

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA
FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRE ET BIOLOGIE

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de master en biotechnologie végétale
Spécialité : Biotechnologie végétale

THEME

**L'EFFET DU FROID ET DE SUBSTRAT SUR LA
GERMINATION DU CEDRE DE L'ATLAS**
(Cedrus atlantica Manetti)

Présenté par :

M^{elle} ADJADJE FATIMA ZAHRA

Devant le jury composé de :

M^{elle} CHAOUIA C.	MCA	USDB	Présidente
M^{me} CHAOUCH F.Z.	MCA	USDB	Promotrice
M^{me} BRADEA M.S.	MCA	USDB	Examinatrice

Blida, 2012-2013

Dédicaces

*C'est qu'avec l'aide de dieu le tout puissant que je suis arrivé au terme de
ce modeste travail que je tiens à dédier :*

*A mes chers parents, en qui j'ai trouvé le soutien immense dans mes études et ma
vie, espérant que ce travail soit pour eux le témoignage de ma profonde affection
et mon grand respect*

Mes très chers frères : Farid, Ahmed, Yacine, Ayoub, Yakoub.

Ma sœur Hamida.

A toute ma famille.

A mes amies: Kanza, Hadjere, Samira, Ziki, Amina, Nawel et Bassma.

A tout mes collègues.

*A toute les personnes qui ont soutenu de près ou de loin pour la
réalisation de ce travail.*

Fatima.

AVANT PROPOS

Tout d'abord, je remercie Dieu le tout puissant de nous avoir monté la voie, guidé et donné le courage de surmonter tous les obstacles.

Au terme de ce travail, nous exprimons notre profonde gratitude au maitre de conférences M^{me} CHAOUCH F, Z notre promotrice pour son soutien et ses conseils qui nous ont été très précieux.

Au membres de jury pour avoir accepté d'examiner ce travail

M^{me} BRADEA MS et M^{lle} CHAOUIA C.

Nous tenons à remercier bien vivement également :

M^{er} BOUTHRAOUI S.A qui nous a dirigé et conseillé tout au cours de notre Travail.

M^{er} DJAZOULI qui nous a conseillé tout au cours de notre travail.

Les personnels techniques de laboratoire de l'amélioration des plantes de département des sciences agronomiques.

Aux personnels de la direction de parc national de Chréa.

Au personnel de département de foresterie de l'institut national d'agronomie I.N. A

Liste des abréviations

ENGREF : Ecole national de génie rural, des eaux et des forêts

INRA : Institut national de recherche agronomique

INRF : Institut national de recherche forestière

ONF : Office national forestière

ORDF : Office de recherche et développement forestière

La liste des figures :

Figures 01 : Localisation géographique du cèdre de l'Atlas en Algérie	09
Figures 02 : Caractères botaniques de cèdre du l'Atlas	12
Figures 03 : Boîte de pétri à l'intérieur de l'étuve.....	41
Figures 04 : Autoclave stérilisation.....	43
Figures 05 : Schéma du dispositif expérimental.....	45
Figures 06 : Dispositif expérimental du cèdre de Chréa (S2, S5)	46
Figures 07 : Dispositif expérimental du cèdre de Theniet El Had.....	46
Figures 08 : Dispositif expérimental du cèdre de Chréa (S2).....	46
Figures 09 : Le taux de germination pour les deux provenances.....	52
Figures 10 : La vitesse de germination des différentes provenances (stratification dans du sable froid)	57
Figures 11 : La vitesse de croissance.....	58
Figures 12 : Taux de survie pour les différentes provenances.....	60

La liste des photos :

Photo 01 : Le cône et la graine de cèdre.....	37
Photo 02 : Essai de germination du cèdre de Chréa (2011).....	54
Photo 03 : Essai de germination du cèdre de Chréa (2012).....	54
Photo 04 : Essai de germination du cèdre de Theniet El Had.....	54
Photo 05 : stratification au sable froid (4°C) de Cèdre de Chréa (2 ^{ème} semaines)	55
Photo 06 : stratification au sable froid (4°C) de Cèdre de Chréa (3 ^{ème} semaines)	55
Photo 07 : stratification au sable froid (4°C) de Cèdre de Chréa (4 ^{ème} semaines)	55
Photo 08: Taux de levée de Cèdre de l'Atlas (Chréa T1).....	49
Photo 09 : Taux de levée de Cèdre de l'Atlas (Chréa T2).....	49

La liste des tableaux :

Tableau 01 : Répartition des différentes espèces du genre <i>Cedrus</i>	05
Tableau 02 : Comparaison des caractéristiques botaniques des quatre espèces du genre <i>Cedrus</i> , d'après Putod... (1974) et Quezel (1998).....	07
Tableau 03 : Répartition des cédraies Algériennes selon le climat.....	10
Tableau 04 : Estimation de la superficie (Ha) du cèdre de l'Atlas en Algérie.....	11
Tableau 05 : Limites altitudinales des cédraies algériennes suivant l'exposition.....	15
Tableau 06 : localisation géographique des 2 provenances.....	37
Tableau 07 : La date de récolte du cèdre.....	38
Tableau 08 : Analyse chimique du sol.....	39
Tableau 09 : Composition physique du sol (%).....	39
Tableau 10 : composition et dénomination des substrats testés	44
Tableau 11 : La date de semis.....	47
Tableau 12 : Températures sous serre	48
Tableau 13 : Le nombre des plantes mesurés pour chaque essai (provenance Chréa).....	50
Tableau 14 : nombre des plantes mesurés pour chaque essai (provenance Theniet El Had)....	50
Tableau 15 : Taux de germination des graines du cèdre de l'Atlas.....	51
Tableau 16: Taux de germination.....	53
Tableau 17 : Taux de germination (provenance).....	53
Tableau 18 : Taux de levée.....	56
Tableau 19 : La vitesse de germination des différents traitements (nombre des graines / J)...	57
Tableau 20: la vitesse de croissance.....	58
Tableau 21 : La vitesse de croissance (provenance).....	59
Tableau 22 : Taux de mortalité.....	61
Tableau 23: Diamètre final des tiges.....	61
Tableaux 24 ; Nombre moyen des aiguilles.....	62
Tableaux 25: Longueur de la partie souterraine.....	63

Table des matiers

Introduction.....	01
-------------------	----

Partie I : Etude bibliographique

-----Chapitre I-----

Données sur le genre *Cedrus*

1. Le cèdre à travers l'histoire	03
2. Caractéristiques biogéographiques du genre <i>Cedrus</i>	03
2.1 Bloc de l'Afrique du nord.....	04
2.2 Bloc de l'Asie.....	04
2.3 Bloc de l'Himalaya.....	05
3. Systématique et caractères botaniques des quatre espèces du genre <i>Cedrus</i>	06

-----Chapitre II-----

Données sur le cèdre de l'Atlas

4. Le cèdre de l'Atlas.....	08
5. Systématique.....	08
6. l'aire de répartition naturelle du cèdre de l'Atlas	08
7. Aire d'introduction	11
8. Caractères botaniques et forestiers	11
9. Caractéristiques écologiques du cèdre de l'Atlas.....	14
9.1- Climat	14
9.1.1. Température	14
9.1.2. Précipitation	15
9.2. Altitude	14
9.3. Exposition.....	16
9.4. Sol	16
10. Les ennemis du cèdre de l'Atlas	17
10.1. Les Insectes	17
10.1.1. Les insectes mangeurs des feuilles (défoliateur).....	17
10.1.2. Les insectes mangeurs de graines	17
10.1.3. Les insectes suceurs de la sève.....	17
10.2. Les maladies cryptogamiques (champignons).....	17
10.3. Les incendie.....	18

10.4. Les animaux.....	18
10.5. L'Homme.....	18
11. Association végétale	18
12. Utilisation du cèdre	19
13. Résistance du cèdre à la sécheresse.....	20
14 .Biologie de la reproduction.....	20
15. La régénération naturelle	22

-----**Chapitre II**-----

Données sur la germination

16. Définition de la germination	23
17. Diverses phases de la germination.....	23
18. Critère de germination d'un lot de semences.....	24
18.1. Origine de l'hétérogénéité des lots de semences	24
18.2. Conclusion	25
18.3. Facteurs généraux de la germination.....	26
18.3.1. Principaux facteurs extérieurs.....	26
18.3.1.1. L'eau et l'humidité	26
18.3.1.1.1. Mécanisme de l'imbibition	26
18.3.1.1.2. Influence du mode d'imbibition	26
18.3.1.2. L'oxygène.....	27
18.3.1.3. La lumière	29
18.5. Conclusion	29
18.6. Vitesse de germination	30
18.7. Inaptitudes a la germination les "dormances".....	30
18.7.1. Divers types d'inaptitude à la germination	30
18.7.1.1. Les dormances embryonnaires.....	31
18.7.1.2. Dormances tégumentaires.....	34

Partie II :

-----Chapitre II-----

Matériel et méthodes

1. .lieu de l'expérimentation	36
2. Matériel	36
2.1 Matériel végétal.....	36
2.2 Localisation géographique des provenances.....	37
2.3. La date de récolte	37
2.4 .Matériel utilisé	38
2.5. Les substrats utilisés.....	38
3. Méthodes d'études	40
3.2. Prétraitement des graines.....	40
3.3 Prégermination des graines	41
4. Préparation des substrats.....	42
5. Etude des paramètres agronomiques.....	48

-----Chapitre II-----

Résultats et discussions

1. Au laboratoire.....	51
1.1. Le taux de germination.....	51
1.2 Test de levée	56
1.3 .La vitesse de germination	56
1.4. La vitesse de croissance (longueur/temps)	57
1.5. Taux de survie.....	59
1.6. Taux de mortalité.....	60
1.7. Aspect morphologique des plantules.....	61
1.7.1. Aspect de la partie aérienne.....	61
1.7.1.1. La longueur de la tige et le nombre des aiguilles	61
1.7.1.2. Number moyenne des aiguilles.....	62
1.7.1.3. Longueur de la racine	62

Conclusion

Références bibliographiques

Introduction

Introduction

La forêt constitue l'élément essentiel de l'équilibre physique, climatique, biologique et socioéconomique des nations. Les variations climatiques, l'intervention de l'homme et les dégâts provoqués par les facteurs biotiques sont les principales causes de dégradation de ce milieu fragile.

La forêt est devenue de plus en plus importante, tant par son intérêt que par les services très divers qu'elle rend, à titre d'exemple ; 1 ha de forêt représente entre 50000 et 150000 m² de surface foliaire suivant les espèces, peut fixer 20 à 30 tonnes de CO₂ par an et libérer 12 à 20 tonnes d'O₂ (ALEXANDRIAN D., 1987).

Le cèdre de l'Atlas est une espèce endémique à l'Afrique du nord, son aire naturelle se confine au sommet des Atlas algériens (Tellien et Saharien), et marocains (Haut-Atlas, Moyen Atlas et le Rif Marocain) **Boudy, (1950) ; M'hirit, (1982); Panestos et al. (1992)]**.

Par ses caractéristiques (croissance, qualité de bois, rusticité, plasticité, esthétique, et attraits touristiques), le cèdre est considéré comme une espèce noble de l'Afrique du nord. Sa spécificité à cette région en plus de sa répartition très localisée font que le cèdre occupe une place stratégique dans le patrimoine forestier de cette région. En Algérie la majorité des cédraies se situent dans des zones protégées (Parcs Nationaux) ce qui permet plus d'appui et de rigueur à leur conservation.

La majorité d'études et des travaux de recherche qui portent sur les différents aspects (régénération, écologie, éco-physiologie et productivité), témoigne sur l'importance particulière de cette essence, en tant que matériel biologique de qualité (**Derrij ; 1991**).

Malgré cette protection qui est renforcée par les études et les travaux de recherche portant sur sa conservation est son extension, le cèdre reste exposé à plusieurs contraintes. En effet, si le pâturage inhibe d'une manière accentuée toute forme de régénération et son extension, les coupes illicites ne sont pas moins dégradantes. En outre les attaques parasitaires menacent de plus en plus la majeure partie des cédraies.

De ce fait, l'être humain est appelé à corriger ses erreurs par des différentes méthodes de production des forestiers à raison de récupérer les superficies forestières endommagées.



Dans notre travail nous nous sommes proposées à travers cette approche expérimentale, l'étude de la germination de deux provenances (le parc national de Chr  a et le parc national de Theniet El Had) de cette espèce forestière (cèdre de l'Atlas) sous l'effet de trois périodes de froid (15 ,30 et 40 jours) pour :

- ❖ . La stratification au froid
- ❖ .La stratification de sable

Et nous avons testé leur croissance sous l'effet de cinq types du substrat de culture à différents pourcentages des composants (terre végétal, fumier et sable de rivière).

Nous avons donc testé les taux de germination, la levée, la vitesse de germination, la vitesse de croissance, le taux de mortalité, et Aspect morphologique des plantules.

Partie I
Etude bibliographique

Chapitre 01
Données sur le genre Cedrus

1. Le cèdre à travers l'histoire :

Le cèdre de l'Atlas est par excellence, l'essence noble de l'Afrique du nord et de l'Orient, donc le prestige auprès de l'homme tant par la majesté de son port pyramidal, que par sa grande longévité et les origines historiques qui s'y rattachent **Arbez, (1987)**.

Le genre Cedrus décrit par **Trew en 1757** cité par **Arbez, (1987)** est considéré comme une relique de la flore de l'Arée tertiaire qui a pu survivre aux glaciations du quaternaire.

Selon **Gaussen (1964)**, le genre Cedrus est considéré comme le plus ancien des Abiétacées après le genre Pinus, ce qui a souvent entraîné une confusion entre ces deux derniers d'où le nom de Pinus cedrus, c'est l'un des ancêtres des pins actuels, qui aurait donné naissance aux cèdres [**Illoul et al ; (1992)**].

Selon **Toth, (1980)** des analyses polliniques de sédiments ont prouvé l'existence du cèdre à l'époque, dans de très nombreuses stations européennes. Le Rif (MAROC) est déterminé comme espèce en 1841 (**Flahault, 1934**).

2. Caractéristiques biogéographiques du genre Cedrus :

Des études paléontologiques ont montré que l'aire du cèdre était beaucoup plus vaste, il existait durant le tertiaire, ou il occupait des régions dont il a disparu actuellement [**Boudy, (1950) ; Gaussen, (1967)**].

La plupart des auteurs classent les cèdres en quatre espèces, se répartissant en quatre zones géographiques différentes.

Ces quatre espèces d'inégale importance tant au point de vue économique, qu'à celui de la surface, occupent spontanément trois sites géographiques différents dont ;

L'Afrique du nord, L'Asie et l'Himalaya.

2.1 Site de l'Afrique du nord :

Ce site est représenté par :

-*Cedrus atlantica* MANETTI = cèdre de l'Atlas (Maroc, Algérie)

Cette espèce à des feuilles vertes bleutées ; très rustiques, est utilisée pour le reboisement, sa régénération naturelle est très abondante .On emploie plus particulièrement la variété Glana qui est très belle et très répandue.

* L'Atlas marocain, avec 126.000 ha environ selon **Moufaddal, (1983)**, est étalé sur deux zones d'altitude différente, de 1.300 à 2.400 m: le moyen Atlas, le grand Atlas oriental (116.000 ha) et le Rif (occidental et central) avec 15. 000 ha.

* En Algérie on le trouve dans plusieurs régions bioclimatiques aux conditions écologiques très différentes.

La particularité de l'aire naturelle du l'Atlas en Algérie ne réside pas dans l'importance de sa superficie évaluée à 30.400 ha, tout en considérant son énorme régression depuis, mais plutôt dans l'importante diversité de ses conditions écologiques [**Boudy, (1950) ; Igoud, (1995)**].

2.2 .Site de l'Asie : ce bloc divise en deux parties occupées chacune par une espèce particulière :

-*Cedrus libanotica* BOREL = cèdre du Liban (Liban, Syrie, Turquie)

Le cèdre du Liban a des branches qui s'étalent et s'inclinent même vers le sol, les feuilles sont d'un vert foncé, il est surtout rencontré dans les parcs et à donné quelques variétés ornementales dont Pendula, au port pleureur, s'érigent et s'étalent horizontalement.

