

Zekri j, Souilah N, Alatou Dj.

Université Mentouri Constantine,

Laboratoire de développement et valorisation des ressources phytogénétiques, faculté des sciences de la nature et de la vie- Route de Ain El Bey 25000 Constantine, Algérie.

zekriecologie@yahoo.fr

1. Introduction

Les dégâts des changements climatiques sur les espaces naturels et forestiers sont déjà une réalité. Plusieurs années de sécheresse consécutives ont affaibli les arbres, les rendant plus sensibles aux maladies et aux pathogènes. Elles ont conduit à des mortalités foudroyantes sur certains peuplements, et à des dépérissements plus insidieux sur beaucoup d'autres. Ainsi, sont non seulement touchés des peuplements en limite d'aire, comme les sapins des Alpes-Maritimes ou de l'Aude, les pins sylvestres du Haut-Var, mais aussi des peuplements a priori installés sur des stations où ils sont bien adaptés : pins d'Alep et chênes souffrent aussi dans les arrière-pays et sur le littoral. Le chêne-liège est moribond sur l'ensemble des pays du pourtour méditerranéen

Notre étude vise à évaluer l'impact des changements climatiques surtout thermiques, sur les capacités de survie hivernale et estivale des plantes. Ces changements entraîneront, d'après les modèles actuels, d'une part, une aggravation des stress thermiques estivaux, et d'autre part, un adoucissement des températures moyennes hivernales sans diminuer pour autant les risques de gelées printanières.

C'est dans ce contexte que s'inscrivent les objectifs de notre travail qui suit l'évolution de quelques osmotocums (proline, pigments chlorophylliens) des feuilles de semis de chêne liège soumises à un stress thermique par les basses températures.

2. Situation géographique :

2.1. La région de Djebel Ouahch (Kef El Akhel)

Constantine, l'une des wilaya de l'est Algérien, limitée au Nord par la wilaya de Skikda, au Sud par la wilaya de Oum El Bouaghi, à l'est et à l'ouest respectivement par la wilaya de Mila et de Guelma, la région de Djebel - Ouahch, située au coté Est de cette ville, elle regroupe, plusieurs essences forestières (Chêne vert, Chêne liège, Erable champêtre, Peuplier blanc et Pin pignon), notre zone d'étude Kef El Akhel est comprise entre 1065-1175m, elle fait partie de la forêt domaniale de Constantine Djebel - Ouahch.

2.2. Topographie et géologie

Le relief varie en escalier, nous remarquons des pentes moyennes à fortes, par contre au sud, une topographie plus simple avec des pentes moyennes à faibles.

Le Constantinois se caractérise par de grands massifs calcaires Karstifiés, émergeant en horsts d'un ensemble de terrain à dominance marneuse (Coiffait et al, 1974).

2.3. Géomorphologie

La présence d'une chaîne numidique, composée de grès très friable mélangés avec de l'argile imperméable, ce binôme subit une action érosive différentielle dégagent un paysage de grès, cette dernière donne la roche la plus dure constituant le relief dominant.

2.4. Pédologie

Les principaux types de sols rencontrés en Djebel Ouahch sont:

- Sols minéraux bruts:9%
- Sols peu évolués : 20%
- Les vertisols: 1%
- Les sols calcimagnésiques:20%
- Les sols isohumiques:50% (C.U.R.E.R, 1975)

2.5 .Etude climatique

Le climat est un facteur très important en raison de son influence prépondérante sur la végétation. Présenter la climatologie de la zone d'étude afin de la situer par rapport au contexte climatique général est une nécessité. De nombreux travaux sur la climatologie et la bioclimatologie ont été réalisés sur l'Algérie qui s'accorde à reconnaître l'intégration du climat algérien au climat méditerranéen. La chaleur et la sécheresse de l'été, l'irrégularité des précipitations de l'automne et la douceur de l'hiver sont caractéristiques des régions de type méditerranéen. Le gel est assez rare, la nébulosité peu élevée et l'insolation importante. Les vents locaux, liés à la présence de couloirs et de reliefs montagneux, sont nombreux et assez violents. Les précipitations sont d'une grande irrégularité selon les années.

