

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

**Université MENTOURI CONSTANTINE
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie**

N°d'ordre : 270 / H09 / 2007

Série : 012 / SN / 2007

MEMOIRE

**En vue de l'obtention du diplôme de magistère en écologie et
environnement**

Option : écologie végétale

Thème

**Comportement du chêne liège (*Quercus
suber* L.) aux températures extrêmes**



Présenté par : Ferhati maria

Devant le jury :

Président : M. RAHMOUNE C.

Prof. Université Mentouri, Constantine

Rapporteur : M. ALATOU D.

Prof. Université Mentouri, Constantine

Examineur : M. TAHAR A.

Prof. Université Badji Mokhtar, Annaba

M. BENDERRADJI M.E.H Prof. Université Mentouri, Constantine

Année 2006/ 2007

Dédicace

Je dédie ce modeste travail, ton mon amour et mon respect a mon exemple dans ma vie, mon très chère père, qui ma très bien élevé et ma pousser devenir ce qui je suis, que dieu le assure le paradie .

A la femme que son amour est creusé dans mes fons les plus profond depuis ma naissance, à la femme que j'aime depuis mon enfance et que je n'aimerais jamais une autant qu'elle, à ma très douce maman, la source d'amour dans notre famille, merci pour ta très bien vaillance sur moi, et que dieu te garderas pour moi ma très douce maman.

Merci « maria »

Remerciement

En premier lieu et avant tout, louange à dieu, le tout puissant qui ma aide à réaliser ce travail .

Je tien a exprimer ma gratitude à **Monsieur ALATOU D**, Professeur, enseignant à l'université de Constantine qui à dirigée ce travail et qui n'a pas cessée de m'encourager.

Mes sincères remerciement vont également au président et à tous les membres du jury pour avoir accepté de juger ce modeste travail.

Je tien à exprimer ma gratitude à **Monsieur BENDERRADJI M E H.**, Professeur , enseignant au département des sciences de la nature et de la vie , faculté des sciences de la nature et de la vie université de mentouri Constantine, pour avoir accepter de présider ce jury.

Que **Monsieur TAHAR A.**, Professeur enseignant au département de biologie, faculté des sciences université de Badji Mokhtar Annaba, trouve ici , l'expression de ma respectueuse gratitude et de ma profonde admiration pour avoir accepter d'examiner ce travail.

Je remercie **Monsieur** Professeur, enseignant au département des sciences de la nature et de la vie, faculté des science de la nature et de la vie Université mentouri Constantine qu'il soit assurée de mes remerciement les plus sincères.

Mes remerciement vont également à **Monsieur AHMED HAMDANI ZOUAD** Ingenieur en informatique et **Monsieur CHELALI ALI** directeur générale de la société (ALMO) qui ont accepté de lire ce travail .

je tien a remercie **M^{me} KANNOUNI M**, Maître assistante , enseignante au département des sciences de la nature et de la vie de la faculté des science de la nature et de la vie université de mentouri Constantine par ces précieux conseil qu'elle soit attribuer ma profonde gratitude.

Introduction

Chapitre 1 : Climatologie

1-Localisation d'EL Kala	3
2-Le climat	3
2-1-Le climat de l'Algérie	3
2-2-Climat régional	3
2-3-Climat local	4
2-4-Les précipitations	5
2-4-1-Corrections des précipitations	5
2-4-2-Détermination de régime pluviométrique	6
2-4-2-Températures	7
2-4-2-1-Correction des températures	7
2-4-2-2-Détermination des étages bioclimatiques des deux stations	8
2-5-Synthèse climatiques	10
2-5-1-Diagramme ombrothermiques	10
2-6-L'état de la subéraie.	11
2-7 -Ecologie du chêne liège	11

Chapitre 2 : Synthèse bibliographique

1-Définition du stress	15
2- Les conséquences des températures élevées	15
3-Mécanisme de tolérance a la chaleur	16
4-Mécanisme général de réponse des plantes à un stress	16
5-Le stress thermiques	16
6- La réaction du phénomène végétale ver le stress	17
6-1- La transpiration	17
6-2- La respiration	17
6-2-1-Effet sur l'intensité respiratoire	17
6-3-La photosynthèse	18
6-3-1-Influences de la température sur la vitesse de la photosynthèse	19

Sommaire

6-4-Liaison entre la réponse génétique et le stress	19
6-5-Stabilité thermique des membranes cellulaires	19

Les marqueurs biochimiques

1-La proline	20
1-1-Synthèse de la proline	20
1-1-2-Dégradation de la proline	20
1-2-La proline et le stress	20
1-3- Rôle de proline	21
1-4-L'effet des enzymes sur l'accumulation de la proline	21
2- Les sucres solubles	22
2-1-2-Biosynthèse des sucres	22
2-2-Les sucres et le stress	22
2-3-Le rôle des sucres	22
3-Les chlorophylles	23
3-2-Les chlorophylles et le stress	23
3-3-Le rôle des chlorophylles	23
4- Résistance stomatique	23

Chapitre 3 : Matériel et méthode

1-Matériel végétal	24
2-Teneur en eau	24
3- Techniques de culture	24
4-Traitements appliqués	25
5- Dosage de la proline	25
6- Dosage des sucres solubles	26
7- Détermination du poids sec	26
8- Dosage des pigments chlorophylliens	26
9- Résistance stomatique	27
10- La surface foliaire	27
11- Etude statistique	27

Chapitre 4 : Résultats et discussion

1-Analyse statistique	28
1-2-Température journalière	30
1-3- Les températures tri-horaires	30
2- Discussion	30
3- Teneur en eau	40
4- proline	40
4-1- Témoin	40
4-2- résultats par traitement thermiques	41
5- Sucres solubles	43
5-1- Témoin	44
5-2-Résultats par traitement thermique	46
6- Les chlorophylles a et b	48
6-1-témoin	48
6-2- résultats par traitement thermique	48
7-La surface foliaire	50
8- La composante temporelle	51
9- L'héroblastie	54
10- La résistance stomatique	58
10-1- Évolution de la résistance stomatique pendant une journée	59
11- Résultats sur le plan morphologique	60
Conclusion	64
Référence bibliographique	
Annexes.	

Introduction

Le temps et le climat sont deux notions qui se déterminent selon, des éléments identiques : températures, précipitations, vent, mais étudiés sur des périodes très différentes. C'est cette différence d'échelle temporelle qui les distingue. Elle oblige, pour saisir les caractéristiques de l'un et de l'autre l'utilisation d'outils statistiques et différentes techniques tout en examinant les même phénomènes.

Selon l'ONU (2003), les températures moyennes de la surface du globe ont connues des courbes ascendantes d'après des relevés enregistrés depuis 1861. A partir de l'année 1976, la température moyenne a progressé à un rythme environ trois fois plus élevée par rapport à celle calculée sur un siècle. La chaleur qui a marqué la fin du XXe siècle dans l'hémisphère Nord et sans précédent en tout cas si l'on se réfère au dernier siècle, où les années 1990 représentent la décennie la plus chaude tandis que l'année 1998 a été classée comme l'année la plus chaude depuis 1000 ans.

Les changements climatiques observés provoquent des anomalies telles que :

- Une plus grande fréquence des sécheresses,
- des orages, ou des périodes de pluviosité excessives ayant pour conséquence un stress supplémentaire sur la végétation et la forêt en général, les rendant plus vulnérables : aux ravageurs, aux maladies et en favorisant les incendies,
- augmenter la fragilité des arbres dus à la pollution atmosphérique (origine anthropique).

L'impact des changements climatiques sur la végétation méditerranéenne, se caractérise par la réduction de la surface de transpiration et provoque des fluctuations qui ont une importance écologique car elle représente l'ajustement de la végétation par rapport aux ressources en eau, et exclue la végétation vers une nouvelle dynamique.

Si les changements climatiques sont bien au dessus des normes cela peut engendrer la disparition d'une cinquantaine d'espèces végétales et animales. (Ashuaia 2007).

Afin d'étayer ces observations nous avons pour cela choisi d'étudier le chêne liège (*Quercus suber* .L), qui est une espèce forestière principale en Algérie, tant en raison des superficies occupées que de son importance économique. L'étendue de son aire est estimée à environ 450 000 ha (Boudy,1955), il n'en demeure que 229 000 ha, véritablement productives (Chouial et Guettar, 1997) se composant d'un bloc quasi continue s'étalant d'Alger à la frontière tunisienne et de quelques massifs isolés dans sa partie occidentale dont les plus importants se rencontrent dans les Monts de Tlemcen, les régions d'Oran et de Ténès, ainsi que dans l'Ouarsenis. Essentiellement calcifuge, thermophile, héliophile, xérophile et mésophile, cette espèce occupe des terrains cristallins dans les régions les plus arrosés du tell (Harfouche et al, 2004).

Après les changements climatiques observés dans la région d' EL Kala au cours de cette dernière décennie et leurs impacts sur la végétation, on s'est proposé d'étudier la variabilité thermique sur une période de 11 ans s'étalant de 1992 à 2002 pour étudier l'effet de la variabilité des températures et des précipitations pour les deux saisons (hivernale et estivale) à l'aide d'un outil statistique afin de définir la fréquence, la durée et l'intensité du stress thermique.

La seconde partie consiste à analyser l'effet d'un stress thermique (hautes températures) compris entre (30° et 42°C) et de tester la tolérance des semis de chêne liège par la survie de l'accumulation des solutés comme la proline, les sucres solubles et les chlorophylles dans les différents organes des semis (feuille, tige, racine).

L'observation est réalisée sur les semis afin de quantifier les paramètres temporo-spatiales, les variations d'ouverture de stomatique mettant en évidence le flux gazeux au niveau foliaire.

1-Localisation d'El Kala :

La région d'El Kala (Wilaya d'El Tarf) est située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, limitée au Nord par la mer méditerranée, à l'Est par la frontière algéro-tunisienne, à l'Ouest par les plaines d'Annaba et au sud par les monts de la Me Djerba.

2-Le climat :

Le climat est l'ensemble des caractéristiques météorologiques d'une région donnée, intégrées dans le long terme. La nature des climats joue un rôle essentiel en agissant sur les caractéristiques écologiques des écosystèmes continentaux. En réalité, il existe une interférence entre le climat et la composition des communautés en particulier végétales propres aux écosystèmes donnée et la nature des sols, d'où le triptyque «climat, sol et végétation» (Ramade, 2003).

2-1-Le climat de l'Algérie :

L'Algérie bercée par un climat méditerranéen, se caractérise surtout par la chaleur et la sécheresse (Braçonnet et al, 2006).

D'une manière générale le climat de l'Algérie est caractérisé par la fréquence des pluies durant la période froide de l'année, et d'une période de sécheresse durant la saison chaude (Kadik, 1987).

En Algérie, les régions climatiques observées sont celles des étages et des variétés de climat définis par (Emberger, 1955).

2-2-Climat régional :

On peut déterminer les climats régionaux à l'aide des données fournis par les différentes station météorologiques.

La région d'El Kala est sous la domination d'un climat méditerranéen caractérisé par une alternance d'une saison pluvieuse pendant les mois froids et d'une saison sèche pendant les mois chauds.

Le climat d'El Kala est de type sub-humide à humide.

2-3-Climat local :

Notre étude de climat exige d'avoir des données climatiques de la zone d'étude.

La station de référence (El Kala) est situé à 10 m d'altitude alors que la zone objet de notre étude (Djebel El Ghorra) se trouve à 1202 m d'altitude ce qui nous oblige à procéder à des corrections au niveau des températures et de la pluviométrie afin de distinguer le climat local de notre territoire d'étude.

Les données recueillis auprès des services météorologiques pour la période allant de 1992 - 2002 sont présentées dans le tableau n° 1

Tableau n° 1 : Données climatiques d'El Kala pour la période (1992-2002).

Paramètres Mois	P(mm)	m (°C)	M(°C)	M+m/2	Hum %	Vent
Janvier	83.77	8.94	16.26	12.6	75.45	4.43
Février	72.28	8.85	16.17	12.51	76.82	4.87
Mars	40.61	10.75	18.19	14.47	75.09	4.54
Avril	63.38	11.82	17.67	14.47	74.45	4.88
Mai	36.62	15.57	23.48	19.49	74.64	3.67
Juin	9.09	18.97	26.34	22.65	72.64	3.74
Juillet	2.93	21.41	29.82	25.61	72.54	3.59
Août	8.52	22.83	31	26.91	70.91	3.5
Septembre	49.93	20.44	26.23	23.33	71.27	3.94
Octobre	80.14	16.95	25.2	21.07	72.69	4.00
Novembre	125.49	12.94	20.24	26.59	73.73	4.37
Décembre	95.4	10.31	16.81	23.56	73.54	4.48
Totale	668.16	179.78	267.41	223.53	883.17	50.01
Moyenne	55.68	14.98	22.28	18.63	73.59	4.17

Gradient pluviothermiques:

Il est important de signaler que théoriquement, le gradient de SELTZER s'établit de la manière suivante :

- Pour la pluviométrie : une augmentation de 40mm tous les 100mètres en zone continentale et de 80mm tous les 100 mètres pour le littoral.
- Pour la température : une diminution de 0.7°C pour (M) pour 100mètres d'élévation et une diminution de 0.4°C pour (m) pour 100 m d'élévation.

Ce qui donne un gradient altitudinal croissant pour les précipitations et décroissant pour les températures (Tir K, 1997).

2-4-Les précipitations :

La pluviométrie est un facteur écologique fondamentale dans les écosystèmes terrestres car elle conditionne avec la température la structure et la productivité primaire de ces derniers (Ramade, 2003).

Pour la plus part des pays, elle est caractérisée par trois principaux paramètres : leur volume, leur intensité, et la durée dans le temps (mois, années). L'évolution de ces trois caractéristiques est essentielle pour planifier l'utilisation des précipitations pour l'agriculture et éventuellement prévoir l'utilisation de l'irrigation en cas de nécessité (Guyot G, 1999).

D'après les données recueillies au près du service météorologique de Ain El Bey, El Kala reçoit 668.16 mm de pluie annuelle soit une moyenne mensuelle de 55.68mm, mais irrégulièrement (tab 1). Le maximum de pluie est observé durant la période de novembre à janvier et la plus faible quantité est enregistrée au mois de juillet et Août

2-4-1-Corrections des précipitations :

Pour les corrections des précipitations mensuelles, après avoir déterminé le coefficient correcteur (K) il ya lieu de le multiplier par les données mensuelles de la station de référence

Les résultats sont représenté dans le tableau n° 2.

Tableau n° 2 : Résultat de coefficient correcteur

Station \ Paramètres	Précipitation moyenne annuelle corrigées en (mm)	K
DJ- EL GHORRA	955.51	1.43

Les résultats des corrections sont portés dans le tableau n° 3

Tableau n° 3 : Données pluviométriques corrigées

Mois \ Stations	P (mm) d' El Kala	P (mm) Djebel Elghorra
Janvier	83.77	119.79
Février	72.28	103.36
Mars	40.61	57.79
Avril	63.38	90.63
Mai	36.62	52.37
Juin	9.09	13
Juillet	2.93	4.16
Août	8.52	12.18
Septembre	49.93	71.40
Octobre	80.14	114.60
Novembre	125.49	179.45
Décembre	95.4	136.42
Totale	668.16	955.51
Moyenne	55.68	79.62

2-4-2-Détermination de régime pluviométrique :

Tableau n° 4 : régime saisonnier d'El Kala (1992-2002)

Paramètres Mois	P(mm)	Saison	Précipitation saisonnière	Précipitation (%)	Régime
Septembre	49.93	Automne	255.56	33.76	A
Octobre	80.14				
Novembre	125.49				
Décembre	95.4	Hiver	251.56	37.65	H
Janvier	83.77				
Février	72.28				
Mars	40.61	Printemps	140.41	21.01	P
Avril	63.38				
Mai	36.62				
Juin	9.09	Eté	20.54	3.07	E
Juillet	2.93				
Août	8.52				
Totale	668.16		668.16	100	

A partir du tableau N° 4, nous observons que la station d'El Kala se situe dans le même régime saisonnier AHPE, que Djebel Elghorra.

2-4-2-Températures :

Les températures sont un des paramètres dépendants de l'altitude et de la distance de la mer et qui varient en fonction des saisons (Ozenda, 1982).

2-4-2-1-Correction des températures :

Les températures moyennes mensuelles sont calculée à partir de la méthode de la sommation des extrêmes et le calcul de leur moyenne arithmétique « $M+m / 2$ » (Aliane et Medjrab, 1981) dont :

- M = Moyenne des maxima

- m= moyenne des minima

Les résultats sont reportés dans le tableau n° 5

Le tableau nous montre que les température minimales sont enregistrées au cour du mois de Février avec une valeur de 8.85°C à El Kala et de 7.83°C à Djebel- Elghorra, pour les maximales. Les températures enregistrés au mois d'Août sont de 31°C pour El Kala et de 22.66°C à Djebel- Elghorra .

Tableau n° 5 : Corrections des températures mensuelles de la station Djebel El ghorra

	M(° C)	m (° C)	M+m/2	M(° C)	m (° C)	M+m/2
Janvier	16.26	8.94	12.6	7.92	4.18	6.05
Février	16.17	8.85	12.51	7.83	4.09	5.96
Mars	18.19	10.75	14.47	9.85	5.99	7.92
Avril	17.67	11.82	14.47	9.33	7.06	8.20
Mais	23.48	15.57	19.49	15.14	10.81	12.98
Juin	26.34	18.97	22.65	18	14.81	16.11
Juillet	29.82	21.41	25.61	21.48	14.21	19.07
Août	31	22.83	26.91	22.66	16.65	20.37
Septembre	26.23	20.44	23.33	17.89	18.07	16.79
Octobre	25.2	16.95	21.07	16.86	15.68	14.53
Novembre	20.24	12.94	26.59	11.9	12.19	10.04
Décembre	16.81	10.31	23.56	8.47	8.47	7.01
Totale	267.41	179.78	223.53	259.07	275.02	217.05
Moyenne	22.28	14.98	18.63	13.63	10.22	12.08

2-4-2-2-Détermination des étages bioclimatiques des deux stations :

Le climat agit sur la répartition des êtres vivants, il est donc naturel que les écologistes s'efforcent de caractériser les différents bioclimats. Pour la région méditerranéenne la méthode d'Emberger a connu un grand succès (Stewart, 1974. cité par Agounni M, 2004).

Pour établir le quotient pluviométrique Q_2 d'Emberger (1955), on doit déterminer l'étage bioclimatique d'une station en tenant compte des paramètres suivants :

- P : pluviométrie annuelle en mm
- M : températures maxima du mois le plus chaud en degrés Kelvin
- m : température minimales du mois le plus froid en degrés Kelvin

Les températures absolue se compte en K° (degrés Kelvin) à partir de $273^\circ C$ (Pedelaborde P, 1991). La formule utilisé pour calculé du Q_2 est : $Q_2 = 2000 * P / M^2 - m^2$

Les résultats sont mentionnés dans le tableau n° 6

Tableau n° 6 : Quotient pluviométrique pour les deux stations

Paramètres Stations	Pluviométrie annuelle (mm)	M (°C)	m(°C)	Q_2
El Kala	668.16	31	8.85	102.98
Djebel Elghorra	955.51	22.66	4.09	179.66

Les températures maximales sont comptabilisés au mois d'Août, tandis que la saison estivale (juin, juillet et août) est marquée par des valeurs relativement moyennes d'où une saison moyennement sèche.

Pour la saison hivernale (décembre, janvier et février) qui est caractérisé par des températures normales empêchant les risques de gelées et favorisant le brouillard.

Les résultats obtenus, si l'on reporte les valeur de Q_2 et m sur le climagramme d'Emberger nous pouvons déduire que la station d'El Kala se situe dans l'étage sub-humide à hiver chaud et la station de Djebel Elghorra se trouve dans l'étage Per-humide à hiver doux (fig 1).

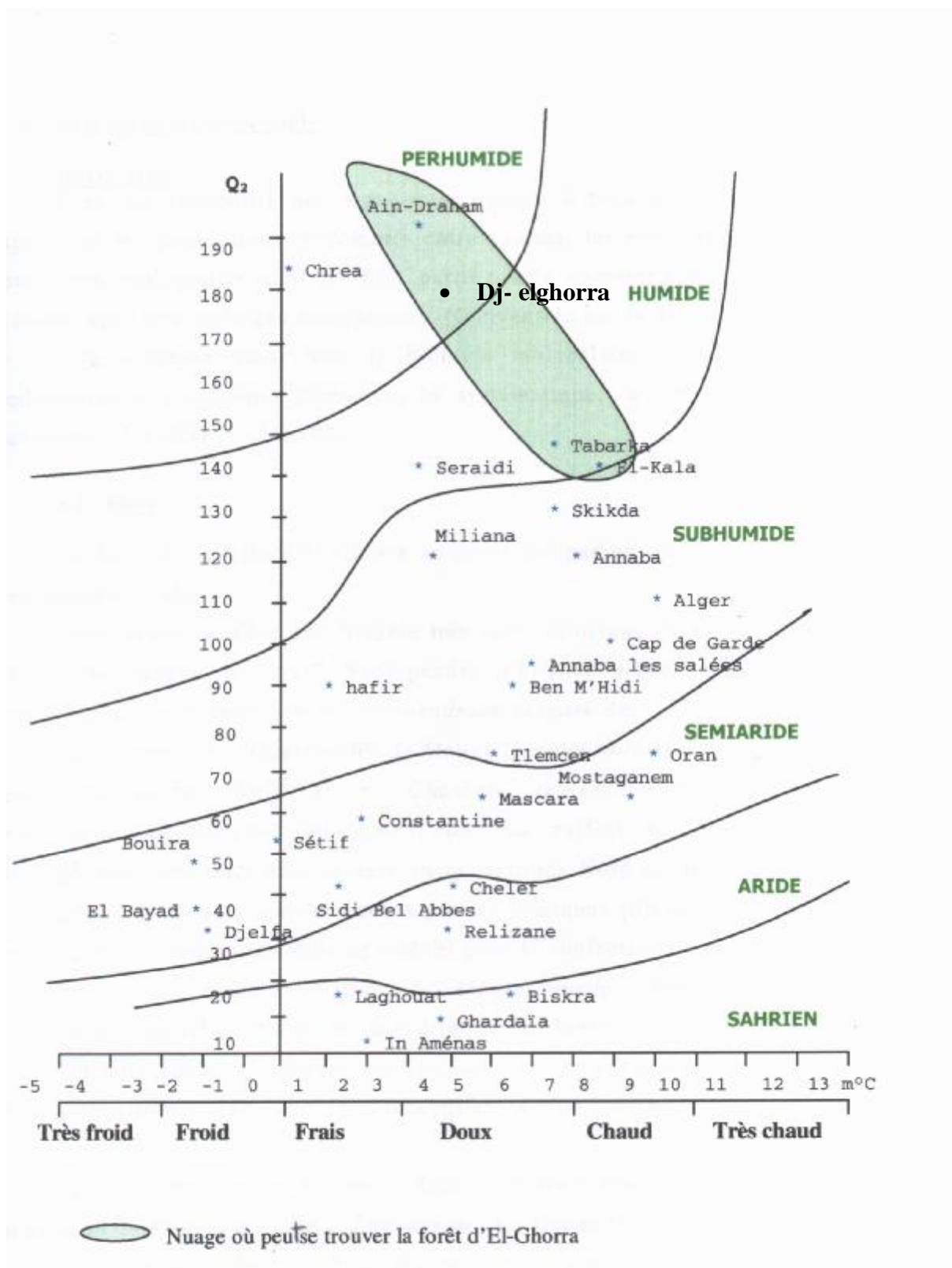


Figure 1 : Climagramme d'Emberger

(tiré de Djellouli 1990 et Debeler 1991 in SARRI , 2002).