-*Cedrus brevifolia* HENRY = cèdre de Chypre (Chypre)

On le trouve sur l'île de Chypre, en forêts de *PAPHOS*, il s'étend sur une surface assez restreinte, (**Finlayson, 1971**).Les feuilles sont courtes, de petite taille (ce cèdre n'a pas d'intérêt sylvicoles)

2.3 Site de l'Himalaya :

-*Cedrus deodora* LOUDON = cèdre de l'Himalaya (Himalaya, Afghanistan)

Représente le grand massif de l'Inde et de l'Afghanistan aux vastes étendus sur le nord ouest d'Himalaya entre 1.350 et 3.500 m d'altitude (**Parde, 1946**).

Le feuillage est léger, décoratif, possède un aspect pleureur, très ornemental. Ce cèdre a donné de nombreuses variétés horticoles à feuillage doré, comme Aurea au port pleureur, et Pendula, il n'est pas utilisé en forêt.

Parmi ces 4 espèces de cèdre, *Cedrus deodora* est la plus distinctive cependant *Cedrus atlantica* constitue l'essence la plus propagée artificiellement, elle fut essentiellement employé dans le reboisement du sud-méditerranéen français en 1886. C'est sa facilité d'adaptation aux conditions difficiles, de rusticité, que cette essence fut introduite, en Italie (1864), Bulgarie (1890) et en U.R.S.S vers 1890, (tab 1).

Tableau 1 : Répartition des différentes espèces du genre *Cedrus*

Site	Espèce	Localisation	Superficie (ha)	
			M'hirit, (1999)	Quezel, (1998)
1	<u><i>Cedrus atlantica</i></u>	Atlas algérien	20 000	30400
	Manetti	Atlas marocain	90 000	130 000
2	<u><i>Cedrus libani</i></u>	Liban	-	1700
	Barel	Syrie	quelque centaine	-
		Turquie	-	160 000
	<u><i>Cedrus brevifolia</i></u>	Chypre	700	-
3			-	-
	<u><i>Cedrus deodara</i></u>	Inde	-	-
	Loudon	Afghanistan	-	-

3. Systématique et caractères botaniques des quatre espèces du genre Cedrus:

Sur le plan systématique, le cèdre appartient à l'embranchement des Spermaphytes, au sous - embranchement des Gymnospermes, à la classe des Vectrices, à l'ordre des Coniférales, à la famille des Pinacées, à la sous -famille Abiétacées au genre Cedrus.

Les caractères distinctifs des quatre espèces montrent une diversité assez importante (Tab 2).

Tableau 2 : Comparaison des caractéristiques botaniques des quatre espèces du genre *Cedrus*, d'après Putod (1974) et Quezel (1998).

Espèces	<i>Cedrus atlantica</i>	<i>Cedrus libani</i>	<i>Cedrus deodara</i>	<i>Cedrus brevifolia</i>
Organes	MANETTI	BAREL	LOUDON	HENRY
Feuilles	1 à 2 cm de long toujours inférieures à 3 cm – largeur 21 mm, vertes, quel fois glauques, peuvent être plus épaisses que larges	de 1,5 à 3,5 cm largeur 1 mm, vert foncée – toujours plus larges qu'épaisses	de 1,5 à 3,5 de long – largeur 1 à 1,5 mm, souvent vert claires	Longueur de 0,8-5 cm larges de 1.5 à 2 mm en général distinctement incurvées, coriaces et acuminées.
Bourgeons	Petits, gris bruns jaunâtres	Petits, gris bruns violacés	-	-
Jeunes rameaux	Assez longs, dressés gris jaunâtres courtement pubescent	Courts, dressés, glabres ou pubescent	Gris, roux jaunâtres légèrement velus, pendants	-
Chatons mâle	Jaune verdâtres puis rose bruns	Verts teinté de jaune	Vert bleus puis rose violacés	-
Fleurs femelles	Vertes, jaune pâles ou pourpres rose violacés	pourpres	Vert bleuâtres	-
Cône mûre	Long 5-8 cm, larg 4-5 cm allongés, ovoïdes	Long 8-10 cm, larg 5-7 cm globuleux	Long 7-12 cm, larg 5-7 cm ovoïdes, violacées	Ne dépassant pas en général 8 cm de longueur
Graine	10 à 15 mm de longueur	-	-	-
Ecorce	Gris claire et foncée	Gris foncés	Gris foncés	-
Port	Effilé, élancé puis tabulaire	Effilé puis tabulaire, grosses branches à tous niveaux et s'inclinant vers le sol	Flèche persistante plus longtemps	-

Chapitre 02

Données sur le cèdre de l'Atlas

4. Le cèdre de l'Atlas:

En Algérie, les massifs de cèdre sont très morcelés, ils sont localisés au sommet de l'Atlas saharien et tellien (Fig 2). Hormis leur tempérament montagnard commun, les cédraies se développent dans des conditions climatiques variées (**Aussenec, 1984**)

Ces conditions climatiques auxquelles est soumis le cèdre ont induit une variabilité intra-spécifique dans son aire algérienne (**Berka, 1997**) (Fig 01).

5. Systématique :

Selon **Emberger, (1999)** la position taxonomique du cèdre de l'Atlas est :

Embranchement: Spermaphytes

S/Embranchement : Gymnospermes

Classe: Vectrices

Ordre: Coniférales

S/Ordre: Abiétales.

Famille: Pinacées

Sous- famille : Abiétacées.

Genre: *Cedrus*

Espèce: *Cedrus atlantica* Manetti

Nom commun: cèdre de l'Atlas.

Nom arabe: Meddad, Erz

Nom berbère: Begnoun, Ithguel

6 .l'Aire de répartition naturelle du cèdre de l'Atlas :

L'aire naturelle du cèdre de l'Atlas est très dispersée. Il occupe les montagnes de l'Afrique du nord et plus précisément celles du Maroc et de l'Algérie [**Boudy, (1950) ; M'hirit, (1982); Panestos et al. (1992)**].

Le Maroc détient la plus grande surface (fig. 1), celle- ci est estimée à 116000 ha [**M'hirit, (1994) et Messat, (1994)**].

La cédraie marocaine se localise dans deux régions bien distinctes : le Rif avec une superficie de 16000 ha, le moyen et le grand Atlas avec 100000 ha [**Toth, (1980) ; Boudjerda, (1990)**].

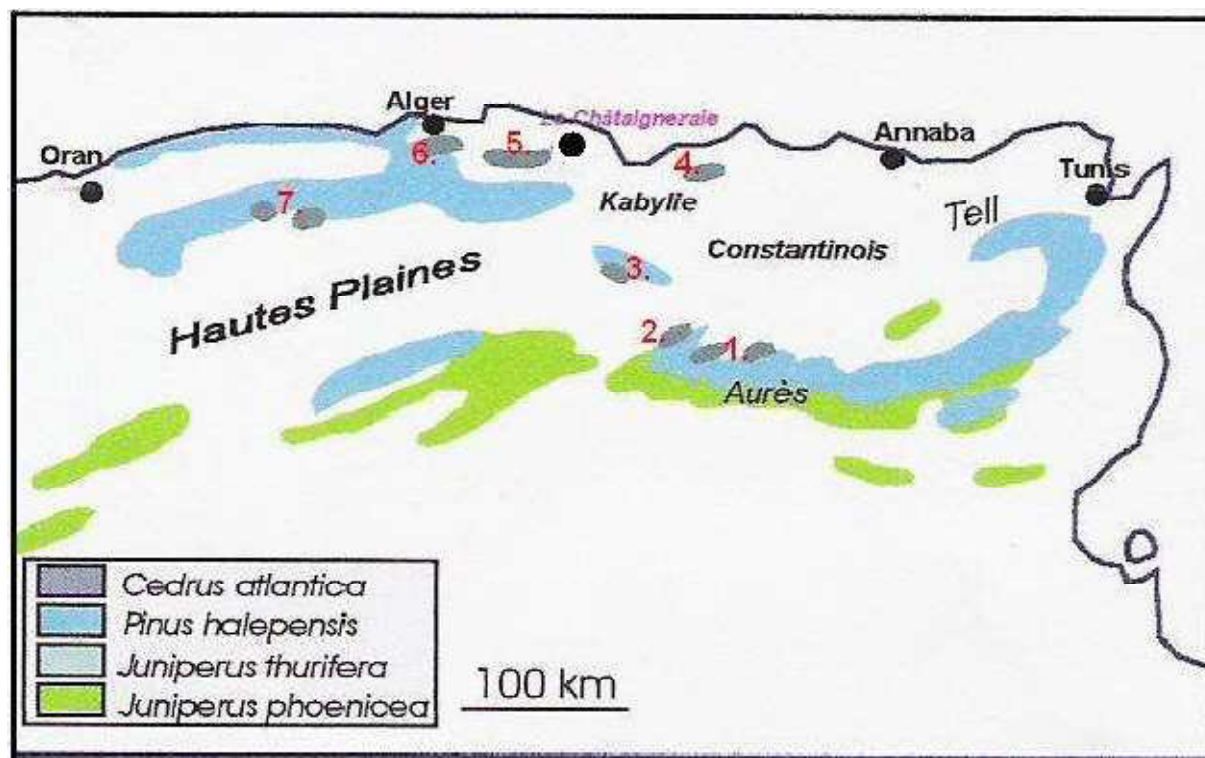


Figure 01 : Localisation de *Cedrus atlantica* en Algérie (Roche, 2006)

En Algérie, les peuplements les plus importants se rencontrent dans l'Aurès, mais d'autres cédraies colonisent les massifs montagneux de Ouarsenis, de l'Atlas mitidjien, des Babors et du Hodna [Abdessamed, (1981) ; Derridj, (1990) ; M'hirit, (1994) ; Benabid, (1993)].

Les cédraies algériennes se divisent en deux types :

□ Les cédraies sèches caractérisées par les conditions climatiques les plus sévères et soumises directement aux influences sahariennes (tab 3).

□ La cédraie humides qui bénéficie d'un climat particulièrement favorable [Abdessemed, (1981); Pradal, (1979) ; Boudjerda, (1990)].

Tableau 03 : Répartition des cédraies Algériennes selon le climat

Type de cédraie	Région	Superficie (Ha)
Cédraies sèches	Aurès	12022
	Hodna	8000
	Théniet el Had	1000
Cédraies humides	Babor	1300
	Djurdjura	1200
	Atlas Blideen	1000

Abdessemed (1981)

Selon [M'hirit, (1994) ; Harfouche et Nedjahi, (2003) ; Roche, (2006)] on trouve d'est en ouest :

1. le massif de l'Aurès (23 254 ha)
2. les monts du Hodna (8000 ha)
3. le djbel Babor (1300 ha)
4. le massif du Djurdjura (2000 ha)
5. les monts de Blida (1000 ha)
6. le massif de l'Ouarsenis (1100 ha)

La surface totale de la cédraie algérienne est estimée à 24 522 ha par [M'hirit (1994); Harfouche et Nedjahi, (2003) et Roche, (2006)], dont plus de 1 260 ha est perdue par dégradations. Elle est aujourd'hui de l'ordre de 16000 ha selon la direction générale des forêts (Tab 4).

Tableau 04 : Estimation de la superficie (Ha) du cèdre de l'Atlas en Algérie

	1955 (Boudy)	1995 (INRF)	2006 (DGF)
Cèdre de l'Atlas	29.000ha	23.000ha	16.000ha

7 .Aire d'introduction :

Le cèdre de l'Atlas a été depuis longtemps l'une des espèces de reboisement les plus utilisées dans la région méditerranéenne (Ripert et Boisseau, 1994).

Dans le sud de la France, le cèdre de l'Atlas fut introduit pour la première fois en 1862 sur une superficie de 10 à 15 ha dans le reboisement de la forêt communale de Bédoin (Vaucluse) et dans la chênaie pubescente du Mont-Ventoux (Toth, 1971, 1994).

Aussi, Il a été également introduit au Portugal en 1935 (Toth, 2005), en Italie en 1964 {Brunetti et al, (2001) ; Andrea et Roberto, (1994)}, en Espagne, aux États Unis (M'hirit, 1994), en Bulgarie en 1876 Delkov et Grozev, (1994) et en Hongrie en 1955 (Csaba, 1994) et en Tunisie [Dahman et Khouja, (1994) ; Lasram, (1994)].

8. Caractères botaniques et forestiers :

Le cèdre de l'Atlas est un arbre de grande taille, susceptible de dépasser les 50 m de haut. Son port pyramidal au stade juvénile, présente des ramifications de premier ordre souvent redressées. A l'âge adulte, il prend une forme tabulaire (Gaussen, 1967) (Fig 02).

Cône: Le cône est cylindrique de 5 à 8 cm de long, vert avant maturité puis brun. Il est cylindrique au sommet aplati ou déprimé [Debazac, (1964) ; Toth, (1971) et Riou-Nivert, (2007)]. Il mûrit en 2 ans (Boudy, 1952).

Longévité : la longévité du cèdre est très remarquable, elle peut dépasser 1000 ans [Boudy, (1950) ; Toth, (1978)].

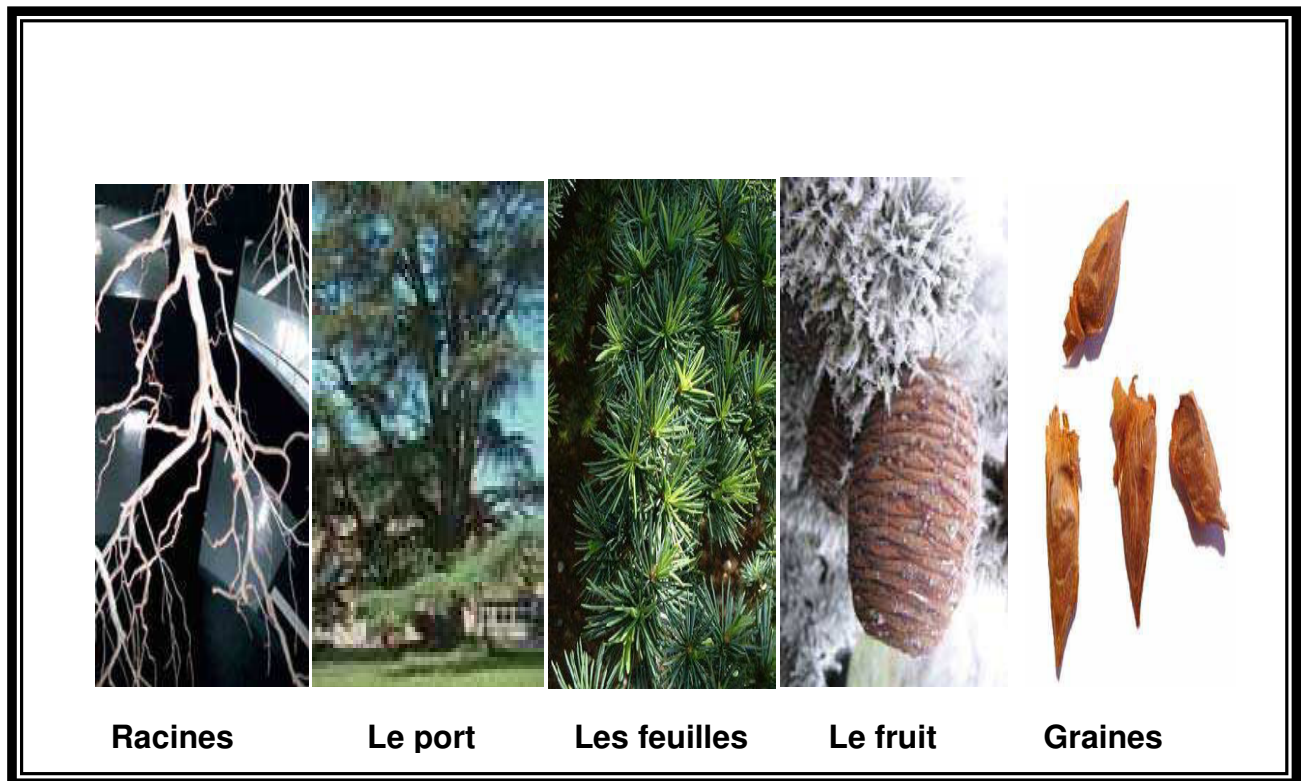


Figure 02 : Caractères botanique de cèdre du l'Atlas (Boudy, 1952)

Taille : le cèdre de l'Atlas est un arbre de première grandeur pouvant atteindre 50 m de haut et 6 m de circonférence.

Tronc : il est généralement branchu avec une hauteur dépassant rarement les 20 m. Il est droit ou conique pendant son jeune âge et devient tortueux dès que l'individu est âgé.