La région d'étude est soumise à la double influence d'un régime méditerranéen donnant un climat tempéré au Nord et à un degré moindre à un régime subtropical au Sud. L'éloignement de la mer (une centaine de kilomètres), la présence au Nord de reliefs élevés de la chaîne Numidique, formant barrière, provoquent un dessèchement progressif des masses d'air venant du Nord. Néanmoins les précipitations d'origine cyclonique restent les plus abondantes.

Le processus de changement climatique se traduira par un déplacement vers le nord des étages bioclimatiques méditerranéens, conduisant en Afrique du Nord à une remontée des zones arides et désertiques.

2.5.1 Climat régional

La région de Constantine est soumise à l'influence du climat méditerranéen caractérisé par des précipitations irrégulières et une longue période de sécheresse estivale.

2.5.2 Paramètres climatiques

Pour caractériser le climat de notre zone d'étude, nous avons exploité les données météorologiques de la station d'Ain El Bey pour une période allant de 1971-2006 pour les précipitations et la température.

2.5.2.1 Précipitations

2.5.2.1.1 Répartition mensuelle des précipitations

Tableau 01. Modules pluviométriques mensuels et annuelles (1971-2006)

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Module Annuel	Module mensuel
Ain Bey	72,38	57,89	58,2	55,88	45,91	18,87	6,5	11,18	37,64	37,51	53,35	77,13	532,44	44,37

Source (ONM 2006)

La moyenne annuelle des précipitations est de 532.44mm à Constantine. Cependant les précipitations présentent un minimum au mois de Juillet avec 6.5mm et un maximum en décembre avec 77.13mm (figure 1 et tableau1). La pluviométrie présente en général une grande variabilité inter-mensuelle.

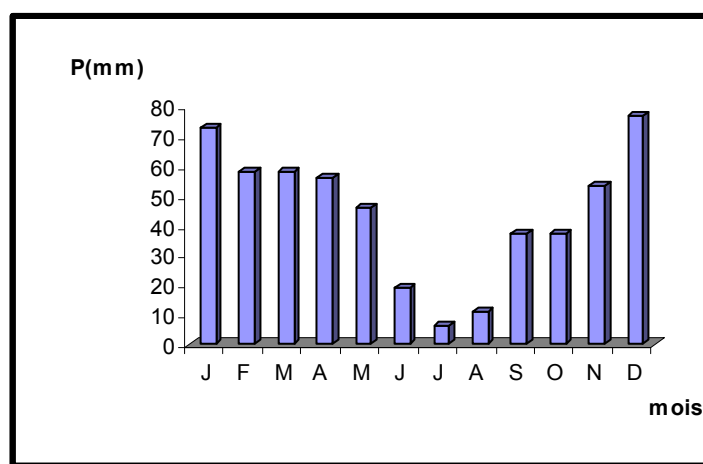


Figure1. Moyennes mensuelles des précipitations

2.5.2.1.2 Température

Parmi les facteurs limitants la présence et la répartition des espèces forestières, la température est l'élément le plus déterminant dans la caractérisation de la végétation. La pluie et la température sont la charnière du climat, elles influent directement sur la végétation. Chaque espèce présente un seuil minimum ou maximum qui lui permet de se maintenir en vie. Au delà de ces limites la survie de l'espèce peut être compromise.

Les données des températures pour la station de Ain Bey pour une période qui va de 1971 à 2006 figurent sur le tableau suivant :

Tableau 02. Moyennes mensuelles des températures.

mois T°C	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy
T°min	2,37	2,93	4,56	6,63	10,6	15,07	17,76	18,15	15,09	11,05	6,5	3,69	9,53
T°moy	6,52	7,49	9,71	12,2	16,97	22,02	25,19	25,28	21,12	16,55	11,03	7,69	15,15
T°max	11,59	12,93	15,57	18,497	23,96	29,72	33,68	33,42	28,46	23,05	16,66	12,77	21,69

Source :(ONM, 2006)

La température moyenne annuelle est de 15.15°C Les maximums de la station de Ain el Bey atteignent leurs valeurs les plus basses en janvier- décembre. À partir de janvier les températures maximales montent régulièrement pour atteindre son maximum en juin avec une valeur moyenne de 33.86°C. La baisse hivernale est en suite accentuée.

