



Master Sciences et Techniques : Gestion et conservation de la biodiversité

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'obtention du Diplôme de Master Sciences et
Techniques

**Etude de l'effet de la station sur la régénération naturelle
et la croissance du cèdre de l'atlas (*Cedrus Atlantica*)**

Présenté par :

ZARHMOUL Soufiane

Soutenu Le 24 Juin 2015 devant le jury composé de:

Pr. EL GHADRAOUI Lahcen	FST-Fès	Président
Pr. BENDRISS AMRAOUI Mohammed	FSDM- Fès	Encadrant
Pr. RACHIQ Saad	FST-Fès	Co-encadrant
Pr. AMRANI Khalid	FST-Fès	Examineur
Pr. DERRAZ Khalid	FST-Fès	Examineur
Pr. MIKOU Karima	FST-Fès	Examinatrice

**Stage effectué au Laboratoire de Biotechnologie et Préservation des Ressources
Naturelles (BPRN) au sein de la faculté des sciences Dhar El Mahraz Fès**

Année Universitaire : 2014-2015

Faculté des Sciences et Techniques Fès

B.P. 2202, Route d'Imouzzer FES

☎ 212 (35) 60 80 14 – 212 (35) 60 96 35 📠 212 (35) 60 82 14

www.fst-usmba.ac.ma

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier **ALLAH** qui ma donné assez de force et la patience d'accomplir ce travail.*

*En premier lieu je tiens à remercier chaleureusement la personne sans qui ce travail ne serai pas ; mon promoteur monsieur le Professeur: **BENDRISS AMRAOUI.M.** Qui a accepté de diriger ce travail et m'a guidé tout au long du stage, je le remercie pour sa disponibilité, ses critiques judicieuses, ses compétences qu'il a mise a mon service, et de son extrême gentillesse. Et son soutien moral.*

*Je remercier aussi mon encadrant interne monsieur le professeur **RACHIQ SAAD** pour son encadrement, sa patience, et son encouragement*

*Mes profonds remerciements à tous les membres de jury **Mme Mikou Karima, Mr Derraz Khalid et Mr Amrani Khalid** Pour avoir accepté de participer au jury du mémoire.*

Dédicace

Je dédie ce travail aux personnes dont le sacrifice, l'amour et l'attention m'ont permis de réaliser ce travail :

A mes chers parents : EL HOUCINE ET RABIA qui m'ont soutenu et m'ont fourni tous les moyens nécessaires pour réaliser ce travail

A mes sœurs : Siham, Lamyae et Fatima Zahra

A tous mes amis et collègues du laboratoire

A mes camarades de promotion

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre I : Recherches bibliographiques	2
I- Aperçu générales sur le Cèdre	3
I-1. Introduction	3
I-2. Aire de répartition	3
I-3. Rôle et importance du cèdre de l'atlas	4
I-4. Ecologie du cèdre de l'Atlas	4
I-4.1. Altitude	4
I-4.2. Le Climat	5
I-4.3. Les précipitations	5
I-4.4. Les températures	5
I-4.5. L'exposition	5
I-4.6. La lumière	6
I-4.7. Le substrat	6
I-4. 8. Sol	8
II- Contraintes des végétaux	9
II- 1. Définition	9
II-2. Les stress biotiques	9
II-3. Les stress abiotiques	9
II-3.1. Stress thermique	10
II-3.1.1. Effet du stress thermique sur les végétaux	11
II- 3.1.1.1 Stress froid	11
II- 3.1.1.2 Stress chaud	13
II-4. Réponses des végétaux face au stress des basses températures	15
II-5. Réponses des végétaux face au stress des hautes températures	15
Chapitre II : matériel et méthodes	18
I-Prélèvement d'échantillon	19
I.1 Les stations étudiées	20
I.2 Détermination de la croissance du cèdre	21
I.3 Détermination du pH du sol	21
II- Extraction et dosage des protéines par Bradford	22
II-1. Extraction	22
II-2. Dosage	22
III-Dosage des sucres réducteurs par DNS	24
III-1. Extraction	24
III-2. Dosage	24
Chapitre III : Résultats et discussion	26
Conclusion et perspectives	35
Références bibliographiques	36

Liste des tableaux

Tableau 1: coordonnées géographiques et topologiques des sites étudiés.....	20
Tableau 2 : préparation de la gamme d'étalonnage du dosage des sucres réducteurs par la méthode DNS.....	26
Tableau 3: Estimation de la croissance des jeunes pieds du cèdre de l'atlas observée dans la station de Ras El Ma 2.....	29
Tableau 4 : variation de la teneur en protéines et en sucres réducteurs au cours de la croissance des semis naturels.....	31

Liste des figures

Figure 1 : caractères botaniques du Cèdre de l'Atlas.....	3
Figure 2 : Répartition naturelle du cèdre de l'Atlas.....	3
Figure 3 : Facteurs conditionnant la réponse de la plante à un stress.....	11
Figure 4 : Schéma de l'emboîtement des structures de l'appareil photosynthétique.....	13
Figure 5 : Action des températures sur les pools protéiques et lipidiques cellulaires.....	14
Figure 6 : Bilan métabolique général d'une plante en fonction de la température.....	15
Figure 7 : localisation géographique sur Google Earth des sites étudiés.....	20
Figure 8 : les trois pieds de cèdre de l'atlas.....	21
Photo 3 : une perte en aiguilles et en branches.....	21
Photo 4: richesse en conglomerats.....	21
Photo 5 : quelques pieds de chêne zéen en dépérissement.....	21
Figure 9 : Gamme d'étalonnage du dosage des protéines par la méthode de Bradford.....	24
Figure 10: Gamme d'étalonnage du dosage des sucres réducteurs par la méthode de DNS.....	24
Figure 11 : Régénération naturelle du cèdre de l'atlas observée dans les stations de Ras El Ma 1 (R1) et 2 (R2).....	28
Figure 12 : classement par ordre croissant des semis.....	30
Figure 13 : représentation des semis en fonction de leurs croissances (diamètre et hauteur).....	30
Figure 14 : Etat de croissance des individus sélectionnés pour étudier l'effet de la station sur la croissance.....	32
Figure 15 : Nombre des aiguilles par rosette des individus sélectionnés en fonction des stations étudiées.....	33
Figure 16 : Teneur en protéines des individus sélectionnés dans les stations.....	33
Figure 17 : Teneur en sucres réducteurs des individus sélectionnés dans les stations.....	34
Figure 18 : Variation du pH au pied de chaque individu sélectionné dans les différentes stations.....	34

Liste des abréviations

DO : Densité optique

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

MF : Matière fraîche

PVP : polyvinylpolypyrrolidone

QSP : Quantité suffisante pour

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature

V/V : Volume/volume

W/V : masse /volume

3.5, DNS : 3.5 dinitro-salycilique

Introduction générale

Le Maroc est l'un des pays les plus originaux de point de vue géographique, climatique, écologique et biologique et par conséquent, il constitue une richesse très importante en espèce. Cette diversité constitue des forêts naturelles de feuillus (Chêne Vert, Chêne-liège, Chêne Tauzin, Arganier, Caroubier, Acacias, ...) et de résineux (**Cèdre de l'Atlas**, Thuya de Berbérie, Pin d'Alep, Pin Maritime, Pin Noir, Genévrier Thurifère, Genévrier Rouge, ...), réparties entre les différents étages bioclimatiques, du semi-aride à l'humide.

Nos forêts marocaines, comme partout dans le monde, sont soumises aux contraintes climatiques engendrant des diminutions spectaculaires de surface vertes. 9.4 millions d'hectares de forêt ont été perdus entre 1999-2000 (FAO, 2001). L'UICN a publié la mise à jour pour l'année 2013 de sa liste rouge des espèces en voie de disparition.

Le cèdre de l'atlas figure parmi les 34 % de conifères menacés d'extinction, en dépit de l'intérêt bioécologique et socio-économique et de sa faculté d'adaptation. Ceci est due aux contraintes anthropiques et naturelles (climat, sol, parasite, insecte, etc). À l'égard de ceci est-ce que la forêt pourra-t-elle résister et préserver son aspect naturel ?

Sur les conifères et en particulier la cèdreaire marocaine très peu d'études est réalisées malgré le fait que le cèdre de l'Atlas depuis longtemps présente des adaptations au substrat et au sol. Il serait intéressant de voir comment le cèdre de l'atlas adapte sa morphologie en fonction du changement de la station. On peut poser la question est-ce que le cèdre réalise cette adaptation par une variation progressive au cours de son développement de certaines composantes du métabolisme primaire comme le font la plupart des végétaux lorsqu'ils sont confrontés aux contraintes environnemental. Et quel est l'effet de la station sur la régénération et la croissance du cèdre de l'atlas.

Avant d'entamer cette étude sur le cèdre de l'Atlas, il est nécessaire de rappeler quelques éléments écologiques de cette espèce.

CHAPITRE I :
Recherche bibliographique

I- Aperçu générales sur le Cèdre

I-1. Introduction

Le cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) ou Arz el Atlas en Arabe ou Bignoun en berbère, est une essence forestière endémique des montagnes de l'Afrique du nord. Il constitue l'essence noble des forêts du Maghreb (figure 1).

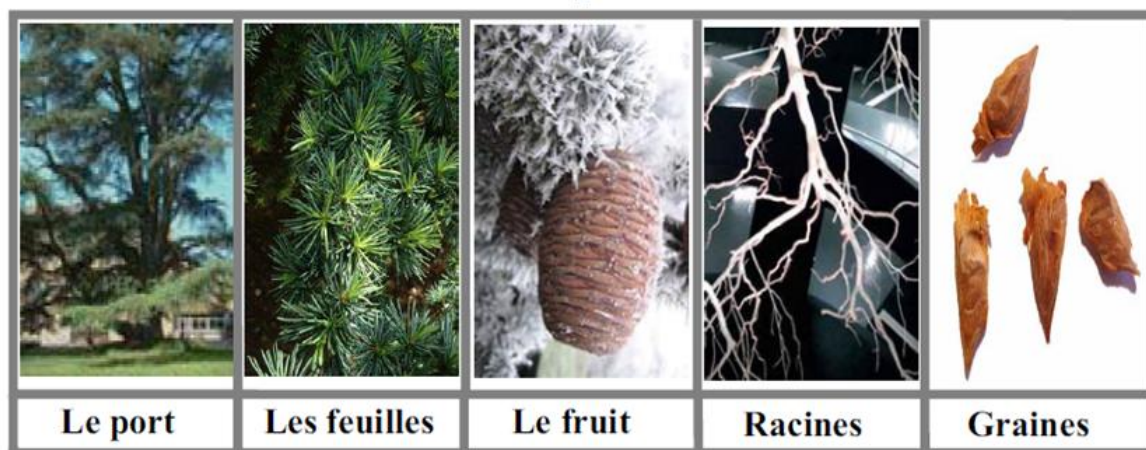


Figure 1 : caractères botaniques du Cèdre de l'Atlas

I-2. Aire de répartition

Au Maroc le cèdre revêt une importance capitale, il couvre une superficie de l'ordre de 180.000 ha. Il est considéré de ce fait comme une espèce noble, très appréciée pour la qualité de son bois, sa faible inflammabilité, sa grande capacité de régénération ainsi que pour sa tolérance aux stress climatiques. Il se retrouve essentiellement dans les zones montagneuses (figure 2) et forme spontanément quatre blocs géographiques :

- ✓ Les cédraies de Rif.
- ✓ Les cédraies de Moyen Atlas occidental.
- ✓ Les cédraies de Moyen Atlas oriental.
- ✓ Les cédraies du haut atlas oriental.

