou stopper la croissance de la plante (Serrano, 2001).

- L'Azote, c'est un facteur essentiel de la multiplication et de l'élongation cellulaire. Sa disponibilité a un effet direct sur la vitesse et la durée de la croissance végétative des pousses, le nombre et la vigueur des ramifications, ainsi que sur la croissance et le grossissement des organes reproducteurs (Soing, 2004). La carence en azote est assez rare chez la vigne dont les besoins sont modérés (Galet, 1995) Le manque d'azote se manifeste par un mauvais état général de la plante, un développement réduit et un jaunissement (jaune ou vert jaune) assez général du feuillage (Gautier, 1993) et une réduction de la vigueur des souches (Reynier, 2007) Les possibilités de synthèse protéique sont réduites et l'absorption du potassium limitée, d'où une réduction de croissance (Delmas, 1975). L'excès de fumure azotée peut entraîner chez la vigne une augmentation importante de la vigueur et par voie de conséquence, accroître la sensibilité aux attaques parasitaires (Avenard *et al.*, 2003).

- Le Phosphore, les besoins de la vigne en phosphore sont faibles. Il joue un rôle primordial au cours de la floraison et de la fructification (Soing, 2004 ; Khelil, 2009). La carence phosphorique est extrêmement rare dans les conditions de la pratique viticole. Elle entraîne une réduction de la croissance sans symptômes particuliers (Boulay *et al.*, 1986 ; Delas, 2000). Les travaux de Delmas (1975), en culture hydroponique ont mis en évidence une réduction du système racinaire et du feuillage, une diminution de la vigueur (croissance des rameaux) et de la fertilité des bourgeons et un retard de la maturation.

- Le Potassium, c'est un élément majoritaire surtout dans les tissus jeunes (Champagnol, 1984). Il joue un rôle particulièrement important chez la vigne, il n'entre dans la composition d'aucune substance organique (Delas, 2000). Il contrôle les mécanismes d'ouverture et de fermeture des stomates, la régulation de la transpiration et du pH cellulaire. C'est un élément très mobile dans la plante, ce qui lui permet d'être facilement transporté vers les sites d'utilisation et ensuite redistribué. Son abondance et sa mobilité en font le cation le plus important pour la réaction de la pression osmotique et donc de la turgescence vacuolaire

# Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

(Heller *et al.*, 1998). Le manque de potassium entraîne une réduction et une baisse de la qualité des fruits avant même l'apparition des symptômes (Boulay *et al.*, 1986). Les symptômes de carence concernent surtout les jeunes vignes (Reynier, 2007).

- *Le Magnésium*, est un constituant plastique des chlorophylles et il est nécessaire pour le maintien de l'intégrité de la structure fonctionnelle des chloroplastes (Galet, 1993). Selon Guilbault (2007), on observe une diminution de la vigueur et par conséquent de la surface foliaire ainsi qu'une diminution du rendement (phénomène de coulure) et des teneurs en sucres des baies liée à une activité photosynthétique réduite.

- *Calcium*, les besoins de la vigne en calcium sont généralement satisfaits (Reynier, 2007). La carence en calcium n'a été observée que sur des vignes alimentées par des solutions nutritives sous serre et parfois en sols acides (Delas, 2000).

- *Le Fer*, il entre dans toute une série de réactions enzymatiques de grande importance dans le métabolisme de la plante (catalase, peroxydase, cytochrome oxydase, ferrédoxine protéine, nitrate réductase, etc...) (Martin-Prével *et al.*, 1984). La carence en fer appelée également chlorose ferrique ou chlorose calcaire est un trouble du métabolisme du fer dans la plante, provoquée par un excès de calcaire dans le sol (Roby et Van Leeuwen, 2000).

- *Le Bore*, il intervient dans le transport et l'utilisation des sucres dans la plante, il joue un rôle dans les phénomènes de la fécondation, de la nouaison et de la coulure (Bogs *et al.*, 2006). Il n'est normalement absorbé que sous forme d'ion borique ( $\text{BO}_3^-$ ) et agit par formation de complexes boratés avec les sucres (Branas et Bernon, 1956). Chez la vigne, la carence en bore provoque des manifestations spectaculaires aux graves conséquences concernant des surfaces foliaires importantes (Delas, 2000) La carence en bore peut entraîner la stérilité ou la malformation des organes reproducteurs (COÏC et COPPENET, 2003).

- *Le Cuivre*, la carence en cuivre est inconnue en viticulture. En effet, les sels de cuivre ont constitué l'unique moyen de lutte contre le mildiou (maladie fongique). Les résidus des traitements se sont accumulés dans les sols viticoles, jusqu'à un niveau tel que le seul problème posé aujourd'hui par le cuivre est celui de son éventuelle toxicité dans les sols acides (Delas, 2000).

- *Le Zinc*, il intervient dans le métabolisme des glucides, il est nécessaire à la formation des auxines et il joue un rôle stimulateur dans la production de l'acide ascorbique. C'est un oligoélément indispensable à la croissance et à la fructification (Ribereau-Gayon et Peynaud, 1971). Le zinc favorise la néoformation des racines sur les boutures de vigne et augmente le nombre de racines charnues (Moretti *et al.*, 2003). Les symptômes de carence se caractérisent par une chlorose spécifiquement internervaire et les feuilles carencées sont plus petites que les feuilles saines (Soltner, 2000)

## 1.5. Importance de la vigne

### 1.5.1. Intérêt économique

A l'échelle mondiale *Vitis vinifera* est l'espèce viticole la plus commune et la plus importante au niveau économique (Galet, 1993) et selon (Vivier et Pretorius, 2002) même le

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

raisin produit à partir du genre *Vitis* est le fruit au premier rang parmi les productions fruitières dans le monde, du point de vue de sa production ainsi que son importance économique. La production mondiale de raisin en 2005 était de 74499859 tonnes pour une superficie totale de 7,385 millions de ha (**Anonyme, 2014**). D'après **El-Heit (1981)**, le développement de la vigne en Algérie a commencé les années 1860 et sa production annuelle moyenne entre 2000 et 2006 était de 275 mille tonnes (**Montgomery, 2009**).

Cette importance économique de la vigne explique sans doute en partie qu'elle soit la quatrième plante dont le génome a été séquencé (**Jaillon et al., 2007; Velasco et al., 2007**) après *Arabidopsis thaliana*, *Oryza sativa* (le riz) et *Populus trichocarpa* (le peuplier). Le séquençage a révélé l'existence de 30434 gènes. Le transfert des connaissances acquises depuis les plantes modèles sur la vigne a notamment permis de prédire de nombreux gènes de résistance (**Velasco et al., 2007**).

### 1.5.2. Autres intérêts

Les parties utilisées de la vigne sont les fruits, les feuilles, la sève, le bois et les sarments (**Judd et al., 2002 ; Iserin, 2001**). Les feuilles de la vigne sont astringentes et anti-inflammatoires sous forme d'infusion, elles soignent les diarrhées, les règles et hémorragies utérines. Elles soignent également les aphtes (**Iserin, 2001**).

Le bois des ceps de vigne, se conserve longtemps, et sert à fabriquer divers objets, notamment des cannes. Les sarments de vignes se substituent parfaitement aux charbons utilisés pour les barbecues (**Judd et al., 2002**).

## 2. les algues marines et leurs parts dans la biostimulation de croissance

### 2.1. Généralité sur la biostimulation

L'emploi du terme biostimulant semble particulier aux dix dernières années. Ses définitions sont nombreuses à travers la littérature scientifique. Cependant, peu de textes se consacrent entièrement au concept. Selon la compagnie Elorisan-GmbH, un biostimulant est «une substance capable de contrôler les processus des métabolismes biologiques, sans participer aux processus eux-mêmes» (**Elorisan-Vertriebs GmbH, 1996**).

Pour leur part, **Elliott et Prevatte (1996)** définissent un biostimulant comme un produit non nutritif promoteur de la croissance des plantes. Pour la présente étude, on préférera la définition de **Russo et Berlyn (1990)**, plus précise et fréquemment rencontrée dans la littérature, selon laquelle «un biostimulant est une préparation différente des engrais qui, sous certaines conditions et à de très faibles doses, permet de réduire l'utilisation de fertilisants, d'augmenter le rendement des cultures, ou d'améliorer la résistance des plantes aux stress».

Les biostimulants agissent à des doses très faibles de matière active par hectare, et les formulations possibles sont aussi diverses que leurs propriétés. Ces produits sont généralement des mélanges de composés plus ou moins définis (hormones, vitamines, acides

# Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

organiques, sucres, protéines, etc.) (Russo et Berlyn, 1990 ; Hervé, 1994 ; Kloareg *et al.*, 1996).

Les biostimulants, produits de synthèse ou d'extraction, disposent potentiellement d'une multitude de types d'activités. On compte par exemple des actions hormonales, des implications dans le transport membranaire, dans l'amélioration de la photosynthèse, dans la régulation de la disponibilité des nutriments, et dans la réduction des éléments toxiques, et l'induction systémique de résistance aux stress, etc. (Russo et Berlyn, 1990 ; Hervé, 1994 ; Kloareg *et al.*, 1996).

Les biostimulants ne sont donc pas des "additif" à caractère nutritif. Ils peuvent être considérés comme une sous-classe de régulateurs de croissance des plantes (Hervé, 1994). Les régulateurs de croissance en général influencent le phénotype, l'expression ou l'inhibition de certaines activités ou fonctions métaboliques des plantes, avec souvent une conséquence visuelle marquée. L'étude de ces substances est généralement fort complexe, car ni leur composition et ni leurs modes d'action ne sont clairement déterminés.

L'intérêt de l'utilisation agricole des biostimulants est alors évident, via la limitation des intrants chimiques, réduire les risques de pollution associés aux apports excessifs. Les biostimulants pourraient en effet pallier les pertes de rendement relatives à la limitation de l'usage des intrants chimiques (engrais et produits phytosanitaires). La biostimulation offre également un sérieux avantage écologique, car la grande majorité des composants d'un biostimulant sont facilement métabolisables dans le sol, et car les quantités apportées sont minimales. Il est toutefois très important de mieux comprendre les mécanismes d'action et les méthodes d'application de ces produits, afin d'éviter que le marché ne soit envahi par des produits inefficaces ou mal adaptés.

Seules des preuves scientifiques de l'efficacité des biostimulants en agriculture, limitent leur expansion. L'effet de l'utilisation de biostimulants est tout de même bien documenté (Goatley et Schmidt, 1990, 1991 ; Russo et Berlyn, 1992 ; Heckman, 1995 ; Kloareg *et al.*, 1996 ; Revatte, 1996 ; Carroll *et al.*, 1996 ; Gibbons *et al.*, 1996 ; Kelting *et al.*, 1998). A ce jour, le biostimulant le plus utilisé et étudiés sont les préparations à base d'algues (Metting *et al.*, 1990).

## 2.2. Les algues marines en agriculture

Les algues marines sont considérées comme l'une des plus importantes ressources durables (Sridhar et Rengasam, 2011) avec un potentiel industriel (Wijesinghe et Jeon, 2012). La composition des macroalgues offre une excellente occasion d'étudier une diversité de composés biologiquement actifs (Athukorala *et al.*, 2003 ; Thomas et Kim, 2013) qui montrent un éventail de caractéristiques physiologiques et biochimiques (Michalak et Chojnacka, 2015). Les extraits dérivés d'algues contiennent des composants comme les polysaccharides (par exemple le galactane, le fucoidane, l'alginate), des protéines (par exemple, des lectines), les acides gras (AGPI), les pigments (par exemple, les chlorophylles, les

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

---

caroténoïdes), les polyphénols (par exemple, les acides phénoliques, flavonoïdes, acide cinnamique, isoflavones, acide benzoïque et ligament nans, l'acide abscissique, quercétine), des minéraux (par exemple, K, Mg, Ca et Na), et plante les hormones de croissance (par exemple, les cytokinines, les auxines, les gibbérellines) (Chojnacka *et al.*, 2012).

La recherche scientifique a prouvé que certain métabolite d'algue montre un potentiel antioxydant, antiprolifératif (Yuan et Walsh., 2006) , antidiabétique (Nwosu *et al.*, 2008), anti-inflammatoire (Khan *et al.*, 2008), antiallergique (Samee *et al.*, 2009) et propriétés anti-VIH ( Schaeffer et Krylov, 2000). En raison de leur composition et les propriétés fonctionnelles qu'ils sont utilisé comme nourriture humaine (Hold et Kraan, 2011) en particulier en Asie (Chine, Japon et Corée) et comme alimentation animale (Fleurence, 1999).

De nombreux effets bénéfiques y sont rapportés en agronomie, tel l'amélioration du taux de germination, l'augmentation des rendements, l'augmentation de la résistance au froid, à certaines maladies, l'intensification de l'absorption des éléments minéraux du sol ou encore la durée de conservation des fruits (Jolivet *et al.*, 1991). Du à leur activités stimulante de croissance, des formulations d'algues sont utilisées comme biostimulants dans la production végétale (Khan *et al.*, 2009 ; Rathoret *et al.*, 2009). Selon Yvin (1994), les effets biostimulants de ces préparations à base d'algues sont : (i) Un accroissement de la résistance des plantes aux conditions environnementales et aux agressions fongiques et parasitaires, (ii) Une amélioration de la croissance et du développement des plantes et donc du rendement qualitatif et quantitatif des cultures, (iii) Une intensification de l'absorption des éléments minéraux du sol, (iv) Un rôle bénéfique sur la germination des semences.

Ajoute Sivasankari (2006), que les extraits de liquide marin sont devenus plus importants dans l'agriculture surtout comme des pulvérisations foliaire car ils contiennent des hormones favorables ou des traces éléments (Fe, Cu, Zn et Mn) qui, ajoutés au sol ou appliqué aux graines, stimuler la croissance des plantes. Ces derniers utilisés comme engrais ont donné des résultats positifs dans de nombreuses applications. Lorsqu'ils sont appliqués aux cultures de fleurs, fruits et légumes, des améliorations ont inclus des rendements plus élevés, une germination précoce des graines, un accroissement de la résistance aux stress biotique et abiotique grâce aux propriétés antioxydantes des algues et l'amélioration de la durée de conservation des produits périssables (Khan *et al.*, 2009).