Les minimums augmentent de janvier à octobre aux alentours de 2.37 à18.15° C. et diminuant en Novembre et décembre.

2.5.2.1.2.1 Le régime thermique

L'étude des moyennes des températures annuelles (figure 02) permet de constater l'existence de deux saisons :

Selon les données de la station, il s'avère que contrairement aux précipitations, les saisons thermiques sont bien tranchées.

❖ Le semestre froid s'étend de Novembre à Avril.

Le maximum des températures est atteint aux mois de Juillet avec 33,68 °C et le minimum se situe en Janvier autour de 2,73° C.

❖ Une saison chaude s'étale du mois de mai jusqu'à octobre où les températures moyennes sont supérieures à la moyenne annuelle.

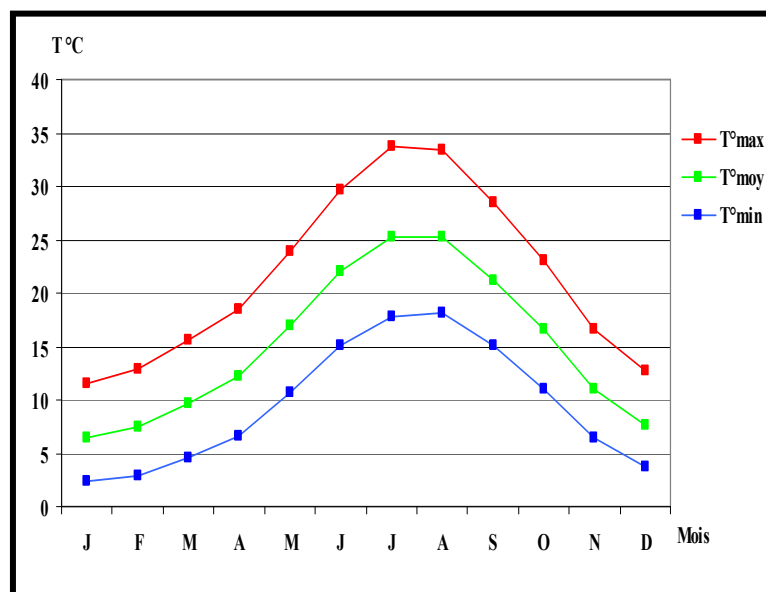


Figure 02: Moyennes mensuelles des températures dans la station de Ain Bey (1971-2006)

2.5.2.1.2.2 Analyses des températures tri horaires pour l'année 2007

L'intérêt de l'analyse des températures tri horaires pour l'année 2007 est d'extraire les températures extrêmes froides durant l'hiver et le printemps, surtout les gelées tardives qui provoquent des dégâts énormes surtout pour les feuillus tels que les chênes, il faut signaler

aussi que le retour de journées froides durant la saison printanière entraînerait des dommages dus aux gels, car la plante n'a plus la protection habituelle et perdrait alors son endurcissement au froid dès la fin de l'hiver.

a) Analyse des durées et des fréquences des températures fraîches et chaudes journalières

Les données thermiques tri horaires nous ont permis de brosser un portrait thermique bien détaillé. Pour mieux illustrer les changements climatiques thermiques ainsi que les différents stress durant l'année 2007, on a calculé le (M) moyenne des maxima du mois le plus chaud, et (m) moyenne des minima du mois le plus froid, sur une période de trente six ans « 1972 – 2006 ».

➤ **M : 33.68**

➤ **m : 2.37**

Cependant, durant la période fraîche, toutes les températures enregistrées inférieures à (m=2.37) sont considérées comme un stress.

Selon le tableau 9, présente ci dessous, la durée totale des températures fraîches inférieures à $m=2.37^{\circ}\text{C}$ est de 141 heures durant l'année 2007 (Figure 17).