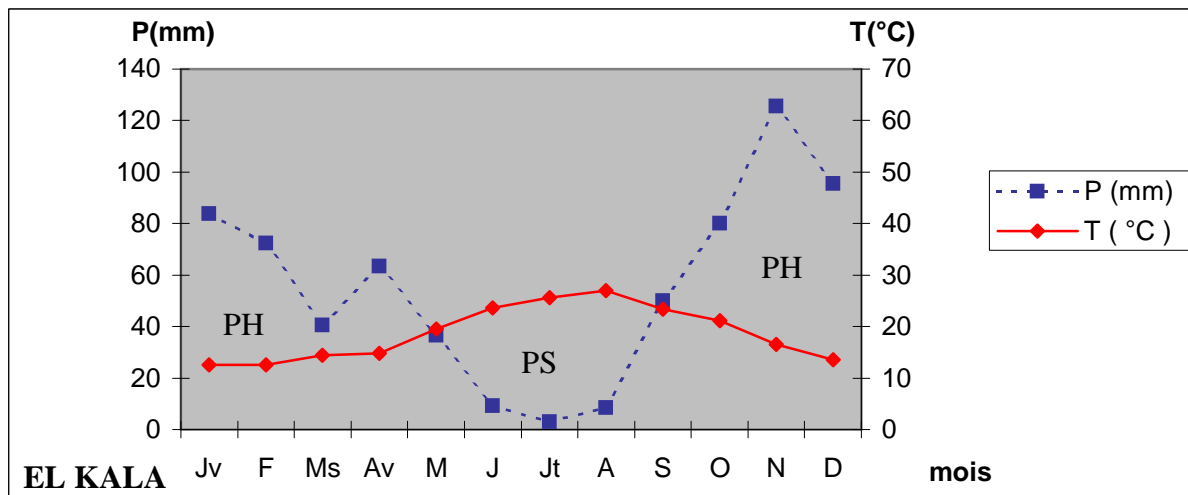
2-5-Synthèse climatique :

2-5-1-Diagramme ombrothermique :

Le diagramme ombrothermique est une représentation qui permet de déterminer les périodes humides et sèches.

Tableau n° 7 : Période sèche et humide pour les deux stations

Période et durée Stations	Durée en jours	
	Période sèche	Période humide
El Kala	90	275
Djebel Elghorra	85	280



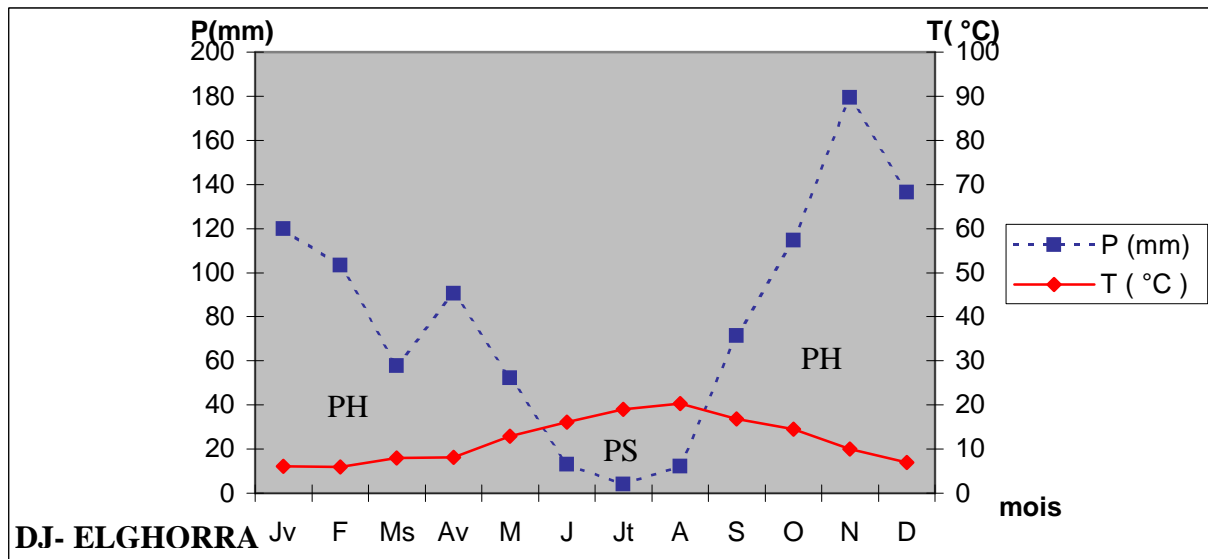


Figure 2 : Diagrammes ombrothermiques

CONSTATATIONS :

Pour la station d'El Kala :

- Période sèche : caractérisée par des températures moyennes où les températures maximales sont observée au mois d'août.
- Période humide : Caractérisée par des précipitations moyennes présentant des maximums au mois de novembre et décembre.

Pour la station de DJ- Elghorra :

- Période sèche : caractérisée par un maximum des températures au mois d'août mais inférieur a celle d'El Kala .
- Période humide : elle est marquée par des maximums de pluviométrie la première au mois de novembre et la seconde au mois de décembre .

2-6- L'état de la subéraie :

La forêt de chêne liège du Djebel d'EL-Ghorra est située à 1202 m sur le versant Nord-Est et à 800 m environ sur le versant Ouest. Elle atteint 500 m d'altitude dans la partie centre au Nord de la maison forestière et se mélange avec le chêne zeen entre 750 à 800 m d'altitude.

Nous avons observé dans la partie Nord-Est une futaie d'une hauteur moyenne de 10 m clairsemée dégradée et à sous bois assez dense, et dans la partie Nord-Ouest, il se présente généralement en futaie de 15m de hauteur plus dense que la précédente mais à sous bois dense. Dans les basses altitudes, elle est généralement âgée, claire, en forme de futaie basse pratiquement sans sous bois ou avec seulement de la bruyère arborescente.

Elle souffre du surpâturage intense et de la récolte des glands par les riverains nécessaire à l'alimentation de leur cheptel, qui chaque année empêche la régénération naturelle du chêne liège (photo 1) (SARRI , 2002).

4-1-Ecologie du chêne liège :

Critère		Chêne liège
Taxonomie	Famille	Fagacée
	Espèce	<i>Quercus suber L</i>
	Dénomination locales	Fersi, Chouber, Fernan, Feline, Iggui, Querrouch..
Caractères botaniques	Feuille	Persistantes
	Hauteur	10 à 12 m et même 14m, 20m dans son environnement
	Diamètre	4 à 5m (vieux peuplements)
	Longévité	150ans dans l'humide et 120ans dans le sub-humide .
	Fruit	Fructifie à partir de 15ans, elle est abondante à 30ans se poursuit jusqu'à 100 ans
	Racine	Puissant pivotante à traçantes au sol superficiel Se fait par rejets de souches (très vigoureusement) suite à l'intervention de

	Régénération	l'homme et des incendies. Elle est difficile par semi-naturel, se fait par drageonnement si une partie de ces racines est superficielle. .
Écologie		Résistance au feu, mais lorsqu'il est démasclé, il devient très sensible La résistance aux attaques d' insecte Calcifuge
Répartition et origine	En Algérie Dans le monde	Il est commun dans le tell et l'est d'Alger surtout sur grès et terrains primaires et rarement dispersés à l'Ouest d'Alger . Il a une répartition Ouest méditerranéenne. Il est originaire des régions occidentales méditerranéennes. Il est très développé dans le bassin méditerranéen occidental qu'il déborde d'ailleurs en Espagne et au Portugal atlantique ; il atteint la Dalmatie à l' Est, on le rencontre dans les côtes atlantiques du Maroc. Elle est étroitement liée aux conditions édaphiques et climatiques.
Climat	Précipitation Température m M	Il exige des précipitations de l'ordre de 600 à 1500 mm C'est une espèce relativement exigeante en eau Il ne supporte pas les grands froids, la neige et la gelée. Il ne supporte pas le minimum de - 9°C. >0°C 30 à 35°C il exige une grande humidité, durant les mois les plus secs.

	Humidité	<p>il préfère le climat relativement chaud (thermophile) et humide à température annuelle de 14°C et 17°C.</p> <p>c'est un arbre héliophile strict.</p>
Étage bioclimatique		<p>Sub-humide et humide doux et dans sa limite Sud c'est le sub_humide tempéré.</p> <p>Il peut aller jusqu'au semi_aride</p> <p>Le sub-humide tempéré est son étage favorable.</p>
Exposition		<p>Il se trouve généralement en exposition Sud.</p> <p>Dans sa limite supérieure, il recherche en général les versants chauds de sorte qu'il monte plus haut aussi à l'Ouest qu'à l'Est du Massif.</p>
Altitude		<p>Dans les basses et moyennes altitudes rarement dans les hautes altitudes</p> <p>Il s'étale depuis le bord de la mer jusqu'à 1300m (Maroc il atteint 2200 m).</p> <p>C'est une essence de plaine et de moyenne montagne.</p> <p>Il prospère vers les 1000 m d'altitude.</p> <p>Il présente une grande plasticité vis à vis de l'altitude.</p>
Étage de végétation		<p>Fréquent depuis le thermo-méditerranéen jusqu'au Méso-méditerranéen.</p>
Sol		<p>Présente une exigence édaphique</p> <p>Préfère les substrats siliceux, gréseux et non calcaire.</p> <p>Ne se trouve jamais sur des sols argileux.</p> <p>Exige des sols profonds.</p> <p>Pousse sur un humus profond à activité biologique importante.</p> <p>L'humidité permet la formation d'un humus</p>

		<p>abondant de type Moder-Mor.</p> <p>Supporte mal les sols imperméables qui aboutissent à une stagnation d'eau en hiver.</p>
Espèces associées		<p>Il s'associe au pin maritime dans le littoral.</p> <p>Il est concurrencé par le chêne zeen dans les altitudes humides.</p> <p>Il est concurrencé par le chêne Vert au niveau des altitudes sèches.</p> <p>Il est concurrencé par le pin d'Alep et le Thuya sur le calcaire.</p> <p>Il est concurrencé par l'Olivier et le lentisque sur les argiles.</p> <p>Il se mélange rarement avec le cèdre (Theniet El-Had).</p>
Valeur économique		<p>Le bois est lourd et compact, difficile à travailler et se fend en séchant.</p> <p>Il donne un excellent bois de chauffage et fournit un charbon estimé.</p> <p>Le liège est exploité car il a une écorce qui est relativement épaisse.</p> <p>Son bois est aussi utilisé dans la confection des pipes.</p> <p>Il est utilisé comme écorce à Tanin, les troncs sont souvent cariés.</p>



Photo n° 1 : La forêt de chêne liège au Nord Est du Djebel d'El-Ghorra

Introduction

L'état physiologique des cellules et les facteurs qui les conditionnent ont une influence déterminante sur la tolérance des plantes au stress. De nombreux liens apparaissent entre l'absorption et le métabolisme (Mazeliak, 1998).

1-Définition du stress :

Un stress désigne l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne. C'est une force qui tend à inhiber les systèmes normaux (Jones et al, 1989), ou une condition non optimale causé par un facteur qui tend à altérer l'équilibre des facteurs d'un organisme (Ocrutt et al, 2000).

En matière de biologie végétale, les principaux stress peuvent être classés en fonction de la nature de l'agent, en quatre catégories : physiques, chimiques, biotiques et autropogéniques (Ocrutt et al, 2000).

La réaction des végétaux aux températures critiques maxima au dessous et au dessus desquelles le végétal est tuée. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation (Diehl, 1975).

La gamme des températures compatibles avec une vie est assez étroite : en général de -5°C à -10°C pour les minima et jusqu'à 45°C . on observe seulement quelques exceptions : conifères de Sibérie, pouvant vivre normalement jusqu'à -65°C , lichens des régions froides assimilant encore à -20°C , le cactus peut résister à des chaleurs de 60°C (Heller, 1977).

2- Les conséquences des températures élevées :

- Un appauvrissement et une banalisation des peuplements :
- Raccourcissement des cycles de végétation par diminution du temps disponible pour mettre en place la production et donc par diminution de celle-ci ;

- Diminution de la durée de croissance et de maturation des organes récoltables (exp : les graminées, légumineuses) ;
- Le réchauffement favorise le développement de maladies cryptogamiques etc.

Par ailleurs, il faut remarquer que la situation peut être plus difficile pour les semis et jeunes plantes forestières qui ont un enracinement plus superficiel et dont la partie aérienne se trouve dans un environnement (proximité du sol) où la température peut être beaucoup plus élevée serait à redouter, ainsi une augmentation des températures estivales serait susceptibles d'entraîner une mortalité importante et des effets limitants sur la régénération des peuplements. Des techniques sylvicoles spécifiques devraient alors être mises en œuvre (Breda N, Garnier et Aussenac G, 2000).

3 - Mécanisme de tolérance à la chaleur :

En cas de sécheresse, la plante stressée, est alertée par ses racines, alors celle-ci essaie de s'adapter par divers mécanismes :

- Limitation de l'évaporation (fermeture des stomates) ;
- Augmentation des réserves hydriques ;
- Arrêt de l'assimilation carbonique ;
- La synthèse des protéines de résistance au choc thermiques « heat shock proteins ».

Une corrélation entre la synthèse et l'accumulation des (HSPS) et la tolérance a la chaleur suggère, mais ne prouve pas que les deux soient liées causalement. On trouve une évidence de plus liée à la relation causale dans le fait que certaines différences dans les (HSPS) de cultivars sont corrélées avec les différences de thermotolérance (Yash et al, 2004).

Parmi les végétaux résistants à la sécheresse figurent, les ligneux à petites feuilles vernissées, les herbacés à feuilles vêtus qui se protègent de la chaleur

grâces aux poils, les plantes grasses développent une gangue protectrice de leur tissus. Les épineux tirent profit de leur morphologie, tandis que les feuilles linéaires verticales sont tenaces du fait de leur faible exposition au soleil (Bernard, 2000).

4 - Réactions des plantes aux stress :

Le stress fait subir une perte importante d'eau au niveau des cellules, provoquant une tension entre la membrane plasmique et la paroi végétale, entraînant un dysfonctionnement de la photosynthèse, et donc une baisse de rendement, pour y remédier la plante synthétise:

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

5-Le stress thermique :

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes est très variable, certaines sont exterminées ou affaiblies par des baisses modérées de températures, alors que d'autres parfaitement acclimatées, sont capables de suivre au gel (des dizaines de °C en dessous de zéro), le stress provoqué par des températures élevées induit la synthèse d'un groupe de protéines particulières (Hopkins, 2003).

6- La réaction du phénomène végétale ver le stress :

6-1- La transpiration :

La température agit sur l'évaporation de l'eau des cellules. Son augmentation entraîne l'ouverture des stomatiques et donc une augmentation de la transpiration.

L'action de la température rappelle celle de la sécheresse de l'air : entre 25 à 30°C, une élévation des températures augmente la transpiration (Heller et al 1989). L'action de la température peut s'expliquer en partie de la même manière, elle agit essentiellement en modifiant l'humidité relative de l'air (Heller et al, 2004).

6-2- La respiration :

L'influence de la température sur la respiration est moins traitée par la littérature. La respiration fait intervenir des processus enzymatiques dans le cycle de Krebs et des transporteurs d'électrons qui sont influencés par la température. La température maximale se situant entre 45 et 50°C (Berge et al, 2002).

Le phénomène de la respiration s'accompagne d'une production de chaleur d'autant plus importante qu'il est plus actif (Marche-Marchand, 1972).

6-2-1-Effet sur l'intensité respiratoire :

- l'intensité respiratoire s'accroît quant la température augmente.

L'action de la température sur l'intensité respiratoire est à prendre en compte dans tous les problèmes de stockage des données agricoles, qu'il s'agisse de substance sèches comme les graines aqueuses comme les tubercules et les racines. Toute élévation de températures entraîne :

- Une consommation exagérée des glucides, d'où la perte de la matière.

- Une production plus intense de CO_2 susceptible de s'accumuler dans un local clos
(Diehl, 1975 in Meribai, 2004).

6-3- La photosynthèse :

La réponse de la photosynthèse à haute température est affectée par la photorespiration, étant donné que la rubisco fixe préférentiellement l' O_2 quand la température est élevée. La photorespiration diminue l'efficacité de la photosynthèse, c'est pour cela qu'on assiste à un plafonnement de celle-ci suivi d'une chute accélérée par la dénaturation des protéines (Berge et al, 2002).

6-3-1-Influences de la température sur la vitesse de la photosynthèse :

L'influence de la température sur la photosynthèse occasionne des intensités lumineuses faibles et fortes, dans le premier cas, la vitesse de la photosynthèse ne change pratiquement pas avec l'augmentation de la température. La lumière étant alors un facteur limitant ; dans le second cas, la vitesse subit une augmentation considérable dans un certain domaine de température. Au-delà, la vitesse de la photosynthèse diminue rapidement, car les mécanismes de cette dernière sont endommagés par la chaleur.

La courbe présente un optimum caractéristique, dont les valeurs les plus hautes se situent entre 20 et 30°C pour les plantes supérieures avec un optimum de températures caractéristiques de 35 à 50°C. Cela est également valable pour les plantes supérieures qui sont adaptées à la vie dans des endroits extrêmement chauds (Richeter. G, 1993).

6-4-Liaison entre la réponse génétique et le stress :

Certains gènes exprime en fin d'embryogenèse (dite gènes LEA) pourraient coder pour des protéines jouent un rôle par leur liaison avec l'eau, par leur pouvoir osmoprotecteur, comme canaux ioniques, en encore comme protéines régulatrices. Ces gènes, dont le rôle peut se situer au niveau des différentes voies métaboliques, de la régulation de l'expression du génome ou de la création et de la reconnaissance des signal de stress (Monneveux, 1997).

6-5-Stabilité thermique des membranes cellulaires :

Selon la conception traditionnelle, la température la plus élevée que la plupart des plantes peuvent supporter est déterminée par la dénaturation irréversible des enzymes. Bien que la fonction des enzymes joue certainement un rôle crucial, l'attention s'est plus récemment tournée vers les modifications des propriétés des membranes, qui seraient les causes principales des dommages provoqués par les températures élevées (Raison et al, 1980, Quin, 1988).

Introduction

Les facteurs de stress abiotiques environnementaux comme la sécheresse, la salinité et les températures extrêmes sont des facteurs limitants la croissance de la plante et la productivité des cultures, les organismes vivants dans ces habitats où ces facteurs sont prédominants développent des formes d'adaptation variés en accumulant des solutés organiques tels que sucres et alcools, acides aminés principalement la proline. (Rathinisabapathi, 2000).

1-La proline :

C'est un acide aminé dont les propriétés biochimiques sont assez voisines de celle des autres aminés, la proline (acide pyrrolidine 2 carboxylique ($C_5H_9O_2H$), dont

la liaison, C-N (Unay, 1988, in Chaib, 1997) fait de la proline un acide aminé rigide, son poids moléculaire est de 115.13 g/mol .

La proline est un acide aminé non polaire caractérisé par un cycle pyrodique, il est à noter que la proline contient dans sa molécule une fonction amide, ce qui en fait un aminoacide. Sa fréquence moyenne dans les protéines est de 5.2% (Wekikipedia, 2006).

1-1-Synthèse de la proline :

La proline synthétisée à partir de l'acide glutamique, engendrera une réaction se déroulant entre γ carboxyle du glutamate et la molécule d'ATP pour former l'acyle phosphate et donne γ -glutamyl phosphorique acide qui se recyclera en dégageant une molécule d'H₂O et forme Δ -pyroline carboxylique qui se recyclera à son tour avec une molécule NAD (p) H et qui donnera la proline (Taylor, 1996). La réductase forme la proline qui selon les organismes utilise le NADH, H⁺ ou le NADPH, H⁺ (Horton et Moran, 1994).

1-1-2-Dégradation de la proline :

La dégradation de la proline induit du glutamate avec la formation intermédiaire du glutamate - 5- semi- aldéhyde (Delaa, 2003).

1-2-La proline et le stress :

- L'accumulation des polyamides aliphatiques, dans les plantes supérieures résulte de nombreux stress biotiques et abiotiques, l'augmentation de leur concentration peut donc représenter un marqueur (Bagni, 1994).
- Le taux de proline s'accroît dans les feuilles lorsque la température s'élève (Knu et Chen, 1986 in Bounouar, 2001).
- La proline est un acide aminé particulièrement sensible au stress (Hopkins, 2003).
- La proline est un acide aminé dont la présence est souvent associée à des situations de stress (Richard et al, 2006).

- La production et l'accumulation de la proline sont fréquemment associées à un stress tel que la sécheresse, salinité, température et lumière (Bellinger et al, 1989).

1-3- Rôle de proline :

- La proline est un acide aminé indispensable chez les végétaux, elle est considérée comme un indicateur des stress.

- La proline semble jouer un rôle important dans la réponse des plantes à la sécheresse : son accumulation rapide lors du stress hydrique a été mise en évidence chez de nombreuses plantes, particulièrement chez l'orge (Lewin et al, 1978) chez l'Eucalyptus

(Chunyang, 2003), chez les blés tendres (Tan, 1982 ; Riazi, 1985 ; Monneveux et Nemmar, 1986 in Bezzela, 2005).

- Elle joue un rôle consistant dans l'osmoprotection et la régulation du pH cytoplasmique (Delaney and Verna,1993 in Delaa,2003).
- Elle fournit une réserve d'azote pouvant être utilisée en condition de stress comme moyen de réduction de l'acidité ou l'élimination de résidu (Schwakec et al, 1999 in Delaa, 2003).

1-4-L'effet des enzymes sur l'accumulation de la proline :

Le métabolisme de la proline est géré par deux enzymes, pyrroline-5-carboxylate réductase (P5CR) et proline déhydrogénase (proDH) : la première conduit à sa synthèse et la seconde à son utilisation.

- la capacité enzymatique de P5CR est faible durant la période obscure et au début de la période lumineuse ; mais, augmente très rapidement après l'apparition de la lumière.

- Par contre la capacité de proDH est faible en période lumineuse comme en période obscure et devient relativement constante au cours de la journée (Vansy et al, 1979 in Meribai, 2004).
- Ainsi l'activité de ces deux enzymes est fortement dépendante de la température du milieu d'incubation.

2- Les sucres solubles :

Les hydrates de carbone sont les composants majeurs des arbres, il représentent trois quart de leur poids sec (Kreamer et Kozlowski,1979 in Aloui-sousse et al, 1994). Comme c'est le cas des composés de cette catégorie possédant 6 atomes de carbone dans leur structure : glucose, fructose, galactose.

2-1-2-Biosynthèse des sucres :

Pour une fonction normale d'une cellule, ou d'un organe, les sucre solubles sont indispensables. Chez les végétaux les besoins sont couverts par la photosynthèse, cependant après excès on aura une voie de stockage sous forme d'amidon ou sous forme d'autres glucides complexes .(Nemouchi, 2003).

