

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université IBN KHALDOUN –Tiaret-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine: "Sciences de la Nature et de la Vie"

Filière : "Sciences biologiques"

Spécialité: "Biodiversité et conservation des écosystèmes forestiers"

Thème

Contribution à la modélisation de la croissance du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans la forêt de Sidi Slimane (W. Tissemsilt).

Membres de jury :

- **President: Mr. Bensaid M O.**
- **Promoteur: Mr. Sarmoum M.**
- **Examineur : Mr. Hamzaoui A.**

présenté et Soutenu publiquement par :

- * **Merrakchi Omhani**
- * **Lafer Fatima**

Année universitaire: 2016 -2017

Remerciements

Au terme de ce travail, il m'est très agréable d'exprimer toute ma gratitude et mes très vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent

*A Mr **SARMOUM M.** D'avoir accepté de nous encadrer, ça sera pas suffisant pour lui exprimer toute nous reconnaissance pour ses conseils précieux, ses encouragements, sa confiance continue.*

*A Mr **BENSAID O.** pour sa disponibilité et ces conseils judicieux et pour avoir accepté de présider le jury.*

*A Mr **HAMZAOUI A.** de nous avoir fait l'honneur de juger la qualité de notre travail.*

*A Mr **AWED B.** (Conservation des forêts de Tiaret) pour ses conseils, ses encouragements qui nous ont permis de mener à terme ce travail. Et sa disponibilité tout le long de notre travail.*

A l'ensemble des enseignants ayant contribué à notre formation durant notre cycle d'étude

Sans oublier les membres de la conservation des forêts de Tissemsilt.

Et la circonscription de Bordj Bounaama pour leur soutien.

Et à tous ceux et celles qui ont Su nous soutenir,

Nous encourager, Nous aider et nous supporter tout au long des années;

*A vous **nos amis(e).***

*À vous, **nos familles,** pour votre Inépuisable amour, Patience et support, un éternel*

Omhani et Fatima

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ceux qui ont fait de moi ce que je suis et ne cessent de me soutenir et de m'encourager : ma mère et mon père pour tout l'appui et soutien qu'ils m'avaient offert,

A mes chers frères et sœur

A mon oncle et mes tantes

A mon oncle et mes tantes

A mes nièces

*A mes cousines **DEGDAG FATIMA ZOHRA** et **MERRAKCHI MANEL***

*A tous mes ami (e)s et collègues de promotion de 2ème année master Biodiversité (2016_2017) surtout mes chers **OUMERI KARIMA** et **ARABI YASMINA***

*Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près Ou de loin à la réalisation
De ce travail*

Omhani

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chers parents qui ont m'insuffler la volonté de Toujours aller de l'avant.

*A mes frères **Mohamed, ABDELHAK, AMINE et TAHER** et mes sœurs **WISSEM et Aicha**. Et les autres qui m'ont toujours Soutenu en faisant preuve de grande patience sans oublier les cousins et les cousines.*

*A tous mes amis **LAFER NASSIRA, GADOUM NAWEL et ZANTAR HAYET**.*

Mes camarades de promotion de 2ème année master Biodiversité (2016-2017) Sans exception.

Enfin, à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Fatima

Liste des figures

Figure 01 :L'écorces.

Figure02 : Les aiguilles.

Figure 03 : Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde.

Figure 04 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie.

Figure 05 : Structure du bois.

Figure 06 : Situation géographique de commune de sidi Slimane.

Figure 07 : Répartition infrastructure routières.

Figure 08 : Relief de commune de sidi Slimane.

Figure 09 : Géologie de la wilaya de TISSEMSSILT.

Figure 10 : Hydrologie de la commune de sidi Slimane.

Figure 11 : Barrage de KOUDIET EL ROSFA.

Figure 12 : Source thermal de Hammam Sidi Slimane.

Figure 13 : Répartition de la population.

Figure 14 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN du SIDI SLIMANE

Figure 15 : Photos des stations écologiques sondées.

Figure 16: Matériels utilisés dans le terrain.

Figure 17 : Courbe d'évolution des épaisseurs brute des cernes de station 02.

Figure 18 : Courbe d'évolution des épaisseurs brute des cernes de station 02.

Figure 19 : Courbe d'évolution des épaisseurs standardisées des cernes de la station 01.

Figure 20 : Courbe d'évolution des épaisseurs standardisées des cernes de la station 02.

Figure 21 : Projection des populations dans l'ACP (axes 1 et 2), en fonction des épaisseurs brutes de cernes pour la station 1 et la station 2.

Figure 22 : Projection des populations dans l'ACP (axes 1 et 2), en fonction des indices de standardisation pour la station1 et station 2.

Figure 23 : Représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 01.

Figure 24: Représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 02.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Hypothèse de modèle de culture pour plantation de pin d'Alep, densité initiale 2222 et 1600 plants pour hectare.

Tableau 02 : Evolution et dispersion de la commune de Sidi Slimane..

Tableau 03: Répartition de population par tranches d'âge des années 1998.

Tableau 04: Répartition de population par tranches d'âge des années 2008.

Tableau 05 : Valeurs pluviométriques mensuelles corrigées au niveau de la zone d'étude durant la période 1982_2012.

Tableau 06 : Valeurs de température corrigées au niveau de la zone d'étude durant la période 1982_2012.

Tableau 07: Localisation géographique, variabilité des conditions de milieu et des peuplements échantillonnés dans la zone d'étude.

Tableau 08 : Analyse statistique des épaisseurs brutes et standardisées

Liste des abréviations

ACP : Analyse des composantes principales

AMAC : Accroissement moyenne annuelle en circonférence

ARMA : Auto Régressive Moving Average

cm : centimètre

C° : Degré Celsius

C : Circonférence

EC : Epaisseur des cernes

EMC : Epaisseur moyen des cernes

ha : hectare

Km : kilomètre

m : mètre

mm : Millimètre

N : nombre des plants

P : pinus

P : précipitation

Poly : polynomiale

Q₂ : Le quotient pluviométrique d'EMBERGER.

R² : Coefficient de détermination

SM : Sensibilité moyenne

T: Température

Urb : Urbanisme

π : 3.14

\emptyset : Diamètre

Sommaire

| | |
|------------------------|----|
| Remerciements | |
| Dédicaces | |
| Liste des figures | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des abréviations | |
| Introduction..... | 01 |

Partie bibliographique

Chapitre 01: Généralités

| | |
|--|-----------|
| I. Généralité sur le pin d'Alep..... | 03 |
| 1. Taxonomie de l'espèce..... | 03 |
| 2. Description | 03 |
| 3. Chorologie du pin d'Alep..... | 05 |
| 4. Ecologie du pin d'Alep..... | 07 |
| 5. Plasticité écologique..... | 08 |
| 6. Ravageurs et maladies..... | 09 |
| 7. Régénération chez le pin d'Alep..... | 09 |
| 8. Usage du pin d'Alep..... | 10 |
| 9. Reproduction de pin d'Alep..... | 10 |
| 10. Sylviculture du pin d'Alep..... | 11 |
| II. Généralité sur la croissance..... | 12 |
| 1. Définition de la croissance..... | 12 |
| 2. Les type de croissance..... | 12 |
| 3. La croissance radiale..... | 13 |
| 4. Les cerne..... | 13 |

| | |
|--|-----------|
| 5. Définition du bois..... | 13 |
| 6. Structure du bois..... | 13 |
| 7. Définition d'accroissement..... | 14 |
| 8. Les type d'accroissement..... | 14 |
| 9. Les anomalies des cernes..... | 15 |
| 10. Les facteurs qui agissent sur la croissance radiale..... | 16 |
| III. Généralité sur la modélisation..... | 17 |
| 1. Définition de modélisation..... | 17 |
| 2. Les type de modèles | 17 |
| 3 .Modélisation de la croissance | 17 |
| 4. L'outil et intérêt de modélisation de la croissance | 18 |
| 5. Les type de modèle de la croissance | 18 |
| Chapitre 02 : Description de la zone d'étude | |
| 1. Historique..... | 19 |
| 2. Situation géographique..... | 19 |
| 3. Situation forestière..... | 20 |
| 4. Equipements et infrastructures | 20 |
| 5. Caractéristiques physiques..... | 23 |
| 6. Dynamique de la population..... | 28 |
| 7. Situation de l'emploi dans la région..... | 31 |
| 8. Les caractéristiques climatiques..... | 31 |
| 9. Synthèse climatique | 32 |

Partie expérimentale

Chapitre 03 : Matériels et méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Echantillonnage..... | 34 |
| 2. Les type d'échantillonnage..... | 34 |
| 3. Choix des stations écologiques..... | 34 |
| 4. Caractéristique de placette..... | 35 |
| 5. Matériels de collecte des données | 36 |
| 6. Méthodes de collecte des données..... | 37 |
| 7. Analyse des données..... | 37 |
| 8. Standardisation de croissance..... | 39 |
| 9. Modélisation de la croissance radiale..... | 39 |

Chapitre 04: Résultats et discussions

| | |
|---|----|
| 1. Evolution des épaisseurs brutes des cernes..... | 41 |
| 2. Evolution des épaisseurs standardisées..... | 43 |
| 3. Analyse statistiques descriptives..... | 44 |
| 4. Analyse des composantes principales..... | 45 |
| 5. Modélisation de la croissance radiale (ARMA p, q)..... | 47 |

Conclusion générale

Références bibliographiques



Introduction

Introduction

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) est une espèce forestière rustique, très présente dans la plupart des variantes bioclimatiques du bassin méditerranéen (**PARDE, 1957; QUEZEL, 1986; MEZALI, 2003**).

Son amplitude écologique est très vaste (**NAHAL, 1962**). Même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitation annuelle que l'espèce présente son développement maximal (**QUEZEL, 1980**). La croissance de l'arbre s'effectue de manière concentrique, c'est à dire de l'extérieur vers l'intérieur. Elle est assurée par le cambium, fine couche de cellules primitives, située sous l'écorce. Dès sa première année de vie, l'arbre produit autour de sa moelle un anneau de cellules, appelé cerne de croissance (**JEAN, 2013**).

La modélisation de la croissance est un domaine important de la recherche forestière. En aménagement forestier, la prédiction du développement de l'arbre ou du peuplement forestier (accroissement en diamètre, en hauteur, en surface terrière et en volume) est une opération essentielle pour le gestionnaire (**GOREAUD, 2000**).

Les modèles de croissances sont des outils d'aide à la décision. Ils servent à simuler la croissance d'un objet élémentaire, qui peut être un certain type de forêt, un peuplement ou un arbre. Pour pouvoir les utiliser, il faut donc leur fournir des données de façon à caractériser l'objet élémentaire ainsi que les conditions dans lesquelles il grandit. Le modèle fournit en sortie les mêmes caractéristiques, mais projetées à la date voulue par l'utilisateur (**RAULIER, 1997**).

Ce travail s'inscrit dans une démarche globale qui vise à comprendre la dynamique de la croissance du pin d'Alep sous l'influence des conditions du milieu. La modélisation est un outil qui permet de comprendre et prédire la croissance de cette espèce, notamment dans le massif de l'Ouarsenis (Région de Sidi Slimane) où elle occupe une place importante

L'objectif de cette étude consiste :

- ✓ Etude des variations spatio-temporelles de la croissance radiale
- ✓ Comprendre les mécanismes et les facteurs qui agissent sur la croissance du pin d'Alep
- ✓ Modélisation de la croissance du pin d'Alep dans la forêt de Sidi Slimane

Le présent travail s'articule en 4 chapitres comprenant :

Le premier chapitre présente des généralités et des notions sur le pin d'Alep, la croissance et la modélisation de la croissance.

Le deuxième chapitre présente la description de la zone d'étude (la forêt de Sidi Slimane).

Le troisième chapitre a été consacré aux démarches expérimentales. Ce chapitre présente une description des méthodes d'étude et le matériels qui a servi à pour la réalisation de ce travail.

Les résultats de cette étude se présentent au niveau de quatrième chapitre avec l'interprétation et leur discussion et enfin par une conclusion.



Partie bibliographie

Chapitre 01: Généralités

I. Généralité sur le pin d'Alep

1. Taxonomie de l'espèce

Le pin d'Alep doit son nom « à Miller qui l'a décrit en 1768. Il a été décrit auparavant pour la première fois en 1755 par Duhamel du Monceau sous un autre nom: *Pinus hierosolimitana* ; il a reçu par la suite plusieurs appellations mais il a gardé le nom que Miller lui a attribué.

Pinus halepensis Mill fait partie du groupe *halepensis* de la section des *Halipensoides* du genre *Pinus* de la famille des *Pinacées* (GAUSSEN, 1960).

Le groupe *halepensis* renferme en plus des *Pinus halepensis* quatre autres pins : *Pinus brutia* Ten. *Pinus eldarica* Medw, *Pinus stankewiczii* sukaczem et *Pinus pithysa* Stevenson. Dans le groupe *halepensis*, seuls *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* sont considérés comme de véritables espèces par la majorité des systématiciens et reconnus en tant que telles par Flora Européo (QUEZEL, 1985).

De nombreuses études ont montré la présence d'un polymorphisme marqué au sein de l'espèce *Pinus, halepensis*. NAHAL (1962) fut le premier à identifier des entités géographiques distinctes sur la base d'observations morphologiques de la structure du pollen. D'autre recherches se basant sur des expérimentations pratiques de provenances se sont succédées par la suite pour confirmer l'existence d'une variabilité intra spécifique importante des points de vue physiologique, morphologiques iso-enzymatique et terpénique (FALUSI et CALAMASSI, 1983 ; CALAMASSI, 1986; GRUNWALD et SCHILLER, 1988 ; BARADAT et al, 1995).

2. Description

➤ Le port

Le port est assez élevé (24_25m maximum), d'une grande élégance, le tronc est souvent sinueux .Le feuillage est relativement clair et léger, âgé, l'arbre adopte une cime étalée, la longévité maximale pourrait atteindre 300ans, mais l'arbre vit jusqu'à 120_130 ans en moyenne (BERNARD, 2013).

➤ L'écorce

L'écorce de pin d'Alep est de couleur gris argenté, lisse, dans le jeune âge, En vieillissent apparait le rhytidome (écorce adulte de plus en plus crevassée avec l'âge) (BERNARD ,2013).



Figure01 : L'écorce (MERRAKCHI ET LAFER, 2017)

➤ **Les rameaux**

Les rameaux de pin d'Alep sont grêles, polycycliques, de couleur vert clair la 1^{er} année et faiblement sillonnée, on distingue des rameaux longs (auxiblastes), et des rameaux nains (brachyblastes) qui constituent les graines portant les aiguilles (**BERNARD ,2013**).

➤ **Aiguilles**

Les aiguilles du pin d'Alep sont fasciculées par 2 dans le brachyblaste (rarement 3à5), filiformes, molles, de couleur vert jaunâtre, de moins 1 mm d'épaisseur 6à10cm de long (**BERNARD, 2013**).



Fig. 02 : Les Aiguilles (MERRAKCHI et LAFER, 2017)

➤ **Les bourgeons**

Les bourgeons sont cylindriques, allongés, à écailles brunes libres frangées de blanc (BERNARD ,2013).

3. Chorologie du pin d'Alep

➤ **Dans le monde**

Le pin d'Alep est largement répandu sur l'ensemble du pourtour du bassin méditerranéen (BARBERO et *al.*, 1998).

C'est une espèce fréquente, surtout en région méditerranéenne occidentale, mais elle se rencontre également en divers endroits du bassin méditerranéen oriental, les forêts de pin d'Alep occupent sans doute plus de 3.5 Millions d'hectares (QUEZEL, 1980).

Au Maroc, le pin d'Alep est peu fréquent à l'état spontané. Il occupe une superficie de 65.000 hectares (QUEZEL, 1986).

En Tunisie, les forêts naturelles de pin d'Alep couvrent 170.000 hectares, occupant ainsi tous les étages bioclimatiques depuis la mer jusqu'à l'étage méditerranéen semi- aride (SOULERES, 1969 ; CHAKROUN, 1986).

En Europe, le pin d'Alep est surtout présent sur le littoral espagnol ou il couvre une superficie de 1.046.978 hectares en peuplements purs et 497.709 hectares en peuplements mixtes ou mélanges avec d'autres espèces (MONTERO, 2001).

En France avancement le chiffre de 202.000 hectares. Il existe aussi à l'état spontané (COUHERT et DUPLAT, 1993).

Mais d'une façon très restreinte en Turquie, en Albanie et en Yougoslavie et très peu au proche orient (Palestine, Jordanie, Syrie et Liban) (SEIGUE, 1985).

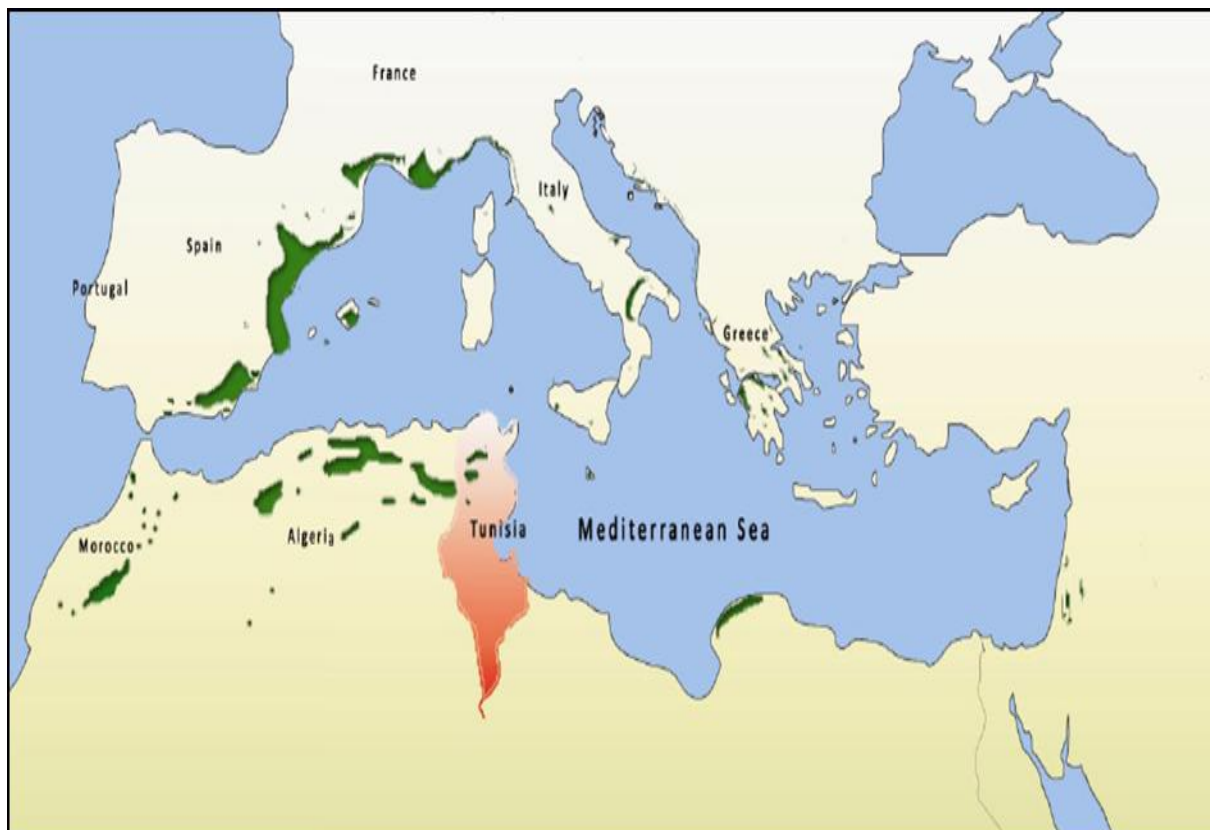


Fig. 03 : Aire de répartition du pin d'Alep dans le monde (SAAD, 2013).

