



**UNIVERSITE COLONEL EL HADJ LAKHDAR BATNA
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE**



MÉMOIRE

Présenté par :

**Mr BAHRI
Bachir**

**En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences Agronomiques
Option : Forêt et conservation des sols**

THEME

**Contribution à l'étude de l'influence des facteurs édaphiques,
orographiques et biologiques sur la régénération naturelle du
cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica. M*) dans les monts des
Ouled Yagoub**

President : Dr DERRIJ Arezki

Promoteur : Dr MALKI Hamana

Examineur : Dr BENTOUATI Abdallah

Examineur : Dr TATAR Hafiza

Examineur : Dr BELBAHRI Smain

Prof . Université de Tizi ouzou

C C . University de Batna

M C . Université de Batna

M C . Université de Constantine

M C . Université de Batna

Année Universitaire : 2006 – 2007

DEDICACE

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

A ma femme Fadhila qui m'a toujours encourager afin de réaliser ce travail.

A mes parents

A mes petits enfants ; HEITHEM , NADINE et SKANDAR.

A mes frères SAID et LAKHDAR

A mes sœurs FATIHA, SALIHA et YASSMINA

A mon beau frère Toufik

A tous mes collègues de promotion et plus particulièrement ceux de l'option « Forêt et conservation des sols ».

REMERCIEMENTS

Au terme de cette étude, je remercie avant tout le dieu qui m'a permis de réaliser ce présent travail.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à Mr MALKI H. mon encadreur, pour sa bienveillance, ces précieux conseils et ces encouragements incessants durant toute la période de la réalisation de ce travail.

Ma profonde reconnaissance à Mr DERRIJ A. pour l'honneur qu'il me fait de présider le Jury de soutenance et d'examiner le présent travail.

Mes reconnaissance aussi à Mr BENTOUATI A, Mr BELBAHRI S et madame TATAR H, qui ont bien voulu faire-part de jury et examiner ce travail.

Aussi, j'adresse mes respectueux remerciements à Mr BENTOUATI A et à tous les enseignants du département forêts pour leurs dévouements et leurs conseils tout au long de ce travail.

Mes remerciements vont également à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

SOMMAIRE

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE (I) : PRESENTATION DE L'ESPECE

INTRODUCTION

1. Systématique	05
2. Aire de répartition du cèdre	05
2.1 Aire de répartition du cèdre de l'Atlas	06
2.1.1 Aire naturelle	06
2.1.1.1 Au Maroc	06
2.1.1.2 En Algérie	07
2.1.2 Aire d'introduction	08
2.1.2.1 En France	08
2.1.2.2 En Italie	08
2.1.2.3 Autres pays	08
3. Caractères dendrologiques	08
4. Ecologie du cèdre de l'Atlas	10
4.1 L'altitude	10
4.2 L'exposition	11
4.3 Le climat	12
4.3.1 Les températures	12
4.3.2 Les précipitations	12
4.3.3 Les étages climatiques	13
4.4 Le sol	13
4.5 Le tempérament du cèdre de l'Atlas	13
5. Association du cèdre de l'Atlas	14
5.1 Faciès sec	14
5.2 Faciès humide	14
6. Les ennemis du cèdre de l'Atlas	15
7. Utilisation du cèdre de l'Atlas	15

CHAPITRE (II) : PRESENTATION DU MILIEU

1. Localisation géographique et administrative	17
2. Le relief	17
3. La géologie	18
4. La pédologie	18
5. L'hydrologie	18
6. La végétation	19
7. L'étagement de la végétation	19
7.1 Les pelouses de hautes montagnes (2000-2200 m)	19
7.2 Les cédraies de hautes montagnes (1800-2000 m)	19
7.3 Les cédraies à chênes vert (1600-1800 m)	20
7.4 Le chêne vert	20
7.5 La pinède à chêne vert (1200-1500 m)	20
8. Les essences secondaires	20
9. Etat sanitaire de la cédraie	21
9.1 Le dépérissement de la cédraie	21
9.2 La processionnaire du cèdre	21
9.3 Les délits	22
9.4 Le surpâturage	23
10. La faune	23
11. Etude socio-économique	23
11.1 Recensement de la population riveraine	23
11.2 Le cheptel	24

CHAPITRE (III) : LES ETAPES DE LA REGENERATION NATURELLE DU CEDRE DE

L'ATLAS

1. La régénération naturelle du cèdre	26
1.1 La régénération naturelle des cédraies naturelles	26
1.2 La régénération naturelle dans son aire d'introduction	26
2. Les étapes de la régénération naturelle	26
2.1 Le cycle de reproduction	26

2.1.1 Les inflorescences	27
2.1.2 La floraison	27
2.1.3 La pollinisation	27
2.2 Le cycle d'ensemencement	28
2.2.1 La dessimination des graines	28
2.2.2 La germination des graines	28
2.2.3 L'installation des plantules	28

CHAPITRE (IV) : LES DIFFERENTS FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA GERMINATION DES GRAINES DE CEDRE DE L'ATLAS

1. Les facteurs qui influent sur la germination des graines de cèdre de l'Atlas	31
1.1 Influence de l'altitude	31
1.1.1 La cédraie de haute altitude (au delà de 2000 m)	31
1.1.2 La cédraie de basse altitude (1600à 1800 m)	31
1.2 Influence du substrat	32
1.3 Influence de l'exposition	33
1.4 Influence des facteurs climatiques	34
1.4.1 Les températures	34
1.4.2 Les précipitations	34
1.5 Influence de la concurrence végétale	34
1.6 La subordination des facteurs	35

DEUXIEME PARTIE : ETUDE DU CLIMAT ET LE BILAN HYDRIQUE

CHAPITRE (I) : LE CLIMAT ET LES DONNEES CLIMATIQUES

1. Introduction	38
2. Les facteurs climatiques	38
2.1 Les températures	38
2.1.1 La station de Khenchela	39
2.1.2 La station de Keffa Essouda	39

2.1.3 Le gradient thermique	40
2.1.3.1 Station Khenchela	40
2.1.3.2 Station Ketfa Essouda	41
2.2 Les précipitations	41
2.2.1 Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles	42
2.2.1.1 La station de Khenchela	42
2.2.1.2 La station de Ketfa Essouda	42
2.2.2 Le gradient pluviométrique	42
2.2.3 Correction de la pluviométrie moyenne mensuelle	43
2.2.3.1 Le versant nord	43
2.2.3.2 Le versant sud	44
2.3 Les autres facteurs climatiques	46
2.3.1 La neige	46
2.3.2 La grêle	46
2.4 Les indices climatiques	47
2.4.1 Le diagramme ombrothermique de Gaussen	47
2.4.1.1 Le versant Nord	47
2.4.1.2 Le versant Sud	48
2.4.2 Le climagramme d'Emberger	48

CHAPITRE (II) : LE BILAN HYDRIQUE

1. Introduction	51
2. Les facteurs qui intervient dans le bilan hydrique	51
2.1 Les précipitations	51
2.2 La réserve utile	52
3 L'évapotranspiration réelle	52
2.4 L'évapotranspiration potentielle	52
3. Calcul de l'évapotranspiration potentielle	53
3.1 Formule de THORNWAITE	53
4. Le principe de calcule du bilan hydrique	54
5. Résultats du calcul	55

6. Interprétation des résultats	56
6.1 Versant Nord	59
6.2 versant Sud	59
6.3 Conclusion	59

TROISIEME PARTIE : ETUDE IN-SITU DE LA REGENERATION NATURELLE DU CEDRE DE L'ATLAS

CHAPITRE (I) : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Choix de la zone d'étude	63
2. Localisation de la zone d'étude	63
3. Etude pédologique	63
3.1 Description des profils pédologique	65
3.1.1 Versant Nord	65
3.1.2 Versant Sud	68
4. Caractéristiques physico-chimiques du sol	71
5. Analyse granulométrique du sol	72

CHAPITRE (II) : ETUDE BIOMETRIQUES DES CONES ET DES GRAINES

1. Objectif	73
2. Méthode d'étude	73
3. Date de récolte des cônes	73
4. La désarticulation artificielle des cônes	73
5. La qualité physique des graines	74
6. Biométrie des graines	75
7. La levée de dormance	75
7.1 Effet du froid	76
8. Etude comparative de la production des graines	76
9. Interprétation des résultats	77

CHAPITRE (III) : PROTOCOLE EXPERIMENTAL

1. Objectifs	81
2. Matériels et méthode de travail	81
2.1 Matériels utilisés	81
2.2 Méthode de travail	81
2.3 Placettes expérimentales	81
3. Les facteurs écologiques étudiés	82
3.1 L'exposition	82
3.2 L'altitude	82
3.3 Le couvert végétal	82
3.4 Le travail du sol	82
4. Ensemencement artificielle des graines	82
5. Comptages mensuel	82

CHAPITRE (IV) : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. Introduction	85
2. Résultats obtenus par facteur	86
2.1 Influence de l'exposition	86
2.1.1 Interprétation des résultats	87
2.2 Influence de la couverture végétale.	88
2.2.1 Interprétation des résultats	89
2.3 Influence du travail du sol	90
2.3.1 Interprétation des résultats	91
2.4 Influence de l'altitude	92
2.4.1 Versant Nord	92
2.4.2 Versant Sud	92
2.4.3 Interprétation des résultats	95

CONCLUSION GENERALE

Annexes

INTRODUCTION

Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) ou Arz El-Atlas en arabe ou Bignoun en berbère, est une essence forestière endémique des montagnes de l'Afrique du Nord. Il constitue l'essence noble des forêts du MAGHREB (Maroc et l'Algérie).

Si les peuplements du Rif marocain et des chaînes littorales d'Algérie bénéficient d'un climat humide (1400 mm de pluies annuelle) et clément (Minima thermique du mois de janvier – 2 ° C, 0 °C), dans le Haut Atlas et surtout dans les Aurès, le milieu actuel, menacé par la désertification, est très hostile pour que les arbres âgés se régénèrent normalement par suite d'une aridification du milieu (précipitations inférieurs à 400 mm) (QUEZEL, 1957 , PRADAL, 1979).

Dans les Aurès, le cèdre de l'Atlas avec le pin d'Alep constitue le dernier rempart contre l'avancée du Sahara, En plus du rôle de protection des sols contre l'érosion, les forêts du cèdre de l'Atlas sont une ressources de base pour la population riveraine (bois de chauffage, bois de menuiserie, pâturage...etc).

Malheureusement, la cédraie qui est un milieu multifonctionnel (économiques, écologiques et sociaux) connaît actuellement une régression continue. L'absence de semis et l'apparition de clairières et de vides dans certains endroits sont les indicateurs de cette régression (EZAHIRRI et BELGHAZI, 2000).

Dans les Aurès, le cèdre constitue une valeur écologique irremplaçable ; toutefois, il est sujet à une dégradation continue. Cette dégradation plus ou moins accélérée des strates arborescentes font évoluer la cédraie vers une structure de végétation de type pré-forestier et matorralisation (QUEZEL, 1998).

Les causes de cette dégradation sont multiples. Elles sont liées à la fois aux aléas climatiques (sécheresse, stress hydrique, influences sahariennes), à l'action humaines (surpâturage, l'exploitation non contrôlée, les coupes illicites) et enfin à la nature de certains types de substrats tels que les

marnes, qui paraissent très nettement défavorables à la reprise des arbres (BENTOUATI et BARITEAU, 2006).

A cela s'ajoutent les années successives de sécheresse qui ont engendré un dépérissement intense des cédraies. Cette sécheresse intervient durant la période végétative (BENTOUATI, 2008).

Dans une étude sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas dans la forêt des Ouled Yagoub (MOUKOURI, 2006) a montré que le déficit hydrique est un facteur limitant, non seulement de la croissance du cèdre, mais aussi de la survie des jeunes plantules.

D'autres facteurs d'affaiblissement interviennent, tels que les insectes défoliateurs (*Thaumetopea bonjeani*) et les champignons comme l'Armillaire (*Armillaria mila*), qui est fréquemment observée sur les arbres dont la vitalité a démunie ou sur des arbres déjà morts (BENTOUATI, 2006).

La cédraie des Ouled Yagoub, qui est une partie intégrante des cédraies Auressiennes a fait l'objet d'une étude d'aménagement en 1983 dont l'objectif essentiel était d'assurer sa pérennité par le biais de la régénération naturelle et ou artificielle; cette dernière marque une étape cruciale dans la vie d'un individu et conditionne toute tentative d'intervention sylvicole.

La situation actuelle de la cédraie des Ouled Yagoub suscite une inquiétude particulière du fait des facteurs de dégradation qu'elle subit. En effet en plus des facteurs anthropiques (surpâturage, coupes illicites, récolte non organisée de cônes), la régénération de la cédraie est faible ou voire inexistante à certains endroits, compromettant ainsi sa pérennité. Elle est par ailleurs liée à un certain nombre de variables du milieu qui agissent sur son implantation et sa survie (le sol, l'exposition, l'altitude et le couvert végétal). Le problème de la régénération des cédraies se pose donc avec acuité.

Afin de contribuer à trouver des solutions qui seront peut être utiles pour la préservation de cette cédraie, nous avons jugé nécessaire d'adopter la méthodologie de travail suivante :

Notre étude a été divisée en trois parties :

- **La première partie** : est une partie purement bibliographique qui se divise en quatre chapitres consacrés à la présentation du cèdre et du milieu dans lequel il évolue, à définir les différentes phases de la régénération naturelle ainsi que les différents facteurs qui influent sur cette même régénération.
- **La deuxième partie** : se divise en deux chapitres consacrés à l'étude climatique de la région basée sur deux stations météorologiques situées sur les versants Nord et Sud et à l'évaluation du bilan hydrique.
- **La troisième partie** : est une partie de travail sur le terrain et a pour objectif l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en fonction des facteurs physiques, elle a été divisée en quatre chapitres (description de la zone d'étude, étude comparative des cônes et des graines, protocole expérimental, résultats et leur interprétation).

Et enfin notre travail se termine par une conclusion générale et quelques recommandations.

Première partie :

Synthèse bibliographique

Chapitre (I) : Présentation de l'espèce

Chapitre (II) : Présentation du milieu

Chapitre (III) : Les étapes de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

Chapitre (IV) : Les facteurs qui influent sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre (I) : Présentation de l'espèce

Chapitre (I) : Présentation de l'espèce

1. Systématique

Le genre *Cedrus* appartient :

- A l'Embranchement des Spermaphytes,
- Au Sous Embranchement des Gymnospermes,
- A la Classe des Vectrices,
- A l'Ordre des Coniferales,
- Au Sous Ordre des Abietales,
- A la Famille des Pinacées,

Il englobe quatre espèces différentes malgré leurs faibles différences morphologiques. Intégrées d'abord dans une seule espèce (*Cedrus libanitica* Link), les cèdres ont été séparés quatre espèces sur des critères bio-morphologiques ; une distinction qui fait actuellement l'unanimité pour la plupart des dendrologues (S. LAARIBYA, 2004).

- Le cèdre de Chypre (*Cedrus brevifolia* Henry).
- Le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodara* Loudon).
- Le cèdre du Liban (*Cedrus libani* Borell).
- Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti).

Parmi ces quatre espèces, c'est le cèdre de l'Atlas qui fût grandement utilisé dans les reboisements méditerranéens.

2. Aire de répartition du cèdre

Le cèdre, espèce montagnarde, occupe des surfaces d'importance inégale et forme spontanément trois blocs géographiques distincts :

Le premier bloc : qui est celui du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) et qui à l'état naturel se rencontre uniquement en Afrique du Nord. Il se retrouve en Algérie et au Maroc et il est absent en Tunisie (fig n° 01).

- **Au Maroc** : le cèdre de l'Atlas occupe une superficie de 132.000 hectares répartis en deux blocs d'inégale importance : Le Rif et moyen et haut Atlas marocains (M'HIRIT, 1993).

- **En Algérie** : le cèdre couvre 30 400 hectares (BOUDY, 1950) soit 1, 3% de la superficie forestière du pays.

Le deuxième bloc : Ce bloc est divisé en deux parties occupées chacune par une espèce particulière : Le cèdre du Liban (*Cedrus libani*, 1700 hectares au Liban, quelques centaines d'hectares en Syrie) et plus de 160000 hectares en Turquie et quelques dizaines d'hectares de cèdre de Chypre (*Cedrus brevifolia*) qui est une espèce endémique du sud-ouest de l'île de Chypre.

Le troisième bloc : Ce bloc non méditerranéen, est représenté par le cèdre de l'Himalaya (*Cedrus deodara*) qui forme des peuplements entre 1700 et 3000 mètres d'altitude. Il est présent dans les grands massifs de l'Inde et de l'Afghanistan et du Népal.

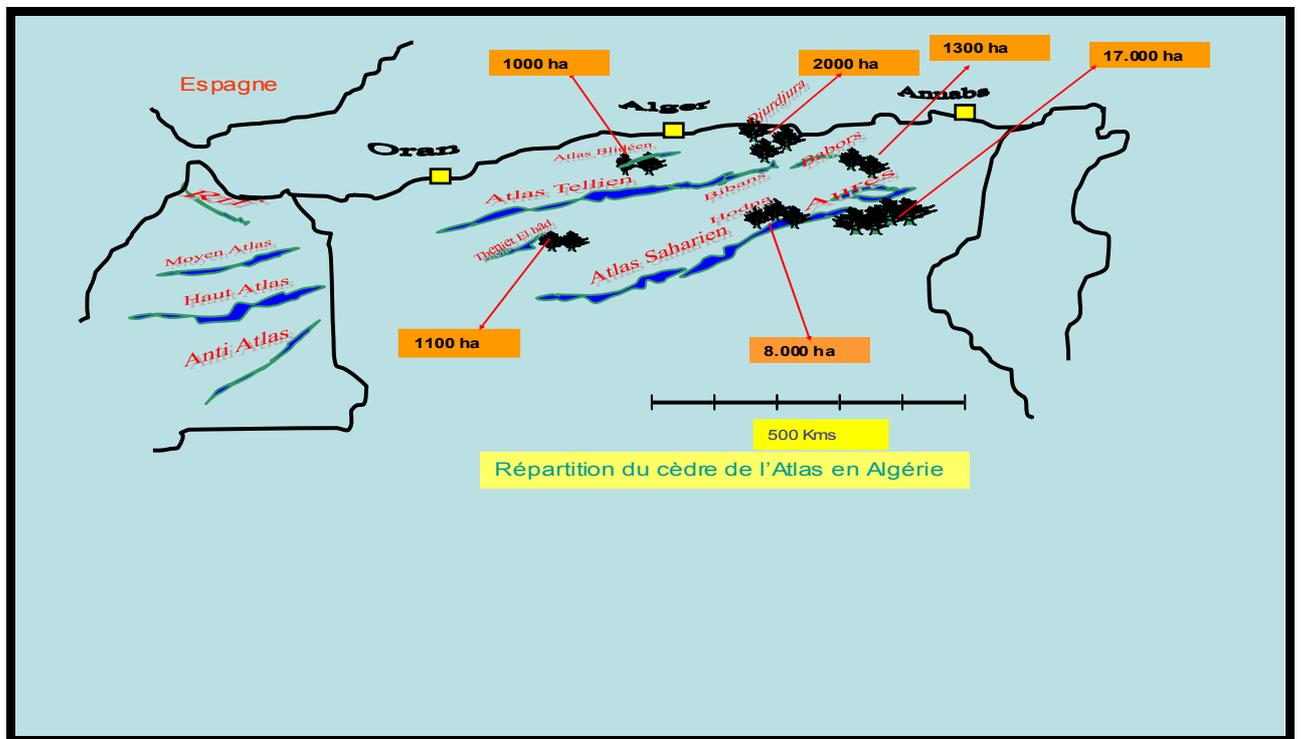


Fig n°01 : Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas en Algérie (d'après BENTOUATI, 2006)

2.1 Aire de répartition du cèdre de l'Atlas

2.1.1 Aire naturelle

2.1.1.1 Au Maroc

Au Maroc, le cèdre de l'Atlas détient à lui seul la plus grande surface, répartie sur deux blocs d'inégale importance, la première dans le moyen et le grand Atlas oriental (116000 hectares), la seconde dans le Rif occidental et central avec une superficie d'environ 16000 hectares (M'HIRIT,1982).

2.1.1.2 En Algérie

En Algérie, le cèdre de l'Atlas occupe une superficie de 30400 hectares répartis comme suit :

-Dans l'Atlas tellien : on rencontre les cédraies du Djurdjura (2 000 ha), des Babors (1 300 ha), de l'Ouarsenis (1100 ha) et de l'Atlas Blidéen (1 000ha).

-Dans l'Atlas saharien : le cèdre constitue d'importants peuplements dans les Aurès et le Bélezma (17 000 Ha) ainsi que dans les Monts du Hodna (8 000 Ha) (tab n° 01).

Tab n° 01 : Le cèdre de l'Atlas en Algérie (NEDJAH, 1988)

MASSIF	SUPERFICIE en HECTARES
Djurdjura	2000
Babors	1300
Atlas blidéen (Chrèa)	1000
Ouarsenis (Tenient elhad)	1100
Aurès	17000
Hodna	8000

Selon ABDESSEMED(1981), le cèdre de l'Atlas dans les Aurès, est réparti comme suit (Tab n° 02)

Tab n° 02 : Le cèdre de l'Atlas dans les Aurès (Abdessemed, 1981)

SOURCE Massif	Superficie en hectares		
	Faurel et Laffite (1949)	Boudy (1955)	Projet Aurès (1971)
Belezma	8000	8100	4254
Chelia	7000	3000	2375
Ouled Yagoub	4000	3000	3300
S'gag	500	600	2093
Djebel lazreg	550	2600	-
Ras Ichmoul	-	15	-
TOTAL	20500	17315	12022

2-1-2 Aire d'introduction

2-1-2-1 En France :

Son succès en France laisse à penser qu'il peut s'acclimater et prospérer dans des conditions autres que celles de son aire d'origine (DUCREY, 1994).

2.1.2.2 En Italie

Il a été introduit d'abord comme arbre d'ornement avant d'être utilisé en reboisement. La première plantation a été exécutée à Badia Prataglia(Arizo) en 1864 (NEJAH,1988).

2.1.2.3 Autres pays

Dès la fin du XIX siècle, le cèdre de l'Atlas fut introduit dans divers pays européens (ex URSS, Bulgarie, Hongrie, Espagne,... etc.). Il a été signalé dans quelques états américains (Pennsylvanie, New York ; côte ouest du Pacifique) où sa remarquable adaptation justifie son extension (M'HIRIT, 1982).

3. Caractères dendrologiques

Le cèdre de l'Atlas est une espèce de grande taille, pouvant atteindre 50 m de hauteur.

En massif serré (fig n°02), le cèdre de l'Atlas a un fût rectiligne, des branches fines et un assez bon élagage naturel. Les cimes sont réduites et coniques.

A l'état isolé (fig n°03), les cimes sont trapues, les branches sont très grosses, horizontales ou légèrement dressées, le tronc de l'arbre se termine par une flèche très souple qui se brise ou se courbe prématurément notamment sur les terrains pauvres pour former une table. Son écorce est lisse de couleur brune quand le sujet est jeune, ensuite elle forme des petites écailles grises foncées pour devenir enfin crevassée lorsque le sujet est âgé (JACAMON, 1987).

Les aiguilles en rosettes sont fines, aigües, vertes, ou glauques et qui persistent sur l'arbre trois ans (LEDANT ,1975).



Fig n° 02 : Le cèdre de l'Atlas en massif serré à Ouled Yagoub



Fig n°03: Le Cèdre de l'Atlas à l'état isolé à Ouled Yagoub

Le cèdre de l'Atlas est monoïque, les inflorescences mâles sont des chatons ovoïdes allongés (2 à 6 cm) dressés, très nombreuses de couleur jaunâtre. Les inflorescences femelles sont au début semblables à celles des inflorescences mâles. Elles ne se constituent pas en même temps que les inflorescences mâles.

L'inflorescence mâle se présente fin juin comme un bourgeon arrondi, l'inflorescence femelle, n'apparaît que deux mois après, se développe rapidement et devient mûre à la fin du mois d'août.

Les graines du cèdre sont tendres, fragiles, triangulaires ailées avec une couleur brune et une longueur qui varie de 10 à 15 cm (TOTH, 1978). Elles sont enveloppées d'une pellicule résineuse protectrice et relativement lourde et tombent à proximité du semencier lors de la désarticulation (TOTH, 1971).

Le système racinaire est développé, pivotant et fixe bien l'arbre au sol (TOTH, 1975). Les racines obliques sont très fortes et prospectent les sols profonds et humides. Les plants d'une année ont une profondeur racinaire comprise entre 14 et 20 cm en sol profond (TOTH, 1978). Quand le sol est

peu profond et avec obstacle, l'enracinement devient latéral, favorisant ainsi les chablis.

4. Ecologie du cèdre de l'Atlas

4.1 L'altitude

Le cèdre l'Atlas est une essence essentiellement montagnarde donc d'altitude, ce facteur commande dans la plupart des cas sa répartition, sa productivité et sa régénération (LAARIBYA, 2004).

Les limites inférieures et supérieures diffèrent d'une cédraie à l'autre. En Algérie la limite inférieure est fonction de la plus ou moins grande humidité de la station. Elle se situe entre 1400 et 1500 mètres en versant nord et à partir de 1600 mètres en versant Sud (ABDESSEMED, 1981).

Dans les Babors, ZENASTI (1982) in LAIMOUCI (1983) signale sa limite inférieure à 1500 mètres sur versant sud. Cette limite descend jusqu'à 1300 mètres sur les versants nord.

Au Djurjura, elle est située à 1400 mètres sur le versant nord et à 1600 mètres sur le versant sud (LAPIE et MAIGE in DERRIDJ, 1985).

A Chréa on le trouve à l'état naturel à partir de 1200 mètres d'altitude et il peut prospérer quand il est introduit à 700 mètres sur le versant nord (LAIMOUCI, 1983).

En général, pour les cédraies des Aurès ABDESSEMED (1981) et SHOENBERGER (1970), ont préconisé que l'amplitude altitudinale du cèdre de l'Atlas oscille d'une façon générale entre 1400 et 2200 mètres. Néanmoins sur le versant sud il existe en moyenne un décalage de 200 m ; c'est-à-dire qu'il débute à partir de 1600 mètres.

Au Maroc, le cèdre de l'Atlas présente une amplitude altitudinale allant de 1500 mètres sur le Rif, 1600 mètres sur le moyen Atlas et 1700 mètres sur le haut Atlas à 2300 mètres, voire plus de 2600 m d'altitude dans les versants sud de la chaîne de Bou-Ilbane, et 2400 mètres à Tidighine dans le Rif. La limite inférieure est variable d'une zone à l'autre et dépend de plusieurs facteurs en particulier l'exposition, elle peut descendre jusqu'à 1300 mètres (reboisement de Bou-Idhial, région d'azrou) (LAARIBYA, 2004).

Enfin, il faut noter que le cèdre de l'Atlas a été introduit à Meurja (Atlas tellien) à moins de 1000 m avec succès (DERRIDJ, 1985).

4.2 L'exposition

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

En Algérie, les vents humides sont de direction nord et nord-ouest, ces expositions sont les plus arrosées que les autres. Les versants sud sont au contraire exposés aux vents chauds et secs (B.N.E.F, 1983).

4.3 Le climat

Le cèdre de l'Atlas est moins plastique que son compagnon le chêne vert et son optimum se situe en climat méditerranéen humide à variante froide et continentalité un peu accentuée (BOUDY, 1950).

4.3.1 Les températures

La température est 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, le cèdre de l'Atlas vit entre une température moyenne annuelle de 8.5 °C et 11 °C, alors qu'au Maroc (Ifrane) il se trouve entre 10°C et 12°C (GAUSSEN, 1955 in SAADI ; 1992).

4.3.2 Les précipitations

Le cèdre de l'Atlas se développe dans une tranche pluviométrique qui varie entre 500 mm/an régulièrement repartis dans l'année et 1700 mm/an. Cette valeur peut atteindre 2000 mm/an dans le Rif (LAARIBYA, 2004).

Dans les Aurès, la pluviométrie annuelle varie entre 400 et 500 mm/an (AUSSENAC, 1984) et dans certaines conditions peut atteindre 800 à 900 mm dans les sommets (station Khenchela).

Il faut signaler que la répartition des pluies annuelle, surtout durant la saison estivale, joue un rôle primordial dans la régénération du cèdre de

l'Atlas. Son exigence en matière de précipitations est confirmée par ailleurs par la prospérité de la cédraie française qui ne reçoit que 400 mm de pluie par an, mais avec une meilleure fréquence en été (TOTH).

4.3.3 Les étages climatiques

QUEZEL (1976) estime que l'optimum du cèdre se situe en bioclimat humide à hiver froid. Cette zone correspondrait à des températures moyennes annuelles comprises entre 8, 5°C et 11°C et à une pluviométrie annuelle égale à 900 mm.

Les cédraies Auressiennes se ressentent de plus de l'influence desséchante du proche Sahara dont l'effet d'aridité pénètre par les vallées ouvertes vers le sud (MALKI, 1992).

4.4 Le sol

Le cèdre paraît indifférent à la nature chimique des sols. Il s'accommode de tous types qu'ils soient siliceux ou calcaires. La constitution physique du sol quant à elle joue un rôle plus déterminant (BNEF ; 1983).

4.5 Le tempérament du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas est une essence au tempérament montagnard et continental ; ce tempérament est assez complexe : le cèdre offre à la fois le caractère d'essence héliophile en supportant longtemps le couvert et peut rester de nombreuses années sous le couvert de vieilles futaies denses. D'autre part il se régénère beaucoup mieux dans les endroits découverts ; les lisières et affecte alors les allures d'essence de lumière.

