

République Algérienne Démocratiques Et Populaire  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique  
Université Dr. Tahar Moulay De Saida  
Faculté Des Sciences  
Département De Biologie



## MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

## MASTER

Spécialité : Ecologie et protection de L'environnement

Option : Conservation De La Nature

Sur le Thème

*L'étude Dendrochronologique Du Pin d'Alep De La  
Ceinture Verte  
(Saida Et Ain-Sefra)*

Présenter par : BOUGUERN Hana

Soutenu le : 28/09/2021 devant le jury composé de :

Président : M<sup>r</sup> SI TAYEB. Tayeb

Encadrant : M<sup>r</sup> NASRLLAH .Y

Examineur : M<sup>r</sup> KEFIFA.A

2020/2021

# *Dédicace*



*Je remercie Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné de la patience*

*Nécessaire à la réalisation de ce modeste travail auquel*

*Je consacre Chaleureusement:*

*Aux gens qui ont fait des efforts et des sacrifices*

*Pour me permettre d'enseigner :*

*Cher Parents, je les remercie pour leurs conseils et*

*La confiance qu'il m'a donnée.*

*Et je remercie ma famille et mes amis*



## **Remerciement**

*Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant qui m'a réuni  
Sur le chemin de la connaissance qui m'a conduit à la foi, la  
force et le courage pour accomplir ce travail.*

*Au terme de cette étude, permettez-moi d'exprimer ma profonde  
Merci et appréciation à M. **Nasrallah Yahia**, que vous avez  
préféré suivre et Pour guider ce travail de manière très  
efficace ; Ses précieux conseils et conseils et je remercie les  
membres de jury.*

*La critique juste a toujours été un encouragement pour moi.*

*Veillez-vous assurer que toute **ma famille***

*Et **mes amis** sont reconnaissants pour l'aide et*

*Encouragements lors de la réalisation de ce travail.*

*Merci* 

## *Liste des figures*

<b>N°</b>	<b>Figure</b>	<b>Page</b>
01	Aire de répartition du pin d'Alep QUÉZEL (1986).	05
02	Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (BENTOUATI, 2006 ; in MEZERAI, 2014).	07
03	Le pin d'Alep dans la ceinture verte de zone bougtob (2021).	08
04	L'écorce du pin d'Alep.	08
05	Le rameau du pin d'Alep.	09
06	Les feuilles du pin d'Alep.	09
07	Les cônes du pin d'Alep	10
08	Le bois du pin d'Alep.	10
09	les graines du pin d'Alep.	11
10	tarière de Pressler	19
11	Coupe longitudinale de la carotteuse Mattson lors d'un prélèvement sur un arbre vivant	19
12	images prise de SAS PLANET de placette de Ain el hdjar 2021	23
13	images prise de SAS PLANET de placette de sfid 2021	24
14	images prise de SAS PLANET de placette de el kheiter 2021	25
15	images prise de SAS PLANET de placette de Bougtob 2021	26
16	images prise de SAS PLANET de placette d'El biod 2021	27
17	image prise de SAS PLANET de placette de Mekalis 2021	28
18	Diagrammes climatique de station d'Ain el hdjar en 2020	31
19	Diagramme climatique de station sfid en 2020	32
20	Diagramme climatique de statin el kheiter en 2020	33
21	Diagramme climatique de station Bougton en 2020	34
22	Diagramme climatique de station El biodh en 2020	35
23	Diagramme climatique de station Mekalis en 2020	36
24	profil en long de la route entre Saida et Ain Sefra.	42
25	Prélèvement d'une carotte	43
26	La Tarière de Presler	43
27	le matérielles utilisées pour le détermination de l'épissure des cernes	44
28	logiciel associe TSAPWin Basic.	45
29	variation de précipitation annuelle des sites étudiés en fonction de temps	49
30	variation de température moyenne annuelle des sites étudiés en fonction de temps	49
31	les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station d'ain el hdjar les années 1972/2020	50

<b>32</b>	les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station de sfid a les années 1972/2020	<b>51</b>
<b>33</b>	les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station d'El kheiter les années 1972/2020	<b>51</b>
<b>34</b>	les Courbes de variation au cours du temps de largeurs des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 3 arbres dans la station de Bougtob a les années 1972/2020	<b>52</b>
<b>35</b>	les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station d'El biodh a les années 1972/2020	<b>52</b>
<b>36</b>	les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station de Mekalisa les années 1972/2020	<b>53</b>
<b>37</b>	chronologie moyennes brute de pin d'Alep dans les 6 stations.	<b>54</b>
<b>38</b>	largeur de cerne du pin d'Alep en fonction de leur âge cambial	<b>55</b>
<b>39</b>	corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute d'Ain El-Hdjar avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.	<b>56</b>
<b>40</b>	corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute de Sfid avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.	<b>56</b>
<b>41</b>	corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute d'El kheiter avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat	<b>57</b>
<b>42</b>	corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute de Bougtob avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat	<b>57</b>
<b>43</b>	corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute d'El biodh avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.	<b>58</b>
<b>44</b>	corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute de Mekalis avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.	<b>58</b>
<b>45</b>	l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station d'Ain el hdjar (1971/2020)	<b>60</b>
<b>46</b>	l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station de Sfid (1971/2020)	<b>60</b>
<b>47</b>	l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station d'El kheiter (1971/2020)	<b>61</b>
<b>48</b>	l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station Bougtob (1971/2020)	<b>61</b>

<b>49</b>	l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station d'El biodh (1971/2020)	<b>62</b>
<b>50</b>	l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station de Mekalis (1971/2020)	<b>62</b>
<b>51</b>	La variation de pluviométrie moyenne annuel et les années caractéristiques dans station de Ain el hdjar en fonction de temps	<b>63</b>
<b>52</b>	La variation de pluviométrie moyenne annuel et les années caractéristiques dans station de Sfid en fonction de temps	<b>63</b>
<b>53</b>	La variation de pluviométrie moyenne annuelle et les années caractéristiques dans station d'El kheiter en fonction de temps	<b>64</b>
<b>54</b>	La variation de pluviométrie moyenne annuelle et les années caractéristiques dans station de Bougtob en fonction de temps	<b>64</b>
<b>55</b>	La variation de pluviométrie moyenne annuelle et les années caractéristiques dans station d'El biodh en fonction de temps	<b>65</b>
<b>56</b>	La variation de pluviométrie moyenne annuel et les années caractéristiques dans station de Mekalis en fonction de temps	<b>65</b>
<b>57</b>	Les années caractéristiques observées à la station d'Ain el hdjar (AE)	<b>66</b>
<b>58</b>	Les années caractéristiques observées à la station d'El kheiter (KE)	<b>66</b>
<b>59</b>	Les années caractéristiques observées à la station de Sfid (SE)	<b>66</b>
<b>60</b>	Les années caractéristiques observées à la station de Bougtob (BE)	<b>67</b>
<b>61</b>	Les années caractéristiques observées à la station d'El biodh (EE)	<b>67</b>
<b>62</b>	Les années caractéristiques observées à la station de Mekalise (ME)	<b>67</b>
<b>63</b>	Structure macroscopique d'un arbre : détail des différentes parties du tronc (RAPHAEL PASSAS 2008)	<b>87</b>
<b>64</b>	le bois de printemps et le bois d'été	<b>88</b>
<b>65</b>	La tarière de pressier	<b>89</b>

## *Liste des tableaux*

<b>N°</b>	<b>Tableau</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde.	<b>06</b>
<b>02</b>	les domaines d'étude de la dendrochronologie	<b>16</b>
<b>03</b>	precipitation mensuelles (mm) et temperature C° (max/moy/min) et humidité / jours de pluie	<b>31</b>
<b>04</b>	precipitation mensuelles (mm) et temperature C° ( max/moy/min) et humidité / jours de pluie	<b>32</b>
<b>05</b>	precipitation mensuelles (mm) et temperature C° ( max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG-	<b>33</b>
<b>06</b>	precipitation mensuelles (mm) et temperature C° (max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG-	<b>34</b>
<b>07</b>	precipitation mensuelles (mm) et temperature C° ( max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG	<b>35</b>
<b>08</b>	precipitation mensuelles (mm) et temperature C° (max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG-	<b>36</b>
<b>09</b>	types de sol des stations de prélèvement	<b>38</b>
<b>10</b>	représente les années caractéristiques positive et négative de chaque station	<b>68</b>
<b>11</b>	caractéristiques environnementales des stations étudiée	<b>91</b>