La durée totale mensuelle maximale des températures fraîches a été enregistrée pendant le mois de Mars avec un cumul de 57 heures, tandis que pour le mois de février où a enregistré le taux le plus faible (6 heures).

b) Les différents stress observés durant l'année 2007

1. La saison hivernale

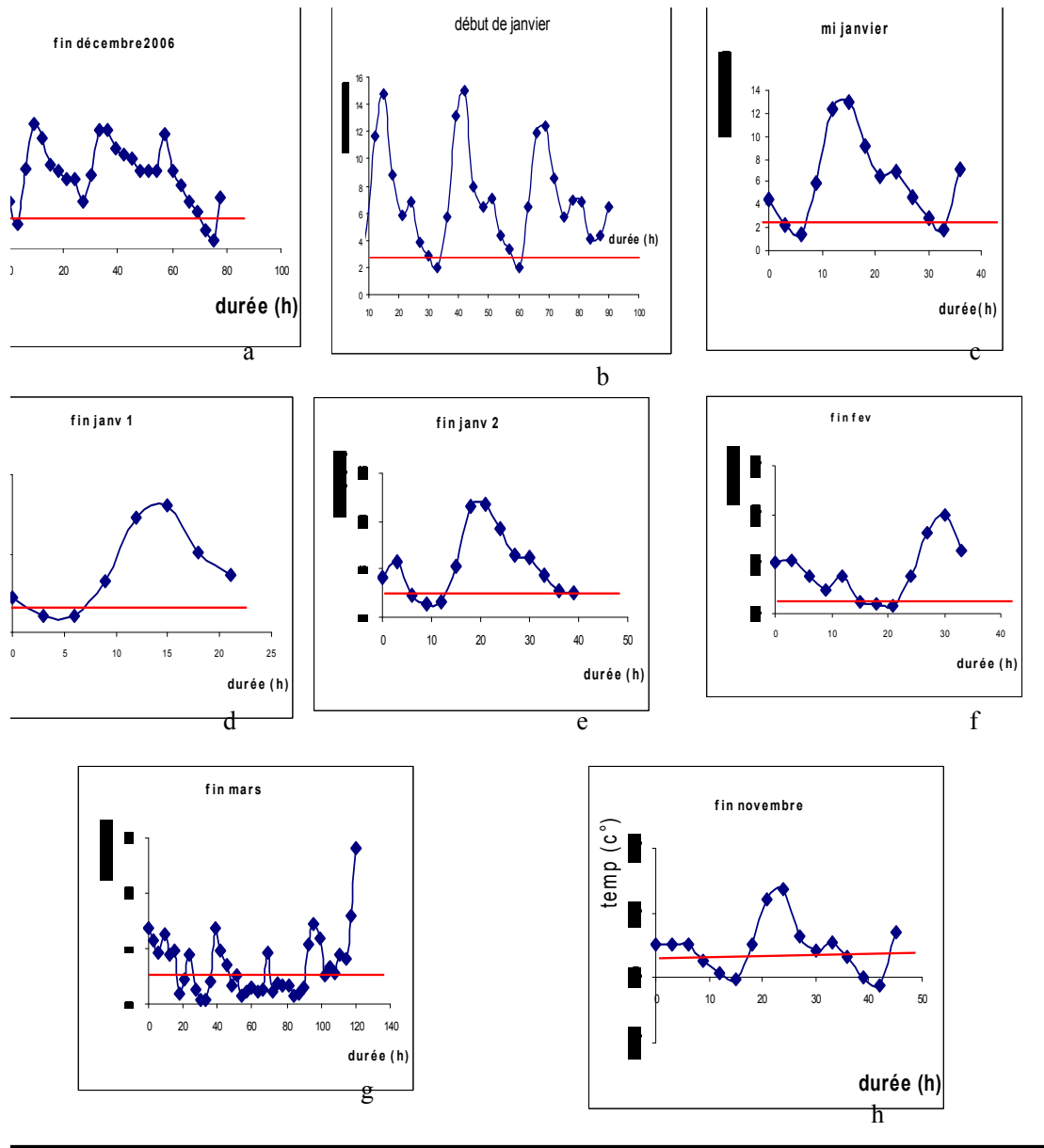


Figure 03. Cinétique des températures froides depuis le mois de décembre 2006 jusqu'au mois de novembre 2007.

_____ : indique la valeur de $m=2.37$

Dans la figure 03, La barre rouge ($m=2.37$) représente un seuil auquel les températures successives placées au dessous sont considérés comme des stress thermiques causés par le froid.