Écorce : L'écorce est divisée en petites écailles d'une couleur jaune_ brun, puis grisâtre (Toth, 1971), et crevassée profondément avec une couleur foncée à un âge avancé [Toth, (1981) ; Maire Krouchi, (1995)].

Enracinement : L'architecture du système racinaire est très étendue, ramifiée et pivotant (Boukcim et al, 2001). Les racines obliques colonisent les sols humides et profonds [Toth, (1970) et Ripert, (2007)], et assure la stabilité de l'arbre (Boudy, 1950).

La graine : Elle est marron-roux, sub -triangulaire, longue de 10 à 15 mm, tendre, très résineuse, à aile large, le poids de 1000 graines est de 60 à 100 g [Debazac, (1964) ; Toth, (1971)].

La graine du cèdre ne germe que si les températures journalières avoisinent les 10°C pendant 9 à 10 jours (Lepoutre, 1964).

Les aiguilles : Elles sont isolées sur les jeunes rameaux longs et sur les pousses de l'année, leur longueur est de 1 à 2 cm, rigide à apex aigu, d'une couleur qui varie du vert - foncé au vert bleuté selon les arbres. Elles sont fasciculées et en rosette sur des rameaux courts, elles sont persistantes [Boudy, (1950) ; Toth, (1971)]. Il est à noter qu'il existe une certaine variabilité intra-spécifique de *Cedrus atlantica*.

Ainsi, les provenances algériennes présentent des aiguilles plus longues, mais moins nombreuses par rosettes que celles de leurs homologues marocaines (Bariteau et Ferrandes, 1992).

Rameaux : Selon Arbez et al, (1978) les rameaux sont de deux sortes :

- les rameaux longs, de couleur gris- jaunâtre, pubescents, ne portant que des aiguilles isolées pendant la première année.
- les rameaux courts sont trapus, insérés sur les précédents et terminés par un bouquet d'aiguilles très nombreuses et serrées.

La ramure est horizontale, mais les branches ne sont pas étagées en verticilles (Boudy, 1952)

Organes de reproduction : Le cèdre de l'Atlas est une essence monoïque : les fleurs mâles et femelles de type chatons évoluent sur le même arbre. Les inflorescences mâles et femelles ne se constituent pas en même temps. **Les inflorescences mâles** sont d'un jaune verdâtre alors que les **inflorescences femelles** sont d'un vert pâle (Debazac, 1964).

Pollinisation : A partir du mois d'Octobre, les bractées des inflorescences femelles commencent à s'ouvrir progressivement pour recevoir les grains de pollen libérés par les chatons mâles. Ces derniers se détachent une fois la pollinisation terminée [Toth, (1978) a ; (1978) b ; (1982-1984) ; (1984)].

Selon Boudy (1952), la fécondation des fleurs se produit en automne. Durant l'année suivante, le cône se forme et à l'automne de la deuxième année, il reste vert sur l'arbre. C'est durant la troisième année, que se produisent la maturation des cônes et leur désarticulation.

9 .Caractéristiques écologiques du cèdre de l'Atlas :

C'est un arbre essentiellement montagnard, bien adapté au climat froid. Les conditions écologiques du cèdre sont très variables et varient selon plusieurs facteurs dont les plus importants sont l'altitude, le climat et le sol (Boudy, 1950).

9.1- Climat :

Selon Faurel (1947), la répartition géographique des cédraies est le résultat de composantes d'ordre presque uniquement climatique.

Selon Debazac (1964), Le cèdre de l'Atlas se trouve donc en climat méditerranéen humide (Rif), sub-humide (Moyen Atlas) ou semi-aride (Aurès, grand Atlas oriental).

Généralement le cèdre est une espèce de demi-ombre, occupant les étages bioclimatiques allant du semi-aride supérieur et sub-humide, à variante fraîche à très froides [Quezel, Nedjahi, (1988) ; M'hirit, (1982) ; Derridj, (1990) ; Pons, (1998)].

Le cèdre de l'Atlas trouve son optimum écologique dans le climat méditerranéen humide à hiver froid (Quezel, 1980).

Selon Boudy (1950) en Algérie le cèdre se situe dans les bioclimats du :

- **Semi aride à hiver froid** : Boutaleb (Hodna), Chélia (Aurès), Djebel Azreg (Aurès).
- **Sub-humide à hiver froid** : Thniet El had (Ouarsenis), nord du Belezema (Aurès).
- **Humide frais** : Monts du Djurdjura.
- **Per-humide** : Babor (nord), Chréa (Atlas blidéen).

9.1.1. Température :

La température constitue un facteur écologique limitant et important. Elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des végétaux.

En Afrique du nord (Maroc, Algérie) le cèdre vit entre 8°C et 10°C (température moyenne

annuelle). Dans les monts des Aurès, il se trouve entre 8 °C et 10 °C, à Ifran (MAROC), il se trouve entre 10 °C et 12 °C [Gaussen, (1955) ; Saadi, (1992)]. Riou-Nivert (2005) a signalé que le cèdre peut résister à très basses températures (-20°C).

9.1.2. Précipitation :

La pluviométrie joue un rôle prépondérant sur la croissance du cèdre (Toth, 1987). Le cèdre de l'Atlas, est une essence pas très exigeante pour la pluviométrie, allant de 450 mm/an à 1700 mm/an (Schoenenberger, 1970). Selon Mediouni et Yahi (1994), le cèdre se développe entre 440 et 1403 mm de pluie. La pluviométrie varie d'une station à l'autre ; la cédraie du massif littoral des Babors bénéficie de pluviométrie annuelle de 1400 mm, dans les Aurès la pluviométrie est plus faible ; 400 à 500mm.

9.2. Altitude :

Les limites inférieures ou supérieures diffèrent d'une cédraie à l'autre. D'après Pujos (1966), trois types de cédraies se distinguent en fonction de l'altitude (Tab 5) :

O Les cédraies basses : inférieures à 1800 m.

O Les cédraies moyennes : comprises entre 1800 – 2100 m

O Les cédraies hautes : supérieures à 2100 m.

L'altitude joue un rôle important dans les processus de régénération naturelle du cèdre. A basse altitude, les hivers sont plus doux et la régénération du cèdre est plus abondante, tandis qu'à haute altitude les hivers sont rudes et retardent donc les dates de germination, ce qui est plus souvent incompatible avec la survie des plantules [Lepoutre, (1963) b et Nedjahi, (1988)].

Tableau 5 : Limites altitudinales des cédraies algériennes suivant l'exposition

Exposition	Nord	sud	Limites	Auteurs
Cédraies	Limite inférieures (m)		Supérieures	
Atlas tellien	1000 à 1400	1400 à 1600	1629 à 2004	Lapie et Maige, (1914) ; Halimi (1980) ; Derridj
Atlas saharien	1400 à 1500	1600	2200 m	Toth, (1980) ; Abdessmad, (1985)

9.3. Exposition :

L'exposition joue un rôle très important dans la répartition du cèdre. C'est ainsi que pour une même chaîne de montagne le cortège floristique ainsi que la croissance, la fructification et la régénération sont différentes selon les versants. Cela s'explique surtout par le volume différent des précipitations selon les expositions. Selon **Seltzer (1946)** et **Lehouerou (1975)**, il existe des relations entre l'exposition et l'altitude d'une part et la pluviométrie d'autre part et préconisent entre 20 et 40 mm d'accroissement de la pluviométrie annuelle par 100 m de dénivelée selon l'exposition des versants.

En Algérie les plus belles cédraies évoluent sur les versants nord et nord-ouest, plus exposées à une pluviométrie importante par suite de vents humides, comparativement aux versants sud exposés aux vents chauds et secs « Sirocco » et un ensoleillement plus fréquent (**Emberger, 1935**).

9.4. Sol :

Selon **Boudy (1952)** et **Lepoutre (1963)**, le cèdre s'accommode à toutes les compositions chimiques du sol, c'est la composition physique qui joue le rôle prépondérant. Ce qui le rend apte à coloniser presque tous les types de sol (**Toth, 1971**). Les textures légères semblent prisées par les jeunes semis (**Pradal, 1979**). Le cèdre préfère les sols profonds, meubles et caillouteux, généralement, il pousse mieux sur les calcaires plus ou moins compactés que sur les schistes, calcaires ou gréseux et en grès.

Il redoute les sols mal drainés, asphyxiants et hydromorphes; la structure argileuse lui est défavorable également [**Schoenberger, (1970)** ; **Toth, (1971,1981)** et **Anonyme, (1971)** ; **Hadji, (1991)**].

Le cèdre peut croître aussi bien sur sol acide (pH 4) que sur sol basique (pH 8) [**Alexandrain, (1992)** ; **Belloumi, (2002)**].

En Algérie, on le retrouve sur les sols gréseux, sur les schistes et les sols calcaires [**Bariteau et al, (1990)** ; **Khanfouci, (2005)**]. Dans les Aurès, le cèdre de l'Atlas évolue sur des sols bruns ou des rendzines. Les roches qui forment ces sols sont des grès blanches, des dolomies et des marnes [**Schoenberger, (1970)**; **Abdessemed, (1981)**], des sols bruns fersiallitiques, ou des sols bruns eutrophes sur grès (**Benarab, 1996**).

10. Les ennemis du cèdre de l'Atlas :

Plusieurs espèces d'insectes existent dans les cédraies du bassin méditerranéen et commettent des dégâts (**Fabre, 1976**). Les chercheurs de l'INRA signalent des peuplements spontanés du cèdre de l'Atlas du nord par un riche complexe d'insectes phytophages dont les chenilles processionnaires et les scolytes (**Bariteau et al, 1992**).

10.1. Les ravageurs:

10.1.1. Les insectes (défoliateurs) :

La chenille processionnaire du cèdre (*Taumatopea bonjeani*), ravageur des aiguilles, signalée pour la première fois dans les cédraies de haute altitude à Azrou (moyen Atlas) au Maroc en 1921. En Algérie l'insecte a été découvert en 1982 dans la cédraie du Bélezma. Depuis, sa présence a été confirmée à la suite d'investigations dans les cédraies {**Gachi et al. (1986); &Gachi, (1989)**}.

La chenille Processionnaire du pin (*Thaumetopeae pityocampa*), qui attaque les aiguilles des jeunes pousses (**Boudy, 1950**).

La tordeuse du cèdre (*Epinotia cedria*) attaque en effet l'arbre en entier indépendamment de son âge et de sa situation dans le massif forestier {**Mouna, (1986) et Ladjal, (2007)**}.

Selon **M'hirit et al. (2006)**, *l'Epinotia algeriensis*, peut pulluler et constituer un danger,ou, aussi vivre dans l'aire du cèdre à l'état de latence sans présenter de risques pour l'arbre.

Cette tordeuse a pour seul hôte connus les cèdres de l'Atlas et du Liban. Elle a été décrite initialement sur des *Cedrobium loportei* individus récoltés en France, sur cèdre de l'Atlas, dans la cédraie du Luberon, par **Diakonoff en 1969**. Depuis, sa répartition géographique a été précisée (**Fabre, 1976**). Dans l'aire naturelle des cèdres, elle est présente au Maroc, et largement répandue en Algérie.

10.1.2. Les insectes ravageurs des graines :

Le chalcidien seminivore (*Megastigmus pinsopinis*) est un Insecte parasite de la graine en particulier durant les années de faible production (**Toth, 1978**).

10.1.3. Les insectes suceurs de la sève :

Le puceron du cèdre (*Cedrobium loportei*) est un puceron caractérisé par la production du miellat, qui colle aux feuilles et gêne l'assimilation chlorophyllienne.

10.2. Les maladies cryptogamiques :

Parmi les champignons qui causent des dégâts redoutables au cèdre on cite :

- (***Polyporus officinalis***) : cause des altérations plus ou moins graves au cèdre (**Boudy, 1952**).
- (***Armillaria milla***) : ce champignon attaque surtout les racines et le tronc, il se développe surtout sur les arbres affaiblis par une cause quelconque (**Malki, 1992**).

10.3. Les incendies :

De toutes les espèces qui composent la forêt méditerranéenne, le cèdre est le moins inflammable et le moins combustible. En peuplement dense, le cèdre élimine toute la végétation herbacée, de ce fait il est peu propice au feu (**Boudy, 1950 ; Toth, 1970**).

10.4. Les animaux

En plus des insectes, des champignons, et des incendies, on peut citer le sanglier comme un animal qui endommage la régénération naturelle du cèdre par son mode de nourriture et notamment par le piétinant et qui se fait particulièrement sous- couvert.

Le bétail (surtout le Bovins) lâché en liberté dans la forêt, cause lui aussi de terribles dégâts par son empiétement qui compacte le sol [**Mazirt, (1991) ; Belkhiri, (1993)**].

Les jeunes cèdres n'échappent pas à leur tour à la dent du bétail, qui en broute les parties terminales vertes. De tels arbres, même s'ils grandissent donneront des individus avec des paramètres dendrométriques en dessous de la moyenne caractérisés par la faible production, et des hauteurs insuffisantes (**Bnef, 1985**).

D'une manière générale, le pacage incontrôlé constitue l'une des principales causes de la destruction de l'écosystème forestier.

10.5. L'Homme

C'est l'Homme qui par son action directe (coupes illicites, défrichements) ou indirecte (parcours) a contribué à la régression des formations végétales en général et de la cédraie en particulier, il reste l'ennemi le plus dangereux du cèdre de l'Atlas [**Abdessemed, (1981) ; El Yousfi, (1994)**].

11. Association végétale :

L'association floristique du cèdre de l'Atlas varie d'un étage bioclimatique à un autre. Selon **Boudy (1952)** la cédraie se présente sous deux faciès :

• Faciès humide

Localisé aux monts de Chréa, dans les Babor et au moyen Atlas marocain, caractérisé par le

chêne vert, le chêne zeen, l'if et par l'absence de genévrier thurifère et de nombreuses autres espèces.

• **Faciès relativement sec**

Qui est celui de l'Aurès, des monts du Hodna, Theniet El Had et du grand Atlas orientale marocain. Selon **Boudy, (1952)**, les espèces les plus caractéristiques de ce faciès sont :

<i>Pinus halepensis</i> Mill.....	Le pin d'Alep.
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Le genévrier oxycède.
<i>Juniperus Thurifera</i>	Le genévrier thurifère.
<i>Ampelodesma mauritanica</i>	Diss
<i>Fraxinus xanthoxyloides</i>	Le frêne dimorphe.
<i>Acer monspessulanum</i>	L'érable de Montpellier.
<i>Sorbus aria</i>	Le sorbier
<i>Quercus ilex</i>	Le chêne vert
<i>Crataegus monogyna</i>	L'aubépine monogine
<i>Taxus baccata</i>	L'if

12. Utilisation du cèdre :

Selon **Toth (1980)** le cèdre est une essence capable de remplir plusieurs rôles à la fois, et ça malgré les conditions écologiques souvent difficiles et la surface restreinte qu'elle occupe :

- La qualité du bois du cèdre est supérieure à celle de tous les pins dans le Méditerrané. Elle lui assure toutes sorte d'utilisation, fabrication de chalets de montagne, menuiserie, charpente poteaux, placage intérieur, meubles rustiques, les produits d'éclaircie peuvent être utilisés également en papeterie, mélangés en faible quantité avec les pins (**M'hirit, 2006**). Il peut même fournir de la térébenthine (**Becker et al, 1983**).
- Il sert également à la fabrication des sarcophages et des cercueils de certains papes (de Vilmorin, 2003).
- Le cèdre de l'Atlas bénéficie d'une grande facilité de régénération naturelle dans les étages de chêne vert en Afrique du Nord et chêne pubescent en France, assurant ainsi la pérennité des peuplements et permettant des reboisements économiques par point d'appui (**M'hirit et Benzyane, 2006**).

- Protection contre l'incendie, feuillage peut inflammable [**Alexandrian et Gouiran, (1992) ; Aussenac, (1981)**], avec l'élimination de la végétation herbacée très inflammable (**Toth, 1990**).

- Maintient d'un équilibre biologique en protégeant et en améliorant le sol (**Toth, 1990**).

Toutes ces qualités d'adaptation a priori aux conditions climatiques, édaphiques de la zone méditerranéenne justifie donc son importance en reboisement [**Toth, (1990) ; Bariteau et Ferrandes, (1992)**].

13. Résistance du cèdre à la sécheresse :

La résistance à la sécheresse chez le cèdre réside dans son développement racinaire profond et rapide {**Grieu et Aussenac, (1988) ; Ducrey, (1993)**}.