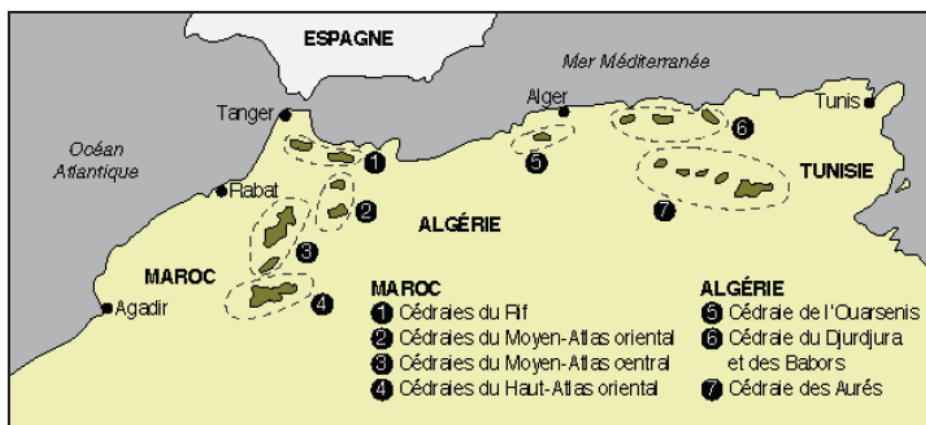


Figure 2 : Répartition naturelle du cèdre de l'Atlas (Oswald, 1992).

Le cèdre de l'Atlas occupe une tranche altitudinales moyenne comprise entre 1400 et 2400 m. Son amplitude écologique est relativement large. Il s'encarte dans les bioclimats humide et subhumide froids et affiche une indifférence vis-à-vis de la nature chimique des substrats. Cette plasticité explique les variations assez grandes observées parmi les différents peuplements. (M'hirit, 1994).

I-3. Rôle et importance du cèdre de l'atlas

Le cèdre est une essence capable de remplir plusieurs rôles à la fois,). Il maintient un équilibre biologique en protégeant et en améliorant le sol (Toth, 1980).

Il est caractérisé par la production d'un bois de qualité et en quantité importante (Toth, 1980) et par la protection contre l'incendie feuillage peut inflammable (Alexandrien, 1992).

C'est une Arbre de grande valeur esthétique (Toth, 1980).

Il présente une forte variabilité écologique et phénologique et de la présence d'écotypes ayant une bonne résistance à la sécheresse (Tessier et *al.*, 1993).

Toutes ces qualités d'adaptation aux conditions climatiques et édaphiques de la zone méditerranéenne justifient donc son utilisation importante en reboisement (Toth, 1980; Barriteau et *al.*, 1994).

I-4. Ecologie du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas est une essence de montagne, les conditions écologiques du cèdre varient selon plusieurs facteurs dont les plus importants sont **l'altitude, le climat, le substrat et l'exposition.**

I-4.1. Altitude

Du point de vue de l'altitude, (Aussenac et Guehl, 1990), soulignent que, dans son aire d'origine, le cèdre pousse à des altitudes variant de 1.400 m à 2.200 m, ses limites inférieures et supérieures différentes d'une cédraie à l'autre en fonction des conditions climatiques et du relief.

Au Maroc : le cèdre de L'Atlas se trouve à des altitudes variant entre 1.400 et 2.400 m (Aussenac, 1984). Selon M'hirit (1982), le cèdre de l'atlas à partir de 1.500 m sur le Rif, 1.600 m sur le moyen Atlas et 1.700 m sur le haut Atlas oriental (Boudy, 1952), souligne que sa limite supérieure peut aller jusqu'à 2.600 m ou 2.800 m.

I-4.2. Le Climat

Le cèdre de l'Atlas est une essence qui s'accommode aux différents bioclimats. Il s'individualise en effet, entre les bioclimats semi-aride, subhumide, humide et perhumide. Alors que, sa zone préférée est située d'après Boudy (1952) en bioclimat humide froid. Cette essence pouvant vivre entre -20°C et $+39^{\circ}\text{C}$ (Boudy, 1950) et pouvant résister sans dommages à des températures de -25°C (Gaussen, 1967).

I-4.3. Les précipitations

Parmi les facteurs climatiques qui ont un rôle déterminant pour la survie du cèdre, nous pouvons citer les précipitations. La pluviométrie indispensable pour le cèdre, varie d'une station à l'autre.

Dans son aire naturelle, le cèdre reçoit des précipitations qui varient de 400 mm à 1.500 mm.

La station préférée du cèdre se situe dans l'étage bioclimatique subhumide à hiver froid (850 mm à 1.200 mm), où se localisent les trois-quarts des cédraies marocaines (Boudy, 1950).

En gros, il est estimé que les trois quarts des cédraies du Maroc sont dans l'étage humide froid, avec 850 à 1200 mm d'eau, ainsi que toutes celles du Rif (Boudy, 1950).

I-4.4. Les températures

La température est un facteur très important qui contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des végétaux sur la surface du globe.

Le cèdre résiste à des extrêmes de températures pouvant aller de -20°C à $+39^{\circ}\text{C}$. Il peut également résister à de très basses températures (-25°C) (Nedjahi, 1988). (Boudy, 1950).

D'une manière générale, on constate que le cèdre de L'Atlas est une espèce pouvant se développer dans des conditions climatiques variées.

I-4.5. L'exposition

L'exposition agit en modelant l'effet des facteurs climatiques et édaphiques, elle joue un rôle très important dans la vie des végétaux ainsi que dans la répartition des pluies par la direction des chaînes de montagnes par rapport aux vents humides. C'est pour cette raison qu'on constate que les belles cédraies se rencontrent sur les versants nord qui font face aux vents humides.

Au Maroc, les études effectuées sur les cédraies du Moyen Atlas font ressortir que celle qui sont les mieux développées et où la régénération est mieux réussie sont celles exposés à

l'ouest et au nord-ouest, alors que celles exposées à l'est et au sud-ouest ont une faible fructification et faible régénération (Ezzahiri et *al.*, 2000).

I-4.6. La lumière

Divers facteurs influencent l'atténuation de la lumière dans les peuplements forestiers particulièrement la composition, la densité, la structure, l'architecture du peuplement, l'état du ciel et l'angle solaire. La biomasse foliaire réduit non seulement la qualité de la lumière qui atteint le sous bois, mais produit de larges modifications de la qualité spectrale de la lumière. (Lamhamedi et Chbouki, 1994).

Dans les peuplements où le couvert est relativement fermé et dense, la présence des semis est rare et le système racinaire reste mal développé et superficiel. L'absence totale d'un couvert végétal favorise la mort prématurée des semis de cèdre suite à leur dessèchement par le rayonnement solaire. Dans ces conditions, la réduction du stress thermique a une importance capitale.

La présence des tâches de lumière et de conditions microstationnelles favorables peut conditionner la régénération du cèdre dans les peuplements denses. (Lamhamedi et Chbouki, 1994).

I-4.7. Le substrat

L'originalité édaphique du cèdre de l'Atlas réside, tout particulièrement dans sa rusticité et son indifférence à la nature lithologique du sol. Le cèdre se rencontre sur des substrats et des sols variés : sur des basaltes, de la dolérite, des marno-calcaire, des marno-schistes, des dolomies, des calcaires dolomitiques, des schistes et des grès au Maroc.

D'une manière générale, c'est l'aspect physique du substrat qui joue le rôle le plus important dans le comportement écologique du cèdre. L'aspect chimique n'ayant qu'un rôle secondaire, mais néanmoins important. Le cèdre de l'Atlas donne un meilleur rendement sur les sols profonds, meubles et caillouteux, car la jeune plantule arrive à développer un système racinaire vigoureux et profond lui permettant d'échapper à la sécheresse estivale (Boudy, 1950 ; Schorenberger, 1970 ; Toth, 1971 et 1981 ; Malki, 1992).

La nature de la roche-mère, ou du matériau recouvrant, détermine souvent les potentialités de croissance du cèdre ou même parfois sa capacité à subsister, même si des compensations de facteurs peuvent atténuer ou masquer leur influence.

Les croissances les plus fortes sont observées sur roche siliceuse en particulier les schistes et micaschistes. On le trouve aussi sur grès, gneiss, basalte, dolérite avec de bons résultats.

Sur sols superficiels, notamment en région méditerranéenne, trois caractéristiques du substrat en plus de la nature de la roche sont importantes à prendre en compte pour bien évaluer les possibilités de prospection racinaire en profondeur :

- ✚ **l'origine des matériaux**, en distinguant les alluvions, colluvions, éboulis, plus favorables car souvent terreux et meubles, des altérites (matériaux d'altération de la roche en place) moins propices à une bonne croissance du cèdre ;
- ✚ **la fissuration de la roche et le pendage des couches géologiques** opposé à la pente sont aussi des facteurs favorables (photo 1) ;
- ✚ la présence d'un **horizon** ou de matériau induré en **profondeur infranchissable** par les racines constitue un facteur très défavorable (photo 2).



Photo 1 : Malgré un sol très superficiel, ce cèdre a pu implanter ses racines dans le calcaire fissuré.



Photo 2 : Un matériau infranchissable par les racines est un handicap rédhibitoire s'il est situé à faible profondeur. La colluvion située au dessus est bien prospectée par les racines de cèdre.

I-4. 8. Sol

La tolérance du cèdre à la sécheresse s'explique par sa capacité à puiser l'eau en profondeur. Tout diagnostic stationnel doit obligatoirement intégrer la profondeur prospectable. Il est capable d'infiltrer ses racines dans les fissures des roches en place mais elles seront au contraire bloquées par la présence d'un horizon induré (alios, reprécipitation du calcaire...), argileux, compact, engorgé ou simplement hydromorphe. Les observations faites en région

tempérée confirment les conditions de croissance et de bonne santé du cèdre mises en évidence en région méditerranéenne.

L'épaisseur du sol est le facteur qui explique le mieux la croissance en hauteur des peuplements. Ainsi, en région méditerranéenne, une proportion d'affleurement rocheux supérieure à 10% qui témoigne d'un sol superficiel, est un facteur défavorable.

Le cèdre est très sensible à l'aération du sol. Il valorise, mieux que d'autres essences, les sols caillouteux ou même riches en blocs pourvu qu'ils ne constituent pas un obstacle infranchissable. La charge en éléments grossiers ou un sol à dominante sableuse, surtout s'il s'agit de sable fin, ne sont pas des handicaps si la profondeur est suffisante pour assurer une réserve utile convenable. Il faut donc éviter les sols peu épais riches en sables grossiers, développés sur arène granitique. Si la texture sablo-limoneuse est la plus favorable, le cèdre craint tout les textures très argileuses. Pour la même raison, les sols non structurés, compacts, massifs lui sont défavorables.

Le cèdre ne s'enracine pas dans les horizons hydromorphes. Aucune cédraie n'est signalée sur sol franchement hydromorphe, engorgé à nappe permanente ou temporaire. Les traces d'hydromorphie, même peu marquées, dans les 50 premiers centimètres sont souvent associées à des problèmes sanitaires : armillaire, dépérissement.