La figure 03 présente l'analyse détaillée du refroidissement durant l'année 2007, c'est-à-dire des températures inférieures à 2.37°C.

Pendant le mois de décembre (2006) un seul stress a été enregistré là, où les températures oscillent entre 0 et 2.37°C et ont duré 9 heures (2 pics) (figure 03.a).

Le mois de janvier fait apparaître quatre stress ayant un effet important sur l'entrée et la levée de la dormance des végétaux, cette dernière offre la protection contre l'effet de gel, c'est le nombre de jours de température froide qui l'active ou la désactive, mais il faut mentionner que le retour de journées froides entraînerait des dommages dus aux gels, car la plante n'a plus la protection habituelle et perdrait alors son endurcissement au froid.

Ces quatre stress ont duré 42 heures, dont le premier est enregistré pendant la première semaine, où les températures froides s'échelonnent entre 1.2 et 2.37°C avec une durée de 9 heures (2 pics) (figure 03.b), alors que le deuxième (Figure 03.c) a duré 12 heures appartenant à un intervalle compris entre 1.5 et 2.37°C (2pics). le troisième présente le plus court stress de janvier, où les températures comprises entre 2 et 2.37°C ont duré 6 heures avec un seul pic (Figure 22.d). Et enfin un quatrième qui a duré 15 heures avec des températures variant entre 1.4 et 2.37°C (2 pics) (Figure 03.e).

Pour ce qui est du mois de février, un seul stress enregistré, (Figure 03.f), où les températures fraîches comprises entre 1.5 et 2.37°C ont duré 12 heures (2 pics).

La plus grande durée enregistrée est observée durant le mois de mars avec 57 heures, appartenant aux intervalles qui varient entre 0.3 et 2.37°C (Figure 03.g).

Enfin un dernier stress seul et de courte durée de 12 heures mais qui atteint les -1 jusqu'au 2.37°C par deux pics pendant le mois de novembre (Figure 03.h).

3. Matériel et méthodes

Le matériel végétal est constitué de jeunes plants de chêne liège (*Quercus suber* L.) Ils sont arrosés régulièrement une fois par semaine et placés dans une chambre de culture en conditions contrôlées en jours longs de 16h à une température de 25°C ± 2°C et de lumière estimée à 6 000 lux à base des plants.

Les semis sont transférés pendant une durée de 3 heures à des températures (choisis selon les températures froides enregistrées durant la saison hivernale et printanière) de 21°C, 10°C, 5°C, 2°C, 0°C et -2°C, puis, remis en condition initiales.

3.1. Dosage de la proline

La méthode utilisée est celle de Troll et Lindsley en 1955. Cette méthode consiste à placer des échantillons de 100 mg de matière fraîche dans des tubes à essai contenant de 2 ml de méthanol à 40 %. L'ensemble est porté à 85°C dans un bain-marie pendant 1 heure. Après refroidissement, on prélève 1 ml de l'extrait auquel on ajoute 25 mg de ninhydrine et 1 ml du mélange eau distillée- acide acétique- acide orthophosphorique de densité 1,7 (120,300, 80 : v/v/v). La solution obtenue est portée à ébullition au bain-marie à 100°C pendant 30mn, puis refroidi et additionné 5 ml de toluène. Deux phases se séparent : la phase supérieure contient la proline et la phase inférieure sans proline. Après avoir agité au votrex, une pincée de sulfates de sodium (Na_2SO_4) est ajoutée dans chaque tube. La lecture de la densité optique se fait à 528nm après 48 heures (spécifiquement pour le chêne liège).

3.2. Dosage des pigments chlorophylliens

Cent mg prélevés des feuilles de la 1^{ère} et la 2^{ème} vague de croissance, sont broyés dans de l'acétone à 75% et 25% d'éthanol. Le broyage est répété plusieurs fois afin d'extraire la totalité des pigments chlorophylliens. L'extrait obtenu est centrifugé à 2500 g pendant 5 min. La densité optique de la totalité des surnageants obtenus est mesurée à 663 nm pour la chlorophylle a et à 645 nm pour la chlorophylle b (spectrophotomètre Perkin). Les concentrations en chlorophylles (Chlorophylles a et b), exprimées en mg. g^{-1} MF sont données par les formules suivantes : chlo (a)= $12,3 \times \text{DO663} + 0,86 \times \text{DO645}$ V / M ; chlo (b)= $9,3 \times \text{DO645} + 3,6 \times \text{DO663}$ V / M où V désigne le volume de l'extrait total en litres et M la masse de la matière fraîche broyée en grammes.