L'adaptation du cèdre de l'Atlas à la sécheresse réside dans sa bonne croissance radiaire et sa capacité à prospecter le sol en profondeur, ce qui explique le relativement bon comportement des cèdres sur sols calcaires superficiels mais fissurés (**Ducrey, 1993**).

Selon le même auteur le cèdre résiste à des stress hydriques très importants. Il peut supporter des dessèchements atteignant -40 bars.

Mais d'autres rapportent que le stress hydrique se manifeste à partir de -16 bars, puis vers le taux d'humidité diminue jusqu'à la fermeture des stomates, vers -30 bars les tissus ne peuvent plus retenir leur eau de constitution intra-cellulaire et les arbres meurent rapidement [**Pradal, (1979) in Ait Abderrahman, (2007)**].

Par ailleurs, la présence de champignons ectomycorhiziens dans plusieurs sites de la cédraie peut conférer aux jeunes semis une tolérance à la sécheresse (**Lamhameadi et Chbouki ; 1994**).

14 .Biologie de la reproduction:

Le cycle de reproduction, de la production des graines jusqu'à leur dissémination, s'étale sur 3 années (**Till, 1985**) :

- Année 1 apparition des cônes, «floraison» et pollinisation.
- Année 2 : fécondation des ovules par les gamètes mâles et croissance des cônes.
- Année 3 : Maturation des cônes et leur désarticulation --> dissémination des graines.

- Année 1 :

Le début du cycle commence en juin de la première année avec l'apparition des bourgeons mâles. Ils vont croître jusqu' à début Septembre, pour atteindre leur taille définitive de cône de 1 cm de diamètre et 4-5 cm de long).

A la mi-Septembre ils sont à maturité; ils s'ouvrent et les grains de pollen sont dispersés par le vent. Ces périodes de «floraison» et de pollinisation peuvent durer jusqu'au mois d'Octobre.

Une fois les grains de pollen dispersés, les cônes mâles vont sécher lentement jusqu'à leur chute durant l'automne ou l'hiver.

Les bourgeons femelles apparaissent fin Août. Ils vont croître jusqu'à 0.5 cm de diamètre pour 1.5 cm de long à la mi-Septembre. Ils sont alors prêts à recevoir les grains de pollen. Une fois la pollinisation terminée, les écailles des cônes femelles se referment pour former le *cônelet*

- Année 2:

Les cônelets restent inchangés jusqu'aux environs du mois d'Avril de l'année 2. Ils connaissent alors un accroissement de taille durant environ 2 mois.

Huit mois après la pollinisation, la fécondation, qui n'a pas eu lieu en Octobre de l'année 1, peut alors se produire. Les grains de pollen émettent leurs tubes polliniques vers l'intérieur de l'ovule, permettant ainsi la fusion des gamètes mâles et femelles.

Les cônelets deviennent alors des cônes proprement dits. Ces cônes continuent de croître jusqu'à la fin Septembre. Ils atteignent à ce moment du développement, leurs dimensions et poids maximaux. C'est vers la fin Décembre, qu'ils atteignent leur maturité morphologique. Les graines sont déjà formées et possèdent bien distinctement leurs trois éléments principaux : embryon, endosperme et tégument.

- Année 3:

La déshydratation des cônes se poursuit jusqu'en Août de l'année 3, quand ils arrivent à maturité physiologique. Avant cette date, l'ouverture des cônes n'est possible qu'artificiellement.

En Septembre, les écailles s'ouvrent pour permettre à l'humidité et à l'eau de pluie de pénétrer dans les cônes et de contribuer au détachement des graines.

Les conditions de gel-dégel-humidité nécessaires à la désarticulation sont généralement réunies à partir du mois de Novembre, mais parfois la dissémination peut se prolonger jusqu'au mois d'Avril de l'année 4 si l'hiver est doux.

15. La régénération naturelle :

Le problème des cédraies naturelles est le manque de régénération, qui serait lié au surpâturage (**Pujos, 1964**). Le manque de réglementation forestier (pâturage en forêt) a affecté sensiblement cette régénération.

En Algérie, la régénération est confrontée à d'énormes difficultés que les forestiers rattachent à de nombreux facteurs : le surpâturage et surtout l'absence de sylviculture dans les peuplements adultes.

Selon **Boudy (1952)** la régénération naturelle est exposée à une série de facteurs tels que : les pâturages, le développement de la couche herbacée, le manque d'humidité et les futaies vieillissantes. **Toth (1980)** affirme que la plupart des cédraies sont localisées dans des conditions climatiques défavorables (Aurès), dont la régénération est confrontée à d'énormes difficultés (succession d'année de sécheresse).

Les conditions de la régénération de la cédraie algérienne sont très différentes et infiniment plus délicates que celles des boisements de l'Europe moyenne. Cette régénération pose en effet de graves problèmes d'ordre culturel et humain, résultant de la situation écologique du pays en particulier, de la durée et de la rigueur de la saison sèche et de la fréquences des incendies, du pâturage qui s'est intensifié du fait de l'accroissement du cheptel, [**Hhdji, (1998), (M'hirit et al, (2006) ; Dupe, (2007)**].

Selon **Derrij (1991)** et **HADJI (1998)**, la pérennité et le renouvellement du cèdre de l'Atlas en Afrique du Nord reste liés à:

- La qualité de la production des graines et leur dissémination
- La germination
- L'installation et la survie de plantules après le premier été
- L'accroissement ultérieur de semis ou phase de développement

Chapitre 03

Données sur la germination

16. Définition de la germination :

On considère souvent qu'une semence a germé quand elle a donné une jeune plante autotrophe. Mais il s'agit d'une définition agronomique de la germination qui ne tient pas compte des processus physiologiques mis en jeu.

EVARNI (1957) a proposé une définition beaucoup plus restrictive de phénomène : la germination est un processus dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule.

Tout s'accordent à considérer que la germination d'une semence est lorsque la radicule perce les enveloppes ou il s'agit d'un embryon isolé, que la radicule commence à s'allonger, L'évolution ultérieure est un phénomène de croissance. En réalité, le début de l'allongement de la radicule qui constitue le critère de fin de germination fait déjà partie de ce phénomène de croissance.

Divers travaux récents démontrent que le processus de germination comprend en fait plusieurs phases physiologiques successives.

La phase essentielle s'achève juste avant la croissance de la radicule. Elle a été appelée germination sensu stricto par **EVARNI (1957)** pour bien distinguer de la phase de croissance. La germination sensu stricto ne se manifeste apparemment par aucune évolution morphologique de la semence ; ce serait un processus préparatoire à la croissance (**COME, 1970**).

17. Diverses phases de la germination :

Ce sont surtout des mesures d'imbibition et d'activité respiratoire des semences en cours de germination, qui ont permis de détecter l'existence de phases successives.

- Imbibition :

La première phase correspond à une prise d'eau rapide c'est l'imbibition, pendant la seconde phase qui dure plus au moins longtemps selon les espèces considérées, les semences ne s'imbibent plus c'est la phase de germination sensu stricto. La croissance est marquée par une nouvelle absorption d'eau due à l'allongement de la radicule.

Tant que la radicule ne s'est pas allongée, la semence peut être déshydratée sans dommage. Mais, si la croissance a commencée, la déshydratation entraîne généralement la mort de la semence. Le début de la croissance de la radicule marque donc le passage d'un état physiologique réversible à un état irréversible.

- *Activité respiratoire :*

Le processus global de germination comprend donc trois phases successives. La première (imbibition) correspond à l'hydratation de la semence, cette prise d'eau assez rapide entraîne une augmentation régulière de l'activité respiratoire. La seconde phase représente le véritable processus de germination (germination sensu-stricto), la dernière phase (croissance) est marquée par un changement profond d'état physiologiques, car le processus devient irréversible (MAZLIAK, 1982).

18. Critère de germination d'un lot de semences :

Les diverses semences d'un même lot ne sont pas rigoureusement dans le même état physiologique. Cette hétérogénéité se traduit par le fait qu'elles ne germent pas toutes ou qu'elles ne germent pas simultanément.

18.1. Origine de l'hétérogénéité des lots de semences :

Les causes de la variabilité des propriétés germinatives des semences sont multiples et restent très mal connues.

L'aptitude à la germination des semences d'une espèce donnée dépend en premier lieu, du patrimoine héréditaire, c'est à dire des informations génétiques apportés par les gamètes au moment de la fécondation. Mais de multiples facteurs de l'environnement sont susceptibles de modifier considérablement l'expression de ces propriétés d'origine génétique.

L'hétérogénéité des lots de semences, au moment de leur germination, provient de trois grandes catégories de facteurs :

- Conditions de développement des semences sur la plante.

Les conditions climatiques naturelles dans lesquelles se développent des plantes (température, ensoleillement, pluviosité photopériode, nature du sol etc...) peuvent modifier nettement l'aptitude à la germination des semences obtenues.

L'origine géographique des semences est donc très importante.

Toutes les plantes d'une population naturelle, croissant dans les mêmes conditions, ne donnent pas des semences rigoureusement identiques, même s'il s'agit d'une lignée pure.

La culture des plantes de diverses espèces dans des conditions contrôlées a montré que les propriétés germinatives des semences produites, dépendent beaucoup de la température et des conditions photopériodiques auxquelles les plantes sont soumises.

Toutes les semences produites par une plante n'ont pas forcément le même comportement, même si les conditions extérieures restent identiques pendant toute la durée du cycle de développement de cette plante.

Ces différences de propriétés germinatives peuvent provenir de la taille des semences, de leur position sur la plante ou dans le fruit, de leur état de maturité ou de l'âge de la plante au moment où elle les produit.

➤ Conditions de germination :

La germination d'un lot de semence dépend de beaucoup de conditions dans lesquelles on les place.

Si les conditions de germination choisies sont favorables aux semences qui germent le plus difficilement, le lot paraît être assez homogène, car toutes les semences germent rapidement. Mais quand le lot est placé dans des conditions moins favorables à la germination de l'ensemble des semences, celle-ci germent de façon plus étalée dans le temps, ou bien certaines d'entre elles ne germent pas.

Autrement dit, plus les conditions de germination sont défavorables, plus le lot semble être hétérogène (MAZLIAK, 1982).

18.2. Conclusion :

Il est maintenant bien établi que la germination d'une semence est achevée quand la radicule commence à s'allonger. Mais ce phénomène ne se déroule pas à la même vitesse pour toutes les semences d'un lot, ce qui se traduit par un étalement plus ou moins important de la germination dans le temps. L'hétérogénéité des lots de semences, dont les origines sont extrêmes et diverses complique beaucoup la recherche des mécanismes impliqués dans la germination.

18.3. Facteurs généralité de la germination :

La germination d'une semence exige la réunion des conditions extérieures favorables. Cependant, beaucoup de semences sont incapables de germer lorsqu'elles sont placées dans telles conditions. Les causes des inaptitudes à la germination sont inhérentes aux semences elles-mêmes, mais elles sont sous le contrôle de certains facteurs externes.

18.3.1. Facteurs extérieurs :

Selon **MAZLLK (1982)**, la germination exige obligatoirement de l'eau. Mais, l'activité métabolique consécutive à l'imbibition, nécessite de l'oxygène. Enfin comme pour tout autre phénomène physiologique la température joue un rôle très important. L'eau, l'oxygène et la température sont donc les trois facteurs essentiels de la germination.

18.3.1.1. L'eau et l'humidité :

L'eau doit être apportée à l'état liquide, les semences peuvent bien fixer un peu de vapeur d'eau, mais jamais en quantité suffisante pour assurer la germination.

18.3.1.1. 1. Mécanisme de l'imbibition :

Selon les courbes d'imbibition In **MAZLIAK (1982)**, l'absorption d'eau est rapide pendant les premières heures, puis elle devient plus lente et atteint un maximum. L'eau pénétré dans les enveloppes par capillarité, puis les cellules vivantes redeviennent turgescentes et provoquent un appel d'eau. La température intervient assez peu. Elle agit sur la vitesse d'entrée d'eau mais ne change généralement pas le taux d'imbibition final.

La quantité d'eau absorbée au cours de l'imbibition varie d'une espèce à l'autre, mais dans de nombreux cas, l'absorption de plus d'eau se fait selon la nécessité de la germination.

18.3.1.1.2. Influence du mode d'imbibition :

La germination de certaines semences peut dépendre de la façon dont elles sont déposées sur le substrat humide. La germination de l'embryon de pommier est très sensible à la façon dont l'eau lui est apportée, cette sensibilité dépend beaucoup de la température. Les embryons germent très bien entre 5 et 20°C, s'ils sont déposés sur à plat sur un cotylédon. Quand ils sont placés debout sur leur cotylédons, leur germination est plus lente à 5 ; 10 et 15°C elle est pratiquement impossible à 20°C (**MAZLIAK 1982**).

18.3.1.2. L'oxygène :

COME (1970) affirme que la germination exige obligatoirement de l'oxygène.

En effet, la quantité d'oxygène nécessaire à la germination des semences varie d'une espèce végétale à l'autre. Si dans des cas particuliers certaines semences germent sans apport d'oxygène. La germination de la plupart d'entre elles exige une bonne aération, c'est l'embryon qui a besoin d'oxygène. La germination n'est donc possible que si les enveloppes séminales se laissent traverser par le gaz. Le problème de la relation entre l'oxygène et la germination se situe donc essentiellement au niveau des enveloppes, dont l'imperméabilité à l'oxygène retenue de mécanismes divers. En outre l'imperméabilité des enveloppes à l'oxygène peut avoir des conséquences sur l'embryon.

1. Quantité d'oxygène nécessaire :

Beaucoup de semences germent parfaitement dans des atmosphères appauvries en oxygène, 2% à 5 % de ce gaz sont le plus souvent suffisants. Certaines semences germent même mieux dans ces conditions.

Un excès d'oxygène est très souvent néfaste à la germination dans le cas des « *Akènes de Bidensradiata* », cet effet nocif des pressions partielles d'oxygène s'exerce sur la phase de germination sens stricto.

Les embryons dénudés ou les semences scarifiées exigent moins d'oxygène pour leur germination que les semences intactes Les structures qui entourent l'embryon interviennent donc, dans le contrôle de la germination par l'oxygène. (**COME, 1970**).

2. Utilisation de l'oxygène :

Quelques expériences réalisées avec l'embryons de pommier démontrent qu'une semence ou plus précisément, son embryon en cours de germination utilise l'oxygène qui lui parvient à l'état dissous dans l'eau d'imbibition. (**MAZLIAK, 1982**)

Selon le même auteur dans le phénomène de la germination la température interfère beaucoup avec l'oxygène pour deux raisons essentielles ; elle agit sur la vitesse de consommation d'oxygène par l'embryon. Et elle modifie la solubilité de ce gaz.

L'exemple du Pommier montre que l'intensité respiratoire des embryons augmente avec la température, et que la germination exige d'autant plus d'oxygène dans l'atmosphère

que la température est plus élevée. En effet, la solubilité de l'oxygène diminue quand la température s'élève.

C. La température :

C1. Action directe de la température :

La température intervient directement, en agissant sur la vitesse de réaction biochimique.

La température n'agit pas de la même façon sur la phase de germination sensu-stricto et sur la phase de croissance, l'optimum thermique de la première de ces phases est notamment inférieur à celui de la seconde.

L'effet global de la température correspond donc à la résultante de son action sur ces deux phénomènes, l'amélioration de la germination de nombreuses semences par des alternances de température peut sans doute trouver de cette façon, une explication partielle.

Les variations thermiques stimulent alternativement la germination sensu-stricto et la croissance et conduiraient à une meilleure germination que des températures constantes (MAZLLAK, 1982)

C2. Températures compatibles avec la germination :

MAZLLAK (1982) explique que la gamme des températures compatibles avec la germination varie d'une espèce à l'autre. Elle peut être très étroite ou contraire, très large et elle dépend beaucoup de l'origine géographique de l'espèce. Les semences des espèces de climat tempéré germent facilement à des températures relativement basses. Il est très difficile pour une espèce donnée de préciser les températures cardinales de la germination c'est à dire la température minimale, optimale ou maximale, car elles varient parfois assez considérablement avec la variété, le lieu d'origine, les conditions de développement des plantes-mères, l'état de maturité ou l'âge des semences. Elles dépendent aussi des conditions auxquelles les semences sont soumises entre le moment où elles sont récoltées et celui où elles sont mises à germer.