# *Table des matières*

Dédicace.....	I
Remercîment .....	II
Liste des figures .....	III
Liste des tableaux .....	V
Table des matières.....	VI
Introduction générale.....	01

## **Chapitre 1 : monographie de pin d'Alep**

1. Taxonomie.....	04
2. Systématique .....	04
3. Aire de répartition .....	05
3.1. Dans le monde.....	05
3.2. En Algérie .....	07
4. Caractéristiques botaniques et dendroécologiques du pin d'Alep .....	08
4.1. L'écorce.....	08
4.2. Les Rameaux .....	09
4.3. Les feuilles ou les aiguilles .....	09
4.4. Les cônes .....	10
4.5. Le bois.....	10
4.6. Les graines.....	11
4.7. La résine .....	11
5. Ecologies du pin d'Alep .....	11
6. les ennemis du Pin d'Alep .....	12
6.1. Les incendies .....	12
6.2. Les maladies et les agents pathogènes .....	13
6.2.1. Les champignons .....	13
6.2.2. Les parasites .....	13
6.2.3. Les insectes .....	13
7. Usages du pin d'Alep .....	13
8. Productivité du pin d'Alep .....	14

## **Chapitre 2 : La Dendrochronologie**

1. Définitions.....	16
2. Les domaines d'étude de la dendrochronologie .....	16
3. Les applications possibles de la dendrochronologie .....	17
4. Les étapes de la dendrochronologie .....	18
4.1. Sélection des sites d'étude.....	18
4.2. Récolte des échantillons .....	18
4.3. Prétraitement .....	19

## **Chapitre 3 : Présentation de la zone d'étude**

1. Introduction .....	22
2. La ceinture verte .....	22
2.1. La ceintures Vertes en Algérie .....	22
2.2. Caractéristique de la ceinture verte .....	22
3. Identification de la zone d'étude .....	23
4. Les stations des prélèvements .....	23
4.1. Station de Ain El hdjar .....	23
4.2. Station de Sfid .....	24

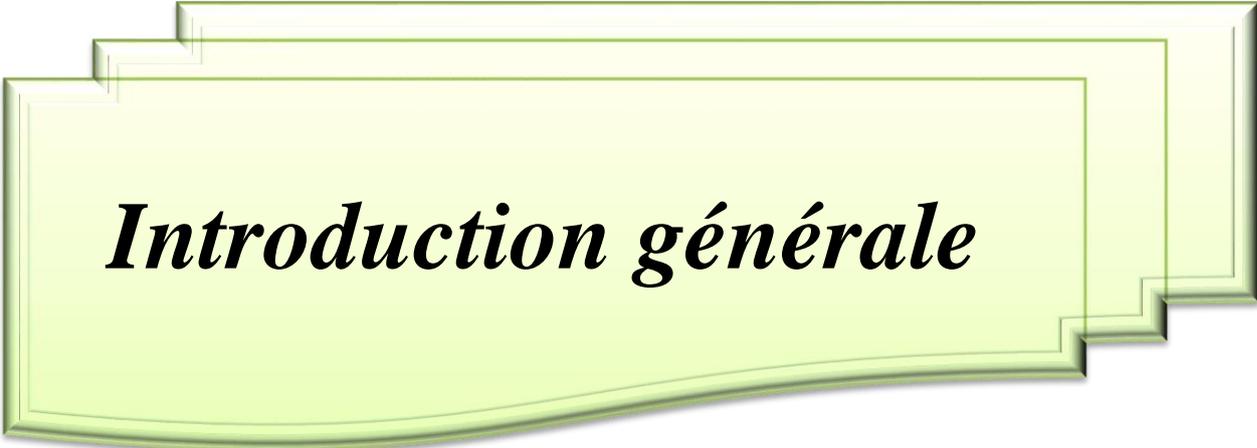
4.3. Station d'El Kheiter.....	25
4.4. Station de Bougtob .....	26
4.5. Station d'El biodh.....	27
4.6. Station de Mekalis .....	28
5. Situation géographique.....	29
5.1. Les coordonnées des stations .....	29
6. Situation administrative .....	29
7. Données climatiques .....	30
8. Relation climat-cerne .....	37
9. Pédologie .....	38
9.1. Types de sol .....	38
10. Paramètres de végétation .....	38

#### **Chapitre 4 : Matériels et Méthodes**

1. Choix du site de prélèvement .....	42
1.2. Espèce étudiée .....	42
1.3. Sélection des individus .....	42
1.4. Prélèvement des carottes .....	43
1.5. Préparation des échantillons .....	43
2. Donnés cerne .....	44
2.1. Matériels de travail utilisé.....	44
2.2. Logiciels utilisés.....	45
2.3. Mesure et interdatation.....	46
2.4. Traitement des données.....	47
2.4.1. Les chronologies élémentaires .....	47
2.4.2. Les années caractéristiques .....	47

#### **Chapitre 5 : Résultats et Discussions**

1. Variabilité interannuelle de climat .....	49
2. Analyse des largeurs de cernes .....	50
2.1. Les série des chronologies élémentaires .....	50
2.2. Analyse de largeurs des cernes comparés les courbes de 6 placettes.....	54
2.3. Relation cerne_âge .....	55
2.4. Relation cerne climat .....	56
2.4.1. Relation cerne pluviométrie / température .....	56
2.4.2. L'indice des cernes de chaque station et les années caractéristiques .....	60
2.4.3. Années caractéristiques et paramètres climatiques .....	63
2.5. Les années caractéristiques .....	66
3. discussion .....	69
<b>Conclusion générale</b> .....	73
<b>Références bibliographique</b> .....	75
<b>Annexes</b> .....	81



***Introduction générale***

## Introduction générale

---

### Introduction générale

La connaissance de la croissance des arbres forestiers en relation avec les facteurs du milieu est importante en aménagement forestier. L'arbre est un organisme qui réagit aux changements des conditions qui l'entourent et qui enregistre, dans les caractéristiques de ses enveloppes annuelles de bois ou dans des anomalies morphologiques visibles, la chronologie des événements qui l'affectent. L'observation de la très grande capacité des végétaux ligneux à réagir à des stress exogènes liés aux perturbations affectant leur milieu de croissance a montré l'intérêt de l'analyse de ces réactions pour évaluer les événements (ALESTALO, 1971). La dendrochronologie a ainsi permis le développement d'approches et de méthodologies fructueuses dans les sciences de l'environnement (climatologie, écologie, géomorphologie, hydrologie) (SCHWEINGRUBER, 1988).

En Algérie, les résineux (Pin d'Alep) englobent la majorité des formations forestières et pré forestières. Ces formations sont d'une très grande importance sur les plans économique et écologique notamment à travers leur rôle de protection contre le processus de désertification et d'érosion, très dynamiques dans ces régions.

En effet, le pouvoir d'adaptation et d'acclimatation qu'a montré cette espèce a intéressé les forestiers pour son introduction dans la ceinture verte Saida-Naama, en zone continentale à la limite du semi-aride et ce pour son intérêt économique. La ceinture verte en tant que patrimoine naturel national et moyen de lutte contre la désertification

Sous l'influence de climat, l'accroissement en diamètre se fait par la formation et l'apparition de cernes ; ces derniers présentent des épaisseurs variables d'une année à l'autre

La dendrochronologie étudie la succession des cernes de croissance sur des essences vivantes ou mortes, récentes et anciennes. A partir de l'observation de séquences caractéristiques de cernes pour établir la correspondance climatique.

Le but de la dendrochronologie est d'étudier la variation en épaisseur des cernes en fonction des paramètres climatiques.

L'objectif de la présente réflexion est de répondre à quelques questions clés face auxquelles les variations du climat influent sur les accroissements radiaux ; de même que l'importance de l'âge de la formation du cerne ait un impact sur son épaisseur. La combinaison de ces deux principaux éléments sur le développement du cerne constitue notre objectif

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail de mémoire, qui consiste à étudier la croissance radiale et son évolution pour un échantillon d'arbres de Pin d'Alep de la ceinture verte Saida -Naama en fonction d'un paramètre climatique, en particulier les fluctuations annuelles des précipitations.