2-2-Les sucres et le stress :

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 plantes en cas de stress, afin de résister aux contraintes du milieu (Bajji et al, 2000).

Lors d'un déficit hydrique, l'un des effets majeurs, affecte le métabolisme des hydrates de carbone (Ildi et Galida, 1995 in Bezzela, 2005) avec une accumulation des sucres et un bon nombre d'autres composés organiques.

2-3-Le rôle des sucres :

- Les glucides ont un rôle fondamental dans la vie des végétaux, ce sont les produits primaires de la photosynthèse et les composés à partir desquels sont synthétisés les lipides et les protéines.
- Ce sont des indicateurs de degrés de stress, à cause de son importante augmentation lors de la sévérité, les sucres métaboliques (glucose, galactose, saccharose et fructose) permettent la résistance aux différents stress.
- Les sucres jouent un rôle prédominant dans la vie de la plante, ils sont produits par la photosynthèse. Transportés vers les tissus profonds et canalisés, la respiration est convertis en composés de réserves (lipides, saccharose, amidon) qui sont éventuellement dégradés, la régulation du processus métabolique impliqué dépend de la concentration en sucres (Loretti et al, 2001).
- Les sucres solubles associés à d'autres solutés organiques (protéines, glucides, acides organiques (malate), acide aminés) interviennent dans le processus d'osmorégulation (Kinet et al, 1998).
- Le saccharose et les monosaccharides, jouent un rôle osmotique dans la baisse du potentiel osmotique et par voie de conséquence dans l'ajustement osmotiques, chez les différentes plantes et leur confèrent une tolérance vie à vie du stress (Bezzela, 2005).

3-Les chlorophylles

La chlorophylle est un pigment assimilateur principale des végétaux supérieurs. Ce pigment situé dans les chloroplastes des cellules végétales, la chlorophylle est également fortement réfléchissante dans le proche infrarouge (700Nm), les clichés aériens en fausses couleurs (IR+ rouge +

vert) permettent au spécialistes de reconnaître les essences par analyse radio-métrique.

La chlorophylle est responsable de la capture de l'énergie lumineuse utilisée dans la photosynthèse. La molécule de chlorophylle est constituée de deux parties ; une tête formée d'une « porphyrine » et une longue queue d'hydrocarbures ou « phytol » (Hopkins, 2003).

3-2-Les chlorophylles et le stress :

Tous les polluants atmosphériques retenus par les feuilles sont transformés à l'intérieur de la plante et affectent sa respiration, sa transpiration et sa photosynthèse.

Les dommages causés se manifestent par des chloroses au niveau des feuilles et des lésions nécrotiques, donc par dégradation des chlorophylles (Landis et Yu, 1995).

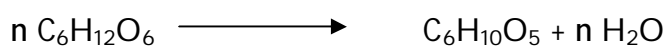
La biosynthèse des chlorophylles est beaucoup plus inhibée par le froid que par la chaleur (Côme, 1992).

3-3-Le rôle des chlorophylles :

En plus de son rôle primordial dans la photosynthèse, cette dernière est responsable de la formation des réserves glucidiques.



le glucose se transforme en amidon par polyconcentration.



La réaction de synthèse du glucose, réaction endothermique est possible grâce à l'absorption par la chlorophylle et de l'énergie de radiations lumineuses, elle s'effectue en deux phases :

- Une phase photochimique : la chlorophylle absorbe les réactions lumineuses et amorce la réaction de synthèse.
- Une phase thermochimique : la réaction de synthèse déclenchée par la lumière grâce à la chlorophylle se poursuit par un mécanisme chimique sensible à toute variation de température (Laval et Mazliak, 1979 in Gherbi, 2003).

4- Résistance stomatique :

Le degré d'ouverture des stomates à un instant donné est le résultant d'un compromis entre les stimuli instantanés provoqués par des facteurs environnementaux (éclairage, températures) et les capacités de la plante à répondre pleinement à ceux-ci, compte tenu des diverses limitations imposées par le milieu physique et/ou biologique (Rached, 1993). La régulation de l'ouverture des stomates est un processus complexe qui dépend d'un grand nombre de facteurs dont la lumière, les concentrations en CO₂ du milieu. La concentration en calcium de cytosol, les hormones et les enzymes marqueurs de voies métaboliques liées qui exercent également de très fortes influences et fonctions importantes (Hussain et al, 1999 ; Casati et al, 2000 ; Li et al, 2001).

Le mécanisme essentiel de la régulation stomatique se fait grâce aux variations d'ouverture de l'ostiole, la régulation stomatique n'apparaît en générale qu'à partir d'un certain stade de fermeture des stomates, ceci est une conséquence de la loi de la vitesse de diffusion à travers des pores étroits (Boulehier, 2000). Le principe de fonctionnement des stomates repose essentiellement sur la variation du potentiel de turgescence dans les cellules de garde. Celle-ci sont déterminées par de nombreux facteurs dans certains sont liés à l'environnement et les autres à la plante elle même (Bennaceur, 1994 in Bezzela, 2005).

1- Matériel végétal :

- La récolte

Les glands de chêne liège (*Quercus suber L.*) sont récoltés dans la région de Jijel (oued Kissir et Milia) à la fin du mois de novembre 2004.

2- Teneur en eau :

La teneur en eau des glands frais est déterminée pour 10 glands de chêne liège par passage de l'échantillon à l'étuve à 105°C pendant 24h.

La teneur en eau est exprimée en % par rapport au poids frais, elle est calculée par la formule suivante (Heller. 1982 in Bensmira, 2002) :

$$H\% = \frac{PF - PS}{P} \cdot 100$$

3- Techniques de culture :

Au laboratoire, les glands sont trempés pendant quelques minutes dans l'eau pour éliminer les glands en mauvais état ou parasités. Ils sont séchés à l'air libre pendant 48 heures.

Les glands germent dans de la vermiculite saturée d'eau à une température ambiante de 16°C ± 2°C.

Les semis présentant un hypocotyle de 5 à 14 cm et un épicotyle de 4 à 6 cm de longueur sont repiqués dans des pots. Ils sont arrosés régulièrement avec de l'eau de robinet une fois par semaine et placés dans la chambre de culture en conditions semi contrôlées en jour long de 16h à une température de 23°C ± 2°C avec une intensité lumineuse de 6000 lux à la base des pots, de 6119 lux au niveau du plafond et de 5323 lux à 50cm des semis. (photo 02) .



Photo 02 : Conditions de culture

4-Traitements appliqués :

Après une étude bioclimatique de la région d'EL KALA on a sélectionnée la gamme des températures suivantes : 30°C, 32°C, 34°C, 36°C, 38°C, 40°C et 42°C. Les semis sont transférés à ces températures durant 3 heures (premier stress), puis replacés dans leur condition initiale. Après 24h, ils subissent un deuxième stress de même durée.

Stade d'application :

Les traitements sont réalisés entre le 4^{ème} et 8^{ème} jour au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance.

Les dosages de la proline, des sucres solubles et des chlorophylles sont effectués directement après le deuxième stress sur des feuilles de la première et la deuxième vague de croissance, les tiges et les racines.

5- Dosage de la proline :

La méthode utilisée est celle de (Troll et Luindsley, 1955), pour chaque échantillon prélevé (100mg de la matière végétale), il est immédiatement pesé, puis placé dans un tube à essai. Un volume de 2ml de méthanol à 40% est ajouté à l'échantillon, le tout est chauffé à 85°C dans un bain marie pendant 60mn. Après

refroidissement, 1ml de la solution d'extraction est ajouté à 2ml d'acide acétique, 25mg de ninhydrine et 1ml de mélange (eau distillée, acide-acétique-acide-orthophosphorique de densité de 1.7 (120,300,80 :v/v/v). L'ensemble est porté à ébullition pendant 30mn au bain-marie, puis refroidi et additionné de 5ml de toluène. Après agitation au vortex, une pincée de sulfate de sodium (Na_2SO_4) est ajoutée dans chaque tube. La densité optique est mesurée à 528nm par spectrophotomètre après 48 heures.

La teneur en proline est calculée par l'équation suivante :

$$Y = 0.62 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$$

DO: densité optique

MS: matière sèche

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

6- Dosage des sucres solubles :

Les sucres solubles sont dosés par la méthode de (Dubois et al,1956). Elle consiste à prendre 100 mg de la matière végétale, dans des tubes à essai, on ajoute 3ml d'éthanol à 80% pour l'extraction des sucres, puis on laisse à température ambiante pendant 48h à l'obscurité. Au moment de dosage, on filtre le contenu, et on ajoute 20ml de l'eau distillée à l'extrait (solution à analyser). Dans des tubes en verre, on met 1ml de la solution à analyser, on ajoute 1ml de phénol à 5% puis 5ml d'acide sulfurique à 1.86 N, tout en évitant de verser l'acide contre les parois du tube. On obtient une solution jaune-orange à la surface, on passe les tubes au bain marie pendant 10 à 20 mn à 30°C. La mesure est réalisée à 490nm.

Les sucres solubles sont calculés par l'équation suivante :

$$Y = \text{DO} \cdot 1.657 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$$

7- Détermination du poids sec :

La détermination de la matière sèche pour la proline et les sucres solubles est obtenue en transférant les résidus de l'extraction dans une étuve à 80°C pendant 24heures.

8- Dosage des pigments chlorophylliens :

On prend 100 mg de matière fraîche composée des feuilles de semis de chêne liège. Ensuite on y ajoute 10ml d'une solution préparée à partir 75% de d'acétone et de 25% d'éthanol. On les conserve dans des boites noire fermés pendant 48h à 30°C et à l'obscurité. La densité optique est mesurée à 663nm pour la chlorophylle a et à 645nm pour la chlorophylle b.

Les concentrations en chlorophylles a et b, exprimés en mg.g^{-1} MF sont données par les formules suivantes :

$$\text{Chl (a) (mmol/mgMF)} = 12.3\text{DO (663)} - 0.86(645)/10.$$

$$\text{Chl (b) (mmol/mgMF)} = 9.3\text{DO (645)} - 3.6(663)/10.$$

9- Résistance stomatique :

La résistance globale équivalente de la feuille est obtenue par la formule suivante (Cruizat, 1979 ; cité par Tosca, 1991 in Rached, 1993) :

$$1/\text{Re} = 1/\text{Rsi} + 1/\text{Rss}$$

Rsi : résistance stomatique de la face inférieure.

Rss : résistance stomatique de la face supérieure.

La résistance stomatique est mesurée à l'aide d'un poromètre de type AP4

10- La surface foliaire :

La surface foliaire est mesurée par un scanner de type (Area Meter AM 200)

11- Etude statistique :

Une analyse de la variance entre les différents paramètres étudiés (températures et composants biochimiques) est réalisée à l'aide du logiciel Minitab.

1-Analyse statistique :

Les températures représentent un facteur limitant de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionnés, agissant de ce fait sur la répartition de la totalité des espèces et des communautés des êtres vivants dans la biosphère (Ramade, 1984).

Les températures moyennes ne possédant qu'un sens très relatif, la température moyenne du mois le plus froid, du mois le plus chaud et les minima enregistrés pour expliquer leur variation. Il faut signaler quelques variables comme la moyenne des maxima (M), la moyenne des minima (m), le coefficient de variations (CV) et l'erreur standard (ES), avec le traitement des deux saisons (estival et hivernale) sur une période de 1998 à 2001 pour déterminer les variations extrêmes et leur rôle sur la végétation d'EL Kala.

Le coefficient de variation et l'écart type permettent de mesurer et préciser l'intensité des irrégularités thermiques, en effet le coefficient de variation et l'écart type permettent de comparer la distribution des données thermiques (Bruno F, 1998).

Donc on note : $CV = S / m$ $ES = S / n-1$

- S = Ecart type (°C)
- CV : coefficient de variation (%)
- ES : Erreur standard (%)
- M: Moyenne (°C)
- n : Taille de l'échantillon (n = 30).

Les résultats de l'étude descriptive sont présentés dans les tableaux 7 et 8.

Les résultats présentés dans les tableaux 8 et 9 des températures des quatre années donne une amplitude thermique de 10 à 15°C pour les températures minimales et de 15 à 20°C pour les maxima. Les moyennes des

maxima de l'hiver varient de 0.7 à 7.85 °C, alors que pour la saison estivale, elle est de 2.65 à 9.95°C.

Les moyennes des minima de l'hiver varient entre 1 à 2.4 °C, par contre pour la saison estivale la moyenne des minima varie entre 0.7 à 3.6 °C.

Tableau n° 7 : Analyse des températures minimales de la région d'El Kala (M : moyenne minimale mensuelle, Ecart type, Coefficient de variation, Erreur standard, Maxi : Température maximale des minima du mois, Mini : Température minimale des minima du mois).

	Décembre	Janvier	Février	Juin	Juillet	Août
1998 M	8.720	9.830	10.147	20.627	43.527	Manque de donnée à cause de l'incendie
S	1.971	2.122	1.428	3.026	3.491	
CV	22.603	21.586	14.073	14.670	8.020	
ES	30.068	33.896	34.127	71.127	150.093	
Maxi	11	13.5	14	17.5	52.4	
Mini	5.9	6	7.1	15.5	36.6 incendié	
1999 M	10.487	10.263	6.747	20.193	21.887	25.293
S	2.411	1.725	3.710	2.438	1.824	2.140
CV	22.990	16.807	54.987	12.073	8.333	8.460
ES	36.162	35.389	23.265	69.631	75.472	87.217
Maxi	14.9	11.8	13.1	25.5	26.0	29.1
Mini	5.8	1.8	1.0	16.5	19.1	21.7
2000 M	11.217	6.783	9.460	18.993	23.213	23.283
S	1.904	1.874	2.256	2.213	4.516	3.803
CV	16.974	27.627	23.847	11.651	19.545	16.333
ES	38.679	23.389	32.620	65.549	80.044	80.286
Maxi	16.7	10.3	13.1	22.8	29.4	27.2
Mini	8.4	0.0	7.3	15.5	17.3	18.5
2001 M	8.103	9.670	9.127	19.407	21.873	22.913
S	3.855	2.501	1.947	2.188	1.897	1.518
CV	47.574	25.974	21.332	11.274	8.708	6.712
ES	27.941	33.344	31.472	66.920	75.113	77.975
Maxi	13.7	15.0	13.8	25	26.7	25.7
Mini	5.4	7.0	6.2	16.2	18	19.5

Tableau n° 8 : Analyse des températures maximales de la région d'El Kala (M : moyenne maximale mensuelle, Ecart type, Coefficient de variation, Erreur standard, Maxi : Température maximale des maxima du mois, Mini : Température minimale des maxima du mois) .

	Décembre	Janvier	Février	Juin	Juillet	Août
1998 M	16.167	16.830	16.843	29.050	59.21	Incendié
S	1.624	2.276	2.144	4.834	6.47	
CV	10.045	13.523	12.729	16.640	10.927	
ES	55.748	58.034	58.079	100.172	657.888	
Maxi	19.5	20.2	21.5	41.5	85.0	
Mini	12.3	11.8	12	23.2	52.0 incendié	
1999 M	17.667	16.063	14.190	28.247	29.337	32.767
S	2.656	2.028	4.329	3.242	3.187	3.871
CV	15.033	12.625	30.507	11.477	10.863	11.813
ES	60.920	55.389	48.931	97.403	101.162	112.955
Maxi	22.4	20.2	23	36.3	40.5	46.0
Mini	12.4	8.4	7	24.2	26.2	28.0
2000 M	19.493	15.170	16.610	26.823	31.007	31.943
S	2.813	2.419	3.845	3.300	4.084	3.842
CV	14.430	15.945	23.148	13.302	13.171	12.027
ES	67.217	52.310	57.275	92.493	106.920	110.117
Maxi	25.3	19.5	24.3	33.0	42.5	41.2
Mini	13.6	9.4	13.8	21.5	27.0	27.5
2001 M	13.49	17.850	16.810	28.510	31.127	31.480
S	5.87	4.782	2.858	3.232	3.448	1.455
CV	43.513	26.789	17.001	11.336	11.077	4.621
ES	46.517	61.551	57.965	98.310	107.334	108.551
Maxi	22.2	27.0	25.3	38.5	42.0	35
Mini	12.2	12.4	12.3	24.0	26.8	29.2

1-2-Température journalière :

On a utilisé l'analyse de la variance à un critère de classification à un facteur, qui sert à comparer les moyennes à plusieurs populations normales et de même variance à partir des échantillons aléatoires simples et indépendants les uns aux autres, elle donne des variations factorielles c'est-à-dire entre les différents mois, saisons, années et les variation résiduelles c'est-à-dire à l'intérieur de chaque mois, saison et années.

Les résultats sont obtenus à l'aide de la comparaison de F_{obs} avec $F_{1-\alpha}$, cette dernière est tirée à partie de la table de FISHER, pour $K1=P-1$ et $K2= n-p$.

§ Pour $\alpha= 0.05$

Si $F_{obs} \geq F_{1-\alpha}$, on dit qu'il existe des différences significatives entre les moyennes (*).

§ Pour $\alpha= 0.01$

Si $F_{obs} \geq F_{1-\alpha}$ on dit qu'il existe des différences hautement significatives entre les moyennes (**)

§ Pour $\alpha= 0.001$

Si $F_{obs} \geq F_{1-\alpha}$ on dit qu'il existe des différences très hautement différentes significatives entre les moyennes (***) (Dagnelie, 1998) .

1-3- Les températures tri-horaires :

2- Discussion

Après l'analyse des données, on remarque des variations très hautement significatives entre les moyennes, ce qui confirme la variabilité des températures maximales et minimales inter et intra (mensuelle, saisonnière et annuelle), en période hivernale et estivale.

Saison hivernale :

L'analyse des fréquences et des durées des températures fraîches pour les deux années 1998, 1999 est représentée dans la figure 3.

Pour le mois décembre : Il y a deux refroidissements ; l'un d'une fréquence de cinq fois pendant une durée de 15 heures, où les températures se trouvent dans la classe des températures 6 à 8°C, l'autre par une fréquence de deux fois pendant d'une durée de 6 heures, où les températures sont comprises entre 4 à 6°C.

Le mois de janvier pour les années 1998, 1999 et 2000 représenté dans la figure n° 4 se distingue plusieurs refroidissements, le premier pour l'année 1998 avec une fréquence de sept fois d'une durée de 21 heures et le second observé au cours de l'année 1999 d'une fréquence de quatre pour une durée de 12 heures pour l'intervalle compris entre 6 à 8°C, et le troisième est observé par une seule fréquence d'une fois avec une durée de 3 heures où les températures sont comprises entre 2 à 4 °C et le quatrième et le dernier est observé au cours de l'année 2000 pour une fréquence d'une fois pendant une durée de 3 heures où les températures enregistrées sont comprises entre 4 et 6°C .

Pour le mois de février des années 1998, 1999 et 2000 (figure n° 5) :

On remarque deux refroidissements, le premier se situe au cours de l'année 1998 avec une fréquence de quatre fois pendant 12 heures et le deuxième en l'an 2000 d'une fréquence d'une fois pendant une durée de 3 heures, où les températures sont comprises dans la classe 6 à 8°C. Alors que pour l'année 1999 est marquée par un refroidissement d'une fréquence de huit fois pendant une durée de 24 heures où les températures enregistrée sont comprises entre 2 et 4°C .

Saison estivale :

Pour le mois de juin des années 1998, 1999 et 2000 :

On remarque respectivement trois réchauffements (figure n° 6), le premier est caractérisé par une fréquence de 13 fois pendant une durée de 49 heures et le second d'une fréquence de trois fois pour une durée de 9 heures et le dernier d'une fréquence d'une fois pendant une durée de 3 heures respectivement pour les trois années 1998,1999 et 2000, où les températures sont comprises entre 30 et 32 °C.

Pour le mois de juillet des années 1998, 1999 et 2000 (figure n°7) :

Durant le mois de l'année 1998 caractérisé par des incendies, on constate des fréquences anormales soit 46 fois pendant une durée de 138 heures pour des températures comprises entre 46 et 48°C .

Pour les années 1999 et 2000, on remarque deux réchauffements, le premier caractérisé par une fréquence de huit fois pendant une durée de 24 heures et le second de 25 fois pour une durée de 75 heures, où les températures sont comprises entre 30 et 32°C .

Pour le mois d'août des années 1999 et 2000 (figure n ° 8) on n'a pas pu comptabilisé les températures du mois d'août de l'année 1998 pour cause d'incendie.

On constate que il y a deux réchauffements, le premier caractérisé par une fréquence de 37 fois pendant une durée de 111 heures et le second par une fréquence de 30 fois pour une durée de 90 heures où les températures sont comprises entre 30 et 32°C.

Tableau : Comparaison des températures moyennes mensuelles (minimales et maximales) du même mois pour les 4 années à l'aide de la variance à un critère de classification.

	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Décembre 97	11.310	2.053	10.3	0.000 ***	17.903	2.013	13.71	0.000 ***
Décembre 98	8.720	1.971			16.167	1.624		
Décembre 99	10.487	2.411			17.667	2.656		
Décembre 00	11.217	1.904			19.493	2.813		
Décembre 01	8.103	3.855			13.487	5.866		
	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Janvier 98	9.830	2.122	17.56	0.000 ***	13.380	2.276	4.09	0.008 **
Janvier 99	10.263	1.725			16.063	2.028		
Janvier 00	6.783	1.874			15.170	2.419		
Janvier 01	9.670	2.501			17.850	4.782		
	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Février 98	10.147	1.428	10.62	0.000 ***	16.843	2.144	4.29	0.007 **
Février 99	6.747	3.710			14.190	4.329		
Février 00	9.460	2.256			16.610	3.845		
Février 01	9.127	1.947			16.810	2.858		
	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Juin 98	20.627	3.026	2.65	0.052 *	29.050	4.834	1.96	0.124 NS
Juin 99	20.193	2.438			28.247	3.242		
Juin 00	18.993	2.213			26.823	3.300		
Juin 01	19.407	2.188			28.510	3.232		
	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Juillet 98	43.527	3.491	343.62	0.000 ***	59.213	6.468	308.21	0.000 ***
Juillet 99	21.887	1.824			29.337	3.187		
Juillet 00	23.213	4.516			31.007	4.084		
Juillet 01	21.783	1.897			31.127	3.448		
	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Août 99	25.293	2.140	8.20	0.001 **	32.767	3.871	1.20	0.306 NS
Août 00	23.283	3.803			31.943	9.842		
Août 01	22.613	1.518			31.480	1.455		

Tableau 11 : Comparaison des moyennes saisonnières des températures (Tn et Tx) de la même saison pour les 4 années.