18.3.1.3. La lumière :

Selon MAZLLAK (1982) les semences sont classées en 3 catégories

- Les semences à photosensibilité positive, germent plus facilement à la lumière blanche qu'à l'obscurité. Certaines d'entre elles sont même totalement incapables de germer en l'absence complète de lumière, elles sont dites à * photosensibilités positive strict *

- Les semences à photosensibilité négative ne germent pas ou germent difficilement à la lumière blanche.

- Les semences non photosensibles sont apparemment insensibles à l'éclairement, elles germent de la même façon à l'obscurité et à la lumière blanche.

D.A. Principaux facteurs susceptibles de modifier la photosensibilité

La classification des semences en trois catégories concerne leur comportement vis-à-vis de la lumière blanche.

La durée de l'éclairement est également essentielle. Les semences à photosensibilité positive varient généralement leur germination stimulée par un éclairement de courte durée. Mais certaines d'entre elles exigent un éclairement continu ou des éclaircements brefs répétés. D'autres germent après un éclairement bref, mais leur germination est inhibée en lumière blanche continue.

La vitesse avec laquelle les semences deviennent indifférentes à la lumière dépend des conditions de conservation (température, humidité relative de l'atmosphère, conditions d'éclairement).

Les conditions de développement des plantes-mères (Photopériode, qualité de la lumière, température) peuvent influencer de façon notable la sensibilité à la lumière des semences qu'elles produisent.

La sensibilité des semences à l'éclairement exige l'intégrité de leurs enveloppes. L'ablation de celles-ci, ou une simple scarification, supprime la photosensibilité.

Enfin, la température joue un rôle fondamental, d'une façon générale, la sensibilité des semences à la lumière ne se manifeste réellement qu'à des températures élevées. On peut situer à environ 20°C la température au-dessous de laquelle la photosensibilité disparaît plus ou moins complètement (**HELLER, 1982**).

18.4. Vitesse de germination :

Elle varie selon les espèces et les conditions de semis, dans des essais de germination en étuve à 20°C - 22°C la germination cesse au bout d'un laps de temps déterminé pour chaque espèce, il est de 21 jours pour la plupart des espèces forestières. (**CUISSANCE, 1980**).

Divers facteurs du milieu exercent un contrôle très précis de la germination. L'analyse de l'influence de l'un de ces facteurs ne peut pas faire abstraction des autres, car ils interfèrent tous. L'embryon utilisant comme tout autre organe vivant, l'oxygène à l'état dissous, l'eau d'imbibition de la semence constitue le pourvoyeur d'oxygène. Mais la température interient beaucoup dans ce mécanisme en agissant sur la vitesse de consommation d'oxygène par l'embryon.

. 18.5. Inaptitudes a la germination les "dormances":

18.5.1. Divers types d'inaptitude à la germination :

Lorsqu'il est employé pour caractériser toute semence incapable de germer correctement, le terme dormance ne préjuge en rien les mécanismes physiologiques qui sont mis en jeu. Ce terme risque alors d'être ambigu. C'est pourquoi il est préférable de parler d'inaptitudes à la germination.

Il existe deux grandes catégories d'inaptitudes à la germination ; L'embryon lui même peut être incapable de germer, même s'il est débarrassé des diverses structures qui l'entourent on parle alors de dormance embryonnaire. Dans d'autres cas, l'embryon dénudé germe parfaitement, mais la semence intacte ne germe pas, car les structures dans lesquelles l'embryon est enfermé (enveloppes ou tégument) s'opposent à sa germination t il s'agit d'une dormance tégumentaire, [**MIEZIENSKY, (1986) ; CHIKH (1987)**].

18.5.1.1. Les dormances embryonnaires

KOFLER (1969) explique que ces inaptitudes à la germination, qui résident dans l'embryon constituent les véritables dormances, ce phénomène est caractéristique de la famille des rosacées et bien sur d'autres espèces.

Pour être sûr que l'absence de germination d'une semence provient d'une dormance embryonnaire, il faut pouvoir isoler l'embryon. Mais très souvent, il suffit de scarifier plus ou moins les enveloppes pour que l'embryon se comporte comme s'il était totalement dénudé.

L'embryon peut être dormant au moment de la récolte de la semence sans que celle-ci ait subi un traitement particulier. On qualifie ce phénomène de dormance primaire. Dans d'autres cas, l'embryon est parfaitement capable de germer, mais il perd cette aptitude sous l'influence de divers facteurs on parle de dormance secondaire.

1. Dormance primaire :

Selon **KOFLER (1969)** la dormance embryonnaire primaire s'installe au cours du développement de la semence, à un stade qu'il est souvent difficile de préciser.

L'embryon immature peut déjà être dormant, c'est le cas du pommier, des travaux ont été réalisés avec l'embryon de pommier, les résultats obtenus montrent clairement que les embryons très immatures sont déjà dormants. Il n'est d'ailleurs pas impossible qu'ils se développent, dès le début, à l'état dormant.

2. Dormance secondaire :

Selon le même auteur, avec les embryons de pommier dont la dormance primaire a été levée par un traitement convenable, il est possible d'induire une dormance secondaire de diverses façons.

*Température trop élevée :

À 30°C, la phase de germination sensu- stricto ne peut pas se réaliser, si les embryons non dormants sont laissés à cette température, ils perdent progressivement la faculté de germer à une température plus basse.

* Privation d'oxygène

Les embryons non dormants ne peuvent germer que s'ils disposent d'une quantité suffisante d'oxygène. Ils entrent en dormance secondaire lorsqu'ils sont placés dans une atmosphère trop pauvre en oxygène pour assurer une germination.

* Présence de lumière

La lumière blanche continue inhibe très fortement la germination des embryons et induit une dormance secondaire.

3. Levée de la dormance embryonnaire par le Froid :

Selon **MAZLIAX (1982)**, lever la dormance embryonnaire en plaçant les semences au froid, en milieu humide, les températures basses de l'hiver exercent naturellement cette action.

Il faut entendre par "froid" les températures basses, mais positives correspondant aux températures hivernales moyennes des climats tempérés. D'autre part, le froid n'exerce une action de levée de dormance de l'embryon que si celui-ci est Imbibé. Les basses températures appliquées aux semences sèches maintiennent au contraire la dormance,

3.1 Traitement par le froid :

Durant la post-maturation plusieurs téguments ont lieu à l'intérieure de l'embryon permettant à la graine de germer. Selon **HARTMAN et KESTER, (1968)** ces changements sont dus à l'augmentation de l'activité enzymatique, l'absorption de l'eau et la solubilité des substances inhibitrices.

Les températures basses de l'hiver mais positives exercent naturellement une action de levée de dormances embryonnaire qui entraînerait des modifications bioclimatiques dans la graine (**MAZLIK. 1982**).

Selon **CHOUARAD. (1956)**, ces modifications sont souvent accompagnées d'une augmentation nette de l'acidité, de la teneur en Amino-Acides.

Le froid n'exerce une action de levée de dormance que s'il est changé en humidité (**CONE, 1970**).

CHOUARAD (1956) estime que pour lever ce type de dormance une température basse, constante appliquée d'une manière continue n'est pas nécessaire. Pour le cas du **MERISIER, LACROIX (1906)** pense que pour lever la dormance des graines il faut passer par la méthode suivante comportant plusieurs phases à savoir :

- 1^{ère} phase 2 semaines à + 20°C.
- 2^{ème} phase 2 à 3 semaines à + 3°C.

- 3^{ème} phase 2 semaines à 20°C éventuellement à + 25°C.
- 4^{ème} phase 12 à 14 semaines à + 3°C.

KLLER (1978) ; SAIDANI (1987) affirme qu'une alternance de température de 5° C la nuit et 25° C le jour remplace le froid continu,

3.2. Autres facteurs de levée de la dormance embryonnaire :

3.2.1. Anoxie :

La dormance des embryons de pommier s'élimine, à 15 ou 20°C s'ils sont placés, en milieu humide, dans l'azote pur, en anoxie complète, la levée de dormance n'exige donc pas le froid. L'anoxie est même plus efficace qu'un traitement classique par le froid. En effet, une à deux semaines à 20°C en l'absence d'oxygène, suffisent pour éliminer complètement la dormance ; 5 à 6 semaines sont nécessaires pour obtenir même résultats par stratification (**NAZLIAK, 1982**).

3.2.2 Températures élevées :

Selon le même auteur, la température élevée intervient d'une façon indirecte dans ce phénomène, en plaçant l'embryon en anoxie. Sous les téguments l'embryon reste dormant quand les graines sont mises à une température moins élevée (20°C par exemple), car il n'est plus suffisamment privé d'oxygène. En effet, les enveloppes des semences réduisent d'autant moins l'apport d'oxygène à l'embryon que la température est plus basse.

3.2.3Gibbérellines :

L'acide gibbérelle permet généralement une meilleure germination des embryons dormants. Il peut aussi s'opposer à l'induction d'une dormance secondaire. Cependant, son action dépend beaucoup de sa concentration et son efficacité diminué quand la température s'élève. Le plus souvent l'acide gibbérelle ne supprime pas complètement la dormance embryonnaire (**MAZLLAK, 1982**).

18.5.1.2. Dormance tégumentaire :

Les enveloppes séminales inhibent souvent la germination en privant l'embryon d'oxygène ou d'eau.

L'étude de ces phénomènes suppose évidemment que l'embryon n'est pas dormant.

*Rôle des enveloppes dans l'apport d'oxygène à l'embryon :

Selon **MAZLIK (1982)**, pour germer, l'embryon doit recevoir suffisamment d'oxygène à travers les enveloppes dans lesquelles il est enfermé. Celle-ci doivent donc être perméable ce gaz.

La détermination des mécanismes du passage de l'oxygène à travers les enveloppes séminales a permis d'expliquer leur rôle dans la germination.

*. Enveloppes sèches :

Des expériences ont montrés la perméabilité à l'oxygène des enveloppes séminales sèches, ce ci varie beaucoup d'une espèce à l'autre-Certaines sont plus au moins perméables, d'autres ne le sont pas du tout. Cela dépend de leur structure anatomique **CHERIF ,1980**).

*. L'imbibition et ses conséquences :

Lors de l' imbibition. L'eau pénétré par capillarité dans les espèces libres des enveloppes et envahit les cellules, quelle que soit leur structure, ces enveloppes imbibées constituent alors une couche d'eau continue que l'oxygène doit traverser par dissolution. En définitive si autres phénomènes ne sont pas enjeu, le débit d'oxygène vers l'embryon dépend uniquement de l'épaisseur de la couche d'eau qui l'entoure, c'est à dire de l'épaisseur des enveloppes, et tout l'oxygène qui se dissout dans celle-ci est disponible pour l'embryon, plus les enveloppes sont minées, plus l'embryon reçoit d'oxygène et plus il a donc de chances de germer (**COME, 1970**).

*Traitements susceptibles de faciliter la germination :

1. Enrichissement de l'atmosphère en oxygène.

L'enrichissement de l'atmosphère en oxygène peut avoir un effet bénéfique en fait, l'action des fortes pressions partielles d'oxygène est loin d'être générale, car le surcroit d'oxygène qu'elles entraînent au niveau de l'embryon est assez faible quand les enveloppes sont épaisses et quand elles sont riches en composée phénoliques.

2. Scarification

Il suffit souvent de blesser plus au moins profondément les enveloppes pour faciliter la germination. Cette scarification peut être effectuée de façon mécanique (coupure, piqûres usun des enveloppes) ou par voie chimique dont immersion des semences pendant une durée limitée dans l'acide sulfurique concentré), (**CONTET, 1969**).

3. Lixiviation

CHAMPAGNAT (1969) conseille un lavage prolongé des semences à l'eau courante, avant leur ensemencement pour améliorer leur gémiation. Un simple trempage d'eau a parfois le même effet. On pense souvent que ces traitements permettent d'éliminer des inhibiteurs hydrosoluble de la germination.

4. Chocs thermiques.

Un séjour de courte durée (quelques heures) de semences imbibées à une température assez élevée, de l'ordre de 30 à 50°C permet parfois une meilleure germination quand les semences sont ramenées à une température plus basse, (**MAZLLAK, 1982**)

*Inhibiteurs diffusibles de germination :

Les inhibiteurs diffusibles sont surtout répandus dans le milieu extérieur à la graine. Ils sont couramment présents dans le suc des fruits charnus où l'on constate que les graines, bien qu'en milieu humide ne germent pas cela n'est pas dûs au manque de lumière (**KOFIER 1969**).

Partie II
Experimentation

Chapitre 01

Materiel et methodes

1 .lieu de l'expérimentation :

Notre expérimentation a été effectuée au niveau du laboratoire d'amélioration des plantes du département d'agronomie de Blida.

2 .Matériel :

2.1. Matériel végétal :

Les graines de *Cedrus atlantica* utilisées pour notre étude proviennent de 2 régions différentes :

- * Le parc national de Chréa (900 graines).
- * Le parc national de Theniet El Had (450 graines).

❖ .La cédraie de Chréa :

Selon le décret n°91-306 du 24.08.91 portant découpage administratif du territoire national, le parc national de Chréa englobe les wilayas de Blida, Médéa et Ain Deffla .Elle comptent respectivement 67.1%, 32.6% et 30% de la superficie totale du territoire du parc et sont représentées toutes ensemble, par un total de 12 collectivités locales. La cédraie de Chréa occupe 1292,95 ha soit 4,86% de la surface totale du parc.

La limite inférieure de cette cédraie est à 1300 m (**NEDJAH**,1994), et grimpe jusqu'au sommet de Chréa à 1629 m (**HALIMI**,1980).Le cédraie de Chréa est de type pure (**MEDDOUR**,1994).

Selon **NEDJAH** (1994), la tranche pluviométrique est voisine de 1470 mm par année. Pour ce qui est du sol, le cèdre pousse sur des schistes.

❖ . La cédraie de Theniet – El –Had :

La cédraie de Theniet –El –Had s'étend sur 1000 ha, en mélange avec le chêne zeen et le chêne vert (**BENABID**, 1994).

Selon **HALIMI** (1980), la limite altitudinale inférieure est de 1200 à1250 m pour Theniet –El – Had et 1000 m au L'ra si Abdelkader .Il grimpe jusqu' au sommet de L'ra si Abdelkader à 1668 m et de Theniet –El- Had à 1787 m (**SARI**, 1977).

2.2. Localisation géographique des provenances :

Les graines du cèdre mûtures ont été récoltées dans les parcs nationaux de Theniet El Had et de Chréa. Le parc national de Chréa se trouve à une altitude moyenne de 1300 m, quant à Theniet El Had, on se trouve à 1200 m (Tab 06).

Tableau 06 : Localisation géographique des 2 provenances

Provenances	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude moyenne (m)
Theniet El Had	35°51'	1°58'	1200
Chréa	36°26'	20°52'	1300

Illoul et Maualek, (1992)

2.3. La date de récolte :

La date de récolte est variable, selon les provenances, ce sera le plus souvent quand les cônes se colorent en brun (photo 01) et souvrent, sauf pour les arbres dont on récolte les cônes avant ouverture (Tab 07).



Photo 1 : Le cône et la graine de cèdre

Tableau 07 : La date de récolte du cèdre

Provenances	Theniet El Had	Chr��a
Date	12 -2012	11-2011 et 12-2012

2.4 .Matériel utilisé :

Le matériel utilisé au laboratoire d'amélioration des plantes pour notre expérimentation se compose de :

- Boites de Pétri
- Coton
- Une règle graduée
- Une balance de précision
- Une   tuve
- Un autoclave

2.5. Les substrats utilisés :

2.5.1. Terre végétale :

Il s'agit de terre végétale ordinaire locale, prise au niveau de la station expérimentale du département des sciences agronomiques.

**** Caractéristiques physico-chimiques:***

Des analyses chimiques et physiques du sol ont été réalisées au département des sciences agronomiques (Tab 08 et Tab 09).

Le sol de la station expérimentale du département des sciences agronomiques est peu argileux. L'analyse montre que ce sol est souve de texture * sableux limoneuse *.

Le PH est voisin de la neutralité (environ 7).

Tableau 08 : Analyse chimique du sol

Analyse Substrat	PH	CE (us)	Calcaire (%)	MO (%)	Azote (%)	Phosphore (%)	Potassium (%)
Terre végétale	7.70	0.40	0.22	1.15	0.172	60	14

Tableau 09 : Composition physique du sol (%)

Analyses Substrat	Argile	Limon fin	Sable fin	Sable grossier
Terre végétale	4.96	16.84	14.62	63.58

2.5.2. Sable :

Il s'agit de sable de rivière bien tamisé et lavé.