Le cèdre tolère une large gamme de pH. Il est déconseillé sur les sols trop acides (podzoliques). Il donne de moins bons résultats en cas de forte charge en calcaire actif dans la terre fine. La richesse chimique du sol a une influence très positive sur sa croissance, et compense parfois des volumes prospectables limités. Sur sol pauvre, l'installation et la croissance du cèdre sont très mauvaises : sa réaction positive dans quelques essais de fertilisation, notamment en phosphore, confirme l'importance d'une bonne disponibilité en éléments minéraux.

II- Contraintes des végétaux

II- 1. Définition

Le stress correspond à toute condition de l'environnement ou combinaison de conditions qui empêche la plante de réaliser l'expression de son potentiel génétique pour la croissance, le développement et la reproduction. Chez les plantes cultivées, la baisse du rendement due à ces conditions peut atteindre 50% (Jones et Qualset, 1984).

Les principaux stress peuvent être classés, tout dépendant de la nature de l'agent stressant, en deux catégories : biotique et abiotique (Orcutt et Nilsen, 2000).

II-2. Les stress biotiques

Les stress biotiques sont nombreux et ont pour origine les virus, les organismes phytophages, les pathogènes et les compétitions intraspécifiques et interspécifiques. Afin d'y faire face, les plantes mettent en place un système de défense faisant intervenir une chaîne de réactions.

II-3. Les stress abiotiques

Les plantes se trouvent rarement dans des conditions environnementales optimales, mais elles se trouvent souvent dans des conditions extrêmes de potentiel hydrique, de température, de salinité ainsi que d'autres facteurs.

Dans ce travail on va s'intéresser seulement sur l'effet de certains facteurs abiotiques sur la croissance de cèdre de l'atlas.

Les stress environnementaux ou (abiotiques), comme la sécheresse, la salinité et les températures extrêmes positives et négatives sont des conditions de stress qui affectent la croissance et le rendement des plantes. Contrairement aux animaux, qui peuvent se déplacer lorsque les conditions de vie ne leur sont plus favorables, les plantes ont développé des stratégies d'adaptation pour répondre aux changements environnementaux en contrôlant et en ajustant leurs systèmes métaboliques. Leurs réponses face aux différents stress sont influencées par la nature et l'intensité du stress en cause mais aussi par l'historique des espèces, cultivars et géotypes représentés. Chacun étant adapté à des conditions spécifiques par l'évolution et la sélection naturelle (Grime, 1989).

Elles peuvent éviter les effets de stress en accomplissant leur croissance durant les périodes de moindre stress, ou sinon résister par des mécanismes de tolérance (figure 3).

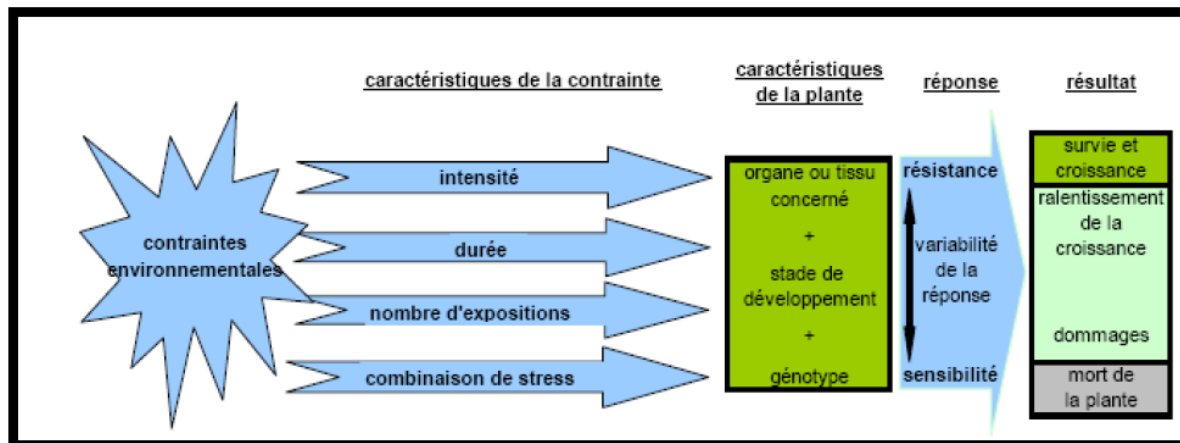


Figure 3 : Facteurs conditionnant la réponse de la plante à un stress
(Bray et al, 2000 in Touchard, 2006).

II-3.1. Stress thermique

Le stress thermique est souvent défini par l'action des températures critiques, on entend par températures critiques, les températures minima et maxima au dessous et au dessus desquelles le végétal est tué. Elles sont extrêmement variables suivant les espèces et selon le stade de végétation (Diehl, 1975).

La fourchette des températures compatibles avec la croissance des plantes est généralement comprise entre 0°C et 45°C. Dans ces limites la tolérance à la température dépend fortement de l'espèce (Hopkins, 2003). 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 (René, H. 1977).

La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et le taux d'augmentation ou de diminution de la température (Oukarroum, 2007).

II-3.1.1. Effet du stress thermique sur les végétaux

II- 3.1.1.1 Stress froid

- Effet métabolique

Les effets du froid sur les systèmes métaboliques sont selon Lance C et Moreau F, in Côme., 1992 comme suit:

- Les basses températures modifient l'intensité du métabolisme;
- Elles créent des déséquilibres entre les voies métaboliques concurrents ou séquentielles;
- Des processus majeurs liés au métabolisme énergétique de la plante, respiration et photosynthèse sont ainsi perturbés, comme le métabolisme général ou les relations entre compartiments ou territoires parfois très éloignés (transport)
- Effets sur les mouvements des solutés

Les mouvements de solutés qui se déroulent dans les tissus spécialisés (xylème pour la sève brute, phloème pour la sève élaborée) ou le long d'organes spécialisés dans le fonctionnement de transport (tige, pétiole) sont affectés par l'abaissement de la température.

Ces basses températures entraînent :

- ☐ D'abord un ralentissement du transport des assimilâtes,
- ☐ Une augmentation de la viscosité de la sève;
- ☐ Une diminution de la perméabilité des racines;
- ☐ Une diminution du flux de l'eau à cause d'une baisse de la transpiration (Girardin, 1998; Miedema, 1982).

- Effet sur la respiration

Le rôle de la respiration est de fournir une source d'énergie utilisable (ATP) par toutes les réactions du métabolisme cellulaire. Entre 0-20C° l'abaissement de la température provoque une diminution régulière de l'intensité respiratoire (Aussenac., 1973).

L'effet de la température sur la respiration globale des tissus n'est en fait qu'une traduction de l'effet de la température au niveau du processus le plus élémentaire, ainsi la capacité mitochondriale extraite d'un tissu végétal à oxyder un substrat du cycle de Krebs est très sensible à la température. Des perturbations dans le rendement en ATP n'apparaissent que lorsque les tissus sont exposés à des températures trop basses, provoquant des désorganisations des systèmes membranaires (Côme, 1992).

- Effets sur la photosynthèse

La photosynthèse est le processus permettant l'utilisation de l'énergie lumineuse pour la synthèse des sucres. La figure 4 illustre les quatre domaines de complexité croissante qui s'emboîtent les uns dans les autres. On constate facilement qu'on retrouve aux positions clés l'action des températures sur les ensembles membranaires et sur l'équipement enzymatique.

L'effet des basses températures ne porte pas directement sur les vitesses de synthèse mais plutôt sur les dégradations des chlorophylles photosensibles qui ne sont plus protégées par un écran de caroténoïdes ou une structure membranaire que le froid désorganise (Naylor, 1967). La thermosensibilité n'est pas indifférente à l'âge des organes et seules les jeunes feuilles en formation présentent des dommages pigmentaires.

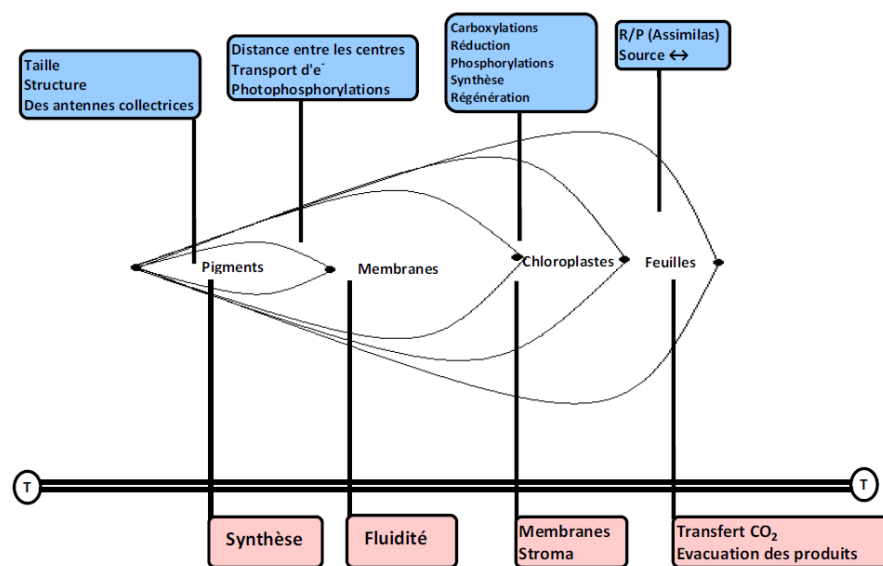


Figure 4 : Schéma de l'emboîtement des structures de l'appareil photosynthétique (Naylor, 1967).

L'ensemble de l'édifice pigmentaire est inégalement atteint par les faibles températures: le rapport chlorophylle (a)/ chlorophylle (b) est augmenté significativement, la répartition des deux photosystèmes I et II est modifiée, la taille des antennes est diminuée (Albert et al., 1974).

II- 3.1.1.2 Stress chaud :

- Effet sur les membranes et les enzymes

Les structures des macromolécules et les forces de cohésion assurant leur édifice et leur assemblage sont profondément modifiées par des variations de températures. Ceci concerne principalement les protéines et les lipides. La figure 5 montre les liens qui existent entre ces deux familles moléculaires au sein d'un système cellulaire structuré. Les modifications d'activités enzymatiques peuvent concerner les enzymes solubles du cytoplasme, du stroma ou de toute solution colloïdale remplissant un compartiment cellulaire, mais aussi les enzymes fixés aux membranes.

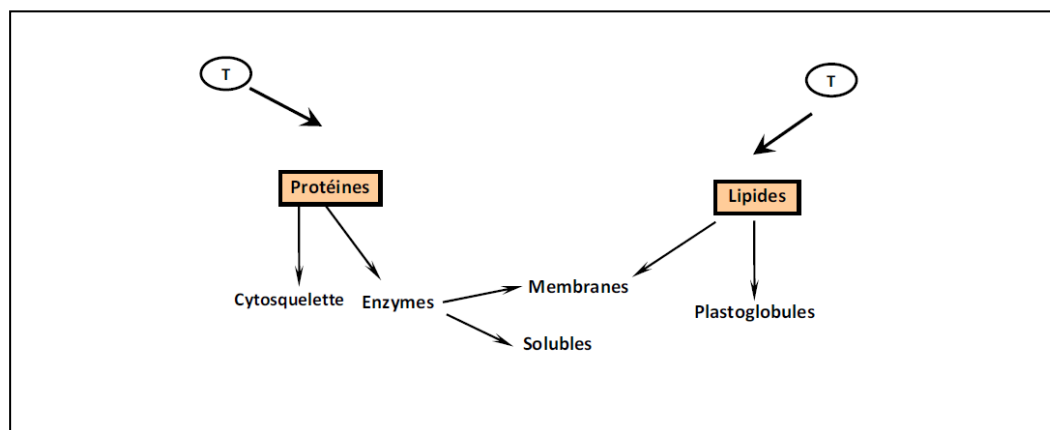


Figure 5 : Action des températures sur les pools protéiques et lipidiques cellulaires

En effet, toute élévation de températures au delà d'une certaine valeur provoque la déstabilisation et la déformation (dénaturation) des grosses molécules fragiles que sont les protéines-enzymes. On constate, aussi que ces hautes températures provoquent la rupture des liaisons hydrogènes et une augmentation des forces hydrophiles au niveau des membranes, par conséquent, un état physique fluide (Bourdu, 1984).