### 2.3. Présentation du modèle biologique *Ulva Sp*

#### 2.3.1. Critères d'identification et position systématique

*Ulva sp* se présente sous forme d'un thalle foliacé, très polymorphe. Les petits disques formés de nombreux rhizoïdes sont issus des cellules basales. Elle mesure entre 10 et 30 cm de diamètre, très disponible dans les stations calmes et eutrophisées (Fig. 2). Elle est classée comme suite (Agardh, 1823) :

## Chapitre I : Synthèse Bibliographique

Phylum : Chlorophyta  
 Classe : Ulvophyceae  
 Ordre : Ulvales  
 Famille : Ulvaceae  
 Genre : *Ulva*  
 Espèce : *U.sp.* (C. Agardh)



**Figure 2 : Aspect générale d'*Ulva sp.* (originale, 2017).**

### 2.3.2. Caractéristiques phytochimiques d'*Ulva sp*

*Ulva* est généralement connue sous le nom commun de la laitue de mer. Sa morphologie lui permet l'assimilation nutritive rapide, la haute capacité de stocker des substances nutritives et la reproduction massive spontanée (**Santelices et Ugare, 1987**). Elle est riche en constituants minéraux dont a identifié une série de métaux dont le contenu peut varier en fonction de la zone de laquelle les algues ont été récoltées. Dans le tableau (2) il y a les valeurs obtenues pour les métaux, tandis que dans le tableau (3) une série d'halogène (**Sirbu et al., 2006**)

**Tableau 2. Le contenu en métaux de l'*Ulva Rigida* rapporté a la matière sèche à 105 °C**

Na, mg/g	3,8 ± 0,2	Cu, µg/g	9,4 ± 0,5
K, mg/g	16,6 ± 0,3	Mn, µg/g	17,0 ± 0,2
Ca, mg/g	10,6 ± 0,6	Sr, µg/g	85 ± 1
Mg, mg/g	38,1 ± 0,9	Mo, µg/g	22
Fe, mg/g	77,0 ± 1,3	Pb, µg/g	9,4
Zn, mg/g	32,8 ± 0,5	Pertes a 105 °C, %	12,3
Cr, µg/g	1,2	Cendre, %	23,4
Co, µg/g	4,6	Résidu insoluble dans HNO <sub>3</sub> , %	0,7
Ni, µg/g	3,5		

**Tableau 3. Le contenu en halogènes (mg/g) de l'*Ulva Rigida***

Halogène	Contenu (mg/g)
Chlore	13,6
Brome	0,189
Iode	0,033

## 3. Importance des formulations

### 3.1. Définition des formulations

La formulation est, par définition, «l'ensemble des connaissances et des opérations mises en œuvre lors du mélange de l'association ou de la mise en forme d'ingrédients (matières premières) souvent incompatibles entre eux de façon à réaliser un produit caractérisé par une fonction d'usage» (Aubrey et Schorsch, 1999).

Les produits formulés sont destinés à remplir une fonction principale, appelée fonction d'usage. Contrairement à la synthèse chimique, on évite en formulation que les produits réagissent entre eux lors du mélange, puis lors du stockage et de la préparation. La réaction doit se produire précisément au moment où le produit remplit sa fonction d'usage (réactivité retardée) (Schorsch, 2000).

### 3.2. Les composants d'un produit formulé

D'après Smith (2006), un produit formulé ou un composé formulé est constitué d'une molécule active (matière active) et d'un adjuvant.

- *Matière active* : Une matière active est une matière première permettant de remplir la fonction d'usage d'un produit.

- *Adjuvant* : Un adjuvant permet d'augmenter l'efficacité, la sécurité, la manipulation et l'application d'une matière active en modifiant ces caractéristiques physique ou chimique.

### 3.3. Types de formulations

D'après Martini et Seiller (2006), les produits formulés se présentent sous forme la liquide, solide ou gazeuse.

- *Les formulations liquides incluent*: les concentrés émulsifiables, les suspensions concentrées, les suspensions en microcapsules, les solutions.

- *Les formulations solides comprennent* : Les poudres solubles, les appâts, les granulés, les comprimés, les pastilles, les pâtes granulées, les granulés solubles, et les poudres mouillables,

- *Les formulations gazeuses* (=fumigants) : Elles sont disponibles sous forme solide, liquide ou gazeuse.

### 3.4. Importance de formulation

Le premier rôle d'une formulation est donc d'améliorer les performances des principes actifs en permettant notamment une réduction des doses d'emploi limitant ainsi leur impact sur la faune et la flore. Pour pallier aux problèmes de pertes lors de l'utilisation des produits phytosanitaires, Il est également intéressant de rappeler les étapes et les points clés de l'application d'un produit phytosanitaire sur une culture (**Holloway, 1993**). La première étape d'une application part de la pulvérisation jusqu'à l'impact sur la plante cible. La seconde étape part de la formation de dépôt à l'expression de l'activité biologique. En effet après dépôt sur la feuille, des pertes de matière active sont encore envisageables (**Holloway et Stock, 1990**). Comme il a été déjà mentionné, les pertes de matière active sont très importantes durant la pulvérisation, c'est-à-dire entre la formation de gouttelettes, la rétention du liquide, et la formation du dépôt. Les phénomènes les plus importants à l'origine de ces pertes sont la volatilisation, la dégradation photochimique, la cristallisation et surtout le rebond et le ruissellement de gouttelettes (**Gauvrit, 1995**).

**Gauvrit, (1994)**, avance que le rôle majeur des produits formulés s'exprime lors de l'impact des gouttelettes de produit sur la feuille. En effet, comme ils diminuent la tension superficielle de l'eau, ils permettent aux gouttelettes de s'étaler sur la cible. Cet étalement augmente l'adhésion de la bouillie à la surface foliaire et donc la probabilité d'accrochage (pour un diamètre donné). A l'échelle de la plante entière, on observe une rétention plus élevée de la bouillie du produit, d'où le nom d'effet mouillante, qui peut améliorer la sécurité et la commodité d'emploi de ces produits, leur stabilité et éventuellement leur capacité à pénétrer dans le végétal (**Vernner et Bauer, 2007**). Ce qui permet de créer un produit efficace (**Aubrey et Schorsch, 1999**).

# **Chapitre 2 : Matériel et Méthodes**

### Objectif de l'expérimentation

L'objet de ce travail consiste en une mesure de l'efficacité de l'extrait de l'algue (*Ulva sp*) et d'un développement d'une nouvelle biomolécule à usage agricole, et évaluer la part de cette algue marine dans l'expression de la vigueur végétative chez la vigne (*Vitis vinifera*).

### 1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

L'essai de la présente étude a été réalisé au niveau la pépinière El Fertas (Quatre chemin, route de Soumaa, Blida) durant la période 01/06/2017 – 28/07/2017.

L'expérimentation est réalisée dans un endroit dégagé de 100 m<sup>2</sup> de surface (Fig.3) sous des conditions non contrôlées.



Figure 3: Présentation du site expérimental (Google earth, 2017).

## 2. Matériel d'étude

### 2.1. Matériel végétal

Nous avons choisi comme culture pour la réalisation de notre travail la vigne *Vitis Vinifera*.

L'expérimentation a été menée sur des plants greffés- soudés de vigne (Var. Red globe). Les plants de vigne repiqués dans des conteneurs en plastiques opaque de 20 cm de hauteur et 15 cm de diamètre, ayant une capacité de 1500 ml et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la quantité d'eau excédentaire. Les conteneurs sont remplis de sol. L'arrosage a été effectué selon les besoins des plants. Les plants nous sont fournis par un multiplicateur de plants de vigne de la région de l'Arbaa (Wilaya de Blida) (Fig. 4).



**Figure 4: Feuillaison des bouture de vigne (Originale, 2017)**

### 3. Méthodes d'étude

#### 3.1. Récolte et séchage de l'algue marine *Ulva sp*

Les algues marines sont présentes dans toutes sortes de milieux, à différents niveaux des rochers. La récolte se fait à la main puisque elle se détache facilement de son support et selon **Céva (2006)**, il faut laisser le crampon et un morceau de chaque algue accroché à son support, cela permet la repousse de l'algue pour l'année suivante. Le séchage est préconisé après avoir rincé les algues obtenues de l'eau de mer, afin d'éliminer le contenu d'eau sans dégrader la qualité organoleptique de l'algue. Pour ce faire, l'algue ainsi nettoyée est mise dans une étuve ventilée réglée à 45C° pendant 24h. Après séchage, l'algue est réduite en poudre grâce à un broyeur à hélice.

#### 3.2. Préparation d'extrait aqueux

Selon la méthode d'écrite par **Roy *et al.* (2011)**, dans une fiole, 60g de poudre sont introduit avec 400ml d'eau distillée, ce mélange est mis en agitation horizontale à température ambiante pendant 72 heure sur un agitateur magnétique. Le macérât est centrifugé à 4000tr/min pendant 15 minutes. Le surnageant (extrait aqueux brut) est récupéré puis conservé à l'obscurité et à basse température dans des flacons de couleur sombre.

#### 3.3. Préparation des formulations

Les formulations sont préconisées dans le but d'optimiser l'activité biologique des l'extrait aqueux de *Ulva sp*. La formulation a été réalisée au niveau du Laboratoire de Phytopharmacie du Département des Biotechnologies, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université de Blida1.

## Chapitre II : Matériel et méthodes

---

- *Formulation 1*, a été préparée selon la méthode décrite par **Lesueur (2006)**. Elle est préparée par un mélange contenant 70% d'extrait aqueux et de 30% de solvant et d'émulsifiant ;

- *Formulation 2*, a été préparée selon la méthode décrite par **Chaichi et Djazouli (2017)**. Elle est obtenue par l'utilisation d'extrait aqueux brut (60%) comme matière active à laquelle un mélange de mouillant, de pénétrant et de tension actif sont ajoutés, après une agitation active à l'UltraTurrax IKA.

### 3.4. Préparation des dilutions et application des bioproduits

Les deux formulations préparées à base d'extrait aqueux *Ulva sp* ainsi que l'extrait aqueux brut d'*Ulva sp* ont été dilués selon deux concentrations. Une seule dose a été préconisée (4ml d'extrait aqueux brut ou formulé + 500 ml d'eau à usage normale). Les potentialités phytofortifiantes des extraits aqueux bruts et formulés d'*Ulva sp* sont évaluées par application foliaire.

## 3. Méthode d'étude

### 3.1. Dispositif expérimental et conduite de l'essai

L'essai est réalisé en bloc aléatoire complet. Le dispositif expérimentale est composé de 4 blocs, les blocs sont distantes de 10 cm les uns des autres, chaque blocs contient 10 plants par traitement (40 plants =unité expérimentale). Les plantules sont irriguées régulièrement selon leur besoin par l'eau du robinet (Fig. 5).

Nous avons décidé d'appliquer les préparations algales dès que les feuilles présentent un développement suffisamment important (maturité physiologique) que pour pouvoir effectuer les mesures.

Les blocs expérimentaux sont désignés comme suite :



**Figure 5: Dispositif expérimental (Original, 2017)**

**Bloc 1:** Témoin (Eau) n'ayant reçu aucun biofertilisants, mais il est pulvérisé par de l'eau courante à chaque apport des préparations algales. L'unité expérimentale est irriguée par de l'eau courante selon besoin ;

**Bloc 2:** Formulation 1 (F1), reçoit une pulvérisation foliaire par l'utilisation de la formulation 1 jusqu'à égouttage des feuilles. L'apport est renouvelé chaque 10 jour. L'unité expérimentale est irriguée par de l'eau courante selon besoin ;

**Bloc 3: Extrait aqueux brut (Brut),** reçoit une pulvérisation foliaire par l'utilisation de l'extrait aqueux brut jusqu'à égouttage des feuilles. L'apport est renouvelé chaque 10 jour. L'unité expérimentale est irriguée par de l'eau courante selon besoin ;

**Bloc 4:** Formulation 2 (F2), reçoit une pulvérisation foliaire par l'utilisation de la formulation 2 jusqu'à égouttage des feuilles. L'apport est renouvelé chaque 10 jour. L'unité expérimentale est irriguée par de l'eau courante selon besoin.

Au total, 4 apports de préparations algales ont été réalisés durant la période d'essai. Avant chaque application de traitement deux feuilles sont prélevés de chaque plants au niveau des quatre blocs afin d'estimer les paramètres morphologiques et physiologiques.

### 3.2. Evaluation de la vigueur et de l'expression végétative

#### 3.2.1. Nombre de feuilles et feuille émises

Le principe consiste à faire un comptage des feuilles de chaque plante. Et pour chacun des traitements.

#### 3.2.2. Estimation du poids frais des feuilles

La biomasse fraîche des feuilles été effectuée par pesée avec une balance de précision (exprimées en gramme).

#### 3.2.3. Estimation du poids sec des feuilles

La biomasse sèche a été effectuée par pesée de la matière sèche après étuvage à 80 °C de la matière fraîche pendant 2h. (Exprimées en gramme)

#### 3.2.4. Estimation de la teneur en eau des feuilles

Selon les lois physiques

La teneur en eau peut être mesurée directement en pesant d'abord l'échantillon, ce qui détermine une masse :  $P_f$ , puis le pesant après l'avoir passé dans une étuve pour faire s'évaporer l'eau : on mesure ainsi un poids. ( $P_s$ ), nécessairement inférieur au précédent.

On obtient alors la valeur de la teneur en eau selon la relation :

$$T_{eau} = P_f - P_s$$

#### 3.2.5. Estimation de la surface foliaire

La connaissance de la surface foliaire de la vigne présente un intérêt majeur. Il a été montré que le potentiel œnologique du raisin est étroitement lié au rapport entre la surface foliaire et la quantité de fruit (CHAMPAGNOL, 1984)

Le principe consiste à étalées les feuilles sur un papier millimétré on faisant apparaitre clairement les rebords. Les feuilles ainsi étalées sont prises en photos par un appareil photos numérique en gardant le même taux de pixel. Les photos numérisées sont traités par le logiciel ImageTool ver. 3.0.

#### 3.2.6. Estimation de la surface foliaire spécifique

Surface Foliaire Spécifique (SLA)

La surface foliaire spécifique est définie comme :

Avec :

$$SLA = \frac{SF}{MS}$$

*Feuilles*

## Chapitre II : Matériel et méthodes

---

SLA : Surface Foliaire Spécifique (cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> )

SF : Surface Foliaire (cm<sup>2</sup> pl<sup>-1</sup> )

MS feuille : Matière Sèche des feuilles (g pl<sup>-1</sup> )

Du fait d'un épaississement du limbe lors du vieillissement de la feuille, le SLA d'une feuille donnée a tendance à diminuer avec son âge physiologique (Tanaka et al. 1974a;1974b). L'évolution du SLA sur le fonctionnement physiologique de la plante au cours de la croissance du feuillage.

Outre cet effet de l'âge, la position de la feuille jouera un rôle sur le SLA. En effet, une feuille à l'ombre aura tendance à avoir une surface plus grande pour une même biomasse, son SLA sera donc supérieur (Tanaka et al. 1974a; 1974b).