➤ **En Algérie :**

Algérie, le pin d'Alep est très fréquent sur tous les massifs montagneux, du Tell littoral à l'Atlas Saharien, et s'il a souvent été fort maltraité par l'homme il en reste néanmoins de vastes peuplement en Oranais (régions de Bel Abbès, Saida, Ouarsenis), dans algérois (Médéa, Boghar, Monts de Bibans, Monts des Ouled Nail), et dans le Constantinois (Aurès, région de Tébessa surtout) (KADIK, 1983).

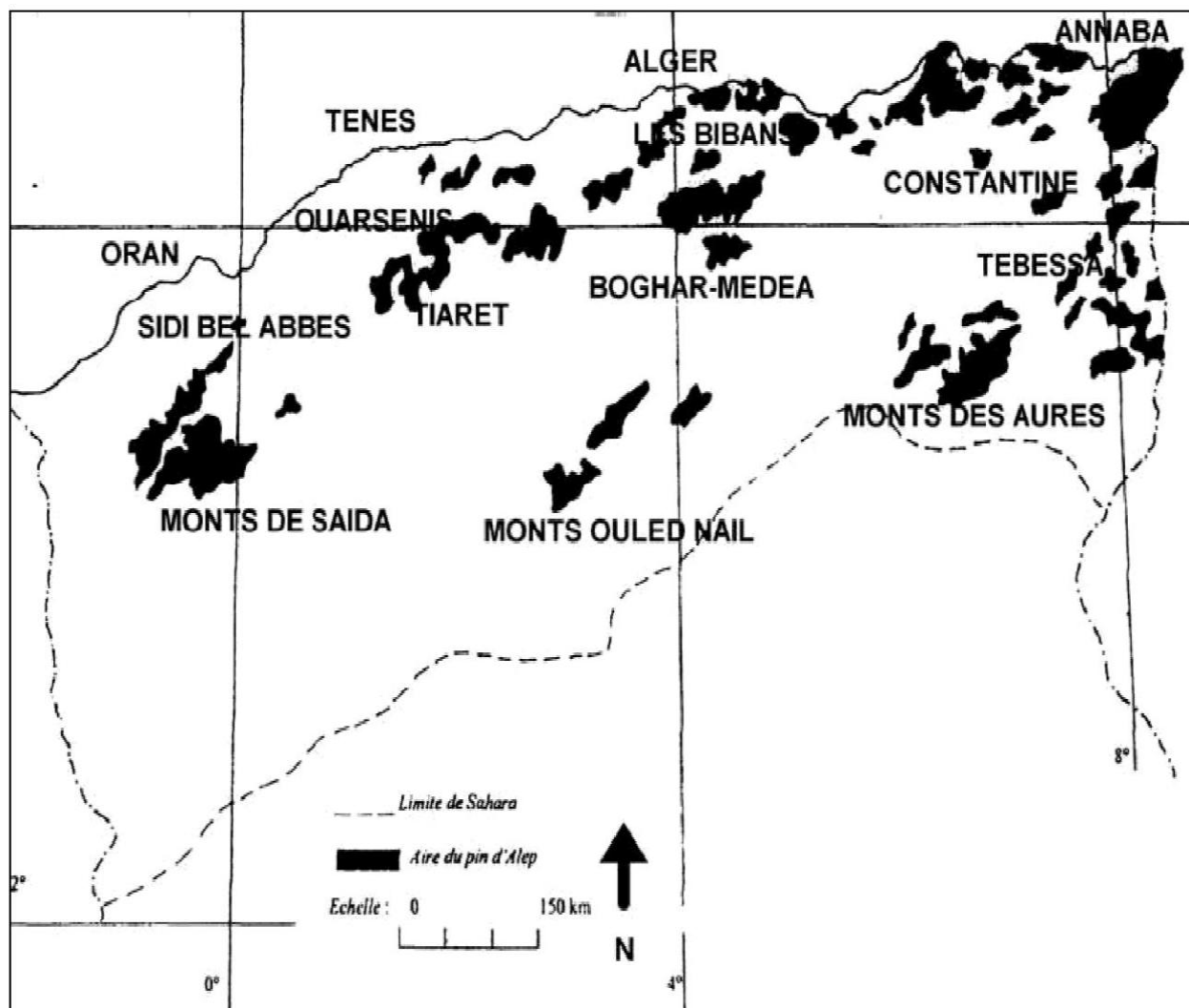


Fig.04 : Aire de répartition du Pin d'Alep en Algérie (KADIK, 1987)

4. Ecologie du pin d'Alep :

Les forêts de Pin d'Alep peuvent pousser sur tous les supports et presque tous les bioclimats de la région méditerranéenne. Ils peuvent être trouvés à des altitudes de 0 à 600 m dans le nord et de 0 à 1400 m dans le sud de la Méditerranée (thermo-et méso-méditerranéen). Localement, ils peuvent atteindre des altitudes plus élevées, par exemple, 2600 m pour *P. halepensis* dans le Haut Atlas du Maroc. À la limite supérieure de leur distribution, ils constituent souvent une étape de colonisation pré forestière ou font partie d'une forêt de Pins et de chênes (FADY et al, 2003).

P. halepensis est une espèce thermophile, tolérante à la sécheresse, en fait il est Probablement l'un des pins les plus tolérants aux températures et sécheresses élevées (MAGINI, 1955 ; SCARASCIA-MUGNOZZA, 1986).

Le développement optimal des forêts de *P. halepensis* a lieu à des précipitations annuelles de 350-700 mm, la moyenne des températures minimales est entre -2 et +10 ° C (bioclimats semi-arides et subhumides). Le pin d'Alep est l'une des premières espèces utilisées pour le reboisement dans des conditions sèches. Le programme le plus emblématique est sans doute la «ceinture verte» dans le sud de l'Algérie, où 100.000 hectares ont été plantés de pins d'Alep il y a plus de 20 ans. Cependant, l'utilisation extensive du pin d'Alep pour le reboisement dans les sols fortement dégradés en Méditerranée occidentale a été l'objet de vives critiques par les écologistes et les environnementalistes pour diverses raisons; l'espèce a été mise en cause pour l'augmentation du risque d'incendie, la réduction de la biodiversité et la diminution des ressources en eau (BELLOT et al. 2004 ; MAESTRE et al. 2003).

5. Plasticité écologique :

Le pin d'Alep est une des essences méditerranéennes qui offre une plasticité écologique, puisqu'il a réussi à coloniser tous les substrats et également présent dans la majorité des variantes bioclimatique méditerranéenne (QUEZEL, 1986).

Il pousse dans des zones où les précipitations annuelles sont comprises entre 200 et 1500 mm. La pluviométrie ne semble pas être un facteur déterminant de la répartition de l'espèce, même si c'est entre 350 et 700 mm de précipitation annuelle qu'elle présente son développement optimal (QUEZEL et al, 1987).

Cependant, même si le pin d'Alep est indifférent à la quantité des précipitations, il n'en reste pas moins, parmi les essences provençales, celle qui est la mieux adaptée à la sécheresse. Un des facteurs climatiques majeurs limitant l'expansion du pin d'Alep est la température. On le rencontre dans des gammes de températures moyennes annuelles allant de 11 à 19 °C, ce qui correspond à peu près à des moyennes des minima du mois le plus froid comprises entre -2 et +6 °C. Le pin d'Alep peut supporter des froids accidentels de -15 à -18 °C, à condition qu'ils restent exceptionnels et de courte durée (NAHAL, 1962).

En Provence calcaire, les températures fraîches (température moyenne annuelle < 11 °C) et les altitudes > 700 m sont défavorables à la croissance du pin d'Alep (BROCHIERO, 1997).

Le pin d'Alep pousse sur des substrats tels que la marne, le calcaire, les schistes ou les micaschistes ; on ne le trouve par contre pas sur les granites ou les gneiss. En fait, le pin d'Alep semble indifférent à la nature de la roche-mère, mais semble s'installer préférentiellement sur les substrats meubles ou friables (LOISEL, 1976).

On trouve également le pin d'Alep sur des sols très variés qui vont des lithosols (recolonisation d'éboulis pas exemple) aux sols évolués profonds (recolonisation de terrasses par exemple). Si la profondeur du sol est directement corrélée au niveau de production des peuplements, il n'existe par contre pas de relation entre cette profondeur et la présence ou l'absence de pin d'Alep (ABBAS *et al.* 1985a, b).

Les arbres qui se développent sur sol pauvre sont tout de même généralement chétifs et clairsemés (NAHAL, 1962).

Le pin d'Alep supporte beaucoup mieux que la plupart des autres essences provençales un taux élevé de calcaire actif (LOISEL, 1976).

Il tolère très mal les sols sablonneux, sans doute en raison de l'assèchement trop intense qu'ils subissent durant l'été. Il ne tolère pas non plus la présence de nappes aquifères permanentes qui provoquent l'asphyxie de son système racinaire (QUEZEL, 1986).

6. Ravageurs et maladies

➤ Les ravageurs

❖ **La chenille processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*)** Ponte et dégâts brin de paille (BERNARD, 2013).

❖ **La cicadelle des aiguilles des pins (*Haematoloma dorsata*)** causés par les adultes qui effectuent des piqûres alimentaires sur les aiguilles (BERNARD, 2013).

❖ **L'hylésine destructeur (*Tomicus destruens*)** Présence des pralines de résine sur les troncs (BERNARD, 2013).

➤ Les maladies

❖ **La maladie chancreuse du pin d'Alep (*Crumenulopsis sororia*)** Causé de zone déprimée en forme de bouton au niveau d'une cicatrice foliaire (BERNARD, 2013).

❖ **La tumeur bactérienne du pin d'Alep (*Corynebacterium halepensis*)** Excroissances globuleuses, situées latéralement sur les rameaux (BERNARD, 2013).

❖ **La rouille vésiculeuse des rameaux (*Cronartium flaccidum*)** Méplat, renflement fusiforme et chancre, avec écoulements de résine, sur les branches ou le tronc (BERNARD, 2013).

❖ **Deux champignons lignivores : le tramète des pins (*Phellinus pini*) et le polypore marginé (*Fomitopsis pinicola*)** La pourriture du bois dévalorise la tige (BERNARD, 2013).

7. Régénération chez le pin d'Alep

Pendant la saison humide, les graines de pin d'Alep germent rapidement et en masse. La mortalité est forte chez les jeunes semis, notamment au cours des deux premières années,

mais la grande production de semences et leur taux de germination élevé permettent de compenser ces pertes (NAHAL, 1962 ; ACHERAR et al, 1984).

Ces semis ont besoin de lumière, mais un léger couvert leur est plutôt favorable. Ils sont capables de s'installer sur la plupart des types de sol, mais un recouvrement important des herbacées leurs est très défavorable. La régénération sous pinèdes, même dense, ne pose aucun problème car l'éclairement reste suffisant. Affirme qu'en France le pin d'Alep ne se régénère que difficilement sous son propre couvert où il est le plus souvent remplacé par *Quercus ilex* ou *Quercus pubescens* (ACHERAR, 1981).

Le pin d'Alep n'a absolument pas besoin du feu pour se régénérer. Ce dernier possède toutefois une gamme d'adaptations qui lui permettent de se régénérer rapidement après un incendie (ACHERAR, 1981).

8. Usage du pin d'Alep

Le pin d'Alep a été largement utilisé en raison de son caractère rustique dans les opérations de reboisement en zone semi-aride et notamment au niveau du barrage vert Algérien avec un succès appréciable (QUEZEL, 2000).

Bien que riche en résine comme tous les conifères, le pin d'Alep donne environ 3 Kg de résine par arbre et par an (PARAJOANNON, 1954).

La gomme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80 % de colophane. On en tire une térébenthine dite "de Grèce" .les Romains l'utilisaient pour construire les trirèmes.

Le bois est blanc avec le cœur d'un roux clair, de médiocre qualité, il est utilisé pour des charpentes, des pilotis, des menuiseries grossières, à la fabrication de caisses et de tonneaux d'emballage : c'est un bon bois de chauffage.

9. Reproduction du pin d'Alep

Le pin d'Alep se reproduit en général vers l'âge de 8-12 ans (BOUDY, 1950 ; NAHAL, 1962).

Cependant la maturité sexuelle peut être plus précoce vers 4 ans (BELLEFONTAINE, 1979), et peut même se déclencher plus tôt à l'âge de deux ans, ce que nous avons observé dans une jeune plantation a Oued Laabid dans la région du Cap Bon - Tunisie sous bioclimat semi-aride et sur sol travaille mécaniquement (KHOUJA, 1993).

La maturité sexuelle est très variable dans le temps ; elle dépend des conditions du milieu, et semble surtout liée à la croissance de l'arbre : plus l'arbre est vigoureux plus l'aptitude à la fructification est précoce. Notons que des remarques similaires ont été faites par ILLY (1966) en ce qui concerne le pin maritime. Le pin d'Alep est une espèce monoïque ; les organes

sexuels mâles et femelles sont nettement séparés dans l'architecture de l'arbre (MARTINEZ, 1993).

Les inflorescences femelles (cônes) apparaissent en position terminale sur des pousses vigoureuses, alors que les inflorescences mâles (chatons) sont regroupées en un pseudo verticille généralement sur des rameaux inférieurs. Les chatons mâles tombent après l'émission de leur pollen au printemps, alors que les cônes femelles continuent à se développer après la fécondation (mars - avril), ne mûrissent qu'à la deuxième année et ne laissent échapper leurs graines qu'au cours de la troisième année. Quant à la pollinisation, elle est assurée essentiellement par le vent. Le pin d'Alep est une espèce diploïde qui compte 24 chromosomes (2n), comme c'est le cas pour la plupart des pins (MIRKO, 1991).

10. Sylviculture de pin d'Alep

Une hypothèse de modèle cultural ou de modèle de gestion des plantations avec finalité productive prévoit des éclaircies (à 12, à 19 et à 27 ans) et la coupe finale à 40 ans environ. Le modèle prévoit une densité finale de 400 plants par hectare et un produit total, en bonnes conditions de fertilité, de 430-450 m³ par hectare (ORAZIO, 1986).

L'intensité des éclaircies se diffère selon la densité de plantation et l'âge qu'on peut résumer dans le tableau suivant :

Tableau 01: Hypothèse de modèle de reboisement pour plantations de pin d'Alep, densité initiale 2222 et 1600 plants par hectare (ORAZIO, 1986).

| Age /an \ Densité | 12 | | 19 | | 27 | | 40 |
|-------------------|----|------|----|------|----|------|------|
| | % | N/ha | % | N/ha | | N/ha | N/ha |
| 1600 | 33 | 1600 | 40 | 1070 | 38 | 642 | 400 |
| 2222 | 50 | 2222 | 40 | 1111 | 40 | 667 | 400 |

Le pin d'Alep, essence de lumière, sera traité en futaie régulière. Ce traitement, rendant économiquement possible les éclaircies (volume de la coupe et prélèvement à l'hectare suffisants, homogénéité des produits), sera adopté de préférence. Dans les séries de protection, paysagère ou d'accueil du public, dans le cas où des motifs spécifiques le justifieraient, la futaie par parquets de 0,5 à 2 hectares pourrait être préférée (VENNETIER *et al*, 1999).

II. Généralité sur la croissance

1. Définition de croissance

La croissance de l'arbre s'effectue de manière concentrique, c'est à dire de l'extérieur vers l'intérieur. Elle est assurée par le cambium, fine couche de cellules primitives, située sous l'écorce. Dès sa première année de vie, l'arbre produit autour de sa moelle un anneau de cellules, appelé cerne de croissance. Cette anneau, constitué de cellules vivantes qui stocke la nourriture et transporte la sève, s'appelle le bois d'aubier ou bois vivant. L'année suivante, lors de la phase de croissance, les cellules se divisent et forment un nouvel anneau de bois d'aubier autour du précédent et ainsi de suite. Au bout de quelques années, le bois d'aubier le plus ancien meurt et devient le bois de cœur ou duramen (bois mort). A mesure que l'arbre grandit, le nombre de cernes correspondant au bois mort augmente alors que le nombre de cernes d'aubier reste à peu près constant. Chaque fois que l'arbre se développe, la couche externe ou écorce se fend et une nouvelle couche se constitue (JEAN, 2013).

2. Les types de croissance

➤ La croissance en hauteur

La croissance en hauteur est assurée d'abord par le bourgeon terminal qui coiffe l'axe principal, qui est le futur tronc, et qui permet la croissance d'une future pousse. Le long de la tige et à l'aisselle des feuilles, des bourgeons se développent et créent des pousses avec des feuilles. Ces dernières donneront à terme des branches. La hauteur de l'implantation des branches ne bougera pas par la suite ; De fait, un arbre pousse en hauteur jusqu'à son dépérissement ou à sa mort (BOTAFOR, 2011).

➤ La croissance en diamètre

La croissance en diamètre concerne la totalité de l'arbre, à tous les niveaux et pendant toute sa vie. Un arbre croît en diamètre à partir de son axe jusqu'à son dépérissement ou à sa mort. Les anneaux visibles sur le tronc d'un arbre coupé en travers, ou cernes, sont dus aux saisons. Chaque année est formée d'une zone claire suivie d'une zone plus foncée. Le décompte de ces zones permet donc de connaître avec une bonne précision l'âge d'un arbre à

l'endroit de sa coupe. C'est pour cela qu'il est d'usage courant de compter lesdits cernes d'un arbre sur la souche au moment de sa coupe pour vérifier son âge. La largeur des cernes est liée à la possibilité de l'arbre d'avoir de la place pour que ses feuilles puissent fonctionner efficacement, ce qui implique que les branches puissent se développer (BOTAFOR, 2011).

3. La croissance radiale

La croissance radiale commence chaque année lorsque les cellules du cambium se divisent puis s'élargissent pour former un cerne. La période de formation du cerne est plus ou moins longue et sa durée dépend de l'espèce, de sa situation géographique (latitude, altitude) et du climat. De façon générale, en climat tempéré, elle se déroule au printemps et en été (MICHELOT, 2011).

4. Les cernes

Le cerne est constitué de deux parties, plus ou moins distinguables suivant le type de bois. La première partie, qui est généralement formée au printemps, s'appelle le bois initial. La deuxième partie formée en été s'appelle le bois final (MICHELOT, 2011).

5. Définition du bois

Le bois est un tissu végétal. Il constitue la plus grande partie du tronc des plantes ligneuses. Il assure le rôle de conduction de la sève brute de la racine jusqu'à la feuille et le rôle de soutien mécanique de la plante. Il sert aussi parfois de tissu de réserve (BOTAFOR, 2011).

6. Structure du bois

Les principales parties d'un morceau du tronc d'un arbre sont, depuis l'extérieur jusqu'à l'intérieur, l'écorce, le phloème, le cambium, l'aubier et le bois de cœur (BOTAFOR, 2011).

➤ **Le liber** est la partie interne de l'écorce. C'est l'appareil conducteur de la sève élaborée (descendante) formée de glucose transformé en amidon. C'est pourquoi une blessure du liber (par ex. gravure au couteau de poche) peut freiner ou stopper la croissance de toute une partie de l'arbre (BOTAFOR, 2011).