	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Saison hivernale 98	10.429	1.979	11.06	0.000 ***	17.192	2.183	11.33	0.000 ***
Saison hivernale 99	8.577	2.969			15.473	3.023		
Saison hivernale 00	8.910	2.676			16.482	3.175		
Saison hivernale 01	10.004	2.291			18.051	3.731		
	Température minimale (Tn)				Température maximale (Tx)			
	Moyenne	Ecart type	Fobs	P	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Saison estivale 98	32.077	11.992	50.04	0.000 ***	44.132	16.228	53.77	0.000 ***
Saison estivale 99	22.458	3.010			30.117	9.920		
Saison estivale 00	21.830	4.126			29.924	4.337		
Saison estivale 01	21.268	2.313			30.372	3.121		

Pour les donnée tri horaires : la durée traitée est de quatre ans (de 1988 à 2001) :

Tableau 12 : Comparaison des moyennes mensuelles du même mois pour les 4 années à l'aide de l'analyse de la variance à un critère de classification

	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Décembre 97	14.267	2.341	39.14	0.000 ***
Décembre 98	12.405	2.269		
Décembre 99	13.570	3.033		
Décembre 00	14.944	3.300		
Janvier 98	12.754	2.552	73.23	0.000 ***
Janvier 99	12.934	2.001		
Janvier 00	10.401	2.769		
Janvier 01	13.783	3.057		
Février 98	13.090	2.527	44.04	0.000 ***
Février 99	10.455	4.118		
Février 00	13.043	2.544		
Février 01	13.045	2.678		
Juin 98	24.287	4.782	7.92	0.000 ***
Juin 99	23.975	2.893		
Juin 00	22.789	3.188		
Juin 01	23.957	3.365		
Juillet 98	51.147	6.191	1256.27	0.000 ***
Juillet 99	23.828	7.372		
Juillet 00	26.728	4.716		
Juillet 01	26.354	3.268		
Août 99	28.578	3.484	13.50	0.000 ***
Août 00	27.496	3.851		
Août 01	26.978	2.930		

Tableau 13 : Comparaison des moyennes de la même saison entre les quatre années à l'aide de l'analyse de la variance à un critère de classification

	Moyenne	Ecart type	Fobs	P
Saison hivernale 98	13.370	2.55	68.98	0.000 ***
Saison hivernale 99	11.931	3.133		
Saison hivernale 00	12.338	3.112		
Saison hivernale 01	13.924	3.016		
Saison estivale 98	37.717	14.535	346.67	0.000 ***
Saison estivale 99	25.461	5.454		
Saison estivale 00	25.671	4.467		
Saison estivale 01	25.763	3.445		

Tableau 14 : Analyse des températures tri horaires (Moyenne mensuelle, Ecart type, coefficient de variation, Erreur standard).

	Décembre	Janvier	Février	Juin	Juillet	Août
1998 M	12.405	12.754	13.090	24.287	51.147	Manque de donnée
S	2.269	2.552	2.527	4.782	6.191	
CV	18.291	145.496	19.304	19.689	12.104	
ES	5.190	5.336	5.476	10.161	21.400	
1999 M	13.570	13.934	10.455	23.975	23.828	28.578
S	3.033	2.001	4.118	2.893	7.372	3.484
CV	22.350	15.470	39.387	12.066	30.938	12.191
ES	5.677	5.411	4.374	10.031	9.969	11.957
2000 M	14.944	10.401	13.043	22.789	26.728	27.496
S	3.000	2.544	2.544	3.188	4.716	3.851
CV	20.074	19.504	19.504	13.989	17.644	14.005
ES	6.252	5.457	5.457	9.535	11.183	11.504
2001 M	14.267	13.783	13.045	23.957	26.354	26.978
S	2.341	3.057	2.678	3.365	3.268	2.930
CV	16.40	22.179	20.528	14.045	12.400	10.860
ES		5.766	5.458	10.026	11.287	11.287

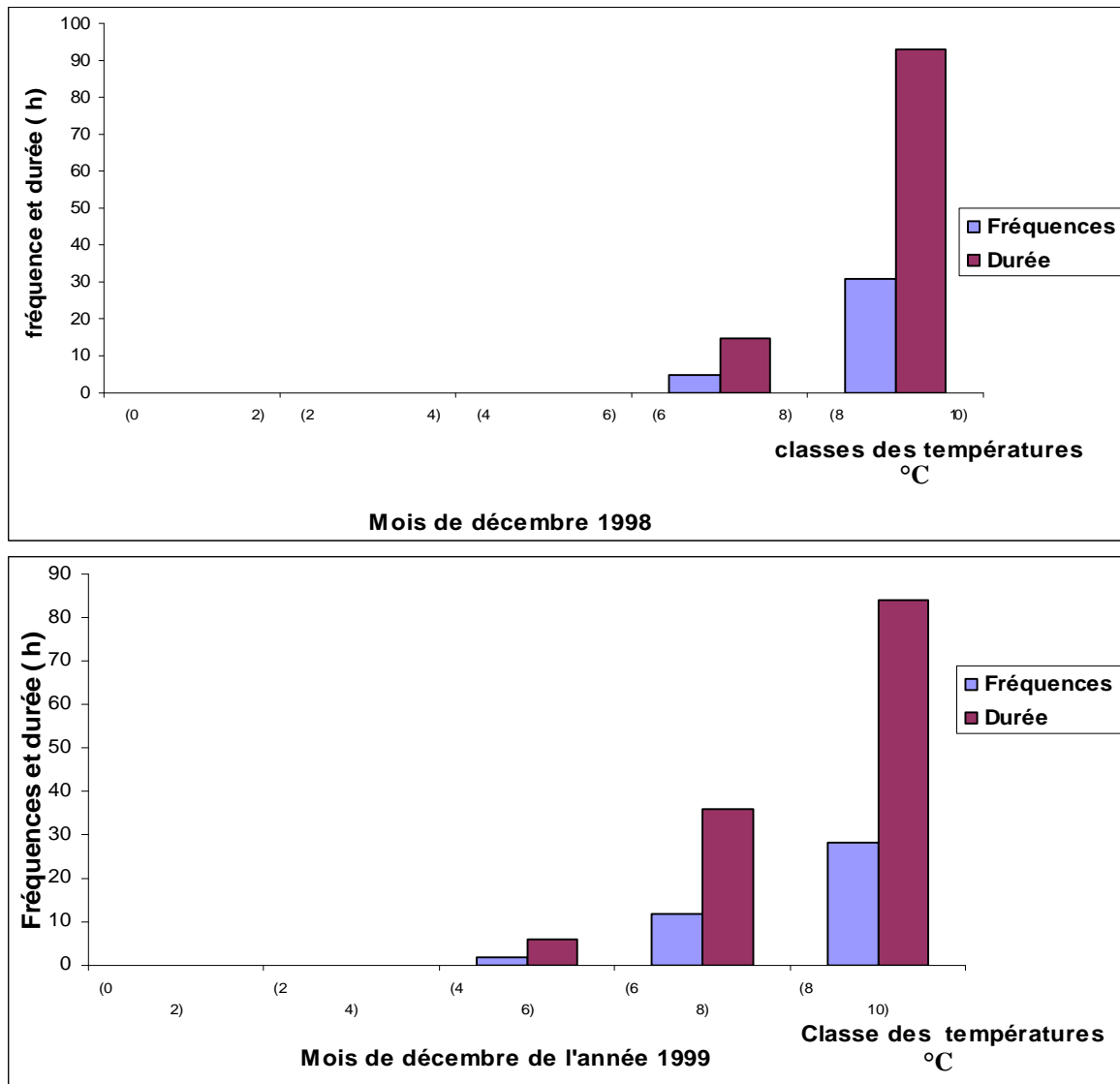


Figure 03: durées et fréquences des basses températures du mois de décembre des années 1998-1999

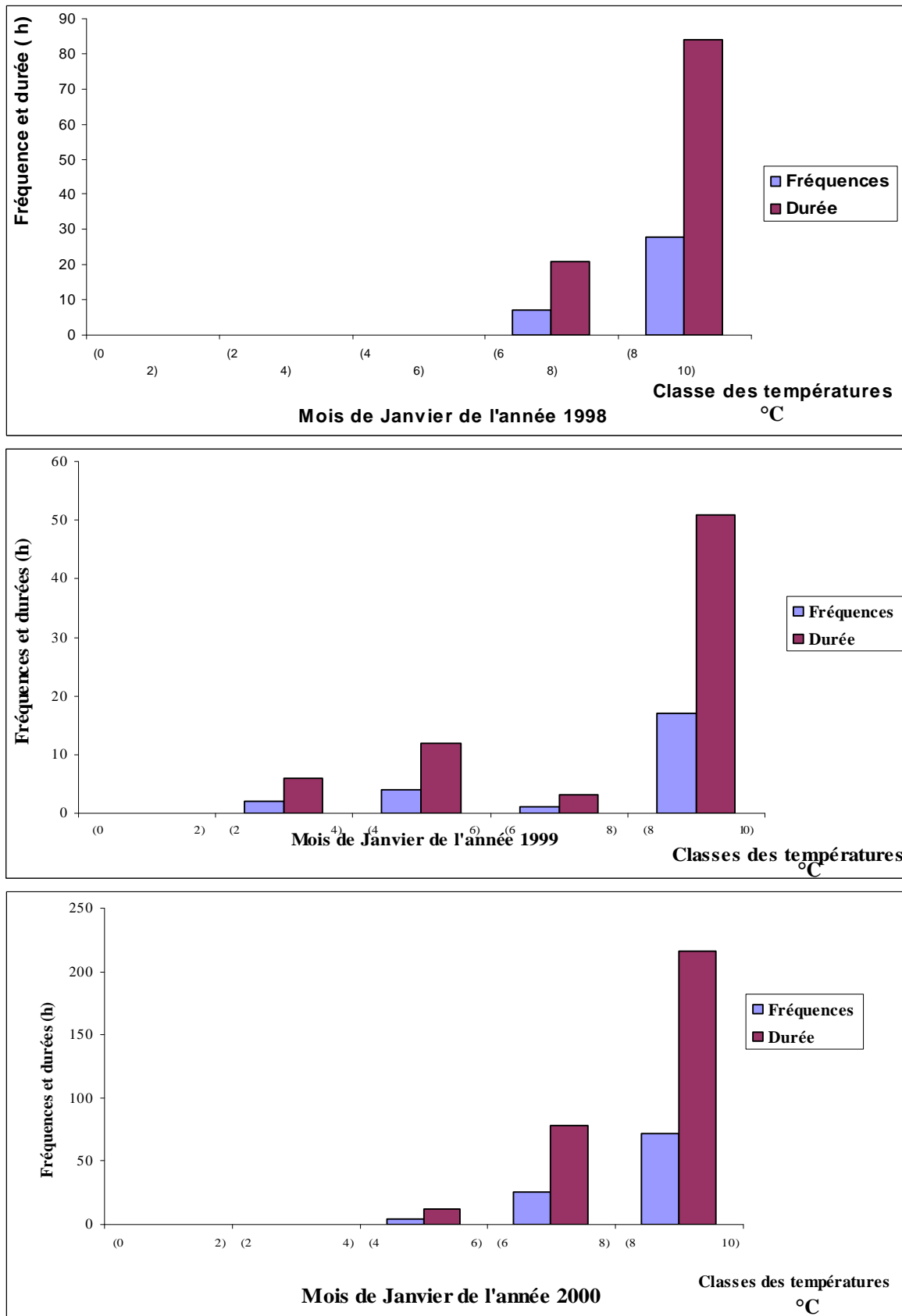


Figure 04 : durées et fréquences des basses températures du mois de janvier des années 1998-1999-2000

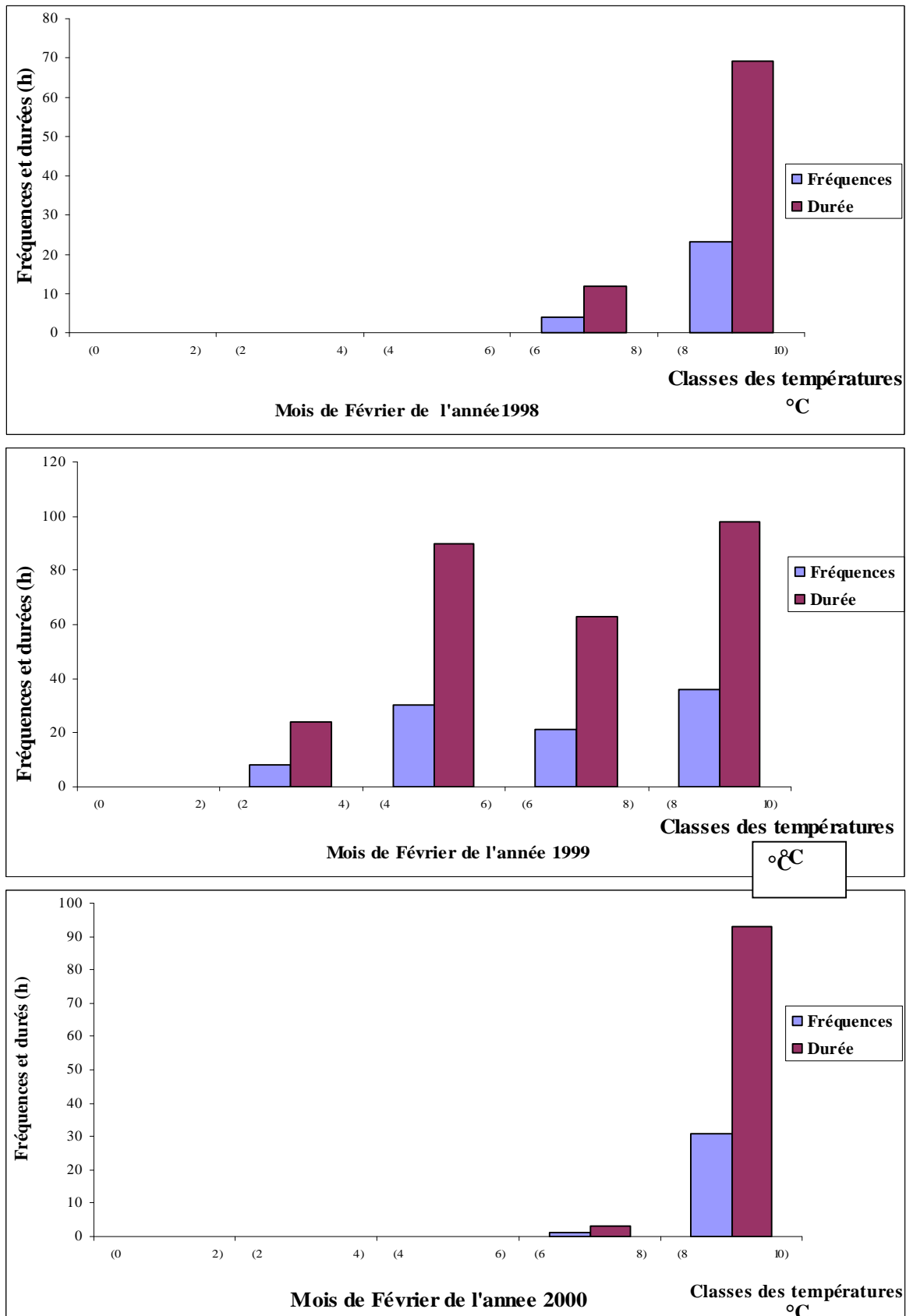


Figure 05 : durées et fréquences des basses températures du mois de février des années 1998-1999-2000

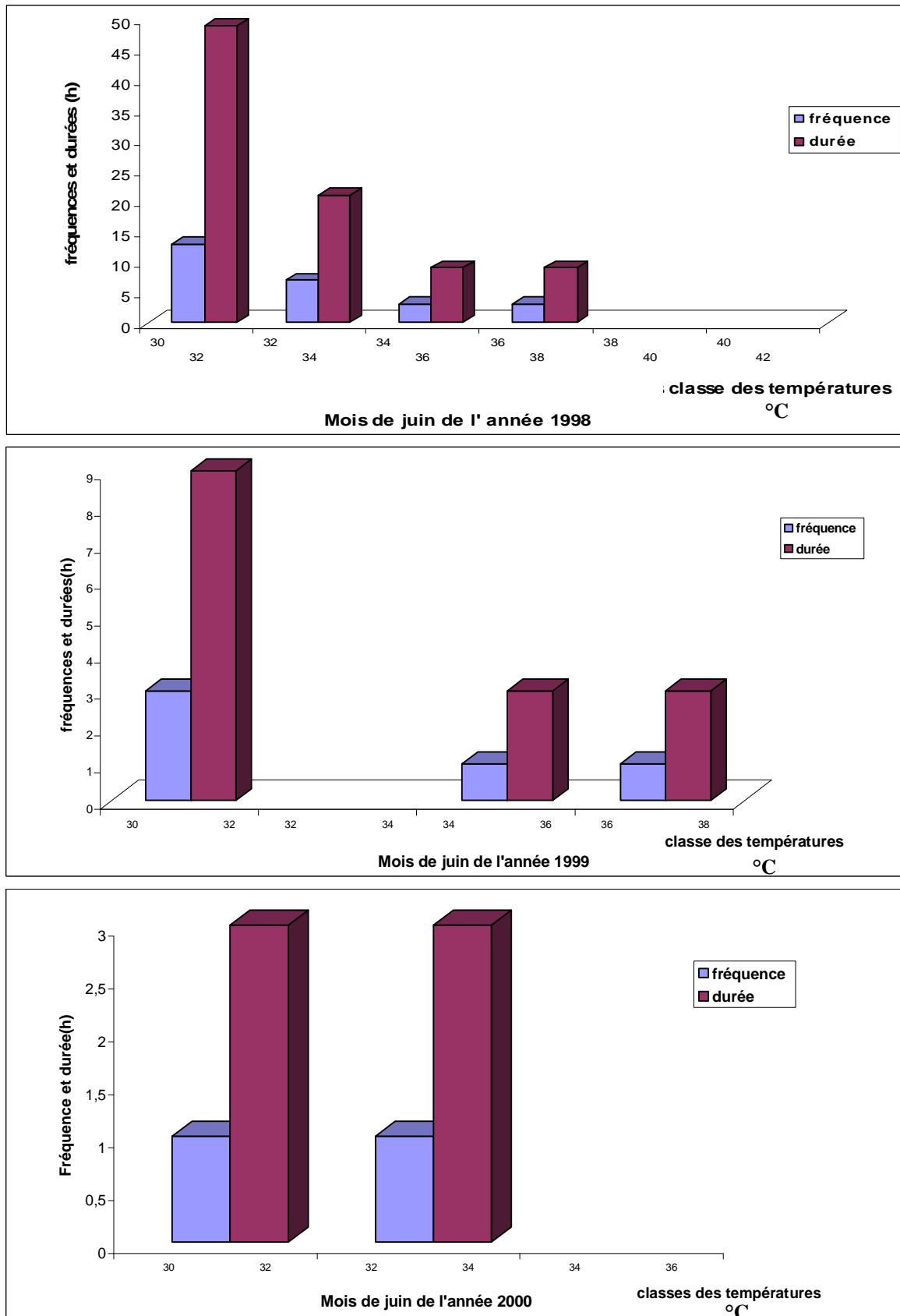


Figure 06 : durées et fréquences des hautes températures du mois de juin des années 1998-1999-2000

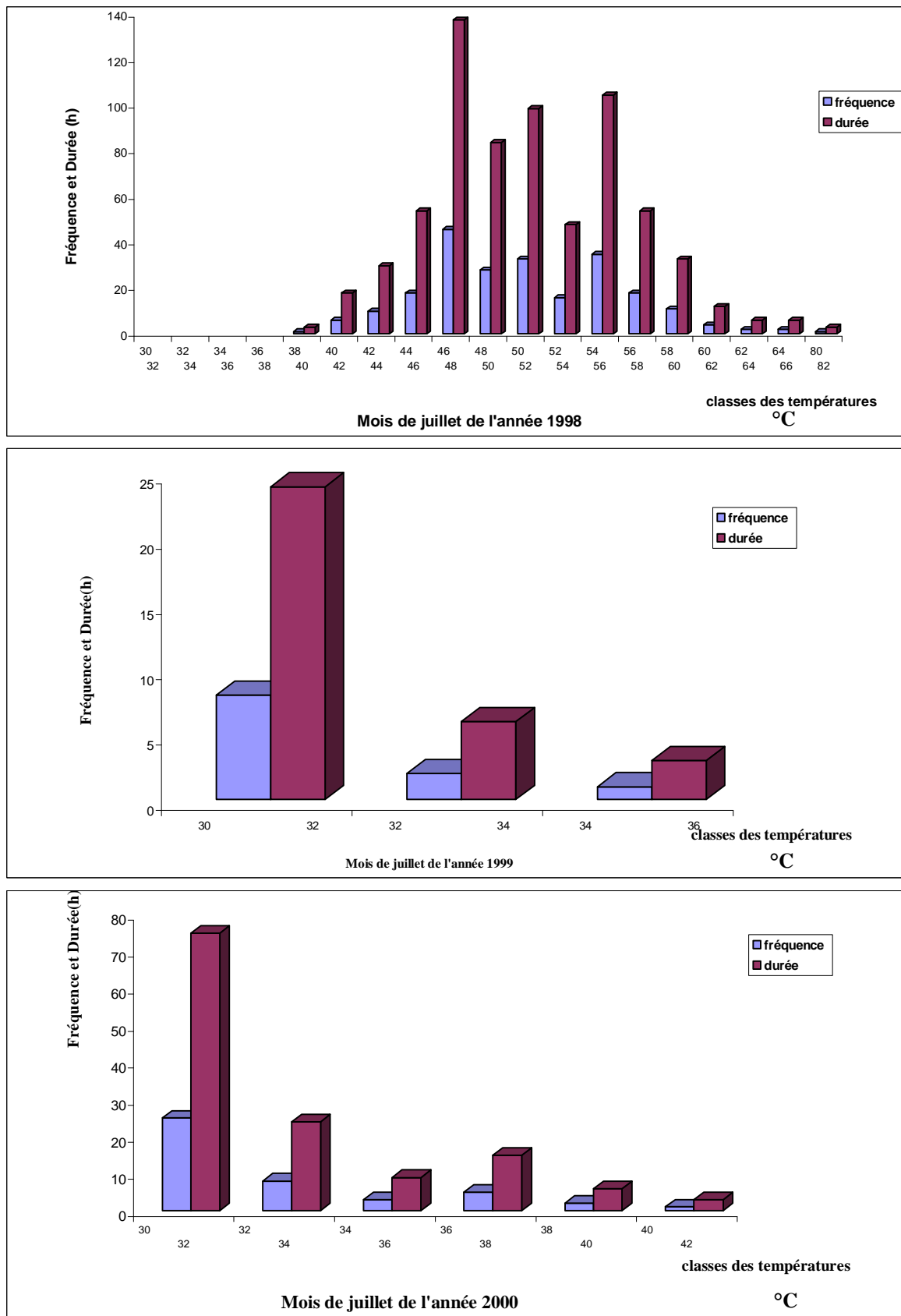


Figure 07 : durées et fréquences des hautes températures du mois de juillet des années 1998-1999-2000

