



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Biologie et Ecologie Végétale

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Ecologie et environnement.

Option : Gestion Durable des Ecosystèmes et Protection de l'Environnement

Intitulé :

Adaptation du chêne kermès à la contrainte thermique par les marqueurs biochimiques.

Présenté et soutenu par : TAIR Imene

Le : 19/06/2016

Jury d'évaluation :

Président du jury : OUAHRANI. G (Pr - UFM Constantine).

Rapporteur : HADEF .A (MAA - UFM Constantine).

Examineurs : ALATOU. D (Pr - UFM Constantine).

*Année universitaire
2015 - 2016*

Sommaire

Introduction	1
Synthèse bibliographique	
I.1. Description de l'espèce Chêne kermès (<i>Quercus coccifera</i>).....	2
I.1.Étymologies.....	2
I. 2.Classification.....	2
I. 3 Caractères botaniques.....	2
I. 4.Air de répartition.....	3
I. 5.Caractères écologiques.....	4
I. 6. Reproduction.....	4
I. 7.Utilisations	4
I. 8. Patrimoine culturel.....	5
II. Définition du stress.....	5
II.1. Réponse des plantes à un stress.....	5
II.2. Stress thermique.....	7
II.3. Stress thermique des hautes températures.....	7
II.4. Adaptation des plantes aux hautes températures.....	7
II.5. Effet des hautes températures sur les végétaux.....	7
II .5.1. Effet sur la photosynthèse.....	7
II .5.2. Effets sur la transpiration.....	8
II.5.3.Effets sur la respiration.....	8
II.5.4. Effets sur la croissance	8
II .6. Mécanismes de tolérance à la chaleur.....	8

II.7. Processus biochimique.....	9
II.7.1. Stabilité thermique des membranes cellulaire.....	9
II.8. Métabolites associés à la tolérance de température.....	9
II.8.1. Proline	9
II.8.1. Sucres solubles.....	10
II.8.2. Chlorophylle	10

Matériels et méthodes

III.1. Matériel végétal.....	12
III.2 Matérielle utilisés.....	13
III.1.2. Spad.....	13
III.3. Technique de culture.....	14
III.4. Traitement appliqués.....	15
III.5. Stade d'application des traitements.....	15
III.6 Analyses biochimiques	16
III.6.1. Dosage de la proline	16
III.6.2. Dosage des sucres solubles.....	16
III.6.3. Dosage de la chlorophylle	17
III.7. Analyse statistique.....	18

Résultats et discussion

IV. Résultats.....	19
IV.1. Sucres solubles.....	19

IV.1.1. Effet des variations thermiques sur les teneurs en sucres solubles.....	19
IV.1.2. Le cumul du taux des sucres solubles chez la plante entière.....	21
IV.2.La proline.....	23
IV.2.1. Effet des variations thermiques sur les teneurs en proline.....	23
IV.2.2. Le cumul du taux de la proline chez la plante entière.....	24
IV.3. Teneurs en chlorophylles.....	25
IV.3.1Chlorophylles (a et b).....	25
IV.3.2. Chlorophylle totale.....	29
IV.3.3. Rapport ch.a / ch.b	30
IV 3.4. Chlorophylle mesuré à partir du Spad	31
V. Discussion.....	33
Conclusion.....	36
Perspectives.....	37
Références bibliographique	

Liste des figures

- Figure 1. ... Carte de répartition du chêne kermès dans le monde	03
- Figure 2. Réaction des plantes a un stress thermique	06
- Figure 3. Localisation du site de prélèvement de glands.....	12
- Figure 4. Variation de la teneur en sucres solubles au niveau de différents organes des semis du chêne kermès en fonction de la température	20
- Figure 5. Le cumul du taux des sucres solubles chez la plante entière.....	22
- Figure 6. : Variation de la teneur en proline au niveau de différents organes des semis du chêne kermès.....	23
- Figure 7. Le cumul du taux de la proline chez la plante entière.....	25
- Figure 8. Variations des teneurs en chlorophylle (a et b) chez les feuilles de chêne kermès en fonction de température	26
- Figure 9. Variation du taux de la chlorophylle totale chez les feuilles de chêne kermès en fonction de la température.....	28
- Figure 10. Variation des taux du rapport ch.a /ch.b dans les feuilles du chêne kermès.....	30
- Figure 11. Variation des taux de la chlorophylle au niveau des feuilles du Chêne kermès (Valeur Spad).....	31

Liste des photos

- Photo1. Gland, feuille, et fleure du chêne kermès.....	2
- Photo2. L'appareille du Spad.....	13
- Photo 3. Semis du Chêne kermès.....	14
- Photo 4. Les différents organes de semis de chêne kermès.....	15

Liste des tableaux.

- Tableau 1 : Analyse de la variance à 2 critères fixes.....	20
- Tableau 2 : Test Newman-Keuls à 5% du premier facteur (température).....	21
- Tableau 3 : Test Newman-Keuls du deuxième facteur (organes).....	21
- Tableau 4 : Analyse de la variance à 2 critères fixes (température et organe).....	23
- Tableau 5 : Test Newman-Keuls à 5%.....	24
- Tableau 6 : Test Newman-Keuls à 5%.....	24
- Tableau 7 : Analyse de la variance de la chlorophylle (a).....	26
- Tableau 8 : Test de Newman et Keuls à 5% (Températures).....	27
- Tableau 9 : Test de Newman et Keuls à 5% (Organes).....	27
- Tableau 10 : Analyse de la variance de la chlorophylle (b).....	27
- Tableau 11 : Test de Newman et Keuls à 5% (température).....	28
- Tableau 12 : Test de Newman et Keuls à 5% (Organes).....	28
- Tableau 13 : Analyse de la variance.....	29
- Tableau 14 : Test de Newman et Keuls à 5% (Températures).....	29
- Tableau 15 : Test de Newman et Keuls à 5% (Organes).....	29
- Tableau 16 : Analyse de la variance.....	30
- Tableau 17 : Test de Newman et Keuls à 5%.....	31
- Tableau 18 : Analyse de la variance.....	32
- Tableau 19 : Test de Newman et Keuls à 5%.....	32

REMERCIEMENT

Louange à ALLâh qui a me donné la volanté, le courage et la patience pour l'attribution et la réalisation de ce travail.

Nos sentiment de reconnaissance et notre grande considération à Mm Ouahrani G , Professeur à l'université Mentouri- Constantine, Pour avoir accepté de présider ce jury.

Mr HadeF Azzedine MAA , Maître assistant à l'université Mentouri- Constantine, pour ses conseils de grandes valeurs, sa disponibilité qu'il a eu à son aide à la réalisation des expériences et de la préparation de ce mémoire.

Mes plus vifs remerciements aux personnels à Mr Alatou D, Professeur à l'université Mentouri- Constantine, Pour ses conseils précieux et de m'avoir accueillir dans son laboratoire « laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phytogénétiques » , d'avoir accepté de juger et examiné ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à l'encontre de toute personne qui a participé de près ou de loin directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire qui est le fruit de mes années d'étude qui sont pleines de réussite à ce qui m'a données l'amour, la joie et le bonheur, qui ma aider dans toute les phases de ma vie moralement et matériellement à qui je suis très reconnaissante et qui je dois tout le respect du monde et qui j'aime le plus au monde « mes parents »

A mes très chères frères « Akram » « Chouaib » et « Farouk »

A mes très chères amies qui vécu avec eux des bons et mauvais moments durant ces années d'étude : « Khaulwa, Soumia, Chaima » et mes amis d'étude « Amine »

A tous les personnes de prés ou de loin qui me reconnaisse.

A tous ceux qui j'aime.

Introduction

Introduction

Les végétaux sont des êtres vivants généralement chlorophylliens, fixés au sol ayant une mobilité extrêmement réduite.

Siège de la photosynthèse, ils sont indispensables à tous êtres vivants.

Cependant, les végétaux peuvent subir des stress mettant un frein à leur croissance et les empêchent d'effectuer la photosynthèse correctement, les basses et les hautes températures font partie de ces stress. (Boitard et Gazeau, 2002).

Toutefois, le stress biologique est un concept mécanique défini comme étant une force appliquée sur un objet par unité de surface. En réponse à cette force extrême, l'objet développe une force ou change de dimension.

Le stress de chaleur est souvent parallèle au stress de lumière et de sécheresse ; et donc en général on a ce que l'on appelle.

On a choisi d'étudier une espèce très répandue : le chêne kermès (*Quercus coccifera*) qui est une espèce typiquement méditerranéenne, limitée au bassin méditerranéen. En Algérie, il occupe surtout la partie orientale du pays, en basse et moyenne altitude (Alton, 1984). Selon (Bondy 1957), le chêne kermès localise dans les étages bioclimatiques humides et subhumides

C'est une essence héliophile, sclérophylle et xérophile pouvant supporter la sécheresse.

C'est l'espèce type qui caractérise la garigue. Elle est moins rustique que le chêne vert. Elle forme des fourrés impénétrables, délaissés par les animaux à cause des feuilles épineuses, qui favorisent la propagation des incendies.

Toutefois, le chêne kermès résiste bien par sa souche drageonnante qui lui permet de repousser vigoureusement après un incendie. Cette espèce préfère les sols calcaires, drainés et même secs.

A cause des conditions climatiques actuelles (froid hivernal, sécheresse, chaleur estivale...), les plantes luttent contre ces conditions défavorables par la synthèse de plusieurs substances chimiques comme la proline, les sucres solubles et les protéines de choc thermique.

Notre travail consiste à analyser l'effet d'un stress thermique (hautes températures) sur la capacité de tolérance des semis du chêne kermès et l'accumulation de la proline, sucres solubles et de la chlorophylle dans leurs organes (feuilles, tiges et racines).

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Synthèse bibliographique

I. Description de l'espèce Chêne kermès (*Quercus coccifera*)

I.1. Étymologies

Kermès : du latin 'kermes ilicis' nom de la cochenille du kermès qui le parasite. Le Chêne kermès (*Quercus coccifera*) est un arbre de la famille des Fagaceae. Ce chêne est un arbuste d'un mètre de hauteur en moyenne, à port buissonnant, il forme des buissons très denses et difficilement pénétrables, d'environ 1 à 2 m de hauteur. Exceptionnellement, il peut atteindre 5 à 6 m de hauteur. Les feuilles sont de petite taille, de couleur vert luisant, de forme ovale et sont bordées de dents épineuses. Les fleurs sont de couleur jaunâtre et sont unisexuées. Les fleurs mâles sont réunies en courts chatons et les femelles sont solitaires. Les fruits sont des glands de forme globuleuse, recouvert d'une cupule couverte d'écailles rigides. Le feuillage est semi-persistant, il se renouvelle tous les deux ans.

I.2. Classification

<u>Règne</u>	<u>Plantae</u>
<u>Sous-règne</u>	<u>Tracheobionta</u>
<u>Division</u>	<u>Magnoliophyta</u>
<u>Classe</u>	<u>Magnoliopsida</u>
<u>Sous-classe</u>	<u>Hamamelidae</u>
<u>Ordre</u>	<u>Fagales</u>
<u>Famille</u>	<u>Fagaceae</u>
<u>Genre</u>	<u>Quercus</u>

I.3. Caractères botaniques

. **Catégorie** : Le Chêne kermès (*Quercus coccifera* L. de la famille des Fagacées) est un petit arbuste à feuilles persistantes que l'on trouve dans les régions méditerranéennes dans la garrigue. Il est appelé pour cette raison Chêne de garrigue. On devrait l'appeler Chêne à Kermès du nom de la Cochenille qui le parasite

. **Le port** : Arrondi, enchevêtré.