➤ **Le cambium** est une partie vitale de l'arbre puisqu'il correspond à la zone où a lieu la production des couches de tissus cellulaires. Il y a une production de bois sur sa face interne et de liber (transformé par la suite en écorce) sur sa face externe (BOTAFOR, 2011).

➤ **L'aubier** fait partie des tissus vivants de l'arbre. C'est dans cette zone que circule de manière ascendante la sève brute. Ce bois est situé en périphérie de l'arbre. En se déplaçant

vers le centre de l'arbre, les parois cellulaires se transforment et les tissus meurent. C'est alors du bois parfait ou bois de cœur (BOTAFOR, 2011).

➤ **Bois de cœur** (ou le bois parfait ou duramen) est l'élément de soutien central de l'arbre. En revanche, il ne remplit plus de fonction conductrice des substances nutritives. Le centre du tronc, la moelle, peut, à partir d'un certain âge, être creuse (BOTAFOR, 2011).

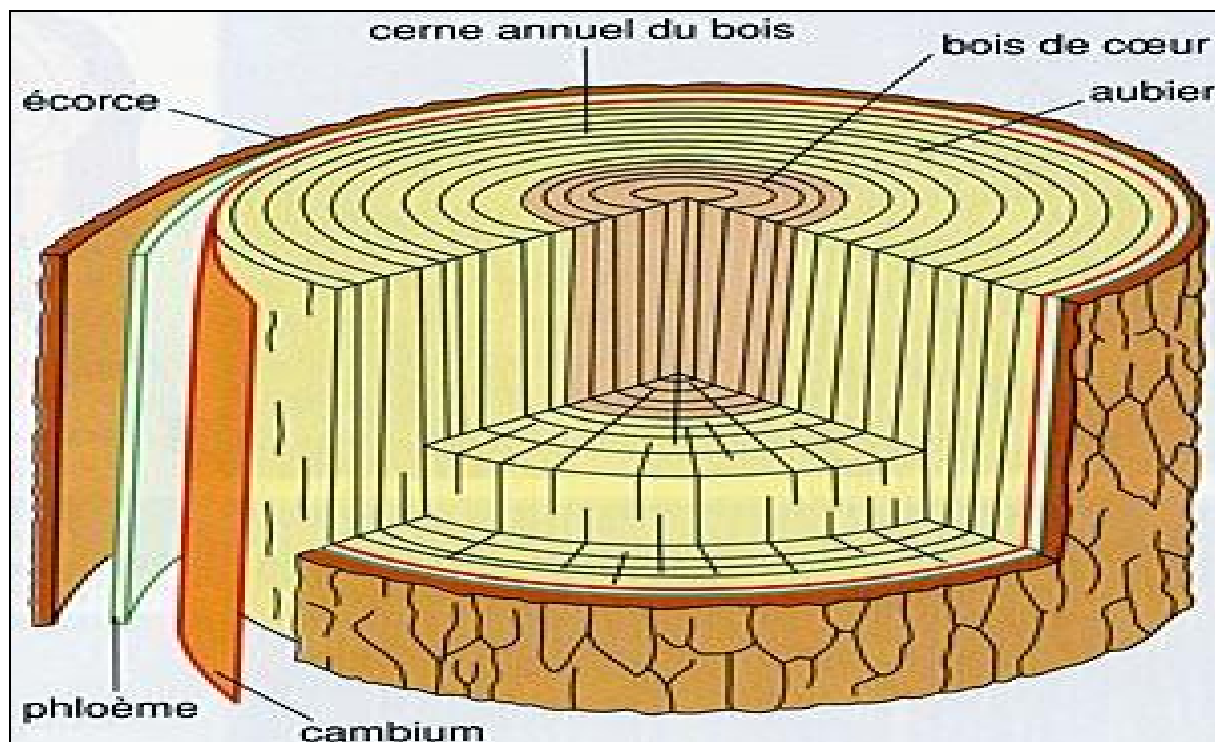


Fig.05 : Schéma de structure du bois (BOTAFOR, 2011).

7. Définition d'accroissement

L'accroissement est défini comme étant, la différence entre deux valeurs prises par une variable dendrométrique donnée à des âges déterminés (RONDEUX, 1993).

8. Les différents types d'accroissement

➤ **Accroissement en surface terrière**

Cette façon de quantifier la pousse des arbres est malheureusement sous-employée car on préfère la plupart du temps l'accroissement en volume, plus difficile à atteindre, mais plus « parlant » pour les forestiers. L'accroissement en surface terrière présente l'avantage d'être moins difficile à calculer dans certains cas et de ne pas être lié à la définition d'un volume donné (volume aménagement, volume bois fort, volume grume...) ou au choix d'un tarif de cubage. Il s'agit, pour atteindre cet accroissement, de connaître quelle a été l'évolution de la surface terrière pendant une durée donnée. Ainsi, on peut dire que l'on a eu une augmentation de 5 m²/ha sur un peuplement donné pendant 10 ans, soit 0,5 m²/ha/an (SYLVAIN, 1996).

➤ **Accroissement en diamètre ou en circonférence**

On peut également exprimer l'accroissement d'un peuplement en fonction de l'évolution du diamètre ou de la circonférence. Cela présente l'avantage d'être assez parlant, mais est souvent moins précis que les autres formes d'expression de l'accroissement. En effet, l'accroissement en diamètre ou en circonférence peut varier très fortement entre un gros bois et un petit bois et les moyennes calculées sur un peuplement recouvrent parfois une très forte hétérogénéité, On veillera donc à le réserver à des peuplements homogènes en ce qui concerne le diamètre (peupleraies, jeunes plantations...), même si son abord est facile dans le cadre de la vulgarisation (dire à un propriétaire que son peuplement a un accroissement moyen annuel en circonférence (AMAC) de 2,7 cm/an est assez parlant) (SYLVAIN, 1996).

➤ **Accroissement en nombre de tiges**

Les arbres ne sont en général inventoriés qu'à partir d'une certaine classe de diamètre (classe 20, voire classe 15). On n'a donc pas d'informations concernant les tiges plus petites. Il est donc intéressant de connaître le flux d'arbres devenant pré-comptables, c'est-à-dire les arbres qui grâce à leur croissance atteignent ou dépassent le diamètre de pré-comptage. On nomme ce flux le passage à la futaie. Il peut être exprimé en nombre de tiges (passage à la futaie en nombre) ou en volume (passage à la futaie en volume), voire en surface terrière (SYLVAIN, 1996).

Le passage à la futaie est très élevé dans un perchis car de nombreux arbres peuvent y dépasser le diamètre de pré-comptage. En revanche, il est très faible, voire nul dans une futaie âgée. Il est moyen dans une futaie jardinée (SYLVAIN, 1996).

Ce paramètre est intéressant à analyser à l'échelle d'une parcelle mais surtout à l'échelle d'une série. Il traduit, malheureusement avec un certain retard, la bonne ou mauvaise régénération du peuplement. En effet, plus il est élevé, plus la régénération a été forte (SYLVAIN, 1996).

➤ **L'accroissement en volume**

C'est l'accroissement le plus utilisé. Il résulte de la comparaison d'inventaire successifs en se basant sur les accroissements de divers composantes de volume ou sur l'équation de cubage (SYLVAIN, 1996).

9. les anomalies des cernes

➤ **Premiers cernes**

Les premiers cernes formés autour de la moelle ne présentent pas de limite nette. Ils ont souvent des caractères anormaux de bois juvénile, en particulier des pores plus petits, un tissu fibreux plus tendre, parfois un parenchyme très rare (ALAIN, 1969).

Leur largeur est extrêmement variable, le jeune arbre étant capable de s'accroître de 4 ou 5 cm en diamètre par an dans de bonnes conditions, comme de quelques millimètres s'il est gêné. Mais il semble que l'activité de cambium est plus contenue, moins bien rythmée qu'elle ne le sera sur l'arbre adulte, d'où l'absence d'une limite nette dans le bois marquant le niveau de repos de cambium et la présence de nombreuses apparences de limites représentant certainement des à-coups de croissance (ALAIN, 1969).

➤ **Faux-cernes**

Un faux-cerne ou plus exactement une fausse limite de cernes et un changement d'aspect du bois assez brusque à l'intérieur d'un cerne. Cela peut être une zone de type bois final, avec teinte sombre et parenchyme plus raide et plus serré, qui vient après un bois initial normal. Elle ne se termine pas brusquement par la ligne fine de parenchyme mais elle finit au contraire plus ou moins progressivement (ALAIN, 1969).

10. Les facteurs qui agissent sur la croissance radiale

➤ **Facteurs endogènes**

Parmi les facteurs endogènes on peut citer:

❖ **Patrimoine génétique de l'arbre** : c'est un facteur majeur déterminant la formation du cerne et sa largeur (VAGANOV *et al.* 2006), il inclue la phénologie, le temps d'ouverture des bourgeons, l'initiation d'activité de méristème dans les tiges.

❖ **L'âge** : ce facteur dépend le génotype et influence par les dynamiques de croissance saisonnières dans les plantes ligneuses. On admet généralement une relation négative de l'âge sur la croissance radiale (VAGANOV *et al.* 2006).

➤ **Facteurs exogènes (biotiques ou abiotiques)**

Parmi ces facteurs on trouve

❖ **Les facteurs physiques et géographiques**: la climatologie et le relief sont les plus importants. Le début de croissance des plantes ligneuses et sa durée est varié en fonction de l'altitude (VAGANOV *et al.* 2006) qui peut apparaître clairement dans les régions montagneuses.

❖ **Le relief** : il a une forte influence sur le régime thermique (VAGANOV *et al.* 2006) ; donc les pentes orientales et méridionales reçoivent plus d'énergie solaire que les pentes occidentales et nordiques, donc il résulte une différence dans la croissance saisonnière des plantes ligneuses.

❖ **Le sol** : influe sur la croissance radiale par sa température ; son régime hydrique ; sa composition (mécanique, chimique, texture ...) .et son contenu d'éléments minérales.

On note aussi l'effet de la fertilisation sur la croissance et la formation des cernes des arbres, comme le nitrogène qui accélère la croissance radiale (VAGANOV *et al*, 2006).

❖ Facteurs climatique

Les variations saisonnières des températures et la distribution intra – saisonnière des précipitations tous ces facteurs déterminant le processus de formation du cerne et sa largeur (FRITTS, 1976); les conditions climatiques influent directement sur le début de la division méristématique, le taux de croissance dans une saison et l'arrêt de la croissance (FRITTS, 1976).

II. Généralité sur la modélisation

1. Définition de modélisation

Un modèle se définit comme « ce qui sert d'objet d'imitation pour faire ou reproduire quelques chose » (PETIT ROBERT, 1989).

Un modèle est donc une forme de représentation de la réalité et dans les sciences qui traitent de la vie comme la biologie ou l'écologie, c'est une forme de représentation imparfaite et limitée par notre degré actuel de connaissances (RAULIER, 1997).

2 .Les types de modèle

➤ Modèle dynamique

Un modèle dynamique est formé par un ensemble de relations mathématiques, statistiques ou logiques qui représentent l'évolution d'un ensemble de variables descriptives du (des) peuplement(s) forestier(s) et/ou des arbres étudiés (HOULLIER *et al*, 1991).

➤ Modèle empirique

Un modèle est empirique quand il vise à rendre compte des phénomènes observés à partir d'expérimentations, de placettes permanentes ou de données d'inventaire, mais qu'il n'intègre pas explicitement de connaissances sur les mécanismes et les processus élémentaires de croissance qui génèrent ces phénomènes (HOULLIER *et al*, 1991).

3. Modélisation de la croissance

Nous parlerons seulement des modèles de croissance forestières. D'une façon générale, les modèles de croissances sont des utiles d'aide à la décision. Ils servent à simuler la croissance d'un objet élémentaire, qui peut être un certain type de forêt, un peuplement ou un arbre. Pour pouvoir les utiliser, il faut donc leur fournir des données de façon à caractériser l'objet élémentaire ainsi que les conditions dans les que elles il grandit. Le modèle fournit en sortie les mêmes caractéristique, mais projetées à la date voulue par l'utilisateur (RAULIER, 1997).

4. l'outil et intérêt de modélisation de la croissance

Dans le cadre de la croissance et de la planification forestière il existe trois échelles comme suit ; **Le peuplement, la forêt et la région**, puisque les objectifs changent d'une échelle à l'autre, les modèles utilisés seront aussi différents et les données nécessaires à leur utilisation le seront également (**RAULIER, 1997**).

A l'échelle de la région les modèles de la croissance servent au calcul de la possibilité annuelle de coupe (**BARETTE et al, 1996**) ou aident à l'actualisation d'un réseau d'inventaire (**UNG et al, 1997**).

A l'échelle de la forêt, ce sont des utiles stratégiques qui aident à définir les objectifs d'aménagement lors de l'élaboration du plan d'aménagement. L'exemple typique est celui de la table de production ou celle des taux d'accroissement du manuel d'aménagement forestier (**RAULIER, 1997**).

A l'échelle du peuplement par contre, les modèles de croissance sont des utiles tactiques et aident à définir les interventions sylvicoles pour exécuter localement les plans de la stratégie d'aménagement choisie (comment intervenir dans le peuplement pour aboutir aux objectifs ? à quelle fréquence ? etc...). Seuls les modèles tactiques sont abordés ici (**RAULIER et al, 1997**).

5. Les types de modèles de croissance

Il est possible de classer différemment les modèles de croissance (**VANCLAY, 1994**). Mais la distinction entre modèle de croissance stratégique et tactique (**DUPLAT, 1993**). Et importante d'un point de vue pratique, car elle conditionne la quantité d'une formation nécessaire pour pouvoir les utiliser.

➤ Les modèles stratégiques

Ce sont pour la plupart des modèles qui travaillent à l'échelle du peuplement. Ils reflètent le peuplement et la sylviculture moyenne au cours dans leur région d'application. Un bon exemple pour l'érable à sucre et celui des tables, Pour les érablières pures et équiennes (**CARPENTIER, 1995**).

➤ Les modèles tactiques

Son principe utilisé pour n'importe quel type de peuplement. Ce sont des modèles qui travaillent à l'échelle de l'arbre. Les modèles tactiques sont donc définis à une échelle plus fine et requièrent plus de données. Nous y reviendrons plus loin (**RAULIER et al, 1997**).

Chapitre 02 : Description de la zone d'étude

1. Historique

La commune de SIDI SLIMANE a pris le nom d'un Marabout résidait dans la zone depuis l'arrivée des Arabo-Musulmane ; La période (1945-1960) elle était une zone en belligérance sous l'arme de la libération nationale, ce qui a forcé les autorités coloniales de créer des troupes militaires dans le côté Ouest ; Elle était une agglomération secondaire de la commune de BORJ-BOUNAAMA depuis 1962 jusqu'à 1984, elle est devenue une commune issue du nouveau découpage territorial de la wilaya de TISSEMSSILT intervenue en 1984 ; La période (1984-2009) le chef-lieu de la commune a subi une poussée d'urbanisation importante (SELMANI, 2015).

2. Situation géographique

La commune de Sidi Slimane est située dans l'Ouarsenis, elle est distante de **64 km** de son chef-lieu de la wilaya et de **8 km** de son chef-lieu de daïra, elle est située géographiquement dans les coordonnées **35° 51' 36" NORD** et dans **1° 40' 52 " EST** (SELMANI, 2015).

Sidi Slimane est une commune de la wilaya de TISSEMSSILT et Daïra de BORJ BOUNAAMA, elle est limitée :

- Au Nord : par la commune de **BOUCAID**.
- Au Sud : par la commune de **BENI LAHCENE**.
- Au L'est : par la commune de **BENI CHAIB**.
- Au L'Ouest : par la commune de **BORJ BOUNAAMA**.

Dans sa consistance territoriale la commune compte :

Le chef-lieu de commune de Sidi Slimane

L'agglomération secondaire de KEDADRA

La zone éparse composée de plusieurs hameaux éparpillés à savoir : HATATZA, D'HAMNIA, M'HAINIA, STATOUA, KHNANCHA MOULYA, SAAID, etc.

Superficie : Elle s'étale sur une superficie de 635 km² (SELMANI, 2015).

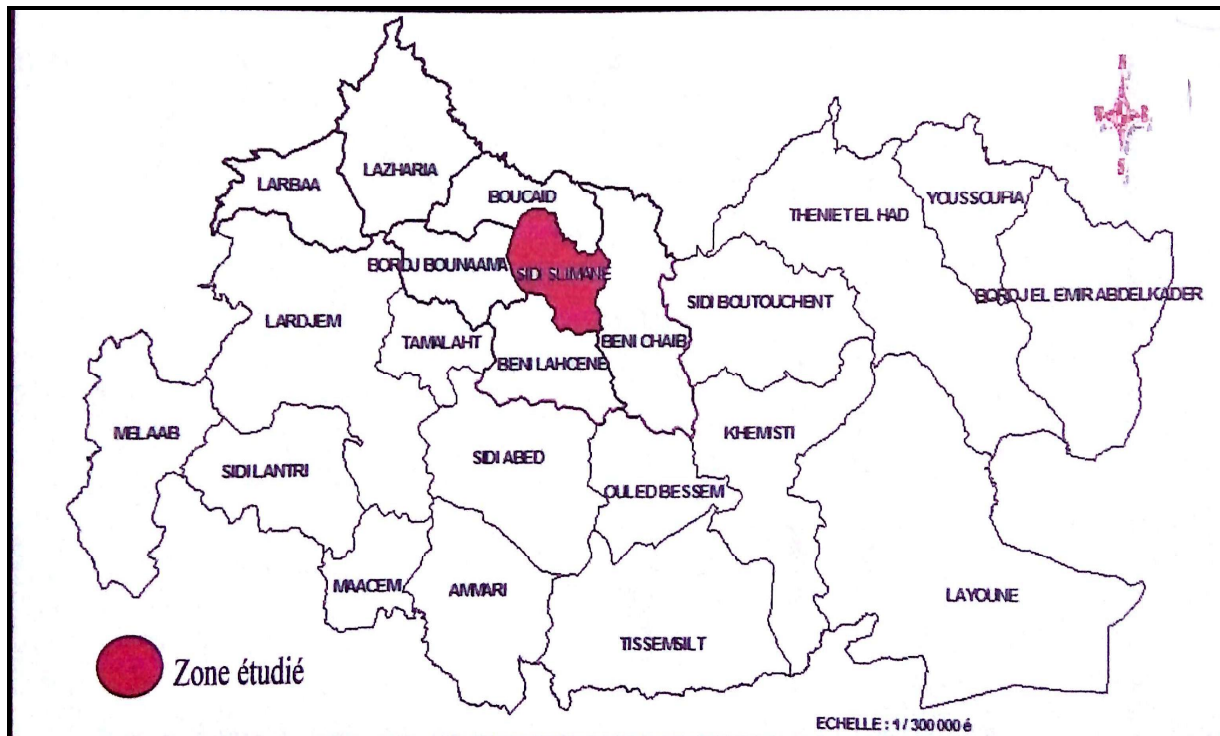


Fig.06 : Situation géographique de la commune de Sidi Slimane (SELMANI, 2015).

3. Situation forestiers

Les forêts dans la commune de SIDI SLIMANE occupent une superficie totale de 1800ha soit 15,31% du territoire communal, la forêt de SIDI SLIMANE (FRIHA) avec ses beaux paysages donne une vocation touristique par excellence à la commune surtout avec la présence du parc naturel protégé de BOUCAID qui a une continuité naturelle avec SIDI SLIMANE (Ain Antar avec une superficie de 500 hectare) (SELMANI, 2015).