- Effet sur la photosynthèse

L'assimilation photosynthétique du CO₂ chez les plantes supérieures s'annule généralement lorsque la température atteint 45-50°C. Comme pour toutes les activités métaboliques, on observe un effet positif de la température jusque vers 30°C en général, puis une action dépressive avec annulation totale vers 45°C; l'inhibition est plus marquée que la température excessive est appliquée plus longtemps (Heller et *al.*, 1998).

Parmi les causes possibles expliquant cette inhibition, la destruction des membranes cellulaires a d'abord été examinée : une perte de la compartimentation cellulaire peut en effet inhiber le déroulement des grandes fonctions métaboliques.

- Effet sur la transpiration

Le stress thermique par les hautes températures se trouve fréquemment associé au déficit hydrique, non seulement parce que les périodes chaudes sont souvent sèches, mais aussi à cause de l'augmentation de la transpiration (Leinonen et Jones, 2004). La température agit sur l'évaporation de l'eau cellulaire. Son augmentation entraîne l'ouverture des stomates et donc une augmentation de la transpiration. L'action de la température rappelle celle de la sécheresse de l'air: jusque 25°C à 30°C, une élévation de température augmente la transpiration (Heller et al. 1989). On a abouti ainsi à la fanaison ou le flétrissement temporaire de la plante (Diehel, 1974).

- Effet sur la respiration

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

Cette augmentation se traduit par une consommation accrue de réserve et une réduction de l'accumulation de matière sèche (Abrol et Ingram, 1997).

L'ensemble des observations sur les modifications physiologiques et métaboliques induites par les températures extrêmes permet de dresser un tableau général, une sorte de portrait type, le schéma de la figure 6, inspiré de Levitt (1980), résume les principales caractéristiques.

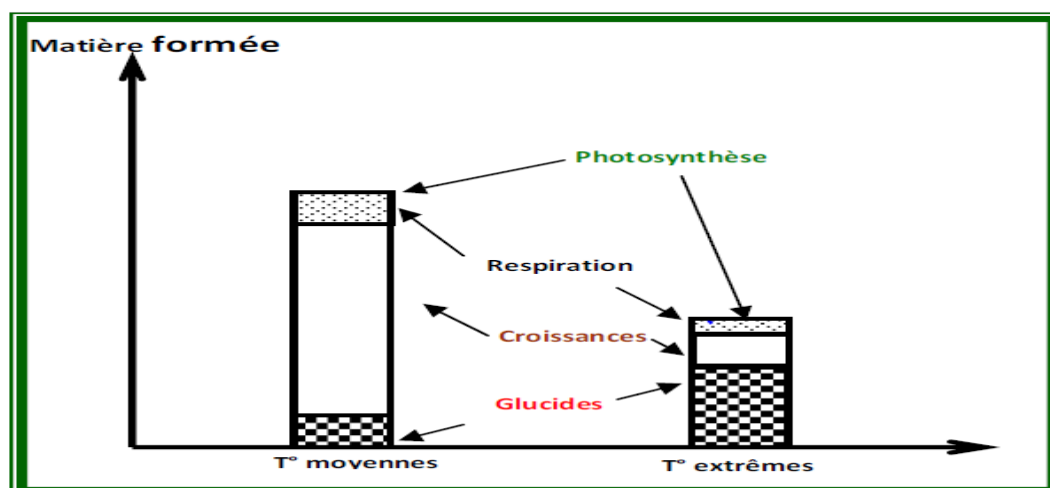


Figure 6 : Bilan métabolique général d'une plante en fonction de la température (Levitt, 1980)

II-4. Réponses des végétaux face au stress des basses températures

- Endurcissement au froid et dormance

L'endurcissement qui se définit comme l'acquisition de résistance au gel, les processus de l'endurcissement au froid sont sous contrôle d'un système génétique très complexe. Ce système est induit par les basses températures durant la période d'acclimatation ainsi que la lumière et l'état physiologique des plantes (Boitard, 2002.cité par Lahmar R & Khalfi N ; 2004).

- Stratégie et mécanismes de tolérance au gel

- Accumulation de solutés

De façon générale, la tolérance au froid est reliée à l'accumulation de produits divers par les plantes afin de diminuer le point de congélation des liquides cellulaires, ce sont souvent des polyols, du glycérol mais aussi des glucides, comme le tréhalose le saccharose.

Ces substances abaissent, bien entendu, le point de congélation de l'eau dans la cellule, mais également, se lient aussi aux membranes, empêchant l'eau d'y parvenir et par conséquent d'y former des cristaux.

- La synthèse de protéines spécifiques

En plus des acides aminés libres, l'endurcissement au froid induit des changements quantitatifs et qualitatifs importants dans la composition protéique. Une augmentation de la concentration des protéines totales durant l'endurcissement au froid a été documentée chez plusieurs plantes (Davis et Gilbert, 1970; McKenzie et *al.*, 1988). Parmi les protéines qui s'accumulent au cours de l'endurcissement au froid, certaines ont des rôles enzymatiques connus requis pour les changements métaboliques observés lors de l'acclimatation au froid.

- Phénomène de surfusion

L'abaissement du point de congélation atteint son maximum à -5°C, afin de permettre aux liquides biologiques de rester à l'état liquide, les plantes utilisent une autre technique la surfusion (Goubier, 2006), qui consiste a la capacité de la plante à éliminer les noyaux de nucléation responsables de l'apparition des premiers cristaux de glace. La surfusion permet à la plante de résister jusqu'à -40°C.

II-5.Réponses des végétaux face au stress des hautes températures

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

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

A coté de ces adaptations morphologiques, les plantes ont mis au point plusieurs mécanismes qui leur permettent de tolérer les hautes températures. Il existe quatre aspects majeurs de thermotolérance:

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

Les composés synthétisés lors d'un stress thermique :

Les végétaux sont capables de lutter contre les conditions stressantes en produisant des composés dits osmoprotecteurs (ou solutés compatibles). Ces composés, par leur concentration, assurent l'ajustement osmotique entre le cytosol et la vacuole. Différentes molécules peuvent jouer le rôle de solutés compatibles, pour les acides aminés, la proline, l'alanine, la β -alanine et la taurine sont les plus connus. Des ammoniums quaternaires comme la glycine bétaine, la β -alaninebétaine, la choline-o-sulfate et la glycerophosphorycholine ainsi que des sulphoniums tertiaires comme le 3-dimethylsulfonipropionate sont également rencontrés. Enfin, les carbohydrates comme le tréhalose, le glycérol, le mannitol, le sorbitol ou le pinitol sont aussi fréquents. Non chargés, à PH neutre, hydrophiles, ils sont qualifiés de compatibles, car ils ne perturbent pas les interactions entre les macromolécules et le solvant. Leur structure chimique présentant des affinités pour les groupements carbonés des protéines, ils protègent ainsi leur intégrité structurale. Les composés non compatibles tendent à être exclus de la sphère d'hydratation des protéines, ce qui stabilise leur structure.

La proline : La proline est un acide aminé non polaire avec une structure cyclique. Elle est très soluble dans l'eau. La proline ou acide pyrrolidine 2-carboxylique ($C_5H_9O_2N$) par sa structure chimique qui contient des fonctions polyalcool et aminoacide manifeste des affinités pour les groupements carbonés des protéines, protégeant ainsi leur intégrité structurale.

Les sucres solubles :

Les sucres solubles dans l'eau constituent une source glucidique rapidement métabolisable et couvrent les besoins immédiats de la plante. Ce sont des intermédiaires métaboliques qui sont

également une forme de transport et qui peuvent être, dans certains cas, considérés comme une forme de stockage. Ainsi, le saccharose, sucre soluble majoritaire de la plupart des espèces, contribue largement au stockage hivernale en s'accumulant dans les vacuoles. Son accumulation est initiée par une baisse des températures hivernales et contribue à augmenter la résistance au froid (Gomez et *al.*, 2003). L'accumulation de sucres dans les cellules peut accroître la tolérance à la déshydratation chez les plantes via leur effet osmotique qui limite les pertes d'eau par la cellule. L'accumulation de sucres va réprimer l'expression de gènes de remobilisation des réserves, de photosynthèse voire la photosynthèse elle-même et activer les gènes de stockage et métabolisme carbonés (Pego et *al.*, 2000).

Les protéines solubles :

La plupart de ces osmolytes sont des composants azotés, ce qui traduit l'importance du métabolisme azoté sous conditions stressantes (Bergmann et *al.*, 1995). Une synthèse importante de protéines solubles accompagne ou précède l'acquisition de la résistance au stress, elle résulte du ralentissement de la croissance et d'un stockage des molécules dans le hyaloplasme ou dans certains organites (chloroplaste, mitochondries).

CHAPITRE II

Matériel et méthodes

I- Prélèvement d'échantillons

Le 19 avril 2015 des échantillons (branches + sol) ont été prélevés dans les deux stations (Figure 7).



Figure 7 : localisation géographique sur Google Earth des sites étudiés.

Les coordonnées des différentes stations sont mentionnées dans le tableau ci-dessous :

Stations	Altitude (m)	Coordonnées géographiques	
Ras El Ma 1	1704 m	30° 30' 45.98" N	5° 06' 36.70" O
Ras El Ma 2	1660 m	30° 30' 42.38" N	5° 06' 46.38" O

Tableau 1: coordonnées géographiques et topologiques des sites étudiés.

I.1 Les stations étudiées

• Station 1 : Ras El Ma 1

Cette station de cédraie est située sur la forêt de Ras El Ma à Ifrane. Trois pieds de cèdre de l'atlas (P1, P2, P3) de différents stades de croissance (Figure 9) sont choisis à une altitude de 1704 m. Des échantillons de branches et de sol au dessous de l'arbre on été prélevé.