5. Les formations végétales

Les cédraies se présentent sous forme de futaie dense affectant deux types de faciès relativement différents (BOUDY, 1950).

5.1 Le faciès sec : Les arbres caractéristiques de cette formation sont :

- L'érable de Montpellier : (*Acer monspesulanum*).
- Le chêne vert : (*Quercus rotundifolia*).
- Le pin d'alep : (*Pinus halepensis*).
- L'if : (*Taxus baccata*).

- Le genévrier thurifère : (*Juniperus thurifera*).

5-2 Le faciès humide : Les arbres caractéristiques de cette association sont :

- L'érable de Montpellier : (*Acer monspesulanum*).
- Le petit houx : (*Ilex aquifolium*).
- Le genévrier oxycèdre : (*Juniperus oxycedrus*).
- L'if : (*Taxus baccata*).
- Le lierre : (*Hedera helix*)
- Le sapin de Numidie : *Abies numidica*
- Le peuplier tremble : *Populus tremula*
- Le genévrier commun : *Juniperus communis*

6. Association du cèdre de l'Atlas

Dans les Aurès, ABDESSEMED (1981) a décrit deux types d'associations du cèdre qui sont :

- l'association à *Cedrus atlantica* et *Quercus rotundifolia* qui se localisent uniquement au Belezma et l'association à *Cedrus atlantica* et *Berberis hispanica* (Epine vinette) spécifique du S'gag.

Il faut signaler que suite à plusieurs tournées sur le terrain ; nous avons remarqué que ces deux types d'association ont été localisées également dans la cédraie des Ouled Yagoub.

7. Les ennemis du cèdre de l'Atlas

Les cédraies, particulièrement celles les plus méridionales n'échappent pas aux attaques d'insectes. En effet, la processionnaire du cèdre (*Thaumtopaea bonjeani*), les tordeuses du cèdre (*Epinotia cedricida* et *Epinotia algeriensis*), les pucerons (*Cedrobium laportei* et *Cinara cedri*), la cochenille (*Leucapsis pusilla*), le bupreste (*Melanophila marmottani*), pour ne pas citer que les plus importants sont autant de facteurs qui contribuent à la fragilisation de ces systèmes (GACHI,1989).

8. Utilisation du cèdre de l'Atlas

Le cèdre de l'Atlas peut être utilisé comme arbre d'ornement dans les parcs et les jardins publics. Il a également servi à reboiser une partie du Sud de la France (Mont Ventoux et Vaucluse). Son bois noble à texture remarquable est utilisé en ébénisterie et il sert comme bois d'œuvre.

Le cèdre peut également produire une huile essentielle aromatique qui a des propriétés antiseptiques. Les aiguilles sont par ailleurs utilisées comme fourrage pour le bétail durant les périodes d'enneigement.

Chapitre (II) : Présentation du milieu

CHAPITRE II : PRESENTATION DU MILIEU

1. Localisation géographique et administrative

La cédraie des Ouled Yagoub est située à l'extrémité Nord-Est du massif des Aurès, dans sa partie orientale, sur les dernières chaînes qui viennent mourir au pied de la ville de Khenchela. Elle forme un triangle isocèle dont la base, orientée au sud est limitée par les dépressions d'Outa Elmroudj . Elle est limitée :

- Au nord par la route de Khenchela à Kais
- Au sud-ouest par la vallée de Oued Mellagou, en contournant par le sud-est le massif passant par Khenchela , Chentgouma Ain guiguel et Ain mimoun.

Elle est localisée entre les coordonnées suivantes : 35° 18' et 35° 22' de latitude Nord et 06° 37' et 7° 05'' de longitude Est.

Administrativement, la cédraie domaniale des Ouled Yagoub est gérée par la circonscription des forêts El-hamma qui dépend de la conservation des forêts de Khenchela.

2. Le relief

Dans la cédraie des Ouled Yagoub, le relief est constitué par une chaîne montagneuse formée de plis parallèles très escarpés orientés sud-est /nord-ouest.

Les principaux sommets sont le Djebel Bezez qui culmine à 2141 m , le Djebel Aidhel (2092 m) , le djebel Feraoun (2093 m) , le Djebel Chentgouma (2112 m) et enfin dominant la ville de Khenchela le djebel Ras Sardoun(1700 m) .

3. La géologie

Selon FAUREL et LAFFITE(1949) , dans la cédraie des Ouled Yagoub on rencontre des substrats géologiques variés mais principalement du grès calcaire , avec des calcaires, des grès siliceux, de la dolomie et quelques poches de marne et de schiste.

En général, la cédraie des Ouled Yagoub se développe essentiellement sur des substrats gréseux, surtout calcaire.

4. La pédologie

Selon le BNEF (1983), les sols de la cédraie des Ouled Yagoub sont caractérisés par :

- Leur jeunesse relative.
- Leur faible épaisseur.
- Leur faible degré d'évolution.
- Un horizon Ao très mince dépassant rarement 04 cm.
- L'absence de lessivage.
- L'absence d'un véritable horizon B bien développé qui peut s'expliquer par la localisation des sols sur des fortes pentes.
 - Un humus de type mull calcique.
 - Une texture limono-argilo-sableuse.
 - Une charge caillouteuse élevée dans l'horizon C, et une roche mère généralement constituée de :
 - grès blanc ou ferrugineux.
 - marnes ou de calcaires plus ou moins fissurés.
 - dolomies ou de calcaires dolomitiques.

5. L'hydrologie

De nombreuses sources existent dans la zone de la cédraie des Ouled Yagoub, parmi ces sources on citera : Ain Ansal , Ain Houa (Chentgouma) , Oued Zarif ,Ain El-Emti , Ain Taga , Mizab et Ain Guiguel..etc.

6. La végétation

Au point de vue contenance, la forêt de cèdre représente 34.87 % des trois séries de cèdre (Tamza, Chentgouma et Djebel Feraoun) à Ouled Yagoub (TAB n° 03).

Tab n° 03 : occupation du sol dans la cédraie des Ouled Yagoub (BNEF, 1983)

Vocation	Surfaces en hectares				
	Cédraie	Pinède	Chêne vert	Parcours	Totaux
Production	2045.74	1009.43	1959.58	1276.90	6291,65
Protection	1060.08	-	516.10	276.90	1853,08
Improductive	134.30	-	492.66	520.23	1147.19
Total	3240.12	1009.4	2968.34	2074.03	9291,92

7. L'étagement de la végétation

Selon le BNEF (1983), dans l'aire de la cédraie des Ouled Yagoub on rencontre cinq types de peuplements :

7.1 Les pelouses de haute montagne (2000-2200 m)

Elles sont situées sur les crêtes et les sommets des montagnes, et sont caractérisées par l'absence de toute végétation arborée ou arbustive et la présence d'une végétation herbacée très basse et assez riche en espèces. Ces pelouses sont les lieux de prédilection des troupeaux de toute la zone qui pacagent surtout durant l'été et le printemps.

7.2 La cédraie de haute montagne (1800-2000 m)

Elle est caractérisée par l'absence de chêne vert, elle croit dans des conditions difficiles à cause des vents violents et un sol squelettique à forte pente qui limite la production et la régénération naturelle. Les arbres sont trapus et regroupés en bouquets de densité irrégulière. Ce sont en général des peuplements de protection ou des zones improductives.

7.3 La cédraie à chêne vert (1600-1800 m)

Elle représente les peuplements les plus répandus et les plus bien venants avec des arbres bien élagués, élancés, dépassant souvent une hauteur de 20 mètres. Les peuplements se régénèrent bien dans des trouées créées soit à la suite d'incendie, soit grâce à des coupes.

7.4 Le chêne vert

Le chêne vert est en mélange soit avec le cèdre, soit avec le pin d'Alep. Il peut se trouver à l'état pur sous forme de taillis bien venants soit formant un maquis dégradé avec la présence de genévrier oxycèdre et de frêne dimorphe sur les versants sud et au voisinage des habitations.

7.5 La pinède à chêne vert (1200-1500 m)

Dans l'aire de la cédraie des Ouled Yagoub, la pinède est localisée sur le djebel Tizi Ala à la limite de la série de djebel Feraoun. C'est une futaie qui se régénère bien, avec des arbres bien élagués, dépassant les 15 mètres de hauteur.

8 Les essences secondaires

Les autres essences secondaires qu'on rencontre en mélange avec le cèdre ou le chêne vert sont :

- L'if (*Taxus baccata*).
- L'érable de Montpellier (*Acer monspessulanum*).
- Le sorbier (*Sorbus aria*).
- Le frêne dimorphe (*Fraxinus dimorpha*).
- Le genévrier oxycèdre (*Juniperus oxycedrus*).
- L'aubépine (*Crataegus lanciniata*)

9. Etat sanitaire de la cédraie

La cédraie des Ouled Yagoub se trouve dans un état de dégradation a cause de plusieurs facteurs dont les principaux sont :

9-1 Le dépérissement naturel du cèdre

Ce phénomène touche toutes les catégories d'âges, et il est en croissance permanente. En parallèle aucune étude n'a 'été réalisée dans le but de contribuer à l'identification les causes de ce phénomène. Le dépérissement ne touche que les cèdres qui dépérissent en masse ou individuellement (fig 04).



Fig n° 04: Le phénomène de dépérissement dans la cédraie Ouled Yagoub

9.2 La processionnaire du cèdre

Le cèdre de l'Atlas à Ouled Yagoub fait l'objet d'attaques de la processionnaire du cèdre (*Thaumetopea bonjeani*). Ces dernières années le cèdre des Ouled Yagoub est attaqué par la bonjeani, cette dernière cause des dégâts très importants (fig n° 05).



Fig n° 05 : La processionnaire du cèdre à Ouled Yagoub

9.3 Les délits

Malgré tous les efforts déployés par le service concerné, les coupes illicites continuent à causer une dégradation dans la cédraie. Le commerce illégal de perches de cèdre est très florissant pour leur utilisation en maçonnerie (Fig 06).



FIG 06 : Les délits dans la cédraie des Ouled Yagoub

9.4 Le surpâturage ou coupe illicites

Le surpâturage dans la cédraie a un effet négatif sur l'avenir de la cédraie surtout lorsqu'on constate que les bergers élaguent de façon anarchique les arbres pour leur tailles en plus ils procèdent a coupe de jeunes cèdres.

10- La faune

La cédraie des Ouled Yagoub est pauvre en gibier, dans les stations fraîches et humides, sous la cédraie des traces de défrichements de sol dues aux sangliers sont visibles. On doit signaler que l'administration des forêts a procédé au lâchage du faisan dans la cédraie, ce dernier s'est acclimaté aux conditions locales et se reproduit bien.

11- Etude socio-économique

La population riveraine, particulièrement concernée par la cédraie des Ouled Yagoub est concentrée dans la grande enclave qui s'étire le long

de l'oued Tamza au pied du Djebel Aidhel et du Djebel Bezez, et au sud-est, à la périphérie sur les piémonts du Djebel.Chentgouma.

11.1 Recensement de la population rivéraine :

Selon les services de la commune de Tamza, le nombre de famille qui vivent à proximité ou au voisinage de la cédraie, et qui tirent profit de cette dernière : transhumance en période estivale, bois de chauffage, terrain de culture....etc. est estimé à 249 familles réparties selon le tableau suivant (Tab n° 04) :

Tab n° 04 : Recensement de la population riveraine (source DSA, 2004).

REGION	NOMBRE DE FAMILLE	TOTAL
TIZI ALA	44	249
NOUGHISS	65	
OUED ZARIF	20	
TAFRENT	23	
HOUIRA	12	
OUED ILEMTI	15	
CHENTGOUMA	63	
DJEMRI	7	

Cette population vit essentiellement de l'élevage ovin, d'une céréaliculture marginale et des fruits et légumes qui proviennent de petits jardins potagers.

La production du blé, d'orge, de fruits et de pomme de terre est aléatoire en raison du climat peu favorable, surtout sur le versant sud. C'est l'élevage bovin, caprin et ovin qui représente la ressource principale pour ces familles.

11.2 Le cheptel

Selon des statistiques des services agricoles, chaque famille possède en moyenne un troupeau d'une trentaine d'ovins et caprins et 02 à 03 bovins ou équidés. Ceci nous donne 6930 têtes d'ovins ou de caprins et 693 Bovins ou équidés.

On dira alors que le surpâturage dans la cédraie des Ouled Yagoub est très important ce qui à une influence négative sur la régénération naturelle des jeunes plants de cèdre.

Chapitre (III) :
Les étapes de la régénération naturelle
du cèdre de l'Atlas

CHAPITRE (III) : LES ETAPES DE LA REGENERATION NATURELLE DU CEDRE DE L'ATLAS

1- La régénération naturelle du cèdre

1.1 Dans les cédraies naturelles

Au Maroc comme en Algérie, le problème principal des cédraies après le dépérissement est le manque de régénération du cèdre. Au Maroc la régénération naturelle manque notamment sur les terrains calcaires superficiels que l'on rencontre souvent dans le moyen Atlas, alors qu'elle est plus facile dans le Rif vu l'abondance des précipitations d'une part et la localisation de ces cédraies sur des sols profonds gréseux ou siliceux d'autre part (TOTH, 1980 ; PUJOS, 1964).

En Algérie, la plupart des cédraies sont localisées dans des conditions climatiques défavorables (Aurès). La régénération naturelle n'est pas toujours possible surtout après une succession d'années de sécheresse (TOTH, 1980). Dans les Aurès, un cycle humide est indispensable pour la régénération naturelle du cèdre (BOUDY, 1952).

La régénération du cèdre de l'Atlas est compromise par une série de facteurs tels que : le pâturage, le développement de la couche herbacée, l'humidité, les futaies vieillissantes.

1.2 Dans son aire d'introduction

Les cédraies méditerranéennes françaises ne posent pas les mêmes problèmes de régénération que celles des pays autochtones. Ceci est dû à une bonne coïncidence climatique avec la fructification, la dissémination des graines et l'installation des plantules (TOTH, 1980).

2. Les étapes de la régénération naturelle

2.1 Cycle de reproduction

Le cycle de production de graine jusqu'à leur dissémination dure en général trois ans. Dans certaines conditions, ce cycle peut se prolonger jusqu'à quatre ans. Durant la première année, apparaissent les inflorescences, la floraison et la pollinisation (EZZAHIRI et BELGAZI, 2000).

2.1.1 Les inflorescences

Les inflorescences mâle et femelle n'apparaissent pas en même temps. La fleur mâle apparaît à la fin mois de juin comme un bourgeon arrondi recouvert d'une pellicule cireuse. Après déchirure de cette pellicule, on voit apparaître un petit cône qui atteint la maturité mi-septembre.

L'inflorescence femelle, n'apparaît que deux mois plus tard. Elle se développe rapidement et devient mature à la mi-septembre. Cette date peut varier en fonction des conditions climatiques (DERRIDJ, 1990).

2.1.2 La floraison

La floraison s'effectue à partir de la mi-septembre et peut durer jusqu'au mois d'octobre. L'inflorescence femelle, par ses écailles ouvertes, reçoit les grains de pollen.

2.1.3 La pollinisation

La pollinisation s'effectue en général à partir de la mi-septembre, moment où les inflorescences arrivent à leur maturité physiologique (les graines contiennent les trois éléments principaux (Embryon – Endosperme et les téguments) .

Durant la deuxième année, il y a fécondation des ovules par les grains de pollen et croissance des cônes. La fécondation ne s'effectue pas immédiatement après la pollinisation. Il y a un décalage de huit (08) mois entre ces deux stades. Durant la troisième année, se produisent la maturation des cônes et leur désarticulation.

La maturité morphologique et physiologique ne se déroulent pas en même temps. La première a lieu fin décembre, début janvier et donne les graines contenant éléments principaux : embryon, endosperme et tégument. La deuxième n'aura lieu que 10 à 11 jours plus tard.

La désarticulation se manifeste par détachement des cônes du rachis et libération des graines de leurs écailles. C'est un phénomène qui s'effectue sous l'effet de l'humidité et de la chaleur.

2.2 Le cycle d'ensemencement

Ce cycle comprend trois étapes : la dissémination des graines, leur germination et l'installation des plantules.

2.2.1 La dessimination des graines

Après la désarticulation naturelle des cônes, la dissémination s'effectue essentiellement fin novembre. Les graines sont disséminées par le vent sur une distance de 20 à 50 m et réparties d'une façon homogène dans toutes les directions spatiales (EZAHIRI, 2000).

2.2.2 La germination des graines

Pour germer, la graine de cèdre a besoin de lumière, d'une humidité modérée, d'oxygène et de certaines conditions thermiques. Grâce à son tégument membraneux et perméable la graine s'hydrate facilement en quelques heures. Elle peut absorber de 10 à 20 % de son poids en eau, la durée de la germination est liée à la maturité et à l'état de dormance des graines.

Les graines de cèdre présentent des degrés de dormance variables en fonction des conditions climatiques. Les graines germent lentement à 04 C°. En dessous de 02°C, il n'y a plus de germination celle-ci semble alors être inhibée par le froid (EZAHIRI ,2000).

La germination est encore plus importante si la graine est placée à une température de 4°C et maintenue humide.

2.2.3 L'installation des plantules

L'installation des graines dépend essentiellement de la texture du sol. Sur les sols meubles, les graines s'installent plus facilement que sur les sols compacts, les racines pouvant pénétrer plus facilement en profondeur dans le sol et y puiser l'humidité nécessaire à leur maintien et à leur survie durant les grandes chaleurs estivales. La survie des semis dépend aussi de la couverture végétale au niveau du sol ainsi que du degré d'humidité de l'air (MALKI, 1992).

La croissance des racines est le facteur fondamental de la survie des semis ; cette croissance peut atteindre 40 cm en 04 mois (LEPOUTRE, 1963). Les mycorhizes jouent un rôle important dans la résistance des semis à la sécheresse et dans la stimulation de leur croissance racinaire (LEPOUTRE, 1964).

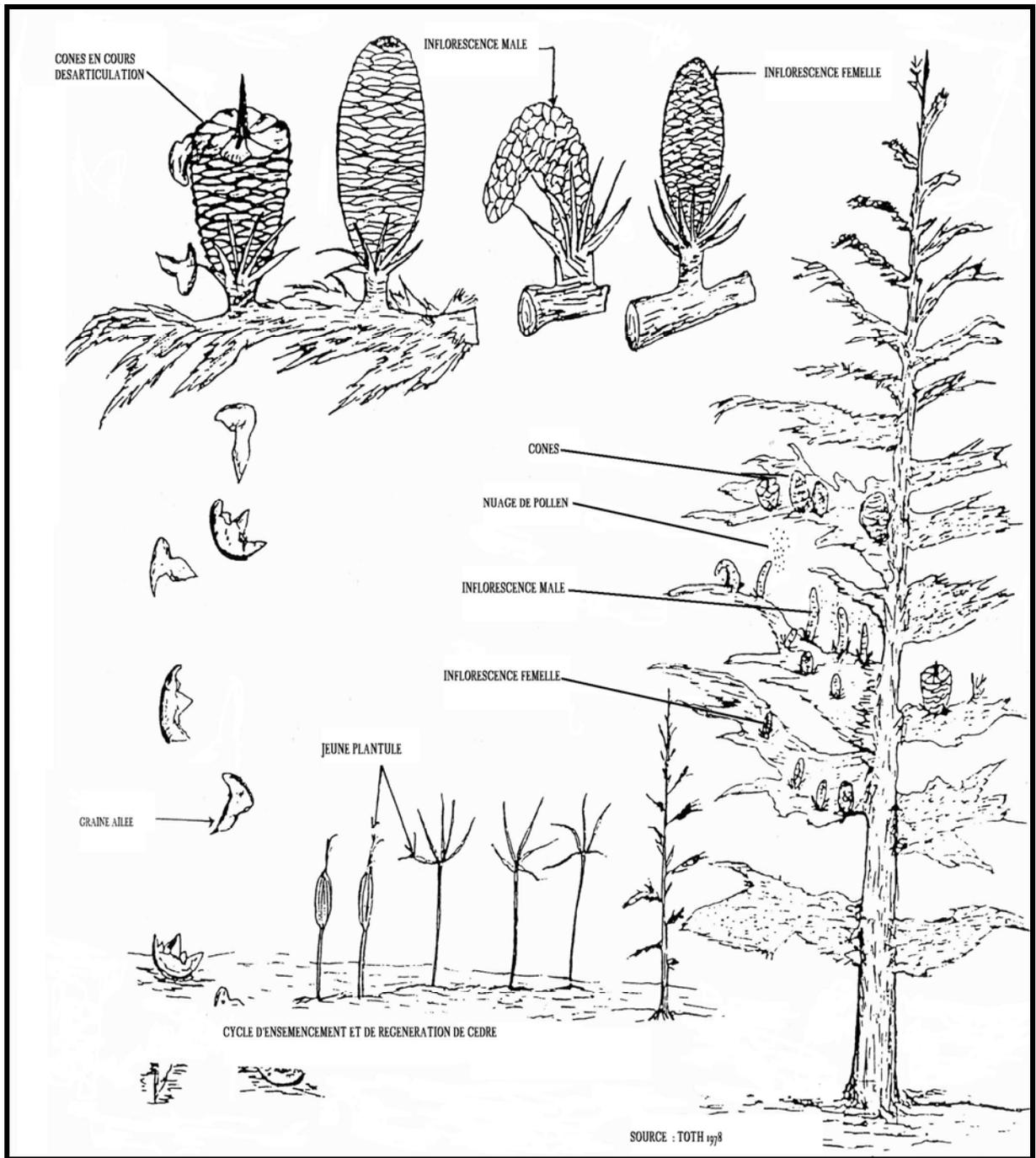


Fig 07 : Les étapes de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas
(TOTH, 1978)

Chapitre (IV) :
Les facteurs qui influent sur la régénération naturelle
du cèdre de l'Atlas

CHAPITRE (IV) : LES FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA REGENERATION NATURELLE DU CEDRE DE L'ATLAS

1. Les facteurs qui influent sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

La régénération naturelle du cèdre de l'Atlas est liée à certains descripteurs, notamment les descripteurs topoclimatiques et édaphiques ainsi que ceux liés à la structure de la végétation et les descripteurs sylvicoles. EZZAHIRI (2000).

1.1 Influence de l'altitude

L'altitude a une influence capitale sur la température à laquelle la date d'apparition de la germination des graines est étroitement liée.

EZZAHIRI (2000) définit deux types de cédraies :

1.1.1 Les cédraies des hautes altitudes (au-delà de 2000 m) :

A partir de cette altitude, le froid est important et la neige persiste longtemps et retarde de ce fait le processus de germination jusqu'au mois d'avril ou de mai. À partir de cette date, les chances de survie des jeunes plantules sont faibles en raison du déficit hydrique.

1.1.2 Les cédraies des basses altitudes (1600 à 1800 mètres) :

Dans cette tranche altitudinale la situation est inverse, le manteau neigeux ne persiste pas longtemps et la germination des graines est plus précoce sur les versants sud et dans les endroits les plus ensoleillés. Cependant, les semis ont du mal à franchir le cap de l'été en raison de la sécheresse. Seul les jeunes plantules, sous le couvert du chêne vert, peuvent résister.

De ce fait, il ressort que la régénération du cèdre de l'Atlas dépend en grande partie de la date d'apparition des semis (un semis précoce sur versant Nord a de fortes chances de survivre à la sécheresse de l'été).

1.2 Influence du substrat

Le sol agit par ses caractéristiques physique et chimiques en facilitant la précocité des germinations grâce à des points de flétrissement bas (absence d'argile ou de matière organique) mais aussi en accélérant la croissance racinaire (sols sur matériau volcanique ou sur terrain incendié).

Le cèdre de l'Atlas est indifférent à la composition chimique du substrat géologique et dépend essentiellement de sa structure physique. L'influence du faciès lithologique est bien marquée : sur substrats basaltiques, doléritiques et sur grès quartzite, la germination est facile. La situation est plus délicate sur calcaire et dolomie compacte où elle devient plus difficile.

Du point de vue édaphique, le taux de germination est encore très faible sur des sols à forte teneur en argile ou lorsque l'horizon de surface est riche en matière organique non décomposée. En revanche, ce taux est important sur des sols profonds et humides, en bordure de routes ou sur sol décapé et griffé accidentellement (passage des tracteurs, camions, etc.)(Fig 08).

La germination du cèdre est aussi liée à la quantité de calcium et de magnésium. Pour des sols ayant un rapport Ca/Mg supérieur à 4, la germination s'installe facilement : c'est ainsi que, sur les substrats basaltiques et sur grès, le rapport obtenu dépasse cette valeur. Les sols calcimorphes se sont révélés en revanche plus défavorables à la germination en raison de la difficulté d'assimilation du potassium, du phosphore et parfois de l'azote (EZZAHIRI, BELGHAZI, 2000).



Fig 08 Effet du travail du sol sur la régénération naturelle du cèdre de L'Atlas à Ouled Yagoub

1.3 Influence de l'exposition

Les versants agissent sur la date d'apparition des semis .Les versants nord sont frais et les températures favorables à la germination ne sont atteintes que tardivement, particulièrement en haute altitude et dans le cas où les peuplements sont très denses. Les versants sud sont au contraire plus chauds et les hautes températures sont atteintes précocement mais les conditions estivales sont plus sévères que dans les versants nord.

Au Maroc dans le Moyen Atlas, les stations exposées à l'ouest et au nord-ouest offrent des conditions favorables à la germination du cèdre en raison des perturbations océaniques qui sont humides. Ces courants océaniques ont un intérêt écologique non négligeable. Ils limitent l'évapotranspiration, ce qui facilite la germination et permet aux jeunes plantules de dépasser le cap de l'été. Les expositions Sud et Est sont les plus chaudes et la germination des graines est précoce. Mais dans cette situation, la sécheresse estivale, trop élevée, fait disparaître les jeunes plantules les plus exposés au soleil.

1.4 Influence des facteurs climatiques

Le climat est une variable importante dans l'explication de la répartition de la végétation car l'influence qu'il exerce sur la vie en général et sur celle des végétaux en particulier n'est pas à démontrer (ANSER, 1997).

Les recherches entamées par certains chercheurs et se rapportant à l'influence du climat sur la régénération naturelle du cèdre ont montré que cette dernière dépend essentiellement des facteurs suivants :

1.4.1 La température

La germination in situ ne se produit que lorsque la température maximale journalière atteint une valeur de 9°C à 10°C pour une période de 7 à 10 jours. Dans une chambre climatisée, la germination est possible à des températures de +4°C (TOTH, 1978).

1.4.2 Les précipitations

Si la température détermine la date de la germination des graines, la pluviométrie assure l'installation et le maintien des semis. Cependant, ce qui semble jouer un rôle dans la régénération n'est pas la somme totale des précipitations, mais une tranche. Les pluies les plus bénéfiques sont celle qui tombent à partir de la date de germination des graines jusqu'à la fin de l'été (fin octobre).

1.5- Influence de la couverture végétale

L'action du couvert végétal est beaucoup plus complexe parce qu'elle se manifeste de deux façons dont les effets sont opposés :

- Il a une action négative parce que le couvert retarde la date d'apparition des semis d'une part et une action positive car il améliore la chance de survie en diminuant l'évaporation estivale. Ces deux actions sont liées au climat à l'altitude et à l'exposition.

Pour les cédraies Marocaines il existe une limite altitudinale critique se situant entre 1850 à 1900 mètres au dessus de laquelle les couverts sont défavorables à la régénération alors que vers les zones altitudinales plus basses, le couvert devient de plus en plus favorable. L'altitude 1550 m représente les conditions optimales (LEPOUTRE, 1964).

1.6 La subordination des facteurs

Les facteurs influençant la régénération du cèdre sont nombreux et l'influence de chaque facteur du milieu sur la survie des plantules de cèdre pris isolément paraît simple. Cependant leur subordination est très difficile car dans la nature les facteurs écologiques agissent simultanément. Il existe entre ces facteurs des interactions :

- Le climat joue un rôle prépondérant et son effet varie selon l'altitude.
- Les facteurs climatiques sont subordonnés aux facteurs édaphiques. En effet des facteurs édaphiques favorables peuvent être insuffisants pour assurer la survie des semis apparus tardivement. Inversement des plantules très précoces peuvent dans certains cas se maintenir dans un milieu édaphique si les conditions climatiques sont favorables (LEPOUTRE, 1964).
- Le couvert est étroitement lié au climat, à l'altitude, à l'exposition et au milieu édaphique où il exerce son action.
- La concurrence peut jouer un rôle relativement néfaste suivant les milieux climatiques ou édaphiques.

Deuxième partie :

Etude du climat et le bilan hydrique

Chapitre (I) : Le climat et les données climatiques

Chapitre (II) : Le bilan hydrique

Chapitre (I) :

Le climat et les données climatiques

CHAPITRE (I) : **LE CLIMAT ET LES DONNEES CLIMATIQUES**

1- Introduction

Le climat a une incidence sur la période végétative des végétaux et plus précisément sur leur régénération. Pour le cèdre de l'Atlas, il influe directement sur la fructification, la germination des graines, le maintien et le développement des plantules pendant leurs deux premières années de vie et en particulier pendant la période estivale (TOTH, 1980).

Pour la collecte des données climatiques récentes il n'existe aucune station météorologique en fonctionnement dans la zone d'étude, les stations les plus proches sont les suivantes :

- La station de Khenchela située au nord de la zone d'étude à une altitude de 982.5 mètres.
- La station de Keffa Essouda (Chechar) située au sud de la zone d'étude à une altitude de 845 mètres.

Ces deux stations ont été retenues pour l'étude climatique en raison de leur proximité de la zone d'étude et aussi de leur situation sur l'exposition nord et l'exposition sud, malgré leur situation en zone de faible altitude et dans une ambiance non forestière, néanmoins elles peuvent servir de base pour les corrections que nous allons apporter.