4. Résultats et discussion

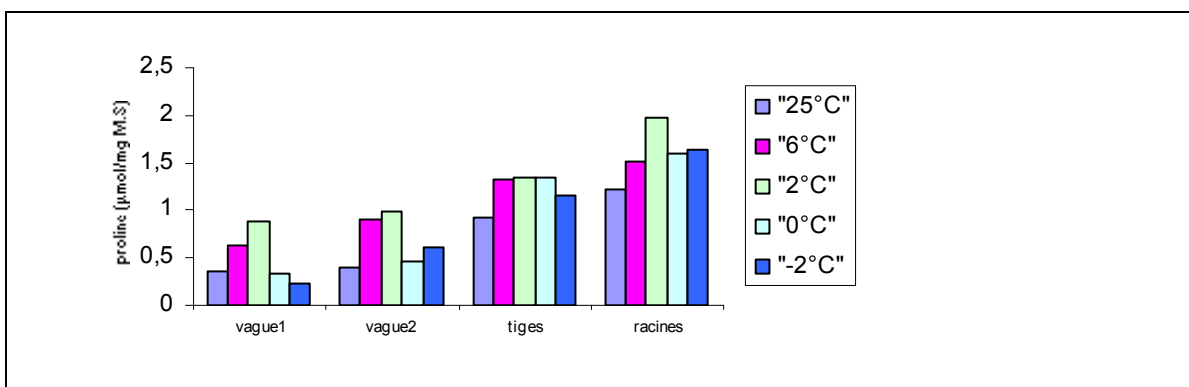


Figure 04 : variations de la teneur en proline au niveau de différents organes de semis de chêne liège en fonction de la température

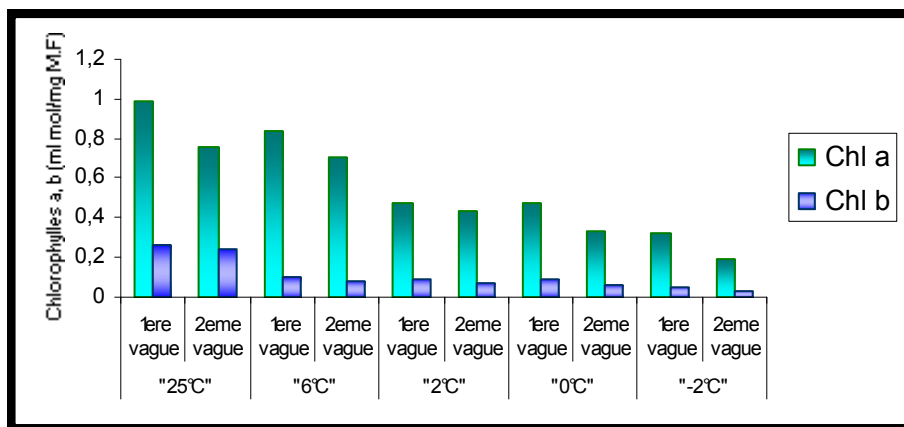


Figure 05 : Variations de taux de chlorophylle a et b chez les feuilles de semis de chêne liège en fonction de la température

selon la figure 05 Le taux de chlorophylle a et b varie d'un stade à un autre dans les feuilles de semis de chêne liège ; il atteint son maximum 0.97 ± 0.02 mlmol/mg M.F pour la chlorophylle a et 0.22 ± 0.01 mlmol/mg M.F pour la chlorophylle b pour la température optimale du témoin(25°C) et un minimum observé aux alentours de 0.18 mlmol/mg M.F ± 0.11 pour la chlorophylle a et 0.05 ± 0.14 mlmol/mg M.F pour la chlorophylle b pour la température(-2°C) au niveau de la 2^{ème} vague de croissance) avec des taux d'augmentation allant de 881.11% au niveau de la 1^{ème} vague de croissance à de 262.39% au niveau de la 2^{ème} vague de croissance. L'analyse de la variance à deux critères de classification montre des différences significatives en fonction des organes ($p < 0.05$) et hautement significative en fonction des températures ($p < 0.01$).