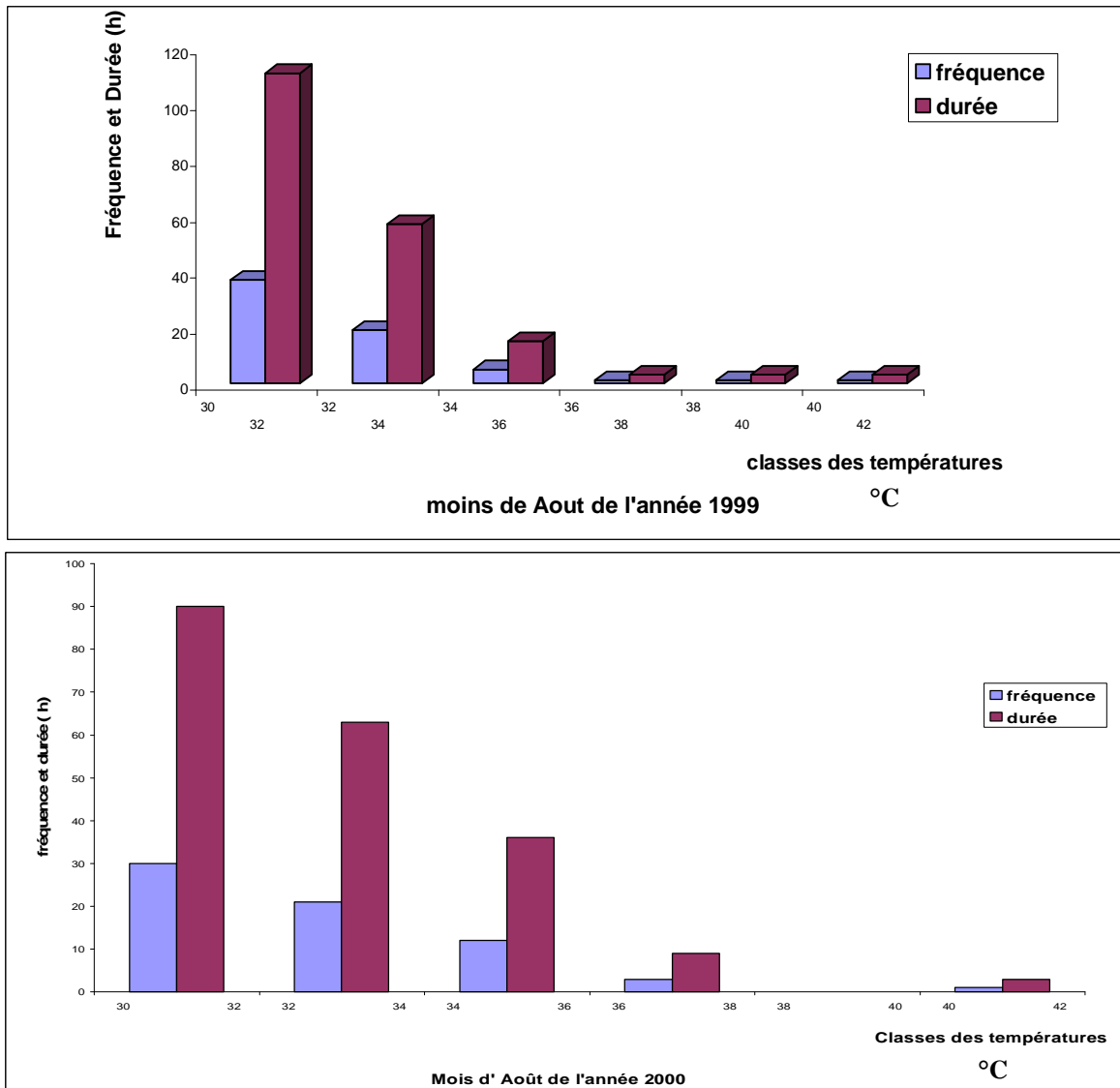


Figure 08 : durées et fréquences des hautes températures du mois d'Août des années 1999-2000

3- Teneur en eau :

Un problème difficile à résoudre est celui du maintien de la teneur en eau à un niveau relativement élevé (42% à 45%) pour conserver le pouvoir germinatif des semences (Bonnet- Massimbert et al. 1977). Le seuil critique de déshydratation compatible avec le maintien du pouvoir germinatif se situe à 40% pour le chêne liège (Alatou, 1984 et Nibouche, 1998).

La teneur en eau des glands est de 49.36% ; elle est donc favorable au maintien du pouvoir germinatif Tab 15. (Annexe).

4- proline :

Les résultats obtenus sont exprimés en $\mu\text{mol}/\text{mg MS}$ puis convertie en $\mu\text{mol}/\text{mg MS}$.

La teneur moyenne de proline varie d'une façon très importante entre les différentes températures et même entre les différents organes (feuilles, tiges et racines). Ces résultats sont représentés par le Tab 16 (annexe).

4-1- Témoin

La teneur moyenne maximale en proline des trois plants. On enregistre au niveau des racines une concentration de $2.27 \pm 0.92 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$ et la valeur minimale observée pour les feuilles de la deuxième vague de croissance ($0.62 \pm 0.23 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$ (fig 09).

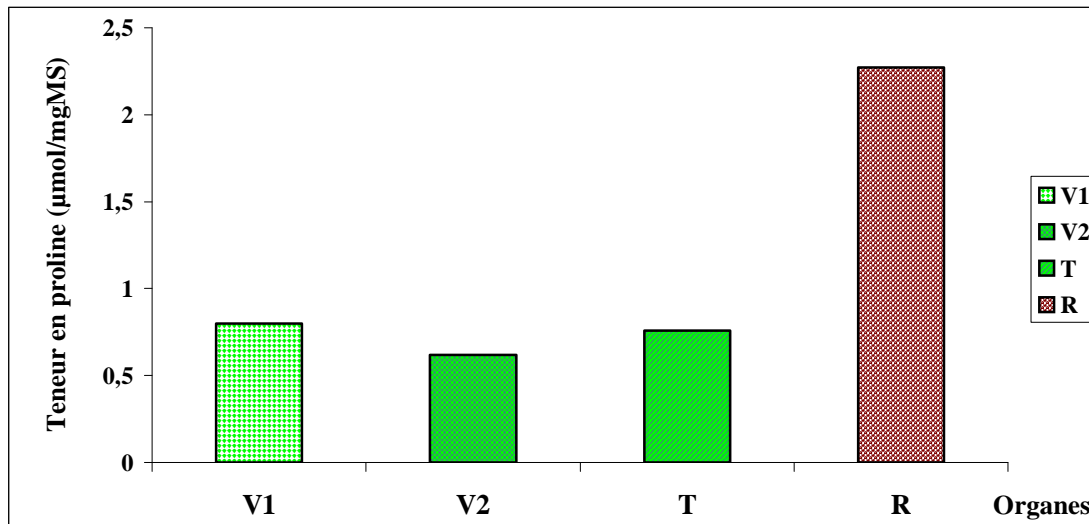


Figure : 09 Teneur moyenne en proline des différents organes des semis de chêne liège témoin (18 °C ± 2 °C) jour long de 16 h.

4-2- résultats par traitement thermiques :

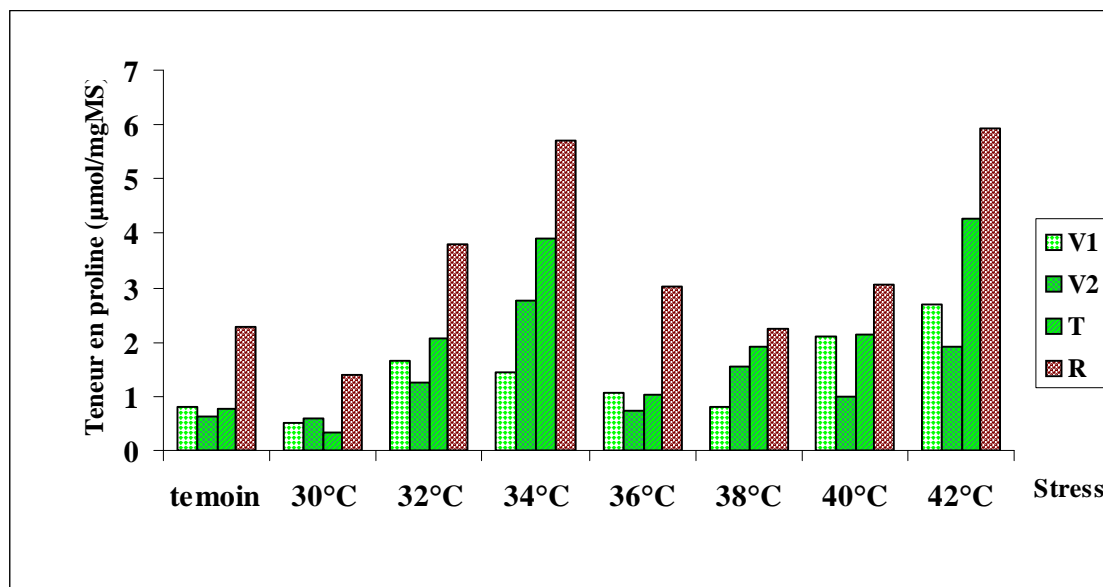


Figure : 10 Teneur moyenne en proline des différents organes des semis de chêne liège ayant subi différents stress thermiques

La comparaison de l'effet de différents niveaux de températures sur la teneur en proline des différents organes (feuilles, tiges et racines) chez les plants de chêne liège (*Quercus suber L.*) au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance montre que la valeur maximale en proline est enregistrée au niveau des racines à 42°C et la valeur minimale est observée pour les tiges à 30°C.

L'analyse de la variance à deux critères de classification montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les différents organes et entre les différents niveaux de températures (Tab 17 (annexe)).

TEST DE DUNNET

températures	moyennes	groupes homogènes
42°C	3.70	A
34°C	3.46	A
32°C	2.21	B
38°C	2.07	B
40°C	1.63	B
36°C	1.47	B
Témoin (20°C)	1.12	BC
30°C	0.71	C

L'analyse de la variance à deux critères de classification du facteur température fait ressortir trois groupes homogènes. Le premier correspond aux traitements 42°C et 34°C, et le second groupe contient les traitements suivants (32°C, 38°C, 40°C, 36°C), puis le troisième à 30°C, le témoin à 18°C ±2°C est compris dans le groupe deux et trois.

Ces résultats sont confirmés par, Knu et Chen (1986) qui montrent que la teneur en proline est faible dans les conditions normales.

La teneur en proline est presque 3 fois plus élevée que le témoin, sous une température de 42 et 34°C, ce résultat semble en accord avec celle du (Bergquist et al ; 2001), qui constate que les grappes poussant dans des conditions de températures plus élevée favorise la dégradation de la proline qui confirme que la température élevée est un facteur limitant même si nous avons sélectionné les grappes dans deux vignes différentes.

Aux températures 32°C et 38 °C la teneur en proline est 2 fois plus importante que le témoin, ce résultat est confirmée par Kliewer et al ;(1968) qui a signalé qu'une meilleure exposition des baies de vigne a la température favorise la formation de la proline et que celle -ci répond positivement à la température.

Pour les températures 30°C, 36°C, 38°C et 40°C, les teneurs sont faibles par apport au témoin, parce que ces températures sont incluses dans l'intervalle des conditions favorables de la croissance du chêne liège (*Quercus suber* L.).

TEST DE DUNNET

organes	moyennes	groupes homogènes
Racine	3.43	A
Tige	2.06	B
Vague I	1.39	C
Vague II	1.30	C

L'analyse statistique révèle l'existence de trois groupes homogènes. Le premier groupe occupé par les racines, avec une moyenne plus élevée (3,43), le deuxième groupe correspond aux tiges (2,06) et le dernier par les feuilles (1,39 et 1,30).

La teneur en proline est plus élevée dans les racines, elle est 3 fois plus élevée que celles des feuilles (première vague et deuxième vague de croissance), elle est approximativement le double de celle de la tige.

On peut dire que la faiblesse en teneur en proline dans les feuilles au stade repos apparent est due à la migration de cette dernière vers les autres organes, ceci confirme que les feuilles sont des sources de métabolites est non pas des lieux de stockage (Méribaldi ; 2004).

5 - Sucres solubles

Les teneurs en sucres solubles sont exprimées en $\mu\text{mol}/\text{mg}$ MS puis convertis en $\mu\text{mol}/\text{mg}$ MS.

Les résultats obtenus varient d'une manière remarquable pour les différentes températures et les différents organes (feuilles, tige et racine), ils sont représentés dans le tableau 18.

5-1- Témoin

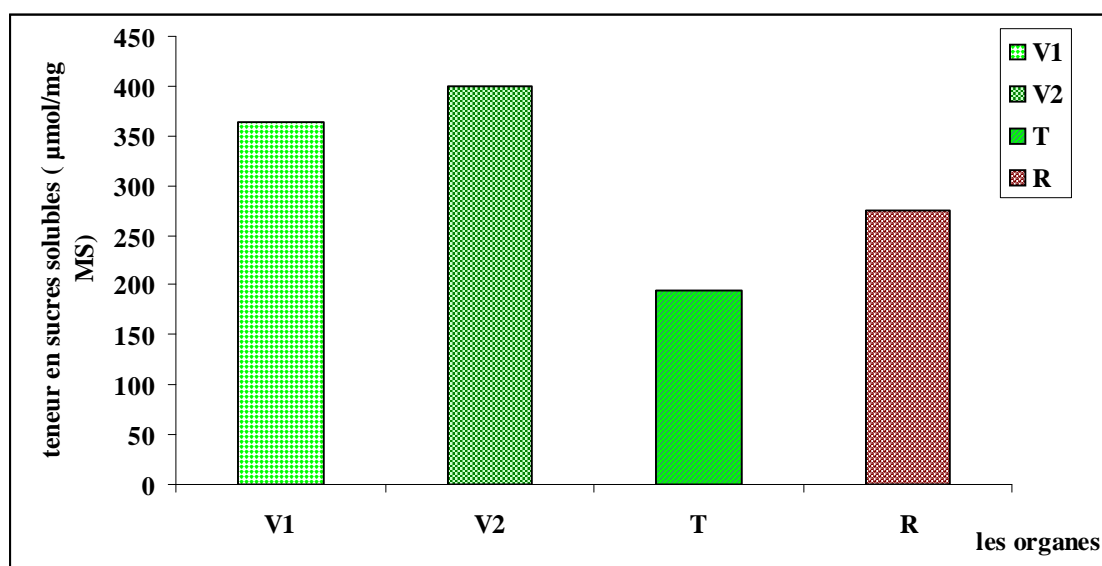


Figure : 11 Teneur en sucres solubles des différents organes des semis de chêne liège (témoin)

La teneur moyenne des trois plants en sucres solubles varie entre $399,26 \pm 7,04 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$ et $195 \pm 4,71 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$ où la valeur maximale est représentée chez les feuilles de la deuxième vague alors que la valeur minimale est observée chez les tiges.

5-2-Résultats par traitement thermique

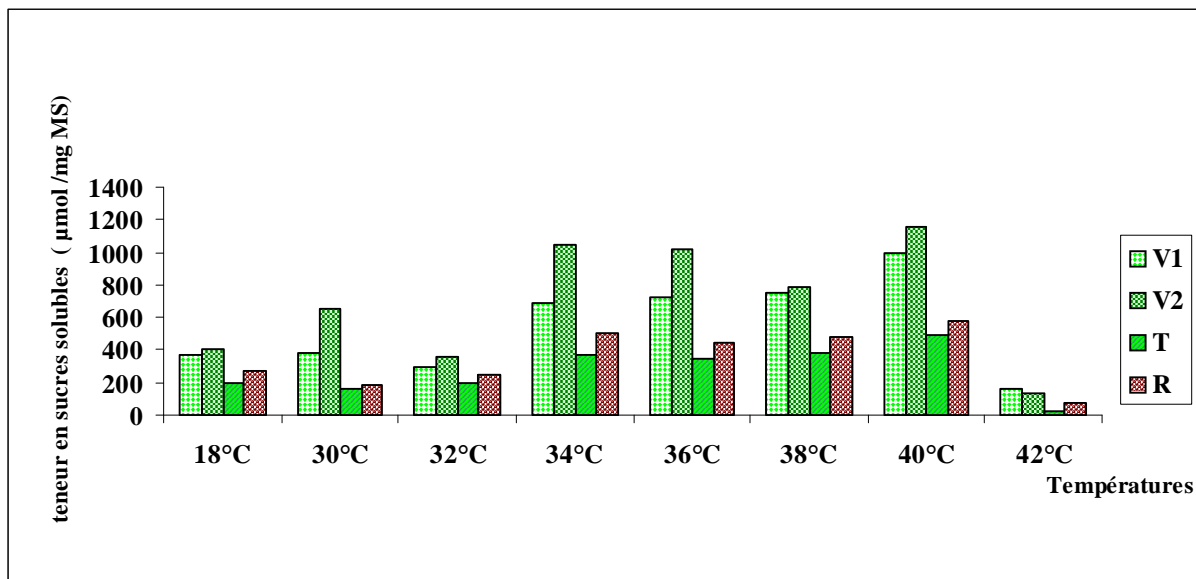


Figure: 12 : Teneur en sucres solubles des différents organes des semis de chêne liège ayant subi différents stress au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance.

La comparaison de l'effet de différents niveaux de températures sur la teneur en sucres solubles dans les différents organes des semis de chêne liège (*Quercus suber L.*) au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance indique que la plus grande concentration est observée à 40°C au niveau des feuilles de la deuxième vague de $1148,8 \pm 75,56 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$ tandis que la plus faible valeur est enregistrée à 42°C au niveau des tiges soit $24,73 \pm 4,50 \mu\text{mol}/\text{mg MS}$ (fig. 12).

L'analyse de la variance à deux critères de classification des sucres solubles révèlent des différences très hautement significatives entre les différents niveaux de traitements et entre les différents organes (feuilles, tige et racine) Tab 19.

TEST DE DUNNET

températures	moyennes	groupes homogènes
40°C	804	A
34°C	654	AB
36°C	633	B
38°C	599	B
20°C témoin	346	C
30°C	308	C
32°C	273	C
42°C	97	C

L'analyse statistique du facteur température montre qu'il existe 3 groupes homogènes. Les traitements 40°C occupent le premier groupe A avec de grandes moyennes. La teneur en sucres solubles dans ce traitement est presque trois fois plus grand que le témoin.

Le deuxième groupe est occupé par les températures 36°C, 38°C. Alors que la température 34°C affecte les groupes A et B. Les autres températures sont regroupées dans le dernier groupe avec le témoin .

TEST DE DUNNET

organes	moyennes	groupes homogènes
Vague II	694	A
Vague I	545	B
Racine	349	C
Tige	270	C

L'analyse de la variance à deux critères de classification des organes (feuilles, tiges et racines) révèle trois groupes. Les feuilles de la deuxième vague de croissance appartiennent au premier groupe avec la plus grande moyenne, elle est trois fois plus élevée que les tiges, ce résultat est confirmé par Nemouchi (2003) qui montre que l'accumulation des sucres solubles est élevée dans les feuilles en pleine croissance et diminue au fur et à mesure que les feuilles deviennent âgées.

Les feuilles de la première vague de croissance occupent le second groupe avec une moyenne de 545, par contre les tiges et les racines occupent le dernier groupe.

L'accumulation des sucres solubles reste toujours plus élevée dans les feuilles pour la plupart des traitements et des stades morphologiques. Pour le stade repos apparent les feuilles assimilatrices (jeunes) sont considérées comme organes de métabolisme. Ces derniers sont transportés vers d'autres organes en croissance comme le méristème apical, les entre-nœuds en cours d'allongement et les racines qui sont considérées comme des puits (Aissani, Bousba; 1992).

6- Les chlorophylles a et b

Le taux de chlorophylle a et b est exprimé en mg/ml puis convertie en mg/g MF.

Le dosage de la chlorophylle a et b est déterminé après le deuxième stress au stade repos apparent appliqué sur les semis de chêne liège (*Quercus suber L.*).

Les résultats obtenus sont présentés dans les Tab 16 et 17.

6-1-témoin

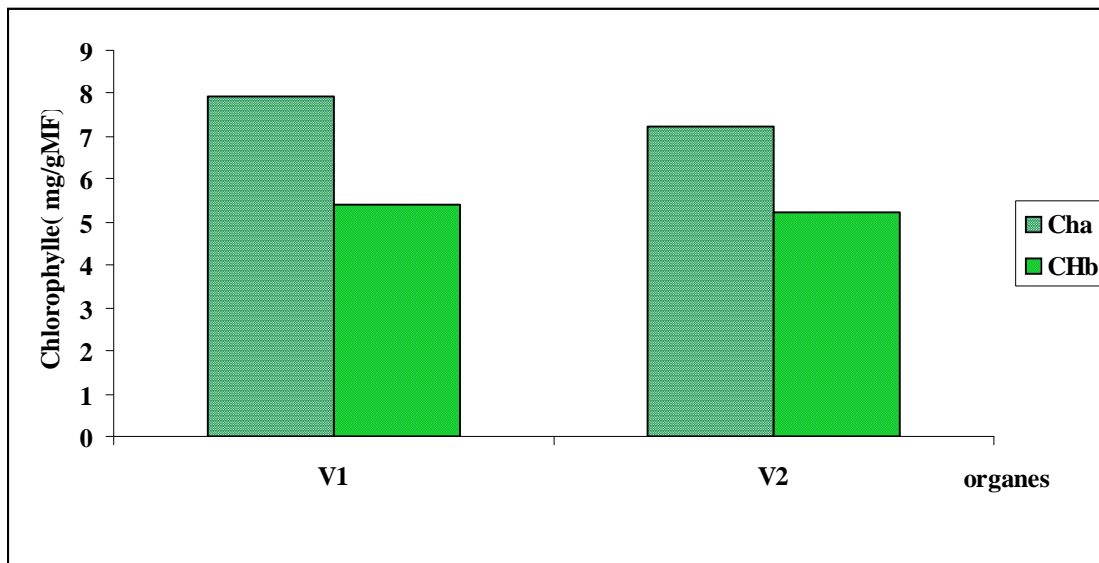


Figure 13 : Taux de chlorophylle a et b des feuilles des semis de chêne liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance à $18 \pm 2^\circ\text{C}$ de jour long de 16 h

Le taux de chlorophylle a et b est plus grand chez les feuilles de la première vague de croissance que dans les feuilles de la deuxième vague (fig. 13).

6-2- résultats par traitement thermique

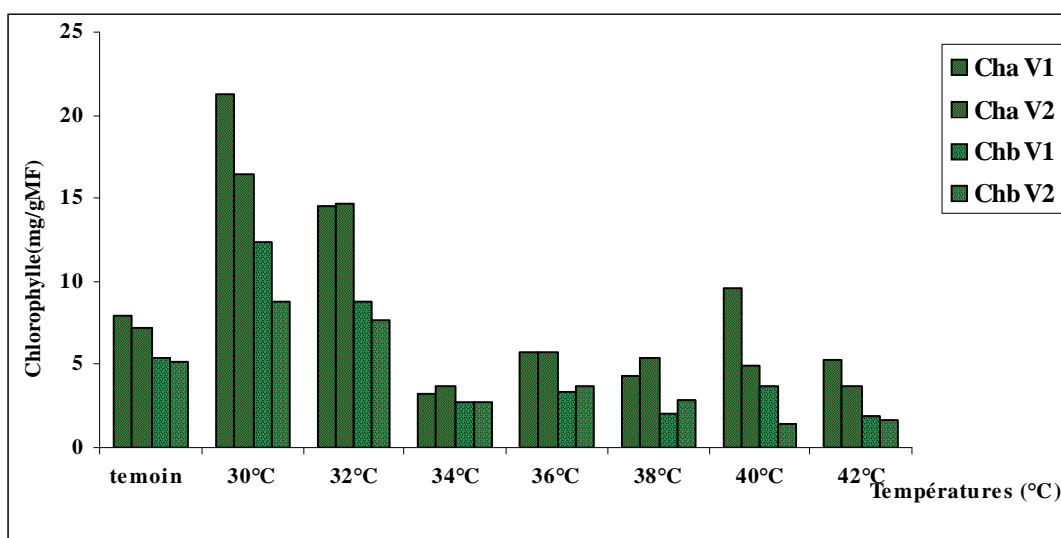


Figure 14 : Taux de chlorophylle a et b des feuilles des semis de chêne liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance en fonction de la température.