4. Equipement et infrastructure

➤ Infrastructure de communication

La commune de Sidi Slimane est traversée par deux chemins de wilaya qui sont le CW5 reliant la daïra de B.B à la commune de BENI CHAIB et le CW25 avec la wilaya d'AIN DEFLA, On peut citer aussi le CW6 qui passe à côté des communes Sidi Slimane, BORJ BOUNAAMA, et BENI LAHCEN. la longueur de ce réseau est estimée à presque de 14.50 km. A cela s'ajoute un réseau important de chemins communaux estimés à 40.30km (SELMANI, 2015).

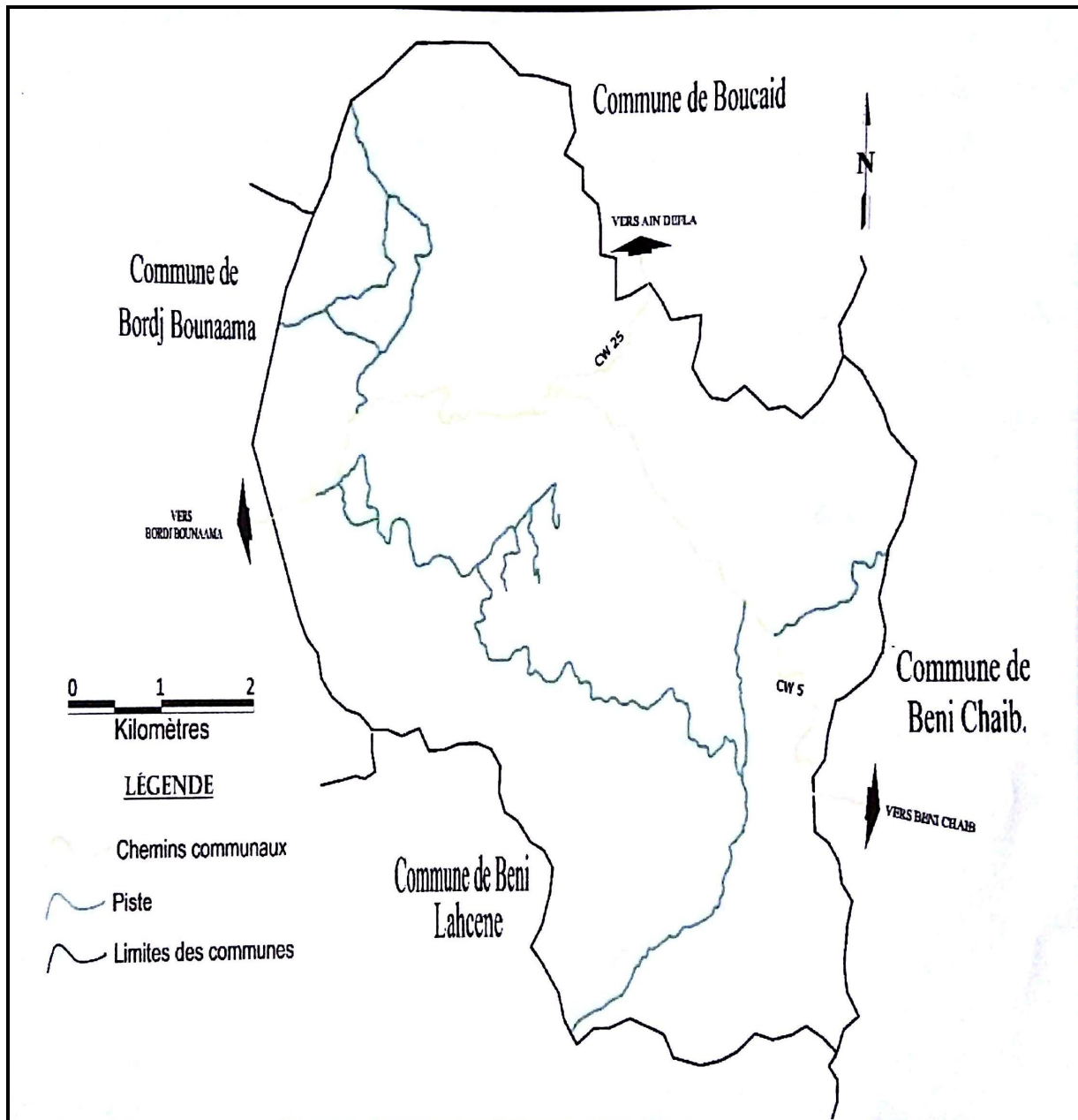


Fig. 07 : Répartition des infrastructures routières

➤ **Les infrastructures hydrauliques**

L'agglomération chef-lieu de commune dispose d'un réseau d'alimentation en eau potable de diamètre variable Ø40, Ø63, en acier galvanisé et Ø90, Ø110 et Ø200, en PEHD et une partie en PVC qui nécessite une rénovation. Cette dernière est localisée beaucoup plus dans l'ancien noyau (SELMANI, 2015).

Les ressources hydriques disponibles pour la commune de S.S viennent essentiellement de barrage du KOUDIET ROSFA, qui se trouve entre les deux communes de

Sidi Slimane et BENI CHAIB, avec une capacité de **75 millions de m³** ; et actuellement avec une réserve de **44 millions m³** (SELMANI, 2015).

En matière de stockage l'agglomération Chef-lieu de S.S dispose actuellement d'un réservoir **2X250 m³**, et une bâche à eau d'une capacité de **140 m³** ; ces derniers reçoivent l'eau à partir du barrage de **KOUIDET EL ROSFA** plus de **600 m³/j** pour assurer la distribution vers les habitations. Il est noté aussi que l'agglomération chef-lieu dispose d'un troisième réservoir réalisé mais non fonctionnel d'une capacité de **1000m³**lui manque uniquement le raccordement, Cependant une étude approfondie d'un schéma directeur du réseau d'alimentation en eau potable est en cours (SELMANI, 2015).

Il est signalé que l'agglomération secondaire de KEDADRA est dépourvue en matière du réseau d'AEP. Elle est alimentée par trois (3) bonnes fontaines reçoit l'eau à partir de deux (2) puits d'un débit de 1.51/s et une bâche à eau de 30 m³ (SELMANI, 2015).

➤ Réseau d'assainissement

L'agglomération chef- lieu de la commune de Sidi Slimane possède un réseau d'assainissement de type unitaire. Les différents diamètres posés du réseau secondaire sont **Ø300, Ø400 et Ø500**. Le collecteur principal est de diamètre **Ø500** en PVC (SELMANI, 2015).

Les eaux usées que les eaux pluviales de l'agglomération chef-lieu de commune de Sidi Slimane sont drainés par un réseau unitaire vers un seul exutoire (rejet) pour se déverser en fin en parcours dans l'OUED HAMMAM de diamètre **Ø500** ; Néanmoins toutes les eaux usées seront dirigées vers la futur station d'épuration programmée précisément à une distance de 3km du chef-lieu ;qui jouera un rôle prépondérant dans la conservation et la protection de l'environnement contre toute pollution éventuelle. Cependant une étude approfondie d'un schéma directeur récent du réseau d'assainissement à long terme conformément aux règles de l'art s'avère impérativement nécessaire pour la ville (SELMANI, 2015).

Il est à signaler que l'agglomération secondaire de KEDADRA est dépourvue en matière du réseau d'assainissement nous notons seulement l'existence d'une conduite qui sert à évacuer les eaux usées provenant de l'école primaire existante et le siège de l'annexe APC. Il est à noter que l'agglomération de disposé d'un projet de réalisation du réseau d'assainissement qui est en cours de lancement (SELMANI, 2015).

➤ **Réseau gaz**

Le réseau de gaz traverse le territoire de la commune de Sidi Slimane qui est actuellement en cours de réalisation achevé à 90% et pour les moments les travaux sont gelés est équipé et d'un poste de détente de diamètre Ø200 longent le CW5 arrivant à la piscine, puis Ya le redimensionnement du diamètre Ø125 arrivant à la voie menant vers le nouveau HAMMAM ou le diamètre est de Ø40 ; le chef-lieu est doté d'un réseau de distribution du gaz dont les travaux de finition et le branchement sont en cours, par contre, l'agglomération de KEDADRA, un tel réseau est en réalisation (SELMANI, 2015).

➤ **Réseau transport**

Le transport de voyageurs est assurée par le transport collectifs ; les liaisons les plus fréquentes sont les liaisons inter urbain qu'il alors Ya 16 licences de taxi attribuées qui ne sont pas exploitées (SELMANI, 2015).

➤ **Poste et télécommunication**

La commune de Sidi Slimane est dotée d'une agence postale localisée dans le chef-lieu. Aucune annexe n'est enregistrée à travers l'espace rural (SELMANI, 2015).

5. Caractéristique physique

➤ **Les reliefs (Topographie)**

La diversité du relief et des aspects régionaux provient en grande partie de la nature des roches. Le relief de sidi Slimane reste dans l'ensemble très accidenté et montagneux. Il offre un paysage de vallée profonde et de crêtes avec des replats de ce fait on a pu ressortir les différentes pentes qui sont dans notre préentrée d'étude et qui varie entre 0-5%, et 10-15%.

Au niveau de Sidi Slimane on peut rencontrer, trois catégories de terrain (SELMANI, 2015).

❖ **Terrain favorables**

Ce sont des terrains à bonne portance ayant une assise solide. La fondation dont la dynamique des sols n'est pas très importante. Le ruissellement, de ces zones et sans danger pour les constructions (SELMANI, 2015).

❖ **Terrains moyennement favorables**

Ceux sont généralement, les terrains situés en pente assez forte qui peut provoquer un ruissellement assez fort. (SELMANI, 2015)

❖ Terrains défavorables

Ce sont des zones inondables situées à la rencontre de plusieurs afférent.

- Les terrains proches des rives de l'oued.
- Les terrains en pente dépassant 15% en terrains argileux ou le ruissellement des eaux présente une intensité d'une part et une infiltration, d'autre part (SELMANI, 2015).

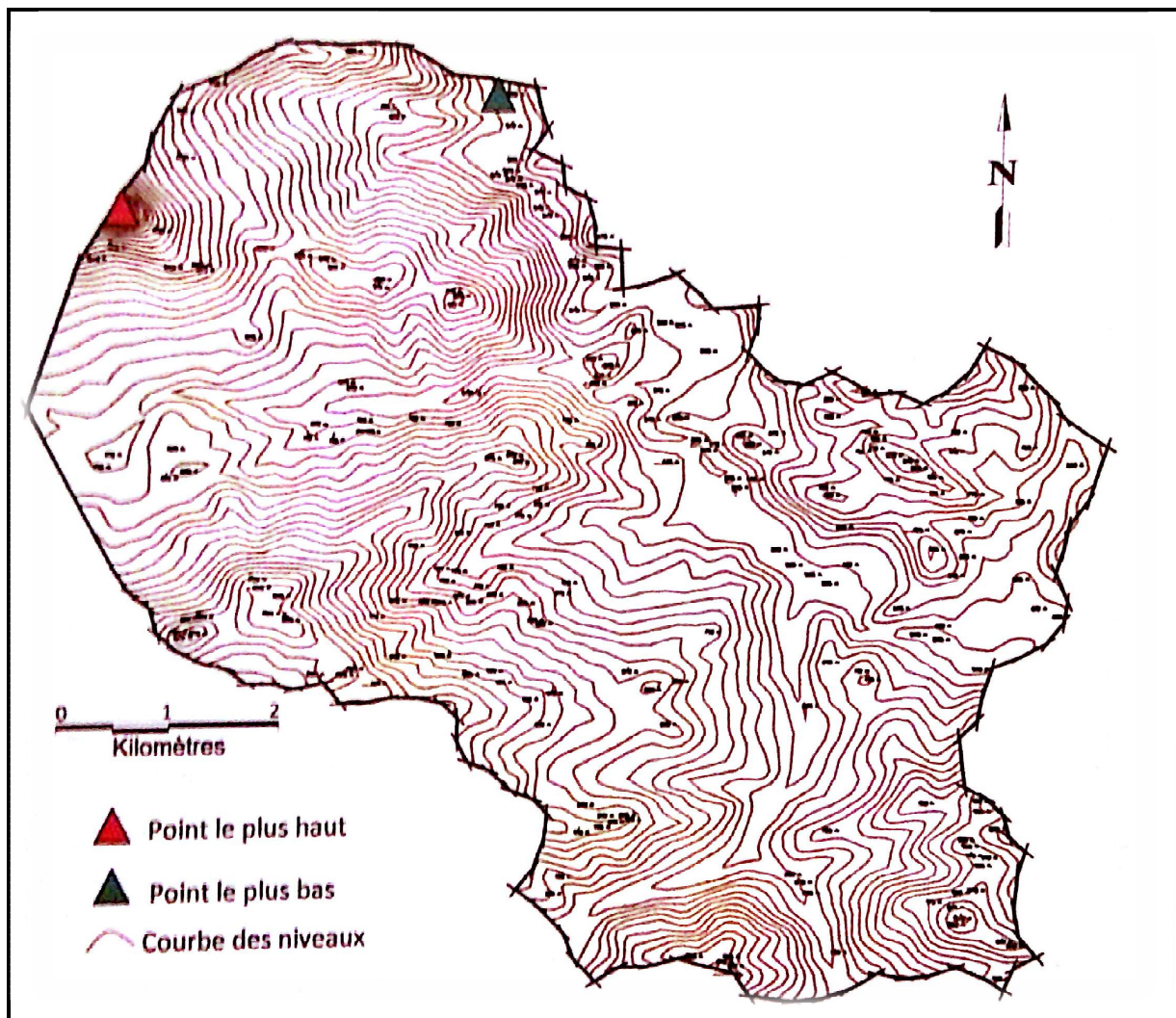


Fig.08 : relief de la commune de Sidi Slimane (SELMANI, 2015)

➤ Géologie

Dans la région de hammam de sidi Slimane un bombement anticline permet une remontée des terrains calcaires jurassiques qui doivent se situer au niveau de la station

thermale à une profondeur relativement faibles. Ces affleurant sont sur le pourtour et nord-ouest du bassin, ils sont particulièrement créés par les actions tectoniques. Le trait est partout présent. Il doit abonner à la base des terrains jurassique. La proximité immédiate de la base du secondaire implique la présence cristallophyllienne (SELMANI, 2015).

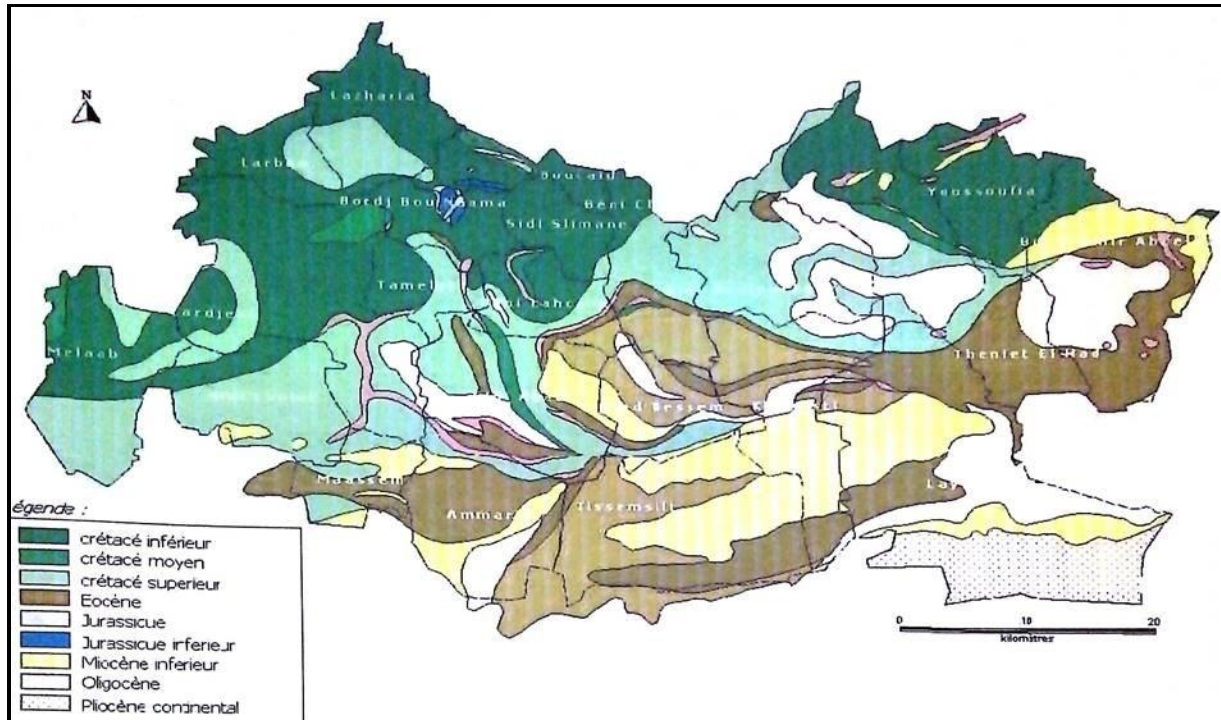


Fig.09: Géologie de la wilaya de TISSEMSSILT (SELMANI, 2015).

➤ Hydrologie

La commune se Sidi Slimane est traversée par oued Hammam, OUED OU OUAHBE EL LLILE affluent gauche de l'oued EL FADDA, sa longueur dans la direction nord-ouest et sud-est de 1KM. Ouest à vallée étroite, encaissée, profonde, et très encaissée, sa pente est très forte. Les différents oueds et les différentes CHABETES (TEGOU FREIHA, HAMMA, BOULEFRED, SRA LEBIADH) dans la commune de SIDI-SLIMANE sont les plus souvent sec en période d'été, alors qu'en hiver, les fortes pentes du relief favorisent les torrents. Des effets très néfastes des érosions sont enregistrés dans la région causés par l'amincissement continu des forêts et le manque parfois et l'absence d'autre fois opérations de reboisement sur les poches soumises à des érosions. La commune se situe dans le bassin versant de oued Tamale est caractérisé par deux sous bassin versant (FODDA et ROUINA ZEDDINA).