2.5.3. Terreau :

Il s'agit de fumier décomposé pris au niveau de la station expérimentale du département des sciences agronomiques.

2.5.4. Les éléments fertilisants (engrais) :

Comme fertilisants, nous avons utilisé :

- ❖ . Urée à 46 % d'azote.
- ❖ Engrais NPK avec des proportions 15% d'azote (N), 15% de phosphore (P) et 15% de potassium (K).

2.5.5. Les conteneurs :

Le conteneur utilisé est le pot en plastique avec les caractéristiques :

- Volume : 0,2 L
- Hauteur : 9 cm
- Diamètre : 3.5 cm
- Epaisseur : 0.1 cm

3. Méthodes d'études :

3.1 Triage de graines :

❖ .Récupération des graines :

Pour obtenir des graines saines, nous avons procédé aux opérations :

- La décortication des cônes pour l'extraction des graines
- Le triage des graines en deux lots distincts
 - ✓ .Lot des graines saines
 - ✓ Lot des graines parasitées et vides qui sont rejetées

3.2. Prétraitement des graines :

Comme pour les diverses graines forestières, celles du cèdre de l'Atlas proviennent des cônes mûrs elles sont placées dans des conditions favorables, s'imbibent, les micropyles s'ouvrent, mais les radicules n'apparaissent pas .On dit que les graines sont dormantes.

Pour germer , les graines du cèdre ont besoin de la lumière , d'une humidité modérée , d'oxygène et de certaines conditions thermiques .Ces graines ,grâce à leur membrane perméable ,s'hydratent facilement, en quelques heures .Elles peut absorber de 10% à 20% de son propre poids en eau . La durée de la germination est liée à la maturité et à l'état de dormance des graines (**EZZAHIRI et BELGHZI, 2000**).

Selon **MULLER, (1986)**, le phénomène de dormance concerne 60% des graines forestières, cette dormance est hétérogène d'un lot à un autre et même à l'intérieur d'un même lot.

Les graines du cèdre de l'Atlas, présentent un état de dormance plus ou moins profond.

Les graines germent lentement à 4°C, en dessous de 2°C, il n'ya plus de germination, celles-ci semble alors être inhibées par le froid, (**EZZAHIRI et BELGHZI, 2000**).

Pour germer, la graine du cèdre a besoin de subir pendant quelque temps l'action de froid (**EZZAHIRI et BELGHZI, 2000**), ce dernier à deux actions différentes sur les graines :

- ❖ La levée de la dormance
- ❖ La conservation

- Pour cette raison on a procédé à une opération de prétraitement au froid, qui consiste à mettre les graines dans des sacs en polyéthylène et placer le tout dans un réfrigérateur et laisser les graines séjournées à une température de 4°C (stratification au froid, dans du sable) pendant trois périodes différentes :
 - ✓ 15 jours
 - ✓ 30 jours
 - ✓ 40 jours

Le prétraitement a été effectué le 12-12 -2012 à raison de 100 graines par sac pour la provenance du Chréa récoltée en 2012, le 06- 02 -2013 pour les graines récoltée en 2011 , le 03-03 -2013 pour le provenance du Theniet-El –Had et 18- 04 -2013 (1200 graines pour les deux provenances), pour la stratification dans du sable (les graines ont été stratifiées dans des boites remplies de sable de rivière. Chaque boîte contient 50 graines (150 graines) le prétraitement a été effectué le 05-02-2013. L'eau est apportée sous forme de vapeur.

3.3 Prégermination des graines :

Pour accélérer la germination des graines, on a procédé à une opération de prégermination qui consiste à placer les graines dans des boites de Pétri de 9 cm diamètre, dont le fond est tapissé de coton mouillé d'eau distillé .Notons qu'on a utilisé 4 boites contenant chacune 25 graines pour chaque traitement et provenance. Par la suite, elles sont mises dans une étuve à une température de 24°C (Fig : 03)



Figure 0 3 : Boite de pétri à l'intérieur de l'étuve.

Pour les graines de Chréa 2011 (400 graines) :

- . Le 27-12-2012 pour 15 jours de froid (T1)
 - .Le 13-01-2013 pour 30 jours de froid (T2)
 - Le 23-01-2013 Pour 40 jours de froid (T3)
 - Le 18- 03-2013 Sans froid témoin (T0)
- .Les graines de Chréa 2012 (400 graines) :
 - .Le 21-02-2013 pour (T1)
 - Le 08 -03 -2013 pour (T2)
 - Le 18- 03 – 2013 pour (T3)
 - Le 25 -03 -2013 pour (T0)

Pour les graines de Theniet- El –Had (400 graines) :

- . Le 18-03-2013 pour (T1)
- Le 10-03-2013 pour (T2)
- Le 14 -03 -2013 pour (T3)
- Le 25 -03-2013 pour (T0).

4. Préparation des substrats :

4.1 : Le tamisage :

La terre végétale, le terreau et le sable ont été tamisés, avec un tamis 2 mm, afin d'éliminer les résidus non broyés et avoir un substrat homogène.

4.2 : Désinfection des substrats :

La désinfection des substrats (terreau, terre végétale, sable) a été réalisée par voie thermique en utilisant un autoclave (Fig 04) et une étuve.



Figure 04 : Autoclave de stérilisation

4. 3 : Détermination des doses d'engrais :

- ✓ .Pour l'Urée à 46 % d'azote :
nous avons utilisé une dose de 0 ,1 g par pot.

Le calcul de la quantité de l'urée par pot a été faite par extrapolation comme suit :

On a:

$$100 \text{ g (Urée)} \longrightarrow 46 \text{ g d'azote}$$

$$X \text{ g (Urée)} \longrightarrow 0, 1 \text{ g d'azote}$$

$$\text{Donc } X \text{ g (Urée)} = 100 \text{ g (Urée)} \times 0, 1 \text{ g d'azote} / 46 \text{ g d'azote}$$

$$= 0, 22 \text{ g d'urée / pot.}$$

Il faut donc utiliser 0,22 g d'urée par pot, ce qui correspond à $0,22 \times 30$ pour les besoins de l'essai, soit 6 ,6 g.

La même méthode a été utilisée pour déterminer les autres doses.

4.4 Mélange des substrats :

Les différents substrats sont constitués d'un mélange de quatre matériaux de base : Terre végétal, terreau, sable de rivière et engrais à des pourcentages et doses différentes.

Le mélange de ces composés à été effectué manuellement, ce qui nous a donné plusieurs substrats (Tab 10).

Tableau 10 : composition et dénomination des substrats testés :

Mélanges Substrat	Terre végétale	Sables de rivière	Terreau	Dose d'engrais /pot	Traitement des semis
S1: témoin	100%	-	-	-	-
S2	33.33%	-	66.33%	-	-
S3	60%	40%	-	0.4g	-
S4	60%	40%	-	(NPK) 0.1g (N) 0.5g (p),0.1 (k)	-
S5	60%	20%	20%	-	Fongicide

4.5 Protocole expérimental:

Nous avons opté pour un bloc aléatoire complet. Le bloc est constitué de 05 lots de substrats différents, et chaque lot comprend 30 pots, en définitive nous avons 150 plantules pour chaque provenance. (Fig 05).

1. Provenance de Chr  a :

S1	S2	S3
S4	S5	

2. Provenance de Theniet El Had :

S1	S2	S3
S4	S5	

Figure 05: Schéma du dispositif experimental



Figure 06 : Dispositif expérimental du cèdre de Chréa (S2, S5)



Figure 07 : Dispositif expérimental du cèdre de Theniet El Had



Figure 08 : Dispositif expérimental du cèdre de Chréa (S2)

4.6: Conduite de l'essai :**4.6.1 Semis:**

Après une prégermination au laboratoire, les graines ont été transférées dans les pots et placées sous la mini-serre du laboratoire, la lumière est fournie par des néons (Fig 06,07 ,08).

Différents dates de semis ont été pratiquées (Tab 11).

Tableau 11 : La date de semis

Date /provenance		
Traitement	Chr��a	Theniet –El- Had
T1	20-01-2013	17- 04-2013
T2	29-01-2013	28-04-2013
T3	06-02-2013	28-04-2013
T0	28-04-2013	/
T4	21-02-2013	21-02-2013
T5	06-02-2013	06-02-2013
T6	22-02-2013	22-02-2013

4.6.2 Arrosage :

Il s'effectue un jour sur deux pendant toute la durée de l'étude à l'aide d'une picette.

4.6.3. Protection des plants :

- .Pour éviter toute attaque fongique, on a appliqué le premier traitement contre les champignons, juste après le repiquage et un deuxième après 15 jours. Le fongicide utilisé s'appelle « Benomyle ».
- .Contre les mauvaises herbes : le désherbage des adventices s'effectue manuellement dès que cela s'avère nécessaire.

4.6.4. La température sous serre (Tableau 12) :**Tableau 12 : Températures sous serre**

Températures (°C)	Mois				
	Janvier	février	Mars	Avril	Mars
Moyennes Mensuelles Maximal (M)	19.1	20.3	20.6	19	23
Moyennes mensuelles Minimal (m)	9.2	12.5	10	17	17
Moyennes Mensuelles (M +m) / 2	14.15	16.4	15.3	18	20

5. Etude des paramètres agronomiques :**5.1 Taux de germination :**

En général l'essai de germination est effectué en germoir éclairé à une température de 20 à 24°C. Taus de germination c'est le nombre des graines germées par rapport au nombre des graines misse en germination. Le premier comptage se fait après 3 à 5 jours sur les quatre répétitions de 100 graines (pour chaque prévenance).

Le pourcentage de graines germer est calculée à partir de la moyenne :

$$TG (\%) = M / 100.100$$

TG : taus de germination

M : moyenne des quatre répétitions

5.2 La vitesse de germination :

C'est le nombre des graines germées par rapport au nombre de jours.

5.3 Taux de levée (sortie de l'hypo- cotyle) :

Une graine est considérée comme levée lorsque ses cotylédons sont complètement dégagés des enveloppes ou que l'épi cotyle est sorti.

On fait le comptage de quatre échantillons de 100 graines puis on fait ressortir la moyenne en (%) (Graine non dormantes).



Photo 05 : Taux de levée de Cèdre de l'Atlas (Chrèa T1)



Photo 06 : Taux de levée de Cèdre de l'Atlas (Chrèa T2)

5.4 La hauteur des plants :

A l'aide d'une règle graduée nous avons mesuré la hauteur de la tige à partir du point de contact du collet avec le sol jusqu' à l'apex.

Les mesures de la hauteur des plantes ont été effectuées chaque semaine.

5.5. Le nombre des feuilles :

Après la levée des graines, on a compté le nombre des aiguilles une fois par mois.

Les mesures ont été réalisées le 14 /04, le 22/05 et le 06 /06. Pour chaque mesure un nombre de plants a été prélevé, pour les trois paramètres (longueur de la tige, nombre des feuilles et longueur de la racine (Tab13 et 14).

Tableau 13 : Le nombre des plantes mesurés pour chaque essai (provenance Chréa)

Substrats	Nombre des plantes mesurés		
	Au 2 ^{ème} mois	Au 3 ^{ème} mois	Au 4 ^{ème} mois
S1	12	04	00
S2	23	18	10
S3	19	07	01
S4	20	11	02
S5	28	23	20

Tableau 14 : Le nombre des plantes mesurés pour chaque essai (provenance Theniet El Had)

Substrats	Nombre des plantes mesurés		
	Au 2 ^{ème} mois	Au 3 ^{ème} mois	Au 4 ^{ème} mois
S1	08	03	-
S2	11	09	-
S3	06	00	-
S4	07	05	-
S5	23	20	-

Chapitre 02

Resultats et discussion

1. Au laboratoire

1.1. Le taux de germination:

La germination correspond à la sortie de la radicule.

La germination maximale d'un lot de semences est appelée capacité germinative.

Nous avons observé d'après les résultats (Tab 15) que les graines provenant de Chréa (2012), présentent le taux de germination le plus élevé pour tous les traitements, surtout le traitement T2 et T3 (stratification aux froids 30 et 40 jours) avec les taux respectifs de 92% et 91%. Ce qui confirme les résultats obtenus par d'autres études qui ont été faites sur la germination du cèdre [Khanfouci (2005), Temagoult (2005) et Malki (1992)].

Tableau 15 : Taux de germination des graines du cèdre de l'Atlas.

Traitement provenance	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Chréa 2012	20 I	87 A	92 A	91 A	37,5 F	63,5 B	86,75 A
Theniet El Had 2012	24 H	40 E	57 B	43 D	37,25 F	53,5 B	83,5 A
Chréa 2011	4,2 J	30,5 G	32 G	47 C	22,75 H	48 C	58,5 B

Par contre la provenance de Chréa (2011) enregistre le taux de germination le plus faible, pour les sept traitements respectivement après 7 et 45 jours, ceci pourrait être dû au mode de stockage des graines, au niveau des locaux du Parc National de Chréa.

Le prétraitement de la graine du cèdre par le froid pendant 30 et 40 jours à 4 °C a accéléré la germination, et a augmenté le nombre de graines germées.

Pour la provenance de Theniet El Had, nous avons obtenu, le taux de germination le plus faible (40%) par rapport à celui obtenu par **Mairif (2008)**, après un séjour des graines au froid de 21 jours (Fig 09).

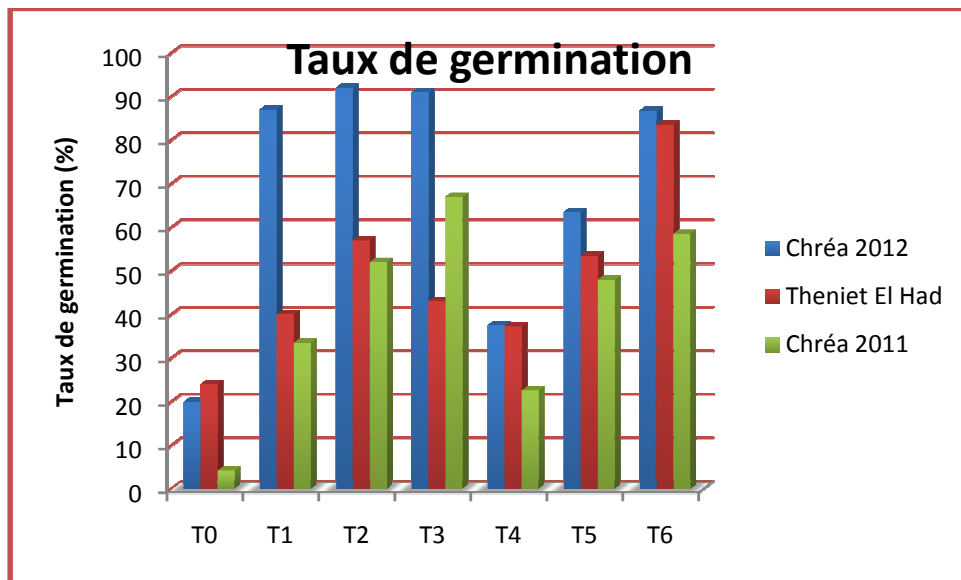


Figure 09 : Le taux de germination pour les deux provenances

L'analyse de la variance montre qu'il n'existe une différence très hautement significative entre le traitement (stratifications au froid), du cèdre de Chrèa 2012, Theniet el Had et Chrèa 2011, quelque soit le stade de mesure. Cependant, l'analyse des facteurs séparément donne une différence entre le traitement et la provenance (tableau 01 annexe) ($p = 0,0000$).

La comparaison des moyennes par le test NEWMAN- KEULS (Tab 16) a dégagé cinq groupes homogènes, dont le groupe A accuse les meilleures accroissements avec des moyennes de 76,25 % pour les graines issues des traitements T6. Tandis que le substrat T0 représente le cinquième groupe homogène (groupe E), avec un faible moyenne du taux de germination, qui est de 11.07 % (tableau16).