. **Le feuillage** : Les feuilles sont lisses et brillantes et garnies d'épines sur leur bord. Elles ressemblent à des feuilles de houx (encore plus que celles du Chêne vert).

. **Les glands et les cupules** : Les cupules sont très enveloppantes et couvertes d'écailles

Synthèse bibliographique

.Floraison : avril-mai.

.Fructification : août-septembre de la seconde année.

.Fruits : subsessiles sur les rameaux de la 2e année

.chatons mâles : courts, glabres.

.Ecorce : Aspect de l'écorce : Ecorce grise, Ecorce lisse, Ecorce peu crevassée, Feuille.

.Croissance : très lente.

.Hauteur : 1à2 mètre.



-A-

-B-

-C-

Photo 1. A : Gland B : Feuille C : fleur du chêne kermès

I.4. Air de répartition

Cette espèce est originaire du bassin méditerranéen : Afrique du Nord, Europe méridionale, Proche-Orient. En France, on le trouve dans la région méditerranéenne, jusqu'à la Drôme vers le nord et l'Aveyron vers l'ouest.

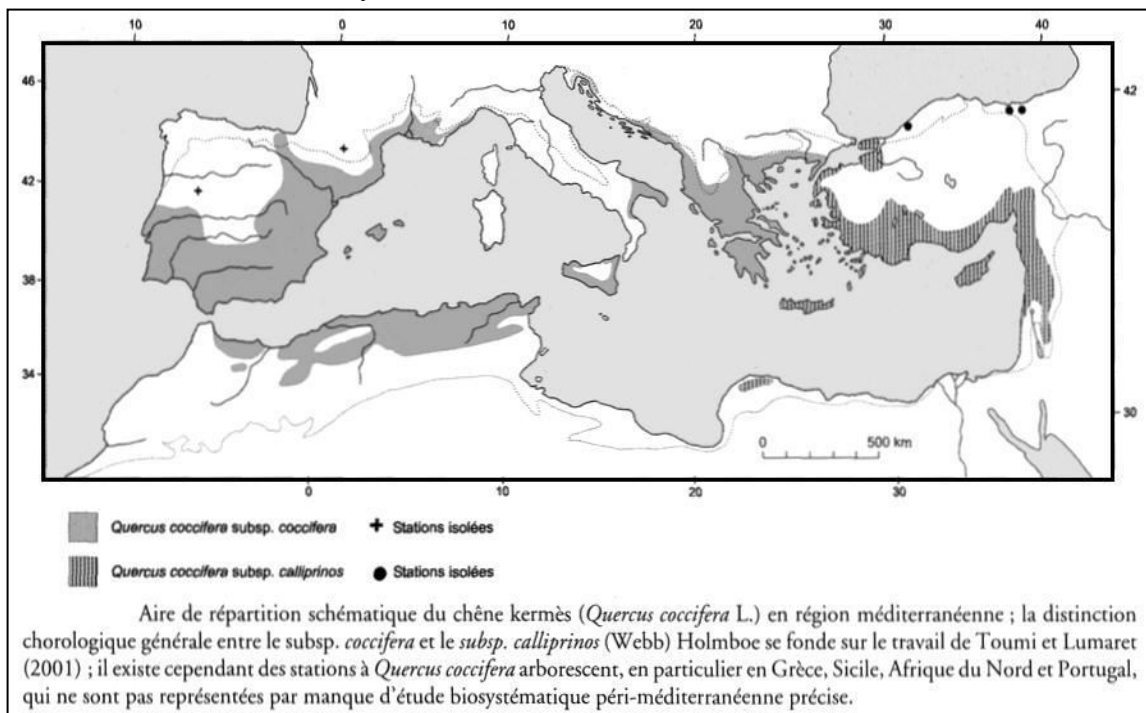


Fig 1. Carte de répartition du chêne kermès dans le monde

Synthèse bibliographique

I.5. Caractères écologiques

Le chêne kermès est une espèce de la garrigue et du maquis. Il est bien adapté à la sécheresse : ses feuilles dures sont persistantes, et portent des épines, pour éviter de se faire manger. Il pousse sur les sols calcaires et peu profonds.

I.6. Reproduction

La période de floraison se situe en avril – mai. Cette espèce est monoïque. La pollinisation se fait de manière entomogame et la dissémination des propagules se fait par dyszoochorie.

I.7. Utilisations

Kermès est le nom d'un genre de Cochenilles qui parasite ce Chêne. Une Cochenille du genre (*Kermès vermilio* Planchon) a été utilisée pour fabriquer une teinture rouge. Cette teinture a été utilisée comme marque supplémentaire du statut hiérarchique important de celui qui portait des vêtements teints en écarlate. C'était la teinture des cotes d'armes des généraux romains (voir Pline) , au Moyen âge où son commerce a culminé avant d'être remplacé par les grains de carmin de cochenille son utilisation s'est étendue dans la seconde moitié du XVe siècle aux vêtements des cardinaux. Dans l'aire de la répartition de cette Cochenille la possession de garrigues peuplée de Chêne kermès a été une source de revenus importante.

I.8. Patrimoine culturel

Très apprécié des moutons qui se délectent de ses glands, le chêne kermès recèle sous certaines de ses feuilles un trésor autrefois convoité: une cochenille parasite (*Kermès vermilio*, de la famille des coccinelles) que l'on récoltait et d'où était extraite, après séchage et broyage, "l'écarlate française", source de couleur labellisée "grand teint" par Colbert au XVIIème siècle et teinture rouge de renom.

Ce ramassage qui représentait une activité économique non négligeable en Languedoc de l'Antiquité au XIXème, a totalement disparu après la découverte de la cochenille du nopal, un cactus mexicain.

A noter que l'écorce du kermès est riche en tannins, substance utilisée pour le tannage du cuir.

Synthèse bibliographique

II. Stress

Un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux (Jones et *al.*, 1989), ou encore une condition non optimale causée par un facteur qui tend à altérer l'équilibre des fonctions d'un organisme.

En matière de biologie végétale, les principaux stress peuvent être classés, tout dépendant de la nature de l'agent stressant, en quatre catégories: physiques, chimiques, biotiques et anthropogéniques (Orcutt et *al.*, 2000).

Pour les physiologistes, le stress correspond à toute condition de l'environnement ou combinaison de conditions qui empêche la plante de réaliser l'expression de son potentiel génétique pour la croissance, le développement et la reproduction (Jones et Qualset, 1984).

II.1. Réponse des plantes à un stress

Les stress environnementaux ou (abiotiques), comme la sécheresse, la salinité et les basses températures sont des conditions de stress qui affectent la croissance et le rendement des plantes. Contrairement aux animaux, qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne leur sont plus favorables, les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre aux changements environnementaux en contrôlant et en ajustant leurs systèmes métaboliques (Agronomie, 2006).

Les réponses cellulaires et moléculaires des plantes aux conditions de stress ont été très étudiées. Les mécanismes par lesquels elles perçoivent les signaux environnementaux et les transmettent à la machinerie cellulaire pour activer des mécanismes de réponses adaptées déterminent chaque jour leur survie (Agronomie, 2006).

La connaissance de ces réponses, basées sur la transmission (la transduction) de signaux de stress, est très importante afin d'améliorer la réponse des plantes cultivées aux différents stress environnementaux. Ainsi, une voie de transduction d'un signal commence par la perception de ce signal au niveau de la membrane (par un senseur ou non), suivie par la production de seconds messagers et de facteurs de transcription. Ces facteurs de transcription contrôlent l'expression de gènes impliqués dans la réponse au stress incluant des changements morphologiques, biochimiques et physiologiques.

Synthèse bibliographique

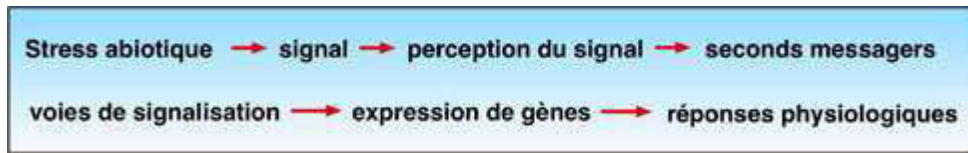


Fig2. Réaction des plantes a un stress thermique

Ainsi, lorsqu'une plante subit un stress, il y a une perte importante d'eau au niveau des cellules, provoquant une tension entre la membrane plasmique et la paroi végétale, un dysfonctionnement de la photosynthèse, et donc une baisse de rendement. Pour y remédier, la plante synthétise, entre autre :

- Des osmoprotectants, comme la proline ou la glycine bêtaïne, qui permettent de maintenir l'équilibre en eau entre la cellule végétale et l'environnement extérieur;
- Des protéines spécifiques (Agronomie, 2006);
- Des acides gras afin de modifier la perméabilité de la membrane plasmique.

II.2. Stress thermique

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont tuées ou lésées par les baisses modérées de température, alors que d'autres parfaitement acclimatées sont capables de suivre au gel des dizaines de °C en dessous de zéro (Hopkins, 2003).

II.3. Stress thermique des hautes températures

Lorsque la température optimale du développement d'une plante est dépassée, le rendement des cultures baisse; cette température optimale varie d'une plante à l'autre. La plupart des plantes cultivées craignent les hautes températures, même pendant des laps de temps courts. Une température de l'air entre 45 et 55°C pendant une demi-heure abîme directement les feuilles des plantes dans la plupart des cas, et même des températures plus basses (entre 35°C et 40°C) peuvent être graves si elles persistent (Hopkins, 2003).

II.4. Adaptation des plantes aux hautes températures

De nombreuses plantes évitent la surchauffe en faisant adopter une position plus verticale aux feuilles, comme le cas des graminées, en provoquant l'enroulement des feuilles le long de leur grand axe. D'autres adaptations morphologiques comprennent la production de

Synthèse bibliographique

poils foliaires (pubescences) et de surfaces cireuses qui réfléchissent la lumière réduisant de ce fait l'absorption d'énergie, ou la production de feuilles plus petites et fortement découpées qui réduisent la couche d'air limite et permettent une perte maximum de chaleur par convection ou conduction (Hopkins, 2003).

II.5. Effet des hautes températures sur les végétaux

II .5.1. Effet sur la photosynthèse

La température est le troisième facteur limitant mis en évidence par Blackman (1905 in Heller et *al.*, 1989) pour toutes les activités métabolique. On observe un effet positif de température jusqu' à 30°C en général, puis une action dépressive avec annulation totale vers 45°C ; l'inhibition est d'autant plus marqué que la température excessive est appliqué plus longtemps (Heller et *al.*, 1989).

II .5.2. Effets sur la transpiration

La température agit sur l'évaporation de l'eau cellulaire. Son augmentation entraîne l'ouverture des stomates et donc une augmentation de la transpiration. L'action de la température rappelle celle de la sécheresse de l'air: jusque 25°C à 30°C, une élévation de température augmente la transpiration (Heller et *al.*, 1989).