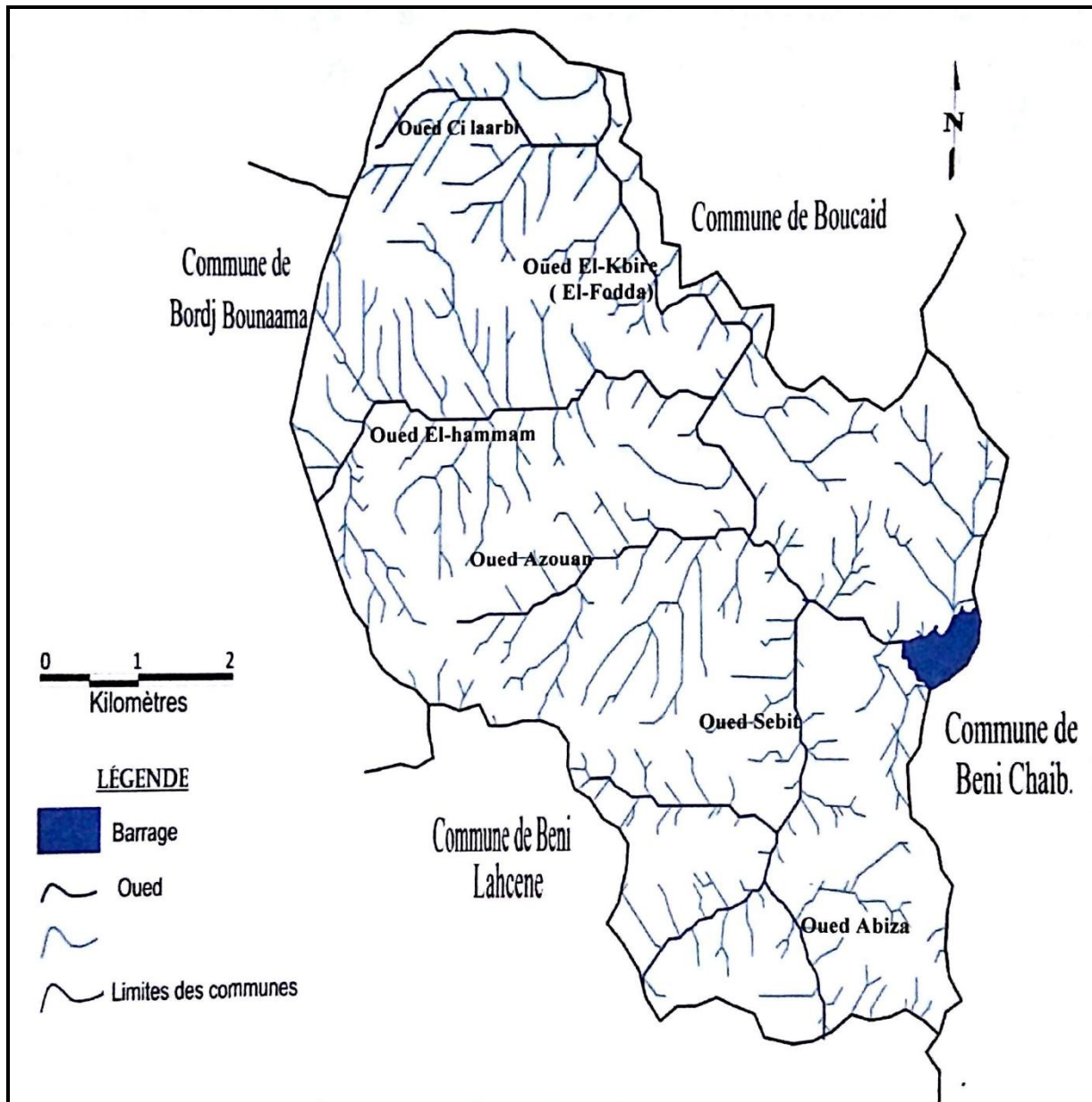


Fig.10 : Hydrologie de la commune de Sidi Slimane (SELMANI, 2015).

➤ **Les eaux superficielles**

❖ **Barrage de KOUDIET EL ROSFA**

Situé dans la commune de Sidi Slimane (Daïra de bordj Bou Naama), le barrage de KODIET EL ROSFA (alimenté par l'oued FODDA) d'une capacité de 75.000.000 m, doit desservir 14 localités (en eau potable et d'irrigation). De construction récente et venant à peine d'avoir sa mise à l'eau, ce barrage est situé dans un endroit paradisiaque en contrebas de KODIET EL ROSFA ou le chemin wilaya à partir duquel, une vue plongeante permet

d'apercevoir l'ensemble du plan d'eau et des paysages magnifiques qu'ils l'entourent (SELMANI, 2015).

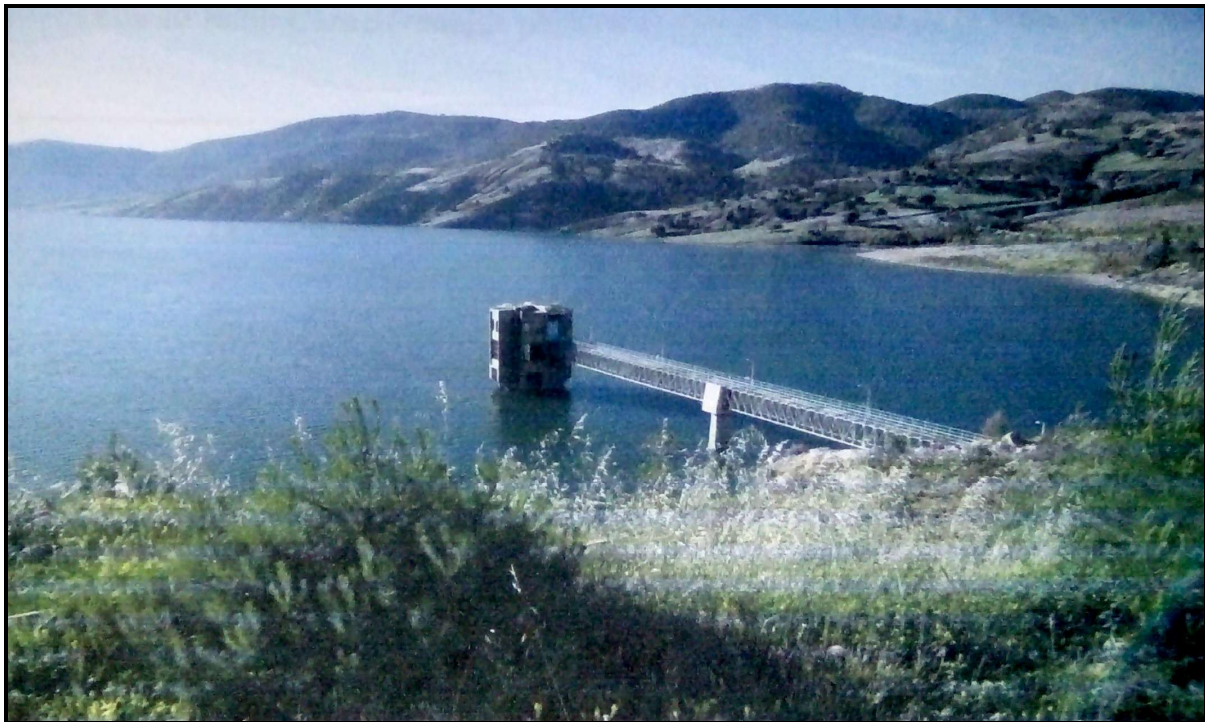


Fig.11 : Barrage de KOUDIET el ROSFA (SELMANI, 2015).

➤ **Les eaux souterraines**

❖ **Les sources thermales de hammam Sidi Slimane**

Hammam SIDI SLIMANE se trouve dans la partie centrale du pittoresque massif de l'Ouarsenis. Elle est caractérisée par son unité physique remarquable enclavée entre un ensemble de montagnes et de chaînons présentant les traits d'une région étroite et la plus encaissée de la vallée de l'oued EL Hammam, enserrée entre deux falaises quasi verticales, Ce cadre constitue une attraction naturelle importante du fait de la grande beauté du paysage, un somptueux décor érodé. Du fait de ces ressources paysagistes d'une grandeur sauvage (SELMANI, 2015).

La station thermale de Sidi Slimane est exploitée depuis 1910, avec ses eaux riches en composants minéraux et d'une température de 42°. La zone de Hammam Sidi Slimane dispose d'un grand nombre de sources situées au fond du lit de l'oued ou sur les parois des falaises qui le bordent à une altitude moyenne de 750m. Signalons que huit sources seulement sont captées dont sept avec débit de 6 l/s sont utilisées par l'établissement communal des bains et une source par l'établissement privé des bains (SELMANI, 2015).

Les sources thermales du Hammam Sidi Slimane sont actuellement exploitées par L'APC de Sidi Slimane (07 sources) et le concessionnaire privé (01 sources) de type modeste offrant la prestation de <<bain thermal>> aux divers curistes locaux ou venant des wilayas limitrophes notamment les weekends end, les vacances scolaire.(SELMANI,2015).



Fig.12 : Source thermale de Hammam Sidi Slimane (SELMANI, 2015).

6. Dynamique de la population

➤ Evolution rétrospective de la population

Tab.02 : Evolution et dispersion de la commune de SIDI SLIMANE (1998-2008) (SELMANI, 2015).

| R.G.P.H | Chef-lieu | KEDADRA | Zone .Eparse | Commune |
|----------------|-----------|---------|--------------|---------|
| 1998 | 1581 | | 5687 | 7328 |
| 2008 | 2360 | 715 | 5384 | 8459 |
| T.A .G98-2008 | 5,03% | | -0,62% | 1,45% |
| T.urb 87 | 21,75% | | 78,24% | 100 |
| T.urb 98 | 29,91% | 8,27 | 61,81% | 100 |
| Evolution98-08 | 1003 | 715 | -303 | 1133 |

A l'issue des deux derniers recensements 1998-2008 le taux d'accroissement global enregistré durant la période intercensitaire est de 2,21 % presque égal à la moyenne nationale qui est de 1,17%. La population de la commune comptait 7328 habitants en 1998 pour passer à 8459 habitants au cinquième R.GP.H 2008 ;soit une population additive de 1133 personnes au moment où on assiste à une évolution remarquable de la population au profil de

l'agglomération chef-lieu d'où le taux d'accroissement enregistré est de 5,03% justifier par un renversement quantitatif et qualitatif de la population au niveau de l'agglomération chef-lieu due à la décennie noire qui bouleversé de la devenir démographique et fragilisé davantage le milieu rural et malgré la stabilisation de la situation sécuritaire le retour vers les zones rurales devient imaginaire car le mode de vie urbain et juré plus satisfaisant que le mode de vie rural (SELMANI, 2015).

Concernant la zone éparsé comme nous l'avons déjà signalé on assiste à une régression de sa population ; elle était de 5687 habitants en 1998 pour passer à 5384 en 2008 ; soit une régression de 303 personnes ; cette baisse est justifier (SELMANI, 2015).

❖ D'une part l'apparition de la nouvelle agglomération KEDADRA avec une population enregistrée en 2008 de l'ordre de 715 habitants (SELMANI, 2015).

❖ Et d'autre part par la décennie noire qui a renversé le devenir démographique au niveau des centres ruraux. Le taux d'urbanisation a évolué passant de 21% en 1998 à 29% en 2008 (SELMANI, 2015).

➤ Solde migratoire

L'exorde rural, est un processus hérité du système colonial, il constitue l'élément moteur de la Croissance urbaine qui a entraîné des bouleversements dans le mode de vie des habitants et un déséquilibre croissant entre la ville et la campagne du à la dégradation des structures sociales et économiques du monde rural. En absence de données récentes sur la mobilité géographique de la population, on s'est contenté des données exhaustives issues du dernier recensement général de la population et de l'habitant, à savoir le RGPH de 2008 et celui du mouvement naturel à savoir Naissance et décès. Le solde migration enregistré est de l'ordre de 0.97% en 2008, ce pourcentage nous permet d'affirmer que la commune continue de perdre sa population d'une part et d'autre parts, Vent dire qu'il y a eu autant de sorties vers les communes de la wilaya d'appartenance (TISSEMSSILT), particulièrement le chef-lieu de wilaya que d'entrées dans le territoire communal de SIDI SLIMANE. Cet exode se justifie par la dégradation de l'offre de l'emploi dans les lieux d'origine et surtout par l'insécurité qui a servi ces dernières années. (SELMANI, 2015).

➤ Répartition de la population par tranche d'Age

La structure de la population par sexe et par âge nous permet de savoir les composantes a de celle-ci telle que la population scolarisable, active et inactive. Elle nous

permet aussi de connaître de poids démographique d'un groupe d'âge par rapport à autre plus précisément l'état de rajeunissement et de vieillissement de la population (SELMANI, 2015).

➤ Répartition quinquennale de la population de la commune de SIDI SLIMANE

RGPH 1998

RGPH 2008

Tab.03 : Répartition de population par tranches d'âges des années 1998 (SELMANI, 2015).

Tab.04 : répartition de population par tranches d'âges des années 2008 (SELMANI, 2015).

| Groupe D'âge | Masculin | Féminin | Total |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 0-4 Ans | 443 | 447 | 890 |
| 5-9 ans | 615 | 590 | 1205 |
| 10-14ans | 556 | 494 | 1050 |
| 15-19ans | 477 | 388 | 865 |
| 20-24ans | 354 | 343 | 697 |
| 25-29ans | 271 | 258 | 529 |
| 30-34ans | 201 | 224 | 425 |
| 35-39ans | 147 | 116 | 263 |
| 40-44ans | 138 | 151 | 289 |
| 45-49ans | 137 | 112 | 249 |
| 50-54ans | 94 | 85 | 179 |
| 55-59ans | 79 | 87 | 166 |
| 60-64ans | 81 | 73 | 154 |
| 65-69ans | 69 | 54 | 123 |
| 70-74ans | 52 | 34 | 86 |
| 75-79ans | 28 | 17 | 45 |
| 80ans et + | 25 | 28 | 53 |
| Total | 3767 | 3501 | 7268 |

| Groupe D'âge | Masculin | Féminin | Total |
|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 0-4ans | 526 | 531 | 1058 |
| 5-9ans | 731 | 701 | 1432 |
| 10-14ans | 661 | 587 | 1248 |
| 15-19ans | 567 | 461 | 1028 |
| 20-24ans | 421 | 408 | 828 |
| 25-29ans | 322 | 307 | 629 |
| 30-34ans | 239 | 266 | 505 |
| 35-39ans | 175 | 138 | 313 |
| 40-44ans | 164 | 179 | 343 |
| 45-49ans | 163 | 133 | 296 |
| 50-54ans | 112 | 101 | 213 |
| 55-59ans | 94 | 103 | 197 |
| 60-64ans | 96 | 87 | 183 |
| 65-69ans | 82 | 64 | 146 |
| 70-74ans | 62 | 40 | 102 |
| 75-79ans | 33 | 21 | 54 |
| 80ans et + | 31 | 34 | 65 |
| Total | 4478 | 4162 | 8639 |

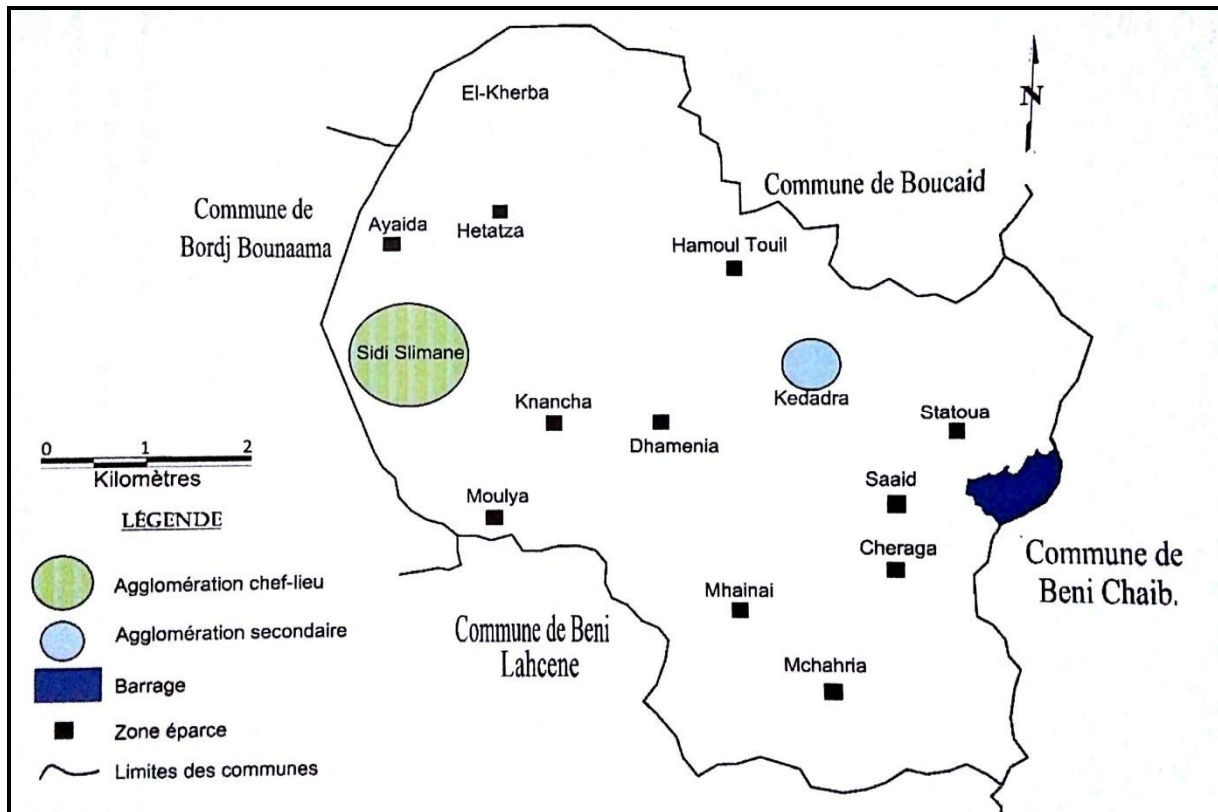


Fig.13 : Répartition de la population (SELMANI, 2015)

7. Situation de l'emploi dans la région

En juin 1998, date de quatrième recensement de la population, le nombre d'actifs s'élevait à 1672 dont 625 avaient un emploi ; soit 37% de l'ensemble, et 1047 étaient classés comme chômeurs ; soit 62% de la population active (SELMANI, 2015).

8. Les caractéristiques Climatiques

A Sidi Slimane, les précipitations sont plus importantes en hiver qu'en été. Sidi Slimane affiche une température annuelle moyenne de 19.0 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 472 mm (WEB MASTER 1).

➤ Précipitation

Tab.05 : Valeurs pluviométriques mensuelles corrigées au niveau de la zone d'étude durant la période 1982_2012 (WEB MASTER 1).

| Mois | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Ma. | Jui. | Juil. | Aou. | Sep. | Oct. | Nov. | D |
|--------|------|------|------|------|-----|------|-------|------|------|------|------|----|
| P (mm) | 67 | 57 | 57 | 46 | 28 | 7 | 0 | 1 | 9 | 44 | 73 | 85 |

Avec 0 mm, le mois de Juillet est le plus sec. Avec une moyenne de 85 mm, c'est le mois de Décembre qui enregistre le plus haut taux de précipitations.

➤ Température

Tab.06 : Valeurs de température corrigées au niveau de la zone d'étude durant la période 1982_2012 (WEB MASTER 1).

| Mois | Jan. | Fév. | Mar. | Avr. | Ma. | Jui. | Juil. | Aou. | Sep. | Oct. | Nov. | Déc. |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| T moy. (C°) | 11.6 | 12.8 | 15.3 | 17.4 | 19.8 | 23.6 | 26.2 | 26.9 | 24.6 | 20.7 | 16.1 | 12.6 |
| T max. (C°) | 16.4 | 18.2 | 20.9 | 23.1 | 26.4 | 30.3 | 33.9 | 34.6 | 31.5 | 26.9 | 21.4 | 17.5 |
| T min. (C°) | 6.9 | 7.5 | 9.7 | 11.7 | 13.3 | 16.9 | 18.5 | 19.3 | 17.7 | 14.6 | 10.8 | 7.7 |

Avec une température moyenne de 26.9 °C, le mois de Aout est le plus chaud l'année.

Avec une température moyenne de 11.6 °C, le mois de Janvier est le plus froid de l'année. La variation précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 85 mm Sur l'année, la température varie 15.3 °C.

9. Synthèse climatique

➤ Diagramme ombrothermique de BANGOULS et GAUSSEN (1953)

D'après l'indice de **BANGOULS ET GAUSSEN**, un mois est considéré comme sec lorsque la totalité des précipitations mensuelles est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle de ce même mois moyen soit: $P \text{ (mm)} < 2T \text{ (c°)}$

- **P** : précipitation moyenne mensuelle
- **T** : température moyenne mensuelle

Cet indice s'applique surtout aux climats qui comportent une saison sèche assez accusée en considérant que celle-ci représente un facteur écologique défavorable à la végétation. Le diagramme Ombrothermique de BANGOULS et GAUSSEN de la région de SIDI SLIMANE est présenté dans la figure suivante.