## Introduction générale

---

Supposons qu'il existe une relation positive entre le climat et la croissance des cernes de pin d'Alep !

Nous présentons, dans :

- Le premier chapitre un aperçu sur l'espèce. L'accent est mis sur la présentation de Pin d'Alep, ses caractéristiques biologiques et écologiques dans son milieu forestier.
- Le second chapitre présente l'approche utilisée dans le contexte dendrochronologie.
- Le troisième chapitre présente les spécificités de notre zone d'étude où se sont réalisées Nos investigations.
- Le quatrième chapitre du mémoire est consacré aux principaux méthodologies et matériels utilisés dans notre étude.
- Le dernier chapitre a été consacré à l'interprétation et la discussion de nos résultats.



## ***Chapitre I***

### ***Monographie du pin d'Alep***

## 1. Taxonomie

Le genre *Pinus*, appartenant à la famille des Pinacées (Abiétacées), est divisé en trois sous-genres qui sont *Pinus*, *Ducampo pinus* et *Cembra pinus*. Ces sous-genres sont divisés en sections. L'espèce *Pinus halepensis* Mill. fait partie de la section *Halepensis* qui est divisée en trois groupes parmi lesquels le groupe *halepensis* qui se caractérise par des feuilles à deux aiguilles et à cônes caducs (NAHAL, 1962 ; KADIK, 2006).

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) appartient à un groupe de pins dans lequel plusieurs espèces ont été décrites, mais dont deux seulement sont actuellement considérées comme de véritables espèces par la majorité des systématiciens. Il s'agit de *Pinus halepensis* Mill. et de *Pinus brutia* Ten. (QUÉZEL & BARBERO, 1992).

D'après Le HOUÉROU (1990), ces deux espèces occupent près de 6,8 millions d'hectares sur l'ensemble du bassin méditerranéen. *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* sont deux taxons très proches génétiquement, précédemment inclus dans une section distincte ou dans la sous-section *halepensis* (PRICE *et al*, 1998, LOPEZ *et al*, 2002).

La classification récente du genre *Pinus*, sous-genre *Dyloxylon*, ou pins «durs» à tendance à regrouper les deux espèces *P. halepensis* et *P. brutia* avec *P. heldreichii*, *P. pinaster*, *P. pinea*, *P. canariensis* et *P. roxburghii* dans la sous-section *pinaster*, également appelée le groupe des pins méditerranéens (GERNANDT *et al*, 2005 ; 2008).

## 2. Systématique :

Selon (NAHAL, 1962 ; in ATHMANI et MASMOUDI, (2008) Le Pin d'Alep "*Pinushalepensis* Mill " est l'essence caractéristique de l'étage bioclimatique méditerranéen semi-aride, il appartient à :

- \* **Embranchement** : Phanérogames.
- \* **Sous embranchement** : Gymnospermes.
- \* **Classe** : Conifères.
- \* **Ordre** : Coniférolespinoidines.
- \* **Sous ordre** : Abiétales.
- \* **Famille** : Pinacées.
- \* **Genre** : *Pinus* .
- \* **Sous genre** : *Eupinus*.
- \* **Espèce** : *Pinushalepensis*.
- \* **Nom scientifique** : *Pinushalepensis*.
- \* **Nom commun**: pin d'Alep
- \* **Nom arabe**: Sanaoubar al-halabi.

## Noms usuels :

- Pin d'Alep, pin de Jérusalem, pin blanc (France).
- Aleppo pine, Jerusalem pine (Angleterre).
- Sanaouberhalabi (pays arabes).
- Pinocarrasso (Espagne).
- Pino di Gerusalemme (Italie).
- Aleppo Kiefer (Allemagne).
- Noms vernaculaires : Azoumbei, Tayada (Berbère).

### 3. Aire de répartition

#### 3.1. Dans le monde

L'aire de répartition géographique du pin d'Alep se limite au bassin méditerranéen et occupe plus de 3,5 millions d'hectares (QUÉZEL, 1986) (Figure 1). L'espèce domine les écosystèmes forestiers dans les zones semi-arides du bassin méditerranéen. En plus de son aire de répartition naturelle, cette espèce a été largement utilisée dans les projets et les programmes de boisements au cours du XX<sup>ème</sup> siècle (MAESTRE *et al.*, 2003).

Elle est surtout cantonnée dans les pays du Maghreb et en Espagne où elle trouve son optimum de croissance et de développement (PARDÉ, 1957 ; QUÉZEL *et al.*, 1987).

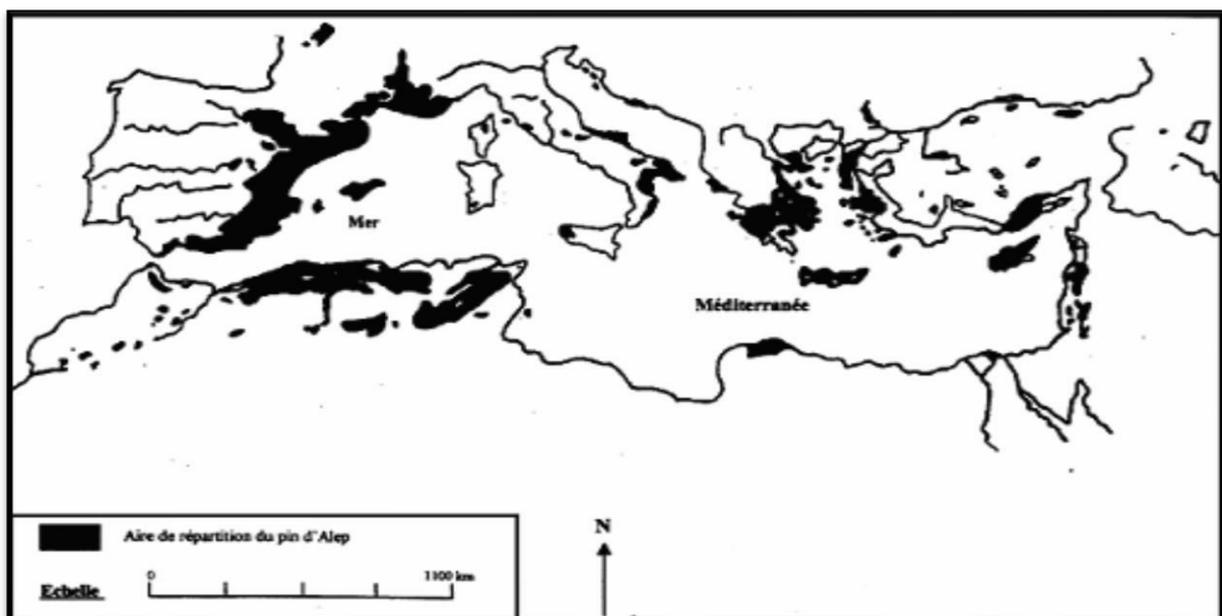


Figure 01 : Aire de répartition du pin d'Alep QUÉZEL (1986).

Maroc, le pin d'Alep est peu fréquent à l'état spontané. Il occupe une superficie de 65.000 hectares répartis en peuplements disloqués occupant la façade littorale méditerranéenne au niveau du Rif, du moyen et du haut Atlas (**QUÉZEL, 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**).

Cependant **AMMARI et al. (2001)** avancent une superficie de 370.000 hectares occupée par les forêts naturelles et les reboisements de pin d'Alep (tableau 1).

En Europe, Le pin d'Alep est surtout présent sur le littoral espagnol où il couvre une superficie de 1.046.978 hectares en peuplements purs et 497.709 hectares en peuplements mixtes ou mélangés avec d'autres espèces, soit 15% de la surface boisée de la région (**MONTERO, 2001**).

En France, il est beaucoup plus fréquent en Provence prolongeant, dans le Nord, la vallée du Rhône où il occupe une aire de 202.000 hectares (**COUHERT & DUPLAT, 1993**).

En Italie, le pin d'Alep ne représente que 20.000 hectares cantonnés essentiellement dans le Sud, en Sicile et en Sardaigne. Par contre, en Grèce, les peuplements de pin d'Alep représentent une superficie importante de 330.000 hectares.