La comparaison de l'effet des différents niveaux de température sur le taux de chlorophylle chez les feuilles de la première vague de croissance des semis de chêne liège (*Quercus suber L.*) au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance montrent que les quantités de chlorophylle a et b dans la première vague sont supérieures à celle de la deuxième vague de croissance.

TEST DE DUNNET CH a

températures	Moyennes	groupes homogènes
30°C	18.86	A
32°C	14.61	B
20°C témoin	7.58	C
40°C	7.24	C
36°C	5.77	D
38°C	4.83	D
42°C	4.78	D
34°C	3.49	D

TEST DE DUNNETCH b

températures	moyennes	groupes homogènes
30°C	10.32	A
32°C	8.23	B
20°C témoin	5.32	C
36°C	3.52	D
34°	2.78	E
40°C	2.76	E
38°C	2.45	E
42°C	1.79	E

Pour la chlorophylle a, on remarque qu'il existe quatre groupes. Le traitement 30°C et 32°C occupent le deux premiers groupes avec les plus grandes moyenne et les autres traitement sont au quatrième groupe sauf pour 40°C qui est compris avec le témoin dans le troisième groupe .

Pour la chlorophylle b, on constate cinq groupes. Le traitement 30°C et 32 °C occupent les deux premiers groupes, les deux derniers groupes sont classés respectivement comme suit (36°C, D), (34°C, 38°C 40°C et 42°C, E) alors que le témoin occupe le troisième groupe.

Le taux de chlorophylle a et b dans les traitements 30°C et 32°C est deux fois plus élevée que le témoin, ce qui explique que ces températures sont considérés comme des meilleures températures pour obtenir une bonne activité photosynthétique chez le chêne liège.

L'augmentation de taux de chlorophylle a et b à la température 30°C et 32°C semble en parfaite harmonie avec le chêne liège qui est une espèce thermophile (Alatou ; 1990).

La réduction du taux de chlorophylle a et b dans les autres traitements peut être expliquée par un abaissement des protéines thylacoïdales associées à la chlorophylle a et b. Cette réduction est due soit à une faiblesse de synthèse des protéines ; soit à une activation de leur dégradation (Loggni et al ; 1999 in Meribai, S ; 2004).

Les résultats selon (Trabaut et Methy(1988 in Aissani et Bousba ;1992) chez *Quercus coccifera* et *Quercus ilex* montrent que les teneurs en chlorophylle a et b des jeunes feuilles sont toujours inférieures aux teneurs des feuilles âgées. Sestak, (1977) a signalé que leur teneur reste élevée chez les feuilles âgées.

7-La surface foliaire :

Tableau n° 20 : Surface foliaire (mm²) des semis de chêne liège après 6 mois de traitement

Stress Vagues	18°C± 2°C	30°C	32°C	34°C	36°C	38°C	40°C	42°C
Vague 1	8398	8872	7832	8150.5	7876	6978	7900	5921
Vague2	4353.5	7514.5	7770	7829.5	7943.5	7761.5	7223.5	8777
Vague3	5210	6247.5	6410.5	8531.5	8902	7642	5462.5	6447
Vague4	7612	7641.5	8191.5	8954	7130.5	8453.5	7436	7430.5
Vague5	7242.5	-----	6738.5	8316	7449.5	6212.5	-----	9532.5

En ce qui concerne la troisième vague de croissance, on remarque quelle est remarquable pour les plants à 34°C et 36°C d'une valeur presque 2 fois supérieure que le témoin. Mais pour la quatrième vague, elle n'est pas différente du témoin par contre pour la dernière vague de croissance, elle est absente pour les deux traitements à 30°C et 40°C mais pour les autres, elle reste approximativement identique au témoin (fig :15).

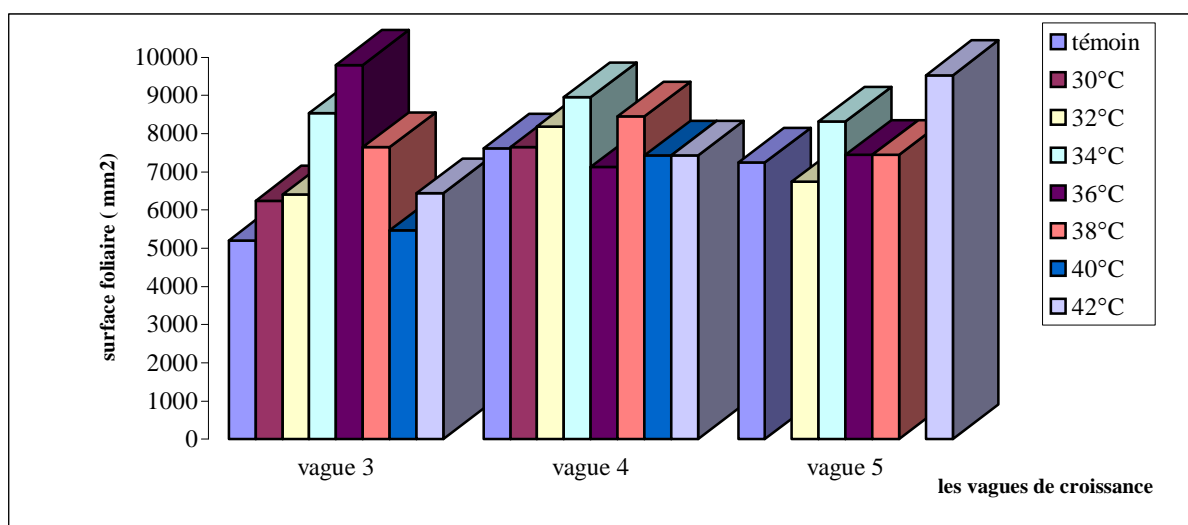


Figure 15 : Evolution de la surface foliaire de chêne liège traité après 6 mois de culture

8- La composante temporelle :

On constate que l'allongement caulinaire maximale et le plastochronne apparent réalisé au 10^{ème} et 12^{ème} jour, est de 22mm/j-1 et de 1 feuille / f.j-1 pour la première vague de croissance, en ce qui concerne la deuxième vague de croissance ; on observe que le maximum pour l'allongement caulinaire est de 50mm/j-1 et le plastochronne apparent est identique à celui de la vague précédente au 30^{ème} jour.

Après que les plants ayant subi un stress thermique au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance, on a constaté qu'il y a une différence entre le témoin et les plants stressés à 40°C et 42°C, par contre, pour les autres stress, ils restent pratiquement identiques au témoin.

Cette différence est marquée par les allongements caulinaire, est de 17mm/j-1 au 45^{ème} jour pour le plant traité à 40°C et le témoin qui est de 30mm/j-1 au 47^{ème} jour, le plastochronne apparent est identique au témoin (troisième vague de croissance) .

Le repos apparent est marqué par une durée de 10 jours pour le plant traité à 40°C et de 13 jours pour le témoin, il y a une réduction de 56% pour l'allongement caulinaire au niveau du plant traité.

Pour la quatrième vague de croissance on observe une légère amélioration de la vague précédente, sont de 83% de l'allongement caulinaire et le plastochronne apparent est respectivement de 25mm/j-1 au 62^{ème} jour et de 1 feuilles / F. J-1 que le témoin est de 30mm / j-1 au 66^{ème} jour et de 2 feuilles / F.J-1 au 68^{ème} jour.

Pour le semis traité à 42°C, après le repos apparent de la deuxième vague de croissance.

On observe une perturbation au niveau du repos apparent de la troisième vague de croissance, pour le plastochronne apparent il y a une émission de 3 feuilles au cours du repos apparent,

On constate que il y a une similitude entre le témoin et le semis traité au niveau de l'allongement caulinaire , le plastochronne apparent est amélioré pour le semis traité qui est de 3 feuilles/ F. J-1 au 45^{eme} jour, pour le témoin il est de 2 feuilles / F.J-1 au 42^{eme} jour, avec un repos apparent diminué de 50% pour le semis traité par rapport au témoin (7 jours pour le plant traité et de 13 jours pour le témoin). Pour la quatrième vague de croissance, on constate que l'allongement caulinaire est inférieur à celui du témoin (21mm/J-1 au 70^{eme} jour et de 30mm/J-1 au 66^{eme} jour), le plastochronne apparent est supérieur à celui du témoin qui est de 3 feuilles / F.J -1 au 74^{eme} jour .

On remarque que la durée de repos apparent est deux fois moins importante que celle du témoin (5 jours pour le plant traité à 42°C au lieu de 14 jours pour le témoin) où la réduction est de 75%.

Pour la cinquième vague de croissance, l'allongement caulinaire est supérieur au témoin, il est de 45mm/J-1 au 98^{eme} jour, le plastochronne apparent est identique au témoin soit de 2 feuilles /FJ- au 86^{eme} jours, il y a une augmentation de 82.22% par rapport au témoin. (fig 16, 17,18).

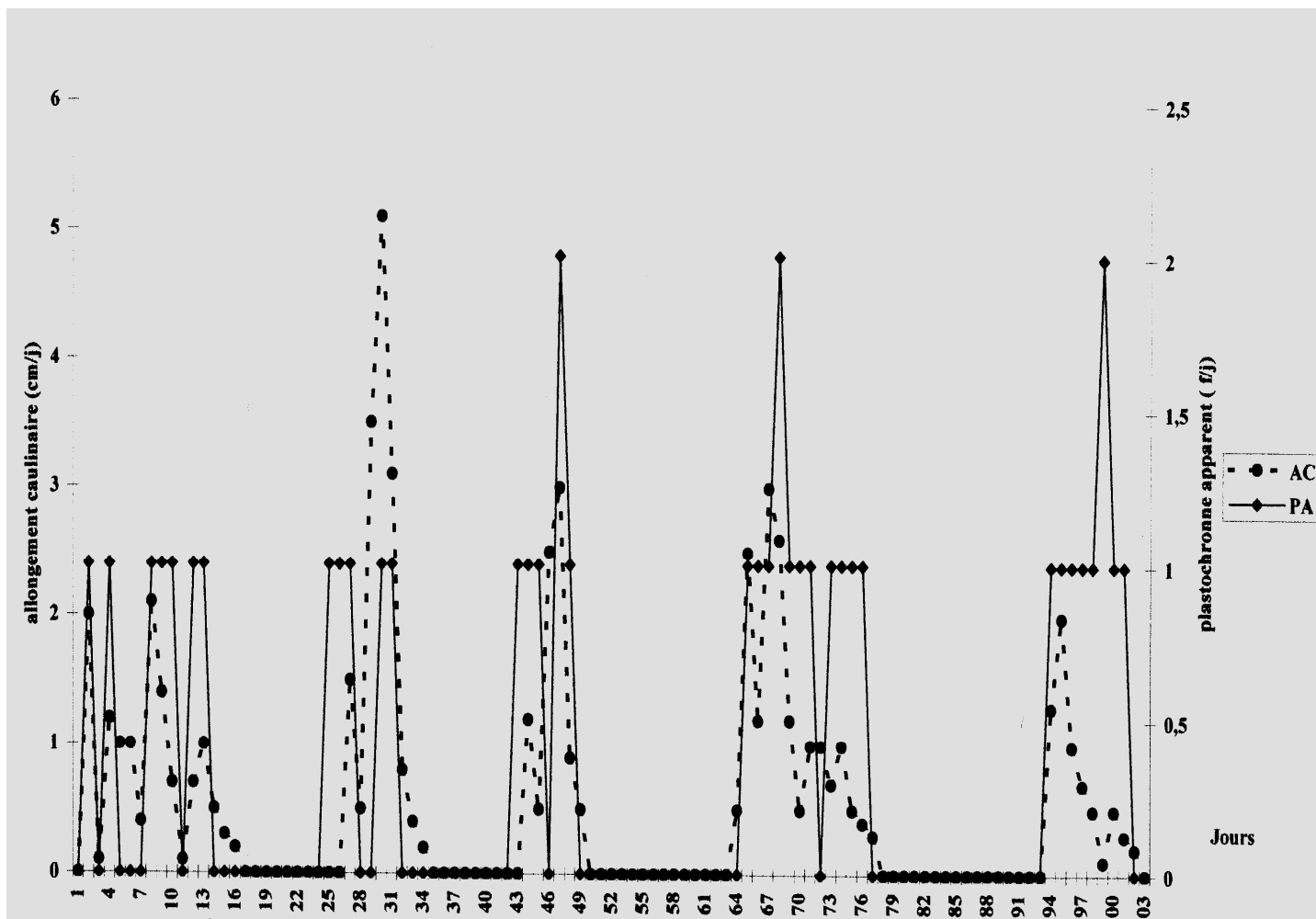
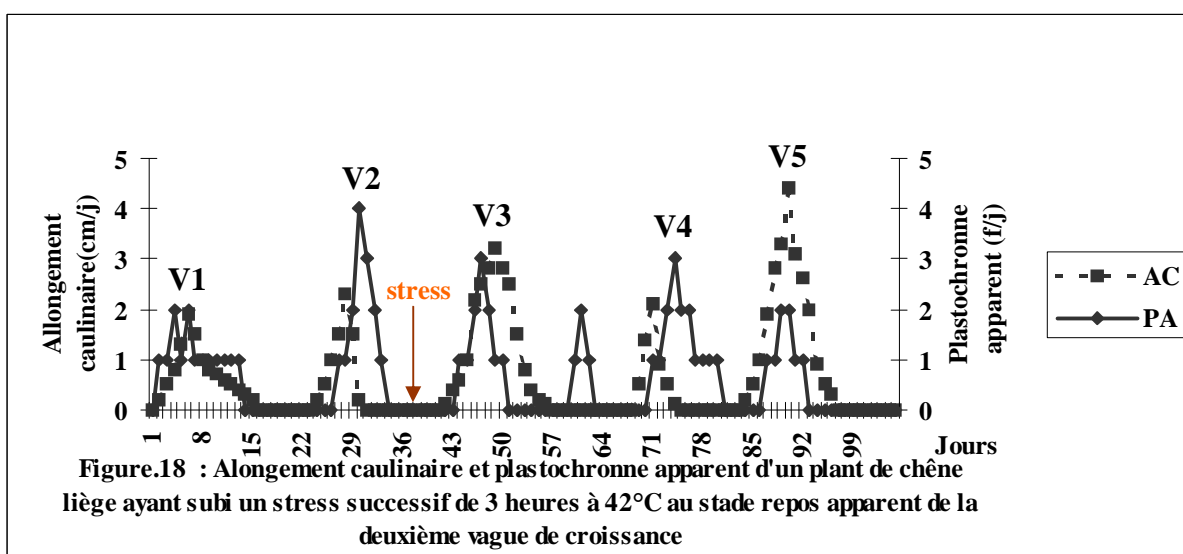
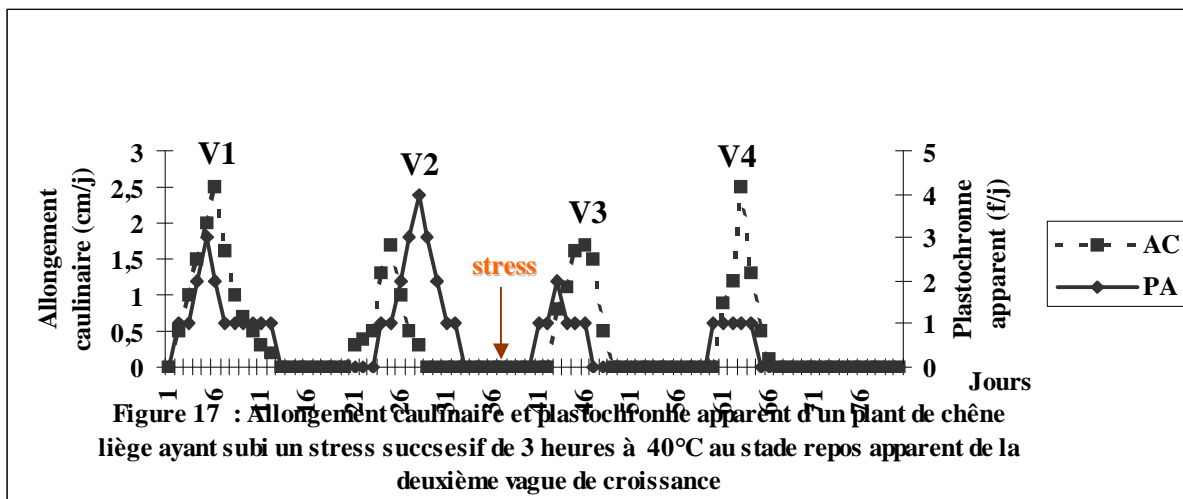


Figure 16 : allongement caulinaire et plastrochrone apparent d'un semi de chêne liège cultivé à 18°C+2°C en jour long de 16 h.



9- L'héroblastie :

La croissance rythmique chez les plants de chêne liège permet l'identification d'unités de végétation en étages : chacun deux est édifiés de la même manière :

Les écailles : le nombre d'écailles stipuleuses situés au bas de l'étage varie de 2 à 5 par vague, pour tous plants par fois une écaille par vague pour les plants traitée à 40°C et 42°C.

Les feuilles ou limbes assimilateurs : le nombre et la longueur des feuilles varie selon les traitements, les feuilles des plants témoin présentent un nombre plus important que les plants traitée à 40°C et 42°C, d'une valeur de 1 à 5 que les plants traités pour les différents vague de croissance. Par contre la longueur varie de 1.2mm à 50mm, on a observe la plus grande valeur chez les semis traitée à 42°C .

Les entre-nœuds : l'allongement des entre-nœuds varie de 2 mm à 30 mm pour le témoin, pour les semis traités à 40°C et 42°C, leur longueur varie respectivement de 1 mm à 15 mm, de 1mm à 2.5mm. Les semis témoin présentent la meilleure élongation.

Les limbes avortés : ils sont au nombre de 2 limbes par vague, la croissance en longueur de la partie aérienne est plus importantes dans les plants témoin par apport à ceux traités à 42°C, elle est moins importante pour les semis traités à 40°C.

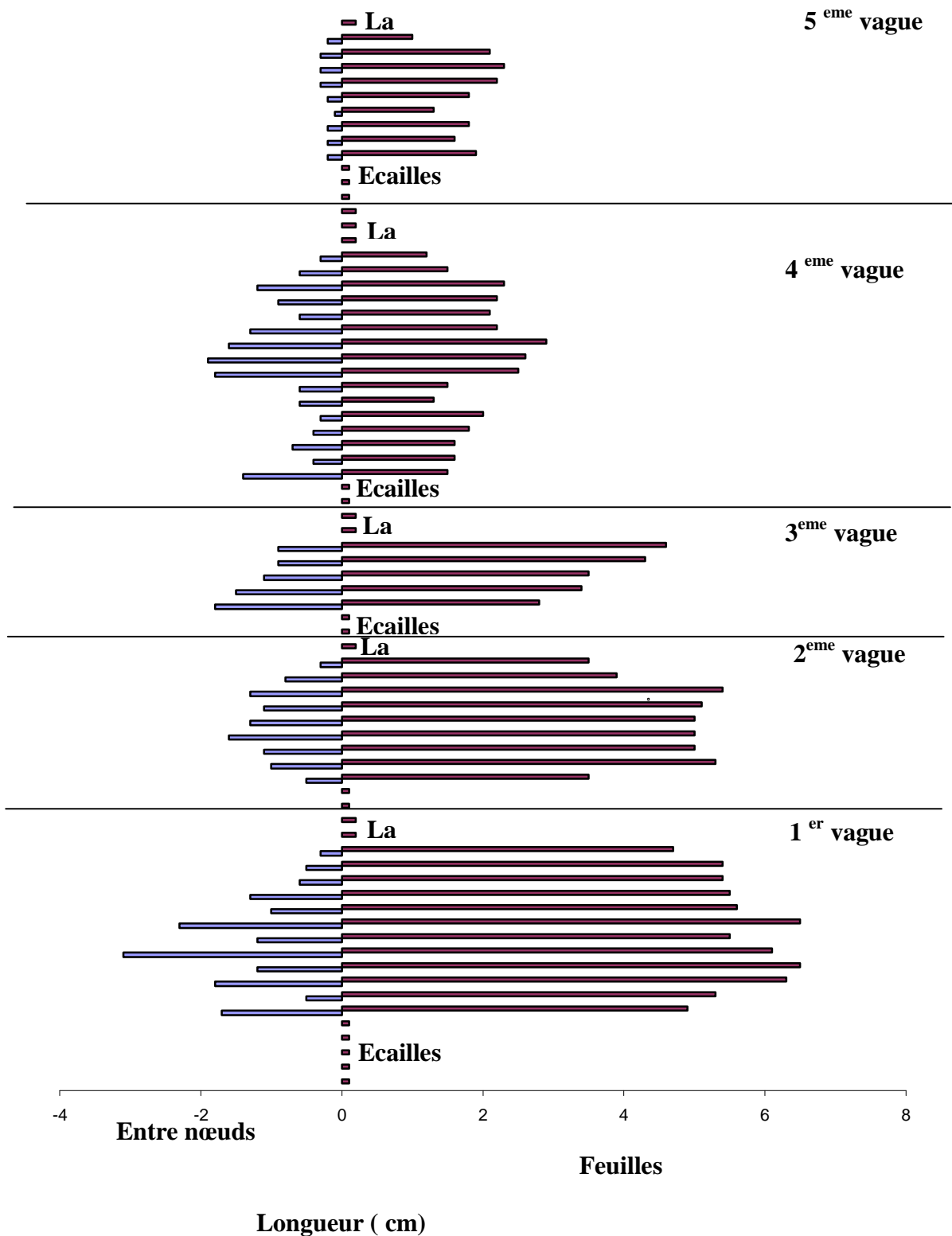


Figure : n° 19 : morphogenèse d'un semis de chêne liège cultivé à $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ jour long de 16 h

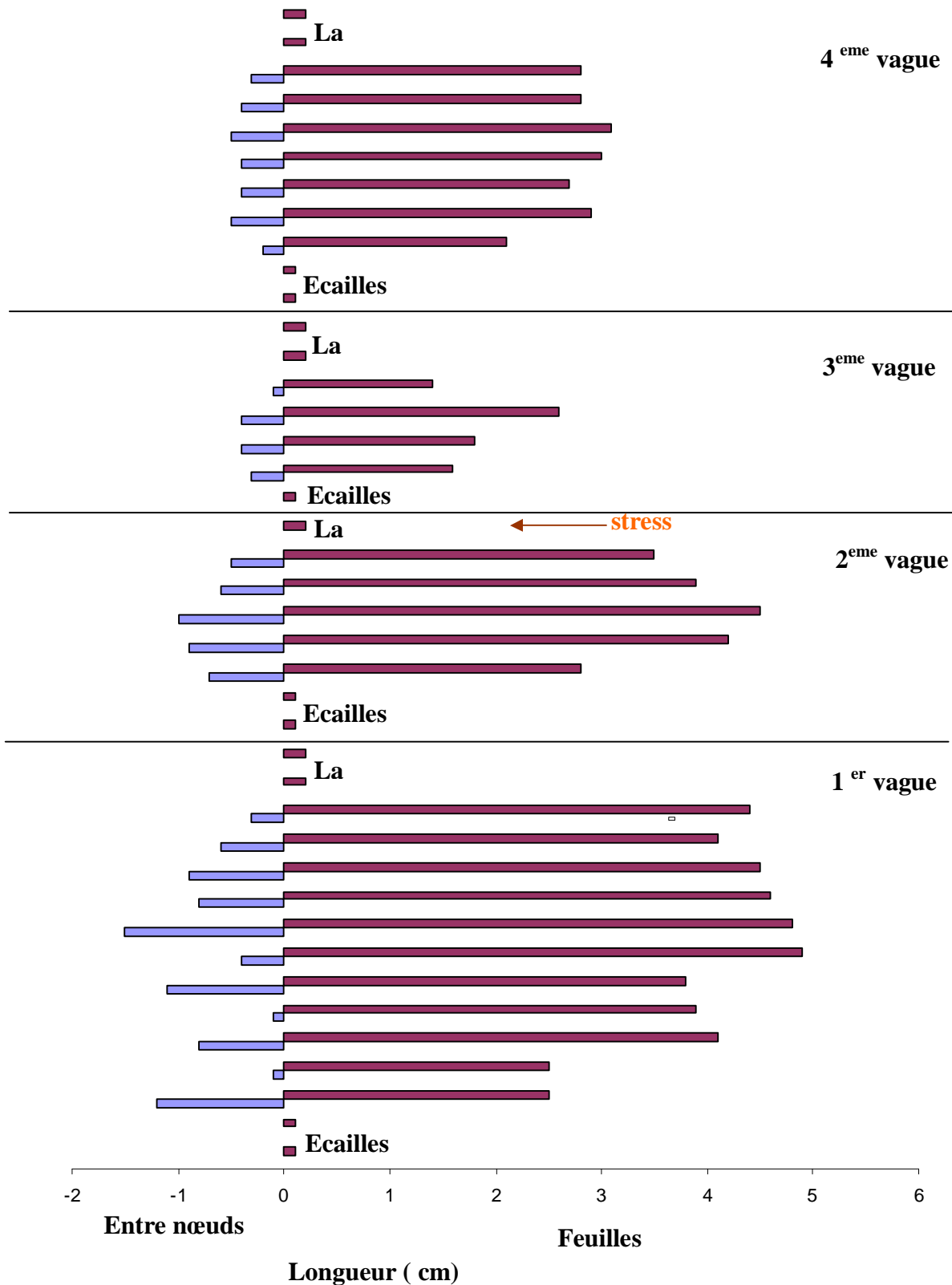


Figure :n°20 : Morphogenèse d'un semis de chêne liège ayant subi un stress successif pendant 3 heures à 40°C au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance .

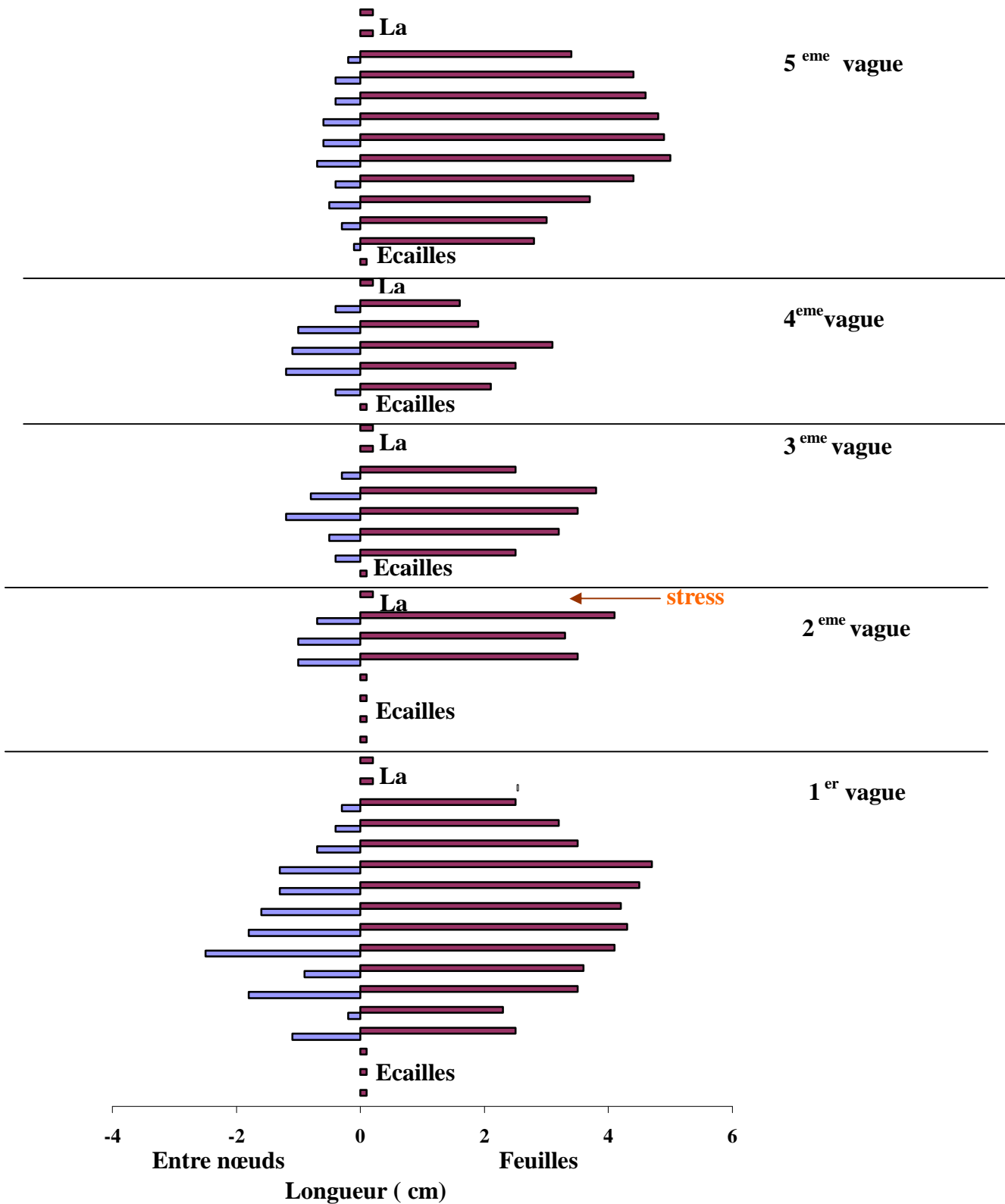


Figure :n°21 : Morphogenèse d'un semis de chêne liège ayant subi un stress successif pendant 3 heures à 42°C au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance.

10- La résistance stomatique

Le degré de fermeture et d'ouverture des stomates varie avec les espèces (Gharti Chhrti et Lales ; 1990). Le principe de fonctionnement des stomates repose essentiellement sur les variations du potentiel de turgescence dans les cellules de garde. Celles-ci sont déterminées par de nombreux facteurs dont certaines sont liés à l'environnement et les autres à la plante elle-même (Ben naceur 1997), on observe que le degré maximal de la résistance stomatique se trouve pour les semis qui ont subi un stress thermique à 32°C avec une valeur de 43,58 m2s/mol. Elle est plus faible pour les semis à 38°C de 17,81m2s/mol. Elle est inférieure au témoin 41.98m2s/mol (fig. 22). Les réponses stomatiques au stimulus lumineux varient selon l'espèce, le stade de développement de la feuille et des conditions de cultures (Bezzala, A; 2005).

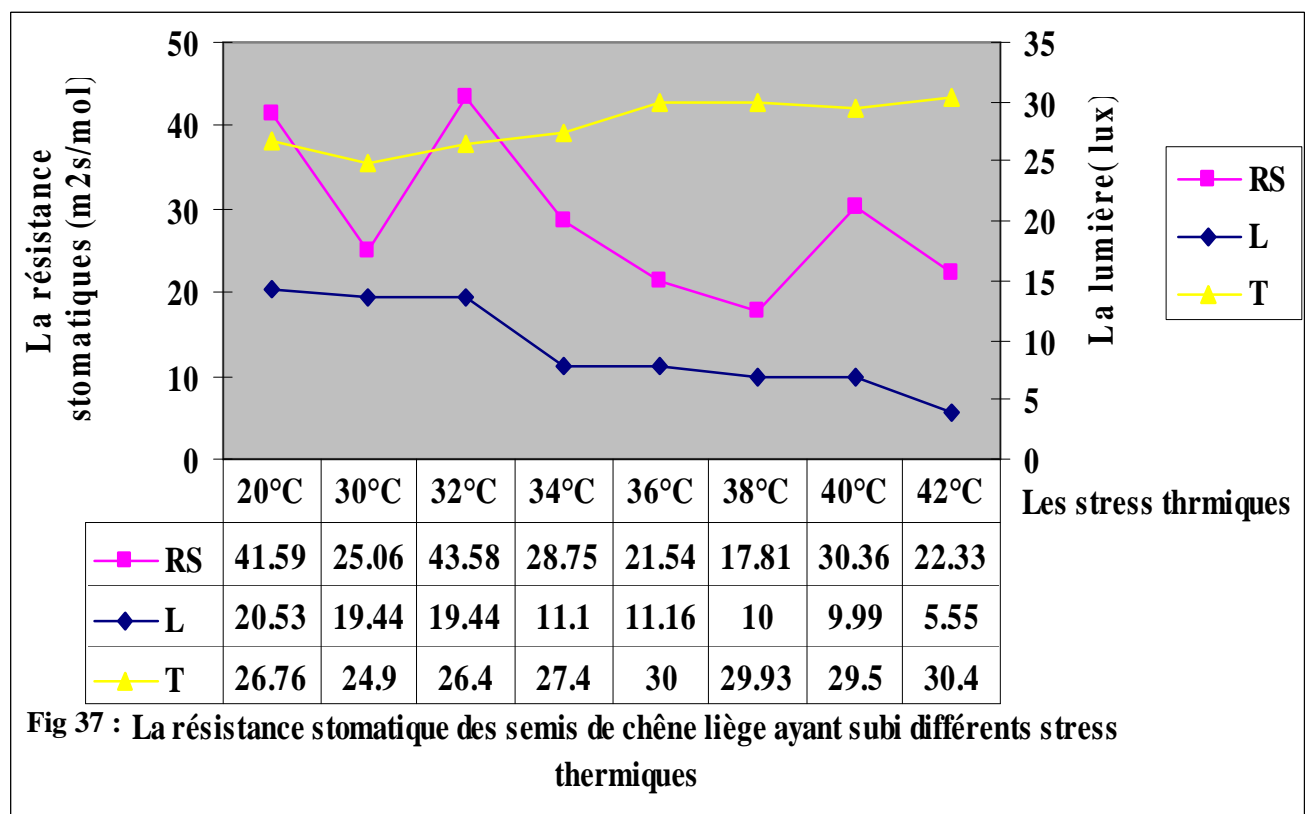


Figure22 : Résistance stomatique des semis de chêne liège ayant subi différents stress thermiques

10-1- Évolution de la résistance stomatique pendant une journée :

On a mesuré la résistance stomatique des plants pendant une journée, la valeur la plus élevée est à 12 heures (128.66m²s/mol).

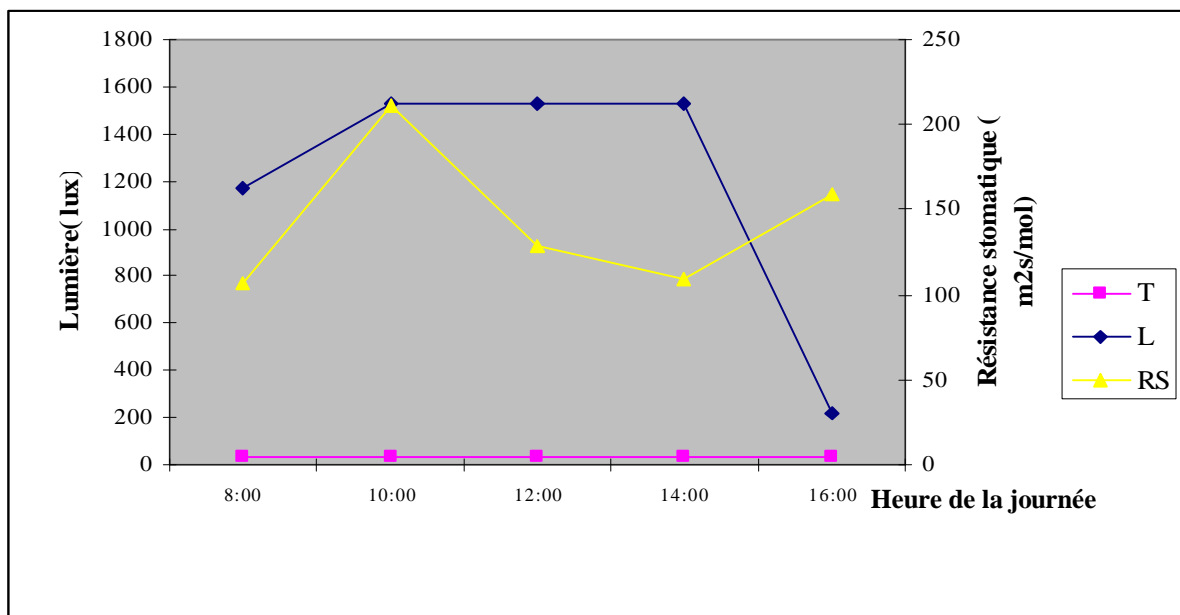


Figure 23 : Résistance stomatiques du chêne liège en conditions naturelles pendant une journée

La régulation de l'ouverture des stomates est un processus complexe qui dépend d'un grand nombre de facteurs dont la lumière, la concentration de CO₂ du milieu, la température et l'humidité relative (Hussein et al ; 1999, Cassati et al ; 2000, Li et azl ; 2001in Rivas.M et al ; 2005).

11 – Résultats sur le plan morphologique :

Les photos ont été prises après 15 jours de stress

11-1 Plant d'un stress de 30 ° C

Après quinze jours de stress on constate une croissance normale



Photo n° 03 : Semis de chêne liège traité à 30°C.

11-2- Semis de chêne liège à 32 ° C :

Après une semaine de stress il y apparition d'un bourgeon gonflé (début de la troisième vague de croissance)

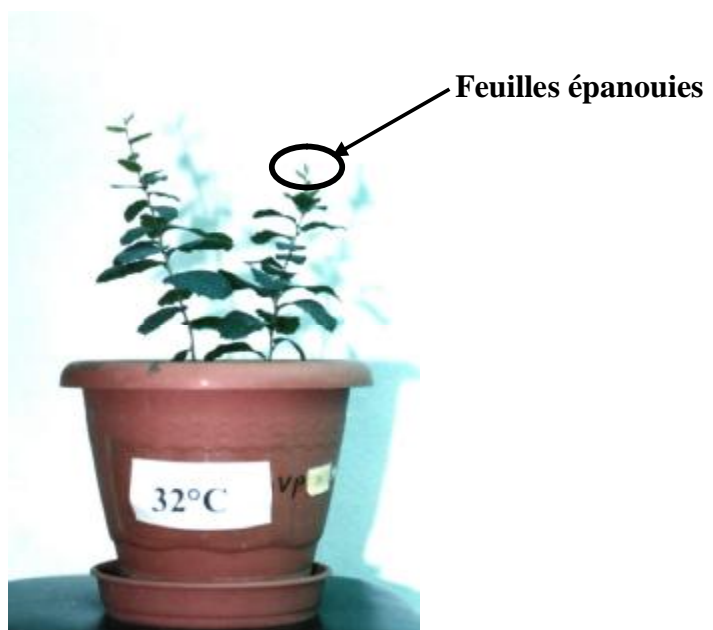


Photo n° 04 : Semis de chêne liège traité à 32°C.

11-3- Semis de chêne liège stressés à 34°C, 36°C et 38°C :

Après 17 jours de stress pour chaque traitement on a aperçu le début de la troisième vague de croissance.



Photo n° 05 : Semis de chêne liège traités à 34°C, 36°C et

11-4- Semis de chêne liège stressés à 40°C et 42°C :

On remarque une augmentation de la durée de repos d'un mois chez les deux semis.



Photo n° 06 Semis de chêne liège stressés à 40°C et 42°C.

11-5-Comparaison entre le témoin et les différents stress :

On observe que la longueur des semis stressés est relativement identique au témoin sauf pour les températures 40°C et 42°C.



Photo n° 7 : Semis de chêne liège ayant subi différents stress (30°C, 32°C, 34°C, 36°C.



Photo n°8 : Semis de chêne liège ayant subi deux stress différents 40°C et 42°C.

Conclusion

Dans la région d'EL Kala, les paramètres climatiques changent de temps en temps et dépassent les conditions naturelles. Notre travail a pour objectif de traiter la variabilité des paramètres thermique, des températures minimales et maximales de la saison froide et chaude, l'analyse des températures extrêmes sur une période de 11 ans, où les températures minimales varie de 1°C à 2.4°C et l'intervalle thermique est de 2°C à 8°C alors que les températures maximales varient entre 0.7°C à 3.6°C, d'où l'intervalle thermique situé entre 30°C et 32°C.

Les températures tri-horaires, nous ont permis de constater un nombre assez élevée de stress, le plus important se situe durant la saison hivernale de 2°C avec une période de 24 heures, alors que la saison estivale est marquée par un pic de 111 heures pour une série de températures comprise entre 30°C à 32°C.

La proline a donnée des valeurs plus élevées pour les traitements de 42°C et 34°C au niveau racinaire, par contre pour les sucres solubles, on remarque une teneur plus élevée au niveau des feuilles de la deuxième vague de croissance chez les plants traités à 40°C et 34°C. Cependant, les chlorophylles a et b, présentent des valeurs très élevées pour les plants traités à 30°C .

En ce qui concerne les composantes temporelles, on observe que la phase de repos apparent est diminuée de moitié par rapport à la durée normale pour les semis stressés. Par contre, pour la phase d'allongement caulinaire, elle est plus longue. Ces dernières sont évaluées différemment d'un traitement à un autre. Les traitements de 40°C et 42°C ont donné le meilleur accroissement caulinaire

Conclusion

avec un plastochronne apparent important, ainsi que la meilleure physiologie d'un plant du chêne liège.

La surface foliaire est plus élevée pour les feuilles de la troisième vague de croissance des semis stressés.

L'hétéroblastie ou polymorphisme foliaire est un caractère déterminant de la croissance rythmique, elle reste peu marquée pour les semis traités.

La résistance stomatique est non marquée chez le chêne liège dans cet intervalle thermique.

On observe que les plants ayant subi différents stress thermiques ont donné de meilleurs résultats, sans doute exprimé par l'adaptation et la résistance de l'espèce au stress et aux contraintes climatiques et écologiques diverses.

Finalement les températures comprises entre 34°C et 42°C demeurent acceptables pour une bonne croissance des semis de chêne liège.

ملخص

نظرا للتغيرات المناخية وارتفاع درجة الحرارة بسبب الاحتباس الحراري. فقمنا بتحليل التغيرات الحرارية في منطقة القالة واستنتجنا أنها محصورة ما بين 35م° و45م° بترددات وطول مدة وجدنا أن التأثير الأكبر يتواجد ما بين 36 م° و40 م° ولكن ليس له تأثير بيولوجي على النباتات الغابية لأنها ذات سلوك حراري .

النتائج المتحصل عليها على مستوى بيوكيميائي تؤكد أن شجيرات البلوط الفليني تتأقلم جيدا مع ارتفاع الحرارة، أي أن حمض البرولين ومجموع سكريات تتمركز غالبا في الأعضاء التالي ذكرها الأوراق، الجذور، والساق.

هذا العمل له هدف في حياة العملية لعمال الغابات وذلك بإنقاص درجة تأثر الشجيرات بالحرارة عند غرسها للحفاظ عليها، البلوط، الفلين.

الكلمات المفتاحية :

البلوط الفليني ، التأقلم الحراري ، التغيرات الحرارية ، منطقة القالة .

Annexe biochimiques

Tableau n°14 : Teneur en eau moyenne (N=10) des glands de chêne liège

Nombre de glands	Poids frais	Poids sec	Taux d'humidité
1	5,7774	2,5386	56,0598
2	6,4897	3,4027	47,5676
3	7,1145	3,5853	49,6057
4	6,589	2,9554	55,1464
5	5,747	2,2722	60,4541
6	5,4517	2,9363	46,1397
7	7,6032	4,0512	46,7171
8	7,3849	4,0634	44,9769
9	5,3138	3,6135	31,9978
10	6,5813	2,9925	55,0238
Moyenne	6,40525	3,24111	49,36889

Tableau n° 15 :Variation de la teneur moyenne en proline ($\mu\text{mol/mg MS}$) aux températures (18, 30, 32, 34, 36, 38, 40, et 42°C) des semis de chêne liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance pour les différents organes.

	Témoin	30°C	32°C	34°C	36°C	38°C	40°C	42°C
Vague I	0,8 ±	0,51 ±	1,66 ±	1,42 ±	1,07 ±	0,8 ±	2,11 ±	2,69 ±
	0.47	0.17	0.57	0.74	1.00	0.32	1.50	1.15
Vague II	0,62 ±	0,59 ±	1,27 ±	2,78 ±	0,72 ±	1,55 ±	1 ±	1,9 ±
	0.22	0.24	0.61	0.70	0.33	0.45	0.26	1.45
Tige	0,76 ±	0,35 ±	2,07 ±	3,92 ±	1,05 ±	1,91 ±	2,12 ±	4,27 ±
	0.17	0.22	0.53	1.92	0.21	0.23	0.50	2.86
Racine	2,27 ±	1,4 ±	3,8 ±	5,71 ±	3,03 ±	2,25 ±	3,07 ±	5,94 ±
	0.92	0.98	1.78	2.02	1.19	0.43	0.99	0.78

Annexe biochimiques

Tableau 15 : Variation de la teneur moyenne en sucres solubles ($\mu\text{mol}/\text{mg MS}$) aux températures (18, 30, 32, 34, 36, 38, 40, et 42°C) des semis de chêne liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance pour les différents organes.

	Témoin	30°C	32°C	34°C	36°C	38°C	40°C	42°C
Vague I	364.1 ± 9.84	383.53 ± 4.24	295.2 ± 4.22	689.73 ± 4.13	723.64 ± 16.64	750 ± 18.54	997.33 ± 68.11	154.93 ± 4.65
	399.26 ± 7.04	647.77 ± 31.77	361.6 ± 11.12	1048.53 ± 23.45	1016.4 ± 32.54	789.93 ± 29.97	1148.8 ± 75.56	137.73 ± 6.71
Tige	195 ± 4.71	163 ± 5.81	195.66 ± 6.64	367.26 ± 2.26	345.8 ± 10.86	377.4 ± 3.66	491.66 ± 36.82	24.73 ± 4.50
	275.53 ± 4.49	198.06 ± 5.51	241 ± 8.16	509.26 ± 16.40	447.93 ± 7.34	447.93 ± 7.95	557.46 ± 39.5	70.86 ± 3.86

Tableau : Variation de la teneur moyenne en chlorophylle ' a, b et a+b et a/b) ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{ MF}$) aux températures (18, 30, 32, 34, 36, 38, 40, et 42°C) des semis de chêne liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance pour les différents organes.