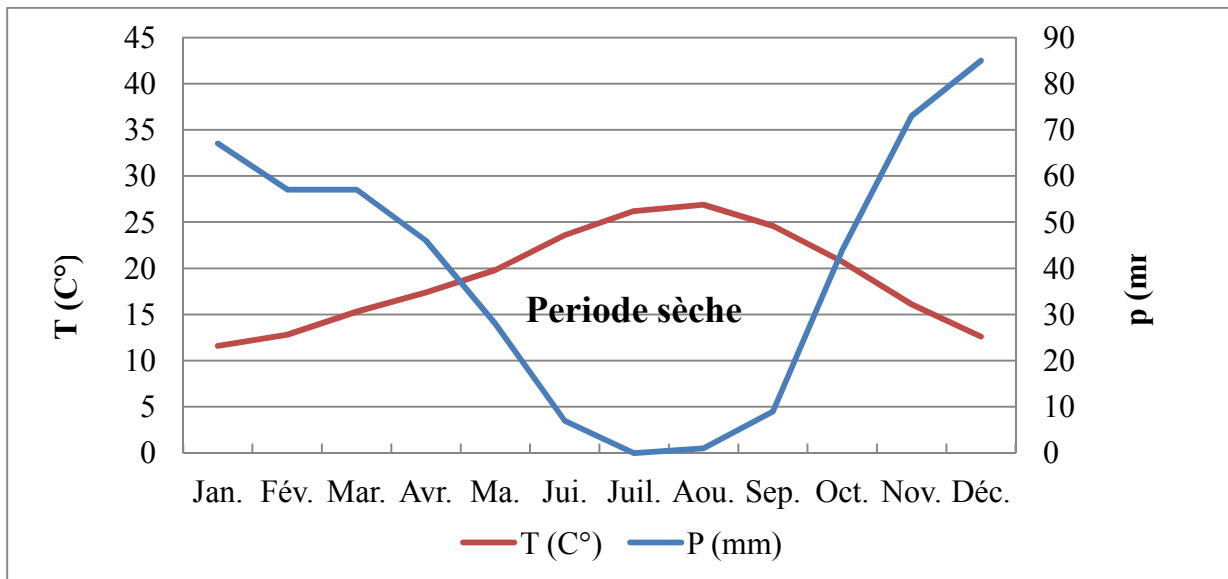


Fig.14 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN du SIDI SLIMANE

➤ Climagramme d'EMBERGER

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique auquel est soumise une station donnée (EMBERGER, 1955).

La formule proposée est d'une expression: $Q_2 = 2000 * P / M^2 - m^2$

- **P** = précipitation moyenne annuelle en mm
- **M** = température moyenne maximal en kelvin ($C^\circ + 273,15$) du mois le plus chaud.
- **m** = température moyenne minimale en kelvin ($C^\circ + 273,15$) du mois le plus froid.
- **Q_2** = le quotient pluviométrique d'EMBERGER.

Le quotient pluviométrique de la commune de SIDI SLIMANE est **57.97**.

Cette valeur rapportée sur le climagramme, montre que la ville de Sidi Slimane est soumise à l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver doux.

Partie expérimentale

Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

1. Echantillonnage

L'échantillonnage ou inventaire forestier est une activité organisée et méthodique de collecte de données sur des caractéristiques d'intérêt d'une partie, ou de la totalité des unités d'une population à l'aide de concepts, de méthodes et de procédures bien définies (DAVID, 2008).

2. Types d'échantillonnage

➤ L'échantillonnage aléatoire

Chaque élément de cet échantillon a la même probabilité d'être choisi que tous les autres éléments de la population visée définis (DAVID, 2008).

➤ L'échantillonnage par grappes

Il s'agit de subdiviser une population homogène en grappe (sous-groupe) et à choisir aléatoirement des grappes et à tout considérer les éléments de chaque grappe (DAVID, 2008).

➤ L'échantillonnage systématique

Cette méthode consiste à dresser la liste de tous les éléments de la population visée et de déterminer le rapport suivant ; (nombre d'éléments de la population)/(Taille de l'échantillon) (DAVID, 2008).

➤ L'échantillonnage stratifié

Il s'agit de subdiviser une population hétérogène en strate (sous-groupe). Cette méthode consiste à retrouver dans l'échantillon les mêmes proportions pour chacune des strates selon les caractéristiques choisies pour l'étude dans la population visée (DAVID ; 2008).

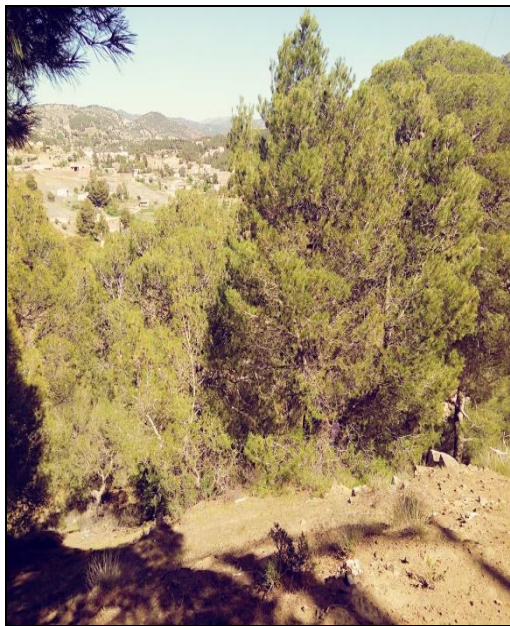
3. Choix des stations écologiques

La station écologique peut être définie comme une unité écologique, une surface sur laquelle les conditions de milieu sont homogènes ; topographie, pente, la végétation (DUCHAUFOR, 1960).

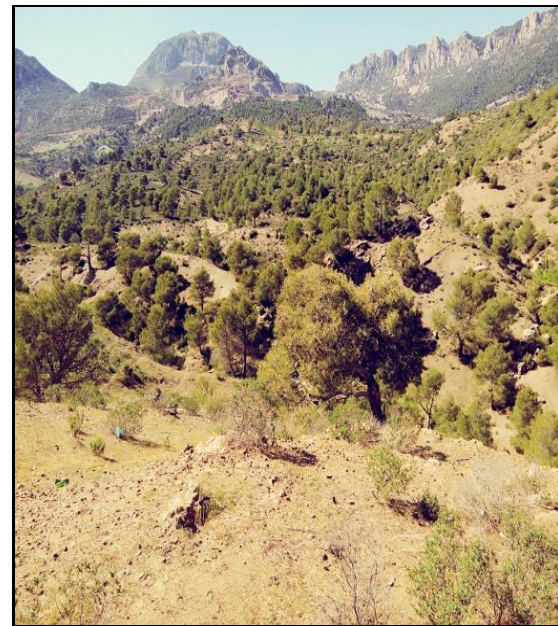
Deux stations écologiques ont été définies selon un type d'échantillonnage Stratifié.

Tab.07 : Localisation géographique, variabilité des conditions de milieu et des peuplements échantillonnés dans la zone d'étude

| Stations | Coordonnées géographiques | Altitude (m) | Exposition | Pente(%) | Édaphisme | Âge moyen (ans) |
|-----------|----------------------------|--------------|------------|----------|-----------|-----------------|
| Station 1 | 35°51'53''N 01'39'27''E | 1 030 | SE | 30-40 | Calcaires | 45 |
| Station 2 | 35°53'05''N 01'39'19''E | 1320 | SE | 40-50 | Calcaires | 51 |



Station 1



Station 2

Fig.15: Photos des stations écologiques sondées (MERRAKCHI ET LAFER, 2017).

4. Caractéristique de placette

Les types de placettes utilisées dans le milieu forestier sont soit à surface définie ou à rayon variable. Les placettes à surface définie peuvent être de formes circulaire, carrée, rectangulaire ou par bande (RONDEUX, 1999).

6. Méthode de collecte des données

➤ Prélèvement des carottes

Le carottage à l'aide de la tarière de Presseler a été effectué. Pour chaque arbre, deux carottes ont été prélevées à 1.30m du sol choisies. Les carottes ont été collées sur des réglettes en bois préalablement rainurées à leur diamètre. Cette opération permet de pallier à la fragilité des carottes et faciliter leur manipulation. Evidemment, elles sont collées de telle manière que les trachéides soient perpendiculaire à la surface de la réglette afin d'obtenir une coupe transversale lors du ponçage (SARMOUM, 2008).

❖ Traitement des échantillons

Avant leur mesure, les échantillons sont préparés de manière à améliorer la visibilité des cernes. Les carottes sont planées afin d'augmenter la surface de lecture et éventuellement poncées (NICOLAS *et al*, 2012).

✓ Inter datation

Une fois les mesures effectuées, il est nécessaire d'attribuer avec certitude à chaque cerne son année d'élaboration. Cette opération, appelée inter datation, n'est pas aisée car outre les erreurs de mesures, il peut y avoir des cernes manquants ou des faux cernes pouvant générer un décalage d'une ou plusieurs années. Un cerne manquant résulte d'une croissance presque nulle et est donc difficilement perceptible. Un faux cerne résulte d'une variation de croissance intra-annuelle pouvant être causée, par exemple, par une courte sécheresse au cours de la saison de végétation (NICOLAS *et al*, 2012).

L'inter datation est rendue possible grâce aux années dites « caractéristiques » pour lesquelles on peut observer des conditions de croissance remarquables. Lors de ces années, certains facteurs, généralement climatiques, limitent ou stimulent fortement la croissance ; on peut donc les repérer assez facilement sur chaque série chronologique et corriger le décalage (NICOLAS *et al*, 2012).

7. Analyse des données

L'ensemble des séries de données sont représentées graphiquement où les années successives figurent abscisse et la largeur des cernes en ordonnée. Ceci permet de visualiser les profils de croissance de façon à mettre en évidence les phases de croissance et les comparer d'une parcelle à l'autre et d'une région à l'autre. Cette comparaison permettra

d'étudier les facteurs régissant le fonctionnement de la croissance radiale propre à chacune des parcelles (AKLI, 2015).

➤ **Les paramètres statistiques descriptifs**

L'analyse statistique descriptive est appliquée à l'ensemble des séries de données. Les paramètres calculés sont, la sensibilité moyenne, l'épaisseur moyenne des cernes, coefficient d'asymétries, coefficient d'inter datation, Coefficient de détermination, L'auto corrélation,

❖ **Sensibilité moyenne (SM)**

Utilisée pour caractériser la sensibilité des variations interannuelles des cernes. Elle s'exprime par le rapport :

$$SMx = 1/(n - 1) \sum_{t=1}^{t=n-1} I2(xt + 1 - xtI)/(xt + 1 + xtI)$$

SMx : coefficient de sensibilité

n : Nombre d'année de la chronologie

Xt et Xt+1 : sont l'épaisseur de deux cernes successifs formés au cours des années **t** et **t+1**

La sensibilité moyenne permet de définir la variation moyenne entre deux épaisseurs annuelles successives (FRITTS, 1976).

Ce coefficient exprime l'ampleur des changements affectant à court terme l'épaisseur des cernes. Elle prend la valeur nulle pour deux cernes successifs égaux et la valeur 2 quand l'épaisseur de l'un d'entre eux est nulle (FRITTS, 1976).

La sensibilité moyenne quantifie le signal climatique tel qu'il résulte de l'interaction des facteurs environnementaux (TESSIER, 1982). Elle a été calculée pour les séries individuelles et de synthèse.

❖ **Coefficient de détermination R²**

Le coefficient de détermination (R²) est un indicateur qui permet la qualité D'une régression linéaire, simple ou multiple. D'une valeur comprise entre 0 et 1, il mesure l'adéquation entre le modèle et les données observées. Le (R²) se définit comme la part de variance expliquée par rapport à la variance totale (AKLI, 2015).

Il est par la formule suivante :

$$R^2=1-SCR/SCT$$

❖ Epaisseur moyenne du cerne (EMC)

La moyenne arithmétique X est égale à la somme des valeurs observées $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n$ divisées par le nombre d'observation (n).

$$EMC = \frac{\sum X_n}{n}$$

8. Standardisation de croissance

La standardisation comporte deux étapes, chacune d'elles correspondant à l'élimination d'une fréquence de signal particulière. Elle se fait arbre par arbre et implique donc qu'à chaque série brute de largeurs de cerne correspond une série d'indices de croissance dépendances (IC) (LEBOURGEOIS et MERIAN, 2012).

➤ Statistiques des séries de cernes

Un grand nombre de statistiques dendrochronologies peuvent être calculées sur les séries individuelles de largeurs de cerne afin de connaître les caractéristiques de leur signal (LEBOURGEOIS et MERIAN, 2012).

➤ Largeur moyenne, écart type et coefficient de variation

L'accroissement moyen annuel (en mm/an) et l'écart-type des largeurs des cernes peuvent être calculés pour chaque arbre sur la base des chronologies individuelles ou pour le peuplement sur la base de la chronologie de référence. À partir de ces deux valeurs, le coefficient de variation (moyenne divisée par l'écart-type) peut être calculé. Ce paramètre, exprime sans dimension, traduit l'écart relatif des valeurs à la moyenne (LEBOURGEOIS et MERIAN, 2012).

9. Modélisation de la croissance radiale

➤ Modèle ARMA

Un modèle ARMA stationnaire et inversible peut toujours se réécrire sous la forme d'un modèle AR ou d'un modèle MA. Si l'on dispose de peu d'observations, ces estimations auront tendance à être peu précises. De plus, si un modèle contenant p paramètres convient pour la situation, il n'est pas bon de tenter d'ajuster un modèle qui en contiendra plus que p . Les modèles ARMA consistent à avoir une partie autorégressive et une partie à moyenne mobile (STEVEN, 2010).

❖ L'utilisation du modèle

Il eut été dommage de ne pas conclure cette description d'une méthodologie pour le traitement des signaux non stationnaires, sans décrire son application à un certain nombre de

signaux issus de situations réelles et concrètes. Une application est suffisamment avancée pour que les expériences se soient stabilisées autour de résultats probants, qui vont être présentés dans ce qui suit : il s'agit du codage suivi de restitution de la parole par unités supra-phonémiques, dans un contexte de type messagerie vocale (**GRENIER, 1986**).

Chapitre 4 : Résultats et Discussions

1. Evolution des épaisseurs brutes des cernes

La figure 17 présente la variation interannuelle des épaisseurs brutes des cernes de la station 01.

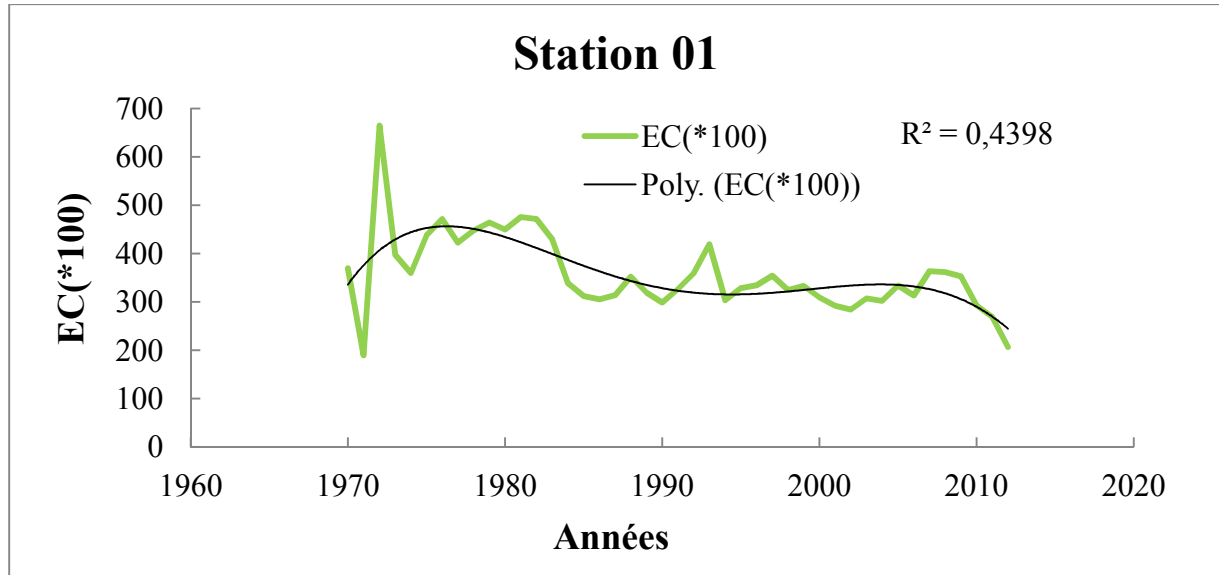


Fig.17 : Courbe d'évolution des épaisseurs brute des cernes de la station 01

L'examen de cette figure a permis de définir quatre périodes de l'évolution des épaisseurs brutes des cernes, pendant la période 1970-2012. Il apparaît clairement que l'évolution des cernes est très remarquable dans les années 1972 à 1974 elle commence à se stabiliser pendant la période 1975 à 1983, une chute à partir de l'année 1985.

La fonction d'ajustement ($R^2=0,44$), met en évidence une tendance générale de la diminution de la croissance à partir des années 1980.

La figure 18 présente la variation interannuelle des épaisseurs brutes des cernes de la station 02.

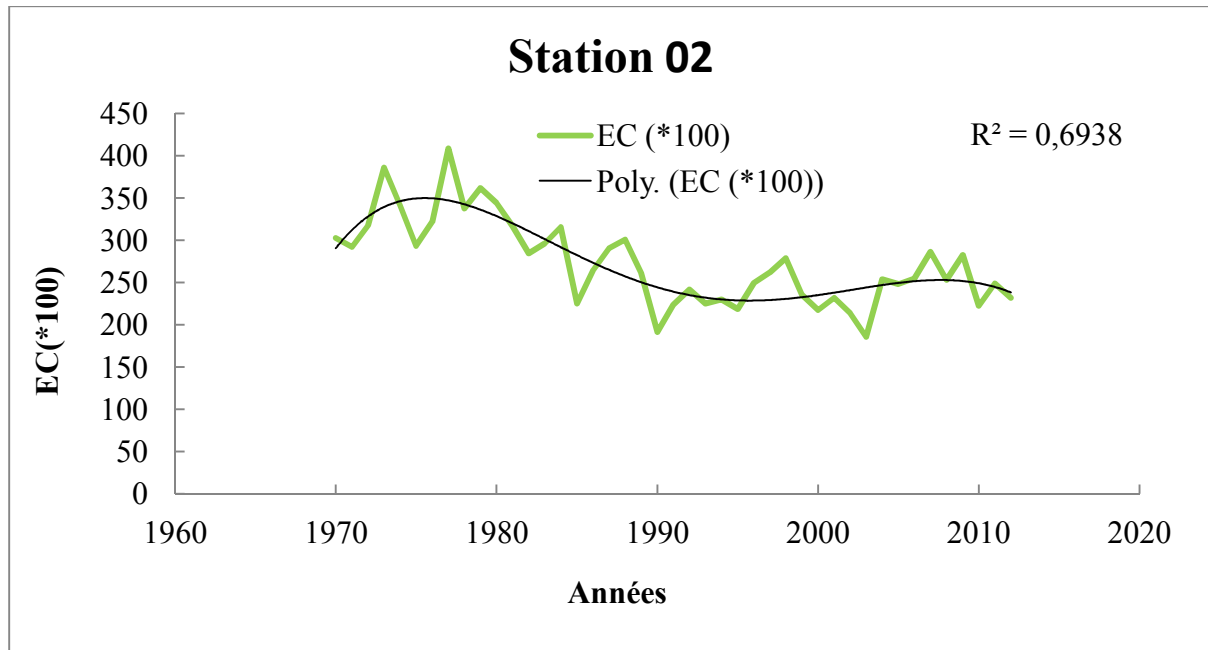


Fig.18 : Courbe d'évolution des épaisseurs brute des cernes de la station 02.