2. Les facteurs climatiques

2.1 Les températures

La température représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère (RAMADE, 2003).

L'étude des températures (minima et maxima) à un rôle très important sur la germination et l'installation des plantules de cèdre, c'est ainsi que, dans des conditions de pluviométrie normale ou supérieure à la normale, il est apparu que cette installation avait lieu ,dans le sol , dans des conditions

thermiques bien déterminées et correspondant en l'occurrence à des températures maximales journalières de 9,5 c° pendant 7 à 10 jours consécutifs. Cette limite correspond sensiblement à une valeur de + 10 c° pour la température maximale moyenne mensuelle (LEPOUTRE, 1969).

Pour notre zone d'étude nous nous sommes servi des données des deux stations citées plus haut en fonction de l'exposition.

2.1.1 Station Khenchela

Tab n° 05 : Les températures moyennes minimales et maximales (93-2004)

Source station de Khenchela 2004

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
T (Max) M °c	9,4	9,7	14,8	17,1	24,3	34	37	39	29	19	16	14
t(min) m °c	1,1	2,3	3,2	5,6	10,8	15,1	18,4	18,6	16	14,2	6,5	5,3
(M+m)/2	5,3	6	9	11,4	17,6	24,6	27,7	28,8	22,5	16,6	11,3	9,7
(M-m)	8,3	7,4	11,6	11,5	13,5	18,9	18,6	20,4	13	4,8	9,5	8,7

2.1.2 Station Keffa Essouda

Tab n° 06 : Les températures moyennes minimales et maximales (93-2004)

Source station de Keffa Essouda 2004

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
T (Max) M °c	10	12	15	23	29	36	39	42	32	23	20	16
t(min) m °c	3	5	7	9	13	14	19	21	16	8	7	4
(M+m)/2	6,5	8,5	11	16	21	25	29	31,5	24	15,5	13,5	10
(M-m)	7	7	8	14	16	22	20	21	16	15	13	12

2.1.3 Le gradient thermique

Selon SELTZER (1946), le gradient thermique est de 0.70 °C pour 100 m pour la moyenne des maxima du mois (M) et de 0.45 °C pour la moyenne des minima (m).

A partir de ces valeurs, une extrapolation des données de la station de Khenchela a été faite pour évaluer les valeurs de M et m du massif des Ouled Yagoub en versant Nord et celles de la station Ketfa Essouda pour évaluer les mêmes pour le versant Sud (tableau 07 et 08).

2.1.3.1 Station de Khenchela

Tab n° 07 : Correction des températures moyennes mensuelles (station khenchela)

	MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
982.5m	M	9,4	9,7	14,8	17,1	24,3	34	37	39	29	19	16	14
	m	1,1	2,3	3,2	5,6	10,8	15,1	18,4	18,6	16	14,2	6,5	5,3
	(M+m)/2	5,3	6	9	11,3	17,5	24,5	27,7	28,8	22,5	16,6	11,25	9,6
1000m	M	9,3	9,6	14,7	17	24,2	33,9	36,9	38,9	28,9	18,9	15,8	13,9
	m	1	2,2	3,1	5,5	10,7	15	18,3	18,5	15,9	14,1	6,4	5,2
	(M+m)/2	5,1	5,9	8,9	11,2	17,4	24,4	27,6	28,7	22,4	16,5	11,1	9,5
1500m	M	5,8	6	11,1	13,5	20,7	30,4	33,4	35,4	25,4	15,4	12,4	10,4
	m	-1,2	-0,04	0,9	3,3	8,5	12,8	16	16,3	13,7	11,9	4,2	3
	(M+m)/2	2,3	3	6	8,4	14,6	21,6	24,7	25,8	19,5	13,6	8,3	6,7
1600m	M	5	5,4	10,5	12,8	20	29,7	32,7	34,7	24,7	14,7	11,7	9,7
	m	-1,7	-0,5	0,4	2,8	3	12,3	15,6	15,8	13,2	11,4	3,7	2,5
	(M+m)/2	1,7	2,4	5,4	7,8	14	21	24,1	25,2	19	13	7,7	6,1
1700m	M	4,4	4,7	9,8	12	19,3	29	32	34	24	14	11	9
	m	-2,1	-0,9	-0,02	2,4	7,6	11,9	15,2	15,4	12,8	11	3,3	2
	(M+m)/2	1,1	1,9	4,9	7,2	13,4	20,4	22,36	24,7	18,4	12,5	7,1	5,5
1800m	M	3,7	4	9	11,4	18,6	28,3	31,3	33,3	23,3	13,3	10,3	8,3
	m	-2,6	-1,4	-0,5	1,9	7,1	11,5	14,7	15	12,3	10,5	2,9	1,6
	(M+m)/2	0,5	1,3	4,3	6,6	12,8	19,8	23	24,1	17,8	11,9	6,5	4,9
1900m	M	3	3,3	8,4	10,7	17,9	27,6	30,6	32,6	22,6	12,6	9,6	7,6
	m	-3	-1,8	-0,9	1,5	6,7	11	14,3	14,5	11,9	10	2,4	1,2
	(M+m)/2	-0,02	0,7	3,7	6	12,3	19,3	22,4	23,5	17,2	11,3	6	4,4
2000m	M	2,3	2,6	7,7	10	17,2	26,9	29,9	21,9	21,9	11,9	8,88	6,88
	m	-3,5	-2,3	-1	,4	6,2	10,5	13,8	14	11,4	9,6	1,9	0,7
	(M+m)/2	-0,6	0,1	3,1	5,5	11,7	18,7	21,8	22,9	16,7	10,7	5,4	3,8

2.1.3.2 Station Keffa Essouda

Tab n° 08 : Correction des températures moyennes mensuelles (station Keffa Essouda)

MOIS		J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
845m	M	10	12	15	23	29	36	39	42	32	23	20	16
	m	3	5	7	9	13	14	19	21	16	8	7	4
	(M+m)/2	6,5	8,5	11	16	21	25	29	31,5	24	16	14	10
1000m	M	8,9	11	14	22	27	35	38	41	31	22	19	15
	m	2,3	4,4	6,3	8,3	12	13	18,4	20,3	15	7,3	6,3	3,3
	(M+m)/2	5,6	7,7	10	15	20	24	28,1	30,6	23	15	13	9,1
1500m	M	5,4	7,4	10	18	25	32	34,5	37,4	27	18	16	11
	m	0,1	2	4	6	10	11	16	18	13	5	4	1
	(M+m)/2	2,7	4,7	7,2	12	17	21	25,2	27,7	20	12	9,7	6,2
1600m	M	4,7	6,7	9,7	18	24	31	33,7	36,7	27	18	15	11
	m	-0,4	1,6	3,6	5,6	9,6	11	15,6	17,6	13	4,6	3,6	0,6
	(M+m)/2	2,2	4,2	6,7	12	17	21	24,7	27,2	20	11	9,2	5,7
1700m	M	4	6	9	17	23	30	33	36	26	17	14	10
	m	-0,8	1,2	3,2	5,2	9,2	10	15,2	17,2	12	4,2	3,2	0,2
	(M+m)/2	1,6	3,6	6,1	11	16	20	24,1	26,6	19	11	8,6	5,1
1800m	M	3,3	5,3	8,3	16	22	29	32,3	35,3	25	16	13	9,3
	m	-1,3	0,7	2,7	4,7	8,7	9,7	14,7	16,7	12	3,7	2,7	-0,3
	(M+m)/2	1	3	5,5	11	16	20	23,5	26	19	10	8	4,5
1900m	M	2,6	4,6	7,6	16	22	29	31,6	34,6	25	16	13	8,6
	m	-1,7	0,3	2,3	4,3	8,3	9,3	14,3	16,3	11	3,3	2,3	-0,7
	(M+m)/2	0,4	2,4	4,9	9,9	15	19	22,9	25,4	18	9,4	7,4	3,9
2000m	M	1,9	3,9	6,9	15	21	28	30,9	33,9	24	15	12	7,9
	m	-2,2	-0	1,8	3,8	7,8	8,8	13,8	15,8	11	2,8	1,8	-1,2
	(M+m)/2	-0,1	1,9	4,4	9,4	14	18	22,4	24,9	17	8,9	6,9	3,4

2.2 Les précipitations

La pluviométrie est une forme de précipitation qui influe par son intensité et sa répartition sur la distribution et le développement des végétaux.

Compte tenu que notre travail a lieu sur deux versants différents à savoir le versant Nord (Série Tamza) et le versant sud (série Chentgouma) et par manque de stations météorologiques situées en pleine zone d'étude nous avons été obligé d'exploiter les données météorologiques des stations les plus proches déjà citées, en utilisant la méthode d'extrapolation et en

se basant sur le principe que la station de Khenchela située en exposition Nord-Est pour la partie nord de la zone d'étude et la station de Ketfa Essouda située en exposition sud pour la partie sud de la zone d'étude.

2.2.1 Les précipitations moyennes mensuelles et annuelles

2.2.1.1 La station Khenchela : Les précipitations moyennes mensuelles de la station de Khenchela (982,5 m) sont consignées dans le tableau n° 09.

TAB 09 : les précipitations moyennes mensuelles dans la station de Khenchela (1993-2004)

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
PRECIPITATION MOYENNE En mm	53	48,3	57	45	43	29	16	19	39	42	48	46	484,8

2.2.1.2 Station Ketfa Essouda

Le tableau n° 10 nous renseigne quant à lui sur les précipitations moyennes mensuelles de Ketfa Essouda .

TAB n° 10 : Les précipitations moyennes mensuelles dans la station de Ketfa Essouda (1993-2004)

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
PRECIPITATION MOYENNE En mm	45	43	48	34,5	20	19	12	14	26	35	42	36	374

2.2.2 Le gradient pluviométrique

Comme cela a été signalé précédemment le manque de stations météorologiques en ambiance forestière nous ramène à utiliser des données d'autres stations plus proches. Il est généralement admis que la pluviométrie augmente avec l'altitude selon un gradient altitudinal qui varie avec l'exposition. Ce gradient est de 40 mm par an pour 100 m de

dénivelée pour le versant Nord (SELTZER1946) et de 20 mm/an pour le versant sud (LEHOUROU, 1975).

Sur cette base une extrapolation des données pluviométriques de la station de Khenchela a été faite pour évaluer, la pluviométrie à Ouled Yagoub à différentes altitudes sur le versant Nord et les données de la station de Ketfa Essouda pour évaluer la pluviométrie dans le même massif mais sur le versant Sud (tableau 11 et 12).

TAB n° 11 : Evaluation de la pluviométrie moyenne mensuelle
Sur le versant Nord (station Khenchela)

ALTITUDE (m)	982.5	1500	1600	1700	1800	1900	2000
PLUVIOMETRIE en mm	484,8	691,8	731,8	771,8	811,8	841,8	881,8

TAB n° 12 : Evaluation de la pluviométrie moyenne mensuelle
Sur le versant Sud (station Ketfa Essouda)

ALTITUDE (m)	845	1500	1600	1700	1800	1900	2000
PLUVIOMETRIE en mm	374	505	525	545	565	585	605

2.2.3 Correction de la pluviométrie moyenne mensuelle

Afin d'estimer la pluviométrie moyenne mensuelle pour notre zone d'étude, nous avons calculé un coefficient pour chaque altitude, ce coefficient a été déterminé de la manière suivante :

2.2.3.1 Le versant nord

Sachant que la pluviométrie moyenne annuelle enregistrée a la station de Khenchela (située à 982.5 m) d'altitude est de 484,8 mm L'accroissement pluviométrique (A) pour une altitude (X) est calculé de la manière suivante :

$$A = \frac{X_d}{100} \times 40$$

A= Accroissement de la pluviométrie en mm

Xd = Différence d'altitude entre une altitude de la zone d'étude et l'altitude de la station de référence

Donc la pluviométrie a une altitude (x) est égale à : A+484,8

Et le coefficient de correction sera donc :

$$C = \frac{A+484,8}{484,8}$$

2.2.3.2 Versant sud

De la même façon que la méthode précédente mais avec un accroissement de 20 mm et en exploitant les données de la station météorologique de Ketfa Essouda , située à 845 mètres d'altitude et dont la pluviométrie moyenne mensuelle est estimée à 374 mm.

Les résultats obtenus à partir de ces corrections sont représentés dans les tableaux (13et 14).

TAB n° 13 : Correction de la pluviométrie moyenne mensuelle
Versant nord (Station de Khenchela)

ALTITUDE	982,5	1500	1600	1700	1800	1900	2000
COEFFICIENT	C	1,42	1,51	1,59	1,68	1,75	1,84
JANVIER	53	75,26	80,03	84,3	89,04	92,75	97,52
FEVRIER	48,3	68,586	72,933	76,8	81,144	84,525	88,872
MARS	57	80,94	86,07	90,6	95,76	99,75	104,88
AVRIL	45	63,9	67,95	71,6	75,6	78,75	82,8
MAI	43	61,06	64,93	68,4	72,24	75,25	79,12
JUIN	29	41,18	43,79	46,1	48,72	50,75	53,36
JUILLET	16	22,72	24,16	25,4	26,88	28	29,44
AOUT	19	26,98	28,69	30,2	31,92	33,25	34,96
SEPTEMBRE	39	55,38	58,89	62	65,52	68,25	71,76
OCTOBRE	42	59,64	63,42	66,8	70,56	73,5	77,28
NOVEMBRE	48	68,16	72,48	76,3	80,64	84	88,32
DECEMBRE	45,5	64,61	68,705	72,3	76,44	79,625	83,72
TOTAL	484,8	688,416	732,048	771	814,464	848,4	892,032

TAB n° 14: Correction de la pluviométrie moyenne mensuelle
Versant sud (Station de Ketfa Essouda)

ALTITUDE	845	1500	1600	1700	1800	1900	2000
COEFFICIENT	C	1,35	1,4	1,45	1,51	1,56	1,61
JANVIER	45	60,75	63	65,3	67,95	70,2	72,45
FEVRIER	43	58,05	60,2	62,4	64,93	67,08	69,23
MARS	48	64,8	67,2	69,6	72,48	74,88	77,28
AVRIL	34,5	46,575	48,3	50	52,095	53,82	55,545
MAI	19,5	27,3	27,3	28,3	29,445	30,42	31,395
JUIN	19	25,65	26,6	27,6	28,69	29,64	30,59
JUILLET	12	16,2	16,8	17,4	18,12	18,72	19,32
AOUT	14	18,9	19,6	20,3	21,14	21,84	22,54
SEPTEMBRE	26	35,1	36,4	37,7	39,26	40,56	41,86
OCTOBRE	35	47,25	49	50,8	52,85	54,6	56,35
NOVEMBRE	42	56,7	58,8	60,9	63,42	65,52	67,62
DECEMBRE	36	48,6	50,4	52,2	54,36	56,16	57,96
TOTAL	374	505,88	523,6	542	564,74	583,4	602,14

2.3 Les autres facteurs climatiques

2.3.1 La neige

La neige joue un rôle écologique, celui d'écran thermique vis-à-vis des semis de cèdre (TOTH, 1971). Elle joue également un rôle important dans l'alimentation des nappes superficielles.

Au niveau de la cédraie des Ouled Yagoub, la plus grande partie de neige tombe durant les mois de janvier-fevrier et le nombre de jours d'enneigement est 13 jours(TAB 15).

TAB n°15 : Nombre de jours de chute de neige (2004)
Source station khenchela 2004

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	total
Nombre de jours	7	4	2	00	0	0	0	0	0	0	0	0	13

2.3.2 La gelée

La gelée est une forme de précipitation atmosphérique, Elle apparaît dès que la température est inférieure à zéro. Ces gelées jouent un rôle très important dans la désarticulation des cônes de cèdre (TOTH, 1978). En revanche, compte tenu de la floraison tardive (fin été, automne) la gelée n'a aucun effet sur la fructification de cette essence. A Ouled Yagoub le nombre de jours de gelées enregistré est de 31 jours (TAB 16).

TAB n° 16: nombre de jours de gelée (2004) -Station khenchela-

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Nombre de jours	13	11	4	1	0	0	0	0	0	0	0	2	31

2.4 Les indices climatiques

De nombreux indices ont été élaborés pour caractériser le climat d'une région, ces indices font intervenir en général la température et la pluviométrie.

2.4.1 Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Ce diagramme ombrothermique fait intervenir les pluies et les températures moyennes mensuelles. Cette représentation fait ressortir les mois secs dans l'année. Pour Gausсен un mois est sec si $P < 2T$ où P est la pluviométrie et T c'est la température.

Afin de pouvoir déterminer la période de sécheresse dans la zone d'étude, nous avons pris l'altitude 1700 mètres pour les deux dites stations (figure 09 et 10).

2.4.1.1 Versant nord

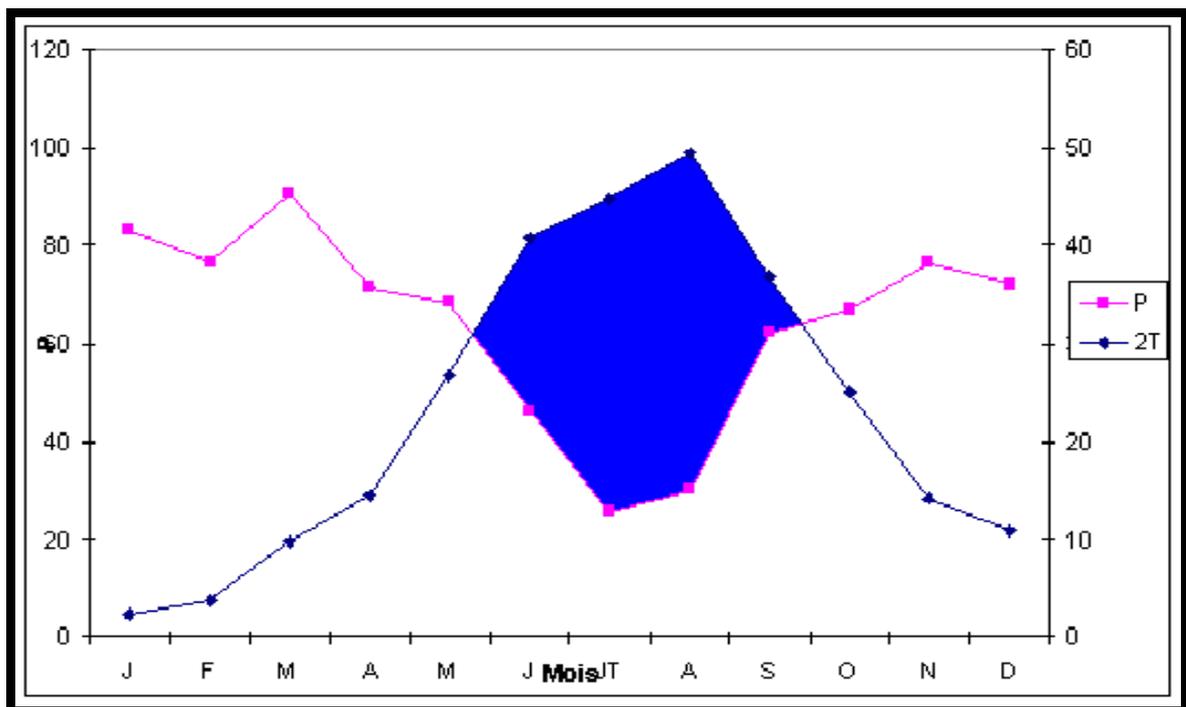


FIG n° 09 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1700 m Nord

2.4.2.2 Versant sud

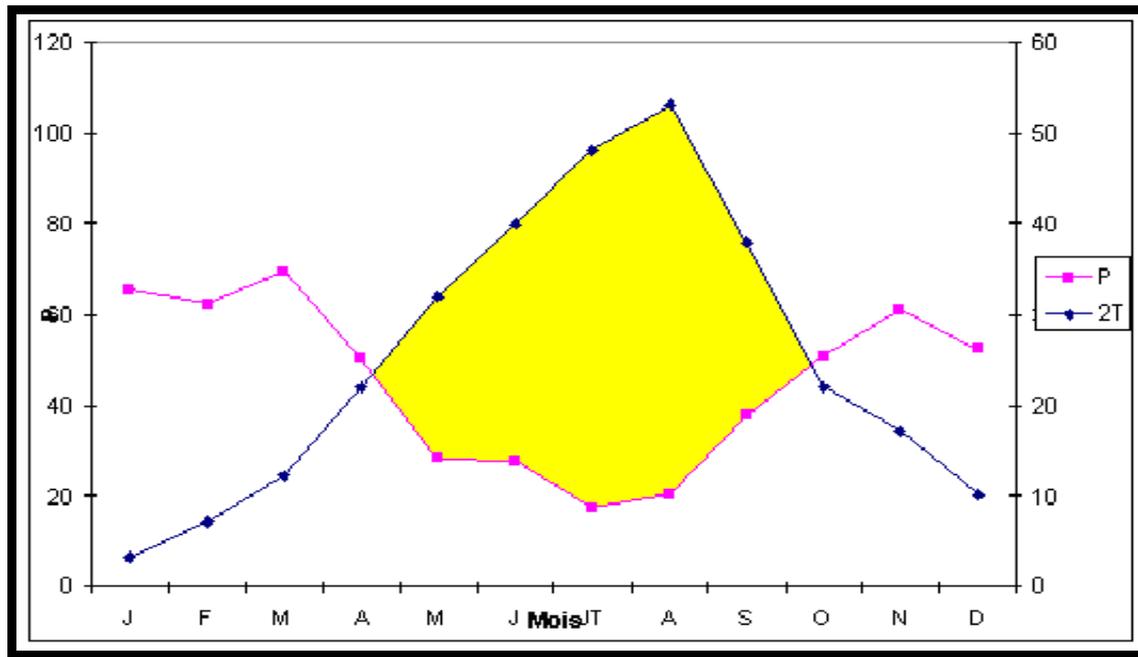


FIG 10: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1700m Sud

L'indice xérothermique de Bagnouls et Gausсен montre que dans le versant sud de la zone d'étude la saison sèche est nettement plus importante qu'au versant nord de la même zone.

En versant Nord elle commence début du mois de Mai et se termine vers mi-septembre.

En versant sud, cette période de sécheresse débute du mois de Mai et se termine fin septembre, c'est-à-dire un écart d'un mois entre les deux versants.

II.1.4.2 Le climagramme d'Emberger

Afin de situer la cédraie des Ouled Yagoub dans le climagramme d'Emberger, nous avons procédé à des extrapolations des valeurs de pluviométrie et de température relevées dans la station de Khenchela pour le versant nord et la station de Ketfa Essouda pour le versant sud. Les caractéristiques bioclimatiques des deux stations sont résumées dans les tableaux n°17et 18.

TAB n°17 : le quotient pluviothermique d'Emberger (station Khenchela)

Altitude(m)	P(mm)	M(c°)	m(c°)	Q2
982,5	484,5	39	1,1	43,8479
1500	691,8	35,38	-1,2	64,8681
1600	731,8	34,68	-1,7	68,996
1700	771,8	33,98	-2,12	73,3317
1800	811,8	33,28	-2,6	77,6052
1900	841,8	32,58	-3	81,1516
2000	881,8	31,88	-3,5	85,4882

TAB 18 : le quotient pluviothermique d'Emberger (station Ketfa Essouda)

Altitude(m)	P(mm)	M(c°)	m(c°)	Q2
845	374	42	3	32,89
1500	505	37,42	0,06	46,36
1600	525	36,72	-0,39	48,52
1700	545	36,02	-0,84	50,71
1800	565	35,32	-1,29	52,93
1900	585	34,62	-1,74	55,19
2000	605	33,92	-0,14	60,93

A partir de ces deux tableaux, on constate que bio climatiquement la cédraie de Ouled Yagoub se trouve dans l'étage **semi aride frais à sub-humide froid**.

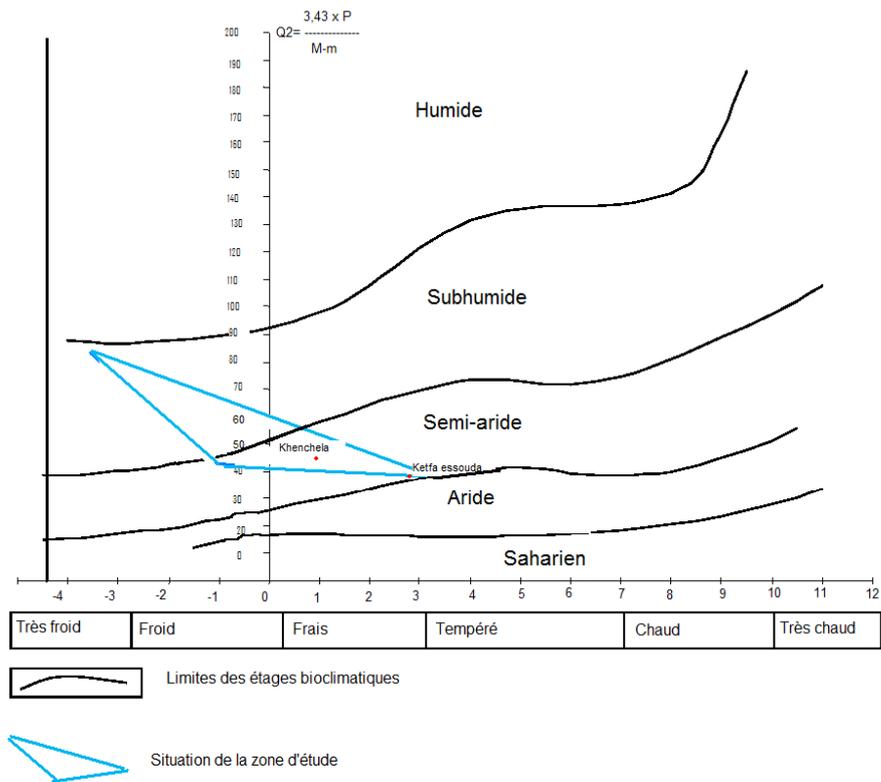


FIG 11 : Climagramme d'Emberger

Chapitre (II) :

Le bilan hydrique

CHAPITRE (II) : LE BILAN HYDRIQUE

1. Introduction

Le bilan hydrique d'une région forestière à une période donnée (décadaire, mensuelle ou annuelle) est la comparaison entre les apports sous forme de précipitations (solide ou liquide) et les pertes par évapotranspiration, infiltration, ruissellement en considérant la réserve utile en eau du sol, aussi bien dans sa constitution que dans son utilisation. On peut l'écrire comme suit (HALITIM, 2006) :

$P = ETP + R + I + \Delta RU$ en mm Où :

- P : précipitations
- ETP : Evapotranspiration potentielle
- R : ruissellement
- I : infiltration, peut être déterminée par différence entre P et ETP.
- ΔRU : variation de la réserve en eau du sol.

L'écoulement (D) et la quantité d'eau stockée dans le sol sont considérés dans le but de déterminer l'excédent ou le déficit hydrique.

2. Les facteurs qui interviennent dans le bilan hydrique

2.1 Les précipitations (P)

Sont dénommées précipitations toutes les eaux qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (bruine, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre,...). Elles sont provoquées par un changement de température ou de pression.

Les précipitations qui sont mesurées à partir de pluviomètre présentent l'avantage d'être estimées séparément des autres facteurs du bilan hydrique (ETP, ETR, RU). Cependant les précipitations peuvent être sujettes à des erreurs liées à la mesure par des personnes non qualifiées ou au défaut du déplacement du pluviomètre, ou encore à une estimation pendant la période de trouble.

2.2 La réserve utile

C'est la quantité d'eau du réservoir d'un sol pouvant être plus ou moins facilement utilisée par les racines d'une plante. En raison de la faible chute de pluies, des pentes fortes et de la faible profondeur du sol, sa valeur est exceptionnellement fixée à 50 mm. Son importance pour le calcul de l'évapotranspiration est évidente (MALKI, 1992).

La profondeur du sol et sa constitution physique (texture) jouent un grand rôle dans la rétention des capacités hydriques.

En effet un sol à forte capacité de rétention diminue considérablement le temps de sécheresse agro climatique. Un sol très peu épais sous un climat sec va avoir une faible capacité de rétention, ce qui entraîne une sécheresse biologique. Si nous sommes en région sèche, même si les sols sont profonds, il n'y aura pas suffisamment d'eau pour remplir le volume de la réserve utile.

2.3 L'évapotranspiration réelle (ETR).

C'est la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol et par les plantes quand le sol est à une certaine humidité et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire spécifique.

L'évapotranspiration réelle est l'évaporation qui se produit effectivement au dessus d'une couverture végétale, l'apport d'eau étant constitué par les seules précipitations. Elle est fonction de la quantité d'eau disponible, du pouvoir évaporant de l'air de la capacité de rétention du sol. Dans le cas d'un sol bien alimenté en eau l'évapotranspiration réelle est supposée égale à l'évapotranspiration potentielle.

2.4 L'évapotranspiration potentielle (ETP)

L'évapotranspiration est la consommation d'eau , sous l'action conjuguée de l'évaporation du sol et de la transpiration de la plante d'un couvert végétal en plein développement occupant en totalité le sol et les conditions optimum d'alimentation en eau sous l'influence d'aucun facteur limitant (CLEMENT et GALANT,1979 in HAMDA(2005).

Ce paramètre climatique peut aussi être défini comme la restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre, quelle que soit sa nature (sol, végétaux, eau libre) à l'atmosphère. Cette notion englobe la lame d'eau évaporée à partir du substratum terrestre ou transpirée par les végétaux (HALIMI, 1980). Elle est exprimée en mm ou m³/ha/j ou m³/ha/mois).

3. Calcul de l'évapotranspiration (ETP)

Evapotranspiration potentielle est considérée comme un paramètre climatique complexe pratiquement indépendant de la nature du couvert végétal et des caractères pédologique et géologiques du sol. Il paraît alors raisonnable de présumer que cette E.T.P doit être reliée de façon étroite aux autres facteurs du climat : température, humidité, vent, insolation ...etc.