### 3.3. Estimation de l'activité photosynthétique

D'après le protocole proposé par **Lichtenthaler (1987)** pour mesurer la chlorophylle et les caroténoïdes. 0,1 g de matière végétale fraîche est broyée dans l'acétone 4 ml (80%) et L'extrait obtenu est centrifugé à 3000 tours pendant 10min. L'absorbance de la totalité des surnageant obtenus est mesuré à 647, 664, et 470 nm par un spectrophotomètre UV. La concentration en chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïde est donnée par la formule suivante:

$$\text{Chl}_a = 12.21(A_{664}) - 2.79(A_{647})$$

$$\text{Chl}_b = 21.21(A_{647}) - 5.1(A_{664})$$

$$\text{Caroténoïde} = (1000A_{470} - 1.8\text{Chl}_a - 85.02 \text{Chl}_b) / 98$$

$$\text{Chl}_T = \text{Chl}_a + \text{Chl}_b$$

### 4. Analyses statistique des données

L'analyse statistique a concerné l'impact des différentes préparations algales sur la vigueur et l'expression végétative chez la vigne (*Vitis vinifera*). Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V.<15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9.

# **Chapitre 3 : Résultats**

La présente étude vise l'estimation des potentialités phytofortifiantes de préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp* par évaluation de la vigueur et de l'expression végétative de la vigne *Vitis vinifera*

### 1. Evaluation de l'effet des préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine sur la vigueur et l'expression végétative de la vigne

La réaction des traits de vigueur et de l'expression végétative de la vigne *Vitis vinifera* a été étudiée sous l'effet de deux formulations à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp*. Nous avons considéré le nombre de feuilles, les feuilles émises, la surface foliaire et la surface foliaire spécifique et la teneur en eau des feuilles comme paramètres ayant la capacité de dévoiler l'aptitude des extraits d'algues marines de contribuer à la couverture des besoins de la vigne.

#### 1.1. Effet sur la densité foliaire

La présentation graphique en Box-Plot des données expérimentales est avancée dans le but d'apprécier la variation de la vigueur et de l'expression végétative de la vigne sous l'effet des différentes préparations algales à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp* (Fig. 6 A). La comparaison de la densité foliaire exprimée par le nombre de feuilles sous l'effet des traitements annonce une similarité dans le nombre de feuilles entre la formulation F1 ( $Q_1=18,92$ ,  $Q_2=20,05$ ,  $Q_3=21,55$ ) et la formulation F2 ( $Q_1=18,8$ ,  $Q_2=21,35$ ,  $Q_3=22,25$ ). Cependant, le nombre de feuilles signalé sous l'effet de l'extrait aqueux brut ( $Q_1=16,75$ ,  $Q_2=18,25$ ,  $Q_3=19,45$ ) et l'eau ( $Q_1=16,55$ ,  $Q_2=17,60$ ,  $Q_3=18,95$ ), se présente moins important par rapport aux extraits formulés.

Une analyse type G.L.M a été utilisée pour chaque facteur étudié. Les résultats graphiques sont consignés dans la figure (Figure 6 B et C). À partir des résultats obtenus, nous remarquons que le temps d'exposition n'enregistre aucun effet significative sur le nombre de feuilles de *V. vinifera* pour l'ensemble des traitements ( $p>5\%$ ) (Fig. 6 B). En revanche, la nature des préparations algales a enregistré une différence marginalement significative concernant le nombre de feuilles ( $p>5\%$ ) (Fig. 6B). Le test de comparaison multiple Post-Hoc de Tukey, désigne la présence de 2 groupes homogènes relatifs aux paliers de densité foliaire. Le premier palier rapporte que les préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp* (F2 et F1) expriment le nombre de feuilles le plus important, affiliée au groupe homogène (a). Le deuxième palier est remarquable chez l'extrait aqueux brut d'*Ulva sp* et l'eau montrant un nombre de feuilles modérée, affilié au groupe homogène (b) (Fig. 6 C).

### 1.2. Effet sur l'émission des feuilles

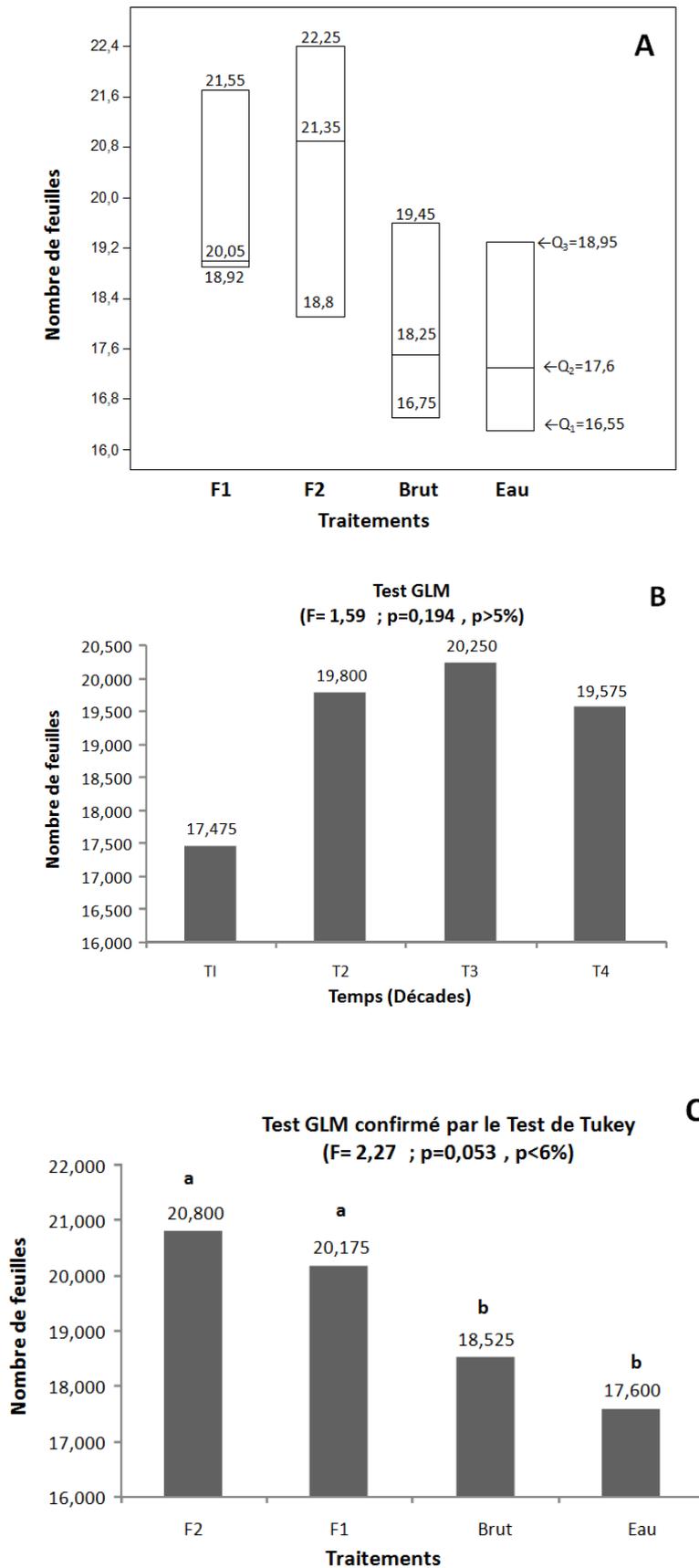
Selon le mode de préparation des préparations algales, la comparaison du nombre de feuilles émises annonce une gradation positive d'effet selon le gradient suivant : Eau ( $Q_1=6,1$ ,  $Q_2=6,45$ ,  $Q_3=7,7$ ) < Extrait aqueux brut ( $Q_1=7$ ,  $Q_2=7,9$ ,  $Q_3=8,42$ ) < Formulation F1 ( $Q_1=7,32$ ,  $Q_2=8,50$ ,  $Q_3=10,12$ ) < Formulation F2 ( $Q_1=7,85$ ,  $Q_2=8,60$ ,  $Q_3=11,37$ ) (Fig. 7A).

Les résultats obtenus par le modèle GLM, montrent que le temps d'exposition aux préparations algales influe significativement sur les feuilles émises (Fig. 7B). Les résultats du test de Tukey désignent l'existence de deux groupes homogènes.

La quatrième décennie affiche le plus fort nombre de feuilles émises (groupe homogène a). Cependant, les trois premières décades exposent un nombre réduit en feuilles émises (groupe homogène a) (Fig. 7 B).

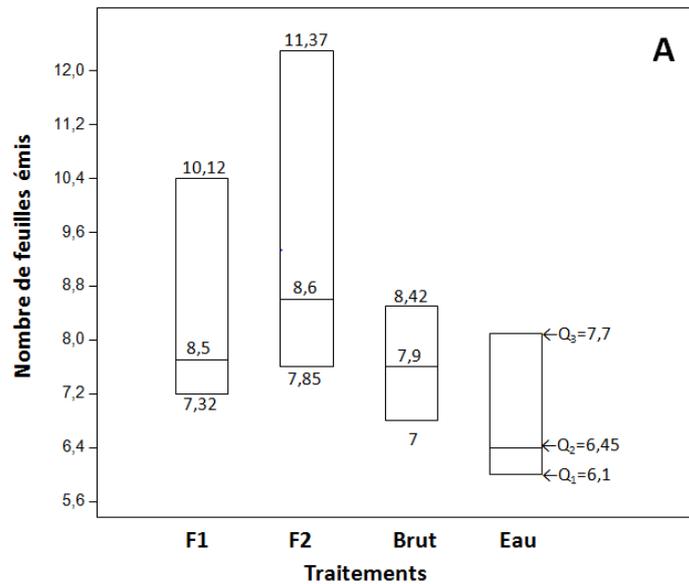
À propos des potentialités des préparations algales, le test de Tukey fait constater une nette différence des formulations F2 et F1 de l'extrait aqueux d'*U. sp.*, qui se traduit par une forte émission de feuilles (groupe homogène a) par rapport à l'extrait brut et à l'eau qui enregistrent des émissions moins importantes de feuilles (groupe homogène b) (Fig. 7 C).

## Chapitre III : Résultats

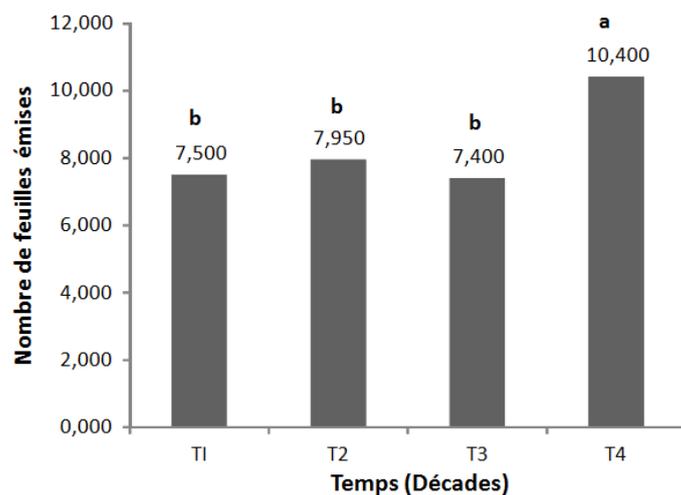


**Figure 6: Variation du nombre de feuilles de vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

## Chapitre III : Résultats



Test GLM confirmé par le Test de Tukey  
( $F=7,81$  ;  $p=0,000$  ,  $p<0,1\%$ )



Test GLM confirmé par le Test de Tukey  
( $F=2,48$  ;  $p=0,063$  ,  $p<6\%$ )

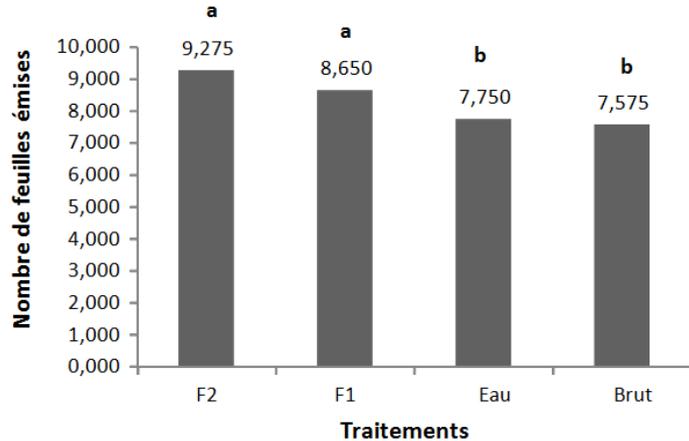


Figure 7: Variation du nombre de feuilles émises de vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine

### 1.3. Effet sur l'extension foliaire

#### 1.3.1. Effet sur la surface foliaire

Les variations notées dans le quartile 3 (Q3) au niveau des BoxPlot font ressortir que la formulation F2 (Q3=33,57) favorise la croissance en surface foliaire chez la vigne. La surface foliaire se trouve secondairement influencée graduellement par l'extrait aqueux brut (Q3=30,02) puis la formulation F1 (Q3=26,94). Les plants de vigne témoin (eau) (Q3=18,11) enregistrent les surfaces les plus faibles (Fig. 8 A).