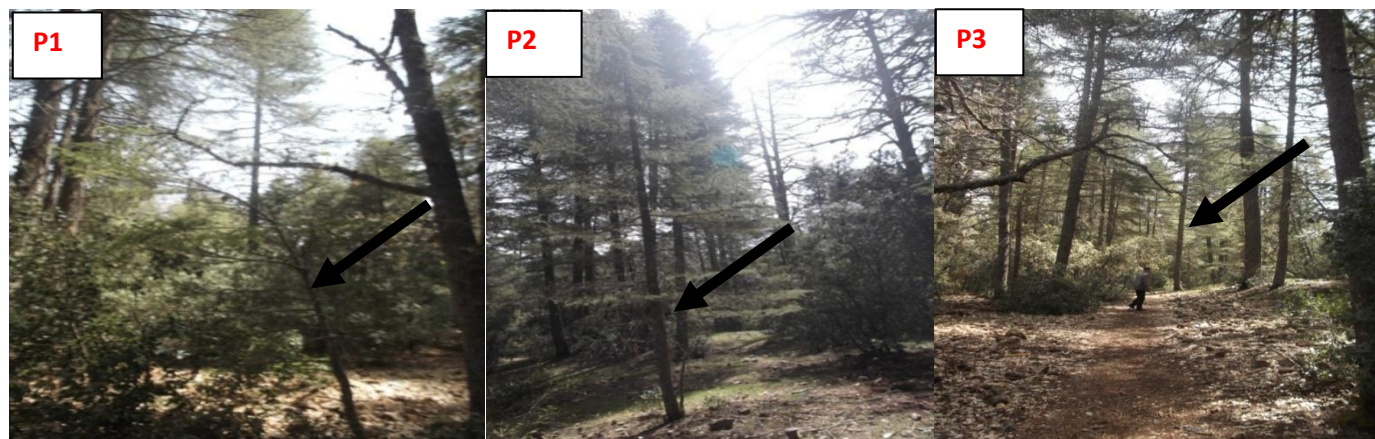


Figure 8 : les trois pieds de cèdre de l'atlas

Dans cette station on a remarqué qu'il ya une perte en branches et en aiguilles importante (photo 3) ; ainsi que le sol est peu profond, riche en conglomérats de dolomie calcaire (Figure 4), Il existe aussi quelque pieds de chêne zéen (*Quercus canariensis*) dépérit (photo 5)



Photo 3 : une perte en aiguilles et en branches



Photo 4: richesse en conglomérats



Photo 5 : quelques pieds de chêne zéen en dépérissement

- **Station 2 : Ras El Ma 2**

Cette station située à proximité de la station de Ras El Ma 1 mais à 1660 m est caractérisée par une importante régénération naturelle du cèdre et la présence d'autres espèces telle que : le chêne vert (*Quercus ilex*), le chêne zéen (*Quercus canariensis*), l'if commun (*Taxus baccata*), érable de montpellier (*Acer monspessulanum*), Genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*).

Dans cette station on a choisie aussi trois pieds de cèdre à un stade de croissance et à un éclaircissement relativement semblables à ceux de la station de Ras El Ma 1 mais différents par la profondeur du sol. On a prélevé des échantillons de branches et de sol.

Dans cette même station on a choisie vingt pieds de cèdre de l'atlas de différent âge et on a prélevé pour chaque pied un échantillon de branche. Les échantillons ramenés au laboratoire dans des sachets sont conservés dans un réfrigérateur jusqu'au moment de leur analyse.

I.2 Détermination de la croissance du cèdre

Le dénombrement des aiguilles par verticille a été réalisé pour les échantillons récoltés dans les stations étudiées. De même la hauteur et la circonférence de tous les pieds ont été mesurées sur place.

I.3 Détermination du pH du sol

On tamise le sol à l'aide d'un tamis de 2 mm de diamètre. Vingt gramme de ce sol est mise dans un bécher contenant 50 ml d'eau distillé bouillie. Après agitation de 15 min, on laisse décanter la solution une nuit puis on détermine le pH.

II- Extraction et dosage des protéines par la méthode de Bradford

II-1. Extraction

❖ Préparation du tampon d'extraction

Produits chimiques	Quantité
Tris base	0.05M
Acide ascorbique	0.1 % (w/v)
Cystéine hydrochloride	0.1% (w/v)
Polyéthylène glycol	1 % (w/v)
Acide citrique	0.15% (w/v)
2-mercapto-éthanol	0.008% (v/v)

❖ Extraction des protéines

100 à 300 g de matière fraîche sont pesés et broyés dans un mortier en présence de 0.05 g de PVP, d'un ml de tampon Tris base jusqu'à disparition des débris. Le broyat est filtré sous vide avec un papier joseph.

II-2. Dosage

❖ Principe du dosage

La méthode de Bradford est un dosage colorimétrique, basé sur le changement de la densité optique à 595 nm, se manifestant par le changement de la couleur du **bleu de Coomassie** après liaison (complexification) avec les acides aminés basiques (arginine, histidine, lysine) et les résidus hydrophobes des acides aminés présents dans la ou les protéines. (Bonjoch et Tamayo, 2001).

Contrairement aux autres méthodes de mesure des protéines, la méthode de Bradford est moins sensible aux interférences par divers agents présents dans les échantillons de protéine. Elle est toutefois affectée par les détergents, modifiée par le pH, et donne un résultat positif également aux polyphénols hydrosolubles de haut poids moléculaire.

❖ Préparation de la gamme d'étalonnage

- On prépare avec le tampon d'extraction une solution mère de caséine de 2 mg/ml
- On réalise une gamme étalon avec des concentrations de 0, 25, 50, 100 et 200 µg.
- La prise d'essai est de 0.1 ml.

Courbe d'étalonnage du dosage des Protéines

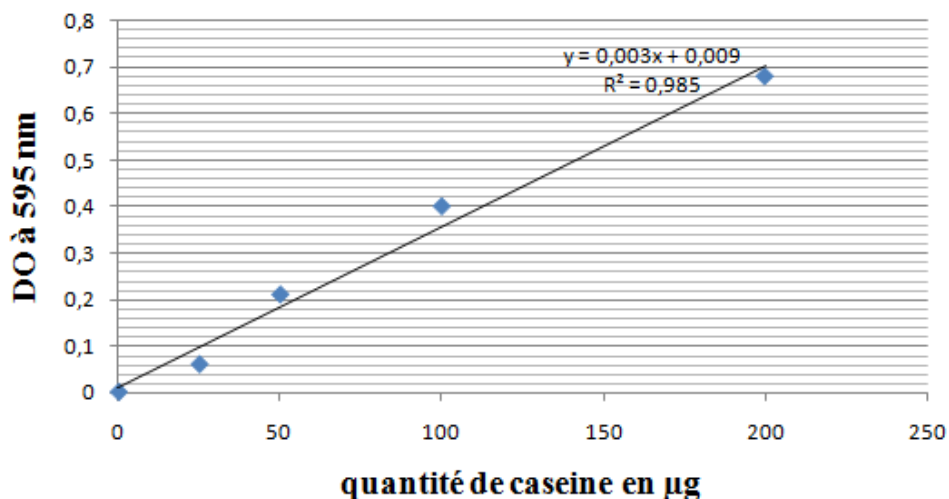


Figure 9 : gamme d'étalonnage du dosage des protéines par la méthode de Bradford

❖ Préparation de réactif de Bradford

Le réactif de Bradford est réalisé selon le tableau ci-dessous (Bradford, 1976) :

Produits chimiques	Concentration final
Coomassie brilliant blue G-250	0.01% (w/v)
Ethanol 95%	4.7% (w/v)
Acide phosphorique 85% (w/v)	8.5% (w/v)

❖ Mode opératoire

On ajoute à 0.1 ml de filtrat 3ml de réactif de Bradford. On agite au vortex et on laisse les tubes à l'obscurité 15 min. On détermine la densité optique au spectrophotomètre à 595 nm.

III- Dosage des sucres réducteurs par la méthode de DNS

III-1. Extraction

Le protocole d'extraction des sucres est le même que celui utilisé pour les protéines.

III-2. Dosage

❖ Principe

Le 3.5-DNS réagit avec les sucres réducteurs en donnant un produit coloré en orange quantifiable par photométrie à 530 nm.

❖ Préparation du réactif 3.5-DNS

Solution 1		Solution 2	
DNS	2 g	Phénol	0.4 g
Sulfite de sodium	0.1 g	Tartrate de sodium/ potassium	40 g
NAOH	2 g	QSP	200 ml
QSP	100 ml		
100 ml de la solution 1 mélangé avec 200 ml de la solution 2			

❖ Mode opératoire

Dans une série de 6 tubes à essai on réalise la gamme suivante à partir d'une solution de fructose à 7.5 mmol/l :

On introduit 0-0.2-0.4-0.6-0.8 et 1 ml d'une solution de fructose à 7.5 mmol/l et on compléter chaque tube à 1 ml avec de l'eau distillée, après ajout de 2 ml de réactif 3.5-DNS on bouche chaque tube en homogénéisant au vortex. On porte les tubes au bain-marie bouillant pendant 5 minutes exactement. On refroidit dans de l'eau froide. On complète le volume de chaque tube à 10 ml avec de l'eau distillé et on laisse les tubes reposer 15 min à température ambiante. On lit la DO à une longueur d'onde de l'ordre de 530 nm (tableau 7).

Quantité de fructose (g)	Volume de la solution de fructose (ml)	Volume d'eau distillée (ml)	Réactif 3.5-DNS (ml)	Volume d'eau distillée (ml)	DO (530 nm)
0	0	1	2	7	0
0.00027	0.2	0.8	2	7	0.07
0.00054	0.4	0.6	2	7	0.14
0.00082	0.6	0.4	2	7	0.28
0.00108	0.8	0.2	2	7	0.46
0.00135	1	0	2	7	0.63

Tableau 2 : préparation de la gamme d'étalonnage du dosage des sucres réducteurs par la méthode de DNS

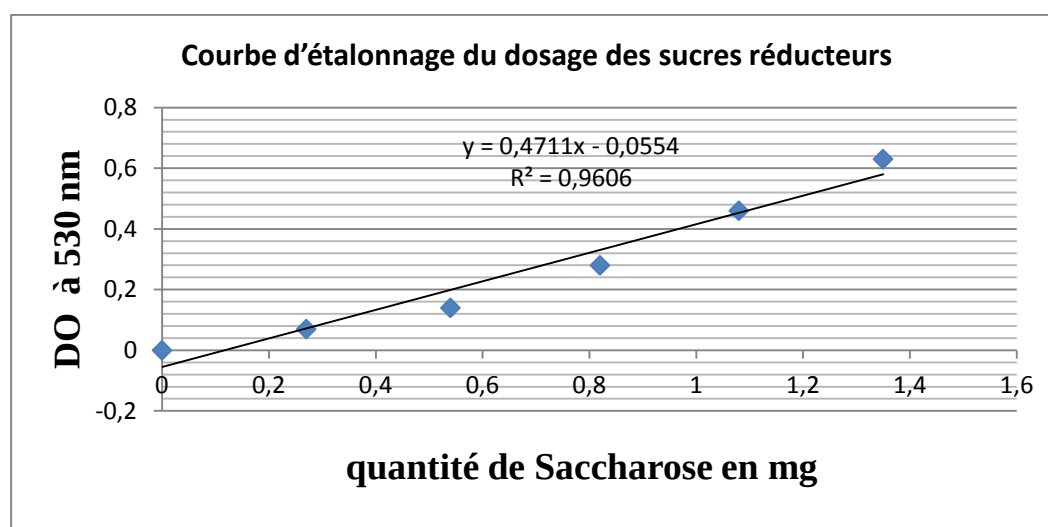


Figure 10: gamme d'étalonnage du dosage des sucres réducteurs par la méthode de DNS

CHAPITRE III

Résultats et discussion

Les observations faites au terrain sur la croissance du cèdre montrent une importante régénération naturelle très variable entre les stations prospectées (Figure 11). L'estimation de la croissance des jeunes plantes trouvées dans les deux stations montre que la station 2 de Ras El Ma se distingue par la plus importante densité de jeunes pieds naturels alors que la station 1 se caractérise par un nombre très limité de jeunes pieds d'une hauteur inférieure à 3,7 m. Ceci montre un freinage de la régénération naturelle dans la station 1 ces dernières décennies probablement dû à un facteur abiotique tel que la composition et/ou l'humidité du sol.