De nombreux auteurs ont cherché à établir des expressions rattachant la valeur de l'ETP à une sélection des facteurs climatiques; parmi ces méthodes de calcul on a :

- Ajustement statistique : formule de THONTHWAITE et TURC.
- Bilan énergétique : formule de PENMAN et de BOUCHET.

3.1 Formule de THORNTHWAITE

Le botaniste et climatologue américain THORNTHWAITE a noté au cours de ses travaux sur la croissance des végétaux que les échanges d'eau entre la plante et l'atmosphère conditionnaient pour une grande part la croissance du tissu végétal. Il dégagera la notion d'évapotranspiration et celle d'évapotranspiration potentielle correspondant à une alimentation hydrique optimale des végétaux. Il a tenté de relier cette ETP à des paramètres facilement accessibles : la température moyenne de l'air sous abri et la durée théorique de l'insolation.

Par ajustement statistique des mesures expérimentales pour l'E.T.P obtenus sur des cases lysimétriques aux données climatiques de températures, THORNTHWAITE a abouti à la formule suivante :

$$\text{E.T.P (nc)} = 16 * (10t/I)^{\alpha}$$

nc = non corrigée

Cette formule multipliée par un terme correctif $f()$ fonction de la durée d'insolation pour obtenir l'ETP :

$$\text{E.T.P (nc)} = 16 * (10t/I)^{\alpha} * f() \quad \text{où}$$

t = la température moyenne de la période considérée.
α = fonction complexe de l'indice (I).

$$\alpha = 6.75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7.71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1.79 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0.49$$

I = représente un indice thermique annuel et égal a la somme des douze indice thermiques mensuels (i)

Et chaque indice mensuel est calculé par la formule suivante :

$$i = \left(\frac{t - 1.514}{5} \right)$$

Où t = température moyenne de la période considérée (mensuel, décade...etc).

4. Le principe de calcul du bilan hydrique

Pour calculer le bilan hydrique dans la région d'étude nous admettons ce qui suit :

- Toutes les précipitations non évapotranspirées pénètrent dans le sol. Le ruissellement a été négligé.
- L'eau d'infiltration ne pénètre pas au-delà d'une couche ou horizon du sol donné tant que la capacité au champ n'est pas atteinte par cette couche.
- La valeur de la réserve utile du sol en eau est adoptée à l'avance (pour notre cas elle est de 50 mm).
- le calcul du bilan hydrique commence par le mois ou le bilan hydrique est supérieur à zéro en considérant que la RU est à son maximum.

- Pour le calcul du bilan hydrique de la zone d'étude , nous avons utilisé les données météorologique de la station de Khenchela pour le versant Nord, et les données de Ketfa Essouda pour le versant sud en extrapolant les températures moyenne mensuelles en fonction de l'altitude.
- Pour notre travail nous avons opté pour la méthode de THORNTHWAITE pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P) parcqu'elle n'exige qu'un minimum de données climatiques. Les résultats de calcul sont portés en annexes.

5. Résultats

Les résultats du calcul sont représentés dans les tableaux n° (1-14) en annexe.

6. Interprétation des résultats

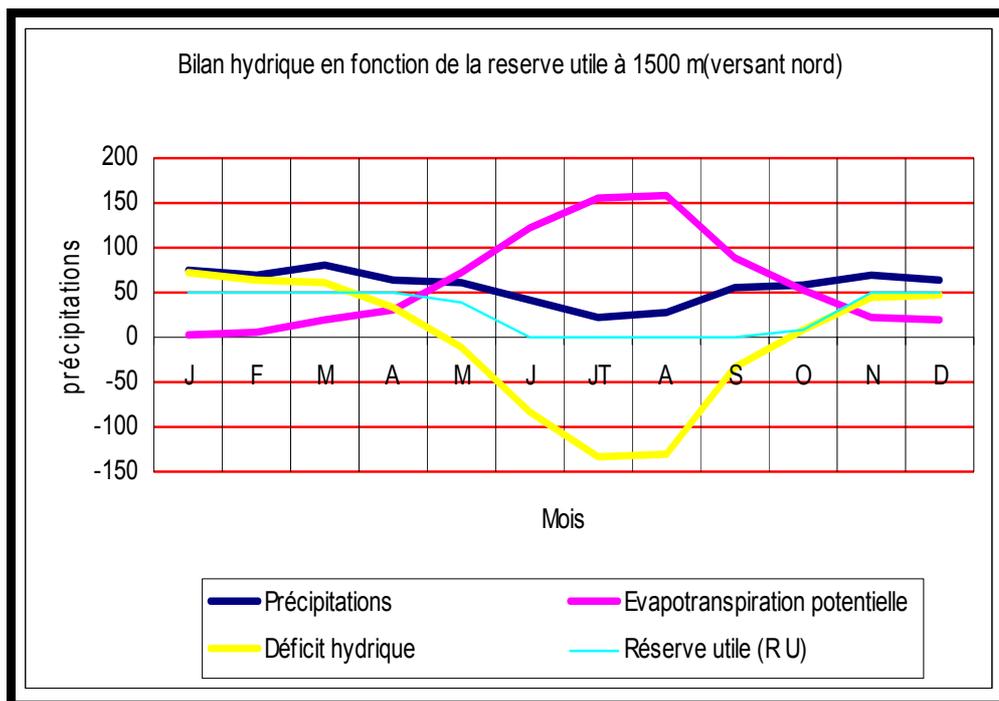


FIG 12 : Bilan hydrique en fonction de la réserve utile à 1500 m (Versant Nord)

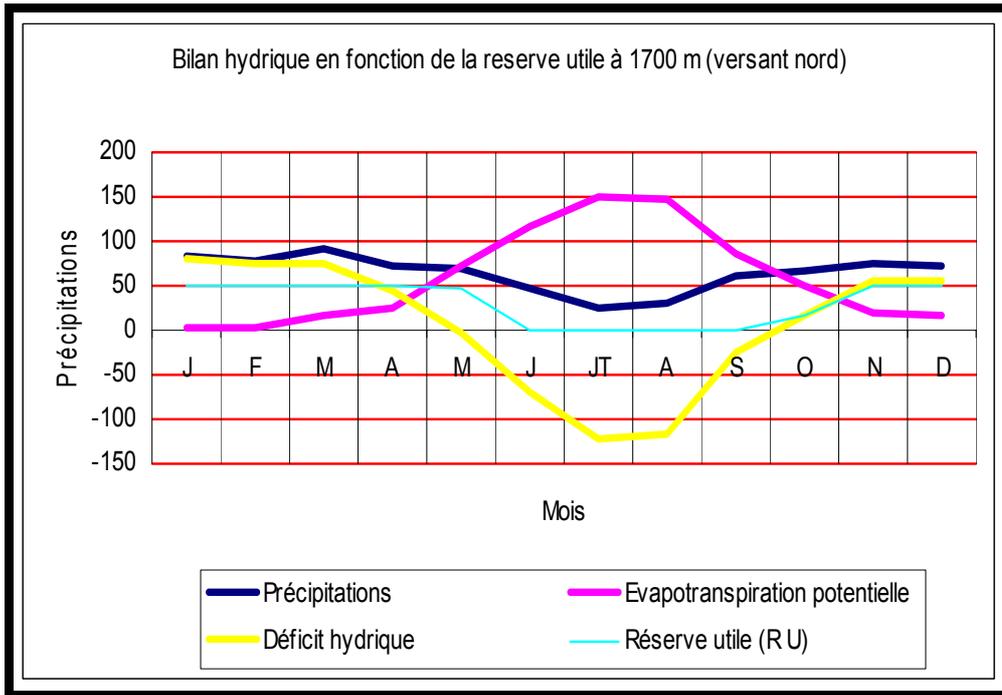


FIG 13 : Bilan hydrique en fonction de la réserve utile à 1700 m (Versant Nord)

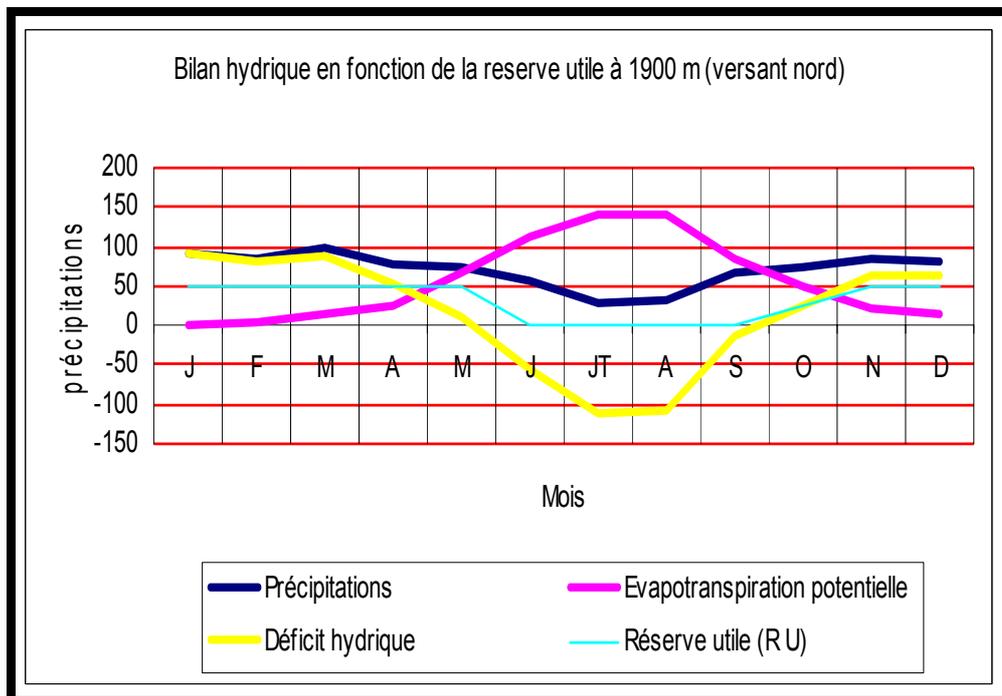


FIG 14 : Bilan hydrique en fonction de la réserve utile à 1900 m (Versant Nord)

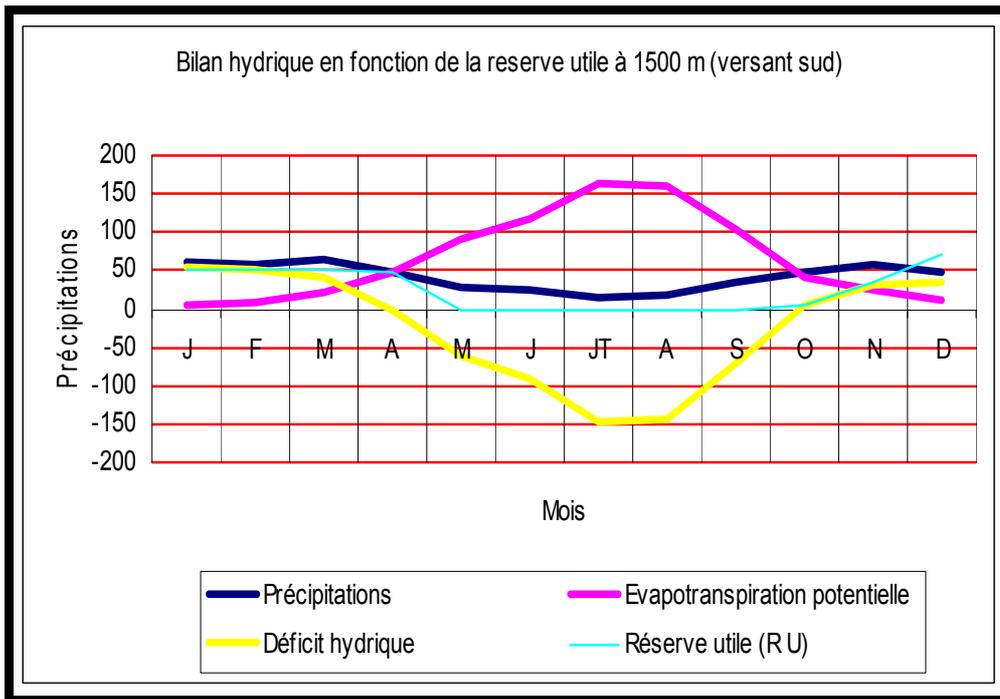


FIG 15 : Bilan hydrique en fonction de la réserve utile à 1500 m (Versant Sud)

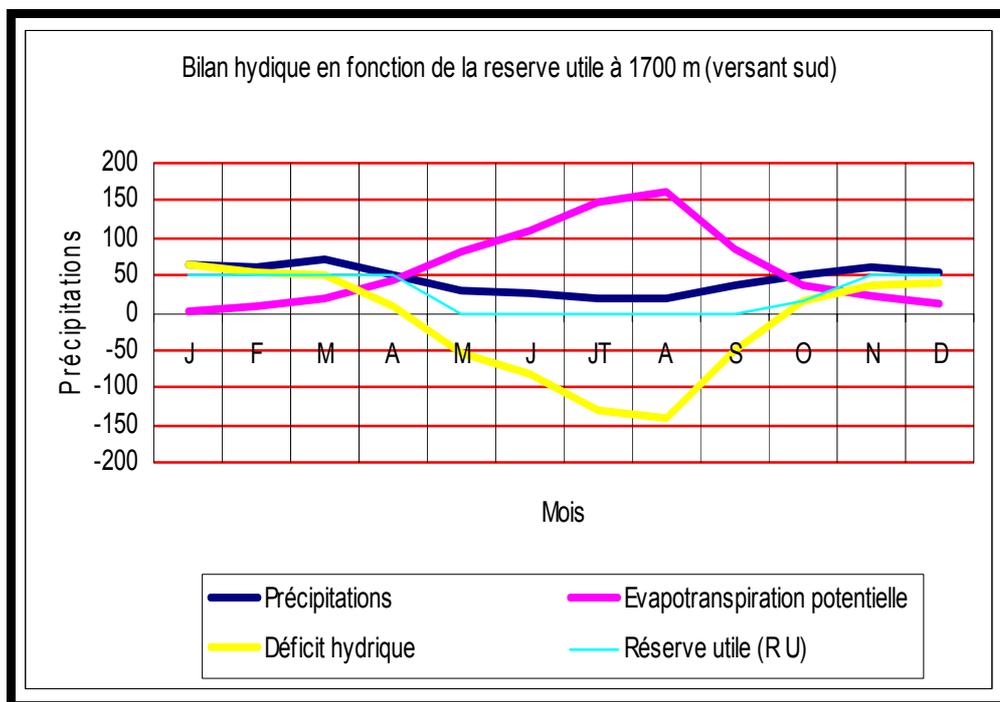


FIG 16 : Bilan hydrique en fonction de la réserve utile à 1700 m (Versant Sud)

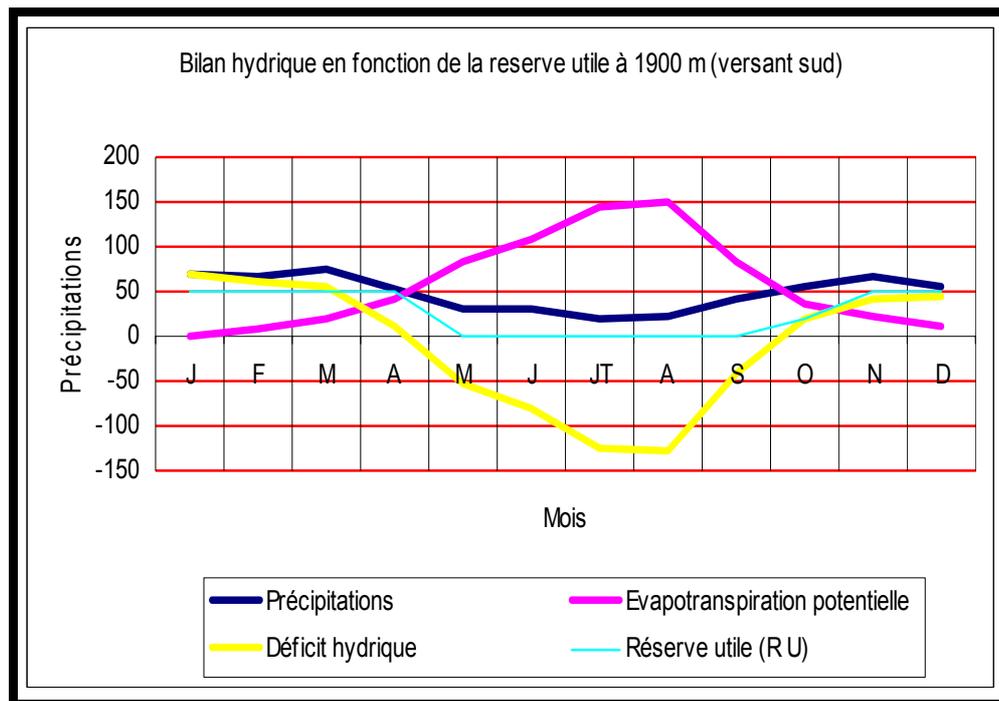


FIG 17 : Bilan hydrique en fonction de la réserve utile à 1900 m (Versant Sud)

6.1 Le versant Nord

En analysant les figures n°11,12 et 13 on constate que la durée de la sécheresse agronomique ($P-ETP < 0$) pour les différentes altitudes (1500, 1700,1900) s'étale de la mi-juin jusqu'au la fin septembre, elle dure en général quatre mois.

Le déficit hydrique diminue en fonction de l'altitude et commence à partir de la fin mai jusqu'à fin septembre. Il dure quatre mois et demi.

6.2 Le versant Sud

Concernant les stations situées sur le versant sud (figures n°14,15 et 16), la sécheresse agronomique dure environ cinq mois (mi-mai à fin septembre), c'est-à-dire un mois de plus que le versant Nord.

Le déficit hydrique ($P-ETP < 0$), commence à partir de la fin avril jusqu'à la fin du mois de septembre et dure cinq mois et demi.

6.3 Conclusion

Sur les versants Nord, la période comprise entre les mois de Janvier et Avril se caractérise par des précipitations très importantes et une faible évapotranspiration, il y a donc un surplus d'eau et écoulement ($RU > 0$). A partir du mois de mai la pluviométrie diminue et l'évapotranspiration (ETP) augmente, il y a donc déficit d'humidité atmosphérique et début d'utilisation ainsi début d'utilisation de la réserve utile (RU) du sol. Cette période dure jusqu'au mois de juin. A partir de juillet et jusqu'à la fin septembre, les précipitations sont très faibles et l'évapotranspiration (ETP) est à son maximum, on assiste alors durant cette période à une sécheresse agronomique. A partir du mois d'octobre, les précipitations recommencent à être importante et l'évapotranspiration potentielle diminue, on assiste alors à la recharge de la réserve utile du sol.

En versant sud, la période comprise entre le mois de janvier et mars se caractérise par des précipitations plus ou moins importantes il y a donc un écoulement ($RU > 0$), à partir du mois de mars les précipitations diminuent et on assiste alors à l'utilisation de la réserve utile du sol. A partir de mois d'avril à la fin de mois de septembre, l'évapotranspiration augmente et la période se caractérise par une sécheresse agronomique de cinq mois, à partir de ce mois d'octobre les premières pluies commencent à tomber et c'est la recharge de la réserve utile du sol.

Troisième partie :

Etude in situ de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

Chapitre (I) : Description de la zone d'étude

Chapitre (II) : Etude biométrique des cônes et des graines

Chapitre (III) : Protocole expérimental

Chapitre (IV) : Résultats et interprétations

Chapitre (I) :

Description de la zone d'étude

CHAPITRE (I) : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Choix de la zone d'étude

Pour l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas dans le massif des Ouled Yagoub nous avons choisi les deux séries : Tamza sur le versant Nord et Chentgouma sur le versant Sud avec une superficie totale de 6522.3 hectares

2. Localisation de la zone d'étude

Pour localiser la zone d'étude, nous nous sommes servi de l'extrait de la feuille PQ Khenchela . 1964 à l'échelle de 1/200000

Dans chaque versant nous avons choisi trois stations réparties entre 1500 et 1900 mètres d'altitude.

3. Etude pédologique

Afin d'avoir une idée sur le sol un profil pédologique est réalisé sur les horizons de la partie réceptacle des graines (A et Ao). (fig n°18 et 19).

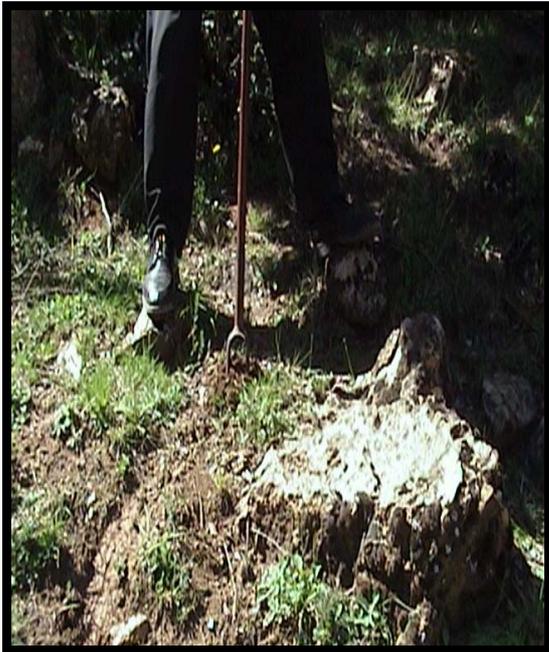


FIG 18 : utilisation de la tarière dans la description des profils



FIG 19 la description des profils

3.1 Description des profils pédologiques

3.1.1 Versant nord

- Profil n° 01

- Lieu dit : **AIN HOUA**
- Altitude : 1500 m
- Exposition : Nord
- Pente : 25 %
- Végétation : Chêne vert et cèdre de l'Atlas
- Roche mère : Marne

- Description des horizons

- Horizon Ao :

Il est d'une profondeur qui varie entre 1 et 3 cm, constitué essentiellement de litière fraîche avec des feuilles de chêne vert et des aiguilles de cèdre. Cette couche de litière se divise en deux parties, la partie inférieure est ancienne et reconnaissable à sa couleur et à son état de décomposition plus avancé.

- Horizon A1 :

- Epaisseur de 3 à 15 cm, couleur brun foncé rougeâtre
- Humus du type mull calcique
- Humidité importante
- Réaction à l'acide chlorhydrique : négative

- Horizon Ab :

- Epaisseur de 15 à 50 cm
- Couleur rougeâtre
- Caillouteux
- Présence de grosses racines

- Horizon C :

- Supérieur à 50 cm
- Couleur rouge jaunâtre
- Réaction à l'acide chlorhydrique : positive

- Profil n°02

- Lieu dit : **GEULLEB**
- Altitude : 1700 mètre
- Exposition : nord
- Pente : 25 %
- Végétation : cèdre de l'Atlas et chêne vert
- Roche mère : grès

- Description des horizons

- Horizon Ao :

D'une profondeur de 01 à 02 cm, cet horizon est constitué d'aiguilles de cèdre. La partie inférieure est en voie de décomposition

- Horizon A1:

- Epaisseur de 2 à 13 cm.
- couleur brun foncé
- Humus du type mull calcique
- Réaction à l'acide chlorhydrique : négative.
- Présence de petites racines.

- Horizon Ab:

- Epaisseur de 13 à 32 cm.
- Couleur brun rougeâtre.
- Présence de petits cailloux.
- Réaction à l'acide chlorhydrique : négative.

- Horizon C :

- Epaisseur supérieure à 32 cm
- Couleur rouge jaunâtre
- Réaction à l'acide chlorhydrique : négative.
- Présence de grosses pierres à la base.

Profil n° 03

- Lieu dit : **DJEBEL AIDHEL**
- Altitude : 1900 m
- Exposition : nord
- Pente : 33 %

- Végétation : cèdre de l'Atlas, if, érable de Montpellier.
- Roche mère : grès

- **Description des horizons**

- **Horizon Ao:**

D'une épaisseur de 1 à 2 cm, il est constitué par des aiguilles fraîches de couleur marron en voie de décomposition.

- **Horizon A1:**

- Epaisseur de 2 à 12 cm
- Couleur rougeâtre.
- Humidité importante
- Réaction à l'acide chlorhydrique : négative.

- **Horizon Ab :**

- Epaisseur de 12 à 25 cm
- Couleur bien rougeâtre
- Présence de cailloux
- Présence de petites racines

- **Horizon C :**

- Epaisseur supérieure à 25 cm
- Couleur jaune rougeâtre
- Réaction à l'acide chlorhydrique : négative

3.1.2 Versant sud

Profil n° 04

- Lieu dit : **ZEGGOU**
- Altitude : 1500 m
- Exposition : sud
- Pente : 27 %
- Végétation : ...cèdre de l'Atlas, chêne vert, frêne dimorphe
- Roche mère : calcaire

- Description des horizons

- Horizon Ao:

D'une épaisseur de 1 à 2 cm. Il est constitué de feuilles, d'aiguilles et de débris en voie de décomposition.

- Horizon A1:

- Epaisseur de 2 à 10 cm
- Couleur gris foncé rougeâtre
- Peu humide.
- Réaction à l'acide chlorhydrique faible.
- Présence de petites racines.

- Horizon Ab :

- Epaisseur de 10 à 20 cm.
- Couleur brun foncé rougeâtre.
- Présence de cailloux
- Réaction à l'acide chlorhydrique faible
- Présence de grosses racines

- Horizon C :

- Epaisseur supérieure à 20 cm
- Couleur jaune
- Présence de cailloux
- Réaction à l'acide chlorhydrique faible

Profil n° 05

- Lieu dit : **ZEGGOU**
- Altitude : 1700 m
- Exposition : Sud
- Pente : 32 %
- Végétation : cèdre de l'Atlas et chêne vert
- Roche mère : calcaire

- Description des horizons

- Horizon Ao:

D'une épaisseur de 10 à 20 cm, cet horizon est constitué de litière fraîche avec quelques feuilles et aiguilles en voie de décomposition.

- Horizon A1:

- Epaisseur de 2 à 10 cm
- Couleur gris rougeâtre
- Peu humide
- Réaction à l'acide chlorhydrique forte

- Horizon Ab :

- Epaisseur de 10 à 30 cm
- Couleur brun rougeâtre
- Bonne porosité
- Présence de cailloux
- Présence de petites racines

- Horizon C :

- Epaisseur supérieure à 30 cm
- Couleur rouge jaunâtre
- Présence de cailloux en quantité importante
- Réaction à l'acide chlorhydrique forte

Profil n° 06

- Lieu dit : **GUERN EDDABA**
- Altitude : 1879 m
- Exposition : sud
- Pente : 30%
- Végétation : cèdre de l'Atlas
- Roche mère : grès

- Description des horizons

- Horizon Ao:

Cet horizon ne dépasse pas 1,5 cm de profondeur, il est constitué d'aiguilles fraîches en voie de décomposition à la partie inférieure.

- Horizon A1

- Epaisseur de 02 à 12 cm
- Couleur brun foncé rougeâtre
- Humus du type mull calcique
- Humidité faible
- Réaction à l'acide chlorhydrique forte

- Horizon Ab :

- Epaisseur de 12 à 30 cm
- Présence de cailloux
- Présence de petites racines

- Horizon C :

- Epaisseur supérieure à 30 cm
- Couleur rouge jaunâtre
- Présence de cailloux
- Réaction à l'acide chlorhydrique forte

4. Caractéristiques physico-chimique du sol

Les méthodes et le matériel utilisés pour les analyses du sol sont les suivantes

- pH : Méthode de pH mètre.
- Granulométrie : Pipète de Robinson
- Carbone : Méthode de Welkle –Black
- Azote total : Méthode de Kjeldahl
- Azote assimilable : Méthode de Drouineau-Gouny
- Phosphore : Méthode de Jovet-Herbert
- Na⁺ et K⁺ : Méthode du spectrophotomètre à flamme
- Ca⁺ et Mg⁺ : Méthode du spectrophotomètre à absorption atomique

Les résultats de ses analyses sont représentés dans le tableau n°19

TAB 19 : caractéristique physico-chimique du sol dans la cédraie des Ouled Yagoub

	Unité	Echantillons	
		Versant Nord	Versant Sud
P.H	/	6,55	7,00
C.E	mmhas/cm	0,10	0,10
C.E.C	meg/100g	31,67	29,53
Bases échangeables	CA++	1,05	1,05
	MG++	25,41	22,36
meg/100g	NA++	0,47	0,47
	K+	2,99	3,81
Carbone	%	2,58	2,45
Matière Organique	%	5,16	4,94
Phosphate assimilable	ppm	256,53	225,42
PhosphateTotal	ppm	730,00	611,00
NH4 ⁺	%	0,008	0,012
NO3 ⁻	%	0,009	0,01
N%	%	0,15	0,20
C/N	%	17,20	12,25

Notre échantillon a été prélevé à des horizons superficiels Ao et A1 parce qu'on s'intéresse seulement à la germination des graines (développement des petits radicules).

5. Analyse granulométrique du sol

L'analyse granulométrique a pour objet la détermination quantitative et qualitative de la répartition des constituants minéraux du sol inférieur à 02 mm de diamètre, classés d'après un critère dimensionnel. C'est une opération de laboratoire qui implique la destruction complète des agrégats et leur classification par catégories de diamètre.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont représentés dans tableaux n° 20.

TAB 20 : Résultats de l'analyse granulométrique du sol :

	ELEMENTS	VERSANT	
		NORD	SUD
Analyse Granulométrique	Argiles (%)	20.18	20.85
	Limons Fins (%)	26.23	29.70
	Limons Grossiers (%)	32.12	23.51
	Sables Fins (%)	14.5	15.10
	Sables Grossiers (%)	6.97	10.84

A partir des résultats qui figurent sur le tableau n° 20 on conclue que le sol de la zone d'étude (cédraie Ouled Yagoub) est de type limono sableaux argileux.