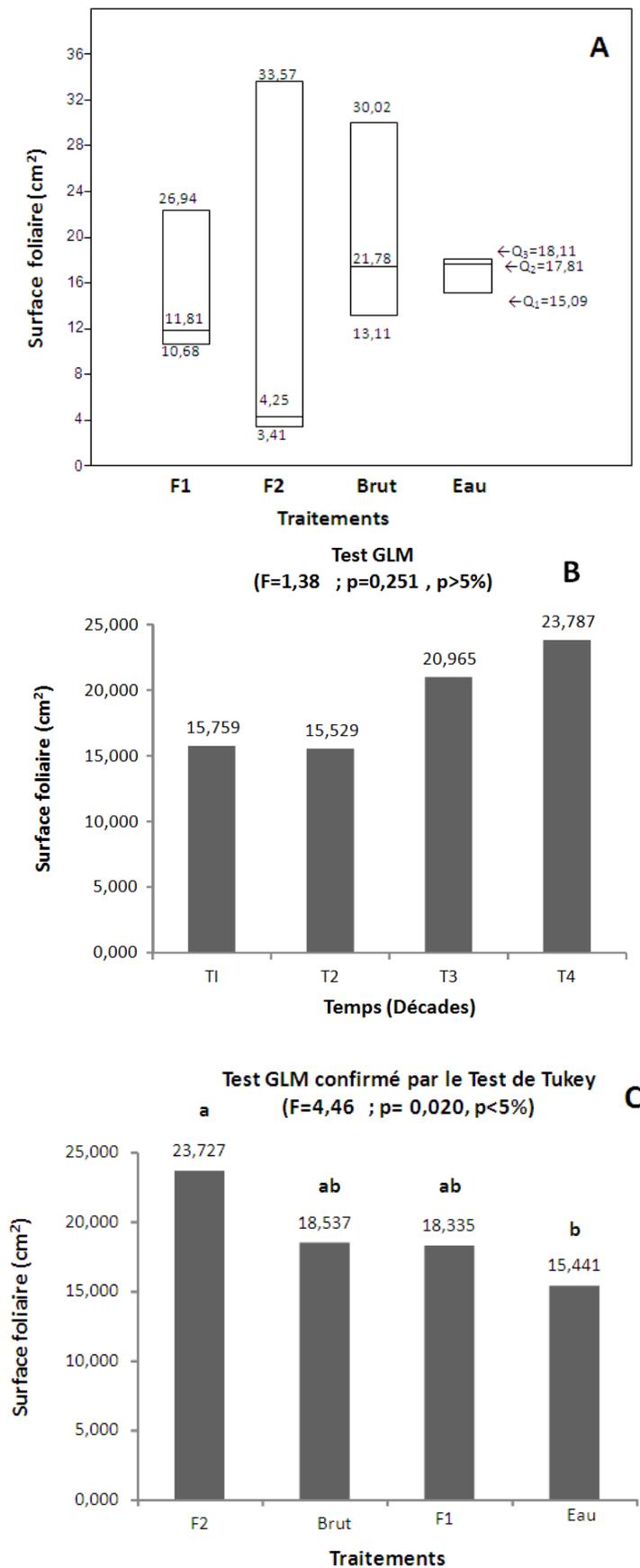
Concernant, le facteur temps, l'analyse de la variance montre que la surface foliaire n'est nullement influencée par la période d'exposition aux différents (p>5%) (Fig.8 B). Toutefois, pour le facteur préparations algales, l'analyse de la variance montre que la surface foliaire est significativement tributaire de la nature de l'extrait aqueux (p<5%) (Fig.8 C). Les résultats du test de Tukey montrent la présence de 3 groupes homogènes relatif à l'expansion foliaire (a, ab et b), dont la surface foliaire la plus marquée est allouée à la formulation F2 formant ainsi le groupe homogène (a), par conséquent le groupe homogène (ab) renferme simultanément l'extrait aqueux brut et la formulation F. Enfin, le plus faible surface foliaire est signalée sous l'application de l'eau (groupe homogène b) (Fig. 8 C).

#### 1.3.2. Effet sur la surface foliaire spécifique

Selon le mode de préparation des préparations algales, la comparaison des surfaces foliaires spécifiques de *Vitis vinifera* annonce une gradation positive d'effet selon le gradient suivant : Eau (Q<sub>1</sub>=121,458, Q<sub>2</sub>=145,408, Q<sub>3</sub>=331,72) > Extrait aqueux brut (Q<sub>1</sub>=122,04, Q<sub>2</sub>=184,79, Q<sub>3</sub>=248,63) > Formulation F2 (Q<sub>1</sub>=164,79 Q<sub>2</sub>=169,77, Q<sub>3</sub>=241,50) > Formulation F1 (Q<sub>1</sub>=101,25, Q<sub>2</sub>=158,30, Q<sub>3</sub>=226,49) (Fig. 9 A).

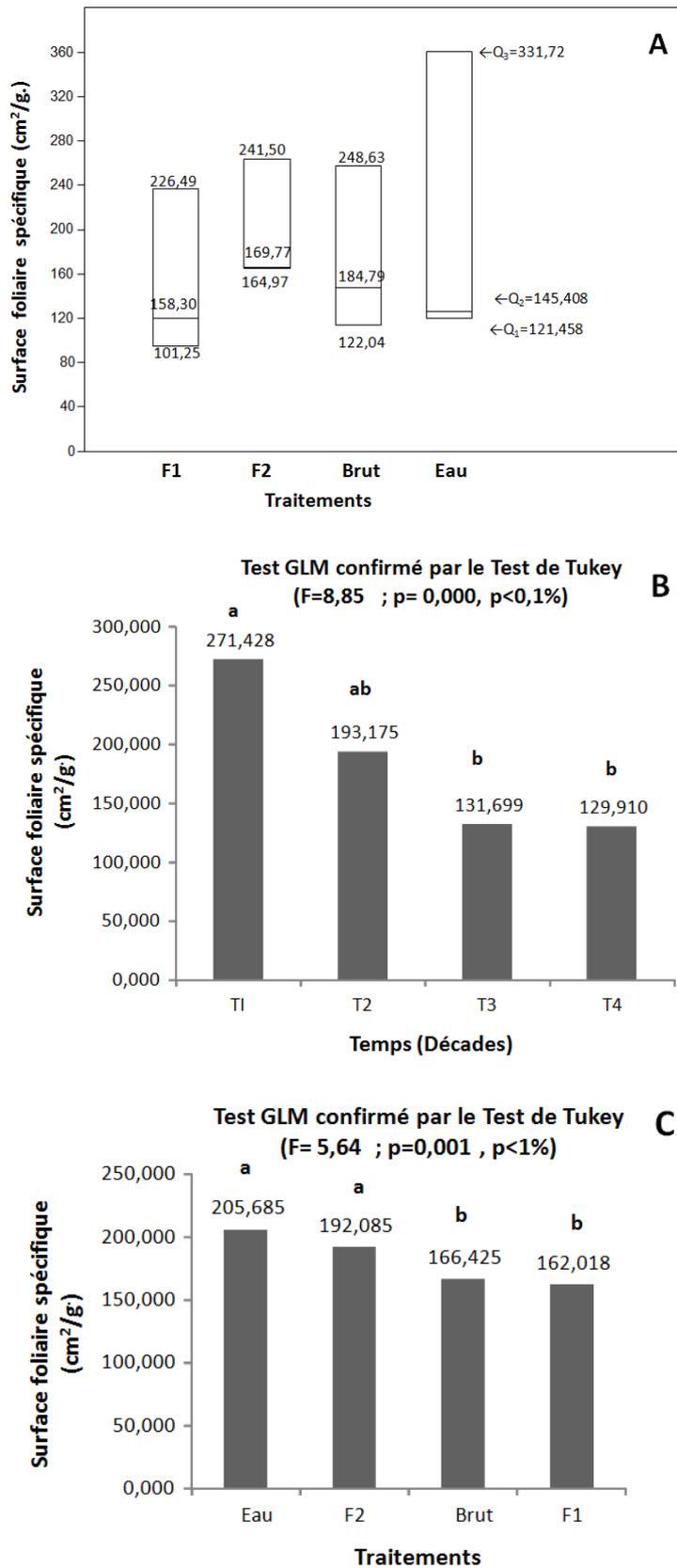
Les résultats obtenus par le modèle GLM, montrent que le temps d'exposition aux préparations algales influe significativement sur la surface foliaire spécifique (Fig.9 B). (p>0.1%). Les résultats du test de Tukey désignent l'existence de trois groupes homogènes relatifs à l'expansion foliaire (a, ab et b). La première décade affiche la surface foliaire spécifique la plus marquée dans le temps (groupe homogène a). Cependant, le groupe homogène (ab) renferme la surface spécifique moyenne entre a et b. Enfin, la plus faible surface foliaire spécifique est signalée sous le groupe homogène b) (Fig.9 B). À propos des potentialités des préparations algales, le test de Tukey fait constater une différence dans le groupe homogène a (l'eau et F2) de groupe homogène b (l'extrait aqueux d'*U. sp.* et F1) qui se traduit par la surface foliaire la plus marquée (groupe homogène a) par rapport à l'extrait brut et F1 qui enregistrent les plus faibles surface spécifique (groupe homogène b) (Fig.9 C).

## Chapitre III : Résultats



**Figure 8 : Variation de la surface foliaire des feuilles de vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

## Chapitre III : Résultats



**Figure 9: Variation de la surface foliaire spécifique des feuilles de vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

### 1.4. Effet sur le poids frais des feuilles

Les variations notées au niveau des BoxPlot dans le quartile 3 (Q3) font ressortir une augmentation remarquable du poids frais par la formulation F2 (Q3=8,44). (Fig.10 A). Cependant la comparaison des autres préparations algales n'affichent pas d'effet sur le poids frais des feuilles chez la vigne. Néanmoins, nous signalons le gradient suivant : Formulation F1 (Q<sub>1</sub>=0,31, Q<sub>2</sub>=0,49, Q<sub>3</sub>=1,17) > Eau (Q<sub>1</sub>=0,38, Q<sub>2</sub>=0,47, Q<sub>3</sub>=0,56) > Extrait aqueux brut (Q<sub>1</sub>=0,54, Q<sub>2</sub>=0,50, Q<sub>3</sub>=0,28).

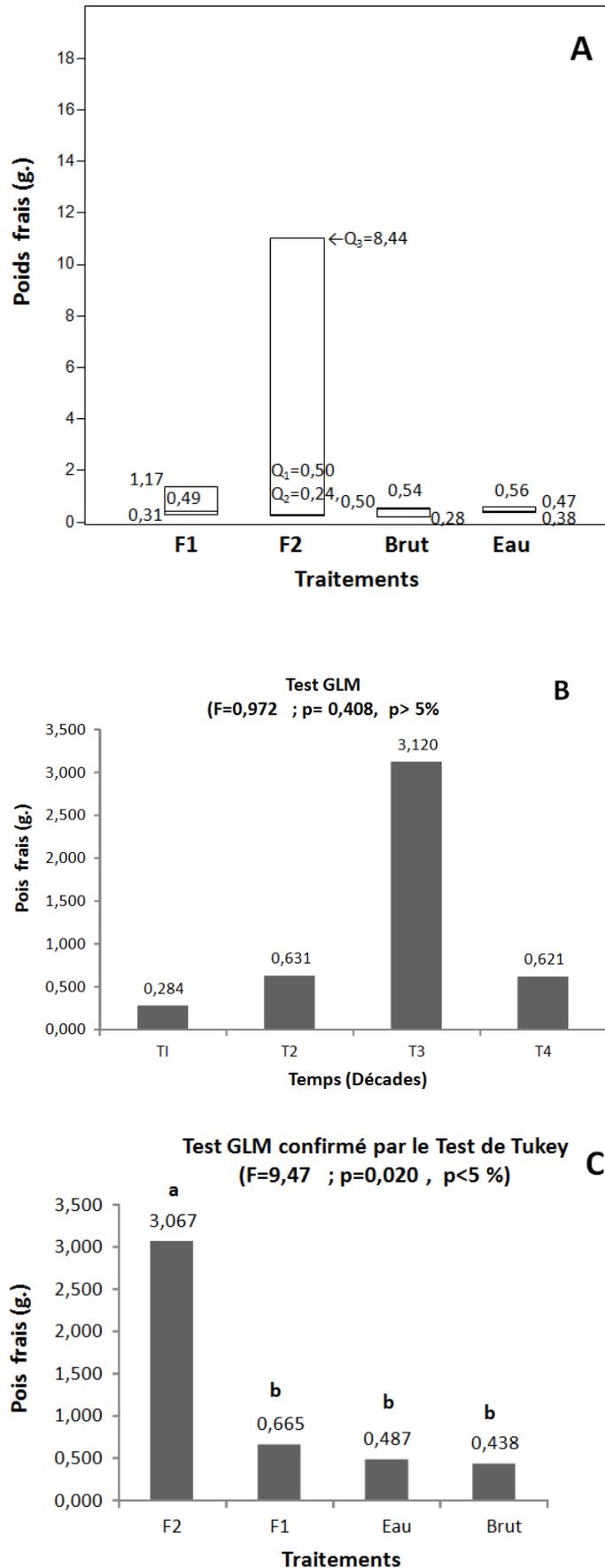
L'analyse GLM montre que le temps d'exposition n'enregistre aucun effet significative sur le poids frais des feuilles de *V. vinifera* pour l'ensemble des traitements (p>5%) (Fig.10 B). En revanche, la nature des préparations algales a enregistré une différence significative concernant le poids des feuilles (p<5%) (Fig.10 C). Le test de Tukey, désigne la présence de 2 groupes homogènes : dont le premier groupe (a) rapporte que la phytopréparation formulée à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp* (F2) exprime l'effet le plus important sur le poids frais de la feuille. En revanche le deuxième groupe est remarquable chez l'extrait aqueux brut d'*Ulva sp*, l'eau et F1 montrent un effet modéré sur le poids de la feuille, donc ils sont affilié au groupe homogène (b) (Fig.10 C).

### 1.5. Effet sur le poids sec des feuilles

Au niveau des BoxPlot, la formulation F2 notée dans le quartile 3 (Q3=0,21) prend place dans sa réaction sur le poids sec. Le poids sec de la feuille se trouve en deuxième lieu influencé graduellement par la formulation F1 (Q3=0,18) puis par l'extrait aqueux brut (Q3=0,159) et les plants de vigne témoin (eau) (Q3=0,153) qui marque une similarité (Fig. 11 A).