L'analyse des variations de l'évolution des épaisseurs brutes des cernes annuelle montre une évolution importante entre les années 70 à 80 c.-à-d. croissance normale, elle commence à chutée à partir de l'année 81 jusqu'à 2005 une évolution légèrement progressive à partir de l'année 2007, elle stabilise pendant une période de 5 ans du 2008 à 2012.

La fonction d'ajustement ($R^2=0,70$), met en évidence une tendance générale de la diminution de la croissance à partir du années 1980.

2. Evolution des épaisseurs standardisées

Les figures 19 ,20 présentent la variation des épaisseurs standardisées de la station 01 et station 02.

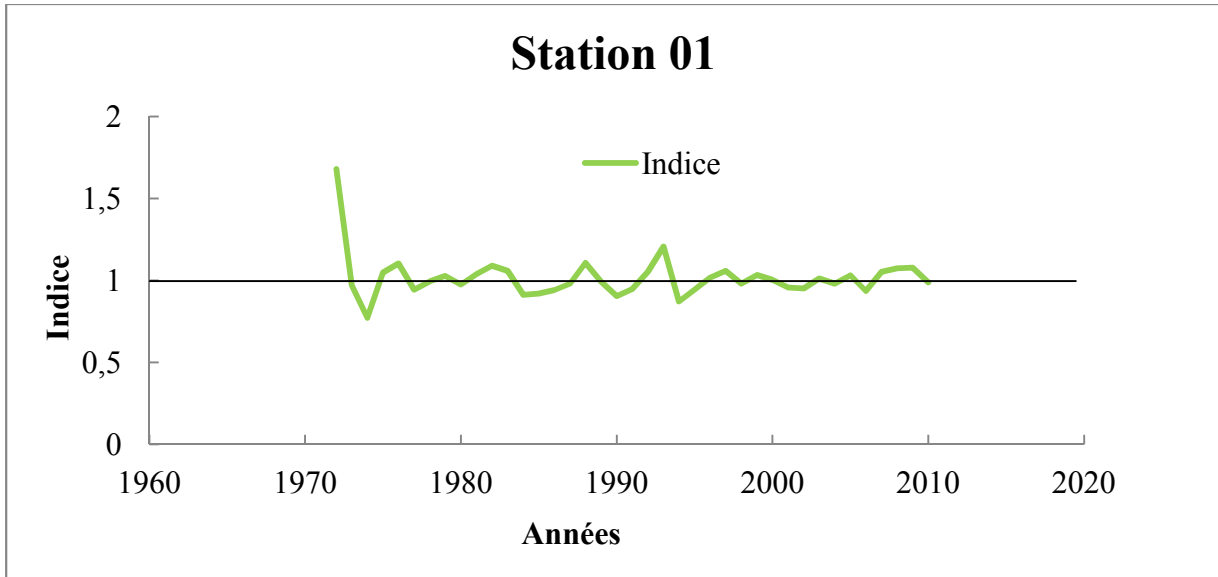


Fig. 19 : Courbe d'évolution des épaisseurs standardisées des cernes de la station 01

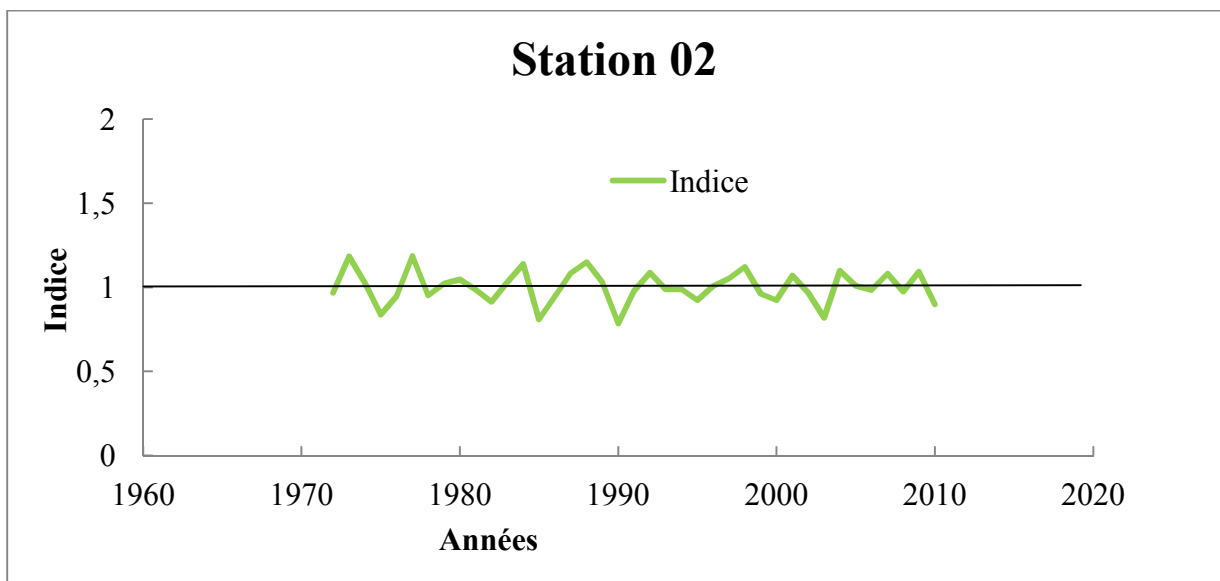


Fig. 20 : Courbe d'évolution des épaisseurs standardisées des cernes de la station 02

Les variations des épaisseurs standardisées sont moins fluctuants par rapport les épaisseurs brutes. En effet leurs valeurs s'échelonnent entre 0 et 2.

Les valeurs > 1 correspondent à des années de forte croissance (cernes épais). Les valeurs < 1 correspondent à des années de faible croissance (cernes minces).

3. Analyse statistiques descriptives

Tab.08 : Analyse statistique des épaisseurs brutes et standardisées

| Variable | N Actifs | Moyenne | Minimum | Maximum | Ecart-type | SM |
|---|----------|---------|---------|---------|------------|------|
| Station 1 (données brutes) | 43 | 3,57 | 1,89 | 6,64 | 0,82 | 0,18 |
| Station 1 (données standardisées) | 39 | 1,01 | 0,77 | 1,67 | 0,13 | |
| Station 2 (données brutes) | 43 | 2,73 | 1,85 | 4,08 | 0,50 | 0,16 |
| Station2 (données standardisées) | 39 | 1,00 | 0,78 | 1,18 | 0,09 | |

Le tableau ci-dessus montre les statistiques descriptives du peuplement du pin d'Alep dans deux stations.

L'épaisseur brute des cernes présente une moyenne de 3,57 mm/an avec minimum de 1,89mm/an et maximum de 6,64mm/an pour la station 01 et une moyenne de 2,73mm/an avec minimum de 1,85mm/an et maximum de 4,08mm/an pour la station 02.

Les valeurs de l'écart type montrent une faible dispersion des valeurs de la croissance dans la station 02 (0,5) par rapport la station 01 (0,8).

Quant aux séries standardisées les valeurs moyennes sont autour de 1 (1,01 pour la station 01 et 1,00 pour la station 02) avec très faible dispersion comme l'indique l'écart type

La sensibilité moyenne affiche des valeurs qui varient entre 0,16 (Station 02) à 0,18 (station 01).D'après (FRITTS, 1976), le seuil est 0,20. A cet effet nos population dans la catégorie non sensible.

4. Analyse des composantes principales

La figure 21 présente la projection des populations dans l'ACP (axes 1 et 2), en fonction des épaisseurs brutes de cernes pour la station 1 et la station 2.

L'ACP a été réalisé en reliant l'évolution des épaisseurs brutes des cernes annuelle pour les deux stations. Deux axes sont susceptibles d'être interprétés (ils montrent que 100 % de la dispersion du nuage des variables se fait dans le plan de ces deux axes).

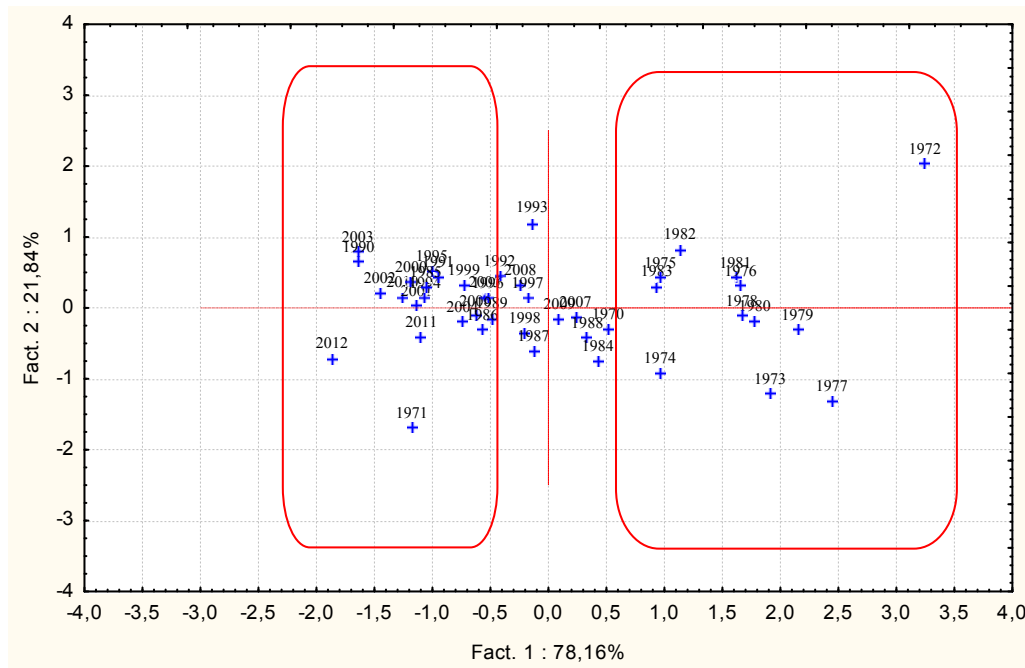


Fig. 21 : Projection des populations dans l'ACP (axes 1 et 2), en fonction des épaisseurs brutes de cernes pour la station 1 et la station 2.

Le côté positif de premier axe montre au la période 1972-1983 (périodes de 12 ans) ces années sont caractérisées par des cernes épais. C'est-à-dire croissance favorable des arbres.

Le côté négatif de même axe figurent les années 1971, 1985, 1990, 1994, 1995, 2000, 2001, 2002, 2003, 2010, 2011, 2012. Ces années sont caractérisées par des cernes minces c'est-à-dire une faible croissance des arbres.

Quant aux séries standardisées l'ACP a été réalisé en reliant l'évolution des épaisseurs standardisées des cernes annuelle pour les deux stations au cours de 1970-2012. Deux axes sont susceptibles d'être interprétés (ils montrent que 100 % de la dispersion du nuage des variables se fait dans le plan de ces deux axes).

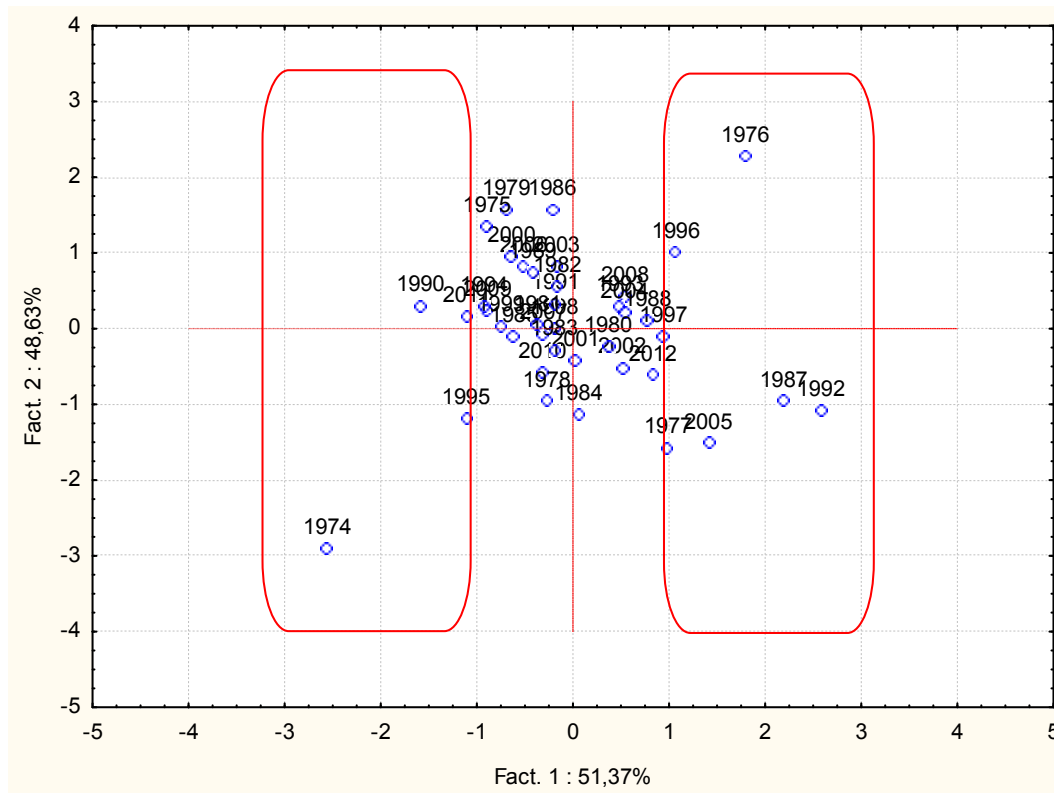


Fig. 22 : Projection des populations dans l'ACP (axes 1 et 2), en fonction des indices de standardisation pour la station 1 et station 2.

Le côté positif de premier axe montre les années 1976, 1987, 1992, 2005 ces années sont caractérisées par des cernes épais c'est-à-dire croissance favorable des arbres.

Par ailleurs le côté négatif de même axe montre les années 1974, 1990, 1995, 2010 ces années présentent des cernes minces c'est-à-dire une faible croissance des arbres.

5. Modélisation de la croissance radiale (ARMA p, q)

La figure 23 montre la représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 01

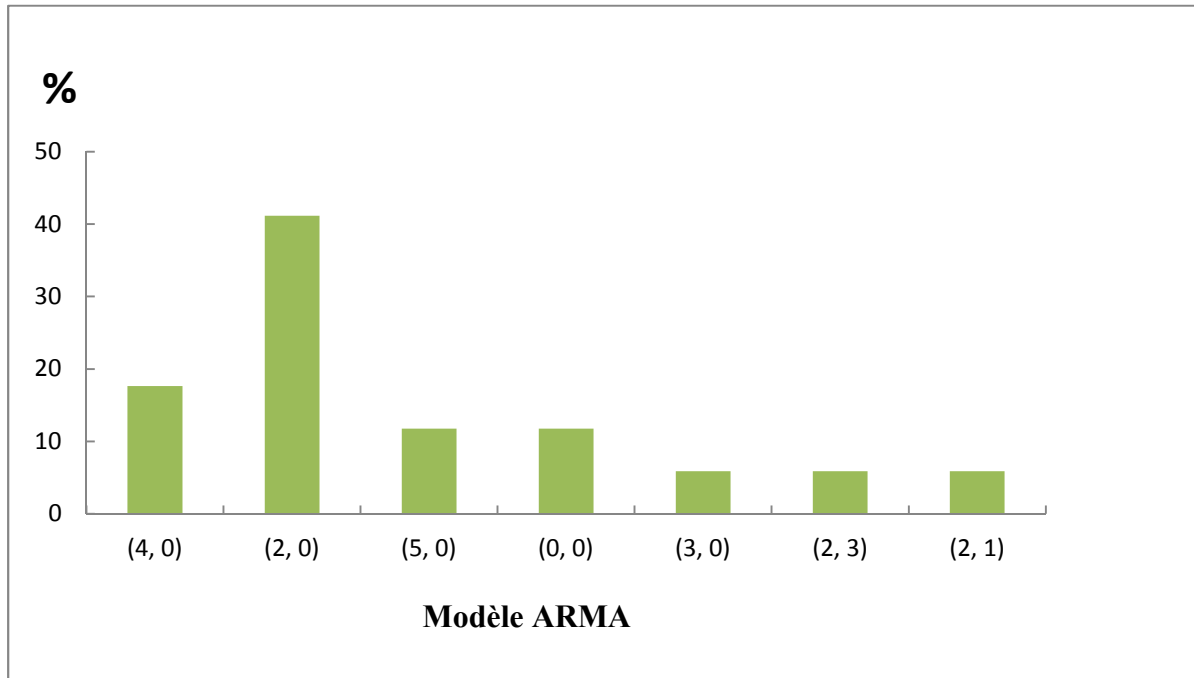


Fig.23. Représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 01.

D'après la figure (23) on constate que le modèle (2, 0) est le plus répondu avec une fréquence de 41,17%, suivi par le modèle (4, 0) avec une fréquence de 17,64% et les modèles (5, 0) et (0, 0) avec une fréquence de 11,76% et en fin les modèles (3, 0), (2, 3) et (2, 1) avec une fréquence de 5,88%. Il en résulte que les arbres de la même populations ne répondent pas forcément au même modèle de croissance. Cette différence est liée aux conditions microstationnelles, au statut de l'arbre et à son patrimoine génétique (SARMOUM, 2016).

Toutefois, la croissance des arbres de la populations réponds surtout à un modèle AR(p) ce qui indique que la croissance des arbres dépends les conditions de l'année en cours, l'effet des années précédente est très faible (MESSAOUDENE, 1989).

La figure 24 montre la représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 02.

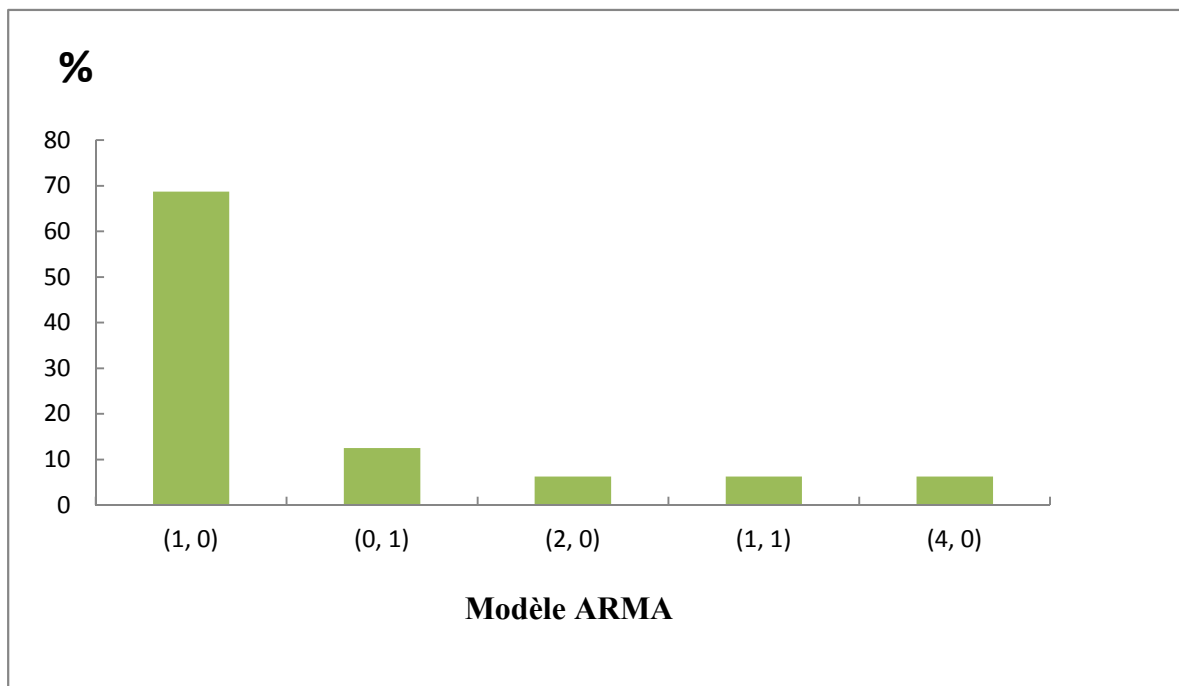


Fig.24. Représentation en histogramme des modèles (ARMA) en fonction de la fréquence (%) pour la station 02.