Chapitre (II) :
Etude biometrique
des cônes et des graines

CHAPITRE (II) : ETUDE BIOMETRIQUE

DES CONES ET DES GRAINES

1. Objectif

L'objectif de cette étude est l'estimation de la production des cônes et donc des graines et ce à cause de leur relation directe avec la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas.

2. Méthode d'étude

Les cônes ne doivent être récoltés que lorsqu'ils ont atteint leur maturité morphologique et physiologique c'est-à-dire à l'âge (n+2)

Pour notre cas, les cônes ont été récoltés en fonction des facteurs d'altitude et d'exposition. Ces cônes ont été marqués afin de pouvoir réaliser les semis de leur graines après leur extraction des cônes dans les lieux de provenance d'origine (Altitude et exposition) .

3. Date récolte

La récolte des cônes pour les deux versants et les différentes altitudes a été faite au début du mois de novembre 2003. Le nombre de cônes récoltés est de 150 par versant, .Après la récolte nous avons procédé à la mesure de la longueur à l'aide d'un pied à coulisse, ainsi que le poids de ces cônes à l'aide d'une balance de précision. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau n° 21.

TAB n° 21 : résultats des mesures des cônes

EXPOSITION	MESURES		
	Poids moyen en gramme	Longueur moyenne en cm	Diamètre moyen en cm
Nord	49	6.75	5.41
Sud	43	5.40	5.01

Les cônes du versants Nord sont plus longs et plus gros que ceux des versants sud ceci est du à notre avis à une pluviométrie plus abondante et une meilleure nutrition.

4. La désarticulation artificielle des cônes

Afin d'obtenir les graines, les cônes du cèdre récoltés sont trempés dans l'eau pendant 24 heures puis ils ont été laissés à l'air libre pendant six heures. Ils ont été ensuite pris par les deux mains et en les faisant pivoter dans le sens contraire jusqu'à la libération totale des graines.

5. Qualité physique des graines

Après la désarticulation artificielle des cônes et l'extraction des graines, ces dernières sont classées en fonction de leur forme en graines fertiles (graines normales) et graines stériles (en forme de bec, aplaties ou vides) en utilisant l'éther de pétrole avec une densité de 0.65g/l (tri densimétrique). Cette technique nous a permis de différencier les graines fertiles qui précipitent et les graines stériles qui surnagent. (FIG n°20).

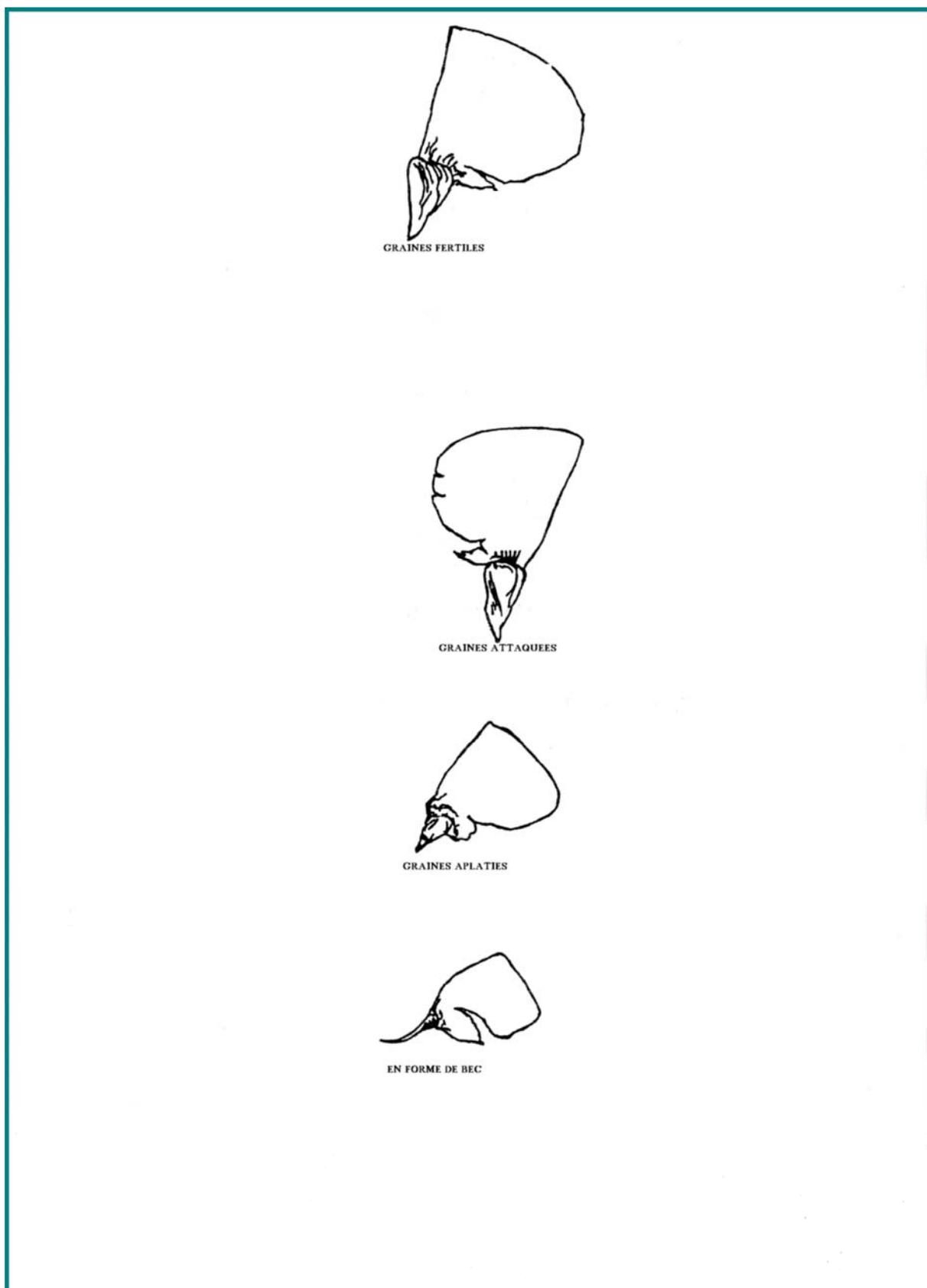


FIG 21: la qualité physique des graines



FIG 22: La désarticulation naturelle des cônes dans la série de Tamza

6. Biométrie des graines

A partir des 300 cônes récoltés dans les deux versants, les caractéristiques biométriques moyennes des graines de cèdre de l'Atlas dans la massif des Ouled Yagoub sont représentés dans le tableau 22.

TAB 22: nombre de graines par cône en fonction des versants

Versant	Nord	Sud
Nombre de graines fertiles	130	85
Nombre de graines stériles	20	17

7. La levée de dormance

Selon ZAKI (1969), ABOURROUH (1983), MULLER et BONNE-MASINBERT(1983). Les graines du cèdre de l'Atlas présentent un état de dormance variable d'un lot à un autre, le caractère adaptif de dormance est évident. Ce phénomène est encore mal expliqué en climat tempère où il touche 60 % des espèces.

Pour cette raison il s'avère plus important de se baser sur les conditions favorables pour la levée de dormance des graines avant leur mise en terre. Le phénomène de dormance est responsable de plusieurs échecs de reboisements (Muller et Al ,1990). La levée de dormance des graines de cèdre de l'Atlas est faite soit par le froid humide, soit par des solvants (eau oxygénée....etc.).

7.1 Effet du froid

Selon TOTH (1978), le froid a deux effets différents sur la graine du cèdre. La conservation et la levée de sa dormance

La simple conservation de graines de cèdre au froid pendant des durées variables de l'ordre de deux mois, prépare les graines à mieux germer (ZAKI, 1969).

La stratification à 4 °c dans le sable humide avant la mise en germination permet de lever la dormance des graines et de les faire germer dans d'excellentes conditions ZAKI (1969), TOTH (1980) ; MULLER (1986).

Pour notre cas, les graines fertiles sélectionnées ont été soumises au froid sec à 4 °c pendant 30 jours en vue de la levée de dormance.

8. Etude comparative de la production des graines

Pour avoir une idée sur la production des graines de cèdre de l'Atlas, nous avons jugé utile de comparer la production des graines de la zone d'étude avec celle d'autres stations situées dans des conditions différentes. Les résultats de cette comparaison sont illustrés dans le tableau ci-dessous (Tableau n° 23).

TAB 23 : la production de graines par cône dans différentes stations

N.M.G.F = Nombre moyen de graines fertiles

N.M.G.S = Nombre moyen de graines stériles

Station	Versant	N.M.G.F	N.M.G.S	Total	Source
Belezma	Nord	40,9	88,63	129,83	BEHLOUL(1994)
	Sud	5,4	131,73	137,13	BELKHIRI(1993)
Chelia	Nord	72,46	50,6	123,06	ZERDOUM(1997)
	Sud	13,12	125,78	138,9	
Ouled Yagoub	Nord	121,3	14,6	135,9	(KABRINE(2002)
	Sud	95,13	29,36	124,49	
Ouled Yagoub	Nord	130	10	140	BAHRI(2004)
	Sud	85	27	112	

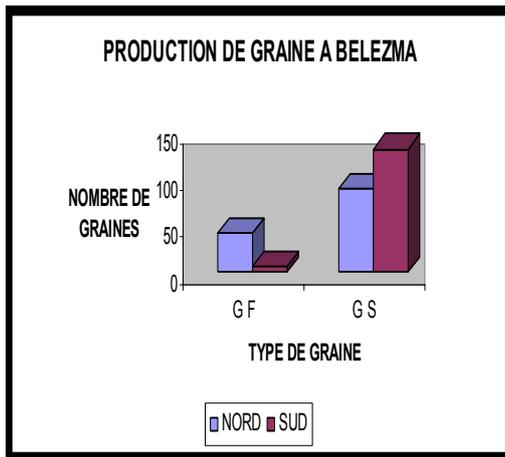


FIG 23 : Production de graines au Belezma

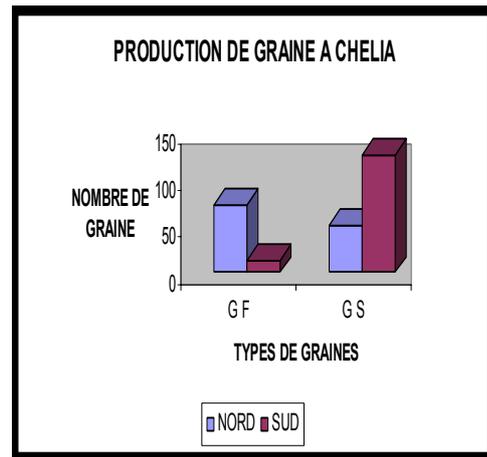


FIG 24 : Production de graines au chelia

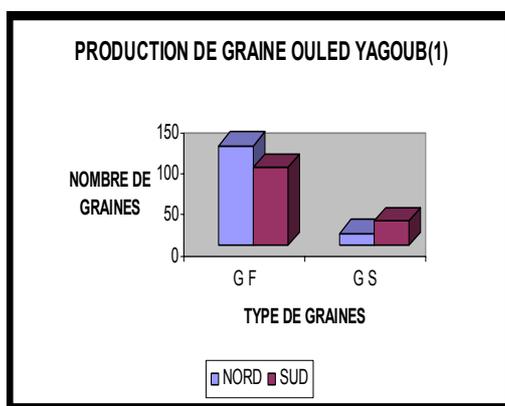


FIG 25 : Production de graines a Ouled Yagoub (1)

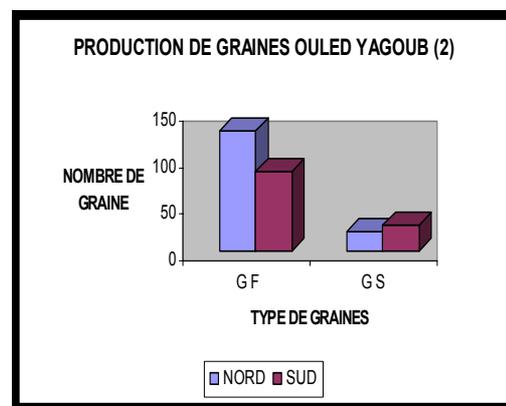


FIG 26 : Production de graine a Ouled Yagoub (2)

9. Interprétation des résultats

A partir du tableau n°21 la moyenne du poids des cônes par versant est de 49 grammes pour le versant nord et 43 grammes pour le versant sud, cette différence peut être expliquée par l'effet de certains facteurs climatiques et en particulier la pluviométrie et l'humidité de l'air.

Sur les versants nord plus arrosés que les versants sud où la pluviométrie et l'humidité de l'air sont plus importantes que sur les versants sud, les cônes atteignent alors ont un poids plus important à cause de leur teneur en eau et que le versant nord étant par ailleurs plus arrosé que le versant sud.

Concernant la longueur et le diamètre des cônes, selon certains auteurs tels que TOTH (1975) et GEORGE (1980), la longueur moyenne des cônes varie entre 5 et 8 cm, alors que le diamètre moyen varie de 4 à 5 cm.

En comparaison avec les mesures obtenues dans la cédraie des Ouled Yagoub, on constate que les cônes de cette dernière sont plus gros en diamètre ceci peut être expliqué par le fait que ces cônes sont pris de l'aire naturelle du cèdre.

En analysant le tableau n° 22 , on constate nettement qu'il y a une grande différence entre le versant nord et le versant sud du point de vue du nombre de graines ainsi que de leurs poids. Ceci peut être expliqué par les facteurs climatiques qui sont plus favorables sur versant nord qu'au versant sud.

En analysons les figures 23, 24, 25 et 26 , on constate nettement la différence de production de graines dans les deux versants(Nord et Sud) pour les trois Stations (Belezma, Chelia et Ouled Yagoub).

Dans le massif des Ouled Yagoub la production de graines est plus importante que les autres stations. Ce qui s'explique par une très bonne année de production de graines (Fig 27 et 28)



FIG 27 : La production des cônes dans la cédraie des Ouled Yagoub(01)



FIG 28 : La production des cônes dans la cédraie des Ouled Yagoub(02)

Chapitre (III) :

Protocole experimental

CHAPITRE (III) : **Protocole expérimental**

1. Objectif

Cette étude a pour but essentiel l'explication de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas « variable à expliquer » dans son aire naturelle (massif des Ouled Yagoub) sous l'influence de certains facteurs écologiques « variables explicatives » (Exposition, altitude, couvert végétal et travail du sol).

2. Matériels et méthode de travail

2.1 Matériels utilisés

Le matériel nécessaire pour ce travail est constitué par :

- Les cônes de cèdre de l'Atlas.
- L'altimètre (détermination de l'altitude)
- La boussole (détermination de l'exposition)
- La carte de situation de la zone d'étude.
- Une tarière pédologique (étude des profils)
- Un ruban (délimitation des placettes)
- Des piquets métalliques pour le bornage.
- De la peinture.

2.2 Méthode de travail

Il s'agit d'un comptage mensuel sur sept mois des graines mis en terre dans des placettes expérimentales pré installées en fonction des facteurs écologiques à étudier. Le dispositif expérimental est illustré dans les figures 13 et 14 en annexe.

2.3 Les placettes expérimentales

Les placettes installées sont de forme carrée et d'une superficie de un are (100 m²), elles sont délimitées et bornées aux quatre points. A l'intérieur de ces placettes sont installées des placeaux de 01 m² de surface, ces derniers sont choisis en fonction des facteurs écologiques objet de cette étude.

Il faut noter que chaque placeau est réalisé avec trois (03) répétitions et dans chacun de ces placeaux nous avons semé 100 graines.

3. Les facteurs écologiques étudiés

3.1 L'exposition

Pour avoir une idée sur l'influence de l'exposition sur la régénération naturelle du cèdre, notre protocole expérimental est réalisé sur deux séries différentes ; la série Tamza sur le versant nord et la série de Chentgouma sur le versant sud.

3.2 L'altitude

Dans chaque versant, les placettes sont installées à différentes tranches altitudinales (1500-1700-1900 mètres).

3.3 Le couvert végétal

Sur chaque versant et à chaque tranche altitudinale, les placettes sont installées sous couvert végétal et à découvert.

3.4 Le travail du sol

Enfin, pour expliquer l'effet du travail du sol sur la régénération naturelle du cèdre, un travail superficiel du sol a été réalisé. Des placeaux ont été laissés sans aucune intervention et serviront de témoin.

4. L'ensemencement des graines

La mise en terre des graines dans les placeaux a été effectuée durant le mois de février après avoir procédé aux travaux de préparation du sol dans les différentes tranches altitudinales et sur les deux versants (nord et sud).

5. Le comptage mensuel

Le comptage des semis a commencé après leur ensemencement c'est-à-dire à partir du mois d'avril et a duré jusqu'au mois d'octobre avec un comptage mensuel, soit sept (07) mois.



FIG 29 : délimitation de la placette



FIG 30 : Numérotation de la placette

Chapite (IV) :

Résultats et interprétations

CHAPITRE (IV) : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

1. Introduction

Après un comptage mensuel de sept mois, les résultats obtenus sont représentés sur les tableaux 24 et 25, ils seront analysés afin de donner une explication pour chaque facteur.

Le tableau n° 24 représente la somme des résultats des comptages mensuel des semis en versant nord (série Tamza) durant la période d'expérimentation , dans le tableau n° 25 sont représentés la moyenne de comptage mensuel en versant sud (Chentgouma).

TAB n° 24 : la moyenne des résultats des comptages en versant Nord

EXPOSITION	NORD											
	1500				1700				1900			
ALTITUDE	SC		DC		SC		DC		SC		DC	
COUVERTURE VEGETALE	SC		DC		SC		DC		SC		DC	
TRAVAIL SOL	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T
AVRIL	12	3	6	2	13	5	8	3	15	8	9	3
MAI	32	18	22	21	42	19	20	25	41	22	27	24
JUIN	26	16	19	16	31	18	16	23	42	20	24	17
JUILLET	9	4	13	7	12	9	15	13	20	15	19	16
AOUT	5	2	3	2	12	3	6	4	13	6	11	9
SEPTEMBRE	2	0	1	1	4	3	2	4	6	3	6	4
OCTOBRE	2	0	1	0	3	1	2	1	4	1	3	2

TAB n° 25 : la moyenne des résultats des comptages en versant sud

SC = Sous couvert végétal

DC = Découvert végétal

S : Travail du sol superficiel

T = Témoin

EXPOSITION	SUD											
	1500				1700				1900			
ALTITUDE	SC		DC		SC		DC		SC		DC	
COUVERTURE VEGETALE	SC		DC		SC		DC		SC		DC	
TRAVAIL SOL	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T
AVRIL	6	0	3	2	9	2	6	3	10	5	9	5
MAI	9	5	4	7	31	13	26	11	21	12	23	16
JUIN	9	5	6	4	20	9	22	7	14	11	15	9
JUILLET	3	1	2	0	9	6	7	4	7	8	11	7
AOUT	2	0	0	0	6	2	4	2	7	2	6	6
SEPTEMBRE	1	0	0	0	2	0	4	1	4	0	4	4
OCTOBRE	0	0	0	0	2	0	1	0	3	0	2	1

2. Résultats obtenues par facteurs

2.1 Influence de l'exposition

Afin d'expliquer l'influence de l'exposition sur la régénération naturelle du cèdre, la moyenne des comptages des semis par versant est représenté dans le tableau n° 26.

TAB n° 26 : Moyenne des comptages des semis par versant

EXPOSITION	SUD	NORD
AVRIL	5	7,25
MAI	15	26,25
JUIN	10,75	21,67
JUILLET	5,417	12,67
AOUT	3,083	6,33
SEPTEMBRE	1,583	3
OCTOBRE	0,75	1,66

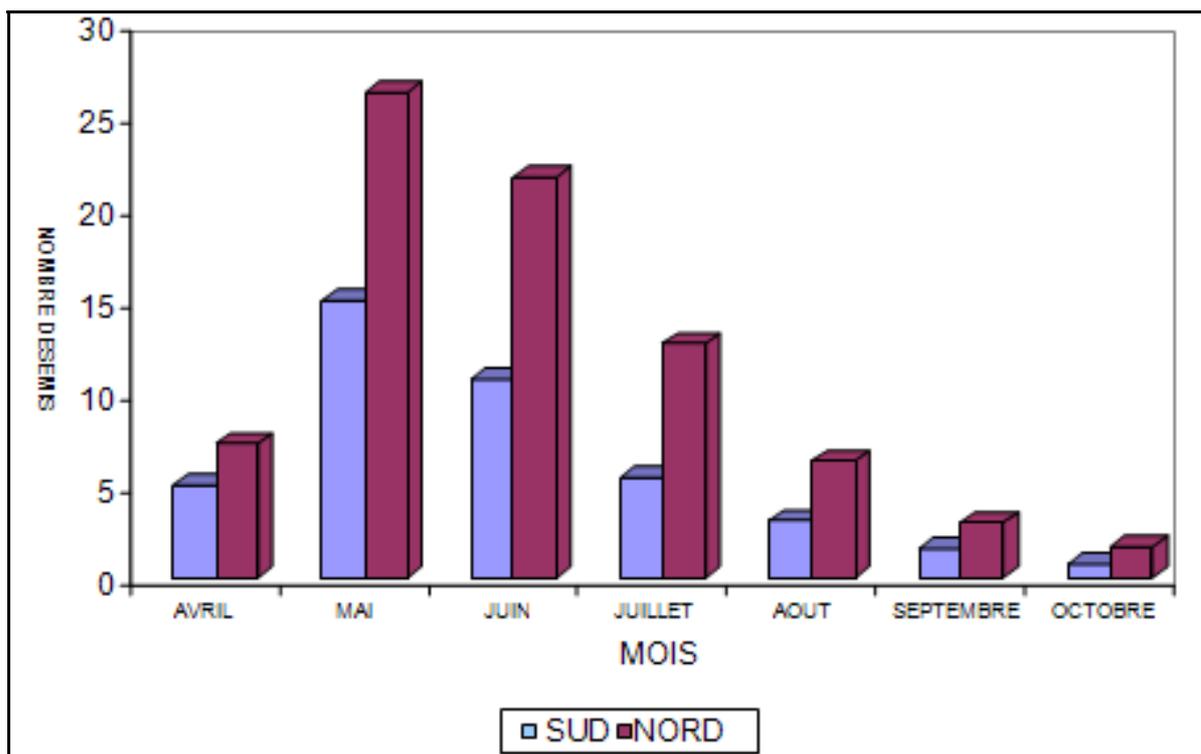


FIG n° 31 : Influence de l'exposition sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

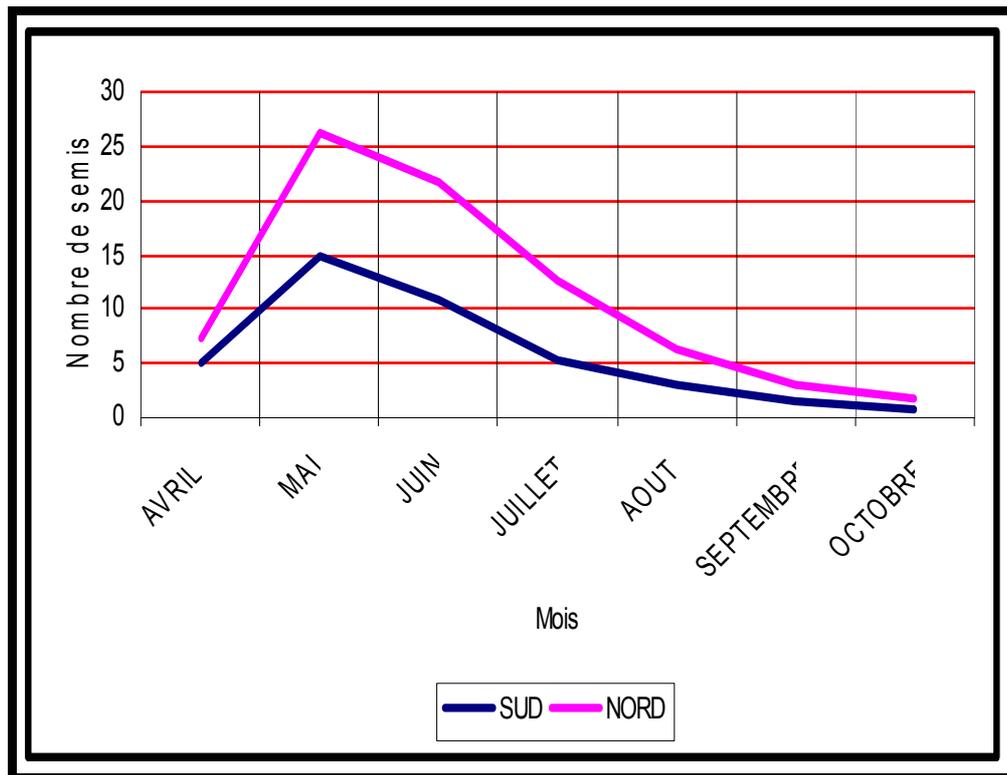


FIG n° 32 : Influence de l'exposition sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

2.1.1 Interprétation des résultats

L'analyse des résultats obtenus et les graphes n° 31 et 32, nous permet de tirer les conclusions suivantes :

- Les stations exposées au nord offrent des conditions favorables à la germination et à l'installation des graines de cèdre de l'Atlas. Le versant nord subit une répartition pluviométrique annuelle importante et suffisante aux peuplements existants.
- Les stations exposées au sud sont généralement plus chaudes et à cause du vent soufflant du désert et la germination peuvent être bien venante mais dans cette situation, la sécheresse estivale trop élevée, fait disparaître les jeunes plantules exposés au soleil.
- Le versant sud subit le régime de climat caractérisé notamment par une mauvaise répartition des précipitations, aboutissant à une longue période de sécheresse estivale.

Enfin, on peut dire également qu'il y a un effet de l'exposition sur la température. C'est ainsi que les versants nord et nord-ouest sont plus frais et l'évapotranspiration y est plus faible, se traduisant par un effet de sécheresse plus atténué.

2.2 Influence de la couverture végétale

TAB n° 27: la moyenne des résultats de comptage par facteur couverture végétale

TYPE DE COUVERTURE	SOUS COUVERT	A DECOUVERT
AVRIL	7	5
MAI	23	18
JUIN	19	13
JUILLET	9	8
AOUT	5	4
SEPTEMBRE	2	2
OCTOBRE	1	1

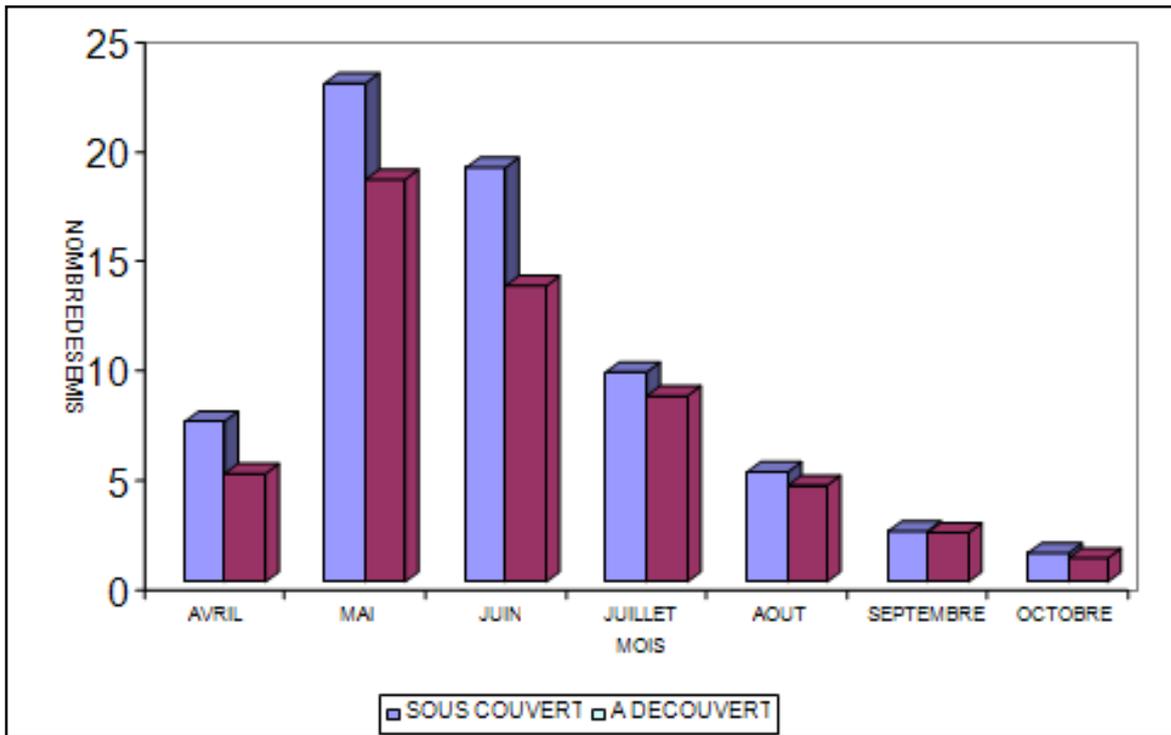


FIG 33 : Influence de la couverture végétale sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

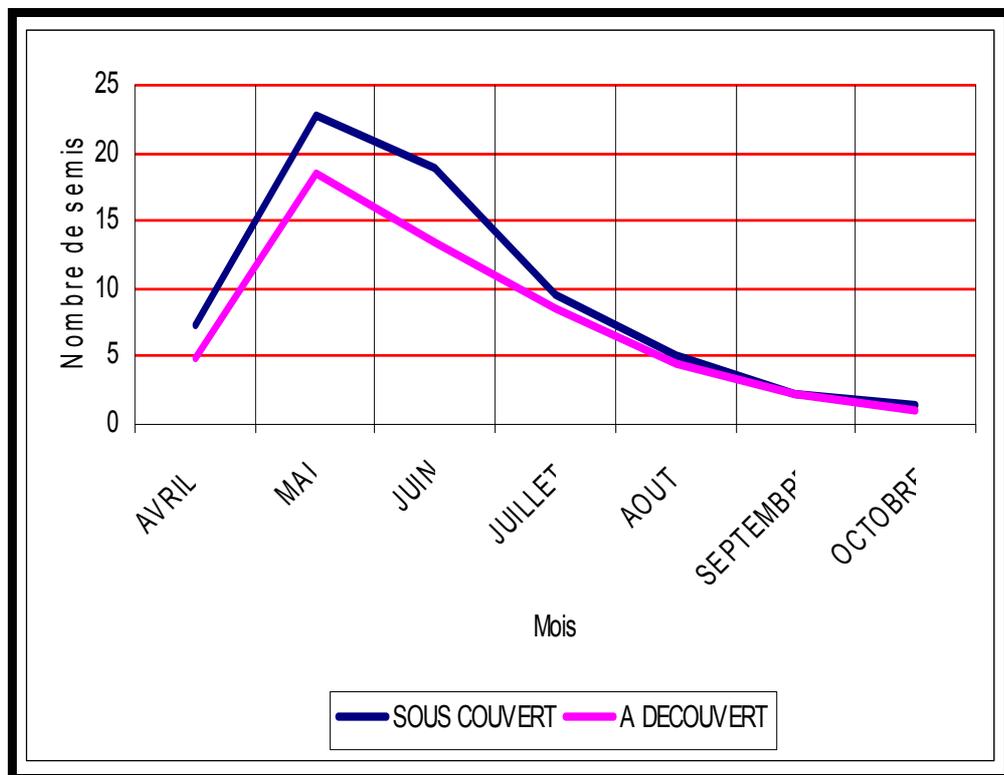


FIG n° 34 : Influence de la couverture végétale sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

2.2.2.1 Interprétation des résultats

Il ressort des figures 33 et 34, que le nombre de semis est proportionnel au couvert végétal. Les semis s'installent bien sous le couvert végétal qui peut-être expliqué par Le fait que les semis trouvent des conditions plus favorables sous le couvert végétal qu'a découvert et d'échapper ainsi aux conditions climatiques défavorables (période estivale).