Pour ce qui est de la proline, son accumulation est différente au niveau des organes et en fonction des températures (Figure 04). De ce fait les teneurs les plus élevées sont enregistrées durant les stress de 2°C et -2°C au niveau de tous les organes mais avec une bonne tendance vers les racines avec des taux d'augmentation allant de 101.2% au niveau des tiges à 755 % au niveau des racines. L'analyse de la variance à deux critères de classification montre des différences très hautement significatives en fonction des organes ($p < 0.001$) et aussi en fonction des températures ($p < 0.001$).

D'après les teneur en proline dans les différents organes (feuilles de la 1^{ère} et la 2^{ème} vague de croissance) des semis transférés à des températures fraîches compris entre -2°C et

6°C montre qu'il y a une accumulation de la proline dans les différents organes des semis stressés où le pic a été au niveau des racines à -2°C

Pour les plants stressés, une diminution de taux de chlorophylles a et b par rapport au témoin, et cette diminution est très remarquable au niveau des feuilles de la 2^{ème} vague de croissance à -2°C.

Concernant le taux de la chlorophylle (a et b), il y a une diminution par rapport au témoin. Plus les températures diminuent, plus le taux de chlorophylle (a et b) diminue.

Parallèlement à l'augmentation de la teneur en proline foliaire sous l'effet du stress, une baisse dans les teneurs en pigments chlorophylliens totaux (Chlorophylles a et b) a été, en revanche, enregistrée, appuyé par une corrélation entre la proline et les pigments chlorophylliens est positive et significative ($r = -0.70$). Ces résultats suggèrent l'existence d'une connexion vraisemblable entre les voies de biosynthèse des pigments chlorophylliens et de la proline. Une compétition entre ces deux composés sur leur précurseur commun, le glutamate, peut être à l'origine de cette évolution (Bengston & al., 1978 ; Reddy & Veeranjanyulu, 1991 in Tahri et al., 1998).

Parmi les acides aminés pouvant être accumulés, la proline représente l'une des manifestations des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement (Belkhodja et Benkabilia, 2000 in Belkhodja, 2005)

L'accumulation de la proline a été démontrée chez de nombreuses espèces et dans différentes situations de stress (thermiques, osmotiques, hydriques) (Blum & Ebercon, 1976 ; Huang & Cavalieri, 1979 ; Hubac & Viera Da Silva, 1980 ; Bellinger & al., 1989 ; Dorfling & Askman, 1989 ; Ober & Sharp, 1994 in Tahri et al., 1998). Certains auteurs (Singh & al, 1973) pensent que les quantités accumulées pourraient être liées au niveau de tolérance aux stress. Cependant il semble bien que la proline réponde positivement à la température, à la lumière ainsi qu'une bonne exposition au soleil (Kliewer et al., 1968 in Zott, 2005).

Conclusion

Cette étude s'est focalisée sur la capacité d'adaptation du chêne liège (menée sur terrain) dans un climat semis aride et sur son degré de plasticité vis-à-vis des dommages que le stress thermique pourra lui causer d'une manière réversible ou irréversible.

- un taux de proline nettement supérieur par rapport au témoin, le stress en diminue sa teneur ainsi dans les feuilles alors que sa concentration est multipliée dans les racines avec diminution de la température, indiquant une certaine perturbation métabolique qui témoigne de l'intensité du stress thermique.

Le stress thermique peut directement ou indirectement affecter la physiologie de l'organisme en altérant son métabolisme, est ainsi sa croissance, une réponse commune au stress thermique est l'accumulation de solutés organiques qui servent d'osmoprotecteurs et dans certain cas ils servent à stabiliser les biomolécules sous conditions stressantes.

En conclusion, nous avons constaté que le chêne liège manifeste effectivement des traits d'adaptation physiologique moyenne en condition de contrainte thermique (par les basses températures), donc une possibilité d'introduction de ce dernier dans cette zone semi aride mais qui dépendrait d'une bonne acclimatation en pépinière.