La figure (24) montre que le modèle (1, 0) est le plus répondu avec une fréquence de 68,75%, suivi par le modèle (0, 1) avec une fréquence de 12,5% et enfin les autres modèles (2, 0), (1, 1) et (4, 0) avec une fréquence de 6,25%. Il en résulte que les arbres de la même populations ne répondent pas forcément au même modèle de croissance (**SARMOUM, 2016**).

Toutefois, la croissance des arbres de la populations réponds surtout à un modèle AR(p) ce qui indique que la croissance des arbres dépends les conditions de l'année en cours, l'effet des années précédente est faible (**MESSAOUDENE, 1989**).

Conclusion

Conclusion

Cette étude a pour objectif de modéliser la croissance du pin d'Alep (*pinus halepensis* Mill.) dans la forêt de Sidi Slimane. Le pin d'Alep espèce endémique dans la région méditerranéenne, se trouve dans des conditions écologiques assez différentes.

Pour ce faire, deux stations écologiques ont été choisies. La croissance radiale a été étudiée par le sondage de 15 arbres dans chacune des stations. L'objectif est de comprendre l'évolution de la croissance radiale en relation avec les conditions du milieu (âge, conditions climatiques).

L'analyse de la croissance radiale montre une interdépendance entre certains facteurs du milieu et l'épaisseur du cerne annuel, ces facteurs induisent une différence entre les épaisseurs des cernes, l'indice de croissance et la sensibilité moyenne pour les deux stations.

La modélisation de la croissance radiale par la méthode ARMA (p,q) indique que les arbres de la même populations ne répondent pas forcément au même modèle de croissance. Les différents modèles obtenus sont liés aux conditions microstationnelles, au statut de l'arbre et à son patrimoine génétique. Toutefois, la croissance des arbres des deux stations réponds surtout à un modèle AR(p) ce qui indique que la croissance des arbres dépends les conditions de l'année en cours, l'effet des années précédente est faible.

Ces résultats supposent que la modélisation du pin d'Alep consitue un moyen efficace pour comprendre le comportement de l'espece. vis-à-vis les conditions du milieu. Nous souhaitons par le biais de ce modeste travail d'avoir répondre aux soucis des chercheurs et gestionnaires forestiers.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABBAS H., BARBERO M., LOISEL R. et QUEZEL P. (1985) a.** Les forêts de pin d'Alep dans le sud-est méditerranéen français. Analyses éco dendrométriques, première partie. *Forêt méditerranéenne* 7 (1) : 35-42.
- ABBAS H., BARBERO M., LOISEL R. et QUEZEL P. (1985) b.** Les forêts de pin d'Alep dans le sud-est méditerranéen français. Analyses éco dendrométriques, deuxième partie. *Forêt méditerranéenne* 7 (2) : 123-130.
- ACHERAR M. (1981).** La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) dans les basses garrigues du Montpelliérains. Thèse de doctorat, USTL Montpellier, 210 pp.
- ACHERAR M., LEPART J. et DEBUSSCHE M. (1984).** La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Languedoc méditerranéen. *Oecologia Plantarum* 5 (19) ,179-189.
- AKLI A. (2015).** Etude comparative de la croissance radiale et des variables dendrométriques (hauteur, diamètre) de reboisement de cèdre de l'atlas (*cedrus atlantica* Manetti.) du Djurdjura et de Chréa (Blida).thèse de magistère en écologie appliquée et gestion de l'environnement,univ.moloud maamri tizi ouzou :104pp+annexes.
- ALAIN F. SYLVIE GF. NICOLAS P. (2000).** Une introduction à la modélisation des forets hétérogènes .berger-levrault-GTI-nancy.P45.
- ALAIN M. (1969).** La périodicité des cernes dans le bois de limba. *Bois et forêts des tropiques*, n°128 : 39-54.
- BARADAT, PH., MICHELOZZI, M., TOGNETTI, R., KHOUJA, MI. ET KHALDI, A. (1995).** Geographical variation in trepan composition of *Pinus halepensis* Mill. Population genetics and genetic conservation of forest trees. Academic Publishing, Amsterdam, the Netherlands : 141-158.
- BARBERO M., LOISEL R., QUEZEL P., RICHARDSON D.M. Et ROMANE F. (1998).** Pines of the Mediterranean Basin. (.d. RICHARDSON D.M.), Cambridge University Press: 153-170.
- BARETTE Y.; GAUTHIER G. ET PAQUETTE A. (1996).** Aménagement de la forêt pour fins de production ligneuse. Univ. Laval Québec : 649-672.
- BELLEFONTAINE, R. (1979).** Variation morphologies des fleurs d'un *Pinus halepensis*. Mill .Ann. Recherche, Forest. Du Maroc.19: 417-425.

- BELLOT J., MAESTRE F., CHIRINO E., HERNANDEZ N., URBINA J. (2004).** Afforestation with *Pinus halepensis* reduces native shrub performance in a Mediterranean semiarid area. *Acta Oecologica*, 25: 7-15
- BERNARD, P. (2013).** Le pin d'Alep en France. Sylvie Blanchard. 159 p.
- BOTAFOR B. (2011).** Anatomie des bois. FOGEROR du limousin, formation gestion forestière, CRPF : 1-4.
- BOUDY P. (1950).** Economie Forestière Nord-Africaine. Monographie et traitement des essences forestières Ed. Larose, Paris : 529-619.
- BROCHIERO F. (1997).** Ecologie et croissance du pin d'Alep en Provence calcaire. Mémoire de fin d'étude CEMAGRF AIX en Provence, ENREF. 73pp
- CALAMASSI, R. (1986).** Caractérisation de quelques provenances de *Pinus halepensis* Mill. Sur la base de la structure anatomique et morphologique des aiguilles. *Ann. SCI. Forest.* 43, 3: 281-298.
- CARPENTIER J. (1995).** Caractéristiques, écologie et aménagement. Ressources naturelles Canada, service canadien des forêts, ressources naturelles du Québec et ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Ste-Foy, Québec : 275-293.
- CHAKROUNE, M.L (1986).** Le pin d'Alep en Tunisie. Options méditerranéennes. Syrie Etude CIHEAM 86/1 : 25-27.
- COUHERT, B et DUPLAT, P (1993).** Le pin d'Alep. Rencontre forestiers-chercheurs en forêt.
- DUCHAUFOR, PH. (1960).** Stations, types d'humus et groupements écologiques, école nationale des eaux et forêts, Nancy : 484-494.
- DUPLAT P. (1993).** Les modèles de croissance simples ne sont pas nuls mais ils ne répondent pas à tout. Ressources naturelles Canada, Ste-Foy, Québec : 1-12.
- FADY, B., SEMERCI, H., VENDRAMIN, G. (2003).** EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) and Brutia pine (*Pinus brutia*). *International Plant Genetic Resources Institute, Rome (Italy)*.
- FALUSI M. ET CALAMASSI R. (1983).** Sensibility of seed germination and seedling root growth to moisture stress in four provenances of *Pinus halepensis* Mill. *Silvae Genetica*, 32, 1-2, 4-9.
- FRITTS H.C., (1976).** Tree ring and climate. Edi: Academic Press, New York, 545p
- GAUSSEN H., (1960).** Les gymnospermes actuelles et fossiles (généralités sur le genre *Pinus*). Fasc. VI, chap. XI : 1 – 272.

GOREAUD D., (2000). Apports de l'analyse de la structure spatiale en forêt tempérée à l'étude et la modélisation des peuplements complexes. Thèse doctorat en forestière. INGREF, Nancy : 525pp + Annexes.

GRUNWALD C.ET SCHILLER G., (1988). Needle xylem water potential and water saturation deficit in provenances of *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus brutia*. *Forêt méditerranéenne*. T. X (2) : 407 – 414.

HOULLIER F, BOUCHON J, BIROT Y, (1991). Modélisation de la dynamique des peuplements forestiers: Etat et perspectives. *Revue forestière française*, XLIII (2) : 87-108.

JEAN T et JEAN P, (2013). Croissance et dendrochronologie. Napoleome un projet de génomique autour du chêne de l'unil, université de Lausanne. 1-6.

KADIK B. (1987). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) En Algérie (Ecologie, dendrométrie, morphologie). Office des publications universitaires (Alger) : 5-222

KADIK, B. (1983). Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) en Algérie, (écologie, dendrométrie, morphologie). Thèse de doctorat en sciences. USTHB. 314pp.

KHOUJA M.I. (1993). Influence de l'environnement des cônes sur la croissance en hauteur du Pin d'Alep. Note de recherches de l'Institut National de Recherches Forestières du Tunisie : 15 p.

KHOUJA M.L. (1997). Variabilité géographique du Pin d'Alep en Tunisie: perspectives d'amélioration de la productivité et de la qualité physique du bois. Université Catholique de Louvain-la-Neuve (Belgique), Thèse de doctorat : 181pp.

LEBOURGEOIS F. et MERIAN P. (2012). Principes et méthodes de la dendrochronologie. Equipe Ecologie Forestière Agro Paris Tech-ENGREF – 14 rue Girardet – 54042 Nancy Cedex : 85p.

LOISEL R. (1976). Place et rôle des espèces du genre *Pinus* dans la végétation du sud-est méditerranéen Français. *Ecologia Mediterranea* 2: 131-152

MAESTRE F., CORTINA J., BAUTISTA S., BELLOT J. (2003). Does *Pinus halepensis* facilitate the establishment of shrubs in Mediterranean semi-arid afforestations *Forest Ecology and Management*, 176: 147-160.

MAGINI E. (1955). Pinete di Pino d'Aleppo. (Pinewoods of Aleppo Pines) *In: Atti Del Congresso Nazionale di Selvicoltura, Firenze (Italy), March 14-18, 1954.* 1: 49-69.

- MEZALI M. (2003).** Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3ème session du forum des Nations Unies sur les forêts :p9.
- MECHELOT A. (2011).** Croissance et $\delta^{13}C$ des cernes de trois essences forestières tempérées (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea* et *Pinus sylvestris*) face aux variations climatiques à l'échelle interannuelle et saisonnière. Thèse de doctorat en Ecophysiologie végétale, Université Paris-sud 11 – UFR Sciences d'Orsay.202pp
- MESSAOUDENE M. (1989).** Dendroécologie et productivité de *Quercus Afares* Pomel. Et *Quercus canariensis* Willd. Dans les massifs forestiers de l'Akfadou et de Ben Ghorbi en Algérie. Thèse de doctorat .Univ. D'Aix Marseille IH, 123pp.
- MIRKO V. (1991).** Conifers Morphology and variation. 755 p.
- MONTERO G., CANELLAS I., RUIS-PEINADO R. (2001).** Growth and yield models for *Pinus halepensis* Mill. Invest.Agr.Sist.Recur.For., 10(1) : 24p
- NAHAL I. (1962).** Le pin d'Alep. Etude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. Annales de l'école Nationale des Eaux et Forêts 19 (4) : 533-627.
- NICOLAS L. ; JEROME D. ; CATHERINE S. ; AURORE D. et HUGUES C. (2012).** La dendroécologie : un outil pour affiner nos connaissances sur l'autécologie des essences forestières. Unité d'hydrologie et hydraulique agricole, Gembloux Agro-Bio Tech, ULG Passage des Déportés, 2 B-5030 Gembloux *F o r ê t Wallonne n ° 1 1 6* : 1-17
- ORAZIO C. (1986).** Sylviculture du pin d'Alep. Options Méditerrané. *Série Etude CIHEAM 86/1*, 47-54.
- PARAJOANNON L. (1954).** Les limites de la répartition géographique du *P. halepensis* et *P. Brutia* en N.
- PARDE J. (1957).** La productivité des forêts de Pin d'Alep en France. *Ann. E.N.E.F de la Stat. Rech. Expér.* 15(2) : 367-414.
- QUEZEL P (1980).** Biogéographie et écologie des conif.res sur le pourtour méditerranéen. Dans : Actualités d'Ecologie Foresti.re (.d. PESSON), édition Gauthier Villars, Paris, p. 205-256.
- QUEZEL P. (1985).** Les pins du groupe « *halepensis* ». Écologie, végétation et écophysiologie. Séminaire sur le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne. CIHEAM : 17 p.
- QUEZEL P. (1986) :** Les pins du groupe Halepensis Ecologie, Végétation, Ecophysiologie.

QUEZEL P; BARBERO M. et BENABID A. (1987): Contribution à l'étude des groupements forestiers du Haut Atlas oriental (Maroc). *Ecologia Mediterranea XIII (1/2)* : 107-117.

QUEZEL P. (2000). Réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb Méditerranéen. Ibis Press.Ed.Paris : 117 p.

RAULIER F. (1997). Modélisation fonctionnelles de la dynamique de forêts feuillues à prédominance d'érable à sucre (comté de Témiscouata).Thèse de doctorat, univ². Laval, Québec : 180pp.

RAULIER F. ; UNG et C.-H. (1997). Empirical and process-based models for Forest tree and stand growth simulation. IUFRO 4.01, Portugal : 56-70.

RONDEUX J. (1978). Lexique des principaux termes dendrométriques. Sylviculture, faculté des sciences agronomiques de l'état, Gembloux, Belgique : 1-36.

RONDEUX J. (1993). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Ed. Presses agronomiques de Gembloux, Belgique : 521p.

RONDEU J. (1999). La mesure des arbres et des peuplements forestiers. Edi: les presses agronomiques de Gembloux, Belgique, 520p

SAAD H. (2013). Développement de bio-composites à base de fibres végétales et de colles écologiques .thèse de doctorat en chimie. Université de Pau et des pays de l'Adour: 361pp.

SARMOUM M. (2008). Impact du climat sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti). Diagnostic dendroécologique et climatique de la cédraie de Theniet El Had (Wilaya de Tissemsilt).thèse de magister en écologie et environnement.univ.houari boumediene, Alger : 98pp.

SARMOUM M. (2016). Etude de la dynamique des systèmes forestiers du massif de l'Ouarsenis dans contexte des changements globaux. Thèse de doctorat en sciences. Université des sciences et de la technologie Houari Boumediene, USTHB, 143p+annexe.

SARMOUM M; GUIBAL F. et ABDOUN F. (2016). Effet des facteurs situationnels sur la croissance radiale et la réponse du pin d'Alep au climat dans le massif de l'Ouarsenis, Algérie. (USTHB) Faculté des sciences biologiques Laboratoire d'écologie végétale et environnement BP 32, El Alia, Bab Ezzouar 16111 Alger Algérie : 17-27.

SCARASCIA-MUGNOZZA G. (1986). Recherches sur l'écophysiologie de *Pinus halepensis* Mill. (Research on the écophysiology of *Pinus halepensis* Mill.). *Options Méditerranéennes*, 1: 89-97.

SEIGUE A. (1985). La forêt circumméditerranéenne et ses problèmes. Maison neuve et la rose Edition. Paris : 502p.

SELMANI Z. (2015). Etude de délimitation et de classement pour la création d'une ZEST à Sidi Slimane. Centre d'étude et de réalisation en urbanisme avenue 11 décembre 1960 Blida : 120p+ Annexes.

SOULERES G. (1969): Le pin d'Alep en Tunisie: annales de l'Ins. Nat. Rech. Forest. Tunisie. Vol 2. Fasc. :126 p.

STEVEN F. (2010). Les modèles MA, AR et ARMA multidimensionnels: estimation et causalité Département de mathématiques, Université de Sherbrooke Courriel. 74p.

SYLVAN G. (1996). Dendrométrie des peuplements. BTSA Gestion Forestière Module D42 : 64p.

TESSIER L. (1982). Analyse dendroclimatologie comparée de six populations de pinus silvestris (L) dans la drome .écologie méditerranée, tome VIII (fascicule 3) :184-202.

TESSIER L. (1984). Dendroclimatologie de *Pinus Silvestre* (L) et *Quercus Pubescens* (W) dans le sud-est de la France. Thèse doctorat. Univ d'Aix Marseille III : 275p.

UNG C.-H. ; BALAIS G. ; LAROUCHE A. ET VEGIARD S. (1997). Actualisation de l'inventaire forestier québécois. Forestry Chronicle, en révision : 56-67.

VAGANOV E.A, HUGHES M.K., ET SHASHKIN A.V. (2006). Growth Dynamics of Conifer Tree Rings. Images of Past and Future Environments. Ecological studies: Vol. 183. Edi: Springer Verlag, Berlin: 353p.

VANCLAY J.K. (1994). Modeling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests. CAB international, Oxon: 55-70.

VENNETIER M., RIPERT C., BROCHIERO F. et CHANDIOUX O. (1999). Evolution à court et long terme de la croissance du pin d'Alep en Provence - conséquences sur la production de bois. *Division Agriculture et Forêt Méditerranéenne basse au Tholonet, N° XX-4.*

WEB MASTER 1. Climate-Data.org.

Résumé

Notre travail est réalisé dans la forêt de Sidi Slimane, il est basé sur l'étude de la modélisation de la croissance du pin d'Alep. Deux stations écologiques ont été choisies pour étudier les paramètres dendrochronologiques.

Les résultats obtenus montrent des différences significatives entre les deux stations, La croissance radiale des deux stations montre aussi des différences dans l'épaisseur moyenne des cernes, l'indice de croissance, la sensibilité moyenne et les modèles statistiques de la croissance.

Ces résultats supposent que la modélisation du pin d'Alep constitue un moyen efficace pour comprendre le comportement de l'espèce vis-à-vis les conditions du milieu,

Mots clés : Croissance, pin d'Alep, Conditions de milieu, Sidi Slimane, Modèle statistique.

ملخص

قمنا بهذا العمل في غابة سيدي سليمان، المرتكز على دراسة نموذجية نمو الصنوبر الحلبي. محطتين بيئيتين تم اختيارهما لدراسة معايير شاملة النمو الإشعاعي.

النتائج تظهر تباينات كبيرة بين المحطتين. النمو الشعاعي لكلا المحطتين بين أيضا اختلافات في السمك المتوسط للحلقات، حساسية المتوسط والنماذج الإحصائية في النمو.

وهذه النتائج تقترح أن نموذجية الصنوبر الحلبي تنشأ وسيلة فعالة لفهم سلوك النوع بالنسبة للظروف البيئية.

الكلمات الدلالية: النمو، الصنوبر الحلبي، الظروف البيئية، سيدي سليمان، النموذج الإحصائي.