L'humidité du sol est plus importante sous couvert qu'a découvert contrairement à l'évapotranspiration. Cette constatation est faite jusqu'à 1900 mètre d'altitude, mais on a constaté sur le terrain que la régénération naturelle à partir de cette altitude commence a devenir très faible.

2.3 Influence du travail du sol

TAB n°28: La moyenne des résultats par facteur travail du sol

MOIS	Travail du sol superficiel	Témoin
AVRIL	9	3
MAI	26	15
JUIN	20	12
JUILLET	10	7
AOUT	6	3
SEPTEMBRE	3	1
OCTOBRE	2	0

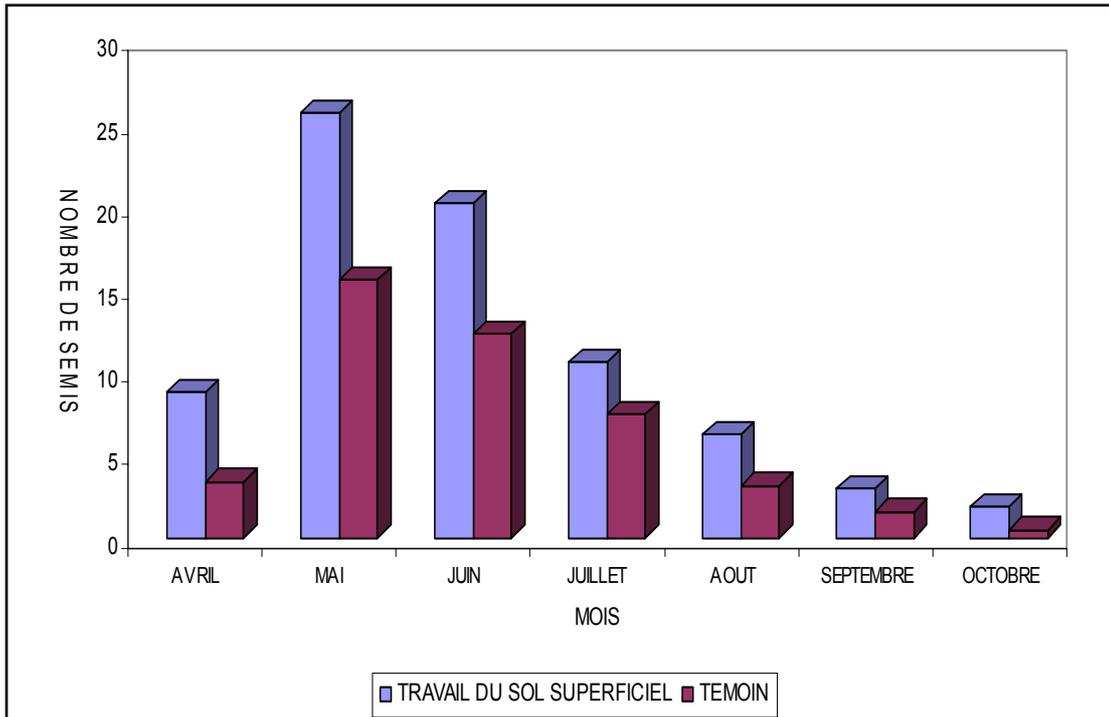


FIG n°35 : Influence du travail du sol sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

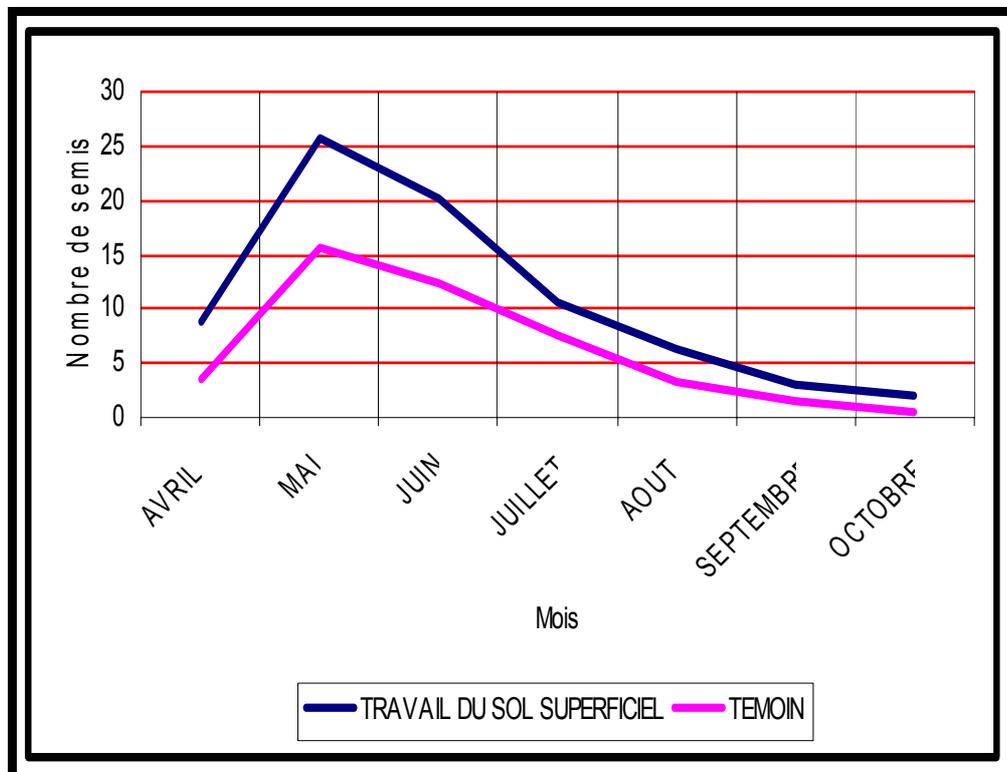


FIG n° 36: Influence du travail du sol sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas

2.3.1 Interprétation des résultats

Les figures n° 35 et 36, montrent nettement que la régénération du cèdre dans des stations où il y a un travail du sol est meilleure que dans les autres stations.

En effet un sol bien travaillé en profondeur (labour, crochetage) est bien aéré et permet à la racine de jeune plant de pénétrer, de s'installer et échapper ainsi à la sécheresse des horizons superficiels.

Dans un sol non touché, les résultats sont plus faibles. Ceci est dû au fait que les racines des jeunes plants trouvent des difficultés à s'installer et à résister aux différentes conditions telles que, l'existence de la litière qui empêche la racine de pénétrer dans le sol et échapper à la sécheresse de l'été.

2.4 Influence l'altitude

2.4.1 Versant nord

TAB n°29 : Moyenne des résultats par altitude en versant nord

Altitude	1500	1700	1900
AVRIL	6	7	9
MAI	22	28	28
JUIN	19	20	26
JUILLET	8	12	17
AOUT	3	6	10
SEPTEMBRE	1	3	5
OCTOBRE	1	2	2

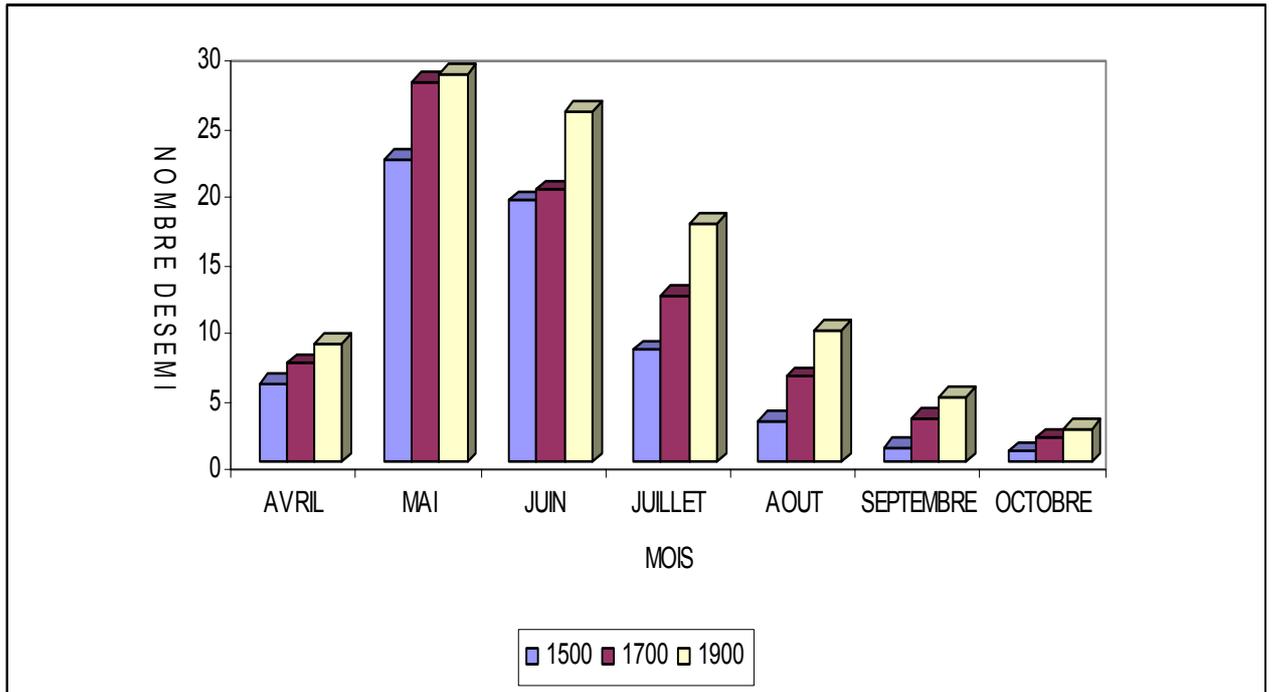


FIG n°37 Influence l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en versant nord

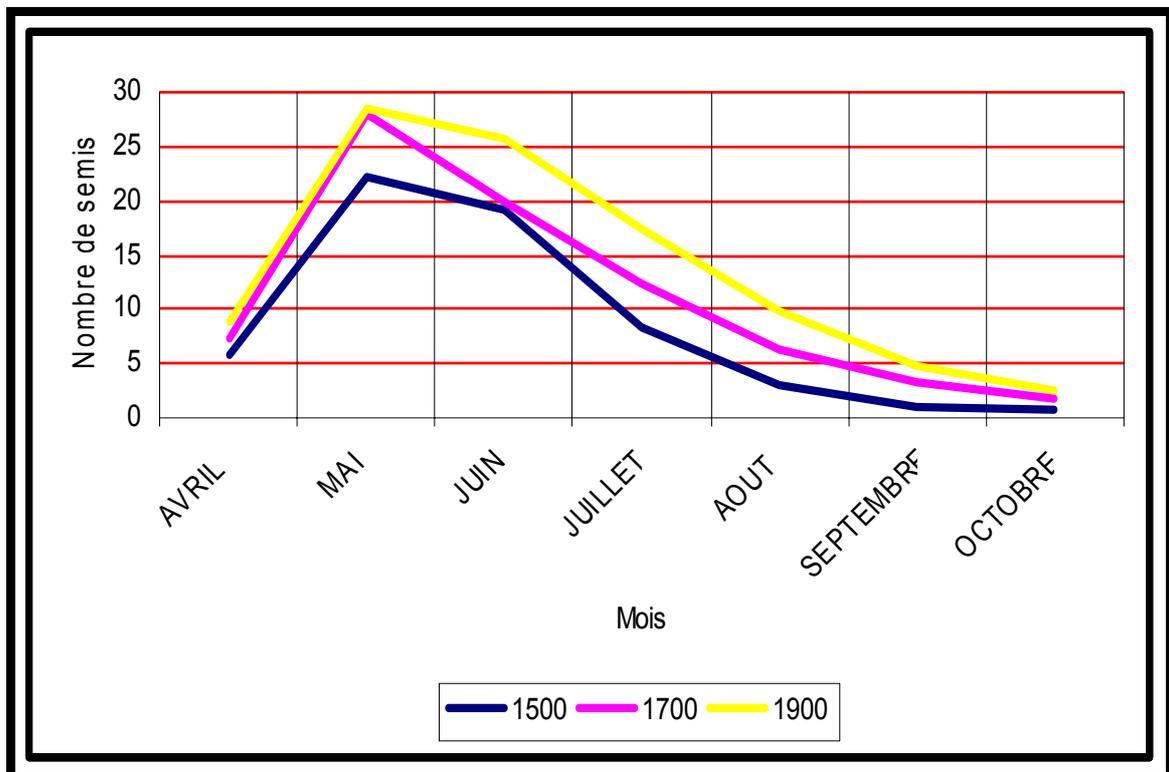


FIG n°38 Influence l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (versant nord).

2.4.2 Versant sud

TAB n°30 : La moyenne des résultats de comptage par altitude en versant sud

ALTITUDE	1500	1700	1900
AVRIL	3	5	7
MAI	7	18	20
JUIN	6	12	14
JUILLET	1	6	8
AOUT	1	3	5
SEPTEMBRE	0	2	3
OCTOBRE	0	1	1

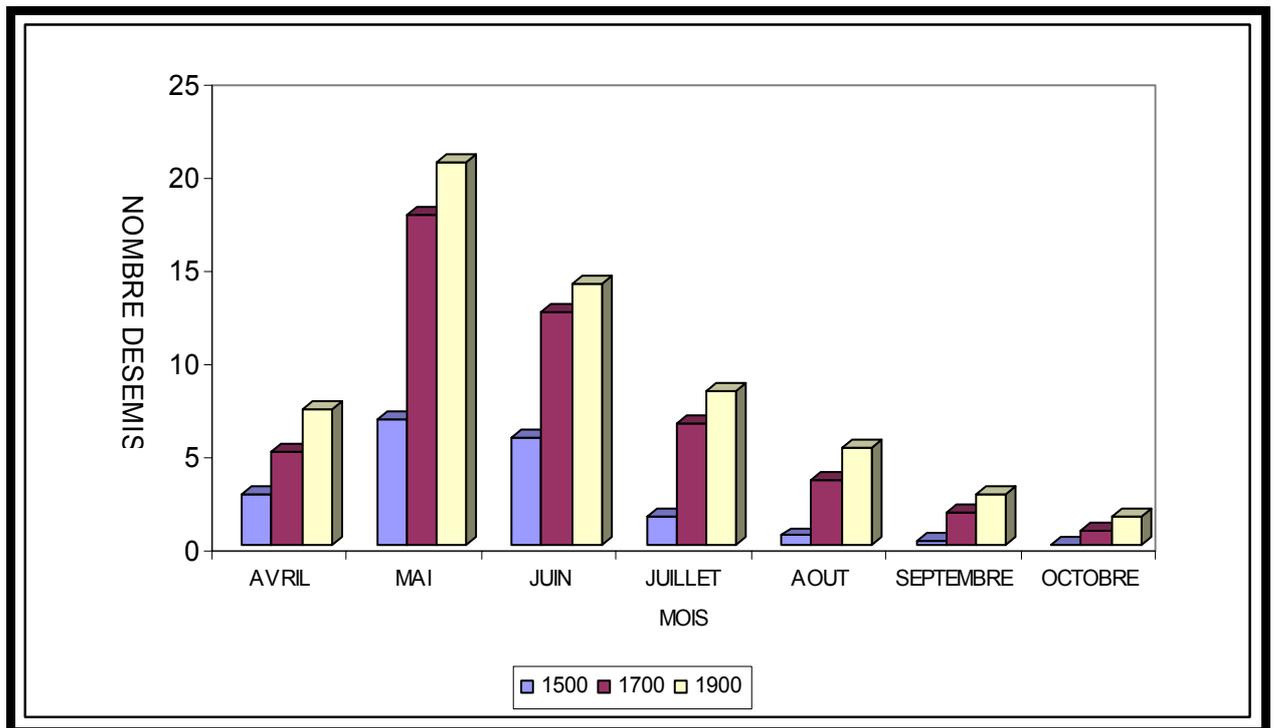


FIG n°39 Influence l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (Versant sud)

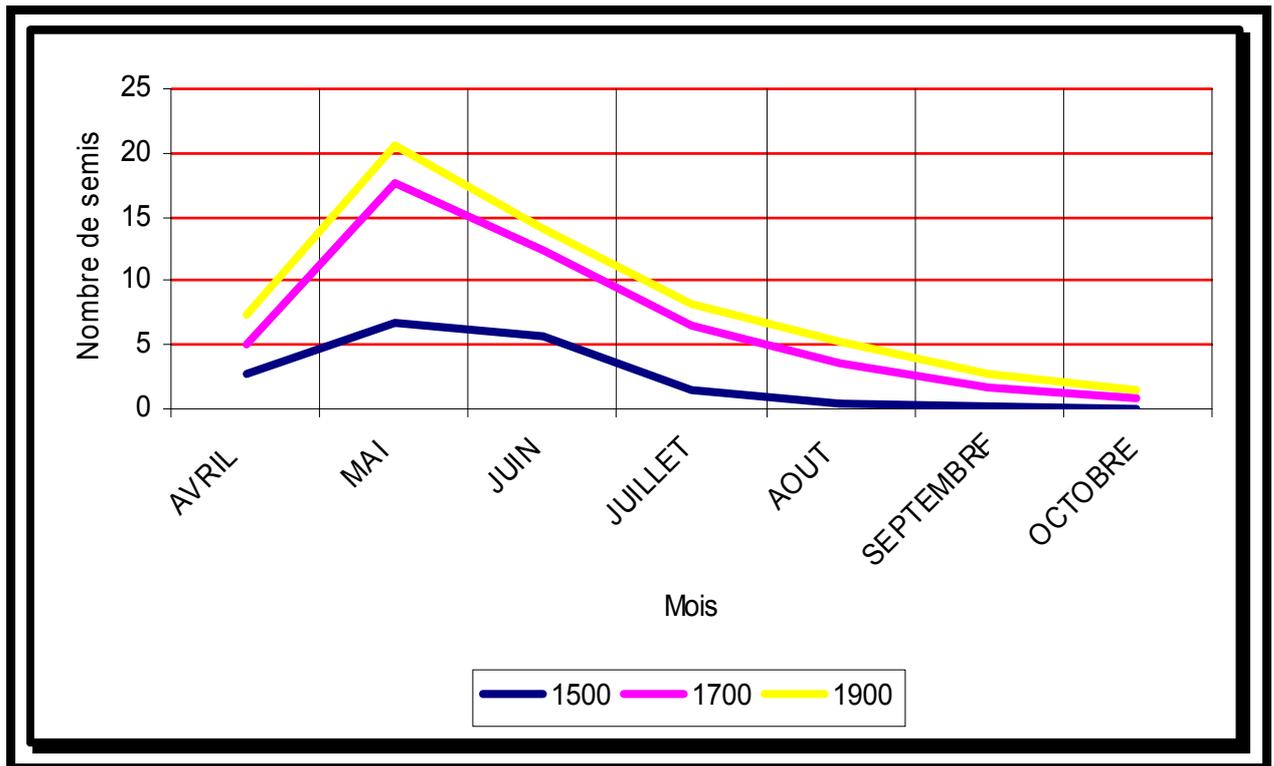


FIG n°40 Influence l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (Versant sud)

2.4.3 Interprétation des résultats

L'altitude a une influence sur la régénération naturelle du cèdre par le biais des conditions climatiques notamment les précipitations et les températures. Plus l'altitude est élevée, plus les précipitations moyennes sont élevées et les températures sont plus basses. De même l'aridité est modérée par l'altitude.

Les figures 39 et 40 montrent que le nombre de semis augmente en fonction de l'altitude, ainsi plus on monte en altitude plus les conditions sont plus favorables.

CONCLUSION GENERALE

A travers cette modeste contribution à l'étude de l'influence des facteurs physique sur la régénération naturelle du cèdre dans le massif des Ouled Yagoub, On peut dire que cette dernière se présente comme un problème complexe puisqu'elle est liée à une série de facteurs qui réagissent ensemble, Les conclusions suivantes ont été tirées de ce travail.

Etude climatique : Du point de vue climat et selon l'indice xérothermique et le climagramme d'Emberger, la cédraie des Ouled Yagoub se situe dans l'étage bioclimatique sub-humide froid à semi-aride frais. Cet étage se caractérise par une période sèche qui dure de quatre à cinq mois. La cédraie des Ouled Yagoub est proche du désert.

Le bilan hydrique : L'étude du bilan hydrique nous a permis de constater que le déficit hydrique commence à apparaître à partir du mois d'avril jusqu'au mois de juin, durant cette période les jeunes semis sont obligé à utilisé la réserve utile du sol(RU) , à partir du mois du mois de juin la réserve utile du sol est complètement utilisée et ces mêmes jeunes semis sont exposés à une période de sécheresse appelée sécheresse agronomique de cinq mois (juin-octobre) , à partir du mois d'octobre c'est la chute des premières pluies et la réserve utile va être rechargée.

La régénération naturelle : L'étude des différentes étapes de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas nous a permis de savoir la graine de cèdre avant son installation dans le sol et assurer une future régénération, doit passer par plusieurs étapes allant de la production de cônes, leur maturité morphologique et physiologique et enfin la désarticulation naturelles des cônes et la déssemination des graines. Ces phases sont le résultats de facteurs climatiques (précipitations, températures, humidité...etc.) et facteurs physique (sol).

Etude biométrique des cônes et des graines : L'étude biométrique des cônes et des graines, nous a permis de tirer ce qui suit :

- La production de cônes et des graines fertiles ne se pose pas dans la cédraie des Ouled Yagoub.
- Le nombre de graines par cônes dans est plus important en versant Nord qu'en versant Sud.
- La qualité des graines (poids) est plus importante en versant Nord qu'en versant Sud.

Etude in situ de la régénération naturelle : La régénération naturelle est meilleure en versant nord qu'en versant sud , ce dernier offre des conditions moins favorables (ombrage et humidité), et il a subit l'influence des conditions moins propices à l'installation des semis ; il est exposé souvent aux vents chauds et secs soufflant du Sahara, cette influence peut être la cause de germination précoce des graines dans certains endroits ; mais dans cette situation, la sécheresse estivale trop élevée fait disparaître les jeunes plantules les plus exposées au soleil.

L'influence de la couverture végétale dans la cédraie des Ouled Yagoub se manifeste par deux façons :

- En basse altitude, la végétation en général et le chêne vert en particulier joue un rôle positif sur la réduction de l'évapotranspiration et la protection des jeunes semis de cèdre de l'Atlas.
- En haute altitude, le rôle du chêne vert et des autres essences accompagnatrices sont secondaires s'ils ne sont pas nuisibles par leur ombrages retardant la germination des graines.

Dans les placettes où il y a un travail du sol même superficiel, la germination des graines du cèdre de l'Atlas est meilleure que dans les

placettes où le sol n'est pas retourné. Le travail du sol (le labour, crochitage...etc.) élimine la couche superficiels qui se présente comme obstacle aux graines du cèdre (couche de litière épaisse) et rend le sol plus réceptant a ces graines qui s'installent et s'échappent à la sécheresse estivale.

Les tranches altitudinales de 1800 à 1900 mètres sont les plus favorables à la germination des graines du cèdre de l'Atlas, en comparaison avec les altitudes inférieure à 1800 mètres et supérieur à 1900 mètre.

Recommandation

A travers cette étude et suite à notre présence pendant une période très importante sur le terrain nous avons constaté ce qui suit :-Malgré tous les phénomènes de dégradation qui affectent la cédraie des Ouled Yagoub(délits, chablis, surpâturage, dépérissement, attaque de la bongeani), cette dernière occupe une situation particulière dans la région , elle constitue un seul bloc avec deux versants essentiels nord et sud. Ces deux versants forment deux bassins versant ; le bassin versant de Babar au sud et le bassin versant de Foum Elgeuiss au nord.

A l'intérieur de la cédraie on a constaté que le cèdre commence a s'installer à partir de 1500 mètre au nord (Oued Al-ansal) et à 1600 mètre au sud (Oued Chentgouma).

Le passage d'un incendie au lieu dit Ain El-halfa a favorisé une régénération naturelle très importante d'une centaine d'hectares.

La production des cônes est différente d'une année à une autre en fonction des conditions climatiques, mais elle est toujours satisfaisante. Le problème qui se pose actuellement c'est la coupes des grands arbres par les délinquants pour la fabrication des plats, ces arbres constituent les peuplements porte graines et leur abattage influe sur la production des cônes et donc sur la régénération naturelle de cette cédraie.

Afin de protéger cette cédraie qui constitue un patrimoine national nous recommandons ce qui suit :

- Intégration en urgence de la cédraie des Ouled Yagoub dans une réserve naturelle.
- Interdiction total du paccage à l'intérieur de la cédraie.
- Entrée contrôlée aux riverains.
- Abattage de tous les arbres morts sur pieds, et les transporter à l'extérieur du périmètre de la cédraie.
- Faire un travail du sol (crochetage) la où c'est possible.
- Création d'une pépinière volante au lieu Ain Tizi le pour la production des plants destine aux repeuplements de tous les vides qui existent à l'intérieur de la cédraie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ABDESSEMED.K (1981) : Le cèdre de l'Atlas dans les massifs de l'Aurès et du Belezma. Etude phytosociologique et les problèmes de la conservation d'aménagement.

Thèse Doct. Ing. Université d'Aix en provence Marseille III-France : 199 p.

ABOUROUH. M (1983) : Essai de mycorhisation de Cedrus atlantica en pépinière. Thèse Doct 3^{ème} cycle .université Claude Bernard, Lyon I p 193-234.

ANSAR .A (1997): Etagements de la végétation et du climat en Aurès oriental Mémoire de magister. Université d'Aix MARSEILLE II 283 P

AUSENAC. G (1984) : Le cèdre, essai d'interprétation bioclimatique et écophysologique. Bullet, Soc, Bot, Fi 131 .Actuel, bot (2/3/4) p 385-398

BAGNOULS et GAUSSEN (1953) : Saisons sèches et indice xérothermique. Document Pour les cartes de production végétale. Toulouse. Série généralités .T3.1953. Vol 1 Art 8.

B.N.E.F (1983) : Etude d'aménagement de la forêt domaniale des Ouled Yagoub et Beni-Oudjana. Bureau national des études Forestières .1983

BENTOUATI A : **Croissance**, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* M.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela-Aurès). Thèse Doct. Université de Batna .116 P

BENTOUATI, A et OUJHIH, B (1999) : Première étude de la croissance et de la productivité du cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti) dans le massif de Belezma (Aurès-Algérie). Forêt méditerranéenne pp 115-118.