Tableau 16: Taux de germination

Traitements	Moyennes (%)	Groupe homogènes
T6	76.25	A
T2	67	B
T3	67	B
T5	55	C
T1	53	C
T4	32.50	D
T0	16.07	E

La comparaison des moyennes par le test NEWMAN- KEULS (Tab 17) à dégagé trois groupes homogènes, dont le groupe A accuse les meilleures accroissements avec des moyennes de 63. 25 % pour les graines de provenance de Chréa 2012 .Tandis que la provenance de Chréa 2011, présente le taux de germination le plus faible 40% (Tab 17)

Tableau 17: Taux de germination (provenance)

Provenance	Moyenne (%)	Groupe homogènes
Chréa 2012	68.25	A
Theniet El Had	48.32	B
Chréa 2011	40	C



Photo 02 : Essai de germination de l'Atlas de Chr   (2012).



Photo 03 : Essai de germination de l'Atlas de Theniet El Had.



Photo 04 : Essai de germination de l'Atlas de Chr   (2011).



Photo 05 : stratification au sable froid (4°C) de Cèdre de Chr  a (2  me semaines)



Photo 06 : stratification au sable froid (4°C) de C  dre de Chr  a (3  me semaines)



Photo 07 : stratification au sable froid (4°C) de C  dre de Chr  a (4  me semaines)

1.2 : Test de levée :

Une graine est considérée comme levée lorsque ses cotylédons sont complètement dégagés des enveloppes ou que l'épicotyle est sorti.

Nous remarquons qu'après 21 jours, le taux de levée est supérieur à celui enregistré après 7 jours ce qui montre que les graines continuent à germer pendant les 15 jours suivants, cette hétérogénéité (Tab18), dans la levée est due aux caractères génétiques de chaque graine (chaque provenance).

Tableau 18 : Taux de levée.

Traitement provenance	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Moyenne
Cèdre de Chréa (2012)	8	28	76	80	0	26	50	38,28%
Cèdre de Theniet El Had	1	12	33	40	0	14	30	18,57%
Cèdre de Chréa (2011)	0	12	12	12	0	2	5	5,42%

1.3 : La vitesse de germination

Les valeurs de la vitesse de germination les plus élevées pour les graines de traitement (T2) sont celles de Chréa, par contre les valeurs les plus faibles sont représentées par le traitement (T0). Pour les graines de Theniet el Had les valeurs les plus élevées sont données par le traitement T3, (Fig 10 et 11).

Le traitement des graines par le froid des deux provenances choisies a un effet positif sur la vitesse de germination surtout pour les graines de Chréa (8 graines / J) pour T1 et T2. Pour les graines de Theniet el Had (4graines / J).

Les résultats concernant l'effet de la durée de traitement des graines par stratification à 4°C sur leur vitesse de germination, montrent qu'à l'exception des graines provenant de Chréa

(2011) dont la vitesse de germination ne varie pas beaucoup quelque soit la durée de traitement (Tab 19).

Tableau 19 : La vitesse de germination des différents traitements (nombre des graines / J)

	T0	T1	T2	T3
Chr��a	1, 33	10,87	9,12	11 ,5
Theniet el Had	1,58	3,08	5	3,75

Cependant pour les traitements de stratification au sable froid, la vitesse de germination la plus élevée pour (T4, T5 et T6), sont celles des graines de Chr  a (2012) et Theniet el Had, par contre les plus faibles sont enregistrées avec les graines de Chr  a 2011 (Fig 10).

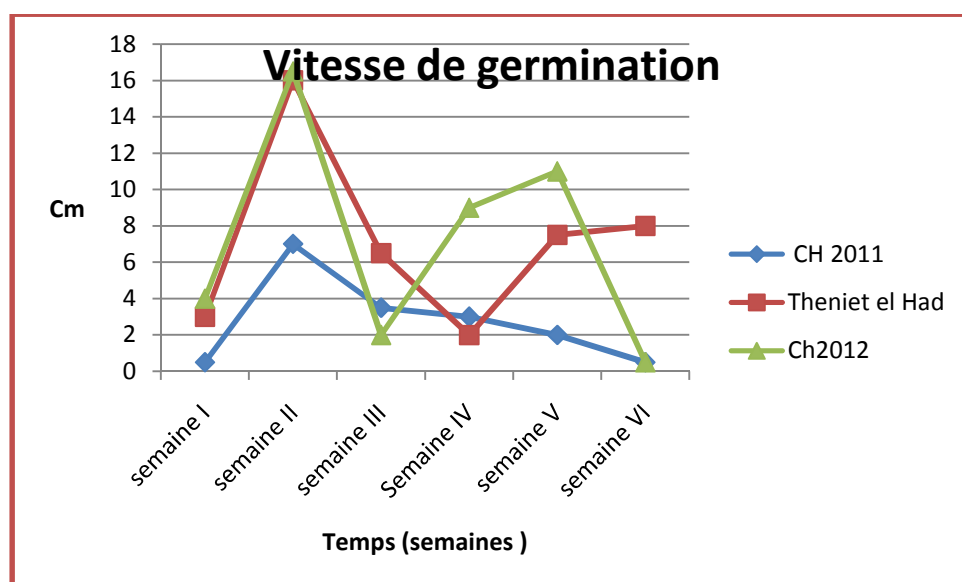


Figure 10 : La vitesse de germination des différentes provenances (stratification dans du sable froid)

1.4 : La vitesse de croissance (longueur/temps)

La vitesse de croissance est calculée des le début de la germination des graines .Les mesures ont été effectuées chaque semaine pour chaque traitement (Fig 11).

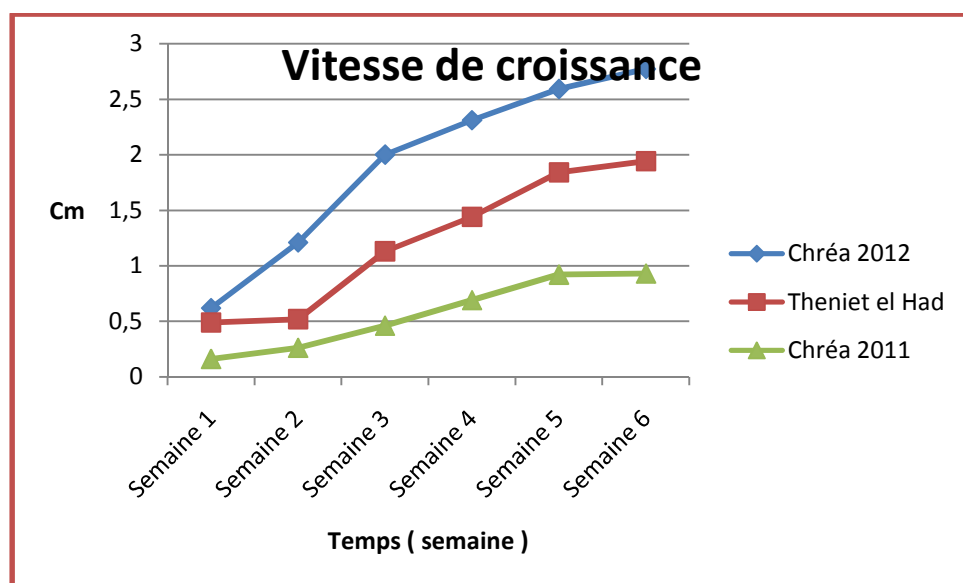


Figure 11 : La vitesse de croissance

L'analyse de la variance (Tab 08 annexe) montre une différence très hautement significative entre les traitements et les provenances ($P=0.0000$).

Tableau 20 : la vitesse de croissance

Traitement	Moyennes (cm)	Groupe homogènes
T3	1.80	A
T2	1.60	B
T6	1.59	B
T5	1.40	C
T4	1.11	D
T1	0.91	E
T0	0.18	F

La comparaison des moyennes par le test de NEWMAN – KEULS (Tab 20), distingue six groupes homogènes. Le groupe A accuse les meilleurs accroissements avec des moyennes de 1.80 cm pour les graines issues de traitement T3. Tandis que les traitements T1 et T0 représentent le cinquième et le sixième groupe homogène (groupe E, F), avec une faible moyenne qui est de 0.91 et 0.18.

Les résultats obtenus confirment que le prétraitement des graines du cèdre par le froid à 4°C a accéléré la germination, a augmenté le nombre de graines germées, et a augmenté la croissance des plantules.

La comparaison des moyennes par le test de NEWMAN – KEULS (Tab 21), distingue trois groupes homogènes. Le groupe A accuse les meilleurs accroissements avec des moyennes de 1.92 cm pour les graines issus de provenance de Chréa 2012. Tandis que la provenance de Chréa 2011 représente le troisième groupe homogène (groupe C), avec un faible moyenne qui est de 0.54.

Tableau 21 : La vitesse de croissance (trois provenance)

Provenances	Moyennes (cm)	Groupe homogènes
Chréa 2012	1 .92	A
Theniet el Had	1.23	B
Chréa 2011	0.54	C

1.5: Taux de survie:

L'adaptation des provenances dans les plantations comparatives est, en premier, estimée par le taux de survie lors du semis. L'importance de ce dernier est un signe de réussite en attendant la confirmation par d'autres facteurs d'estimation durant toute la période d'évolution.

Entre la mise en terre des graines en Mars 2013 (1 mois) et Mai 2013 (3 mois), une importante variation de taux de survie a été enregistrée. Par rapport à un effectif de départ de 30 pots pour chaque traitement par provenance, les résultats obtenus (Fig 12) se présentent respectivement comme suit : 0% ; 51,66% et 13,33%, pour les provenances de Chréa (2011), Chréa (2012), Theniet El Had et ce pour la mesure effectuée en Avril 2013

Pour ce qui est de la mesure effectuée en Juin 2013(4 mois), le taux de survie est de 41,66% et 0% pour les provenances de Chréa (2012) et Theniet El Had.

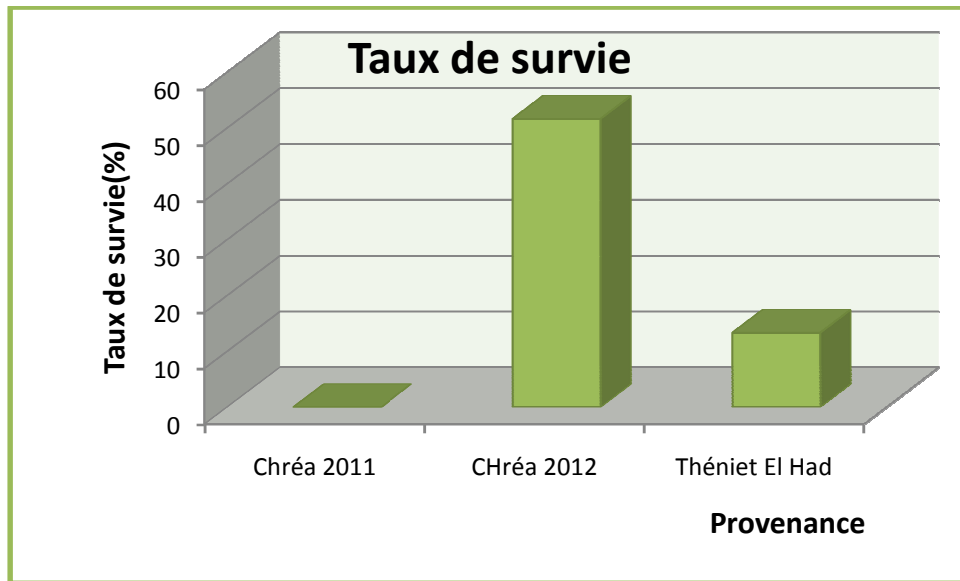


Figure 12 : Taux de survie pour les différentes provenances.

1. 6 : Taux de mortalité

Durant notre essai, le taux de mortalité a été très élevé 100% pour les graines de Chréea (2011) et Theniet El Had. Pour les graines de Chréea (2012), on a perdu tous les plants du substrat1, du substrat 3 et du substrat 4. Pour les autres substrats, on a enregistré un taux de mortalité élevé de 53,34 % (sur 150 plantes on a mesuré que 31). Ceci peut être imputé à la fente de semis ou à un excès d'eau lors des arrosages.

L'analyse de variance (Tab 5 annexe), montre qu'il y a une différence hautement significative entre les différents substrats (graines de Chréea) ($P = 0.0003$).

La comparaison des moyennes par le test de NEWMAN –KEULS (Tab 22), fait ressortir deux groupes homogènes, dont le groupe A (premier groupe homogène) accuse des moyennes de 94.44 ; 87.77 et 84.44 pour les plants issue de substrats S1, S4 et S5 (substrats non supporté). Tandis que les substrats S2 et S5 (substrats supporté) représentent le deuxième groupe homogène (groupe B).

Les résultats obtenus pour ce paramètre expliquent l'effet de la fertilisation sur le comportement de nos plants de cèdre.

Tableau 22: Taux de mortalité

Substrats	Moyennes (%)	Groupe homogènes
S1	94.44	A
S4	87.77	A
S3	84.44	A
S2	46.66	B
S5	25.55	B

1.7 : Aspect morphologique des plantules

1.7.1 : Aspect de la partie aérienne

Pour les graines de provenances de Chréa, élevées en conteneurs, on a observé une bonne vigueur des plants par contre les graines de Theniet el Had présente un blocage de développement et des déformations en crosse.

1. 7.1.1 : La longueur de la tige et le nombre des aiguilles

La mesure du diamètre des tiges a été effectuée à la fin de l'expérimentation (Mai 2013), à l'aide d'une règle au niveau du collet de chaque plante (par manque de pied à coulisse).

Puisque le taux de mortalité est plus élevé, on a mesure donc que les graines de Chréa 2012.

Les tiges les plus vigoureuses sont observées au niveau de plantes issues du substrat S2 (Tab 23).

L'analyse de la variance (Tab 5 annexe), montre qu'il n'y a pas une différence significative entre les substrats S2, S5 ($P \geq 0,05$).

Tableau 23: Longueur des tiges

	S2	S5
Cèdre de Chréa 2012	3,11 ± 0,72	2,71 ± 0,89

La comparaison des moyennes montre, que les valeurs élevées enregistrées chez les S2, S5 peuvent être dûes également à la dose et le type d'engrais utilisés.

Ce qui confirme les résultats obtenus pour le paramètre (diamètre au collet), en ce qui concerne l'effet de la fertilisation, sur le comportement de nos plants du cèdre, et confirme aussi les résultats donnés par **Bockman (1990)**, qui a signalé, qu'un bon équilibre entre les éléments nutritifs est indispensable pour assurer à la fois, les hauts rendements et la bonne qualité des plants.

1.7.1.2 : Nombre moyenne des aiguilles

Le comptage du nombre des aiguilles de chaque plante a été effectué après 4 mois (à la fin de l'expérimentation), il en résulte que les plants cultivés sur le substrat S5, donnent le meilleur nombre moyen d'aiguilles (47,60).

L'analyse de la variance (Tab 4 annexe), montre une différence très hautement significative entre les deux substrats ($P=0,0000$).

La comparaison des moyennes par le test se NEWMAN – KEULS (Tab 24), a dégagé deux groupes homogènes, dont le groupe A (premier groupe homogène) donne les meilleurs nombre des aiguilles avec une moyenne égale pour les plants issus de substrats S5. Tandis que le substrat S2 représente le deuxième groupe homogène (groupe B), avec un faible moyenne de nombre des aiguilles.

Tableaux 24 ; Nombre moyen des aiguilles

Substrats	Moyennes	Groupe homogènes
S5	47 ,60	A
S2	8,60	B

1.7.1.3 : Longueur de la racine

L'analyse de la variance (Tab 09 annexe), montre qu'il ya une différence significative entre les deux substrats (S2, S5).

La comparaison par le test de NEWMAN –KEULS (Tab 25),met en évidence deux groupes homogènes ,dont le groupe A accuse les meilleurs accroissements avec des moyennes de

28,05 cm pour les plants issus du substrats S5 et le substrats S2 représente le deuxième groupe homogène (Groupe B), avec une moyenne de la longueur des racines des plants, qui est de 21,45 cm.

Tableaux 25: Longueur de la racine

Substrats	Moyenne (cm)	Groupe homogènes
S5	28,05	A
S2	21,45	B

Pour ce paramètre, les résultats obtenus diffèrent de ceux obtenus pour les deux paramètres (la longueur de la tige et le nombre des aiguilles). Cette différence peut être expliquée par l'effet de conteneur (faible longueur 9 cm) sur les racines de nos plants.

Selon les résultats obtenus, on constate que pour la plus part des paramètres étudiés, le substrat S5 (avec une dose de phosphore) donne les meilleurs résultats, donc on peut parler de l'effet des engrais (fertilisation) sur le développement de nos plants du cèdre.