II .5.3. Effets sur la respiration

L'action de la température sur la respiration est analogue a celle que l'on rencontre pour tous les phénomènes métabolique, avec une montée sensiblement conforme à la lois d'Arrhenius, de 0 à 40°C ou 50°C puis une brusque redescende qui traduit la dénaturation des protéines (Heller et *al.*, 1989).

II.5.4. Effets sur la croissance

En effet, il est à remarquer que si les hautes températures dégradent les structures vivantes et si les tissus meurent lorsqu' ils sont portés au delà de 125 à 150°C, par contre le froid les empêche seulement de se développer. L'effet de la température sur la croissance et la résultante de son action sur la photosynthèse et les réactions métaboliques mais aussi sur l'alimentation hydrique et minérale. (Heller et *al.*, 1989).

II.6. Mécanismes de tolérance à la chaleur

Les plantes ont mis au point plusieurs mécanismes qui leur permettent de tolérer de plus hautes températures. Ces mécanismes adaptatifs thermo tolérants reflètent l'environnement dans lequel une espèce à évoluer. Ces mécanismes sont :

- La dépendance thermique aux niveaux biochimique et métabolique;
- La tolérance thermique en relation avec la stabilité membranaire;
- La thermo tolérance induite par une augmentation graduelle de température vis-à-vis de la production de protéines contre le choc thermique.

II.7. Processus biochimique

Les effets de la température sur les vitesses de réactions biochimiques peuvent être modélisés comme le produit de deux fonctions, une vitesse de réaction progressive croissant exponentiellement et une chute exponentielle résultant d'une dénaturation enzymatique avec l'augmentation de la température.

La défaillance d'un seul système enzymatique critique peut causer la mort d'un organisme. Ce fait peut expliquer pourquoi la plupart des espèces de culture survivent à des températures élevées prolongées jusqu'à une gamme assez étroite de 40°C à 45°C. La relation entre l'environnement thermique d'un organisme et la dépendance thermique des enzymes a été bien établie (Senioniti et *al.*, 1986).

La dépendance thermique de la vitesse apparente de réaction pour des enzymes sélectionnées peut indiquer la gamme thermique optimale pour une plante. La gamme dans laquelle la constante apparente de Michaelis-Menten pour le CO₂ (K_m) est minimale et stable est appelée la fenêtre cinétique thermique (Mahan et *al.*, 1987).

II.7.1. Stabilité thermique des membranes cellulaires

Les parois et les membranes des organelles cellulaires jouent un rôle vital dans le fonctionnement des cellules. Tout effet néfaste d'un stress thermique sur les membranes conduit à la rupture de l'activité cellulaire ou à la mort. Une lésion aux parois, due à la chaleur, peut être mesurée par une fuite ionique (Chaisompongpan et *al.*, 1990; Hall, 1993). Une lésion aux membranes due à un stress soudain de chaleur peut provenir soit de la dénaturation des protéines membranaires soit de la fonte des lipides membranaires qui conduit à la rupture des membranes et à la perte du contenu cellulaire (Ahrens et Ingram, 1988).

II.8. Métabolites associés à la tolérance de température

II.8.1. Proline

La Proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur de stress. Elle joue un rôle important dans l'osmoprotection et la régulation du PH cytoplasmique (Dehaney and verma, 1993 in Delaa, 2003). Elle fournit une réserve d'azote pouvant être utilisée en conditions de stress comme moyen de réduction de l'acidité ou élimination de résidu (Shwakee et *al.*, in delaa,2003)

Selon come (1992), la production et l'accumulation de la proline sont fréquemment associés à un stress tels que : sécheresse, salinité et lumière.

Le taux de la proline s'accroît dans les feuilles lorsque température s'élève (Knu et chen 1986 in Bounouara, 2001).

La basse température agit sur le métabolisme et le transport de la proline dans la plante.

II.8.2. Sucres solubles

Les sucres solubles constituent une source glucidique rapidement métabolisable et couvrent les besoins du plant. Ce sont des intermédiaires métaboliques qui sont également une forme de transport et qui peuvent être, dans certains cas, considérés comme une forme de transport ou comme une forme de stockage (Palonen, 1999).

Il a été démontré que certains composés notamment, les sucres solubles s'accumulent dans les tissus des plantes cultivées sous stress (Ben Khaled et *al.*, 2003).

L'accumulation des sucres solubles est un moyen adopté par les plante en cas de stresse, afin de résister aux contraintes du milieu.

La nature des sucres solubles qui apparaissent pendant l'endurcissement diffère selon les espèces et se modifie au cours de l'endurcissement. Dans un premier temps, des oses et des disaccharides sont synthétisés (glucose, fructose, saccharose), puis souvent des oligosaccharides (raffinose, stakiose) il n'y a pas de sucre spécifique de la résistance : chez le pommier c'est le sorbitol qui est stocké dans le xylème (Kanfoud et *al.*, 2009).

Bien que de nombreux végétaux accumulent des sucres solubles pendant l'endurcissement, le fait n'est pas général, la pomme de terre hydrolyse l'amidon sans que sa résistance au gel soit augmentée (come, 1992).

II.8.3. Chlorophylle

La chlorophylle est un pigment assimilateur principal des végétaux supérieurs. Ce pigment situé dans la chlorophylle des cellules végétales, est également fortement réfléchissant dans le proche infrarouge (700 nm), les clichés aériens en fosses couleurs (IR+rouge+vert) permettant aux spécialistes de reconnaître les essences par analyses radiométrique.

C'est un pigment présent dans toutes les plantes vertes sur terre. On estime que près d'un milliard de tonnes de chlorophylle sont synthétisées par les plantes chaque année sur toute la surface de la terre (Brown et *al.*, 1998).

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Elle est présente dans tous les organismes végétaux. Chez les plantes supérieures, on la rencontre dans les cellules des feuilles et des tiges vertes. Ce pigment, situé dans les chloroplastes des cellules végétales, absorbe la lumière utilisée par la photosynthèse, mécanisme de transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique.

Il existe plusieurs sortes de chlorophylles qui diffèrent par leur structure moléculaire et leur mode d'absorption des ondes lumineuses :

- La chlorophylle *a* existe chez tout les végétaux ($\approx 2\text{g} / \text{Kg}$ de feuilles fraîches), elle représente 75 % de la chlorophylle des plantes vertes.
- La chlorophylle *b* se trouve chez les Cormophytes (végétaux supérieurs) et les Chlorophycées (algues vertes) à des teneurs moindres ($\approx 0.75\text{g} / \text{Kg MF}$).
- Deux autres variantes existent chez les Phéophycées (algues brunes) et les Rhodophycées (algues rouges), respectivement les chlorophylles *c* et *d*.

MATERIELS ET METHODES

Matériels et Méthodes

III.1. Matériel végétal

Notre étude est réalisée sur des semis de chêne kermès (*Quercus coccifera*) issus de glands récoltés sur des sujets adultes de la région de Gerbez Sanhadja (Wilaya de Skikda) (50m d'altitude, 36°37'N, 7°30'E pluviométrie moyenne annuelle de 800mm, bioclimat subhumide à hiver doux). Ils ont été récoltés en novembre 2015.

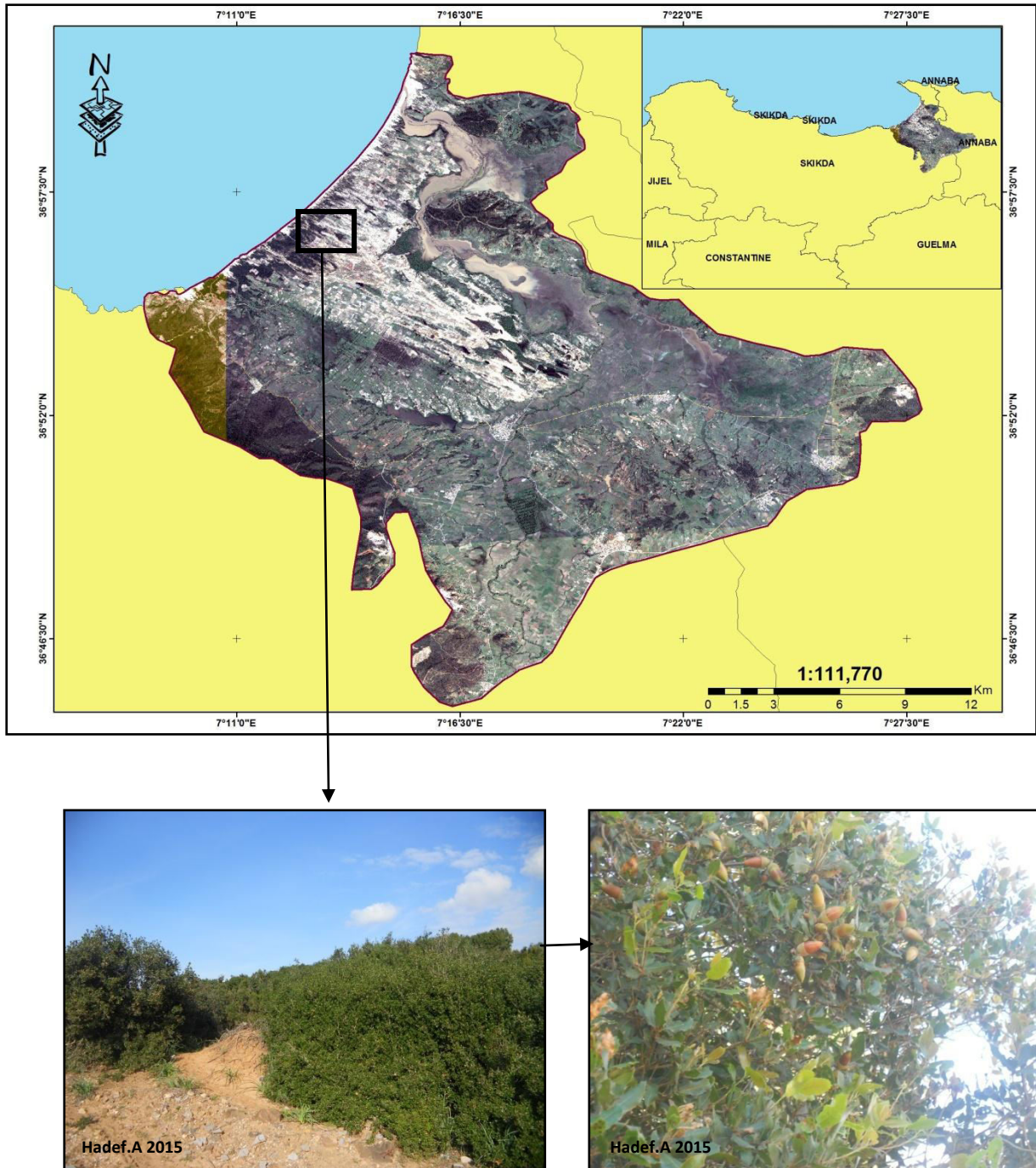


Fig.3. Localisation du site de Prélèvement des Glands.

III.2. Matérielle utilisés

III.1.2. Spad

Le taux de chlorophylle est mesuré à l'aide de chlorophylle mètre (Spad-502 plus) sur les feuilles du chêne kermès. Chaque mesure est en fait la moyenne de 3 échantillons (unité spad).

L'appareille a la forme d'une pince que l'on tient dans la main .il est compact et léger entre dans n'importe quelle poche .il mémorise jusqu'à 30 mesures qui peuvent êtres affichés une a autre.