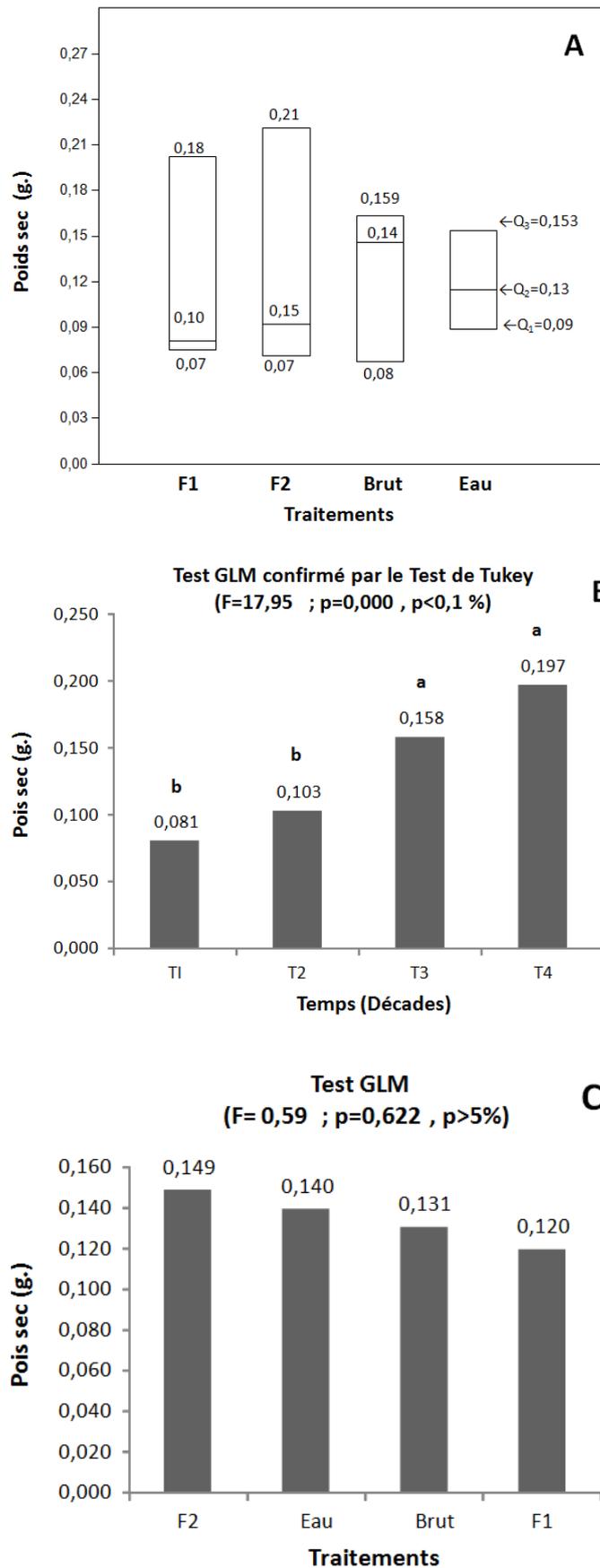
Les résultats obtenus par le modèle GLM (Fig.11 B), montrent que le temps d'exposition aux préparations algales influx significativement sur le poids sec de la feuille (p>0.1%). Les résultats du test de Tukey désignent l'existence de deux groupes homogènes. La quatrième et troisième décade affiche le poids sec le plus élevé (groupe homogène a). Cependant, les deux premières décades exposent un poids sec réduit (groupe homogène a) (Fig.11 B). L'analyse de la variance montre que le poids sec de la feuille n'est nullement influencée par les potentialités des préparations algales (p>5%) (Fig.11 C)

## Chapitre III : Résultats



**Figure 10: Variation du poids frais des feuilles de vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

## Chapitre III : Résultats



**Figure 11: Variation du poids sec des feuilles de vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

### 1.6. Effet sur la teneur en eau des feuilles

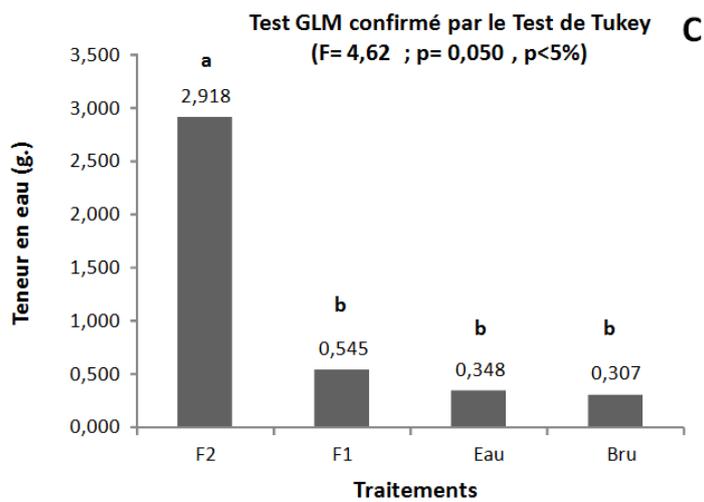
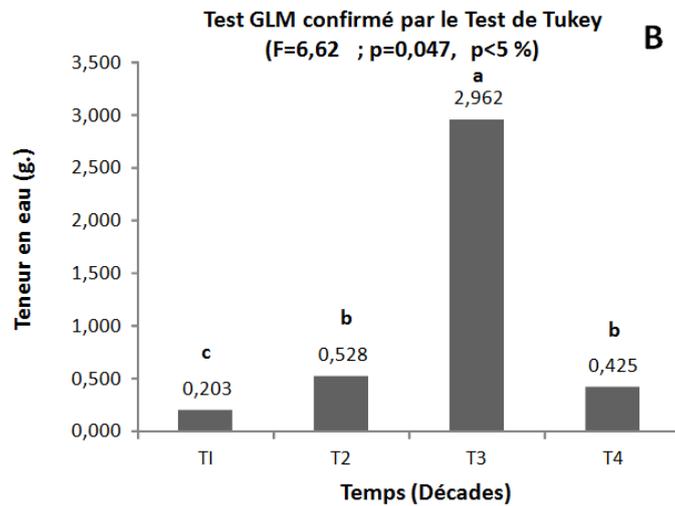
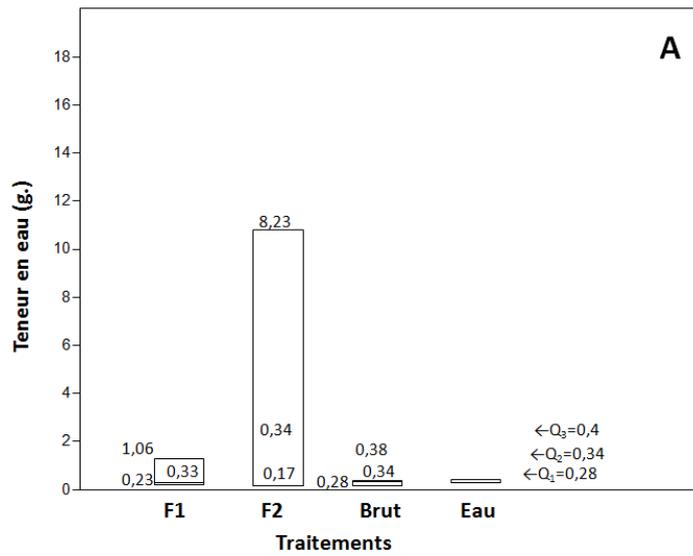
Les variations notées dans le quartile 3 (Q3) au niveau des BoxPlot font ressortir que la formulation F2 (Q3=8,23) favorise la teneur en eau chez la vigne. Par contre les préparations algales F1 (Q3=1,06), eau (Q3=0,4) et brut (Q3=0,38) enregistrent chez les feuilles, une faible teneur en eau. (Fig.12 A).

Les résultats obtenus par le modèle GLM, montrent que le temps d'exposition aux préparations algales influe significativement la teneur en eau ( $p < 5\%$ ). (Fig.12 B). Les résultats du test de Tukey désignent l'existence de trois groupes homogènes relatifs à la teneur en eau chez *Vitis vinifera* (a, b, c) La troisième décade annonce clairement la teneur la plus forte en eau (groupe homogène a).

Cependant, le groupe homogène (b) expose une teneur en eau réduite dans les feuilles, alors que la première décade enregistre la teneur la plus faible en eau (Fig.12 B). La nature des préparations algales a enregistré une différence très significative concernant la teneur des feuilles en eau ( $p < 5\%$ ) (Fig.12 B).

Le test de comparaison multiple Post-Hoc de Tukey, désigne une nette différence de formulations F2, qui se traduit par une forte teneur en eau (groupe homogène a) par apport aux F1, l'extrait brut et à l'eau qui enregistrent des teneurs en eau moins importantes (groupe homogène b) (Fig.12 C).

## Chapitre III : Résultats



**Figure 12: Variation de la teneur en eau des feuilles de vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

### 2. Evaluation de l'effet des préparations algales formulées à base d'algues marines sur l'activité photosynthétique de la vigne

L'activité photosynthétique la vigne *Vitis vinifera* a été estimée sous l'effet de deux formulations à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp.* Nous avons considéré l'expression de la chlorophylle (chlorophylle a, chlorophylle b, caroténoïde et la chlorophylle totale) comme des paramètres ayant la capacité d'apercevoir l'aptitude des extraits d'algues marines de stimuler l'activité chlorophyllienne.

#### 2.1. Effet sur l'expression de la chlorophylle a

La présentation graphique en Box-Plot des données expérimentales est avancée dans le but d'apprécier l'activité photosynthétique de la vigne sous l'effet des différentes préparations algales à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp.* (Fig.13 A). La comparaison de l'expression de la chlorophylle a sous l'effet des traitements annonce une similarité entre la formulation F1 ( $Q_1=13,28$ ,  $Q_2=11,97$ ,  $Q_3=11,57$ ) et l'extrait aqueux brut ( $Q_1=13,97$ ,  $Q_2=13,64$ ,  $Q_3=12,82$ ). Cependant, la présence de la chlorophylle (a) dans la formulation F2 est plus importante suivie par les plantes vigne témoin.

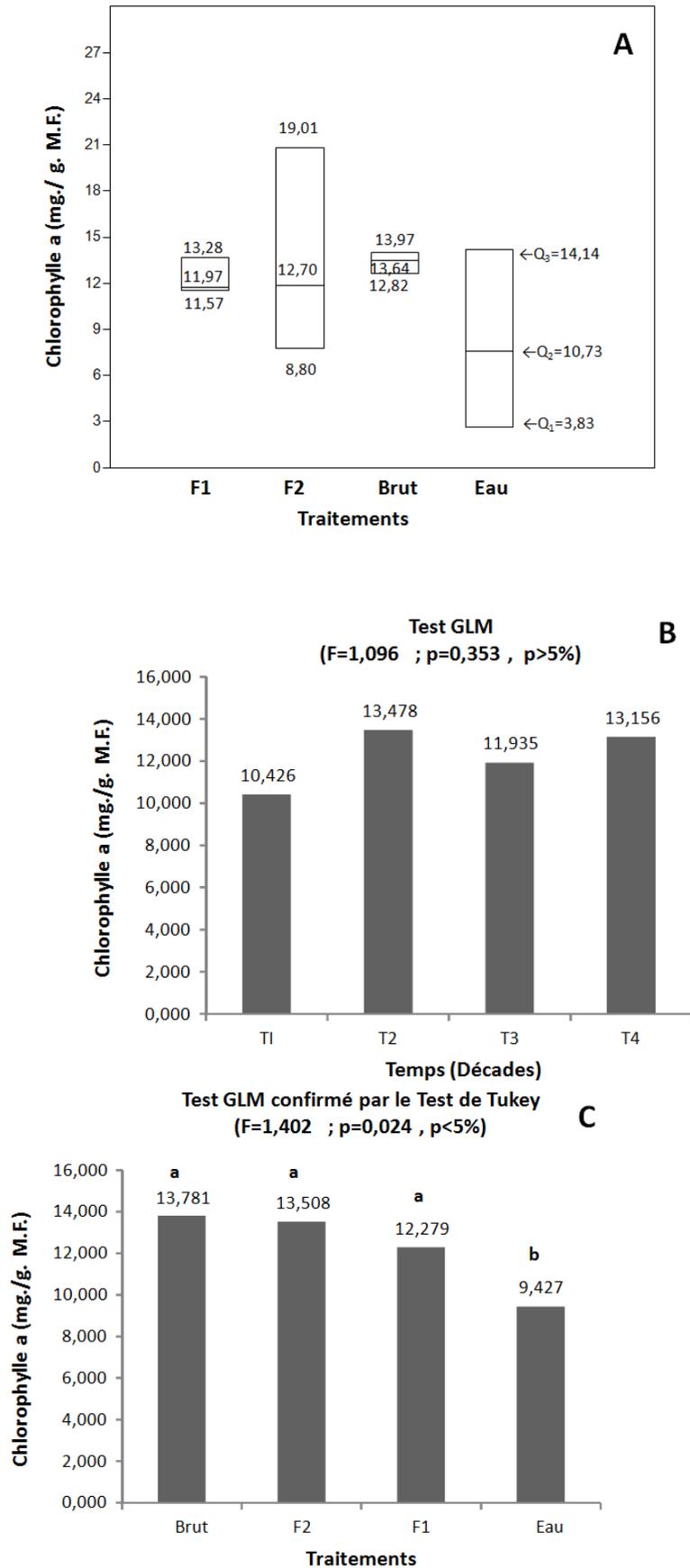
Concernant, le facteur temps, l'analyse de la variance montre que la quantité de la chlorophylle (a) dans les feuilles n'est nullement influencée par la période d'exposition aux différents ( $p>5\%$ ) (Fig.13 B). Toutefois, pour le facteur préparations algales, l'analyse de la variance annonce que l'expression de la chlorophylle (a) est significativement tributaire de la nature de l'extrait aqueux ( $p<5\%$ ) (Fig.13 C). Les résultats du test de Tukey montrent la présence de 2 groupes homogènes (a, b) relatif à la quantité de la chlorophylle (a) présente dans les feuilles de vigne. L'effet des préparations algales, qui désigne l'expression de la chlorophylle a sur : l'extrait aqueux et les deux formulations F1, F2 (le groupe homogènes a) sont plus importantes que les plantes vigne témoin (le groupe homogènes b).

#### 2.2. Effet sur l'expression de la chlorophylle b

Selon le mode de préparation des préparations algales, la comparaison du nombre de la quantité e la chlorophylle (b) annonce une gradation positive d'effet selon le gradient suivant : Formulation F1 ( $Q_1=10,71$ ,  $Q_2=15,15$ ,  $Q_3=20,01$ ) < eau ( $Q_1=4,14$ ,  $Q_2=10,87$ ,  $Q_3=20,71$ ) < Formulation F2 ( $Q_1=10,11$ ,  $Q_2=15,92$ ,  $Q_3=22,18$ ) < Extrait aqueux brut ( $Q_1=14,93$ ,  $Q_2=18,38$ ,  $Q_3=23,38$ ) (Fig.14 A).