Figure 11 : régénération naturelle du cèdre de l'atlas observée dans les stations de Ras El Ma 1 (R1) et 2 (R2).

Les résultats de la détermination de la croissance des jeunes pieds de la station 2 sont présentés dans le tableau 3. L'analyse de ces données montre que sur les vingt pieds choisis au hasard la hauteur varie de 0,36 à 20 m alors que la circonférence de 1 à 230 cm.

Pieds	Hauteur (cm)	Circonférence (cm)
A	36	1
B	45	3
C	63	3.5
D	64	6
E	75	11
F	90	4
G	126	11.5
H	140	9
I	157	12.5
J	178	15.6
K	241	11.5
L	260	7
M	270	19
N	293	19
O	344	13
P	370	24
Q	550	47
R	1000	81
S	1050	103
T	2000	230

Tableau 3: estimation de la croissance des jeunes pieds du cèdre de l'atlas observée dans la station de Ras El Ma 2. La croissance est représentée par la hauteur et le diamètre du semis (A.....T).

Le classement par ordre croissant des semis selon le diamètre et la hauteur est présenté dans la figure 12. Ce classement montre que le diamètre suit de très près la variation de la hauteur. Lorsque la hauteur augmente considérablement le diamètre croît aussi au même ordre de grandeur. Toutefois on note dans cette station que, contrairement à la station 1, 81 % des jeunes semis ont une taille inférieure à 3,7 m. Ce résultat est confirmé par la figure 13 qui montre une abondance des semis à faible taille et circonférence dans la station 2. De même cette observation suggère que la station 1 est certainement sous des conditions soit édaphiques ou hydriques défavorables. Dans le microclimat relativement froid de Ras El Ma la survie serait difficile dans la station 1 si le sol serait un sable dolomitique inversement la régénération serait favorisée comme dans la station 2 si son sol serait composé de matériaux volcanique permettant l'installation du semis par accélération de la croissance racinaire.

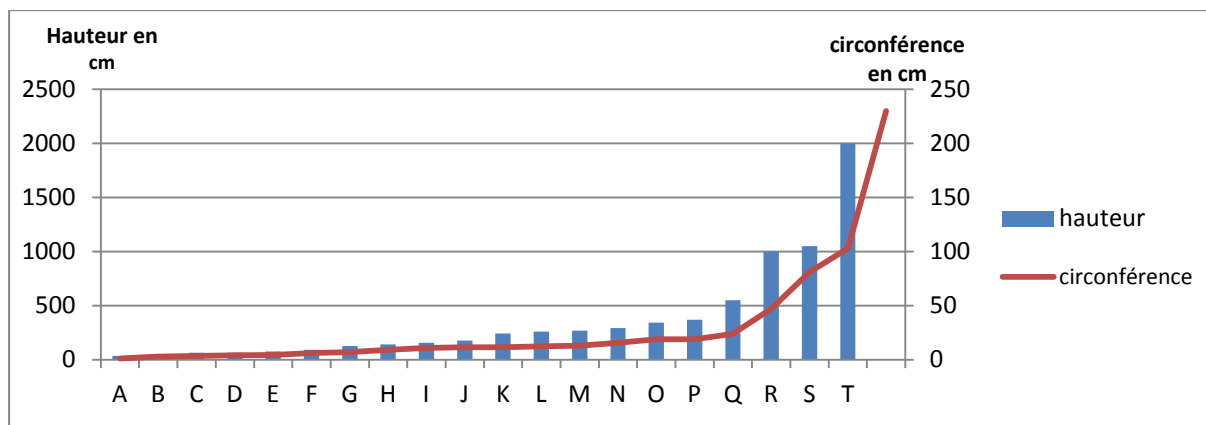


Figure 12 : classement par ordre croissant des semis

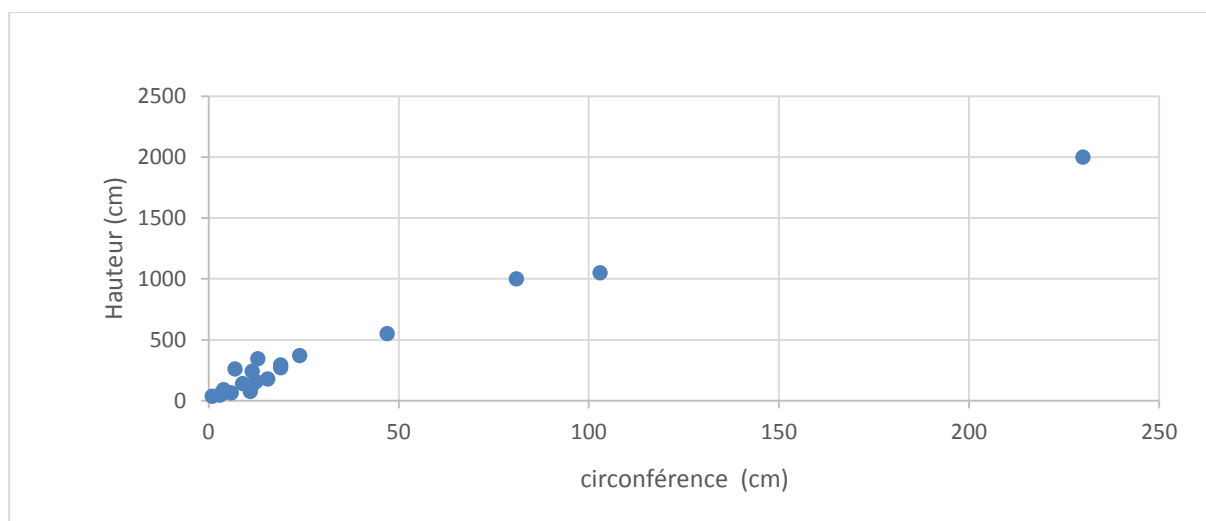


Figure 13 : représentation des pieds en fonction de leurs croissances (circonférence et hauteur).

Pour mieux caractériser cet état de croissance de nos semis naturels trouvés dans la station 2 on a procédé à une analyse chimique des sucres réducteurs et des protéines dans les aiguilles. L'interprétation de ces résultats montre que les protéines varient de 1,37 à 5,71 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de MF, de même les sucres réducteurs varient de 6,17 à 18,97 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de MF chez tous les pieds (Tableau 4). D'après l'analyse de ce dernier tableau on constate qu'il n'existe pas une variation proportionnelle des sucres réducteurs et des protéines avec les paramètres de la croissance mesurés sur les vingt pieds.

Pieds	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)	Teneur en P (µg/mg de MF)	Teneur en SR (µg/mg de MF)
A	36	1	5.2136	12.024
B	45	3	2.3934	13.8287
C	63	3.5	4.2569	12.6398
D	64	6	4.9658	13.5067
E	75	11	2.8619	8.8747
F	90	4	4.8333	12.3992
G	126	11.5	4.4469	10.7713
H	140	9	3.1524	7.1302
I	157	12.5	4.3914	13.8003
J	178	15.6	2.2864	11.7727
K	241	11.5	1.9578	6.1748
L	260	7	3.6294	14.1684
M	270	19	4.9469	10.0495
N	293	19	4.0239	12.3036
O	344	13	4.4484	9.5966
P	370	24	1.5544	12.3107
Q	550	47	3.6276	11.61
R	1000	81	1.3783	12.1649
S	1050	103	3.1004	15.7325
T	2000	230	5.7177	18.9737

Tableau 4 : variation de la teneur en protéines et en sucres réducteurs au cours de la croissance des semis naturels.

Le fait que les teneurs en protéines et en sucres réducteurs des aiguilles ne semblent pas dépendre de l'âge des pieds (Tableau 4) on a choisi des individus de trois stades de croissance différents pour étudier l'effet de la station sur la croissance par évaluation des teneurs en sucres et en protéines des aiguilles. Les résultats obtenus d'après la dite expérience montre que malgré que les individus étudiés aient le même état de croissance (Figures 14 et 15) la station affecte les teneurs en sucres réducteurs et en protéines des individus de cèdre qui ont un âge inférieur à celui des plantes d'une hauteur de 5 m (Figures 16 et 17). En effet, à la différence des autres stades de croissance (pieds 2 et 3) quand on compare les pieds 1 qui ont la même taille dans les deux stations on remarque que la station 1 réduit significativement la teneur en protéine et en sucres réducteurs des aiguilles à cet âge (Figures 16 et 17). Cet effet est certainement appliqué à travers la photosynthèse dont l'intensité contrôle

considérablement la croissance des végétaux en général. Le fait qu'il est connu que le cèdre maintient une activité photosynthétique importante même en phase de stress hydrique élevé suggère que ce n'est pas seulement le facteur hydrique qui serait responsable de la diminution de la croissance du pied 1 dans la station 1 mais aussi d'autres facteurs tel que la composition du sol, la profondeur et/ou le pH. Toutefois le fait que le pH au voisinage du pied 1 est nettement favorable à la croissance du cèdre dans la station 1 que dans la station 2 suggère que le pH ne joue pas un rôle majeur dans la diminution de la croissance relevé dans la station 1. Cependant nos résultats confirment nettement que le pH affecte la croissance du cèdre (Figures 14 et 18). En effet quand on analyse la variation du pH dans la station 2 on constate que le pH acide est très favorable à l'accroissement de la taille, de la circonférence et du nombre d'aiguille par verticille chez le cèdre.

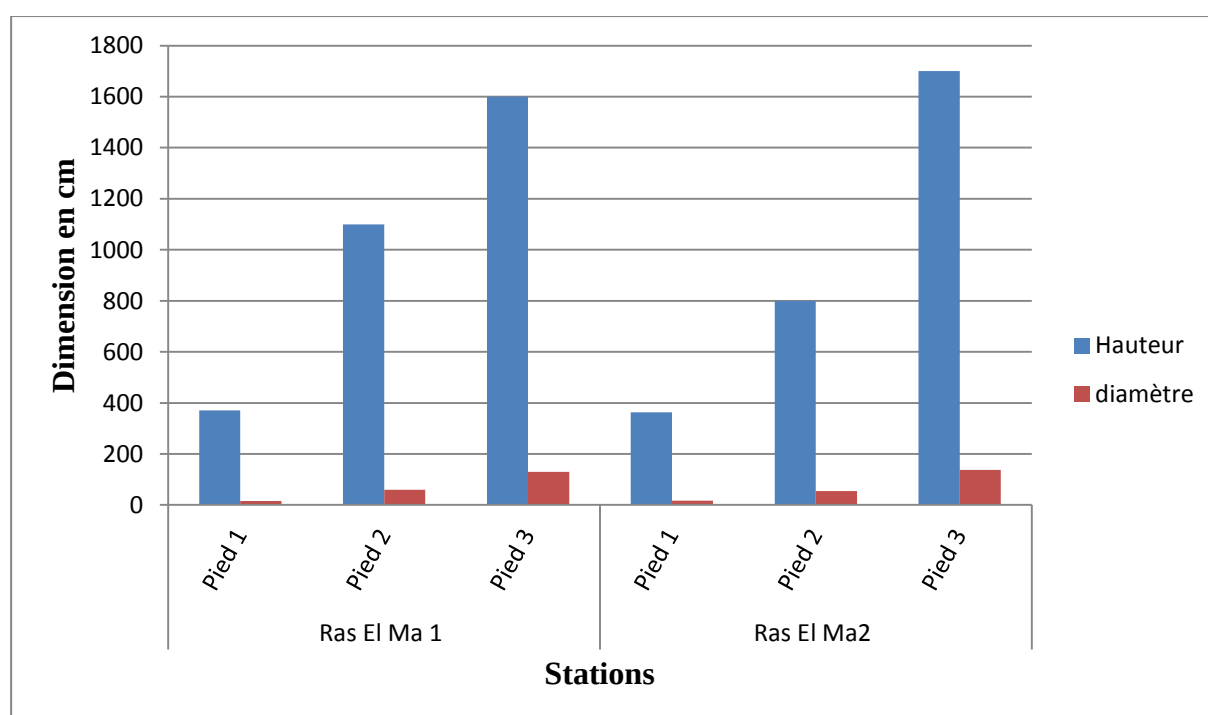


Figure 14 : état de croissance des individus sélectionnés pour étudier l'effet de la station sur la croissance.