Le chlorophylle-mètre est utilisé pour évaluer la teneur en azote des feuilles puisque la majeure partie de l'azote est contenue dans la chlorophylle. Il suffit de fermer la pince vide sur elle-même pour étalonner l'instrument. Il réalise des mesures rapides sans endommager les feuilles des plantes.



Photo2. L'appareille du spad

Matériels et Méthodes

III.3. Technique de culture

Au laboratoire, les glands sont trempés pendant quelques minutes dans l'eau, afin d'éliminer les glands en mauvais état ou parasités. Ils sont par la suite mis à ressuyer à l'air libre pendant 48 heures. Les glands sont mis à germer dans de la vermiculite saturée d'eau à une température ambiante de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Après la germination, les plants sont élevés dans des pots en plastique, remplis de la tourbe (matière organique 20%, matière sèche 30%, rétention en eau 300%, pH=6.5 et résistivité 1200 ohm.cm). Les plants sont placés dans une chambre de culture à conditions semi contrôlées sous un éclairage de 6000 lux à base des plants, une température de $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et une photopériode de 16 heures (**photo 3**).



Photo3. Semis du Chêne kermès

III.4. Traitement appliqués

Les plants sont transférés pendant une durée de 3 heures à des températures de 38°C, 42°C et 46°C dans l'étuve.

III.5. Stade d'application des traitements

Après chaque stress, l'analyse biochimique de la proline, sucre soluble et chlorophylle sont réalisés au niveau de différents organes de semis de chêne kermès (feuilles de la première vague de croissance, feuilles de la deuxième vague de croissance, troisième vague de croissance, tiges et racines). (**photo 4**).

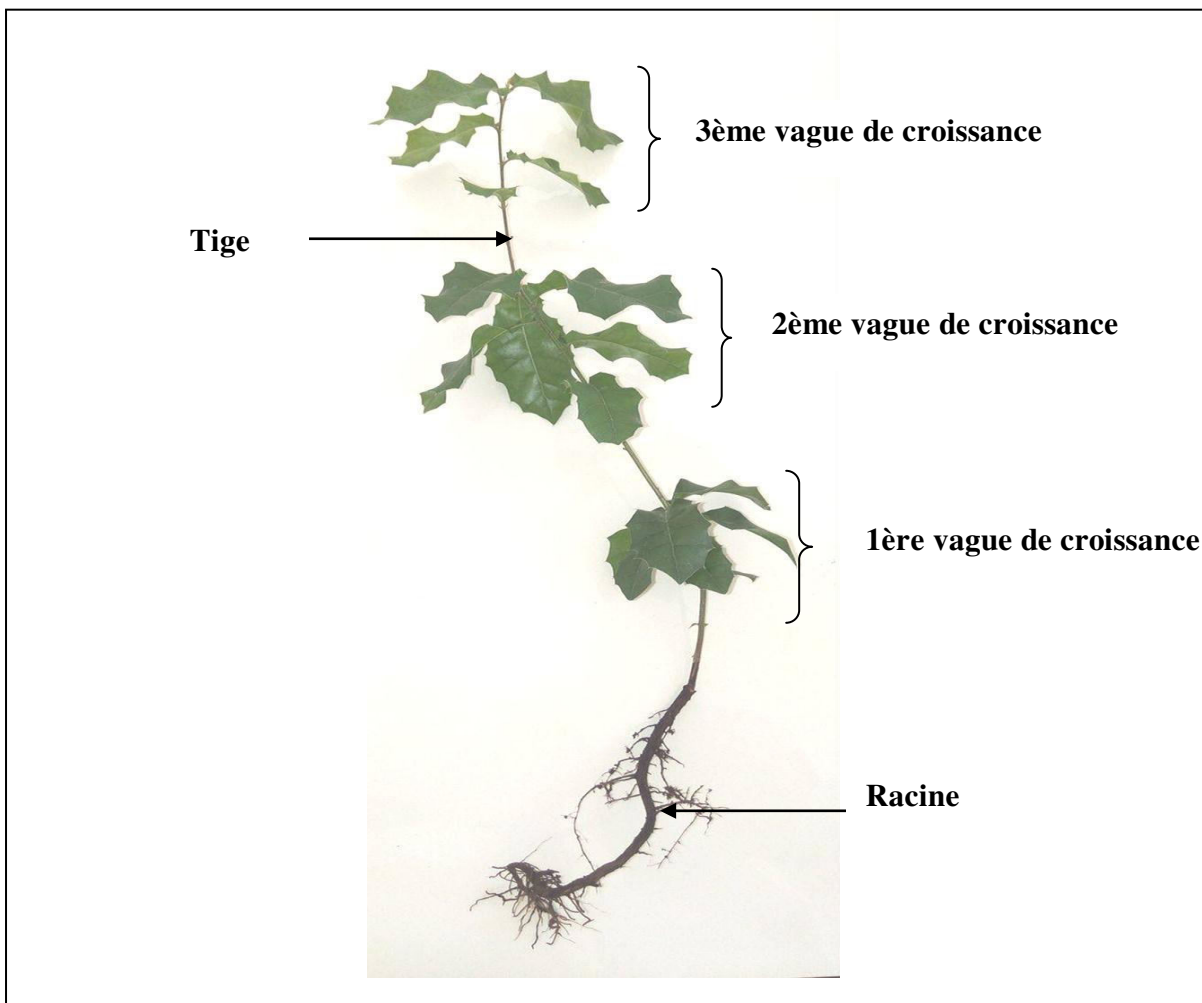


Photo4. Les différents organes de semis de chêne kermès.

III.6. Analyses biochimiques

III.6.1. Dosage de la proline

La méthode utilisée est celle de Troll et Lindsley en 1955.

Pour chaque échantillon prélevé (100 mg de la matière végétale), est immédiatement pesé, puis placé dans un tube à essai.

Un volume de 2 ml de méthanol à 40 % est ajouté à l'échantillon, le tout est chauffé à 85°C dans un bain-marie pendant 1h à 85°C. Après refroidissement, 1 ml de la solution d'extraction est ajoutée à 2 ml d'acide acétique, 25mg de ninhydrine et 1 ml du mélange (120ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique et 80 ml d'acide orthoohosphorique). L'ensemble est porté à ébullition pendant 30 mn, la solution vire au rouge, puis refroidi et additionné 5 ml de toluène. Après agitation au vortex, une pincée de sulfates de sodium (Na_2SO_4) est ajoutée dans chaque tube. La densité optique a été mesurée à 528 nm par spectrophotomètre après 48 heures. Les teneurs en proline sont obtenues par l'équation suivante :

$$Y=0.62 \text{ DO/MS}$$

DO : densité optique.

MS : Matière sèche (mg)

Y : $\mu\text{mol/mg MS}$

III.6.2. Dosage des sucres solubles

Les sucres solubles sont dosés par la méthode de Dubois et al (1956). Elle consiste à prendre 100 mg de matière végétale, dans des tubes à essai, on ajoute 3 ml de l'éthanol à 80% pour faire l'extraction des sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48 h à l'obscurité. Au moment de dosage, on filtre le contenu, et on ajoute 20 ml de l'eau distillée à l'extrait (solution à analyser).

Matériels et Méthodes

Dans des tubes en verre, on met 1 ml de la solution à analyser, on ajoute 1 ml de phénol à 5% puis 5ml de l'acide sulfurique à 1.8 N, tout en évitant de verser de l'acide contre les parois du tube. On obtient une solution jaune orange à la surface, on passe les tubes au bain marie pour 10 à 20 minute à 30 °C la densité optique a été mesurée à 490 nm. Les valeurs sont reportées sur la gamme étalon. Les teneurs en sucres solubles sont obtenues par l'équation suivante :

$$Y = 1.675 \text{ DO/MS}$$

DO : densité optique

MS : matière sèche (mg)

Y : $\mu\text{mol/mg MS}$

III.6.3. Dosage de la chlorophylle

Prendre 100 mg de matière fraîche (pour chaque essai), on ajout 10 ml d'une solution préparée de 75 % d'acétone et 25 d'éthanol. On les conserve dans des boites noires fermés pendant 48 h à 30°C et à l'obscurité.

La densité optique est mesurée à 663 nm pour la chlorophylle A et à 645 nm pour la chlorophylle B. Les concentrations en chlorophylles (A et B), exprimées en mg/gMF sont données par les formules suivantes :

$$\text{Chl (a) (m mol/mg M.F)} = 12.7 \text{ DO (663)} - 2.69 \text{ DO (645)}.0.1$$

$$\text{Chl (b) (m mol/mg M.F)} = 22.9 \text{ DO (645)} - 4.69 \text{ DO (663)}.0.1$$

V : volume de l'extrait.

W : masse de la matière fraîche.

III.7. Analyse statistique

La comparaison de l'effet de différents niveaux de température sur la teneur en sucres solubles, chlorophylle a et b, et en proline chez les différents organes de semis de chêne kermès a été effectuée à l'aide de l'analyse de la variance, les calculs ont été réalisés à l'aide du logiciel à deux facteurs (températures et organes), le test de Newman-Keuls à 5% a permis de classer les différents groupes homogènes. Les histogrammes sont réalisés à l'aide de l'Excel Stat (version, 2012). On considère que les résultats sont significatifs quand $P \leq 0.05$.

RESULTATS ET DISCUSSION

IV. Résultats

Dans cette étude, il nous a paru intéressant d'étudier quels sont les effets des hautes températures sur l'adaptation du chêne kermès (*Quercus coccifera*), nous sommes intéressés aux paramètres physiologiques tels que les sucres solubles, la proline et la chlorophylle. Les variations observées sur ces paramètres physiologiques sont illustrées dans les figures ci-dessous.

IV.1. Sucres solubles

IV.1.1. Effet des variations thermiques sur les teneurs en sucres solubles

Les résultats des sucres solubles obtenus varient d'une manière remarquable au niveau des différents organes des semis du chêne kermès.

Les hautes températures appliquées sur les semis du chêne kermès ont induit à des teneurs en sucres solubles distinctes dans les feuilles (Fig.4). Les taux de diminution au niveau V1 correspondant aux températures 38°C, 46°C, et 42°C soient respectivement (39.48%, 23.64%, et 19.29%) par rapport au témoin. Pour V2 Les taux de diminution correspondant aux températures 38°C, 46°C, et 42°C soit (57%, 25.17% et 4.72%). Pour V3 le taux de diminution correspond aussi aux températures 38°C, 46°C et 42°C soit (53.8%, 28.1% et 25.3%) par rapport au témoin.

Au niveau des tiges, la teneur en sucres solubles augmentent à 42°C soit respectivement (8.42%), alors pour les autres températures on note une diminution du taux des sucres solubles. Ainsi, au niveau des racines on note une diminution de la teneur en sucres solubles qui correspond aux températures (38°C, 46°C et 42°C) soit (49.48%, 45.07% et 14.52%) par rapport au témoin.