En Méditerranée orientale, il est assez rare et remplacé par *Pinus brutia*. Il existe à l'état spontané 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**).

**Tableau 01 : Répartition du pin d'Alep dans quelques pays du monde.**

<b>Pays</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Sources</b>
<b>Algérie</b>	800 000	(MEZALI , 2003)
<b>Maroc</b>	65 000	(BAKHIYI ,2000 ;in BENTOUATI, 2006)
<b>Tunisie</b>	170 000 à 370 000	(CHAKROUN ,1986)
<b>France</b>	202 000	(COUHERT et DUPLAT ,1993)
<b>Espagne</b>	1 046 978	(MONTERO,2000;in BENTOUATI, 2006)
<b>Italie</b>	20 000	(SEIGUE ,1985)

### 3.2. En Algérie :

D'après ZENZEN (2016), le pin d'Alep est fréquent surtout sur les massifs du tell littoral et l'Atlas saharien, Il s'étend à lui seul sur près de 850.000 ha, il occupe 37% de la surface effectivement boisée de l'Algérie (Figure 02).

Selon BOUDY (1955), Le pin d'Alep présente de vastes peuplements en oranais (Sidi-Bel-Abbès, Saïda, Tlemcen, Tiaret) dans l'Algérois (médias, Boghar, Monts des Bibans) sur l'Atlas saharien (mont de OuledNail) et dans le sud Constantinois (Aurès, région de Tébessa).

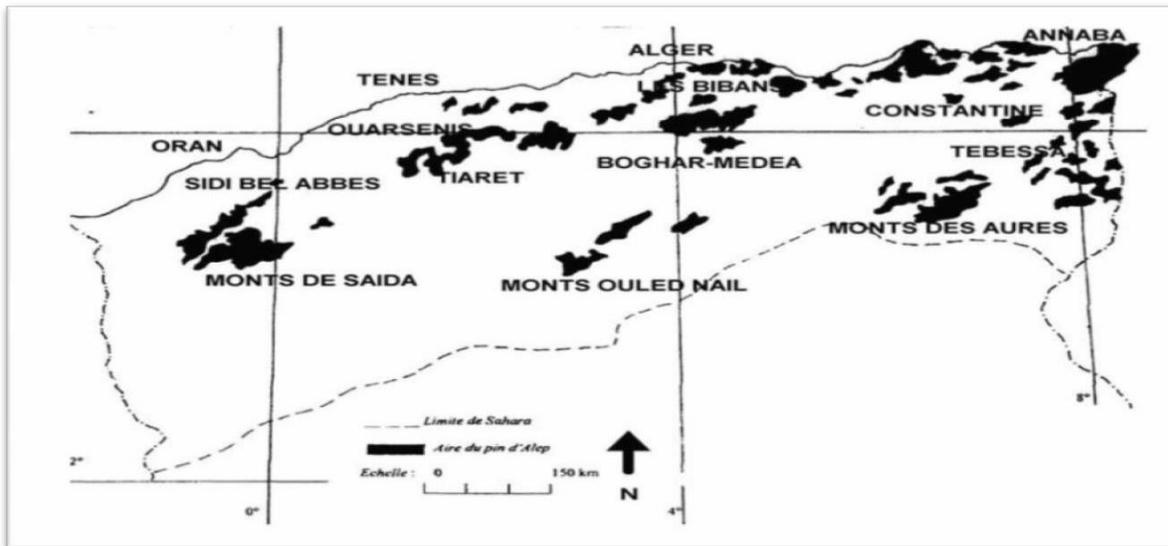


Figure 02 : Aire de répartition du pin d'Alep en Algérie (BENTOUATI, 2006 ; in MEZERAI, 2014).

#### 4. Caractéristiques botaniques et dendroécologiques du pin d'Alep :

C'est un arbre forestier résineux de deuxième grandeur qui peut parfois atteindre les 30 mètres de hauteur (Figure 3) est souvent penché et peu droit avec une cime écrasée, irrégulière et claire mais ses branches sont assez étalées (BEKER et al, 1982 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 03: Le pin d'Alep dans la ceinture verte de zone bougtob (2021).

- 4.1. **L'écorce:** Riche en tannin, est d'abord lisse de couleur argentée (Figure 4), puis devient crevassée avec des écailles de couleur gris-brunâtre (KADIK ,1950 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 04: L'écorce du pin d'Alep.

- 4.2. **Les Rameaux:** Sont verts clair, puis gris clair, assez fins (Figure 5). Il est polycyclique car cet arbre fait souvent une seconde pousse la même année. Les bourgeons sont non résineux, ovoïdes, aigus, bruns avec des écailles libres frangées de blanc (KADIK, 1987 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 05 : Le rameau du pin d'Alep.

- 4.3. **Les feuilles ou les aiguilles:** sont de 6 à 10 cm de long (Figure 6) avec une largeur de 1 mm, sont fines, molles, lisses et aigus, groupées par 2 en pinceaux à l'extrémité des rameaux (NAHAL, 1962 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 06 : Les feuilles du pin d'Alep.

- 4.4. **Les cônes:** Sont gros avec une taille de 6 à 12 cm (Figure 7) avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm, Souvent isolés et réfléchis. Ils sont pourpres puis brun lustré avec des écussons aplatis, persistant Plusieurs années sur l'arbre. Les graines sont de petite taille de 5 à 7 mm à aile longue, brun gris sur une face et gris moucheté de noir sur l'autre (KADIK, 1987 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 07 : Les cônes du pin d'Alep.

- 4.5. **Le bois :** Utilisé en caisserie, pour la fabrication de pâte à papier et de poteaux, si sa forme le permet. (Figure 8) C'est un bois parfait pour la construction de pilotis ou de bateaux (VENET, 1986 ; in BOUTCHICHE et BOUTRIGUE, 2016).



Figure 08: Le bois du pin d'Alep.

- 4.6. **Les graines:** L'arbre de pin d'Alep produit également une graine comestible, appelée « Zgougou », (Figure 9) Destinée à la confection d'une crème largement utilisée en Tunisie (**BOUTCHICH et BOUTRIGUE, 2016**).



**Figure 09 : les graines du pin d'Alep.**

- 4.7. **La résine:** L'arbre de pin d'Alep peut produire également de la résine grâce à une opération appelée Gemmage. Cette opération consiste à « blesser » le tronc de l'arbre de pin d'Alep pour que ce dernier envoie de la résine afin de cicatriser cette blessure (**VENET, 1986**).

## **5. Ecologies du pin d'Alep :**

Le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est une essence méditerranéenne à caractère continental de tempérament robuste et très plastique puisqu'elle s'adapte aux conditions écologiques difficiles. C'est une essence aussi xérophile, thermophile et héliophile (**LETREUCH, 1991**)

Le pin d'Alep peut se rencontrer de la basse altitude jusqu'à 2200 m. C'est une essence qui se rencontre dans la tranche altitudinale qui va depuis le littoral jusqu'au niveau de l'Atlas Saharien (**SOLTANI, 2016**).

En Algérie, selon (**KADIK, 1983 ; in BOUCEDDI, 2016**), il prospère dans les tranches altitudinales suivantes :

- 1300-1400m : dans l'Atlas Tellien,
- 1600m : dans les Aurès,
- 2100-2200m : dans l'Atlas Saharien.

On peut le pin d'Alep trouver dans tous les étages bioclimatiques, les grandes forêts de pin d'Alep se trouvent principalement dans la zone semi-aride caractérisée par une tranche pluviométrique de 300 à 600 mm.

Le pin d'Alep demande une tranche pluviométrique annuelle de 400 mm et une température moyenne de 14°C. Il peut supporter des amplitudes thermiques très élevées et une forte sécheresse atmosphérique. Il résiste au froid, et supporte rarement des températures inférieures à -10°C. Le pin d'Alep est une essence indifférente à la nature de la roche mère et au pH, (**BOUDY, 1955**).

Le pin d'Alep supporte un taux élevé de calcaire actif surtout dans les substrats chauds et bien drainés, en particulier les sols squelettiques. Il préfère les sols calcaires ou argilo-calcaires. Il ne tolère ni les sols sablonneux dont la perméabilité ne permet pas de retenir de l'eau, ni les bas-fonds limoneux et il comporte très mal sur les schistes et les micaschistes (**SEIGUE, 1985 ; in SOLTANI, 2016**).