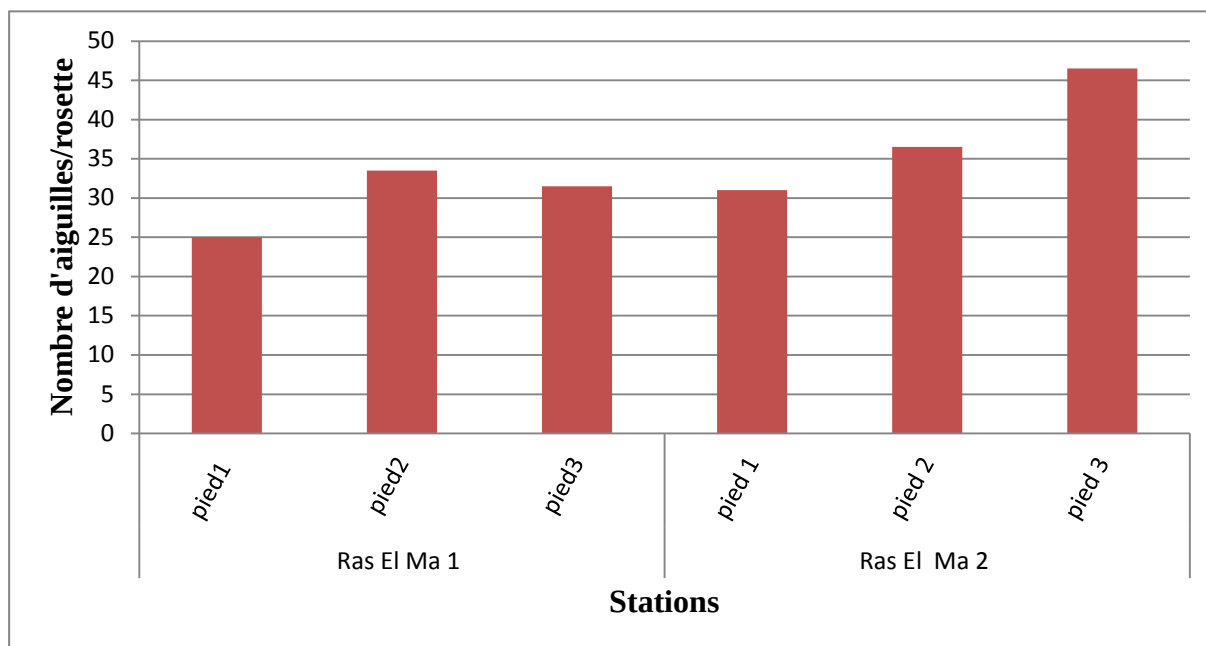


Figure 15 : nombre des aiguilles par rosette des individus sélectionnés en fonction des stations étudiées.

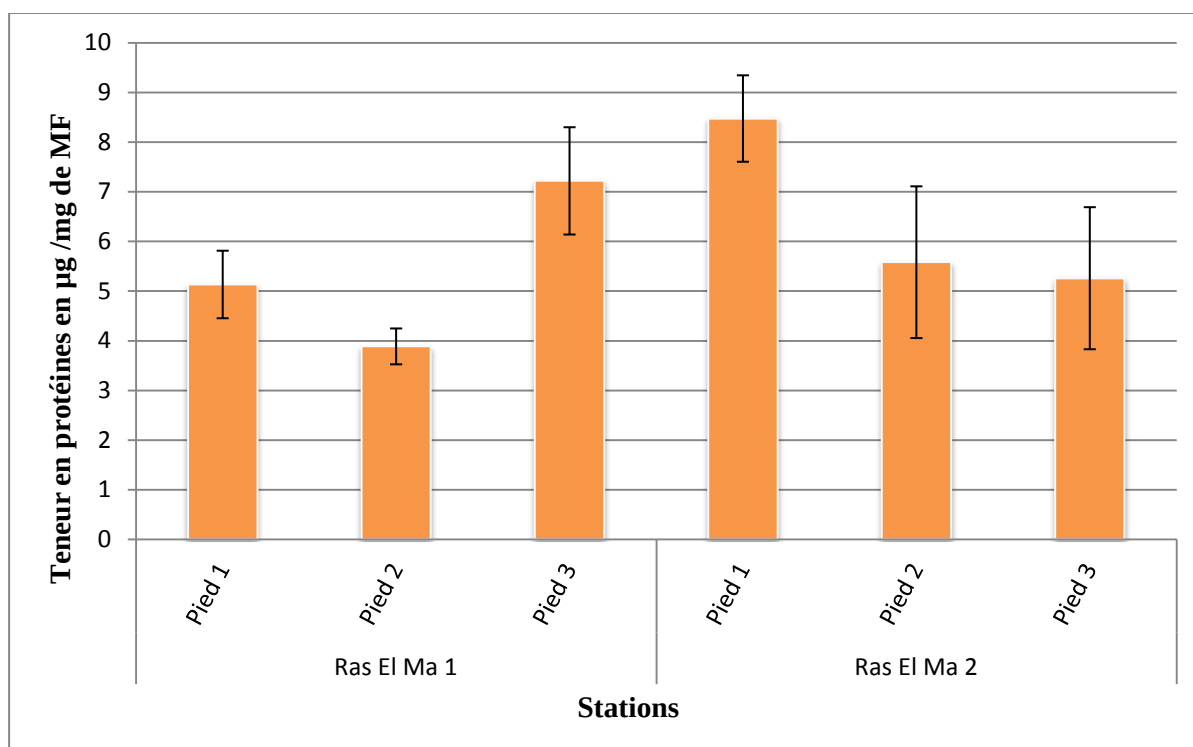


Figure 16 : teneur en protéines des individus sélectionnés dans les stations.

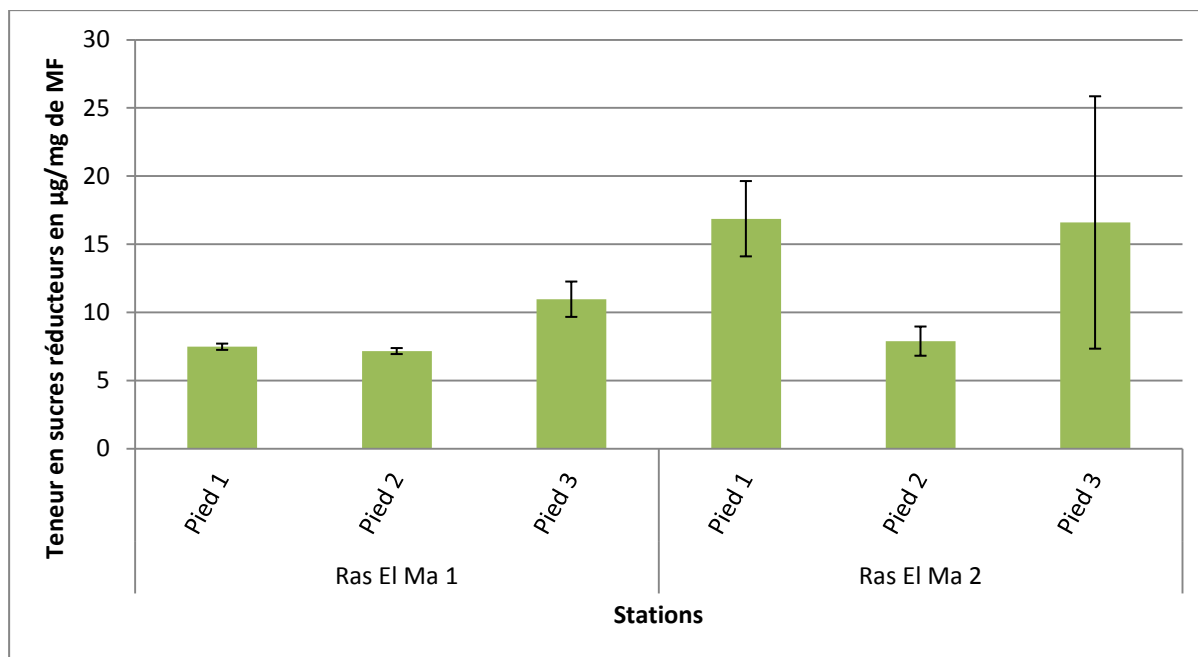


Figure 17 : teneur en sucres réducteurs des individus sélectionnés dans les stations.