Résultats et discussion

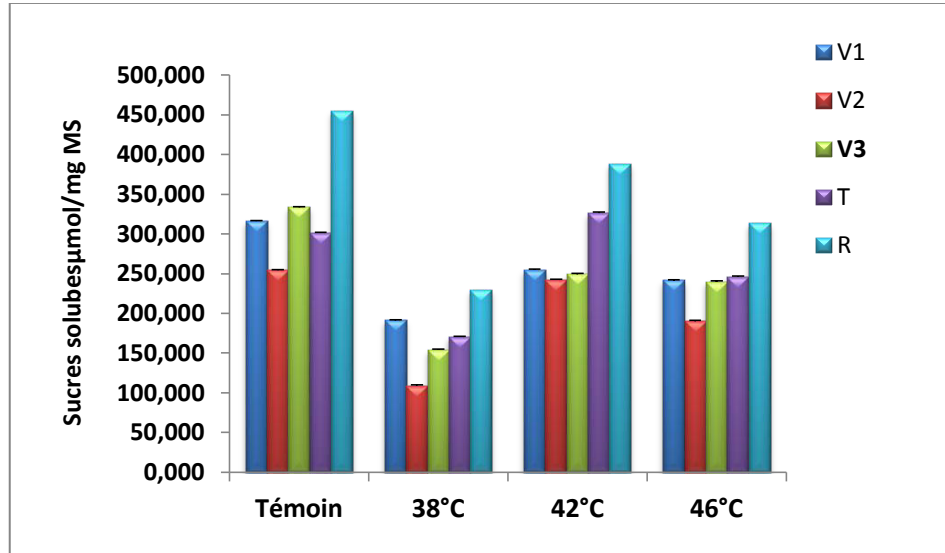


Figure 4. Variations de la teneur en sucres solubles au niveau de différents organes des semis du chêne kermès en fonction de température.

L'analyse de la variance des résultats obtenus indique qu'il existe des différences très hautement significatives (Tab.1). Le test Newman-Keuls du premier facteur (température) révèle l'existence de trois groupes homogènes dont le groupe A représente les températures le témoin et 42°C avec les plus grandes moyennes (Tab.2).

Le traitement 38°C occupe le groupe C avec la moyenne la plus faible, alors que le traitement 46°C occupe le groupe AB. Les résultats d'analyse statistique pour le 2^{ème} facteur (organes) montre qu'il existe trois groupes homogènes (Tab. 3), le premier groupe A correspond aux Racines avec la plus forte moyenne (**346.32** μmol/mg. M.S) et le dernier groupe B est affecté aux V2 avec la plus faible moyenne (**198.88** μmol/mg. M.S).

Tableau 1 : Analyse de la variance à 2 critères fixes

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	F	Pr > F
Modèle	19	3768.977	198.367	1.523	0.130
Résidus	40	5209.835	130.246		
Total	59	8978.812			

Résultats et discussion

Tableau 2 : Test Newman-Keuls à 5% du premier facteur (température)

Modalités	Moyenne	Groupes
Témoin	331.78	A
42°C	292.19	
46°C	246.13	AB
38°C	170.89	B

Tableau 3: Test Newman-Keuls du deuxième facteur (organes)

Modalités	Moyenne	Groupes
R	346.32	A
T	261.03	AB
V1	250.82	
V3	244.19	
V2	198.88	B

IV.1.2. Le cumul du taux des sucres solubles chez la plante entière

Les valeurs en sucres solubles dans les différents organes des semis du chêne kermès présentent la séquence suivante (Fig.5) :

En fonction des organes : **[R] > [T] > [V1] > [V3] > [V2]**

Et en fonction des températures:

[Témoin] > [42°C] > [46°C] > [38°C]

L'analyse des résultats montre que dans la plupart des cas, les teneurs relevées en sucres solubles dans les racines et les tiges sont supérieures à celles relevées dans les feuilles (V1, V3 et V2)

Résultats et discussion

Pour l'accumulation concernant le stress thermique, on remarque que le témoin signale les teneurs les plus élevées au niveau des différents organes.

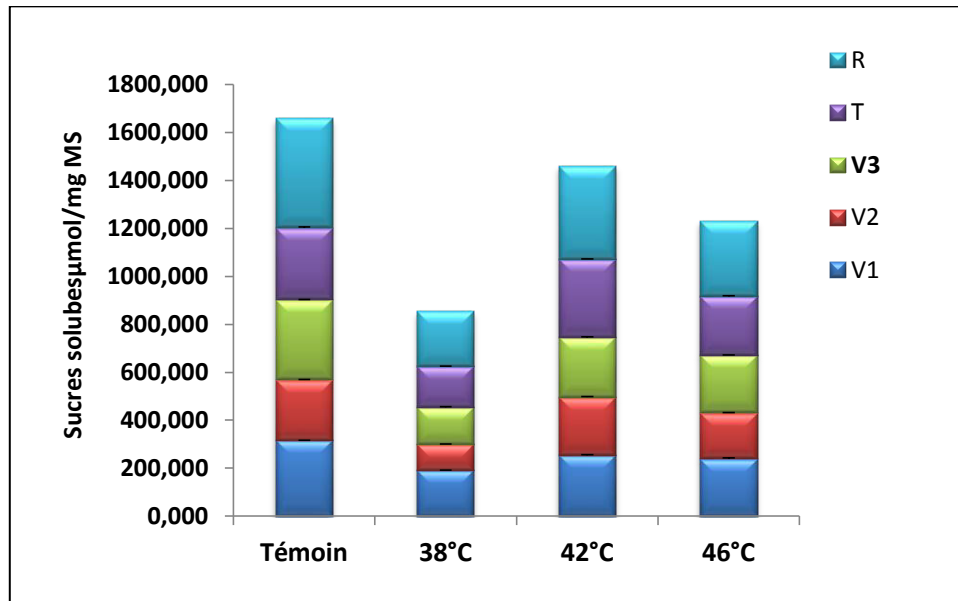


Figure 5. Le cumul du taux des sucres solubles chez la plante entière.

IV.2. La proline

IV.2.1. Effet des variations thermiques sur les teneurs en proline

L'accumulation de la proline au niveau de différents organes du chêne kermès soumis à des hautes températures est très variable (Fig.6). Elle est similaire à celle du témoin pour la température 38°C au niveau des différents organes. Elle devient plus importante dans les feuilles, les tiges et les racines en fonction des degrés du stress thermique en atteignant les températures 42°C et 46°C avec un pourcentage maximal de 506.11% au niveau des tiges et 1002.09% au niveau des racines.

Résultats et discussion

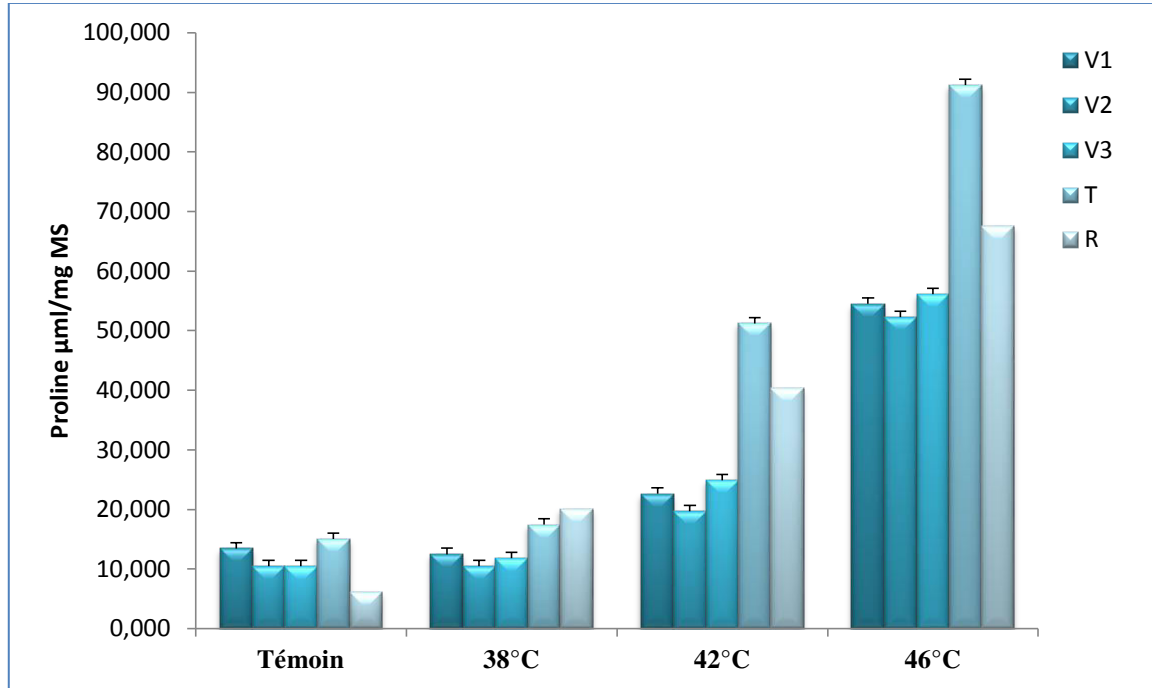


Figure 6. Variations de la teneur en proline au niveau de différents organes des semis du chêne kermès en fonction de température.

Les résultats de l'analyse de la variance pour la proline révèlent une différence très hautement significatives entre les traitements d'une part et les différents organes d'autre part (Tab.4). Le test Newman-Keuls du premier facteur (température) révèle l'existence de quatre groupes homogènes dont le 1er groupe A représente la température 46°C avec la plus forte moyenne; alors que le dernier groupe D est occupé par le témoin (Tab .5). Ce même test du deuxième facteur (organe) montre qu'il existe trois groupes homogènes, le groupe A comprend les Tiges avec la plus forte moyenne (**43.785µmol/mg M.S.**), le groupe B comprend les racines et le groupe C les feuilles (V1, V3 et V2) avec les plus faibles moyennes (Tab.6).

Tableau 4 : Analyse de la variance à 2 critères fixes (température et organe)

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	F	Pr > F
Modèle	26	33983.221	1307.047	116085700.000	< 0,0001
Résidus	33	0.000	0.000		
Total	59	33983.221			

Résultats et discussion

Tableau 5 : Test Newman-Keuls à 5%

Modalités	Moyenne	Groupes
46°C	64.315	A
42°C	31.745	B
38°C	13.736	C
Témoin	10.294	D

Tableau 6 : Test Newman-Keuls à 5%

Modalités	Moyenne	Groupes
Tiges	43.785	A
Racines	33.473	B
V1	25.572	C
V3	24.149	
V2	23.134	

IV.2.2. Le cumul du taux de la proline chez la plante entière

D'après la figure 7, nous remarquons que la plupart des températures présentent des séquences identiques dans la répartition de la proline, dans les différents organes des semis du chêne kermès

En moyenne : **[Tiges] > [Racines] > [Feuilles V1, V3, V2].**

D'un point de vue quantitatif, la température 46°C représente la température qui accumule le plus de proline au niveau des différents organes, il est six fois supérieur au témoin, par contre la température 38°C est la moins accumulatrice de la proline.

[46°C] > [42°C] > [38°C] > [Témoin].