En Algérie, le pin d'Alep s'observe surtout sur les roches mères carbonatées à pH basique, il colonise les sols de texture sablo-limoneuse à limono-sableuse (**KADIK, 1984**).

Sa régénération est très abondante après incendie mais il ne résiste pas aux incendies répétés. La multiplication se fait par semis sous châssis au printemps ou semis de graines fraîches à l'automne. Très combustible du fait de sa résine, le pin est détruit sans appel. Il ne rejette pas de souche, ne reverdit pas de la cime. Mais l'espèce est indirectement favorisée, en raison d'une croissance rapide et très étalée, à partir des milliers de graines projetées quand l'onde de chaleur fait éclater les cônes (**LETREUCH, 1991**).

## **6. les ennemis du Pin d'Alep :**

### **6.1. Les incendies :**

Le grand ennemi des forêts de Pin d'Alep est l'incendie à cause de la nature du bois imprégné de résine et de la propulsion des cônes au loin qui favorisent la propagation de l'incendie (**BOUDY, 1952**).

Selon la direction générale des forêts durant l'année 2000, près de 18.000 ha ont été touchés par les feux de forêts à travers le territoire national (**ABDENNEBI, 2006**).

## 6.2. Les maladies et les agents pathogènes:

### 6.2.1. Les champignons :

Le Pin d'Alep est sensible à de nombreuses maladies causées par certains champignons pathogènes provoquant parfois des notables dégâts sur des jeunes peuplements sensibles (ATHMANI et MASMOUDI, 2008).

- Trametes pini, cause l'altération grave du bois.
- Polyporus officinalis, cause la destruction du tronc, production de bois altéré et inutilisable, dit : soboune.

### 6.2.2. Les parasites:

Le Pin d'Alep est exposé à l'attaque de quelques parasites tels que : *Crumenulopsissororia*: parasite des rameaux qui provoque des petits chancres brun sombre (ATHMANI et MASMOUDI, 2008).

### 6.2.3. Les insectes :

Les sujets de Pin d'Alep constituent l'hôte le plus préférable pour de nombreuses espèces d'insectes. Les dégâts sont très graves sur tout dans les jeunes peuplements.

Parmi ces insectes : la chenille processionnaire du Pin, les scolytes, la tordeuse du pousse de Pin,...etc. (ATHMANI et MASMOUDI, 2008).

## 7. Usages du pin d'Alep :

Le pin d'Alep considéré comme l'espèce la plus utilisée pour le reboisement en Algérie (FETATI, 1996). Le bois de Pin d'Alep peut être utilisé, après élimination de la résine, pour la fabrication de la pâte à papier (NAHAL, 1962 ; in SOLTANI, 2016).

'Alep a un bois blanc, au cœur et couleur fauve claire (roux clair), et de qualité médiocre. Dans l'antiquité, le grecs lui vouaient un culte et il recherché pour la construction navale (DUCHENE, 2003). Actuellement, il est utilisé pour la confection de caisses et des charpentes, c'est aussi un bon bois de chauffage. Il était utilisé par les scieurs pour faire de la palette et de l'emballage (où la production fruitière est importante) et notamment des carrelets, pièces d'assemblage de cageots utilisant largement du bois déroulé (BEDEL, 1986).

Le bois de pin d'Alep, même s'il n'est pas de qualité exceptionnelle, est cependant apte à des Emplois plus nobles et donc plus rémunérateurs que ceux qu'il connaît actuellement. En

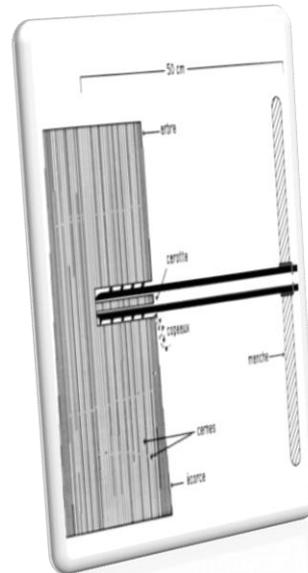
particulier, L'emballage léger pourrait constituer un secteur moteur pour les gros volumes de sciage (**SOLTANI, 2016**).

Le Pin d'Alep à donner environ 3 Kg de résine (la gemme) par arbre et par an .La gemme pure contient 20 à 24 % d'essence de térébenthine et 75 à 80 % de cellophane. Cette gemme a aussi des usages médicaux (**KADIK, 1987**). Les bourgeons de pin, très résineux, ont aussi une utilisation médicale, comme balsamiques et diurétiques, transformés notamment en sirops et pastilles (**ZENZEN, 2016**).

### **8. Productivité du pin d'Alep :**

Dans les forêts naturelles l'accroissement moyen est relativement faible de 0,5 à 3-4 m<sup>3</sup>/ha/an (**BOUDY, 1952 ; SOULERS, 1969 ; in BOBBOU, 2016**).

Selon **KADIK, 1987**, la productivité du pin d'Alep varie suivant les étages climatiques :  
Le Littorale et sub littorale : Production supérieur : 4 m<sup>3</sup>/ha/an. Le Tell : 2 et 4 m<sup>3</sup>/ha/an. Zone Sub-saharienne : 1 et 2 m<sup>3</sup>/ha/a.



## **Chapitre II**

### **Généralité sur la dendrochronologie**

**1. Définitions**

La dendrochronologie est une discipline de plus en plus utilisée dans la recherche forestière pour évaluer l’impact du climat sur la croissance des arbres. Elle permet de lire l’histoire des arbres dans les cernes de leur bois où sont enregistrés les évènements du passé. (DEBRUXELLES J. 2010).

Bien qu’au XVIème siècle, Léonard de Vinci s’intéressât déjà aux cernes, c’est le physicien et astronome A.E. Douglass qui, au début du XXIème siècle, posa les bases de la dendrochronologie moderne (du grec : dendron = arbre ; kronos= le temps ; logs = l’étude).

La dendrochronologie est une science qui repose sur la mesure des largeurs des cernes annuels de croissance et sur la datation précise. Eau du sol, et surtout les variations annuelles des cernes reflètent assez étroitement les variations climatiques, sur la croissance des arbres. A l’heure actuelle, sous le terme dendrochronologie sont regroupées toutes les disciplines qui utilisent directement ou indirectement l’information "date" contenue dans une série chronologique de cernes. (BOURGOIS, MERIAN, 2012)

**2. Les domaines d’étude de la dendrochronologie :**

Il a d'abord été utilisé principalement dans des disciplines telles que l'archéologie ou la climatologie pour la datation, précision des arbres « fossiles » ou reconstitution du climat passé, cet outil est de plus en plus utilisé, étudiez l'environnement et détectez ses changements. Ainsi, l'écologie dendritique, c'est-à-dire l'utilisation de l'affichage il est connu comme agent d'analyse de l'impact de l'environnement sur la croissance et la dynamique des forêts (tableau 02).

**Tableau 02: les domaines d’étude de la dendrochronologie**

Domaine	Discipline	Applications
Ecologie	Dendroécologie	Historiques des feux, dépérissement des forêts, dynamique et croissance
Climatologie	Dendroclimatologie	Périodes de froid et de sécheresse, reconstruction du climat passé, analyse du climat présent
Géologie	Dendrogéomorphologie	Eruptions volcaniques
Anthropologie	Dendroarchéologie Dendroglaciologie	Datation des constructions anciennes ,arbres fossiles, monument historiques

Principalement utilisé dans des disciplines telles que l'archéologie ou la climatologie pour la datation précise d'arbres "fossiles" ou la reconstruction du climat passé, cet outil est plus en plus utilisé pour étudier l'environnement et détecter ses changements. Ainsi la dendrochronologie, l'utilisation de la largeur de cerne comme proxy pour analyser l'influence de l'environnement sur la croissance et la dynamique des forêts, est une discipline récente de la dendrochronologie (environ 40 ans) et en plein essor dans le contexte actuel d'instabilité environnementale.

Dans les régions où le climat impose une alternance de périodes de croissance et de repos, les arbres forment chaque année un cerne de bois facilement distinguable sur une coupe transversale du tronc. Le cerne plus ou moins bien visible selon les essences, permet de compter l'âge des arbres, mais aussi de mesurer leur croissance durant chaque saison de végétation.