	Vague	18±2°C	30°C	32°C	34°C	36°C	38°C	40°C	42°C
Ch a	V1	7.94 ±0.42	21.31±1.90	14.57±0.93	2.23±1.06	5.8±0.15	4.28±0.43	9.58±0.75	5.34±0.60
	V2	7.22±0.99	16.41±1.51	14.66±0.36	3.76±0.90	5.57±0.05	5.37±0.22	4.9±0.43	3.78±0.41
Ch b	V1	5.43±0.37	12.43±1.49	8.71±0.94	2.72±0.78	3.42±0.66	2.06±0.37	3.73±0.45	1.92±0.38
	V2	5.21±0.23	8.43±1.55	7.74±0.20	2.82±0.34	3.68±0.05	2.84±0.51	1.46±0.46	1.67±0.48
Ch (a+b)	V1	13,37	33.74	23.28	6.58	9.22	6.34	13.31	7.26
	V2	12.43	24.84	22.7	4.95	9.25	8.21	6.36	5.45
Ch a/b	V1	1.46	1.71	1.67	1.33	1.69	2.07	2.56	2.78
	V2	1.38	1.94	1.89	0.008	1.51	1.96	3.35	2.26

Annexe biochimiques

Tableau 1 : l'analyse de la variance à deux critères de classification des teneurs en proline, en sucres et chlorophylles a et b.

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Températures	7	189.112	27.016	22.31	0.000 ***
Organes	3	242.650	80.883	66.80	0.000 ***
L'interaction (T*O)	21	58.625	2.792	2.31	0.001 **
Erreur	256	309.962	1.211		
Total	287	800.350			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Températures	7	34338.5	4905.5	18.44	0.000 ***
Organes	3	11934.6	3978.2	14.95	0.000 ***
L'interaction (T*O)	21	6478.8	308.5	1.16	0.288 NS
Erreur	256	68115.1	266.1		
Total	259	120867.1			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Températures	7	3288.33	469.76	20.29	0.000 ***
Organes	3	4.58	4.58	0.20	0.657 NS
L'interaction (T*O)	7	111.18	15.88	0.69	0.684 NS
Erreur	128	2963.67	23.15		
Total	143	6367.76			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Températures	7	1163.774	166.253	16.90	0.000 ***
Organes	1	13.002	13.002	1.32	0.252 NS
L'interaction (T* O)	7	72.608	10.373	1.05	0.397 NS
Erreur	128	1259.464	9.840		
Total	143	2508.848			

*** : très hautement significatif

** : hautement significatif

NS : non significatif

Annexes climat

Tableau n : Analyse de la variance pour les températures tri horaires des mois (Décembre, Janvier, Février, Juin, juillet, Août et période hivernale et estivale (97 à 00 et 01)).

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Décembres	3	846.19	282.06	39.14	0.000 ***
Erreur	956	6889.65	7.21		
Total	959	7735.84			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Janviers	3	1512.13	504.04	73.23	0.000 ***
Erreur	956	6580.30	6.88		
Total	959	8092.42			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Février	3	1221.56	407.19	44.04	0.000 ***
Erreur	956	8839.77	9.25		
Total	959	10061.33			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Hiver	3	1817.06	605.69	68.98	0.000 ***
Erreur	2876	25254.53	8.78		
Total	2879	27071.60			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Juin	3	313.3	104.4	7.92	0.000 ***
Erreur	956	12600.9	13.2		
Total	959	12914.2			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Juillet	3	118330.8	39443.6	1256.27	0.000 ***
Erreur	956	30015.8	31.4		
Total	959	148346.7			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Août	2	320	160	13.50	0.000 ***
Erreur	717	8496.5	11.9		
Total	719	8816.5			

Source de variation	DL	SC	CM	F	P
Eté	3	57393.9	19131.3	346.67	0.000 ***
Erreur	2876	145471.6	55.2		
Total	2879	202865.5			

*** : très hautement significatif

Annexes climat

Tableau n° : la durée et la fréquence durant la saison hivernale

Classes des températures	Janvier -98		Janvier 99		Janvier 00	
	Fréquences	Durée	Fréquences	Durée	Fréquences	Durée
(0 2)						
(2 4)			2	6		
(4 6)			4	12	4	12
(6 8)	7	21	1	3	26	78
(8 10)	28	84	17	51	72	216

Classes des températures	Février 98		Février 99		Février 00	
	Fréquences	Durée	Fréquence	Durée	fréquence	Durée
(0 2)						
(2 4)			8	24	1	3
(4 6)			30	90	31	93
(6 8)	4	12	21	63		
(8 10)	23	69	36	98		
févr-99						

Tableau n° : La durée et la fréquence des températures durant la saison estivale

Classes des températures	Jiun 98		Jiun 99		Jiun 2000	
	fréquence	durée	fréquence	durée	fréquence	durée
30 32	13	49	3	9	1	3
32 34	7	21			1	3
34 36	3	9	1	3		
36 38	3	9	1	3		
38 40						
40 42						

Annexes climat

les classe de température		Juillet 1998	
		fréquence	durée
30	32		
32	34		
34	36		
36	38		
38	40	1	3
40	42	6	18
42	44	10	30
44	46	18	54
46	48	46	138
48	50	28	84
50	52	33	99
52	54	16	48
54	56	35	105
56	58	18	54
58	60	11	33
60	62	4	12
62	64	2	6
64	66	2	6
80	82	1	3

les classe de température		Juillet 99		Juillet 00	
		fréquence	durée	fréquence	durée
30	32	8	24	25	75
32	34	2	6	8	24
34	36	1	3	3	9
36	38			5	15
38	40			2	6
40	42			1	3

les classe de température		Août 99		Août 00	
		fréquence	durée	fréquence	durée
30	32	37	111	30	90
32	34	19	57	21	63
34	36	5	15	12	36
36	38	1	3	3	9
38	40	1	3		
40	42	1	3	1	3

Références bibliographiques

Références bibliographiques

-Agronomie. (2006)

-Alatou.D, (1984). Facteurs physiologiques de croissance interspécifique du chêne liège et du chêne zeen . P 123. Université de Constantine .

- **Alatou. D, (1990).** Recherche sur le déterminisme de la croissance rythmique du chêne (*Quercus pedunculata*, *Quercus mirbikii durieu*, *Quercus suber . L*) Etude morphologique, biochimique et écophysologie . Thèse doc. état science , Université de Constantine , P 109.

- **Alliane . A et Medjerba.A (1981) :** La températures dans l'Est Algérien. Mémoire de D.E.S, LST, UNIV. De Constantine, 87p.

-Aissani. R, Bousba. D, (1991) Croissance chez le chêne liège (*Quercus suber .l*) et le chêne zeen (*Quercus mirbikii*). Mémoire d'ingénieur. P 80. Université de Constantine .

-Aloui sousse B; Cécile P. Dizengrame P and Barnala P. (1994) Rhythmic growth and carbon allocatio in *Quercus suber L* shach and sucrose plant physiol. Biochem.32 (3) 331-339.

-Ashuaia . (2007) Conséquence de changement climatique sur les êtres vivants, écologie.

-Bagni. (1994)

-Bajji J; Lutts S et Kinet J, N. (2000) La résistance au stress hydriques chez le blé dur, comparaison des comportements au niveau de la plante entière. CIMEAMOPTIONS méditerranéennes. pp 227-231.

Références bibliographiques

-Bellinger et Witcombe J, R (1989) Evaluation of specific deshydration tolerance traits for improvement of draught resistance in cereals, Baker, F, W, G (ed) Cab international walling food. pp 151-169.

-Ben khaled L; M Monte Gomez A. (2003) Réponses physiologiques et biochimiques du trèfle (*Trifolium alexandrium L*) à la double association Mycoorhizes_Rhizobicum sous une contrainte saline. Agronomie 23, p571-580.

- **Ben Smira. W, 2002.** adaptation du chêne liège (*Quercus suber L.*) sur différents milieu de culture « calcaire- pH ».Mémoire d'ingénieur, Université de Montouri de Constantine, 158p.

-Berge et al .(2002) Effect of température on growth rate.

-Bernard. (2000)

-Bezzela A. (2005) Essai d'introduction de l'arganier (*argania Spinosa L Skeels*) dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres des résistances à la sécheresse; thèse de magister. Uni Batna.115p.

- **Boudy, P. (1955)** Economie forestière nord-africaine. Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie (Tome quatre). Edition larose, Paris, 483p.

-Boulehier M Cherif. (2000) Cour de physiologie végétale. 314 p.

Bounouar J. (2001) Effet d'une contrainte abiotique (stress hydrique sur la plante et les composants de la graine de *Vicia faba L.* Thèse de magister.

-Breda N et al. (2000) Evolutions possibles des contraintes climatiques et conséquences pour la croissance des arbres, 73-79 p.

Références bibliographiques

-**Chaib G. (1997)** Teneur en proline des différents organes du blé dur, essai d'exploitation de conditions d'accumulation sous manque d'eau. 20 p.

-**Chouial et Guettar. (1997)**

-**Côme D. (1992)** Les végétaux et le froid. Paris, 559p.

-**Dagnellie P. (1998)** : statistique, théorique et appliquée. Tome 2. De Boek Université Bruxelles. p : 115-123.

-**Delaa Y. (2003)** utilisation des végétaux dans l'approche ecotoxycologique, thèse de magister à l'université de Mentouri- Constantine, p172.

-**Diehl. (1975)** Agriculture générale, 2^{ème} édition, 392 p.

-**Dubois.M, gillesk.L, Hamilton.J ; Reberg.A et smith.F, (1956)** Colorimetric method for determination of sugars and related substance, analytical chemistry. Vol 28 n 3.

- **Encyclopédie libre. (2006)** "<http://fr.wikipedia.org>.

- **Garnier A et Aussennac G. (2000)** Evolutions possibles des contraintes climatiques et conséquences pour la croissance des arbres, pp 73-87.

-**Gherbi N. (2003)** Stress thermique et tolérance du chêne liège (*Quercus suber. L.*). Mémoire d'ingénieur d'état. Univ. Mentouri_ Constantine. P14.

- **Guyot.G, (1996)** Agriculture et statistique agricoles. In Précis de télédétection, volume 2, applications thématiques. Edited by P. D. L. U.D. Québec.

- **Harfouche et al. (2004)** Quelques résultats à l'état juvénile sur la variation géographique du chêne liège (*Quercus suber L.*) et stratégies d'amélioration génétique.

Références bibliographiques

- **Heller. R (1977)** Physiologie végétale. Nutrition, Paris.

- Heller et al. (1989)** Physiologie végétale. Nutrition. En collaboration avec R Esnalt et C Claude. 4^{eme} édition. Masson et Cie. Paris. 266p.

- **Heller. R; Robert .E et Claude. (2004)** Physiologie végétale. Nutrition, 6^{eme} édition France. 323p.

- Hopkins. (2003)** Physiologie végétale. 2eme édition américaine. traduction en français (Serge Rambour). Paris. 514p.

- Jones H G et Sutherhand. (1989)** Stomatol contrôle of system embelism, plant cell. Environnement. P 607-612.

- **Kadik, B (1987):**

- Kessous. (1990)** Biochimie structurale, p193.

- Kinet.J-M, Benrebiha.F, Bouzid.S, Laibacar.S et Dutuit.P. (1998)** de réseau atriplex : Allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions arides et semis arides. Cahier d 'Agricultures, 7 : 505-509.

- Knu et Chen. (1986)** Effect of hight température on proline content in tomato floral buds and leaves. Sci, Hort. 111 (5) 746-750 in chemical abstract.

- Landis. Wet GandYu.M-H. (1995)** Itroudction to envirenmental toxicology. Impacts of chimical upon ecological systems. CRC Press, Inc. Boca Raton, USA, 328 P.

- Lewin LG, Sparrow. D. H. B and Aspinal.D. (1978)** Proline accumulation and grought resistance in barley. 23 (8) : 12-36 .

Références bibliographiques

-**Li C, R; Gan K_xia Mav C, S. (2001)** Réponses of carboseylating enzymes, sucres metabolising enzymes and plant hormonales in a tropical epiphytic. CAM.Orchid % CO₂ enrichment plant cell environ.25-pp369-377.

-**Loretti.E., De Bellis L., Alpi A, and PerataP.(2001)** why and how do plant sense sugars. Annals of botany, 88: 803-812.

-**Marche Marchad. (1972)** Le monde végétal en Afrique intertropicale.

-**Mazliak. (1998)** Physiologie végétale II, croissance et développement. Herman, Paris, 575p.

-**Meribai S. (2004)** Evolution de la proline et des chlorophylles des semis de chêne liège (*Quercus suber L*) soumis à des températures extrêmes. Mémoires d'ingénieur d'état. Université de Mentouri.50p.

-**Minitab (x 2000) .** Minitab release, 13, Minitab Inc, state college, PA, USA.

-**Nemouchi I. (2003)** Evolution des sucres solubles chez le chêne liège (*Quercus suber L*) soumis à des basses températures. Mémoire d'ingénieur d'état, Univ Mentouri_ Constantine. pp 58.

- **Nibouche F ; (1998)** Stress lumineux et rythme de croissance chez le chêne liège (*Quercus suber. L*) Mémoire d'ingénieur d'état. Université de Constantine.49p.

- **Monneveux D. (1997)** La génétique face aux problème de la tolérance des plantes cultivés à la sécheresse: espoirs et difficultés. Cahiers" sécheresse". V, 8; N°1.p29-37.

-**Ocrutt.D.M et E.T.Nilsen. (2000)** the physiology of plant inder stress New-york, Jon willey and Sons. Inc.

- **ONU. (2003)** Vague de chaleur sans précédent et anomalies climatiques ont marqué 2003.

Références bibliographiques

- **Ozenda .P, (1982)** Les végétaux de la biosphère . Ed. Doin. Paris. 421p.

- **Pedelaborde, P (1991) :**

- Quinn P. J. (1988)** effects of températures on cell membranes, in, S, P long, F I wood ward(eds), plants and températures symposia of the society for expérimental biology 42.237-258.

- Rached M. (1993)** Les recherches méthodologiques en vue d'un zonage vitivinicole d'une commune Geroise nommée Gondrin. Constantine.p55-116. Thèse de magister en aménagement des milieux naturels. Univ. Constantine.

- Raison J; K.J; a. Berry. P.A Armonde; C .S Pike. (1980)** Membrane properties in relation to the adaptation of plants to températures stress.pp, 261-273.

- **Ramade . F.(1984):** Element d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Hill P, Paris. 397p.
- Ramade .F. (2003) :** Dictionnaire encyclopédie de l'écologie et des sciences de l'environnement
- Rathinisabapathi. B. (2000)** Metabolic engineering for stress tolerance : installing osmoprotectants synthesis pathwys. Annals of botany, 86, 709-716.

- Richter G. (1993)** Métabolisme des végétaux: physiologie et biochimie. Presse polytechniques et universitaires romandes. 5 eme édition.p526.

- Rivas M; J LGonzalez_olanedo A; Cordova; C E, Oragon; D Pinea et R Rodriguez. (2005)** Effet d'un analogue de brassinostéroïde sur des plantules de FHIA_18 exposé à un stress thermique. p 18-20.
- Sakai. A ; Li. P . A.

Références bibliographiques

-**Sarri .D, (2002)** Etude de la végétation du Parc National d' El-Kala : Forêt domaniale du Djebel El-Ghorra (Algérie): phytosociologie et propositions d'aménagement. Mémoire de magistère, Université de sétif , 119 p.

- Taylor. (1996)

-**Tir . K et Khabiane, A (1997)** : Expression cartographiques de quelques paramètres climatiques et bioclimatiques à partir d'analyse de données. Cas de l'extrême Nord Est Algérien. Mémoire d'ingénieur d'état . Université de Constantine 147p.

-**Yash P. Abrol. (2004)** Les effets de la hausse des températures diurnes et nocturnes sur la croissance et les rendements de certaines plantes cultivées. New delhi.India.1-18.

Résumé

Les changements climatiques et l'élévation de la température par effet de serre. L'analyse des variations thermiques de la région d'El Kala sont situées dans la fourchette 35-45°C avec des durées et fréquences variables, mais beaucoup plus concentrées dans la gamme 36 – 40°C, qui n'ont aucune incidence sur la biologie de l'essence dont le tempérament est thermophile. Les résultats obtenus sur le plan biochimique montrent que les semis s'adaptent très bien à ces températures élevées, sans pour cela que la croissance soit altérée. Les différents organes étudiés montrent que la proline et les sucres solubles se concentrent préférentiellement au niveau du feuillage, de la racine et des tiges. Ce travail est d'un intérêt pratique pour les forestiers afin d'évaluer le risque à moyen terme des coups de chaleur sur les reboisements de chêne liège.

Mots clés : chêne liège, région d'El Kala, variation thermique, adaptation .

Behavior of Cork oak (*Quercus suber* L.) withstand extreme temperatures

Summary

The climatic changes and the rise in temperature by effect of the green house. The analysis of the thermal variation of the area of El Kala are located in the forks 35 – 45°C with variable duration and frequencies, but much more it concentrated in the range 36 – 40°C, furthermore, it hasn't any effect on the biology core in which the temperament is thermophil. The results obtained on the biochemical level show that the sowings are adopted very well with these high temperatures. except some sowings with growth being faded.

The various studied organs show that the “ proline” and the soluble sugars concentrated preferentially on the level of leaves, root and stems.

This work is of a partial interest for the forestier in order to evaluate the risk in a medium-term of heat bodies on the afforestation of the Cork Oak .

Key Word : Cork Oak, thermal variation, adaptation, proline, soluble sugars.

Sommaire

Liste des tableaux , des photos et des figures

TABLEAU :

Tableau n°1 : Données climatiques d'El Kala pour la période (1992-2002).

Tableau n° 2 : Résultat de coefficient correcteur

Tableau n° 3 : Données pluviométriques corrigées

Tableau n° 4 : régime saisonnier d'El Kala (1992-2002)

Tableau n° 5 : Corrections des températures mensuelles de la station Djebel El ghorra

Tableau n° 6 : Quotient pluviométrique pour les deux stations

Tableau n° 7 : Période sèche et humide pour les deux stations

Tableau n° 8 : Analyse des températures minimales de la région d'El Kala (M : moyenne minimale mensuelle, Ecart type, Coefficient de variation, Erreur standard, Maxi : Température maximale des minima du mois, Mini : Température minimale des minima du mois) .

Tableau n° 9 : Analyse des températures maximales de la région d'El Kala (M : moyenne maximale mensuelle, Ecart type, Coefficient de variation, Erreur standard, Maxi : Température maximale des maxima du mois, Mini : Température minimale des maxima du mois) .

Tableau n°10 : Comparaison des températures moyennes mensuelles (minimales et maximales) du même mois pour les 4 années à l'aide de la variance à un critère de classification.

Tableau 11 : Comparaison des moyennes saisonnières des températures (Tn et Tx) de la même saison pour les 4 années.

Tableau n°12 : Comparaison des moyennes mensuelles du même mois pour les 4 années à l'aide de l'analyse de la variance à un critère de classification

Tableau n°13 : Comparaison des moyennes de la même saison entre les quatre années à l'aide de l'analyse de la variance à un critère de classification

Tableau n° 14 : Analyse des température tri horaires (Moyenne mensuelle , Ecart type , coefficient de variation, Erreur standard).

Sommaire

Tableau n° 15: Surface foliaire (mm²) des semis de chêne liège après 6 mois de traitement

PHOTOS :

Photo n°1 : La forêt de chêne liège au Nord Est du Djebel d'El-Ghorra.

Photo 02 : Conditions de culture.

Photo n° 03 : Semis de chêne liège traité à 30°.

Photo n° 04 : Semis de chêne liège traité à 32°C.

Photo n° 05 : Semis de chêne liège traités à 34°C, 36°C et 38°C.

Photo n° 06 Semis de chêne liège stressés à 40°C et 42°C.

Photo n° 7 : Semis de chêne liège ayant subi différents stress (30°C, 32°C, 34°C, 36°C.

Photo n°8 : Semis de chêne liège ayant subi deux stress différents 40°C et 42°C.

FIGURE :

-Figure 01 : Climagramme d'Emberger (tiré de Djellouli 1990 et Debeler 1991 in - SARRI, 2002).

- Figure 02 : Diagrammes ombrothermiques.

-Figure 03: durées et fréquences des basses températures du mois de décembre des années 1998-1999.

-Figure 04 : durées et fréquences des basses températures du mois de janvier des années 1998-1999-2000.

-Figure 05 : durées et fréquences des basses températures du mois de février des années 1998-1999-2000.

-Figure 06 : durées et fréquences des hautes températures du mois de juin des années 1998-1999-2000.

-Figure 07 : durées et fréquences des hautes températures du mois de juillet des années 1998-1999-2000.

-Figure 08 : durées et fréquences des hautes températures du mois d'Août des années 1999-2000.

-Figure 09 :Teneur moyenne en proline des différents organes des semis de chêne liège témoin (18 °C ± 2°C) jour long de 16 h.

Sommaire

-Figure : 10 Teneur moyenne en proline des différents organes des semis de chêne liège ayant subi différents stress thermiques.

-Figure : 11 Teneur en sucres solubles des différents organes des semis de chêne liège (témoin).

-Figure: 12 : Teneur en sucres solubles des différents organes des semis de chêne liège subi différents stress au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance.

-Figure 13 : Taux de chlorophylle a et b des feuilles des semis de chêne liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance à $18 \pm 2^\circ\text{C}$ de jour long de 16 h.

-Figure 14 : Taux de chlorophylle a et b des feuilles des semis de chêne liège au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance en fonction de la température.

-Figure 15 : Evolution de la surface foliaire de chêne liège traité après 6 mois de culture.

-Figure 16 : allongement caulinaire et plastochrone apparent d'un semi de chêne liège cultivé à $18^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ en jour long de 16 h.

-Figure 17 : allongement caulinaire et plastochrone apparent d'un semi de chêne liège ayant subi un stress successif de 3 heures à 40°C au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance.

-Figure 18 : allongement caulinaire et plastochrone apparent d'un semi de chêne liège ayant subi un stress successif de 3 heures à 42°C au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance.

-Figure 19 : morphogenèse d'un semis de chêne liège cultivé à $18^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ jour long de 16 h.

-Figure 20 : Morphogenèse d'un semis de chêne liège ayant subi un stress successif pendant 3 heures à 40°C au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance .

-Figure 21 : Morphogenèse d'un semis de chêne liège ayant subi un stress successif pendant 3 heures à 42°C au stade repos apparent de la deuxième vague de croissance.

-Figure 22 : Résistance stomatique des semis de chêne liège ayant subi différents stress thermiques.

-Figure 23 : Résistance stomatiques du chêne liège en conditions naturelles pendant une journée.