Résultats et discussion

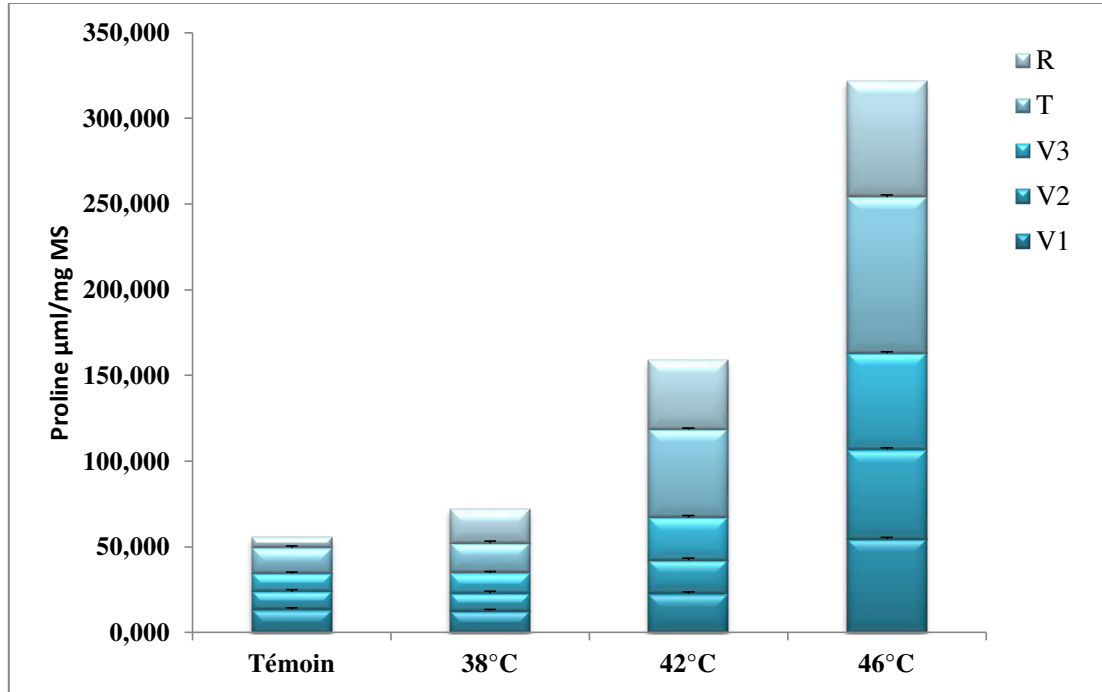


Figure 7. Le cumul du taux de la proline chez la plante entière.

IV.3. Teneurs en chlorophylles

La chlorophylle est très instable et se décompose facilement sous l'effet de la lumière et d'autres facteurs environnementaux comme la température.

IV.3.1 Chlorophylles (a et b)

Les résultats obtenus de chlorophylles (a) et (b) dans les feuilles de chêne kermès stressées par des hautes températures comprises entre 38°C, 42°C et 46°C sont illustrées dans la figure 8. Ces résultats montrent que la chlorophylle (a) présente des valeurs plus élevées par rapport à celles de la chlorophylle (b). Les hautes températures induisent une diminution de la chlorophylle (a) à partir de 38°C V1 de (6.051 mg/gMF).

Concernant la chlorophylle (b), on remarque une légère augmentation de (0.62 mg/gMF) par rapport au témoin qui est (0,608mg/gMF). Dans les températures 42°C V1, V2, V3 et 46°C V1, V2, V3 les résultats varient de la même tendance avec une augmentation de (0.816 mg/gMF).

Résultats et discussion

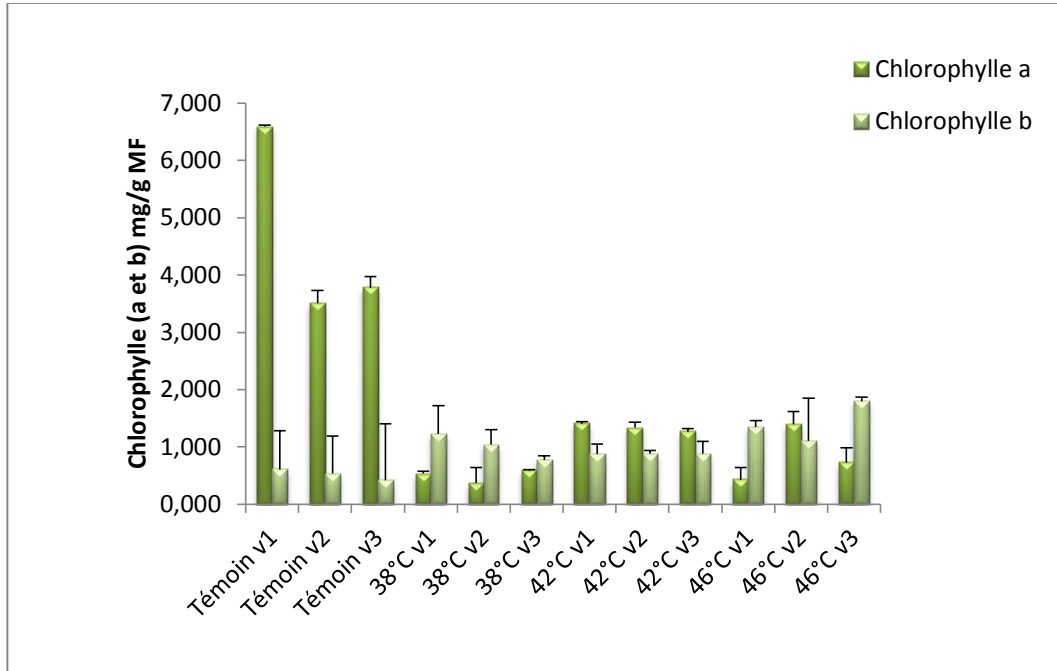


Figure 8. Variations des teneurs en chlorophylle (a et b) chez les feuilles de chêne kermès en fonction des températures.

Le classement des traitements thermiques en fonction de la teneur en chlorophylle (a) s'établit pour les feuilles selon la séquence suivante :

[TémoinV1] > [TémoinV3] > [TémoinV2] > [42°Cv1] > [46°Cv2] > [42°Cv3] > [42°Cv2] > [46°Cv3] > [38°Cv3] > [38°Cv1] > [46°Cv1] > [38°Cv2].

Le classement pour la chlorophylle (b) est le suivant :

[46°Cv3] > [46°Cv1] > [38°Cv1] > [46°Cv2] > [38°Cv2] > [42°Cv3] > [42°Cv2] > [42°Cv1] > [38°Cv3] > [TémoinV1] > [TémoinV2] > [TémoinV3].

Une différence très hautement significative entre les températures est observée et confirmée par l'analyse de la variance à un critère de classification ($p < 0.0001$) (tableau 7).

Tableau 7 : Analyse de la variance de la chlorophylle (a).

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	F	Pr > F
Modèle	11	116.030	10.548	45.092	< 0,0001
Résidus	24	5.614	0.234		
Total	35	121.644			

Résultats et discussion

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% du (tableau 8) (paramètre température) révèle l'existence de trois groupes, le premier (A) correspond au témoin, et le second groupe (B) est occupé par la température 42°C. Les températures 38°C et 46°C occupent le dernier groupe (C) avec la plus faible moyenne.

Tableau8 : Test de Newman et Keuls à 5% (Températures)

Modalités	Moyenne	Groupes
Témoin	4.623	A
42C°	1.338	B
46C°	0.849	C
38C°	0.498	

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% du tableau 9 (paramètre organe), révèle l'existence de deux groupes, le premier (A) correspond à V1, et le second groupe (B) est occupé par V2 et V3 avec la plus faible moyenne.

Tableau9 : Test de Newman et Keuls à 5% (Organes)

Modalités	Moyenne	Groupes
V1	2.239	A
V2	1.650	B
V3	1.591	

L'analyse de la variance pour la chlorophylle b ($p < 0.0001$) montre une différence très significative entre les différents traitements (tableau 10).

Tableau 10 : Analyse de la variance de la chlorophylle (b).

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	F	Pr > F
Modèle	11	4.790	0.435	15.417	< 0,0001
Résidus	24	0.678	0.028		
Total	35	5.468			

Résultats et discussion

A partir du test Newman et Keuls, La comparaison des moyennes fait sortir trois groupes homogènes, le premier groupe (A) représenté par la température 46°C qui affiche la moyenne la plus forte ; alors que le dernier groupe est affecté au témoin qui reflète la moyenne la plus faible (tableau 11).

Tableau 11: Test de Newman et Keuls à 5% (Températures).

Modalités	Moyenne	Groupes
46C°	1.417	A
38C°	1.013	B
42C°	0.879	
Témoin	0.523	C

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% du tableau 12 (paramètre organe) révèle l'existence d'un seul groupe qui regroupe les trois vagues de croissance.

Tableau 12: Test de Newman et Keuls à 5% (Organes).

Modalités	Moyenne	Groupes
V1	1.014	A
V3	0.969	
V2	0.890	

IV.3.2. Chlorophylle totale

Les teneurs en chlorophylle totale au niveau des feuilles des semis de chêne kermès dépendent également des températures appliquées (figure 9).

Après les traitements thermiques à haute température, les teneurs en chlorophylle totale obtenues au niveau des tissus photosynthétiques, sont inférieures à celles enregistrées pour le témoin V1 (7.193mg/g MF). De ce fait, la teneur la plus faible est affichée à 38°C V3 (1.365mg/g MF).

Résultats et discussion

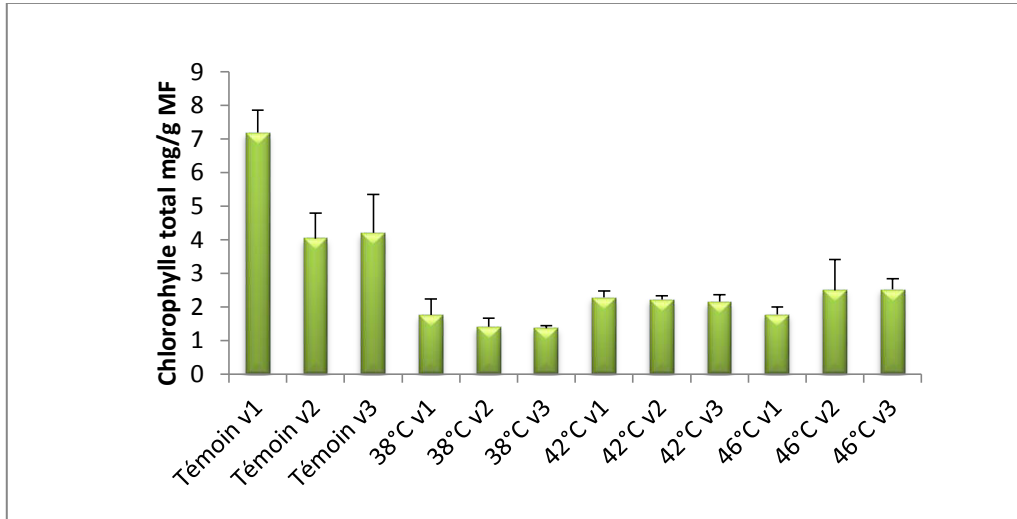


Figure 9. Variation du taux de la chlorophylle totale chez les feuilles de chêne kermès en fonction de la température.

Le classement des traitements thermiques en fonction de la teneur en chlorophylle totale suit la séquence suivante :

[TémoinV1] > [TémoinV2] > [TémoinV3] > [46°Cv3] > [46°Cv2] > [42°Cv1] > [46°Cv2] > [42°Cv3] > [46°Cv1] > [38°Cv1] > [38°Cv2] > [38°Cv3].

Les résultats de l'analyse de la variance à un critère fixe, révèlent des différences très significatives entre les différents niveaux de température (tableau 13).

Tableau 13 : Analyse de la variance.