La production du cerne, qui correspond à l'accroissement annuel du bois, est influencée par de nombreux facteurs que l'on peut qualifier d'intrinsèques (espèce, individu, potentiel génétique, âge, état sanitaire...), stationnels (climat, topographie, sol, catastrophes naturelles ...) et sylvicoles (statut social, état de concurrence). Parmi ces facteurs, le climat possède un intérêt particulier. Contrairement aux autres facteurs qui sont constants on évolue progressivement, le climat varie constamment d'une année à l'autre avec des répercussions directes sur la croissance des arbres et donc sur la largeur de cerne. Ainsi, les variations annuelles des cernes reflètent assez étroitement les variations climatiques et révèlent la sensibilité des essences au climat. Ce phénomène est à l'origine de la dendrochronologie.

Les processus environnementaux qui réagissent la croissance des arbres et des peuplements, et d'appréhender leurs évolutions futures. La dendrochronologie permet ainsi d'aborder l'autécologie des essences sous un angle inhabituel et est spécialement adaptée à l'étude de l'impact potentiel des scénarios de changements climatiques sur les essences.

### **3. Les applications possibles de la dendrochronologie**

Dans le domaine forestier, depuis quelques décennies la dendrochronologie est plus spécialement étudiée pour détecter l'influence de facteurs environnementaux, comme la fertilité ou la disponibilité en loin, titre "Prétraitement", il reste une grande quantité de paramètres écologiques pouvant expliquer les variations de la croissance. Il est clairement démontré que la largeur de cerne est sensible au climat de l'année. **(BOURGOIS F, 2010).**

Toutefois, l'analyse dendrochronologique n'est pas si simple. Tout d'abord, avant d'analyser l'impact des conditions environnementales, et en particulier du climat, sur la largeur de cerne, il importe d'éliminer les effets de l'âge et des éclaircies.

L'âge affecte directement la largeur du cerne. Lorsqu'un arbre est jeune, l'accroissement est vigoureux et assez soutenu. En vieillissant, l'accroissement diminue progressivement jusqu'à la mort de l'arbre. L'âge influence la largeur des cernes d'un arbre. Plus il est jeune, plus elle est grande.

La vitalité d'un arbre et la compétition qu'il subit influencent aussi fortement son potentiel d'accroissement et sa réactivité à toute perturbation. En cas d'éclaircie forte par exemple, les arbres dominants et sains sont les premiers à profiter de l'apport de lumière et du nouvel espace disponible et forment directement de larges cernes dès l'année suivante.

Le démarrage de la croissance d'un arbre est surtout tributaire de l'élévation de la température.

La caractérisation des conditions situationnelles (régime hydrique et trophique, micro climat) est donc primordiale lors d'études dendrochronologiques.

Une étude dendrochronologique allant de la récolte des données à la construction des chronologies de référence utilisées pour l'étude des relations cerne-climat (MERIAN, 2012).

## 4. Les étapes de la dendrochronologie

### 4.1. Sélection des sites d'étude

La sélection, des peuplements et des arbres à échantillonner dépend des objectifs de l'étude. Il est cependant nécessaire de se baser sur un nombre minimum d'arbres (une douzaine généralement) et d'échantillons (deux voire trois par arbre) de manière à éviter toute influence particulière d'ordre génétique, micro-stationnel ou accidentel.

(DEBRUXELLE J, 2010).

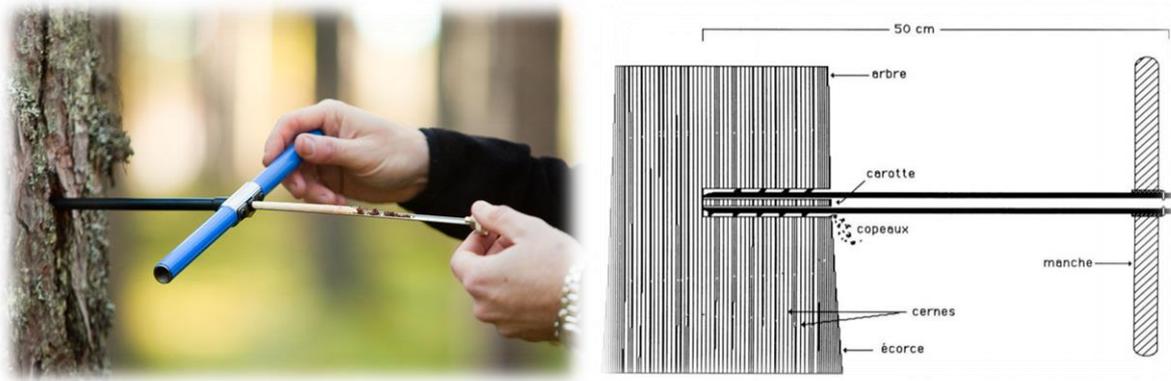
### 4.2. Récolte des échantillons

La mesure des largeurs de cerne est réalisée sur des échantillons de bois pouvant prendre la forme de carottes ou de rondelles. Les carottes sont prélevées par forage dans le tronc à l'aide d'une tarière de Pressler (manuelle ou motorisée) (figure 10).



Figure 10 : tarière de Pressler

Le prélèvement s'effectue généralement à cœur (c'est-à-dire jusqu'à atteindre la moelle) à une hauteur de 1.30 mètre pour que les accroissements mesurés puissent être directement reliés avec les mesures dendrométriques habituelles. Un arbre peut être carotté plusieurs fois dans différentes directions (figure 11).



**Figure 11 : Coupe longitudinale de la carotteuse Mattson lors d'un prélèvement sur un arbre vivant**

### 4.3. Prétraitement

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.

L'interdatation 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. En fonction des objectifs de l'étude, on cherche à mettre en évidence certaines fréquences, qui sont alors considérées comme le signal à étudier, tandis que les autres fréquences constituent un "bruit de fond" à éliminer. Cette procédure est appelée standardisation des séries chronologiques.

La standardisation consiste à ajuster les données brutes (les largeurs de cerne) par une fonction mathématique qui fournit des valeurs prédites. Le rapport entre les valeurs brutes et les valeurs prédites fournit un indice de cerne standardisé.

Chaque arbre échantillonné est donc caractérisé par une série chronologique, qu'elle soit standardisée ou non. En faisant la moyenne de toutes ces chronologies pour un même site, on obtient la " chronologie maîtresse. C'est cette dernière, représentant au mieux le peuplement, qui sera mise en relation avec les facteurs à étudier.

La procédure d'interdatation et de standardisation et la création de la série "maîtresse" permettent donc d'atténuer voire d'éliminer l'effet des arbres au comportement particulier et toutes erreurs ou aberrations pouvant être générées aux différentes étapes du processus.

Les largeurs ou les indices de cerne sont mis en relation avec les variables écologiques au sein d'une matrice de corrélation pour mettre en évidence les variables qui influencent le plus l'accroissement (corrélation positive ou négative). Les comparaisons interannuelles permettent aussi de mettre en évidence les années caractéristiques : c'est-à-dire celles qui induisent une forte variation de l'indice de cerne. Ces années sont particulièrement intéressantes à considérer car elles sont souvent chargées d'informations sur la relation entre le climat et la croissance.

Enfin, on peut aussi modéliser l'effet combiné des différents facteurs étudiés sur l'accroissement.



### ***Chapitre III***

### ***Présentation de zone d'étude***

## 1. Introduction

L'idée de ceinture verte est née dans les années 1950, bien avant la conférence des Nations unies sur la lutte contre la désertification organisée en 1977 à Nairobi.

Les projets les plus connus sont ceux de la ceinture verte de Niamey (1965), du barrage vert en Algérie. (1971) et celui de ceinture verte de Nouakchott (1975). Dans les autres pays, les activités de reboisement et de fixation de dunes étaient couramment menées avec l'assistance des services forestiers. Considérées comme des infrastructures, ces réalisations fournissent des services publics environnementaux, leur mise en œuvre est orchestrée par l'Etat (OSS, 2008).

**2. La ceinture verte** est conçue au départ comme une opération de reboisement. Les reboisements sont en majorité de Pin d'Alep (*Pinus Halepensis*).

Dans cette étude la ceinture verte a été choisie comme un critère de repère dans le temps et dans l'espace. Un repère dont on connaît que la majeure partie a été effectuée entre 1972 et 1980.