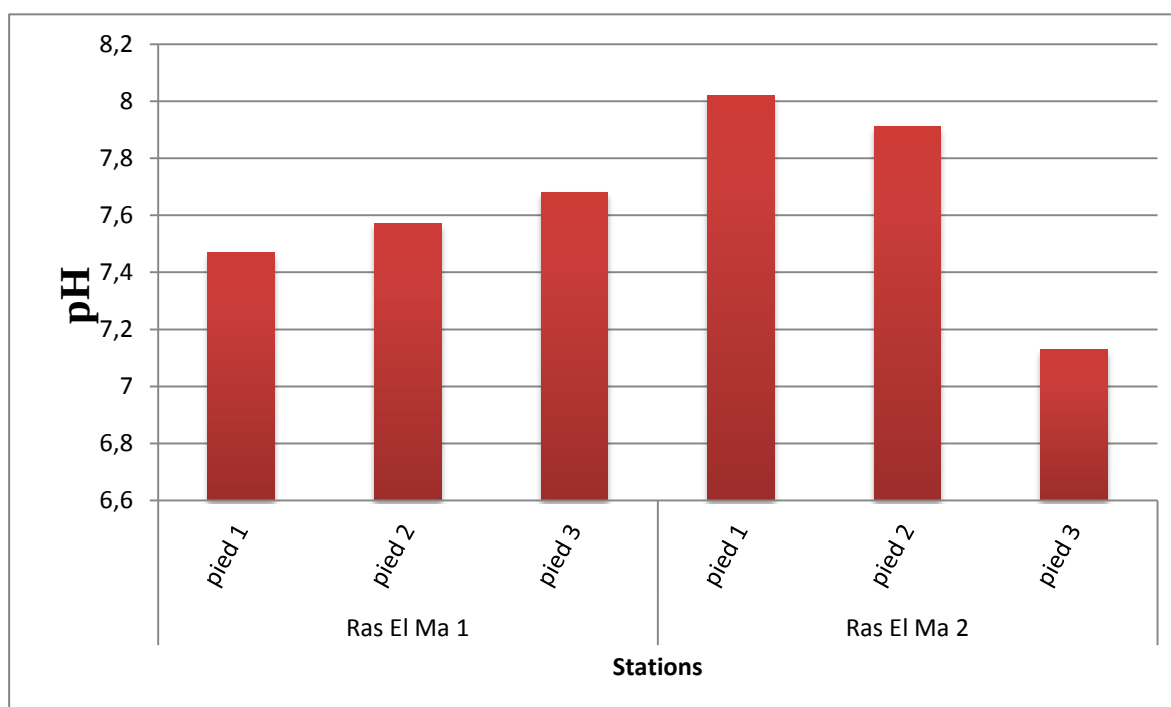
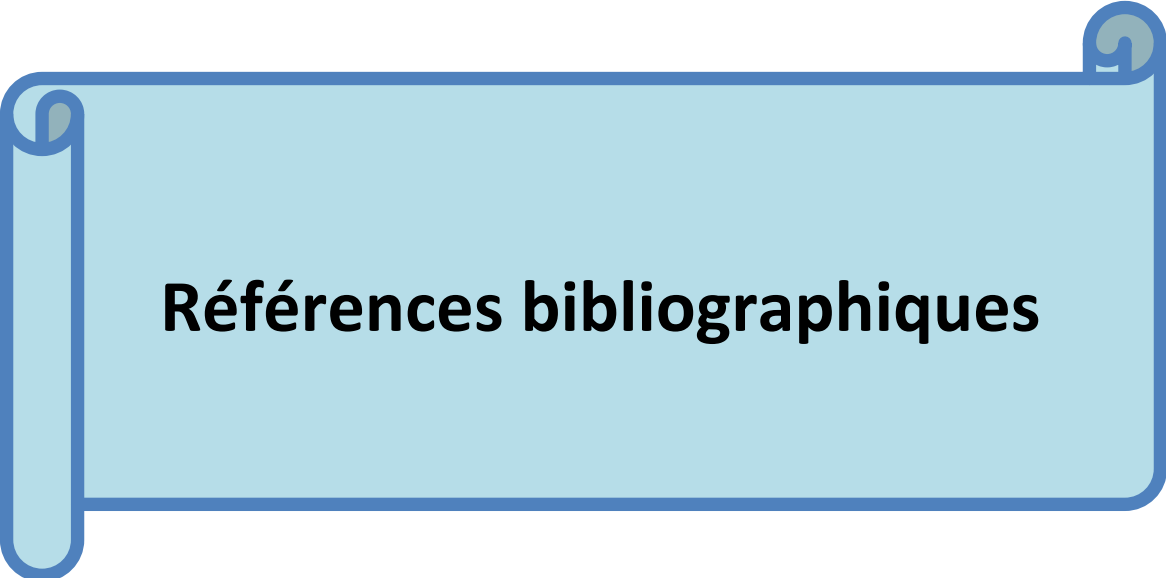


Figure 18 : variation du pH au pied de chaque individu sélectionné dans les différentes stations.

Ces résultats montrent que le facteur édaphique seul ou en combinaison avec le facteur hydrique joue un rôle très important dans la croissance à une hauteur inférieure ou égale à 5m ainsi que dans la régénération naturelle du cèdre de l'atlas dans la station de Ras el Ma.

Conclusion et perspectives :

Le cèdre de l'Atlas est une espèce hautement sensible au changement de certaines conditions environnementales. D'après la présente étude, on constate que la croissance et la régénération naturelle du cèdre de l'atlas dépendent des conditions de la station à savoir l'état hydrique, l'altitude, le pH. Le facteur édaphique est impliqué, mais sa nature reste à déterminer. On a constaté aussi que la station agit sur la croissance du cèdre de l'atlas principalement à des hauteurs inférieures ou égales à 5 m. Nos données suggèrent d'autres types d'expériences pour bien mettre en évidence le degré d'importance de tous ces facteurs dans la croissance et la régénération du cèdre de l'atlas.



Références bibliographiques

Abrol Y-P., Ingram K-T., Bazzaz F-A., Sombroek W-G., 1997. Les effets de la hausse des températures diurnes et nocturnes sur la croissance et les rendements de certaines plantes cultivées FAO, Rome (Italy). Div. de la Mise en Valeur des Terres et des Eaux Division: AGL.

Alexandrian D., 1992. Les causes des incendies. Levons le voile. Forêt méditerranéenne, n° 1, Pp : 41-47.

Aussenac G., 1984. Le cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écologique. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, Actuel Bot., (2/3/4). Pp : 385-398.

Aussenac G., Guehl J-M., 1994. Les facteurs abiotiques. pp.466-470.

Bariteau M., 1994. La faculté germinative des organes de cèdre (*Cedrus atlantica* M.) : influence des traitements densimétriques à l'alcool, du desailage et de la stratification. *Ann. Rech. For. Maroc*, Vol. 2. Pp : 500 – 509.

Bergmann., 1995. Ecogeographical distribution and thermostability of isocitrate deshydrogenase (IDH) alloenzymes in European silver fir (*Abies alba*). *Biochem. Syst. Ecol.*, 21:597-605.

Boudy P., 1950. Economie forestière Nord-Africaine : monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, T2. Pp : 529-619.

Boudy P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Ed. La Maison Rustique. 505 p.

Bourdu R., 1984. Bases physiologiques de l'action des températures. Pp399- 407.

Bradford., 1976. A rapid sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilising the principle of protein-Dye Binding. *Anal Biochem* 1976; 72:248.

Côme D., 1992. Les végétaux et le froid 600p.

Davis D-L., Gilbert W-B., 1970. Winter hardiness and changes in soluble proteinifications of bemudagrass; *corp sci*, 10:7-9.

Diehl., 1975. Agriculture générale. 2ème édition. 392p.

Ezzahiri M., 2000. Synthèse de quelque résultat sur la régénération naturelle du cèdre dans l'Atlas au moyen Atlas, Maroc. *Sécheresse* vol. 11(2), Pp : 78-84.

FAO., 1984. Prognosis of salinity and alkanity. *FAO soils Bulletin* 31, 268 p.

FAO., 2001. State of the world's forests 2001. 181p.

Gaussen H., 1964. Les gymnospermes actuelles et fossiles. Trav. Lab. For. Toulouse, Tome2(1), Fasc. VII. Pp : 273-480.

Gaussen H., 1967. Les gymnospermes actuelles et fossiles. Faculté des sciences de Toulouse, Fasc. 7, 477p.

Girardin P., 1998. Ecophysiologie du maïs agpm.

Gomez., 2004. Regulation of proline calcium signalling and gene expression by glutathione. Journal of Experimental botany 55:1851-1859.

Goubier M., 2006. Les végétaux d'altitude: adaptation et reproduction. Jardin alpin du Lautaret. DUT agronomie, université Claude Bernard; Lyon.39pp.

Grime J., 1989. Whole-plant responses to stress in natural and agricultural systems. Plant under stress. H.G. Jones, T.J. Flowers and M.B. Jones. New York, Cambridge University Press:31-46.

Heller R., Esnault R., Clance C., 1989. Physiologie végétale. Nutrition. Tom1. 4^{ème} édition, p201.

Heller, R., Esnault, C. Lance. 1998. Physiologie végétale 1. Nutrition. 6^{ème} édition, Paris.

Hopkins., 2003. Physiologie végétale. 2^{ème} édition américaine. Traduction en français (Serge Rambour). Paris. 514P.

Jones., Qualset., 1984. Breeding crops for environmental stress tolerance in applications of genetic engineering to crop improvement. Eds. Collins G B. and Petolino J G. Martinus Nijhoff, Junk publishers pp. 305-340.

Lamhamedi., Chbouki., 1994. Les principaux facteurs influençant la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.). Ann. Rech. For. Maroc, T (27). Pp : 243- 257.

Lance C., Moreau F., in Côme., 1992. Effet métabolique du froid. Chapitre2. Paris. pp.27-50.

Levitt J., 1980. Responses of plants to environmental stresses, Vol. 1, 2nd ed. Academic Press, New York.

M'hirit., 1994. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Présentation générale et état des connaissances à travers le réseau Silva Mediterranea "Le Cèdre". In : Le cèdre de l'Atlas. Actes du séminaire international sur le cèdre de l'Atlas. Ifrane (Maroc), 7 – 11 Juin 1993. Annales de la recherche forestière au Maroc 27 (spécial). 4-21.

Malki H., 1992. Contribution à l'étude de l'influence du climat et des facteurs physiques sur la végétation naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans les monts du Belezma (Algérie). Thèse. Université de Paris- Sorbonne. 187p.

Nedjahi A., 1987. Les résultats des expérimentations du Projet intégré développement des Aurès. Projet Aurès. Séminaire ALESCO, Bou-Saadâ

Nedjahi A., 1988. La cédraie de Chréa. (Atlas Blideen) : Phénologie, productivité, régénération. Thèse. Doc. Univ. de Nancy. 184p.

Orcutt., Nilsen., 2000. The physiology of plants under stress. New-York, John Wiley and Sons, Inc. pp128.

Oswald H., 1992. Floraison, pollinisation et fructification chez le Hêtre (*Fagus silvatica* L.) INRA. Paris .243-258.

Oukarroum A., 2007. Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse doctorat. Université De Genève.

René H., 1977. Physiologie végétale. NUTRITION. Paris.

Schorenberger A., 1970. Etude de la végétation de l'Aurès oriental. FAO. Projet Algérie. Pp : 15-69.

Tessier A., 1993. Response of metallothionein concentrations in a freshwater bivalve (*Anodonta grandis*) along an environmental cadmium gradient.

Toth J., 1971. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* en France). Bulletin de la vulgarisation forestière. (4). Pp : 5-19.

Toth J., 1978 a. Contribution à L'études de la fructification et de la régénération du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M.) dans le sud de la France. Thèse. Doc. Ing. Fac. St. Jérôme. Marseille, France. 136p.

Toth J., 1980. Le cèdre III. La graine des plants en pépinière, reboisement, régénération naturelle. Forêt privée. Rev. For; Europe. N° 132. Pp : 41-47.

Toth J., 1981. Contribution à l'étude monographique du cèdre méditerranéen. INRA. Station d'Avignon : 25p.

UICN : Union internationale pour la conservation de la nature, mise à jour pour l'année 2013.

Résumé :

Une étude de l'influence de la station sur la croissance et la régénération naturelle de cèdre de l'atlas a été effectuée dans la station de Ras El Ma. Nous avons essayé d'étudier la relation qui existe entre la hauteur des pieds de cèdre et les teneurs en protéines et en sucres réducteurs. Après les analyses on a trouvé que les teneurs en protéines et en sucres réducteurs ne suivent pas proportionnellement la hauteur des pieds. Pour cette raison on a choisi des individus de trois stades de croissance différents pour étudier l'effet de la station sur la croissance et la régénération naturelle du cèdre de l'atlas par évaluation des teneurs en sucres et en protéines des aiguilles. D'après les résultats qu'on a obtenus, on a constaté que le facteur hydrique seul et/ou en combinaison avec le facteur édaphique joue un rôle très important dans la croissance à une hauteur inférieure ou égale à 5 m ainsi que dans la régénération naturelle du cèdre de l'atlas dans la station de Ras El Ma.

Mots clés : cèdre de l'atlas, croissance, régénération naturelle, station.