Source	DDL	Somme des carrés	Carré moyen	F	Pr > F
Modèle	11	90.384	8.217	26.498	< 0,0001
Résidus	24	7.442	0.310		
Total	35	97.827			

L'analyse statistique montre l'existence de quatre groupes homogènes (tableau 14), où le premier groupe (A) est occupé par témoin avec les plus fortes moyennes (5.146) ; alors que le dernier groupe (C) comprend le traitement 38°C en signalant la plus faible moyenne (1,511).

Résultats et discussion

Tableau 14 : Test de Newman et Keuls à 5% (Températures).

Modalités	Moyenne	Groupes
Témoin	5.146	A
46C°	2.266	B
42C°	2.217	BC
38C°	1.511	C

Le test de Newman et Keuls au seuil de 5% du tableau 15 (paramètre organe), révèle l'existence de deux groupes, le premier (A) correspond à V1, et le second groupe (B) est occupé par V3 et V2 tableau (15).

Tableau15 : Test de Newman et Keuls à 5% (Organes).

Modalités	Moyenne	Groupes
V1	3.253	A
V3	2.561	B
V2	2.541	

IV.3.3. Rapport ch.a / ch.b

Les résultats présentés sur la figure 10, montrent les variations du rapport ch.a/ch.b en fonction des traitements thermiques. Ce rapport varie entre (0.328 mg/gmF) à 42°C jusqu'à (10.867 mg/g MF) au témoin.

Résultats et discussion

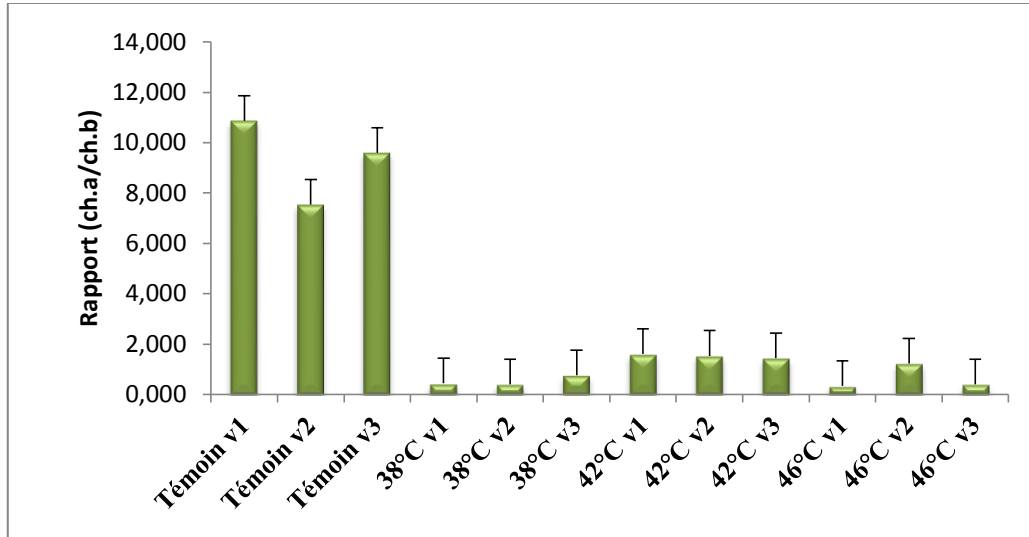


Figure 10. Variation des taux du rapport ch.a /ch.b dans les feuilles du chêne kermès.

Le classement des traitements thermiques en fonction de la teneur en chlorophylle (a /b) suit la séquence suivante :

[TémoinV1] > [TémoinV3] > [TémoinV2] > [42°Cv1] > [42°Cv2] > [42°Cv3] > [46°Cv2] > [38°Cv3] > [38°Cv1] > [46°Cv3] > [38°Cv2] > [46°Cv1].

L'analyse de la variance (tableau16) montre qu'il existe une différence très significative en fonction des traitements thermiques ($p < 0.0001$) tableau(16).

Tableau 16 : Analyse de la variance.

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	11	439,6924	39,9720	21,2282	< 0,0001
Erreur	23	43,3082	1,8830		
Total corrigé	34	483,0006			

Les résultats de l'analyse statistique révèlent l'existence quatre groupes homogènes où le premier groupe (A) correspond au témoin V1,V3 avec la plus forte moyenne (**10,8587**), le second (B) comprend le témoin V2, viennent ensuite les températures (42°Cv1,V2,V3) ,(46°Cv2),(38°Cv3) en groupe(C),le quatrième groupe(D) comprend (38°Cv1) ,(46°Cv3),(38°Cv2,46°Cv1) avec les moyennes les plus faibles(tableau17) .

Résultats et discussion

Tableau 17 : Test de Newman et Keuls à 5%

Modalité	Moyenne	Groupes
Témoin V1	10,867	A
Témoin V3	9,596	
Témoin V2	7,535	B
42°Cv1	1,606	C
42°Cv2	1,532	
42°Cv3	1,444	
46°Cv2	1,230	
38°C V3	0,761	
38°C V1	0,437	D
46°Cv3	0,406	
38°C V2	0,405	
46°Cv1	0,328	

IV.3.4. Chlorophylle mesuré à partir du Spad

Les résultats présentés sur la figure11, montrent les variations de la chlorophylle en fonction des traitements thermiques. Ce rapport varie entre 46,4 US au (témoin V1), à 33 US au (témoin V3).

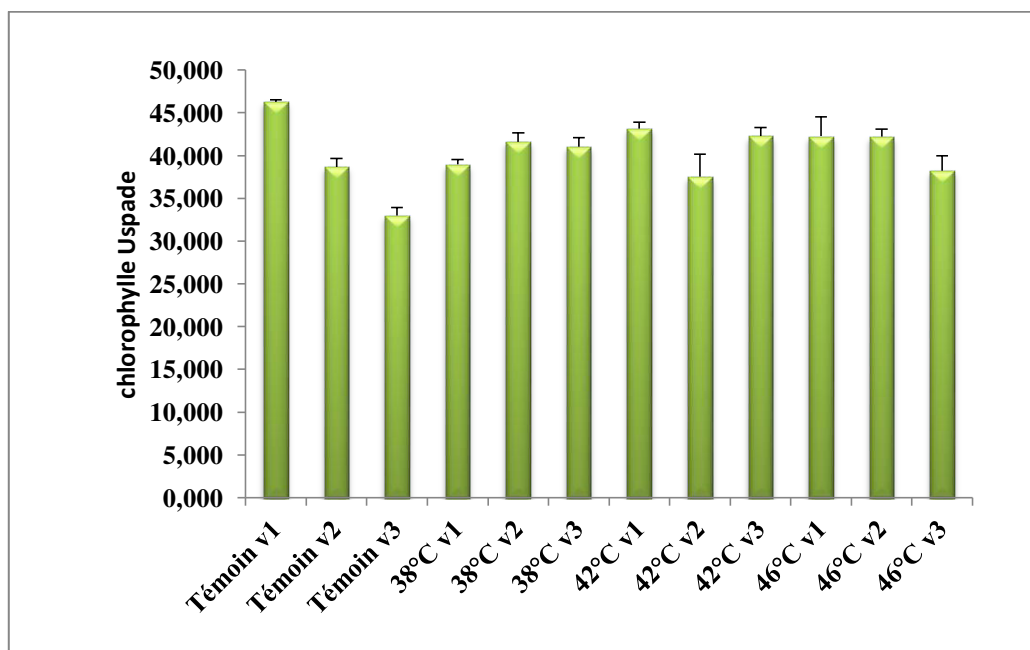


Figure 11. Variation des taux de la chlorophylle au niveau des feuilles du Chêne kermès (Valeurs Spad).

Résultats et discussion

Le classement des traitements thermiques en fonction de la teneur en chlorophylle suit la séquence suivante :

[TémoinV1] > [42°C V1] > [42°C V3] > [46°C V1] > [46°C V2] > [38°C V2] > [38°C V3] > [38°C V1] > [TémoinV2] > [46°C V3] > [42°C V2] > [TémoinV3]

L'analyse de la variance révèle qu'il existe des différences très significatives entre les différentes températures (tableau 18).

Tableau 18 Analyse de la variance

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	12	351,3150	29,2763	15,6913	< 0,0001
Erreur	22	41,0467	1,8658		
Total corrigé	34	392,3617			

**** : très significative :**

Les résultats de l'analyse statistique révèlent l'existence de deux groupes homogènes où le premier groupe (A) correspond au témoin avec la plus forte moyenne (46.3), le second (B) comprend le témoin V2 et (46°C V3, 42°C V2), et le témoin V3 avec la plus petite moyenne qui est 33 (tableau 19).

Tableau 19 : Test de Newman et Keuls à 5%

Modalité	Moyenne	Groupes
Témoin v1	46,300	A
42°C V1	43,167	
42°C V3	42,300	
46°C V1	42,267	
46°C V2	42,200	
38°C V2	42,200	
38°C V3	41,033	
38°C V1	38,967	B
Témoin v2	38,667	
46°C V3	38,233	
42°C V2	37,533	
Témoin v3	33,000	

Discussion

Pour effectuer sa croissance et son développement, chaque plante exige une gamme bien particulière de températures. Chaque plante possède une température optimale de croissance et de développement, qui ne peuvent se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au delà, elle s'annule (Hopkins, 2003).

Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles altèrent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. En effet, la réponse la plus fréquente d'une plante soumise à un stress thermique se traduit par une réduction de la croissance et une altération de la morphogénèse.

Le rôle joué par la température dans le cycle annuel de l'arbre, varie avec l'époque et l'état physiologique du végétal. En effet, c'est l'état physiologique de l'arbre à un moment donné qui détermine le sens de sa réponse à la variation de tel ou tel facteur extérieur.

Dans le présent travail, nous avons étudiés les effets du stress thermique (hautes températures) chez le chêne kermès. Cette étude abordée par la recherche de marqueurs biochimiques (sucres solubles, proline et chlorophylle).

Plusieurs études ont montré que, lors d'une contrainte thermique, les plantes adoptent des stratégies d'adaptation qui diffèrent d'une espèce à une autre et qui font intervenir une large combinaison de facteurs morphologiques, physiologiques et biochimiques (Monneveux et Belhassen, 1997). De ce fait, ces changements imposent la réflexion sur les stratégies à entreprendre pour comprendre les mécanismes mis en jeu par les plantes afin de s'adapter aux nouvelles conditions de l'environnement et de maintenir leur croissance et leur productivité (Trinchant et *al.*, 2004).

Les principaux sucres solubles accumulés sous stress sont : le glucose, fructose et le saccharose (Hare et *al.*, 1998), et ces derniers semblent jouer un rôle très important dans le maintien d'une pression de turgescence qui est à la base des différents processus contrôlant la vie d'une plante.

Le comportement des jeunes plants de *Quercus coccifera* stressées à des différents niveaux de hautes températures montre une variabilité de l'accumulation des sucres solubles dans les différents organes. Les résultats du dosage des sucres indiquent que taux

Résultats et discussion

le plus élevé est enregistré au niveau des racines, ces résultats sont confirmés par les travaux de (Kanouni 2013) qui signalent que le taux le plus élevé des sucres (amidon) lors d'un stress thermique est enregistré au niveau des racines des jeunes plants du chêne liège.