### 2.1. Les ceintures Vertes en Algérie :

L'essentiel des ceintures vertes a été localisé au niveau Ain el hdjar . Sfid. El kheither .Bougto .d'El Biodh, Naama, Mecheria, Ain Sefra et Ain Benkhelil. Le pin d'Alep est l'essence première utilisée, associée rarement à d'autres essences comme le cyprès. La ceinture verte de la région de Naama présente une bonne reprise grâce aux eaux superficielles de la nappe phréatique .Cependant elle se trouve exposée au problème d'ensablement de la côte de sebkha. Ces plantations périurbaines qui étaient à une distance suffisante des agglomérations se trouvent aujourd'hui collées aux constructions et convoitées par l'urbanisation.

### 2.2. Caractéristique de la ceinture verte :

La ceinture verte se trouve sur des terrains plats ou de faible pente,

Le long de la distance entre Saida et Naama et autour des agglomérations.

Actuellement la ceinture verte se trouve dans une phase de dégradation très avancée.

Victimes de la sécheresse, du surpâturage, de la chenille processionnaire, les arbres n'ont pas pu survivre.

### 3. Identification de la zone d'étude :

La ceinture verte Saida- Ain sefra, s'étend sur une distance de 300 km environ, elle longe la route nationale n°6. Sa réalisation avait commencé, à partir des débuts des années 70 du dernier siècle. Réalisée C'est une ceinture verte nord sud, pour servir les usagers de la route nationale et protégée cette infrastructure

### 4. Les stations des prélèvements :

Dans le but de faire des relevés dendrochronologiques le long de cette ceinture, plusieurs points (stations) de mesure ont été retenus :

#### 4.1. Station d'Ain Elhdjar :

Cette station est située à environ 500m à la sortie sud de l'agglomération d'Ain El Hadjr (figure 12)



Figure 12: images prise de SAS PLANET de placette de Ain el hdjar 2021

4.2. Station de Sfid:

Sfid est située au sud de Saïda, la zone d'échantillonnage est située au sud-ouest de Sefid, près de la station-essence.



Figure n°13: images prise de SAS PLANET de placette de sfid 2021

4.3. station de El Kheiter :

La municipalité d'Al-Khayther est située au nord de l'État d'Al-Beidh, à environ 110 km du siège de l'État. Elle est située sur la rive est, ce qui en fait une ville riche en eau minérale potable, et ce qui en fait une ville agricole.



Figure n°14: images prise de SAS PLANET de placette de el kheiter 2021

4.4. Station de Bougtob

Bougtob est situé dans le nord de la wilaya d'El Bayadh. La zone d'échantillonnage est située à l'ouest-sud Bougtob, les arbres trouvés en commençant à entrer dans Bougtob (figure 15)



Figure 15: images prise de SAS PLANET de placette de Bougtob 2021

4.5. Station d'El biodh : Elle est située dans le nord de la wilaya de La zone Naama .

La zone d'échantillonnage est située au nord-ouest des El biodh (figure16).



Figure 16: images prise de SAS PLANET de placette d'El biod 2021

4.6. Station de Mekalis

Makalis est à 37 km au sud de la wilaya de Naama. La zone d'échantillonnage au sud de Makalis est à environ trois kilomètres (figure 17).



Figure 17: image prise de SAS PLANET de placette de Mekalis 2021

## 5. Situation géographique:

### 5.1. Les coordonnées des stations:

Station 1 Ain el hdjar (AE)	N34°4448.9147	W°08'42.9277
Station 2 Sfid (SE)	N34°01'53.3449	W0°04'42.8634
Station 3 El kheither (KE)	N34°08'49.1186	W0°04'06.5914
Station 4 Bougtob (BE)	N34°01'53.3449	W0°04'24.5054
Station 5 eLbiod (EE)	N33°46'08.3395	W0°07'42.8865
Station 6 mekalis (ME)	N32.59.34.4766	W0°31'07.3960

## 6. Situation administrative

- a) **station 1 AE:**  
**Wilaya:** saida  
**Daïra:** Ain el hdjar
  
- b) **Station 2 SE :**  
**Wilaya:** saida  
**Daïra:** sidi ahmed
  
- c) **Station 3 KE :**  
**Wilaya:** bayadh  
**Daïra:** bougtob
  
- d) **Station 4 BE :**  
**Wilaya:** bayadh  
**Daïra:** bougtob
  
- e) **Station 5 EE :**  
**Wilaya:** naama  
**Daïra:** mecheria
  
- f) **Station 6 ME:**  
**Wilaya:** namaa  
**Daïra:** Ain sefra

**7. Données climatiques :**

Les précipitations et les températures sont les principaux facteurs météorologiques qui influent sur le climat d'une région aussi, ils ont une grande valeur biologique pour l'analyse des relations entre le climat et les anneaux de croissance de l'arbre ont examiné

**(FRITTS, 1976, SCHWEINGRUBER, 1988)**

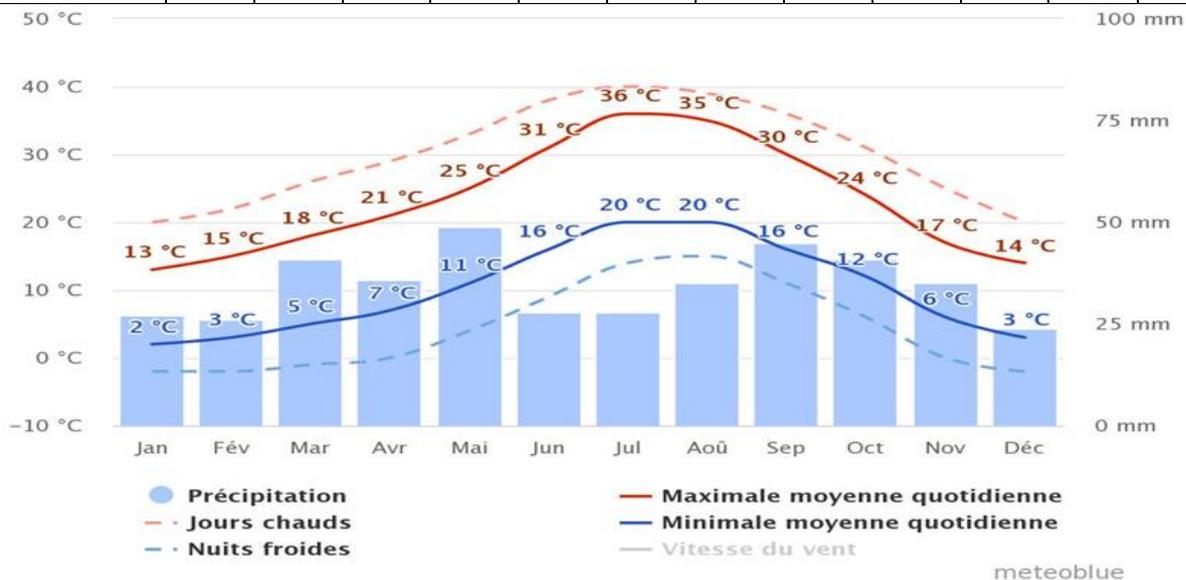
On a obtenu les données climatiques de Les données disponibles des précipitations et températures sont incomplètes, nous avons un manqué des données de dix ans (1970-1980)

• Ain el hdjar :

Entre le plus sec et le plus humide des mois, l'amplitude des précipitations est de 38 mm. 20.3 °C de variation sont affichés sur l'ensemble de l'année.