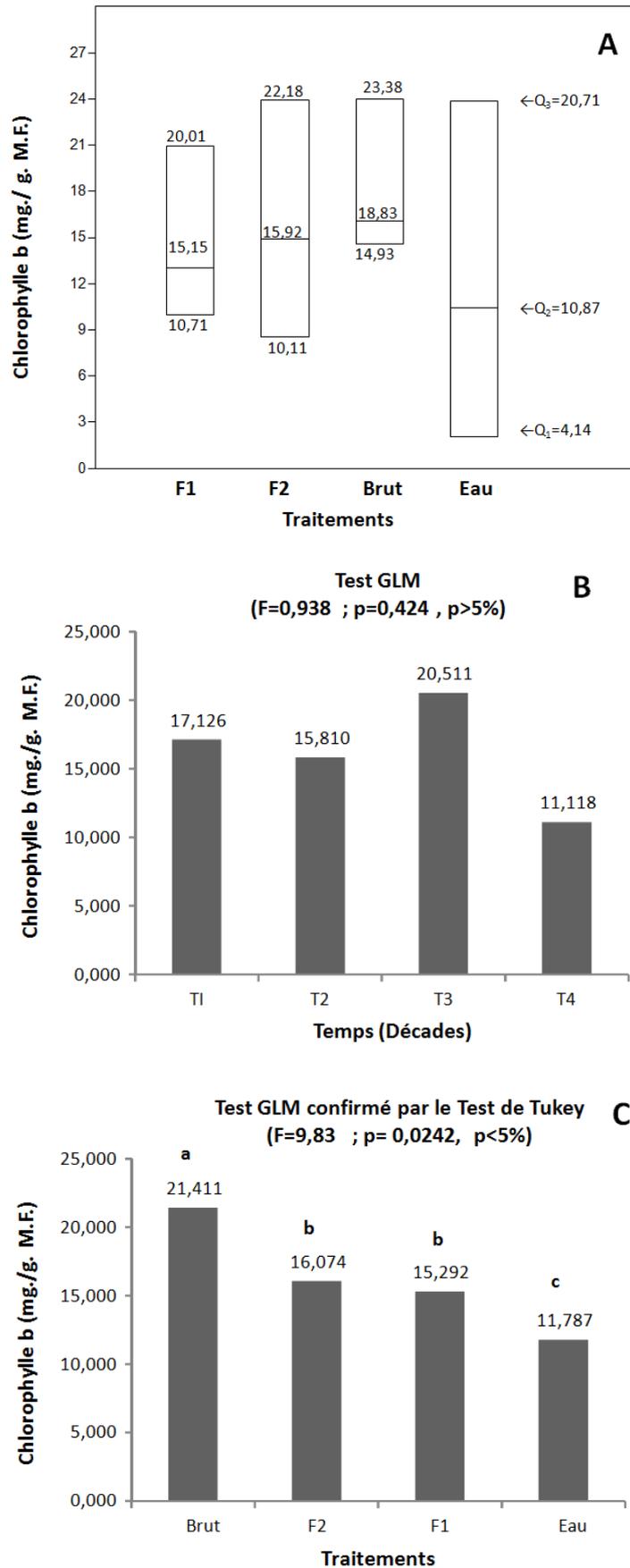
Les résultats obtenus par le modèle GLM, concernant le facteur temps, montrent que la quantité de la chlorophylle (b) n'est nullement influencée par la période d'exposition aux différents ( $p>5\%$ ) (Fig.14 B). Les résultats du test de Tukey montrent la présence de 3 groupes homogènes relatifs à la quantité de la chlorophylle (b) présente dans les feuilles de vigne. (a, b et c), dont la quantité chlorophyllienne la plus marquée est allouée à l'extrait aqueux brut d'*Ulva sp.* formant ainsi le groupe homogène (a), par conséquent le groupe homogène (ab) renferme simultanément la formulation F2 et la formulation F1. Enfin, la plus faible quantité est signalée sous l'application de l'eau (groupe homogène b) (Fig.14 C).

## Chapitre III : Résultats



**Figure 13: Variation des quantités de la chlorophylle a chez la vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

## Chapitre III : Résultats



**Figure 14: Variation des quantités de la chlorophylle b chez la vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

### 2.3. Effet sur l'expression de la chlorophylle totale

Au niveau des BoxPlot, la formulation F2 notée dans le quartile 3 (Q3=37,04) présente la quantité la plus élevée en chlorophylle totale après l'extrait brut (Q3=37,24). L'expression de la chlorophylle totale se trouve influencée graduellement par les plants de vigne témoin-eau (Q3=34,48) puis la formulation F1 (Q3=31,71).

Les résultats obtenus par le modèle GLM, concernant le facteur temps, annoncent que la quantité de la chlorophylle totale présente dans les feuilles n'est nullement influencée par la période d'exposition aux différents traitements ( $p > 5\%$ ) (Fig.15 B).

Le test de Tukey désigne la présence de 2 groupes homogènes relatifs à l'expression de la chlorophylle totale concernant le facteur traitements. Le premier palier rapporte que l'extrait aqueux brut d'*Ulva sp* et la formulation F2 expriment la quantité la plus importante, affiliées au groupe homogène (a). Le deuxième palier est remarquable chez la formulation F1 et l'eau montrant une quantité de chlorophylle modérée, affilié au groupe homogène (b) (Fig.15 C).

### 2.4. Effet sur l'expression des caroténoïdes

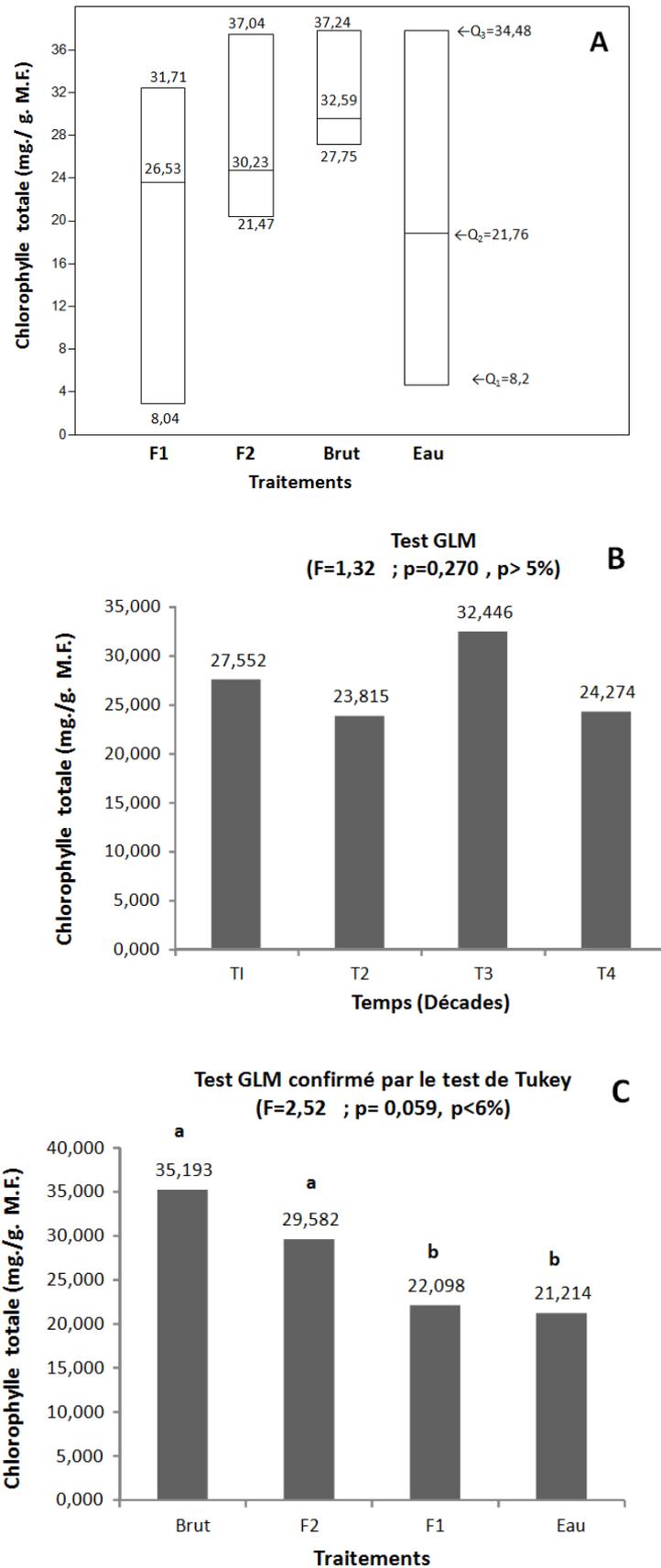
Les variations notées au niveau des BoxPlot dans le quartile 3 (Q3) font ressortir une augmentation remarquable de la quantité des caroténoïdes dans les feuilles alloué la Formulation F1 (Q3=19,67). Cependant, la diminution des quantités de caroténoïdes est concernée par l'effet des préparations algales Formulation F2 (Q3=4,75) suivie par l'eau (Q3=4,28) et finalement par l'extrait brut (Q3=3,62). (Fig. 16 A).

Les résultats obtenus par le modèle GLM, montrent que le temps d'exposition aux préparations algales influe significativement sur l'expression des caroténoïdes (Fig.16 B). Les résultats du test de Tukey désignent l'existence de trois groupes homogènes (a, b, c).

La deuxième décennie affiche l'expression des caroténoïdes la plus marquée dans le temps affiliée au groupe homogène a. Cependant, le groupe homogène (b) renferme la quatrième et troisième décennie. Enfin, la plus faible l'expression est signalée sous le groupe homogène c dans la première décennie (Fig.16 B).

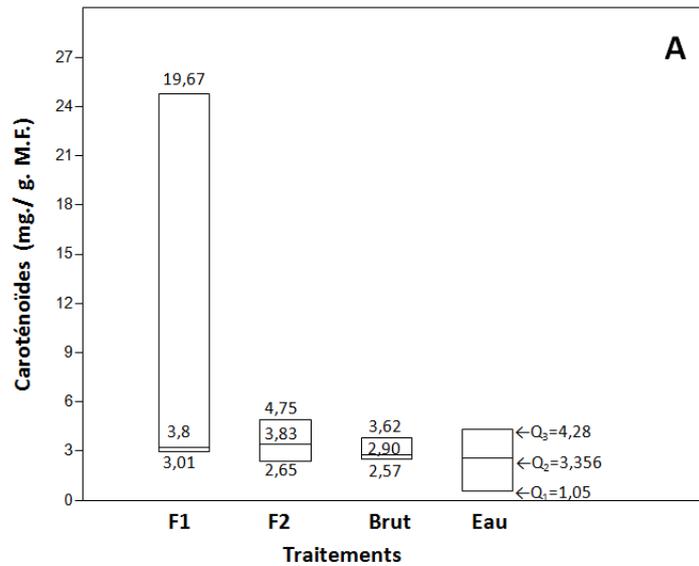
À propos des potentialités des préparations algales, le test de Tukey fait constater une différence dans le groupe homogène a (F1), dans le groupe homogène b (l'extrait aqueux d'*U. sp*, et F2) qui se traduit par la présence la plus marquée des caroténoïdes dans la vigne (groupe homogène a) par rapport à l'extrait brut qui enregistrent les plus faibles expressions (groupe homogène c) (Fig.16 C).

## Chapitre III : Résultats

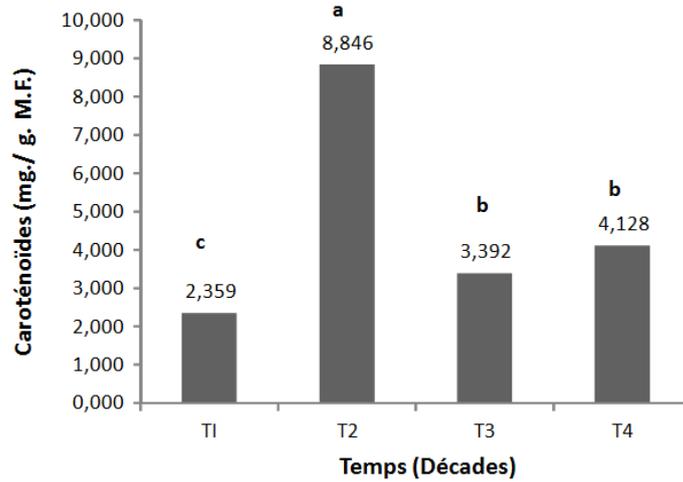


**Figure 15 : Variation des quantités de la chlorophylle totale chez la vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

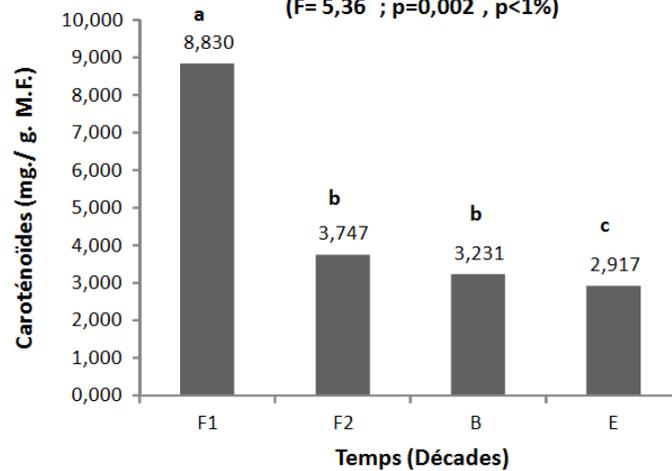
## Chapitre III : Résultats



**Test GLM confirmé par le Test de Tukey**  
( $F=3,64$  ;  $p=0,020$ ,  $p<5\%$ )



**Test GLM confirmé par le Test de Tukey**  
( $F=5,36$  ;  $p=0,002$ ,  $p<1\%$ )



**Figure 16: Variation des quantités des caroténoïdes chez la vigne sous l'effet des différentes préparations algales formulées à base d'extrait aqueux d'algue marine**

# **Chapitre 4**

## **Discussions**

Les biostimulants sont régulièrement considérés comme des produits plus «naturels», moins nocifs pour l'Homme et l'environnement (**Elorisan-Vertriebs GmbH, 1996**). Plusieurs études tendent à montrer que les variations des conditions environnementales ont une influence plus faible sur les produits de type biostimulants (**Grabowska et al., 2012**). Les biostimulants peuvent agir sur plusieurs aspects bénéfiques pour la culture (action sur la nutrition et/ou le système racinaire, stimulation de la croissance et de la photosynthèse, amélioration de la résistance face aux stress abiotiques, amélioration de la quantité et de la qualité des productions) (**Khan et al., 2009**). Dans cette optique la présente étude vise à mettre en évidence l'effet des préparations algales à base d'extrait aqueux d'algue marine *Ulva sp*, sur les traits de la vigueur et de l'expression végétative de la vigne *Vitis vinifera*. Les résultats de l'évaluation de l'effet des formulations sur les traits **de vigueur et l'activité photosynthétique** de la vigne nous ont permis de dégager les hypothèses suivantes :

### 1. Effet des préparations algales sur les paramètres de croissance de vigne

Les résultats concernant la vigueur végétative des plants de vigne affichent nettement une gradation positive sous l'effet de l'extrait d'algues formulé plus précisément la *Formulation F2* qui montre les moyennes les plus élevées au niveau des paramètres de croissance suivante : densité foliaire, l'émission des feuilles, la surface foliaire, le poids frais, le poids sec et sur la teneur en eau. Ce constat conduit à suggérer que les phytoformulations sont riche en éléments minéraux et par conséquent peuvent stimuler la multiplication cellulaire qui permet l'augmentation de la croissance végétative de la vigne. On peut aussi argumenter l'efficacité des formulations par leurs effet facilitant l'assimilation des éléments nutritifs disponible dans l'extrait d'algues par la plante. Cette hypothèse rejoint plusieurs études, notamment celle de **Leclerc et Floc'h (2010)**, qui avancent que les algues contient tous les minéraux, en proportions variables (l'azote, magnésium, potassium, sodium, calcium, fer, aluminium, manganèse, phosphore, soufre, cuivre, Nickel, silicium, étain, argent, plomb, bismuth, antimoine, lithium, bore, zinc, or, baryum, cobalt, strontium, titane... ). **Marschner (1989)**, annonce que la vigne nécessite pour se développer sept macroéléments à savoir l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P), le magnésium (Mg), le calcium (Ca), le soufre (S), le chlore (Cl) et six autres oligo-éléments à savoir le fer (Fe), le zinc (Zn), le bore (B), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo). **Soing (2004)** ajoute que l'Azote, est un facteur essentiel de la multiplication et de l'élongation cellulaire. Sa disponibilité a un effet direct sur la vitesse et la durée de la croissance végétative des pousses de vigne. (Cas d'émission de feuilles). Selon **Yvin (1994)**, les effets biostimulants de ces préparations à base d'algues sont : Une amélioration de la croissance et du développement des plantes et donc du rendement qualitatif et quantitatif des cultures, et une intensification de l'absorption des éléments minéraux du sol.