BENTOUATI A et BARITEAU M. (2006) : Réflexions sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). Forêt méditerranéenne. T. XXVII, n° 4. pp. 317-322

BENTOUATI A. (2008) : La situation du cèdre de l'Atlas des Aurès dans les Aurès. Forêt méditerranéenne. T. XXIX, n° 2. pp. 203-208

- BOUDY. P (1950)** : Economie forestière Nord Africain. Monographie et traitement des essences forestières. Tome 2. Edition Larousse p529-638
- BOUDY. P (1952)** : Guide du forestier en Afrique du Nord .Les essences forestières .Edition la maison rustique 505 p.
- DERRIDJ A. (1985)**: Etude de l'écologie, de la régénération et des plantules du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica Manetti*) .D.E.A d'écologie rapport de stage .Université Paul sabatier de Toulouse p 1-28 .
- DERRIDJ.A (1990)** : Etude des populations de *Cedrus atlantica. Manetti* en Algérie. Thèse Doct. Université de Toulouse .282 p
- EMBERGER.L (1938)** : Contribution à la connaissance des cédraies et en particulier du Deodara et du cèdre de l'Atlas Rev.Bot.Appl et Agri N° 198 p 192.
- EMBERGER.L (1939)** : Aperçu général sur la végétation du Maroc. Veroff. Géobot. Institut Rubel in Zurich 14 p 40-157.
- EMBERGER.L (1971)**: Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatiques et phytosociologiques et écologiques. In (Travaux de botanique et d'écologie de L. Emberger) .291 Masson Paris.
- EZZAHIRI M et BELGHAZI B(2000)** : Synthèses de quelques résultats sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas au Moyen Atlas (Maroc). Sécheresse, vol. II, N° 2
- FAUREL, I et LAFFITE, L (1949)** : Facteurs de répartition des cédraies dans le massif de l'Aurès et du Belezma. Bull.Sci.d'Hist. Nat de L'Afrique du Nord .Tome 40.
- GEORGE, J (1980)** : La récolte des graines de cèdre .R.F.F. N° 6 PP544-546
- HALIMI, A (1980)** : L'Atlas Blidéen , climat et étages végétaux OPU. Alger, 523 p
- HALITIM, S (2006)** : Contribution à l'étude de la réserve utile en eau des sols de cédraies dans les Aurès : influences des facteurs édaphiques Thèse magister .Université de Batna .2006.

- HAMIDA, M (2005)** : Capacité de rétention et bilan hydrique des sols des zones semi-arides de la wilaya de batna. Mémoire de magister, Université de Batna 83 p
- LAIMOUCHI, A (1983)** : Contribution à l'étude de la production du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) à Chréaa(w. Blida). mémoire .Ing.Agro.INA
- LAARIBYA, S (2004)** : Le cèdre du moyen Atlas en péril Le haut commissariat aux Eaux et Forêts à la lutte contre la désertification – Rabat Maroc.
- LEDANT, J.P (1975)** : Cours polycopies I.N.A ALGER
- LEPOUTRE, B (1961)** : Recherche sur les conditions édaphiques de la régénération des cédraies marocaines. Ann .Rech.For.Maroc, T.6Fasc.2.Rabat :21p
- LEPOUTRE, B et PUJOS .A(1963)**: Facteurs climatiques déterminants les conditions de germination et installation des plantules de cèdre. Ann.Rech.For. Maroc .T7Rap 62-63 120p.
- LEPOUTRE, B (1963)**: Premier essai de synthèse sur le mécanisme de régénération du cèdre dans le moyen Atlas Marocain.O.R.S.T.O.M Coll. Ref 11063.
- MALKI, H (1992)** : Contribution à l'étude de l'influence du l'Atlas dans les monts de Belezma (Algérie).Thèse Doct.université de Paris sorbonne.
- M'HIRIT, O (1982)** : Etude écologique et forestière des cedraies du Rif Marocain: Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la production du cèdre de l'Atlas Ann.Rech.For.Maroc.Vol.2.499p
- M'HIRIT, O (1993)** : Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) .Présentation générale et état des connaissances à travers le Réseau Méditerranéa « le CEDRE ». Ann.Rech.For.Maroc.Vol 22
- MOUKOURI. N. (2006)** : Contribution à l'étude du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le massif des Ouled Yagoub : approche sylvicole. Mémoire d'ingénieur. Département d'agronomie. Faculté des sciences. 58 pages

- MULLER, C et BONNET, M-MASINBERT (1983)** : Amélioration de la germination des graines de *Fagus sylvatica* par prétraitement en présence de polyéthylène glycol A.S.T 40(2), pp157-164
- MULLER, C (1986)** : Le point sur la conservation des semences forestières et la levée de dormance. RFF. XXX.VIII(3) pp 200-204.
- MULLER et AL (1990)** : Nouvelle voies dans le traitement des graines dormants de certains feuillus : Hêtre, frêne, Merisier. RFF. XLII-3-1990 Tech.For. pp 329-345
- NEJAH, A. (1988)** : La cédraie de Chréaa (Atlas blidéen) phénologie, Productivité Régénération. Thèse Doct. Université de Nancy I spécialité Biol.Vég et flore p173
- PRADAL, F. (1979)** : Variabilité génétique et écophysologie du cèdre (Résumé). 6 pages
- PUJOS, A (1963)** : Répartition de la végétation dans le moyen Atlas. Ecologie et régénération de la cédraie. Rev.géographie du Maroc N°3-4
- PUJOS, A (1964)** : Le milieu de la cédraie marocaine. Ann.Rech.For. Maroc Tome 8. p198.
- RAMADE, R (2003)** : Eléments d'écologie : Ecologie fondamentale 3^{ème} édition Cours 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} années Master Edition DUNOD
- QUEZEL P. (1957)** : Peuplements végétal des hautes montagnes de l'Afrique du Nord. Encyclopédie biogéographique et écologique. Vol. X, Paris, pp 105-110
- QUEZEL P. (1998)** : Cèdres et cédraies du pourtour méditerranéen : signification bioclimatique et phytogéographique Forêt Méditerranéenne. T XIX n° 3 pp. 243-257
- SAADI, A (1992)** : Contribution à l'étude de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Belezma. Mémoire. Ing. INES. Batna p38
- SCHOENBERGER, (1970)** : Etude de la végétation de l'Aurès Oriental. F.A.O projet d'Algérie p15

- SELTZER, P (1946)** : Le climat de l'Algérie .Travaux de l'institut de météorologie et de physique du globe de l'Algérie .université d'Alger p217.
- STEWART, P (1969)**: Quotient pluviométrique et dégradation de la biosphère Bull.Soc.Hist.Nat.Afr. Du Nord ; Alger
- TELL, C (1985)**: Recherche dendrochronologique sur le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) au Maroc.Thèse Doct.Université catholique de Louvain ,Belgique, p231.
- TOTH, J (1970)**: Plus que de centenaire et plein d'avenir : le cèdre en France R.F.F. Vol. XXII, n° 3 pp355-364
- TOTH, J (1971)** : Le cèdre (*Cedrus atlantica* M) en France. Bull.Vulg.For. n° 4 pp 1-20
- TOTH, J (1972)**: Historique du cèdre sur le mont Ventoux. Bull.Soc. Nat Vaucluse pp51-75.
- TOTH, J (1975)**: Etude de la dissémination des graines et de la régénération naturelle du cèdre au Mont –Ventoux. Dispositif expérimental n° 84-7 protocole d'installation –Avignon, pp1-7
- TOTH, J (1978)**: Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* M) dans le sud de la France Thèse.Doct.Ing.Fac.Sci.St Jérôme, Marseille, 196 p
- TOTH, J (1980)** : Le cèdre dans quelques pays du pourtour méditerranéen et dans deux autres pays à grandes importance forestières Forêt Méditerranéenne. T.II.n° 1, pp23-30
- TOTH, J (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.Et.Sc.Nat. Vaucluse pp 41-49
- TOTH, J (1987)** : Effets des facteurs d'environnement sur l'accroissement du cèdre de l'Atlas. Bull.Soc. et Nat. Vaucluse pp71-76
- ZAKI, A (1968)** : Première étude sur les phénomènes de dormance de la graine de cèdre de l'Atlas et sur l'influence de différents facteurs à l'égard de sa germination .Ann.Rech.For.Maroc, t1 .Edt .Tch Nord Africain pp 245-297

ZAKI, A (1968) : Première étude sur les phénomènes de dormance de la graine de cèdre de l'Atlas et sur l'influence de différents facteurs à l'égard de sa germination Ann.Rech.For.Maroc, t2 .Edt .Tch Nord Africain pp 245-297

Liste des figures :

N ° FIGURE	TITRE
01	Répartition actuelle du cèdre de l'Atlas
02	Un cèdre de l'Atlas à l'état serré
03	Le cèdre de l'Atlas à l'état isolé
04	Un sujet de cèdre de l'Atlas à Chentgouma
05	Le phénomène de dépérissement dans la cédraie des Ouled Yagoub
06	La processionnaire du cèdre à Ouled Yagoub
07	Les étapes de la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas
08	Diagramme ombrothermique de Bagnauls et Gausсен à 1700 m Nord
19	Diagramme ombrothermique de Bagnauls et Gausсен à 1700 m Sud
10	Le climagramme d'Emberger à Ouled Yagoub
11	Bilan hydrique en fonction de la reserve utile à 1500 m (versant nord)
12	Bilan hydrique en fonction de la reserve utile à 1700 m (versant nord)
13	Bilan hydrique en fonction de la reserve utile à 1900 m (versant nord)
14	Bilan hydrique en fonction de la reserve utile à 1500 m (versant sud)
15	Bilan hydrique en fonction de la reserve utile à 1700 m (versant sud)
16	Bilan hydrique en fonction de la reserve utile à 1900 m (versant sud)
17	Carte de situation de la zone d'étude
18	Utilisation de la tariere dans la description des profils
19	La description des profils

20	La qualité physique des graines
21	La désarticulation naturelle des cônes
22	La production des graines à Belezma
23	La production des graines à Chelia
24	La production des graines à Ouled Yagoub(1)
25	La production des graines à Ouled Yagoub(2)
26	La production des graines à Ouled Yagoub
27	La production des graines à Ouled Yagoub
28	La délimitation des placettes
29	La numérotation des placettes
30	Influence de l'exposition sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas(1)
31	Influence de l'exposition sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas(2)
32	Influence de la couverture végétale sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas(1)
33	Influence de la couverture végétale sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas(2)
34	Influence du travail du sol sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas(1)
35	Influence du travail du sol sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas(2)
36	Influence de l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en versant nord
37	Influence de l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en versant nord
38	Influence de l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en versant sud
39	Influence de l'altitude sur la régénération naturelle du cèdre de l'Atlas en versant sud

Liste des Tableaux :

N ° TABLEAU	TITRE
01	Le cèdre de l'Atlas en Algérie
02	Le cèdre de l'Atlas dans les Aurès
03	Occupation du sol dans la cedraie des Ouled Yagoub
04	Recensement de la population riveraine
05	Les températures moyennes minimales et maximales station Kenchela
06	Les températures moyennes minimales et maximales station de Ketfa Essouda
07	Correction des températures moyennes mensuelles station Khenchela
08	Correction des températures moyennes mensuelles station Ketfa Essouda
09	Les précipitations moyennes mensuelles station Khenchela
10	Les précipitations moyennes mensuelles station Ketfa Essouda
11	Evaluation de la pluviométrie moyenne mensuelle sur le versant nord
12	Evaluation de la pluviométrie moyenne mensuelle sur le versant sud
13	Correction de la pluviométrie moyenne mensuelle versant nord
14	Correction de la pluviométrie moyenne mensuelle versant sud
15	Nombre de chute de neige station Khenchela
16	Le nombre de jours de gelée (station Khenchela)
17	Le quotient pluviométrique d'Emberger station Khenchela
18	Le quotient pluviométrique d'Emberger station Ketfa Essouda
19	Caractéristiques physico chimiques du sol dans la cedraie des Ouled yagoub

20	Résultats de l'analyse granulométrique du sol
21	Résultats des mesures des cônes
22	Nombre de graines par cône en fonction des versants
23	La production des graines par cônes dans différentes stations
24	La moyenne des résultats de comptage en versant nord
25	La moyenne des résultats de comptage en versant sud
26	La moyenne des résultats de comptage par versant
27	La moyenne des résultats de comptage par facteur couverture végétale
28	La moyenne des résultats de comptage par facteur travail du sol
29	La moyenne des résultats de comptage par altitude en versant nord
30	La moyenne des résultats de comptage par altitude en versant sud

ANNEXES

Tableaux en annexes

N° DU TABLEAU	TITRE
01	Annexe 1 Evapotranspiration potentielle formule de THORNWAITE
02	Annexe 2 Valeur de i en fonction de la température moyenne mensuelle (C°)
03	Annexe 3 Evapotranspiration potentielle quotidienne non corrigée en fonction des valeurs de 01 et de la température moyenne (C°)
04	Annexe 3 (suite)
05	Annexe 3 (suite)
06	Annexe 3 (fin)
07	Annexe 4 : coefficient de correction en fonction de la latitude
08	Evaluation de l'évapotranspiration à 1500 m versant nord
09	Calcul du bilan hydrique à 1500 m versant nord
10	Evaluation de l'évapotranspiration à 1700 m versant nord
11	Calcul du bilan hydrique à 1700 m versant nord
12	Evaluation de l'évapotranspiration à 1900 m versant nord
13	Calcul du bilan hydrique à 1900 m versant nord
14	Evaluation de l'évapotranspiration à 1500 m versant sud
15	Calcul du bilan hydrique à 1500 m versant sud
16	Evaluation de l'évapotranspiration à 1700 m versant sud
17	Calcul du bilan hydrique à 1700 m versant sud
18	Evaluation de l'évapotranspiration à 1900 m versant sud
19	Calcul du bilan hydrique à 1900 m versant sud

Figures en annexes

N° DE LA FIGURE	TITRE
01	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 982.5 m versant nord
02	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1500 m versant nord
03	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1600 m versant nord
04	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1800 m versant nord
05	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1900 m versant nord
06	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 2000 m versant nord
07	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 845 m versant sud
08	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1500 m versant sud
09	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1600 m versant sud
10	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1800 m versant sud
11	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 1900 m versant sud
12	Diagramme ombrothermique de Gausсен à 20000 m versant sud
13	Dispositif expérimentale installé en versant nord
14	Dispositif expérimentale installé en versant sud