Chez les plantes supérieures, la proline est accumulée en cas de stress, aussi bien suite à une augmentation de sa synthèse que par une réduction de sa dégradation (NaKashima et al., 1998). Chez le tabac et *Arabidopsis thaliana*, des études décrivant simultanément la surexpression du gène codant la delta-pyrroline-5-carboxylase, (Konstantinova et al., 2002) et l'inactivation du gène codant la proline déshydrogénase.

Les semis transférés à 46°C et 42°C réagissent en accumulant plus de la proline. Par contre les semis témoins présentent une faible accumulation de leur teneur en proline comparativement à ceux qui ont été stressés.

La concentration de la proline augmente dans les racines et les tiges par rapport aux feuilles en réponse à un stress thermique. Ces résultats indiquent que le stress thermique provoque un comportement différent d'assimilation de l'azote et du métabolisme des protéines entre les feuilles et les racines.

La concentration intracellulaire de la proline a aussi de l'accroissement du taux de la ploïdie, la vacuolisation et l'altération de différentes transcriptions en rapport avec la division cellulaire et le contrôle de l'expression des gènes. Parce que ces modifications cellulaires sont des réponses communes pour les stress dans la levure et les plantes, ils proposent que cette proline et les autres osmolytes peuvent agir comme une molécule du signal/régulateur capable d'activer des réponses multiples qui font partie du processus de l'adaptation. Comme dans des études antérieures avec les plantes transgéniques qui suraccumulent des osmolytes, ils observent quelques accroissements de la suraccumulation en proline dans un milieu hyperosmotique.

La chlorophylle est très instable et se décompose facilement sous l'effet de la lumière et d'autres facteurs environnementaux comme la température. Nous avons remarqué que les variations thermiques ont induit une dégradation importante de la chlorophylle au niveau des feuilles de la première, la deuxième vague et la troisième vague de croissance des jeunes plants de chêne kermès.

CONCLUSION

Conclusion

Conclusion

Compte tenu de ses caractéristiques botaniques, physiologiques et écologiques d'une part, et son intérêt économique (fourrage, bois, Teinture) d'autre part, le chêne kermès est incontestablement un arbre d'avenir en zones humides tel que les cotes.

Les mécanismes de réponse aux stress, font intervenir un certain nombre de réactions au sein de ce processus physiologiques. Chez les plantes, ces différentes étapes correspondent à la perception et la reconnaissance du stress, la transduction du signal qui en résulte à l'intérieur de la cellule. L'amplification de ce signal, la modification de l'expression de certains gènes et la production de molécules impliquées dans le rétablissement de l'homéostasie cellulaire. La chlorophylle, les molécules d'osmorégulation et les enzymes impliquées dans cette cascade de réactions peuvent être considérés comme des marqueurs de la réponse au stress.

Notre travail a porté sur l'identification de quelques marqueurs chez les semis de chêne kermès pour lequel ces mécanismes étaient très peu connus. Cette approche a permis d'obtenir quelques informations sur le chêne kermès en condition de stress thermique (hautes températures)

Après l'analyse des résultats ; le stress thermique (hautes températures) a induit à une diminution de la teneur en sucres solubles à partir de 38°C et devient plus importante dans les racines lors des traitements 42°C et 46°C. Pour ce qui est du taux de la chlorophylle a et b, il y'a une réduction sensible par rapport au témoin.

Dans les conditions normales (témoin), l'accumulation de la chlorophylle totale est grande au niveau des feuilles de semis de chêne kermès par rapport aux semis stressés, ces résultats sont confirmés par le Spad.

Ainsi du point de vue évaluation de la tolérance, nous avons constaté que les teneurs élevées de proline, et les teneurs faibles de sucres solubles à 46°C, ceci est due peut être à la durée de l'expérience ou encore à une stratégie adaptative à un stress.

En conclusion, nous avons constaté que le chêne kermès manifeste effectivement des traits d'adaptation biochimique en réponse à des fluctuations thermiques tels que les sucres solubles, proline, et chlorophylle pour les hautes températures.

PERSPECTIVES

Perspectives

Les principales perspectives qui peuvent être compléter ce travail sont

- Appliquer ces températures à d'autres vagues de croissance.
- Identifier les sucres les plus spécifique à la tolérance des semis du chêne kermès à la Chaleur.
- Appliquer le stress thermique (base température) et voir la tolérance des semis au froid.
- Appliquer d'autres types de stress (stress hydrique, stress aux métaux lourds) et voir la tolérance des semis du chêne kermès contres ces stress est faire les comparer avec le stress thermique.
- La Détermination de la croissance rythmique du chêne kermès sous stress thermique (hautes et basses températures)
- Faire doser d'autres bio-marqueurs.

RESUME

Résumé

Résumé

Pour mettre en évidence les potentialités d'adaptation de (chêne kermès) perturbé par un stress thermique, un stress thermique de 3h était induit par l'application de différentes températures (38°C, 42°C, 46°C) afin de déterminer l'adaptation de cette espèce à la chaleur. Nos résultats montrent qu'une diminution de la teneur en sucres solubles est obtenue à 38 °C, 42°C et 46°C ° ; alors qu'une augmentation considérable de la proline est observée. Cette augmentation devient plus importante avec l'intensité du stress thermique et de façon préférentielle dans les racines. Les taux de la chlorophylle a et b varient d'une température à une autre.

Mots clés : Chêne kermès, stress thermique, sucres solubles, proline, chlorophylle

Abstract

To high light the potential for adaptation of the (kermes oak) disturbed by a heat stress, 3 hours of heat stress was induced by applying different temperatures (38°C, 42°C, 46°C) to determine the suitability of this species to heat. Our resultants show a decrease in the soluble sugar content is obtained at 38°C °C, 42°C and 46°C, wile a significant increase in proline observed. This increase becomes more important haves intensity of heat stress and preferentially in the roots. The rates of chlorophyll a and b vary from one temperature to another.

Keyword: kermes oaks, heat stress, soluble sugars, proline, chlorophyll.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Références bibliographique

- **Ahrens, M.J. and Ingram, D.L. 1988.** Heat tolerance of citrus leaves. Hort Sci. 23: 747-748.
- **.Benkhaled (2003).** Effet de stress en milieu hydroponiques le trèfle inoculé par le Rhizobium Agronomie 23 :553-560.INRA .EDPSience, 2003.
- **.Chaisompongpan, N., Li, P.H., Davis, D.W. and Mackhart, A.H. 1990.** Photosynthetic responses to heat stress in common bean genotypes differing in heat acclimation potential. Crop Sci. 30: 100-104.
- **.Hall, A.E. 1993.** Breeding for heat tolerance. Plant Breed Res. 10: 129-168.
- **Hare P.D., Cree W.A. AND Van Staden J. (1998).** Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. Plant Cell and Environment ; 21, 535-553.
- **Hare P.D & W.A Cress,1997** Metabolic implications of stress induced proline accumulation in plants. *Plant Growth Regulation*,21,79102.
- **Heller R. et Esnault Clance R. (1989).** Physiologie végétale. Nutrition. Tom1.200p.
- **Hopkins Williams G. 2003.** La physiologie végétale. Edition Deboeck 2003. 463p
- **Hopkins William G. 2003.** Physiologie végétale. Deuxième édition. pp 460-464.
- **Jones JR., Qualset CO. (1984).** Breeding crops for environmental stress tolerance in applications of genetic engineering to trop improvement. Eds. Collins G B. and PetolinoJ G. Martinus Nijhoff, Junks publishers pp. 305-340.
- **.Kanfoud S., et Souiki Z., (2009).** Effet des variations thermiques saisonnières sur l'évolution des marqueurs biochimiques chez le chêne vert (*Quercus ilex*) dans la région de Constantine. Mémoire de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en écologie et environnement.58p
- **Konstantinova, T., Parvanova,D, Atanassov, A. and Djilianov, D. (2002).** Freezing tolerant tobacco, transformed to acclimate osoprotectants. Plants. Sci.163: 157-164.
- **Mahan, J.R., Burke, J.J. and Orzech, K.A. 1987.** The 'thermal kinetic window' as an indicator of optimum plant temperature. Plant Physiol. 82: 518-522.
- **Meribai S.(2004)** Evolution de la proline et des chlorophylles des semis de chêne liège soumis à des températures extrêmes .Mémoire d'ingénieur d'état.Univeristé mentouri Constantine.50p
- **Monneveux P., Belhassen E., 1996.** The diversity of drought adaptation in the wide. Plant Growth Regulation 20,85-92.

Références bibliographiques

- **Nakashima, K., Satoh, R., Kiyosue, T., Yamaguchi-Schinozacki, K. (1998).** A gene encoding proline deshydrogenase is not only induced by proline and hypoosmolarity, but is also developmentally regulated in the reproductive organs of Arabidopsis. *Plant Physiology*. 118: 1233-41
- **Orcutt, D. M. et E. T. Nilsen (2000).** The physiology of plants under stress. New-York, John Wiley and Sons, Inc
- **Palonen and Juttila (1999).** The hardening effect was amplified by cold acclimation. *Plant growth regulation* p 29, 47, 76..
- **Rached-Kanouni M. 2013.** Adaptation du chêne liège (*Quercus suber* L.) aux conditions extrêmes de température These Doctorat en science. Université de Constantine. Algérie. 120p
- **Senioniti, E., Manetos, Y. and Gavales, N.A. 1986.** Co-operative effects of light and temperature on the activity of phosphoenolpyruvate carboxylase from *Amaranthus paniculatus*. *Plant Physiology*. 82: 518-522.
- **Trinchant J.C, Boscari A, Spennato G, Van de Sype G, and Le Rudulier D. (2004).** Proline Betaine Accumulation and Metabolism in Alfalfa Plants under NaCl Stress. Exploring Its Compartmentalization in Nodules *Plant Physiology*, Vol. 135, pp.1583-59.
- http://www.dpfm.fr/phocadownload/COUPURES_COMBUSTIBLE/RCC08-2004_gestion_des_garrigues_a_chene_kermes.pdf

EFFET DU STRESS THERMIQUE (HAUTES TEMPÉRATURES) SUR L'ACCUMULATION DES SUCRES SOLUBLES, PROLINE ET CHLOROPHYLLE CHEZ LES SEMIS DU CHÊNE KERMÈS

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie et Environnement.
Gestion Durable des Ecosystèmes et Protection de l'Environnement

Résumé

Pour mettre en évidence les potentialités d'adaptation de (chêne kermès) perturbé par un stress thermique, un stress thermique de 3h était induit par l'application de différentes températures (38°C, 42°C, 46°C) afin de déterminer l'adaptation de cette espèce à la chaleur. Nos résultats montrent qu'une diminution de la teneur en sucres solubles est obtenue à 38 °C, 42°C et 46°C ° ; alors qu'une augmentation considérable de la proline est observée. Cette augmentation devient plus importante avec l'intensité du stress thermique et de façon préférentielle dans les racines, Les taux de la chlorophylle a et b varient d'une température à une autre.

Mots clés : Chêne kermès, stress thermique, sucres solubles, proline, chlorophylle.

Laboratoire de recherche : Laboratoire de Développement et Valorisation des Ressources Phylogénétiques.
Université des Frères Mentouri, Constantine 1.

Jury d'évaluation :

Président du jury :	<i>OUAHRANI. G</i>	(Pr - UFM Constantine).
Rapporteur :	<i>HADEF .A</i>	(MAA - UFM Constantine).
Examineur :	<i>ALATOU. D</i>	(Pr - UFM Constantine).

Date de soutenance : 19/06/2016