L'extrait d'algue favorise l'augmentation de la teneur en eau qui est peut être expliqué par la bonne assimilation des éléments nutritifs par le système racinaire. En particulier, ils permettent à la plante de mieux tolérer des carences nutritives en azote en favorisant l'expression et/ou l'activité de la nitrate réductase grâce à certains composés (mannitol) (**Durand et al., 2003 ; Phytoma, 2005**). Ajoute **Klarzynski et al (2006)** que l'expression de

phosphatases racinaires impliquées dans l'absorption du phosphate peut aussi être stimulée par certains extraits d'algues. Enfin, les extraits d'algues agissent sur les caractéristiques physiques et biologiques des sols grâce à leur richesse en polyuronides, tels que les alginates et les fucoïdanes, qui maintiennent dans les sols une humidité et une aération nécessaires à la mise en place du système racinaire et favorisant la croissance de bactéries bénéfiques à la croissance des plantes (**Khan et al., 2009**).

Les extraits bruts d'algues ont un effet positif direct sur la croissance et le développement des plantes (racines, tiges, feuilles et/ou fleurs). Cet effet est principalement dû aux hormones exogènes (cytokinines, auxines, gibbérellines) présentes dans les extraits (**Faessel et Morot-Gaudry, 2009 ; Khan et al., 2009**).

### 2. Effet des préparations algales sur les paramètres de l'activité photosynthétique

Les résultats concernant l'activité photosynthétique des plants de vigne affichent un effet positif de la *Formulation F1* sur le niveau des caroténoïdes. En revanche l'extrait brut montre un effet plus efficace sur la chlorophylle (b) et chlorophylle totale, cependant l'effet de la *Formulation F2* prend la deuxième place dans ce classement et la première place par son effet dans l'expression de la chlorophylle (a). Ce constat conduit aux hypothèses suivantes :

(i) Les préparations algales à base d'*Ulva sp* augmentent l'état physiologique des plantes en incluant la photosynthèse et en intensifiant la coloration vert des feuilles. D'après **Khan et al. (2009)**, la dégradation des chlorophylles est inhibée par certains composés, comme la glycine bêtaïne, pour favoriser une meilleure photosynthèse. Dans ce contexte d'autres travaux mener sur une algue brune *Ascophyllum nodosum*, confirme les effets positifs de l'extrait d'*Ascophyllum nodosum* sur la croissance et le rendement des plantes. Ce groupe de produits a été décrit comme physioactivateur basé sur la technologie PAT (technologie Physio Activator TM), car ils stimulent la croissance et le développement des plantes. Le mécanisme de l'action des physioactivateurs repose sur leurs effets parallèles sur plusieurs processus: activation de la nutrition minérale végétale par stimulation des enzymes qui jouent un rôle clé dans l'absorption des nutriments et enzymes (telles que: nitrate réductase et phosphatases); activation de photosynthèse en augmentant l'activité de la chlorophylle et son contenu dans les feuilles; activation de l'augmentation de la biomasse des plantes (partie supérieure et système racine) et un effet amélioré nutrition minérale (y compris: N, P, K, Mg, Mn et Fe) et augmenté efficacité de la photosynthèse; l'activation de la floraison et l'établissement des fruits en stimulant la synthèse des composés polyamines responsables pour une floraison abondante, l'efficacité de la pollinisation et l'ensemble des fruits. Plus haute les niveaux de polyamines stimulent l'intensité de la division cellulaire, à une augmentation de leur nombre (**Joubert &Lefranc, 2008**).

(ii) La formulation stimule la croissance et sécurise l'assimilation des éléments nutritifs par la plantes, et le mélange (Extrait algue + adjuvant) augmente la richesse de bioproduit. On se basant sur l'hypothèse avancée, nous pouvons l'accordée avec les travaux de plusieurs chercheurs qui confirme ceci : Du à leur activités stimulante de croissance, des

## ***Discussion générale***

---

formulations d'algues sont utilisées comme biostimulants dans la production végétale (**Khan et al., 2009 ; Rathoret et al., 2009**). A l'échelle de la plante entière, on observe une rétention plus élevée de la bouillie du produit, qui peut améliorer la sécurité et la commodité d'emploi de ces produits, leur stabilité et éventuellement leur capacité à pénétrer dans le végétal (**Vernner et Bauer, 2007**). Ce qui permet de créer un produit efficace (**Aubrey et Schorsch, 1999**).

# Conclusion

## Conclusion générale et Perspectives

---

Au terme de ce travail consacré essentiellement sur l'évaluation de la capacité des algues marines spécifiquement *Ulva sp.* dans l'expression végétatives et l'activité photosynthétique, et de développer une nouvelle biomolécule à usage agricole à partir d'une formulation construite à base d'extrait algues aqueux, nous pouvons dégager les résultats suivants :

La Formulation F2 montre un effet remarquable sur la croissance végétative (la densité foliaire, un nombre des feuille émis élevé, expansion foliaire, un changement de poids sec et frais de la feuille, et augmentation dans la teneur en eau) par rapport au plantes témoins de vigne (arrosé avec l'eau seulement).L'effet de la formulation F2 prend place aussi dans l'activité photosynthétique par une forte expression de la chlorophylle comparé à l'eau.

La formulation F2 a pour but de minimiser les doses d'extrait d'algue aqueux *Ulva sp.* en effectuant plus d'efficacité sur la vigueur et l'activité photosynthétique ce qui réalise notre objectif d'étude .

Notre étude a été menée suivant l'agenda académique, il serait ainsi réalisable d'étudier les bioproduits tout au long de cycle végétative de vigne de débourrement jusqu'à l'obtention de fruits, comme il serait intéressant de se concentrer pas uniquement sur la stimulation de vigueur végétative mais aussi sur la stimulation de défense naturelle de la plante. Cette tendance viserait la conquête de nouveaux territoires aujourd'hui encore non cultivables suite à une agriculture trop intensive.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

**Agardh, C.A.**, 1823. *Species algarum rite cognitae, cum synonymis, differentiis specificis et descriptionibus succinctis*. Volumen primum pars posterior. pp. [vii-viii], [399]-531. Lundae [Lund]: ex officina Berlingiana.

**Alleweldt, G. and Possingham, J. V** (1988). *Progrss in grapevine breeding. Theorithical and Applied Genetics* 75 : 669-673.

**Anonyme**, 2014. Food and agriculture organization of the united nations The FAOSTAT core production data module. [page consultée le 18/08/2017] disponible sur <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>>.

**Aradhya M.K., Dangl G.S., Prins B.H., Boursiquot J.M., Walker M.A., Meredith C.P. and C.J.Simon**, 2003. **Genetic structure and differentiation in cultivated grape, *Vitis vinifera* L.** *Genet Res*81:179–192

**Athukorala Y., Lee K.-W., Song C.**, 2003. *Potential antioxidant activity of marine red alga *Grateloupia filicina* extracts*, *Journal of Food Lipids*, vol. 10, no. 3, pp 251–265.

**Attia F.**, 2007. Effet du stress hydrique sur le comportement écophysioologique et la maturité phénolique de la vigne *Vitis vinifera* L: étude de cinq cépages autochtones de Midi-Pyrénées. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. 185p

**Attia F.**, 2007. *Effet du stress hydrique sur le comportement écophysioologie et la maturité phénolique de la vigne *Vitis vinifera* L: étude de cinq cépages autochtones de Midi-*

**Aubry J.M., Schorsch G.** (1999). Formulation - Présentation générale. Formulation. Paris, Techniques de l'ingénieur, J210.

**Avenard J.C., Bernos L., Grand O. et Samie B.**, 2003. *Manuel de production intégrée en viticulture*. Édit. Féret., Bordeaux, 35-83 p.

**Baggiolini, M.**, 1952. *Les stades repères dans le développement annuel de la vigne et leur utilisation pratique*. *Revue Romande d'Agriculture et d'Aboriculture*, 8(1), p.4-6.

**Bogs J., Downey M.O., Harvey J.S., Ashton A.R., Tanner G.J. and S.P. Robinson**, 2006.

**Boulay H., Calvet G. et Etourneauud.**, 1986. *La fertilisation raisonnée de la vigne*. Édit .Schraag., Mulhouse, 1-44 p.

**Branas J. et Bernon G.**, 1956. *La carence de bore dans les vignobles français*. *Prog. Agri et Viti.*, Montpellier, 4 p.

**BretauudeauE et Fauve J.**, 1990. *Atlas de l'arboriculture fruitière*. Vol 4. 263p.

**Briche E.**, 2011. *Changement climatique dans le vignoble de Champagne : Modélisation thermique à plusieurs échelles spatio-temporelles (1950-2100)*. Université Paris Diderot - Paris 7 École doctorale : E.E.S.C."Économie, Espaces, Sociétés, Civilisations. 263p.

**Calu G.**, 2004. L'eau et les plantes. Mémoire Master I.19p

**Carroll M.J., Dernoeden P.H. ET Krouse J.M.**, 1996. Zoysiagrass establishment from sprigs following application of herbicides, nitrogen, and biostimuiator. Hort Science, vol. 31(6), pp. 972-975.

**Céva**, 2006. La ressource en fucales sur le Pays du Trégor-Goëlo. Actualisation de l'estimation des stocks et mise en place d'un outil cartographique utilisable pour la gestion de l'exploitation, 64 p.

**Champagnol F.**, 1984. *Eléments de Physiologie de la Vigne et de Viticulture générale*. Eds Dehan, Montpellier, 351 p

**Champagnol F.**, 1984. *Éléments de physiologie de la vigne et de viticulture générale*. Édit. Dehan.,Montpellier, 153-198 p.

**Chonacka K., Saeid A., Witkowska Z., Tuhy L.**, 2012. *Biologically active compounds in seaweed extracts—the prospects for the application*, The Open Conference Proceedings Journal, vol. 3, no. 1, pp 20–28 .

**Coic Y. et Coppenet M.**, 2003. *Les oligo-éléments en agriculture et élevage*. Édit. INRA., Paris, 7 p.

**Cramer G.R., Ergül A., Grimple J., Tillett R.L., Tattersall E.A.R., Bohlman M.C., Vincent D., Sonderegger J., Evans J., Osborne C., Quilici D, Schlauch K.A., Schooley D.A., and J.C. Cushman**, 2007. *Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolite profiles. Funct. Integr. Genomics 7:111-134.*

**DELAS J.**, 2000. *Fertilisation de la vigne*. Édit. Féret., Bordeaux, 21-80 p.

**Delmas J.**, 1975. Recherche sur la nutrition de la vigne en conditions hydroponiques. 3ème coll. Euro-Medit. Contr. Alim. Pl .Cult., Budapest, 667-679 p.

**Delmas J.**, 1975. *Recherche sur la nutrition de la vigne en conditions hydroponiques*. 3ème coll. Euro-Medit. Contr. Alim. Pl .Cult., Budapest, 667-679 p.

**Durand N., Briand X. et Meyer C.**, 2003, « The effect of marine bioactive substances (N PRO) and exogenous cytokinins on nitrate reductase activity in Arabidopsis thaliana », Physiologia Plantarum, 119(4).

**Eichhorn, K. & Lorenz, H.**, 1977. *Phaenologische entwicklungsstaden der rebe. Nachrbl. Dtsch. Pflanzenschutzd.* (Braunschweig), 29, p.119-120

**El Heit K.**, 1981. Le vignoble algérien : problèmes de la reconversion. Thèse de Doctorat de 3eme cycle. Université de la Sorbonne. 272p.

**Elliott M.L. ET Prevatte M.**, 1996. Response of "Tifdwarf" bermudagrass to seaweed-derived biostimulants. Hort Technology, vol. 6(3), pp. 261-263.

**Elorisan-Vertrlebs GMBH**, 1996. Use of biostimulators in horticulture. Publi-information, Deggendorf, 12 p.

**Faessel L. et Morot-Gaudry J.-F.**, 2009, « Les stimulateurs de nutrition et autres produits émergents à la lumière de la physiologie », Rencontres de Blois, les 25 et 26 novembre 2009. Disponible sur < [http://www.comifer.asso.fr/images/publications/livres/2%20-%20faessel%20-%20morot\\_gaudry.pdf](http://www.comifer.asso.fr/images/publications/livres/2%20-%20faessel%20-%20morot_gaudry.pdf)>

**Fleurence J.**, 1999. *Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses*, Trends in Food Science and Technology, vol. 10, no. 1, pp 25–28. France, vol. 80(2), pp. 91-102.

**Galet P.**, 1977. *les maladies et les parasites de la vigne*. Ed .paysan du midi ,Montpellier, coll .P Galet ,871p.

**Galet P.**, 1993. *Précis de viticulture* 6 ème Ed. Déhan, Montpellier. 575pp

**Galet P.**, 1993. *Précis de viticulture*. Édit. Dehan., Montpellier, 461-475 p.

**Galet P.**, 1995. *Précis de pathologie viticole*. Édit. Lavoisier., Montpellier, 114 p.

**Galet P.**, 2000. *Dictionnaire Encyclopédique des Cépages*, Hachette,pp.936.

**Galet P.**, 2000.*Précis de viticulture*. 7eme éd.France.602 p.

**Gautier M.**, 1993. La culture fruitière, l'arbre fruitier. Édit. Lavoisier., vol 1, France, 46p.

**Gauvrit. C.** 1995. Les principaux types d'adjuvants et leurs actions majeurs. ANPP-Seizième conférence de Columa, Reims. 445-452.