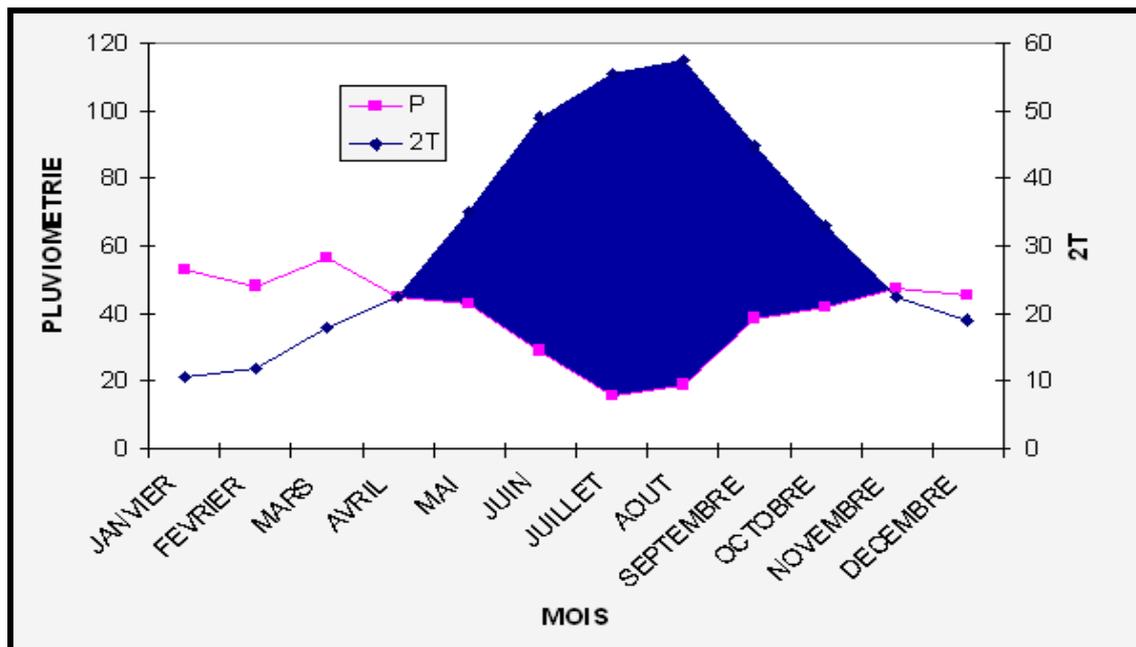


FIG n° 01: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 982.5 m Nord

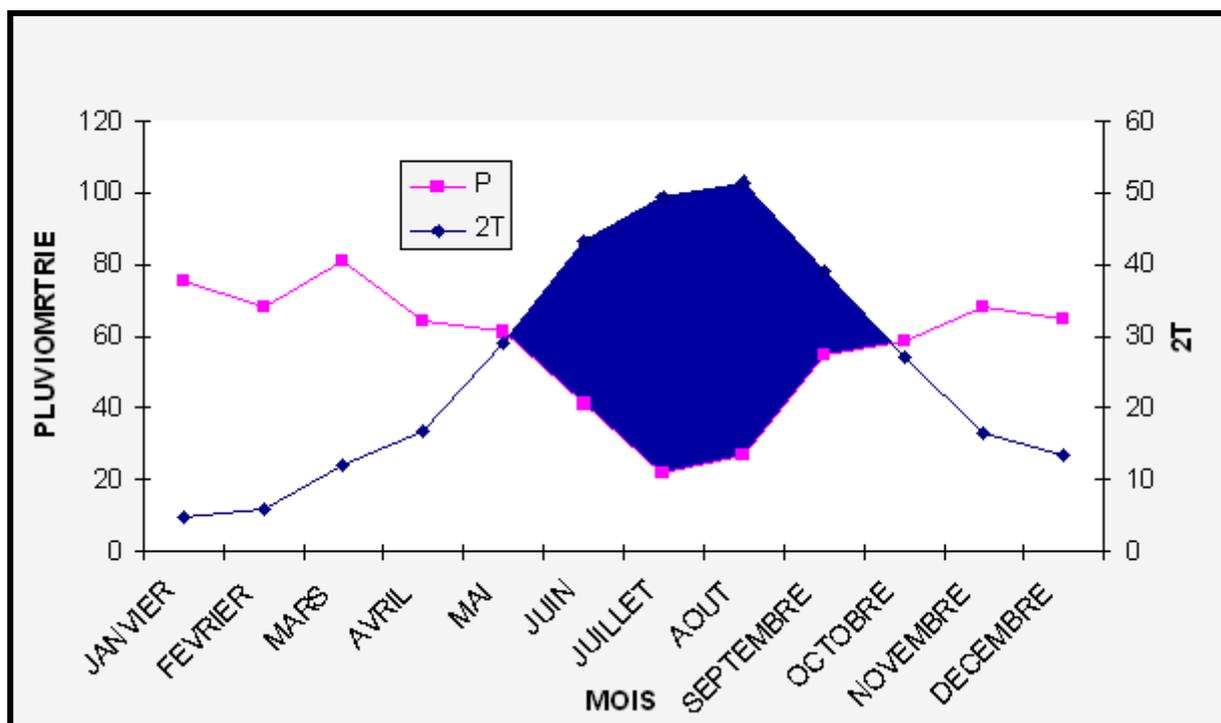


FIG n° 02: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1500 m Nord

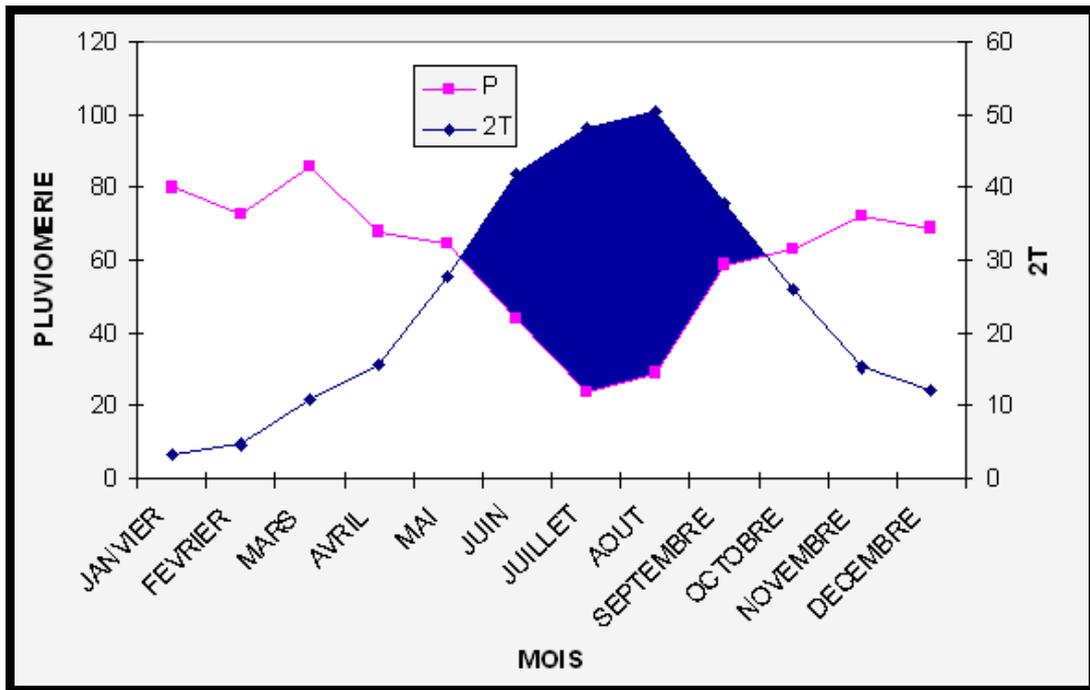


FIG n° 03 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1600 m Nord

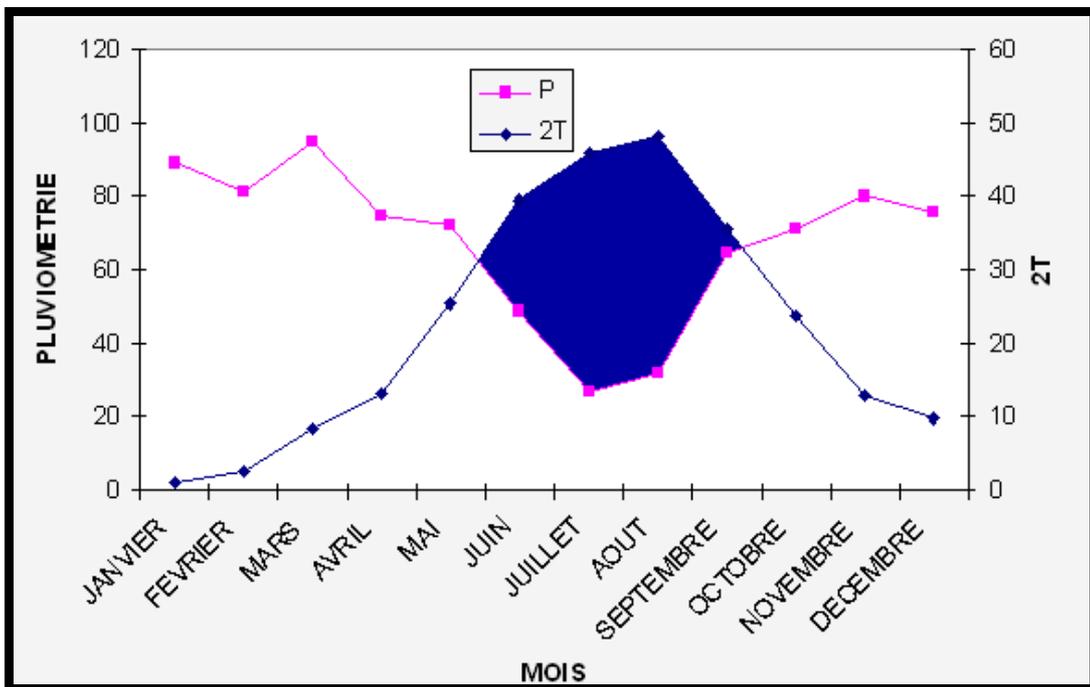


FIG n° 04 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1800 m Nord

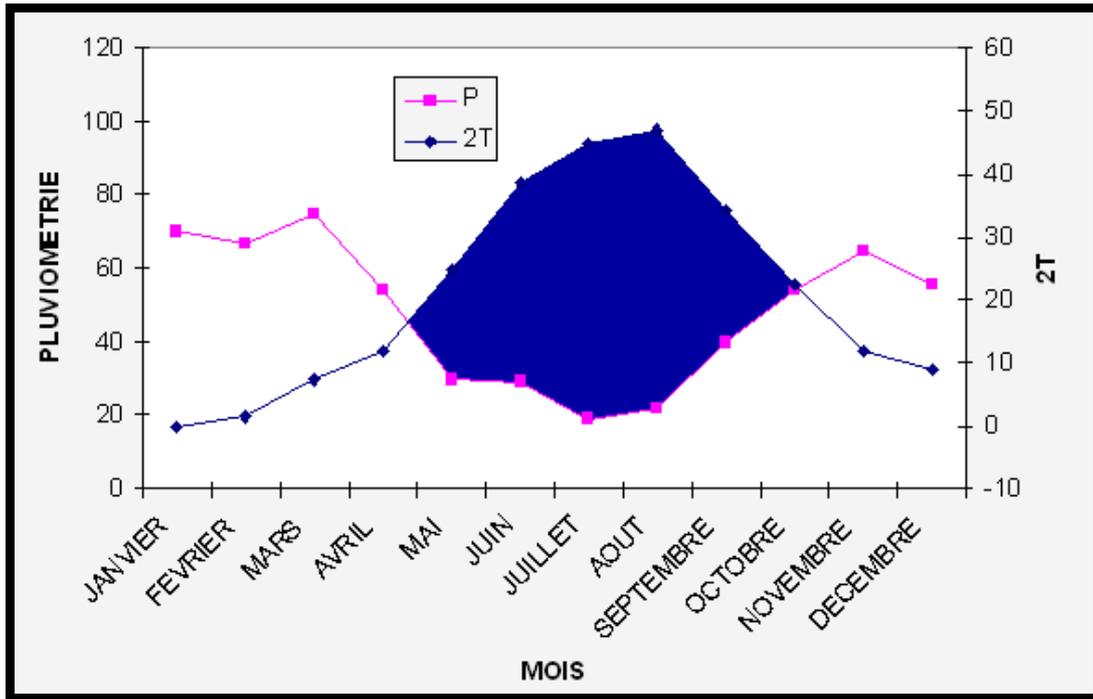


FIG n° 05 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1900 m Nord

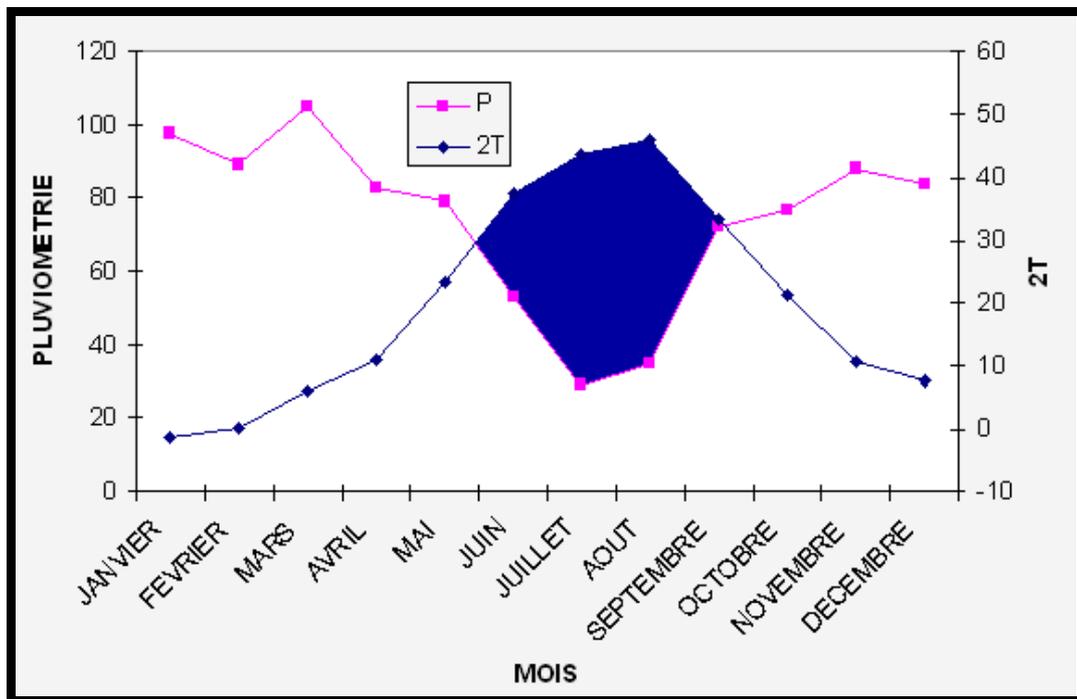


FIG n° 06 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 2000 m Nord

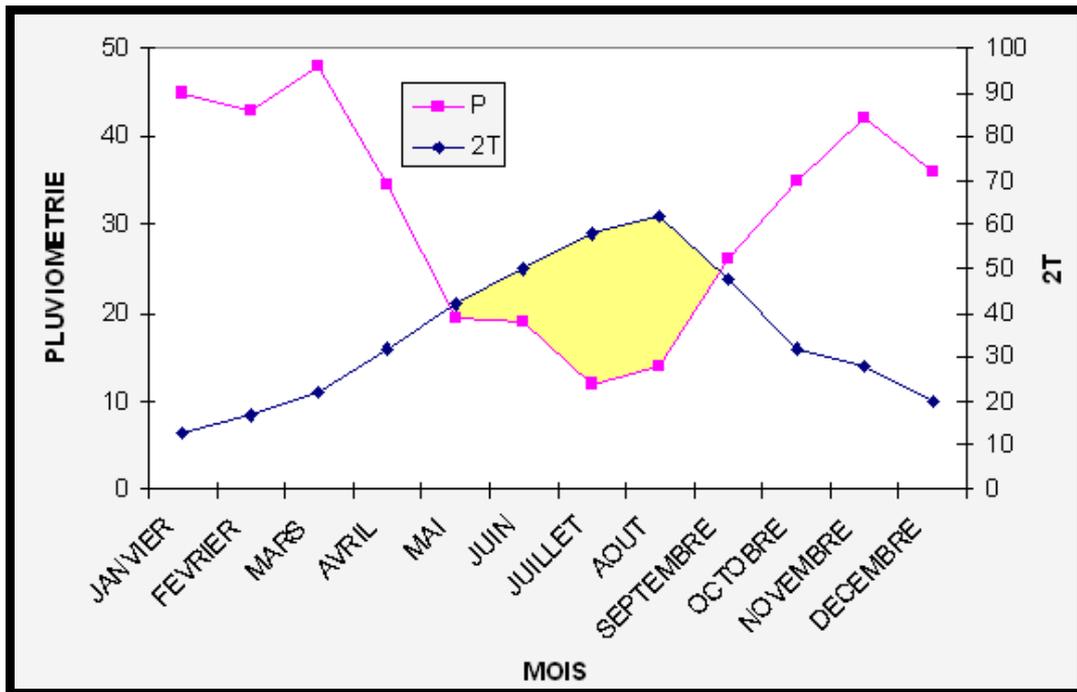


FIG 07 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 845 m Sud

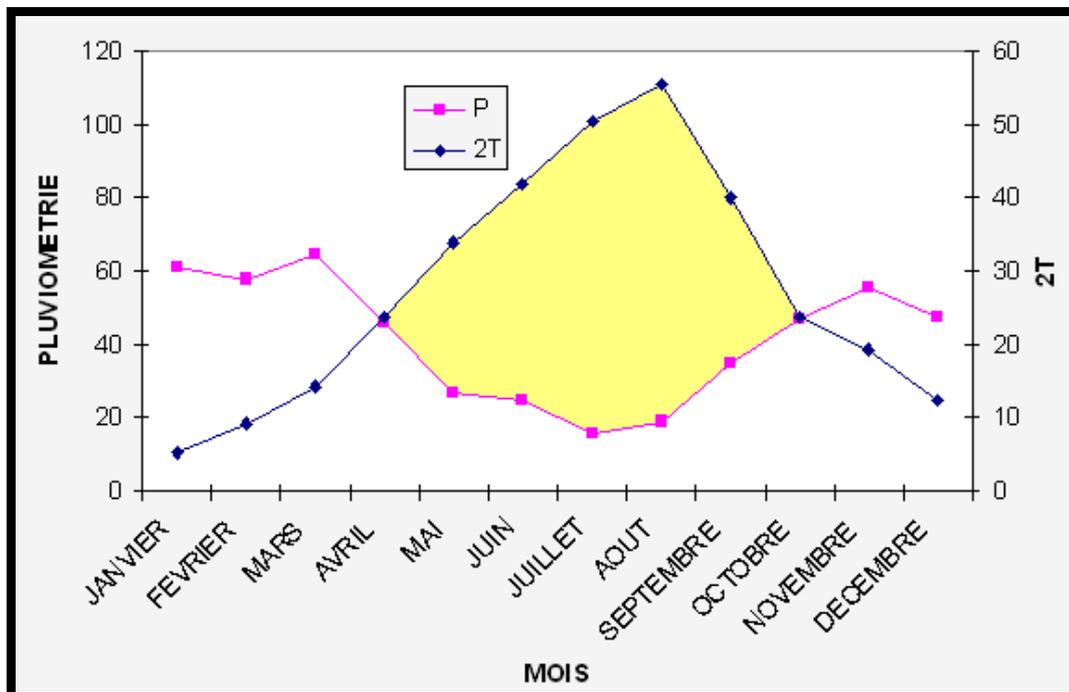


FIG 08: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1500 m Sud

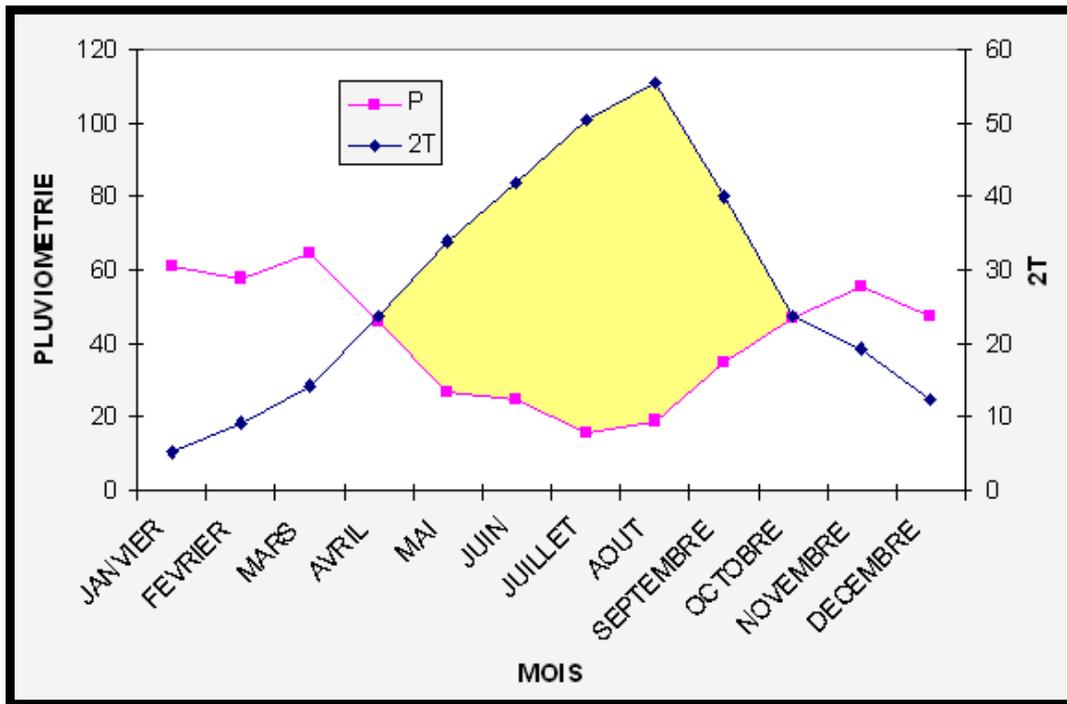


FIG 09 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1600m Sud

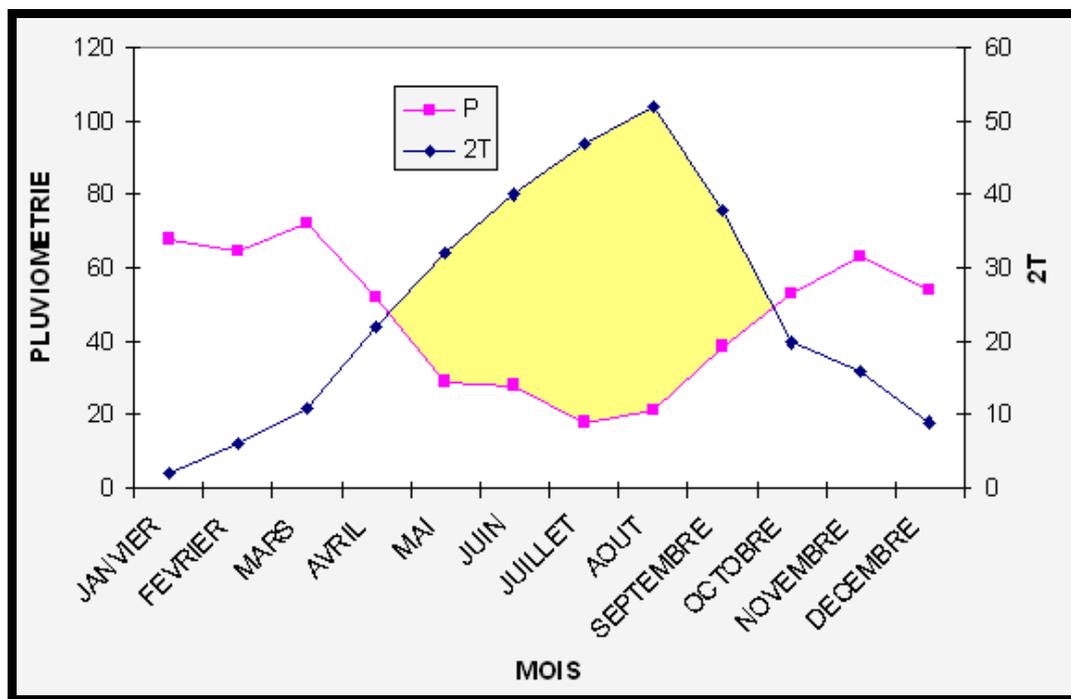


FIG 10 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1800 m Sud

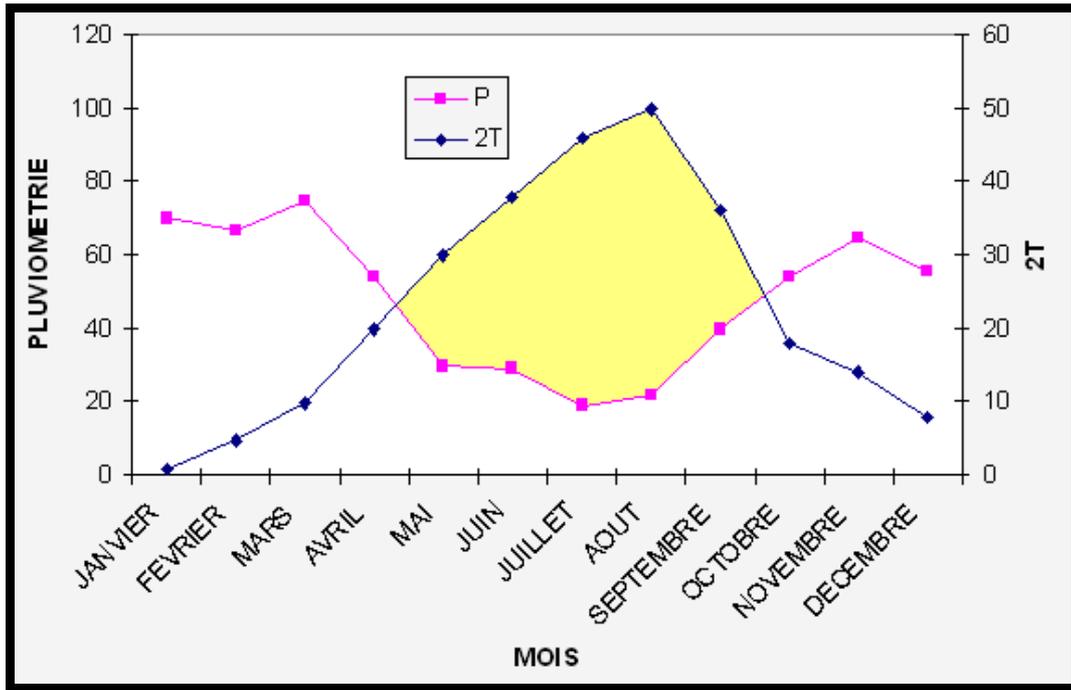


FIG 11: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 1900m Sud

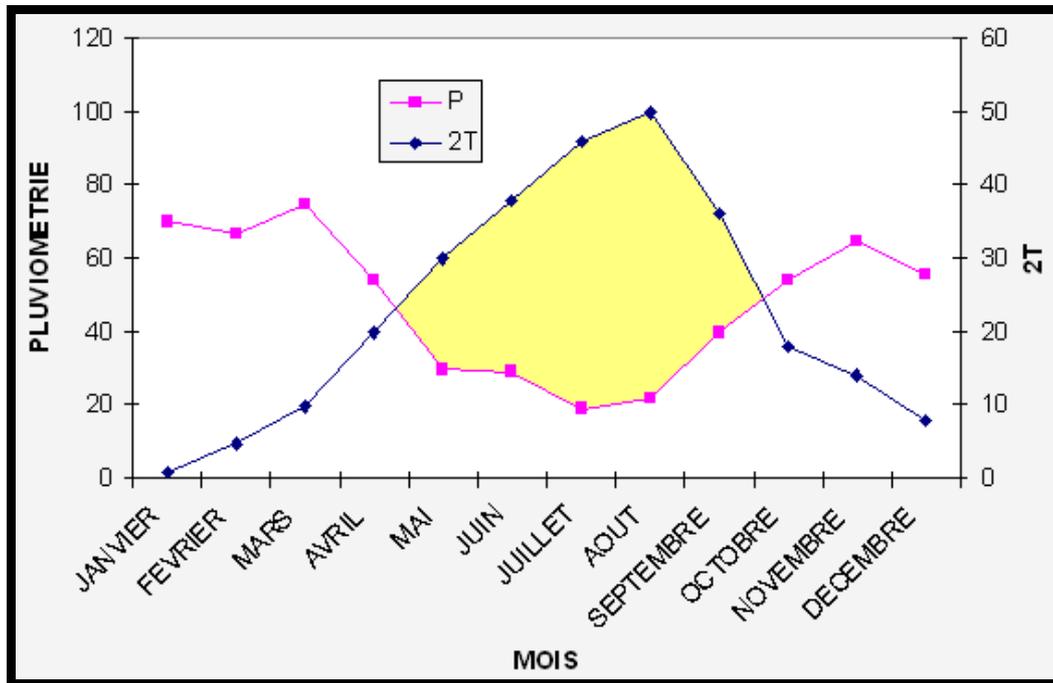


FIG 12 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен à 2000m Sud

FIG n° 13 : Dispositif expérimental installé en versant nord

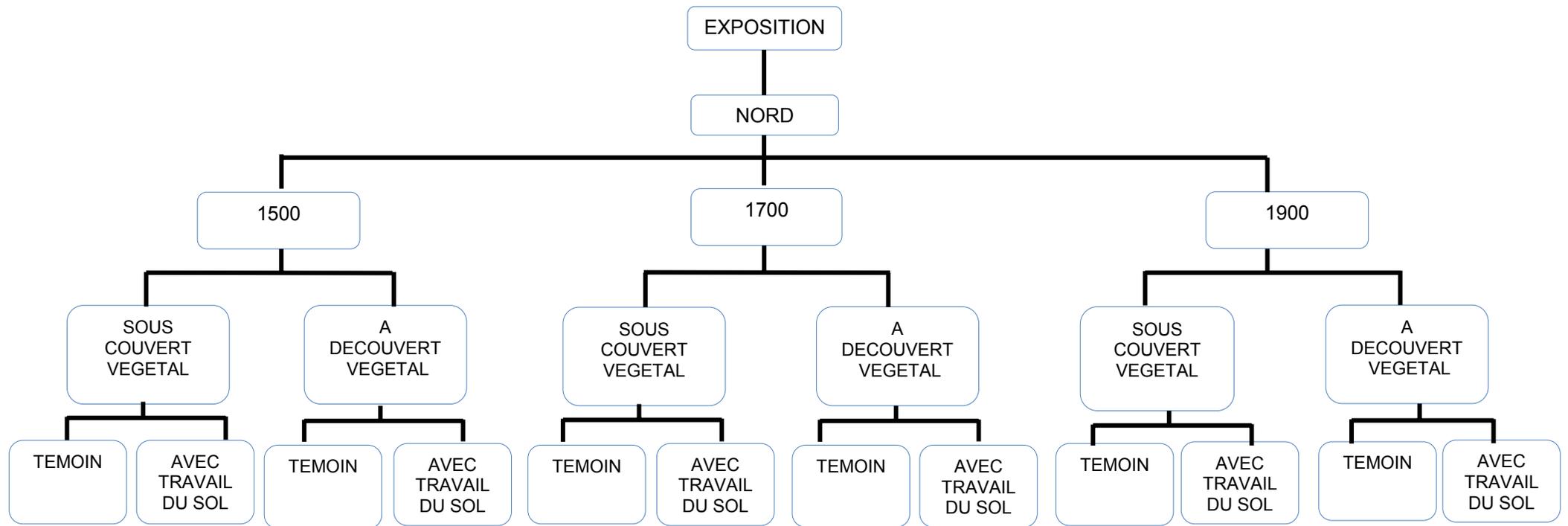
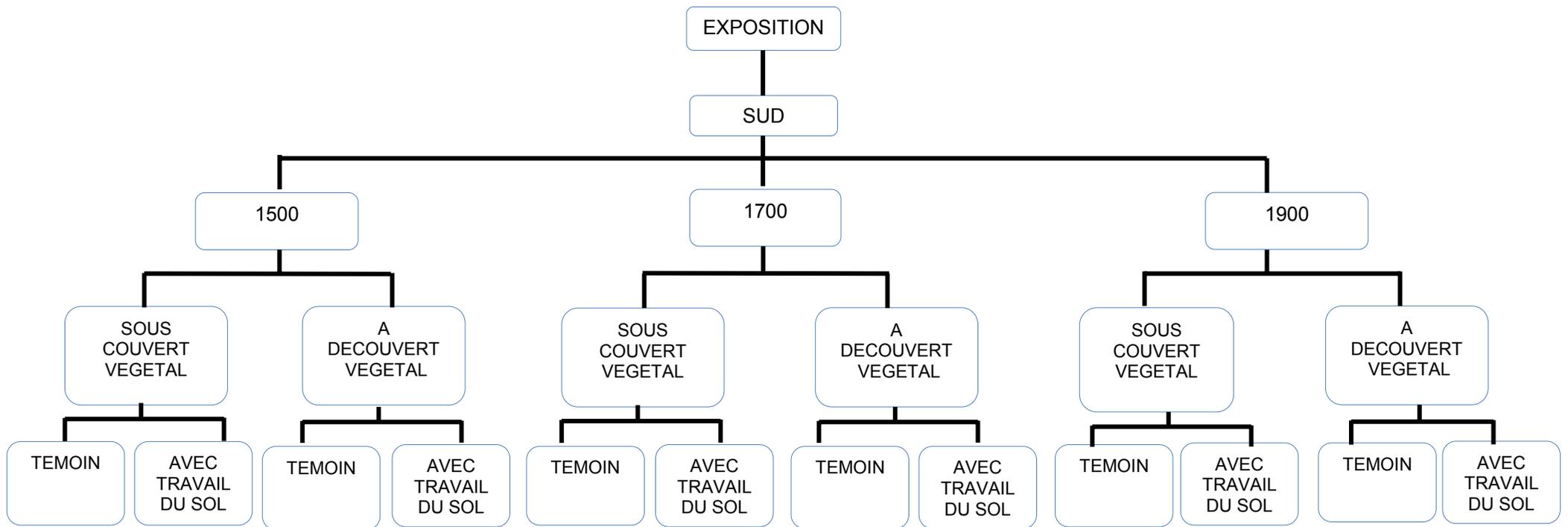


FIG n° 14 : Dispositif expérimental installé en versant sud



STATION 01 1500 NORD

Tableau n° 08 :

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperature moyenne mensuelle	2,28	3,02	6,03	8,38	14,58	21,58	24,73	25,83	19,5	13,63	8,28	6,68	
Indice	0,31	0,46	1,32	2,23	5,07	9,17	11,44	11,9	7,85	4,55	2,39	1,56	58,34
Evapotranspiration potentiel (NC)	3,1	5,6	18,6	27	58,9	102	127,1	136,4	87	54	27	21,7	
Correction saisonnière	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
Evapotranspiration potentiel (C)	2,7	4,76	19,2	29,43	71,269	123,4	156,3	158,2	89,61	52,38	23,2	18,445	
Précipitations (mm)	75,26	68,58	80,9	63,9	61,06	41,18	22,72	26,98	55,38	59,64	68,2	64,61	

Tableau n° 09

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	
Précipitations (P) en mm	75,26	68,58	80,9	63,9	61,06	41,18	22,72	26,98	55,38	59,64	68,2	64,61	
Evapotranspiration potentiel E.T.P	2,7	4,76	19,2	29,4	71,27	123,4	156,3	158,2	89,61	52,38	23,2	18,4	
P - E.T.P	72,56	63,82	61,7	34,5	-10,21	-82,2	-134	-131	-34,2	7,26	45	46,21	
Reserve utile (R U)	50	50	50	50	39,8	0	0	0	0	7,26	50	50	
Evapotranspiration réelle E.T.R	2,7	4,76	19,2	29,4	61,06	41,18	22,72	26,98	55,38	52,38	23,2	18,4	
E.T.P - E.T.R	0	0	0	0	10,21	82,22	133,6	131,2	34,23	0	0	0	
MOIS SEC	72,56	63,82	61,7	34,5	0	0	0	0	0	7,26	45	46,2	
BILAN HYDRIQUE	Ecoulement			Utilisation RU	Secheresse agronomique					Recharge			

STATION 02 1700 NORD

Tableau n° 10

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperature moyenne mensuelle	1,13	1,87	4,88	7,23	13,43	20,43	23,58	24,68	18,4	12,48	7,13	5,53	
Indice	0,1	0,23	0,97	1,74	4,5	8,47	10,48	11,23	7,25	4	1,7	1,16	51,83
Evapotranspiration potentiel (NC) E.T.P	3,1	2,8	15,5	24	58,9	96	120,9	127,1	84	52,7	24	18,6	
Correction saisonnière	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
Evapotranspiration potentiel (C)	2,697	2,38	16	26,16	71,269	116,2	148,7	147,4	86,52	51,119	20,6	15,81	
Précipitations (mm)	84,3	76,8	90,6	71,6	68,4	46,1	25,4	30,2	62	66,8	76,3	72,3	

Tableau n° 11

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	
Précipitations (P) en mm	84,3	76,8	90,6	71,6	68,4	46,1	25,4	30,2	62	66,8	76,3	72,3	
Evapotranspiration potentiel E.T.P	2,7	2,38	16	26,2	71,27	116,2	148,7	147,4	86,52	51,12	20,6	15,81	
P - E.T.P	81,6	74,42	74,6	45,4	-2,87	-70,1	-123	-117	-24,5	15,68	55,7	56,49	
Reserve utile (R U)	50	50	50	50	47,13	0	0	0	0	15,68	50	50	
Evapotranspiration réelle E.T.R	2,7	2,38	16	26,2	68,4	46,1	25,4	30,2	62	51,12	20,6	15,81	
E.T.P - E.T.R	0	0	0	0	2,87	70,1	123,3	117,2	24,52	0	0	0	
MOIS SEC	81,6	74,42	74,6	45,4	0	0	0	0	0	15,68	55,7	56,49	
BILAN HYDRIQUE	Ecoulement			Utilisation RU	Sécheresse agronomique					Recharge	Ecoulement		

STATION 03 1900 NORD

Tableau n° 12

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperature moyenne mensuelle	-0,02	0,72	3,73	6,08	12,28	19,23	22,43	23,53	17,2	11,33	5,98	4,38	
Indice	0	0,05	0,63	1,35	3,86	7,73	9,75	10,41	6,49	3,44	1	0,82	45,53
Evapotranspiration potentiel (NC) E.T.P	0	2,8	12,4	24	55,8	93	114,7	120,9	81	49,6	24	18,6	
Correction saisonnière	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
Evapotranspiration potentiel (C)	0	2,38	12,8	26,16	67,518	112,5	141,1	140,2	83,43	48,112	20,6	15,81	
Précipitations (mm)	92,75	84,52	99,8	78,75	75,25	56,7	28	33,25	68,25	73,5	84	79,62	

Tableau n° 13

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	
Précipitations (P) en mm	92,75	84,52	99,8	78,75	75,25	56,7	28	33,25	68,25	73,5	84	79,62	
Evapotranspiration potentiel E.T.P	0	2,38	12,8	26,2	65,52	112,5	141,1	140,2	83,43	48,11	20,6	15,81	
P - E.T.P	92,75	82,14	87	52,55	9,73	-55,8	-113	-107	-15,2	25,39	63,4	63,81	
Reserve utile (R U)	50	50	50	50	50	0	0	0	0	25,39	50	50	
Evapotranspiration réelle E.T.R	0	2,38	12,8	26,2	65,52	56,7	28	33,25	68,25	48,11	20,6	15,81	
E.T.P - E.T.R	0	0	0	0	0	55,8	113,1	107	15,18	0	0	0	
MOIS SEC	92,75	82,14	87	52,6	9,73	0	0	0	0	25,39	63,4	63,81	
BILAN HYDRIQUE	Ecoulemnt					URU	Secheresse agronomique			Recharge	Ecoulement		

STATION 04 1500 sud

Tableau n° 14

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperature moyenne mensuelle	2,94	4,74	7,24	12,24	17,21	21,24	25,24	27,74	20,2	11,74	9,74	6,2	
Indice	0,44	0,91	1,74	3,86	6,49	8,91	11,57	13,36	8,28	3,62	2,73	1,39	63,3
Evapotranspiration potentiel (NC) E.T.P	6,2	8,4	21,7	45	74,4	96	133,3	139,5	102	43,4	30	15,5	
Correction saisonnière	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
Evapotranspiration potentiel (C)	5,39	7,14	22,4	49,05	90,02	116,2	164	161,8	105,1	42,09	25,8	13,17	
Précipitations (mm)	60,75	58,05	64,8	46,57	27,3	25,65	16,2	18,9	35,1	47,25	56,7	48,6	

Tableau n° 15

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
Précipitations (P) en mm	60,75	58,05	64,8	46,57	27,3	25,65	16,2	18,9	35,1	47,25	56,7	48,6
Evapotranspiration potentiel E.T.P	5,39	7,14	22,4	49,05	90,02	116,2	164	161,8	105,1	42,09	25,8	13,17
P - E.T.P	55,36	50,91	42,4	-2,48	-62,72	-90,6	-148	-143	-70	5,16	30,9	35,43
Reserve utile (R U)	50	50	50	47,52	0	0	0	0	0	5,16	36,1	71,49
Evapotranspiration réelle E.T.R	5,39	7,14	22,4	46,57	27,3	25,65	16,2	18,9	35,1	42,09	25,8	13,17
E.T.P - E.T.R	0	0	0	2,48	62,72	90,55	147,8	142,9	70	0	0	0
MOIS SEC	55,36	50,91	42,4	0	0	0	0	0	0	5,16	30,9	35,43
BILAN HYDRIQUE	Ecoulement			Utilisation RU		Secheresse agronomique				Recharge		

STATION 05 1700 sud

Tableau n° 16

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperature moyenne mensuelle	1,59	3,59	6,09	11,09	16,1	20,09	24,1	26,6	19,1	10,6	8,59	5,1	
Indice	1,18	0,61	1,32	3,34	5,87	8,22	10,82	12,21	7,61	3,12	2,27	1,03	57,6
Evapotranspiration potentiel (NC) E.T.P	3,1	8,4	18,6	39	68,2	90	120,9	139,5	84	37,2	27	12,4	
Correction saisonnière	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
Evapotranspiration potentiel (C)	2,697	7,14	19,2	42,51	82,522	108,9	148,7	161,8	86,52	36,084	23,2	10,54	
Précipitations (mm)	65,3	62,4	69,6	50	28,3	27,6	17,4	20,3	37,7	50,8	60,9	52,2	

Tableau n° 17

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	
Précipitations (P) en mm	65,3	62,4	69,6	50	28,3	27,6	17,4	20,3	37,7	50,8	60,9	52,2	
Evapotranspiration potentiel E.T.P	2,69	7,14	19,2	42,51	82,52	108,9	148,7	161,8	86,52	36,08	23,2	10,54	
P - E.T.P	62,61	55,26	50,4	7,49	-54,22	-81,3	-131	-142	-48,8	14,72	37,7	41,66	
Reserve utile (R U)	50	50	50	50	0	0	0	0	0	14,72	50	50	
Evapotranspiration réelle E.T.R	2,69	7,14	19,2	42,51	28,3	27,6	17,4	20,3	37,7	36,08	23,2	10,54	
E.T.P - E.T.R	0	0	0	0	54,22	81,3	131,3	141,5	48,82	0	0	0	
MOIS SEC	2,69	7,14	19,2	42,51	0	0	0	0	0	36,08	23,2	10,54	
BILAN HYDRIQUE	Ecoulement				U R U	Secheresse agronomique				Recharge			

STATION 06 1900 sud

Tableau n° 18

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	TOTAL
Temperature moyenne mensuelle	0,44	2,44	4,94	9,94	14,9	18,95	22,9	25,44	17,9	9,4	7,4	3,94	
Indice	0,01	0,33	0,97	2,81	5,22	7,49	10,01	11,71	6,9	2,6	1,81	0,69	50,55
Evapotranspiration potentiel (NC) E.T.P	0	8,4	18,6	39	68,2	90	117,8	130,2	81	37,2	27	12,4	
Correction saisonnière	0,87	0,85	1,03	1,09	1,21	1,21	1,23	1,16	1,03	0,97	0,86	0,85	
Evapotranspiration potentiel (C)	0	7,14	19,2	42,51	82,522	108,9	144,9	151	83,43	36,084	23,2	10,54	
Précipitations (mm)	70,2	67,08	74,8	53,8	30,42	29,64	18,72	21,74	40,56	54,6	65,5	56,16	

Tableau n° 19 :

MOIS	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D	
Précipitations (P) en mm	70,2	67,08	74,8	53,8	30,42	29,64	18,72	21,74	40,56	54,6	65,5	56,16	
Evapotranspiration potentiel E.T.P	0	7,14	19,2	42,51	82,52	108,9	144,9	151	83,43	36,08	23,2	10,54	
P - E.T.P	70,2	59,94	55,6	11,29	-52,1	-79,3	-126	-129	-42,9	18,52	42,3	45,62	
Reserve utile (R U)	50	50	50	50	0	0	0	0	0	18,52	50	50	
Evapotranspiration réelle E.T.R	0	7,14	19,2	42,51	30,42	29,64	18,72	21,74	40,56	36,08	23,2	10,54	
E.T.P - E.T.R	0	0	0	0	52,1	79,26	126,2	129,3	42,87	0	0	0	
MOIS SEC	0	7,14	19,2	42,51	0	0	0	0	0	36,08	23,2	10,54	
BILAN HYDRIQUE	Ecoulement				U R U	Sècheresse agronomique				Recharge			