Conclusion

Conclusion générale

Au terme de cette étude expérimentale, portant sur le comportement de graines issue de deux provenances du cèdre de l'Atlas, testées par la production de plants dans des substrats, additionnés d'engrais fertilisants, nous avons collecté un certain nombre de données.

- . Les résultats montrent que le prétraitement des graines du cèdre, par le froid pendant au moins 30 jours, améliore leurs aptitudes germinatives (accélération de la germination, augmentation du nombre des graines germées dans un temps court) par rapport à une durée de 15 et 40 jours.
- Les résultats montrent que les graines provenant de Chréa 2012 donne les meilleurs résultats. Le choix d'une provenance est difficile, la recherche d'une provenance adéquate capable de supporter les différentes conditions édaphiques s'avère nécessaire pour les projets de reboisement, de production ainsi de protection. De ce fait ; l'utilisation des différentes provenances du pays notamment les spontanée, cas de Chréa constitue une voie intéressante et prometteuse du fait des avantages écologiques qu'elle présente.
- La période de récolte des graines est importante pour la production de plants, il faut donc procéder à des récoltes tardives (à la fin de l'automne), afin d'éviter tout prétraitement « artificielle », car les graines ont déjà subi l'influence du froid humide avant leur dissémination.
- En conclusion, on peut dire que le substrat joue le rôle d'améliorateur sous serre, son application entraîne l'amélioration de la croissance et la production des arbres forestiers.
- Enfin, il est recommandé d'élargir la gamme des provenances et de passer au repeuplement artificielle par plantation et ce pour mettre en place des placettes d'essai de provenance dans les meilleurs délais.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE :

ABDESSEMED K., 1981. Le cèdre de l'Atlas dans le massif de l'Aurès et Belazma.

Étude phytosociologique et les problèmes de conservation et d'aménagement. Thèse du doctorat université d'Aix Marseille 199 P.

ADOUI S, 1991 Contribution à l'étude des caractéristiques écologique et du complexe entomologique du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* MANETTI) en dépérissement à Belezma (Batna) .Thèse d'ingénieur agronome. INA . El Harrach.Alger 95P.

ALEXANDRIAN D., 1987. Essences forestières. Guide technique du forestier méditerranéen français. Centre national du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts. Edition. CEMAGRER.

ANONYME., 1980. Le merisier arbre à bois. Institut pour le développement forestier. Edition. Bosquet. Paris. 287P.

ANONYME, 1990. Réussir la forêt, contrôle et réception des travaux. Direction de l'espace rural et de la forêt. ONF. pp: 15-45.

ARBEZ M., 1987. Les ressources génétiques forestières en France. Les conifères. Tome 01 . INRA. Edition. Cedex. Paris. 336P.

ARBEZ M et FERRAN P, UYARN N., 1978. Contribution à l'étude de la variabilité du cèdre. Annal scientifique de recherche forestière, Volume 35, n°5 pp : 265-284.

AUGUSTE MATHIEU M., 1860. Flore forestière. Description et histoire des végétaux Lignieux, qui croissent spontanément en France et des essences importantes de l'Algérie. Edition. Nancy, 455P.

BENSAID A., 1980 Etude des facteurs limitants la régénération du cèdre de l'Atlas a

Tala-Guilef, Djurdjura Thèse d'ingénieur .INA. Alger 60 P.

BERKA S ., 1997 .Etude de la variabilité intraspécifique de *cedrus atlantica* en Algérie

par l'étude des stomates .Annal . Ruch .For .INRF :01, pp 13-23.

BOUDY P ., 1948. Economie forestière en Afrique du nord, milieu physique et milieu

Humain. Tome 1. Edition. Larousse. Paris.686P.

BOUDY P., 1948. Monographie et traitements des essences forestières. Tome 2. Edition.

Larousse, Economie Paris, 483 P.

BOUDY p., 1950. Economie forestière en Africaine du nord. Monographie et traitement des

essence résineuses. Tome 2. Facicule 1. Edition. Larousse. Paris. 525 P.

BOUDY P., 1952. Guide du forestier en Afrique du nord. Edition. La Maison Rustique Paris,

505P.

CHARARAS., 1962. Etude biologiques, des scolytides des conifères. Edition. Le Chevalier.

Paris, 556P.

CHARARAS., 1979. Ecophysiologie des insectes parasites des forêts. Edition. Chararas.

Paris.297P

CHARARAS C., 1982. Les insectes parasites des forets. La recherche. Edition. Le Chevalier.

Paris, 12 P.

CHERIF 1980 ., a .Essais de différentes méthodes de stratification de pépins vue la

production des greffes. Thèse d'ingénieur agronomie .INA .Alger 70P

CHICK ., 1987. Contribution à l'étude des dates de récoltes et du la durée de conservation sur la germination .Thèse .Ing .INA .Alger. 73P.

COME B., 1970. Les obstacles à la germination. Edition. MASSON, 162P.

- CONTRE A., 1969** .la pépinière fruitière. Ed .BZILLIER et FILS 390P.
- CUISSANCE P. ,1987** Multiplication des végétaux et pépinière. Edition. La voisier 186P
- DELLION D., MONNEYERON J-M et STEINMETZ G., 1984.** Les normes de qualité de plants forestiers. Validité et insuffisances, pp: 211-220.
- DEMOLIN G., 1989.** Rapport scientifique et rapport iconographique. La processionnaire du cèdre *Thaumetopea bonjean*; (POWEL) F.A.O.Tomme 1 et 2
- DRRIDJ A., 1990.** Etude des populations de *Cedrus atlantica* MANETTI, en Algérie. Thèse doctorat en sciences agronomiques. Université Paull Sabatier. Toulouse 228P.
- EMBERGER L., 1938.** Contribution à la connaissance des cèdres en particulier du deodora et du cèdre de l'Atlas. Revue, n°198. Tome XVIII, pp: 255-285.
- FARBRE J.P., 1976.** Extensions du cèdre et risqué d'attaque d'insecte .Revue forestière française .n°28, pp : 261-269.
- FAUREL L et LAFFITE H., 1947.** Facture de répartition des cèdres dans les Massif de L' Aurès et du Belazma .Bull.Soci Hist .Nat de l' Afrique du nord : 04, pp 178-189.
- FETATI R., 1996.** Bilan productif de cinq espèces résineuses dans un étage sub-humide cas de la forêt de Bainem. Thèse d'ingénieur agronome, INA. Alger. 92 P.
- FLAHAULT C., H 1934.** Les arbres exotiques en cultures forestière, pp 134-173.
- GAUSSEN H., 1964.** Les gymnospermes actuelles et fossiles. Faculté des sciences. annal de la recherche forestière n°26.Toulouse. pp295-230
- GAUSSEN H., 1967.** Les gymnospermes actuelles et fossiles. Travaux du laboratoire. Toulouse. Volume 1. Fassicule VI. Pp 294-3 19.

- HADJI ., 1991.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* MANETTI en forêt domaniale de BELEZMA. Wilaya de BATNA. Thèse d'ingénieur. INA, 81 P.
- HALIMI A., 1980 .**L'Atlas Blidiéen, climat et étage végtaux. Edition :OPU ,523P
- HUBERT M, CAURRAND R., 1994.** Elagage et tailles de formation des arbres forestiers. Edition. 4 trimestres. Limoges. Paris. 303 P.
- ILLOUL M., MOUALEK O. ,1992.** Exploration de la variabilité intraspécifique chez le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* MANETTI) en algérie par l'étude des aiguilles et des graines. Thèse d'ingénieur agronome. Tizi-Ouzou, 144P.
- JOLY R., 1975.** Les insectes ennemis des pins. Ecole National de Génie rural des eaux et forêts . Edition Nancy. Volume I, 396P.
- KHANFOUCI M.S., 2005.**Contribution à l'étude de la régénération et la fructification du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le massif de belazma .Mém de Magistère .Uni de Batna .Alger. 261 p.
- LAIMOUCI A, .1983 .** Contribution à l'étude de la production du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* MANETTI) a Chréa (Wilaya de Blida). Thèse d'ingénieur Agronome. INA. Alger. 93P.
- LANZARA P., 1977.** Les arbres, glossaire. Edition. Fernand Nathan, Milan Italie, 355 P.
- LEROY A., 1955.** Les conifères horticoles, Edition. Librairie, 31 P.

LEPOUTRE B ., 1963. Premier essai de synthèse sur le mécanisme de régénération du cèdre dans le moyen Atlas marocaine .Ann.Rech .Fores .Mar, Tome VII, pp 57-163.

LETREUCH B.N., 1982. Cours polycopies de sylviculture. Essence algérienne résineux et feuilles. INA. Alger.30P.

M'HIRIT O., 19 94. Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atiantica* MANETTI). Présentation en général et état des connaissances à travers le réseau *SilvaMéditeranea* "Le cèdre". Annale de la recherche forestière. Maroc. Volume 1, pp:3-21.

M'HIRIT O., 2006. Taxonomie et répartition historique. Le cèdre de l'Atlas. Bulten n°15, pp:13-16.

MAZLIAC P., 1982. Croissance et développement des plantes, physiologie végétale. Edition. Hartman.441 P.

MEDDOUR R., 1983. Contribution à l'étude de la croissance de *Pinus Halpensis* Miii en relation avec les groupements végétaux dans la forêt de Bainem. Pp : 33-39

MEDDOUR R., 1994. Contribution à l'étude phytosociologique de la portion centro-orientale du parc national de Chréa. Essai d'interprétation synthétique des étages et des series de végétation de l'Atlas blidéen. Thèse de magister. Institut National Agronomique, Alger 330 P.

NEDJAH A., 1994. Etude de la croissance radicale des provenances du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) en Algérie .Annal . Rech. Fore au Maroc. Numéro spécial (27), pp 451-462.

PARDE L., 1946. Les conifères. Edition La maison Rustique, Librairie Agricole, Horticole, Forestière et Ménagère, 294 P.

- PUJOS A., 1966.** Les milieux de la cédraie marocaine. Etude d'une classification des cédraies du moyen Atlas en fonction des facteurs du sol et du climat et de régénération naturelle dans ces peuplements. Annale de la recherche forestière. Volume I. Maroc, pp : 42-53.
- PUTOD R., 1979.** Le cèdre de l'Atlas en France. Bulletin de vulgarisation forestière. Volume 15, n°26, pp:1-75.
- QUEZEL P., 1980.** Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Actualité d'écologie forestière Edition. Bordas. Paris, 340 P.
- QUEZEL P ., 1998.** Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique. Forêt méditerranéenne, t. xix, n°3, pp : 243-255.
- REIDACKER A., 1976.** Etude des rythmes de croissance et de régénération des racines des végétaux ligneux. Annale. Sciences forestières .N°16. P 109-138.
- REIDACKER A., 1986.** Production et plantation des plants à racines nues ou en conteneurs. Revue de recherche forestière. N° 3.pp226-236.
- SARI D J ., 1977.** L'Homme et l'érosion dans l'Ouarsenis. Edition SNED .Alger ,628p.
- SBABDJI M., 1997.** Contribution à l'étude de la perte de croissance de *Cedrus atlantica* MANETTI, suite aux attaques de la processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff .Thèse Magister en sciences Agronomiques. INA. Alger, 116P.
- SEIGUE A., 1985.** La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Edition. Maison Neuv et Carose, Paris. Agence de coopération culturelle et technique, 502 P.
- SEIGUE A., 1987.** La forêt méditerranéenne française. Edition. Sud. 159P.

SELTZER .P ., 1946. Le climat de l'Algérie. Univ .d'Alger, IMPG Carbonnel, Alger.

TOTH J., 1978. La fructification et la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas dans le sud de la France. Thèse de docteur ingénieur. Marseille, 120 P.

TOTH J., 1988. Etude pin noir Cèdre du Mont- Ventoux (Vaucluse) .document interne, n°8 /1988 ,6P

TOTH J .1982-1984. Quelques éléments nouveaux pour mieux situer et caractériser le cèdre de l'Himalaya vis-à-vis du cèdre du Liban en France méridionale. Bull. soc .Nat . Vaucluse, 41-45.

TRUET H., 1946. Arboriculture fruitière en Afrique du Nord. Edition. La maison des Lines de l'Algérie. 419P.

VAUCHER H., 1985. Les arbres. Leurs écorces. Edition. Hatier. Paris, 50P.

VERRET J., 1974. Identification et classement des bois français. Edition. Imprimerie Louis Jean, 219 P.

VRDOLJAK Z.1965. Botanique forestière, cours. Direction des forets et de la restauration des sols. Ministère de l'agriculture et de la reforme agrairé .Alger. 115P.

YAHY N., 1995. Contribution à l'étude phytosociologique des formations à cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) Tellien (Ouarsenis, Djurdjura et Bador) .Thèse de Magister, USTHB, 174 P.

Yi B.G., 1976. Croissance du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* MANETTI) en relation avec quelques variables du milieu en Langue doc-Roussillon (France). Thèse de docteur ingénieur. Université des sciences et techniques du langue doc, Montpellier, 111 P.

ZERAIA L., 1981. Essai d'interprétation comparative des données

écologiques, phénologiques et de production subero-ligneuse dans les
forêts de chêne liège en Provence Cristallique. France méridionale et
Algérie. Thèse Doctorat d'Etat, 367 P.

Annexes

Annexe 01 : Taux de germinations

Traitement PRV	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Chr�a 2012	20 ± 14,61 I	87 ± 3,83 A	92 ± 6,53 A	91 ± 8,87 A	37,50 ± 4,80 F	63,50 ± 6,24 B	86,75 ± 5,38 A
Theniet El Had	24 ± 8 H	40 ± 12,65 E	57 ± 8,87 B	43 ± 11,94 D	37,25 ± 3,40 F	53,50 ± 4,73 B	83,50 ± 5,92 A
Chr�a 2012	4,20 ± 3,42 J	33,50 ± 10,34 G	52 ± 9,42 B	67 ± 8,08 B	22,75 ± 4,99 H	48 ± 9,66 C	58,50 ± 11,24 B

Annexe 02 : la vitesse de germination

	S.C.E	DDL	Carres moy	Test F	Proba	E.T	C.V
Var .totale	56179.48	83	676.86				
Var. fac 1	32630.28	6	5438.38	76.64	0.0000		
Var .fac 2	11234.79	2	5617.40	79.17	0.0000		
Var .inter F1.2	7844.09	12	653.67	9.21	0.0000		
Var. res	4470.32	63	70.96			8.42	16.1 %

Annexe 2 : Le diamètre final de tige

	S.C.E	DDL	Carres moy	Test F	Proba	E.T	C.V
Var .totale	12.54	19	0.66				
Var. fac 1	0.80	1	0.80	1.23	0.2827		
Var. res	11.74	18	0.65			0.81	27.8 %

Annexe 2 : Nombre des aiguilles

	S.C.E	DDL	Carres moy	Test F	Proba	E.T	C.V
Var .totale	8905.80	19	468.73				
Var. fac 1	7605.00	1	7605.00	105.24	0.0000		
Var. res	1300.00	18	72.27			8.50	30.3 %

Annexe 2 : Taux de mortalité

	S.C.E	DDL	Carres moy	Test F	Proba	E.T	C.V
Var .totale	12526 .05	14	894.72				
Var. fac 1	10851.68	4	2712.92	16 .20	0.0003		
Var. res	1674.37	10	167.44			12.94	19 .1%

Annexe 4 : Nombre des aiguilles

	S.C.E	DDL	Carres moy	Test F	Proba	E.T	C.V
Var .totale	3444 .75	87	39.59				
Var. fac 1	1103.17	7	157.60	5.38			
Var. res	2341.58	8	29.27			5.41	18.7%

Annexe 5 : La vitesse de croissance

	S.C.E	DDL	Carres moy	Test F	Proba	E.T	C.V
Var .totale	290.78	251	1.16				
Var. fac 1	66.05	6	11.01	9461.08	0.0000		
Var .fac 2	70.86	5	14.17	12180.21	0.0000		
Var .fac 3	79.84	2	39.92	34310 .27	0.0000		
Var .inter F1.2	11.98	30	0.40	343.29	0 .0000		
Var .inter F1.3	36.57	12	3.05	2619.13	0 .0000		
Var .inter F2.3	12.59	10	1 .26	1081.90	0 .0000		
Var .inter F1.2.3	12.74	60	0.21	182.53	0 .0000		
Var. res 1	0.15	126	0.00			0.03	2.8%