**Gauvrit. C.** 1994. Oils in plant protection: herbicide case study. Phytoma. 458(37-38), 40-42.

**Gibbons B.P., Smalley T.J. ET Armitace AM.**, 1996. Biostimulants can increase growth of greenhouse-grown ornamental annuals. Hort Science, vol. 31(4), p. 701.

**Goatley J.M. ET Schmidt RE.**, 1990. Seedling Kentucky bluegrass growth responses to chelated iron and biostimulator materials. Agronomy Journal, vol. 82, pp. 90 1-905.

**Grabowska A. et al.**, 2012, « The Effect of Cultivar and Biostimulant Treatment on the Carrot Yield and its Quality », Vegetable Crops Research Bulletin, volume 77.

**Guilbault P.**, 2007. *Les carences en manganèse : une recrudescence brève*. Viti. Oeno., 22, Gironde, 1-6 p.

**Heckman J.R.**, 1995. Evaluating phosphorous fertilization and commercial biostimulants for producing cabbage. Hort Technology, vol. 5(4), pp. 298-300.

**Heller R., ESNAULT C. et LANCE C.**, 1998. *Physiologie végétale 1. Nutrition*. Édit. Dunod., Paris, 111p.

**Hervé JJ.**, 1994. Les biostimulants. Comptes Rendus de l'Académie d'Agriculture de

**Holdt S. L. and Kraan S.**, 2011. *Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation*, Journal of Applied Phycology, vol. 23, no. 3, 543–597 pp.

**Holloway, P.J. Stock. D.** 1990. Factors affecting the activation of foliar uptake of agrochemicals by surfactants dans industrial applications of surfactants II. D.R Royal Society of London. 303-307.

**Holloway. P.J. 1993.** Adjuvant for agrochemicals. Melingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent. 58(2a), 125-140.

**Huglin P.**, 1986. *Biologie et écologie de la vigne*. Ed. Payot Lausanne, Paris.

**Huglin P., Schneider C.**, 1998. *Biologie et écologie de la vigne*. Ed Lavoisier Tec & Doc. 2<sup>ème</sup> Ed. . 365p.

**Iserin P.**, 2001. *Plantes médicinales*. Ed. Larousse-Bordas. 283p

**Jaillon, O. Aury JM, Noel B, Policriti A, Clepet C, Casagrande A, Choisne N, Aubourg S, Vitulo N, Jubin C, Vezzi A, Legeai F, Hugueney P, Dasilva C, Horner D, Mica E, Jublot D, Poulain J, Bruyere C, Billault A, Segurens B, Gouyvenoux M, Ugarte E, Cattonaro F, Anthouard V, Vico V, Del Fabbro C, Alaux M, Di Gaspero G, Dumas V, Felice N, Paillard S, Juman I, Moroldo M, Scalabrin S, Canaguier A, Le Clainche I, Malacrida G, Durand E, Pesole G, Laucou V, Chatelet P, Merdinoglu D, Delledonne M, Pezzotti M, Lecharny A, Scarpelli C, Artiguenave F, Pe ME, Valle G, Morgante M, Caboche M, Adam-Blondon AF, Weissenbach J, Quetier F, Wincker P, French-Italian P**, 2007. *The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla*. Nature, 449, p.463 467.

**Jolivet E., Langlais-Jeannin I., Morot-Gaudry J-F.**, 1991. *Les extraits d'algues marines : propriétés phytoactives et intérêt agronomique*. Année Biologique, 30 : 109-126.

Joubert J.M., Lefranc G.: 60. Seaweed phytostimulants in agriculture: recent studies on mode of action two types of products from algae: growth and nutrition stimulants and stimulants of plant defence reactions. Book of abstracts: Biostimulators in modern agriculture. Warsaw, 7–8 February, 2008, 16.

**Judd W., Campbell S., Christophe S., Kellogg-elizabeth A., Steven P.**, 2002. *Botanique systématique une perspective physiologique. Traduction et révision scientifique de la 1<sup>ère</sup> édition Américaine* par JULES. B et CHARLES. M.E.P. 223p.

**Kappel C. D.**, 2010. Biologie intégrative du métabolisme de la baie de raisin. Thèse de doctorat n° 1793 en sciences, technologie, santé. Université de Victor SEGALEN Bordeaux 2. France. 177p

**Kelting M., Harris J.R ET Faneui J.**, 1998. Biostimulants and soil amendments affect two-year posttransplant growth of Red Maple and Whashington Hawthom. Hort Science, VOL 33(S), pp. 8 19-822.

**Khan M. N. A., Choi J. S., Lee M. C.**, 2008. Anti-inflammatory activities of methanol extracts from various seaweed species,” Journal of Environmental Biology, vol. 29, no. 4, pp 465–469.

**Khan W. et al.**, 2009, « Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development », Journal of Plant Growth Regulation, 28(4).

**Khan W., Rayirath U.P, Subramanianetal S.**, 2009. *Seaweedextracts as biostimulants of plant growth and development*, Journal of Growth Regulation, vol. 28, no. 4, 386–399 pp.

**Khan W., Rayirath U.P.; Subramanian S.; Jithesh M.N.; Rayorath P.; Hodges D.M.**,

**Critchley A.T., Craigie J.S.,Norrie J., Prithiviraj B.;** Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development, J Plant Growth Regul (2009) 28:386–399.

**Khelil A.**, 2009. *Nutrition et fertilisation arbres fruitières et vigne*. Édit. OPU., Alger, 19p.

**Klarzynski O., Fablet E., Euzen M. et Joubert J.-M.**, 2006, « État des connaissances sur les effets des extraits d’algues sur la physiologie des plantes », Phytoma, Issue 597.

**Kloareg B., Broquedis M. ET Joubert J.M**, 1996. Effets éliciteurs des biostimulants. L’Arboriculture Fruitière, vol, 498, pp. 39-42.

**Lebon G.**, 2005. Importance des glucides lors de la floraison chez la vigne *Vitis vinifera* L. Exemples de cépages présentant une sensibilité différente à la coulure. Thèse Doctorat de l’Université de Reims Champagne-Ardenne. 131p

**Leclerc V. et Floc’h J-Y**, 2010. Les secrets des algues.Éd. *Quae*, 167 p.

**Marschner H.**, 1989. *Mineral nutrition in higher plants*. Academic Press., London, 229p.

**Martini M.C., Seiller M.**, 2006. Actifs et additifs en cosmétologie, 3 e éd. Paris, Éditions Lavoisier.

**Martin-Prével P., Ganyard J., Gautier P et Drouineau G.**, 1984. *Analyse végétale dans le contrôle de l’alimentation des plantes tempérées et tropicales*. Édit. Tech et Doc. Lavoisier., Paris, 187-224p.

**Methng B., Zimmerman W.J., Crouch I. ET Van Staden J.**, 1990. Agronomie uses of seaweed and microalgae. Dans : *Introduction to Applied Phycology* (éd.AKATSUKA I.), SPB Academic publishing, Netherlands, pp. 589-627.

**Michalak I. and Chojnacka K.**, 2008. *The application of macroalga Pithophora varia Wille enriched with microelements by biosorptionasbiological feed supplement for livestock*, Journal of the Science of Food and Agriculture, vol. 88, no. 7, pp 1178–1186.

**Michalak I. and Chojnacka K., 2015.** *Algae as production systems of bioactive compounds*, Engineering in Life Sciences, vol. 15, no.2, pp 160–176.

**Montgomery R., 2009.** *Statistique en bref Eurostat*. KS-SF-09-012-FR-N. pp 1-7

**Moretti G., Gardiman M. and Lovat L., 2003.** Effect of treatments with copper, manganese and zinc solutions on grafted cuttings. *Bull. OIV., Vol 76, 848 p.*

**Nwosu F., Morris J., Lund V. A., Stewart D., Ross H. A. and McDougall G. J., 2011.** *Anti-proliferative and potential anti-diabetic effects of phenolic-rich extracts from edible marine algae*, Food Chemistry, vol. 126, no. 3, pp 1006–1012.

Proanthocyanidin Synthesis and Expression of Genes Encoding Leucoanthocyanidin Reductase and Anthocyanidin Reductase in Developing Grape Berries and Grapevine Leaves. *Plant physiol.*193:652-663.

*Pyrénées*. Thèse de Doctorat. Institut national polytechnique de Toulouse. 185p

**Rathore S. S., Chaudhary D. R., Boricha G. N., 2009.** *Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (Glycinemax) under rainfed conditions*, South African Journal of Botany, vol. 75, no. 2, pp 351–355.

**Reynier A., 2005.** *Manuel de viticulture*. 9eme éd. Lavoisier Tec & Doc. Vol 1 N°626.France.554p.

**REYNIER A., 2007.** *Manuel de viticulture*. Édit. Tec et Doc., Paris, 280-380 p.

**Ribereau-Gayon J. et Peynaud E., 1971.** Sciences et techniques de la vigne. *Édit. Dunod., Tome 1 et 2, Paris, 241-287 p.*

**Roby J.P. et Van Leeuwen., 2000.** *Vigne*. Édit. Synthèse Agricole., Bordeaux, 112-133 p.

**Russo RO. ET Berlyn G.P., 1990.** The use of organic biostimulants to help low input sustainable agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, vol. 1(2), pp. 19-42.

**Russo RO. ET Berlyn G.P., 1992.** Vitamic-humic-algal mot biostimulant increases yield of green bean. *Hort Science*, vol. 27(7), p. 847.

**Samee H., Li Z.-X., Lin H., Khalid J., Guo Y.-C., 2009.** *Anti-allergic effects of ethanol extracts from brown seaweeds*, Journal of Zhejiang University: Science B, vol. 10, no. 2, pp 147–153.

**Santelices B. et Ugart R., 1987 :** Algal life-history strategies and resistance to digestion, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 35, 267-275p.

**Schaeffer D. J. and Krylov V. S., 2000.** *Anti-HIV activity of extracts and compounds from algae and cyanobacteria*, Ecotoxicology and Environmental Safety, vol. 45, no. 3, pp 208–227

**Schorsch, G., 2000.** “La formulation : de l’art à la science du compromis”. In : *Actualité chimique* 20-24.237.

**Serrano E.**, 2001. *Régime hydrique et minéral de la vigne éléments de potentialité d'un terroir*. C.R.,ITV, France Midi-Pyrénées, 5 p.

**Simon J-L., Eggenberger W., Koblet W., Mischler M., Schwarzenbach J.**, 1992. *Viticulture*. Ed. Payot, Lausanne.

**Sirbu R., Sava C., Ghergic D.L.**, 2006. *Caractérisation de certains principes actifs de Ulva Lactuca et Ulva Rigida –Algues vertes du littoral roumain de la mere noire*. Vol V II (1). pp189.

**Sivasankari S., Venkatesalu V., Anantharaj M. and Chandrasekaran M.**, 2006. *Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of Vigna sinensis*, BioresourceTechnology, vol. 97, no. 14, pp1745–1751.

**Smith S.**, 2006 : Série de manuels de Formation sur l'utilisation des pesticides au canada. Chapitre 1 renseignements généraux, volume1; pp: 1-19.

**Soing P.**, 2004. *Fertilisation des vergers environnement et qualité*. Édit. CTIFL., Paris, 13-49 p.

**Soltner D.**, 2000. *Les bases de la production végétale : le sol*. Édit. Sciences et Techniques Agricole Maine et Loire., Tome 1, France, 457 p.

**Sridhar S and Rengasamy S.**, 2011. *Influence of seaweed liquid fertilizer on growth and biochemical characteristics of Arachis hypogea L. under field trial*, Journal of Ecobiotechnology, vol. 3, pp 18–22.

**Tanaka A, Fujita K and Kikuchi K** (1974a) Nutro-physiological studies on the tomato plant. III-Photosynthetic rate of individual leaves in relation to the dry matter production of plant. Soil Science and Plant Nutrition: 20, 173-183.

**Tanaka A, Fujita K and Kikuchi K** (1974b) Nutro-physiological studies on the tomato plant. IV-Source-sink relationship and structure of the source-sink unit. Soil Science and Plant Nutrition: 20, 305-315.

**Thomas N. and Kim S.-K.**, 2013. *Beneficial effects of marine algal compounds in cosmeceuticals*, Marine Drugs, vol. 11, no. 1, pp 146–164. Trends Biotechnol. 20:472-478.

**Velasco R, Zharkikh A, Troglio M, Cartwright DA, Cestaro A, Pruss D, Pindo M, Fitzgerald LM, Vezzulli S, Reid J, Malacarne G, Iliev D, Coppola G, Wardell B, Micheletti D, Macalma T, Facci M, Mitchell JT, Perazzolli M, Eldredge G, Gatto P, Oyzerski R, Moretto M, Gutin N, Stefanini M, Chen Y, Segala C, Davenport C, Dematte L, Mraz A, Battilana J, Stormo K, Costa F, Tao Q, Si-Ammour A, Harkins T, Lackey A, Perbost C, Taillon B, Stella A, Solovyev V, Fawcett JA, Sterck L, Vandepoele K, Grando SM, Toppo S, Moser C, Lanchbury J, Bogden R, Skolnick M, Sgaramella V, Bhatnagar SK, Fontana P, Gutin A, Van de Peer Y, Salamini F, Viola R** (2007) *A high quality draft consensus sequence of the genome of a heterozygous grapevine variety*. PLoS ONE 2: e1326

**Vernner, R., & Bauer, P & Bauer Q-TEO**, a formulation concept that overcomes the incompatibility between water and oil. *Pfalzenschutz-Nachrichten Bayer*, 60(1), 7-26.

**Vivier M.A. and I.S. Pretorius**, 2002. *Genetically tailored grapevines for the wine industry*.

**Wijesinghe W. A. J. P. and Jeon Y.-J.**, 2012. *Enzyme-assistant extraction (EAE) of bioactive components: a useful approach for recovery of industrially important metabolites from seaweeds: a review*, *Fitoterapia*, vol. 83, no. 1, pp 6–12.

**Yuan Y. V. and Walsh N. A.**, 2006. *Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from a variety of edible seaweeds*, *Food and Chemical Toxicology*, vol. 44, no. 7, pp 1144–1150.

**Yvin J.C.**, 1994. Nouvelle approche des modes d'action des extraits d'algues en agriculture. *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 80(2), pp. 103-112.