**Tableau 03: precipitation mensuelles (mm) et temperature C° (max/moy/min) et humidité / jours de pluie**

	jav	fev	mrs	avr	mai	jun	jul	aou	sep	oct	nov	dec
Température maximale	11.6	12.7	16.5	20	42.2	29.8	34.3	33.7	28.1	23.3	15.5	12.3
Température moyenne	6.3	7.2	10.4	13.4	17.4	22.5	26.6	26.2	21.3	17.2	10.4	7.3
Température minimale moyenne	2.2	2.7	5.1	7.5	11.1	15.5	19.3	19.4	15.6	12	6.2	3.5
Précipitation	43	39	49	46	42	21	11	19	34	37	44	34
Humidité	68	66	61	57	52	44	37	39	51	55	67	71
Jours de pluie	6	6	6	6	5	3	3	5	5	4	5	6



**Figure 18: Diagrammes climatique de station d'Ain el hdjar en 2020**

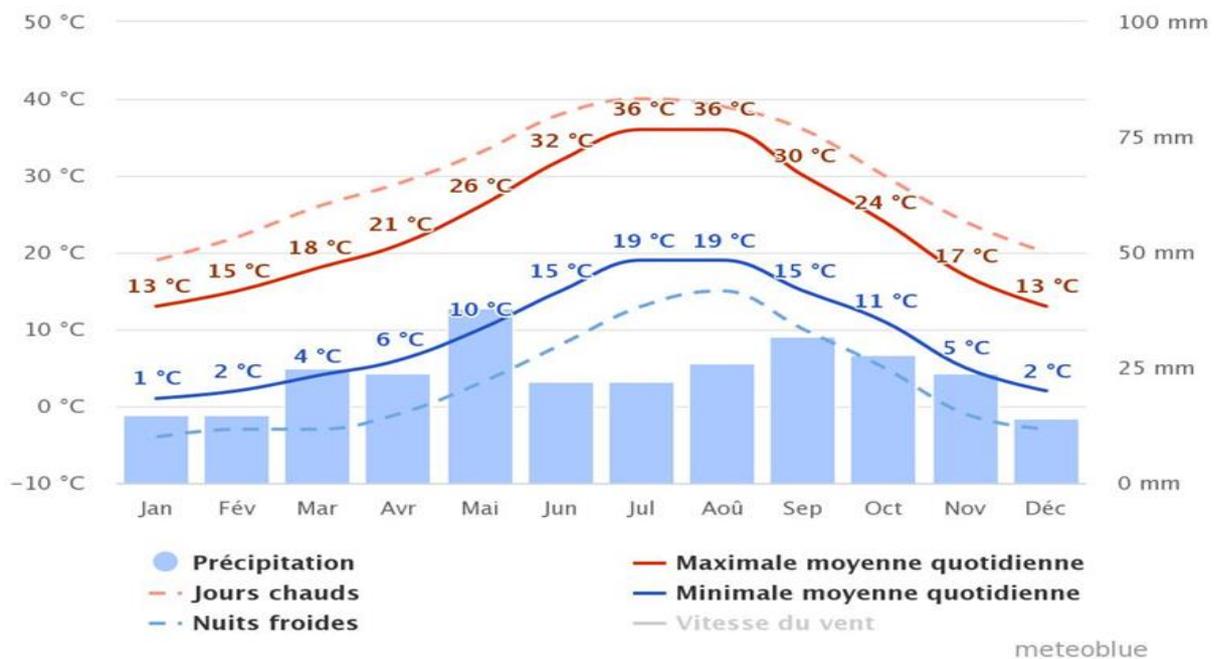
Ain el hdjar se trouve à 916m d'altitude, AEH à un climat semi-aride. Tout au long de l'année, il y a peu de précipitations. La classification de Köppen-Geiger est de type BSk. AEH affiche une température annuelle moyenne de 15.3 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 419 mm.

• Sfid :

Les précipitations varient de 23 mm entre le plus sec et le plus humide des mois. Sur l'année, la température varie de 22.5 °C.

**Tableau 04:precipitation mensuelles (mm) et temperature C° ( max/moy/min) et humidité / jours de pluie**

	jav	fev	mrs	avr	mai	jun	jul	aou	sep	oct	nov	dec
Température maximale	5.3	6.6	10.3	13.8	18.1	23.6	27.7	26.9	21.7	16.9	9.6	6.1
Température moyenne	1	1.8	4.6	7.4	11.5	16.2	20.1	19.8	15.7	11.4	5.2	2.1
Température minimale moyenne	10.6	12.2	16.5	20.5	25	31	35.5	34.2	28.4	22.9	14.8	11.1
Précipitation	26	24	32	31	30	14	9	13	25	28	31	22
Humidité	70%	64%	55%	48%	42%	33%	28%	31%	44%	51%	66%	73%
Jours de pluie	5	5	5	5	4	3	2	3	4	4	4	4



**Figure 19 : Diagramme climatique de station sfid en 2020**

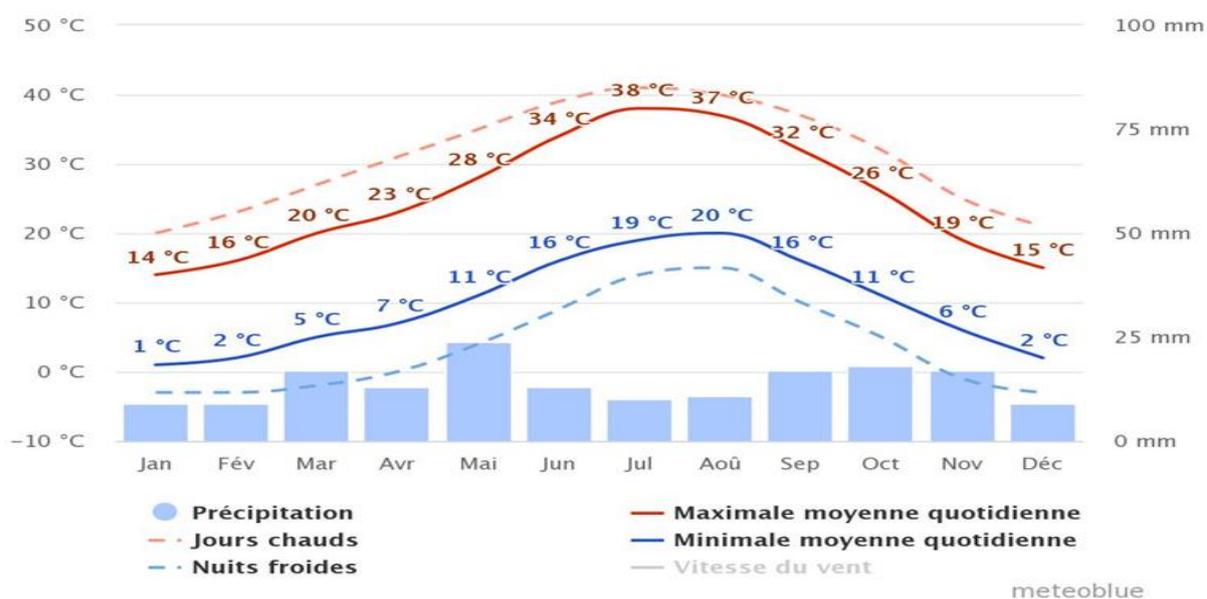
Sfid se trouve à 980m d'altitude Un climat de steppe est présent à sfid. Tout au long de l'année, il y a peu de précipitations. La classification de Köppen-Geiger est de type BSk. sfid affiche une température annuelle moyenne de 15.5 °C. Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 285 mm.

• **El kheiter :**

Entre le plus sec et le plus humide des mois, l'amplitude des précipitations est de 18 mm. Une différence de 23.8 °C existe entre la température la plus basse et la plus élevée sur toute l'année.

**Tableau 05: precipitation mensuelles (mm) et temperature C° ( max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG-**

	jav	fev	mrs	avr	mai	jun	jul	aou	sep	oct	nov	dec
Température maximale	5.2	7	11.1	14.9	19.4	24.9	29	28	22.7	17.5	10	6.2
Température moyenne	0.3	1.5	4.7	8	12.2	17	20.9	20.4	16.2	11.6	5.1	1.7
Température minimale moyenne	11.1	13.1	17.7	21.8	26.3	32.2	36.6	35.1	29.3	23.6	15.6	11.6
Précipitation	20	17	24	25	24	10	7	9	20	23	25	17
Humidité	69%	61%	49%	42%	37%	29%	24%	27%	40%	49%	65%	73%
Jours de pluie	4	3	4	4	3	2	1	2	3	3	4	3



**Figure 20 : Diagramme climatique de statin el kheiter en 2020**

Se trouve à 988m d'altitude Le climat dominant de El Kheiter est de type désertique. Il n'y a pratiquement aucune précipitation toute l'année dans El Kheiter. La carte climatique de Köppen-Geiger y classe le climat comme étant de type BWk. El Kheiter affiche une température annuelle moyenne de 16.3 °C.

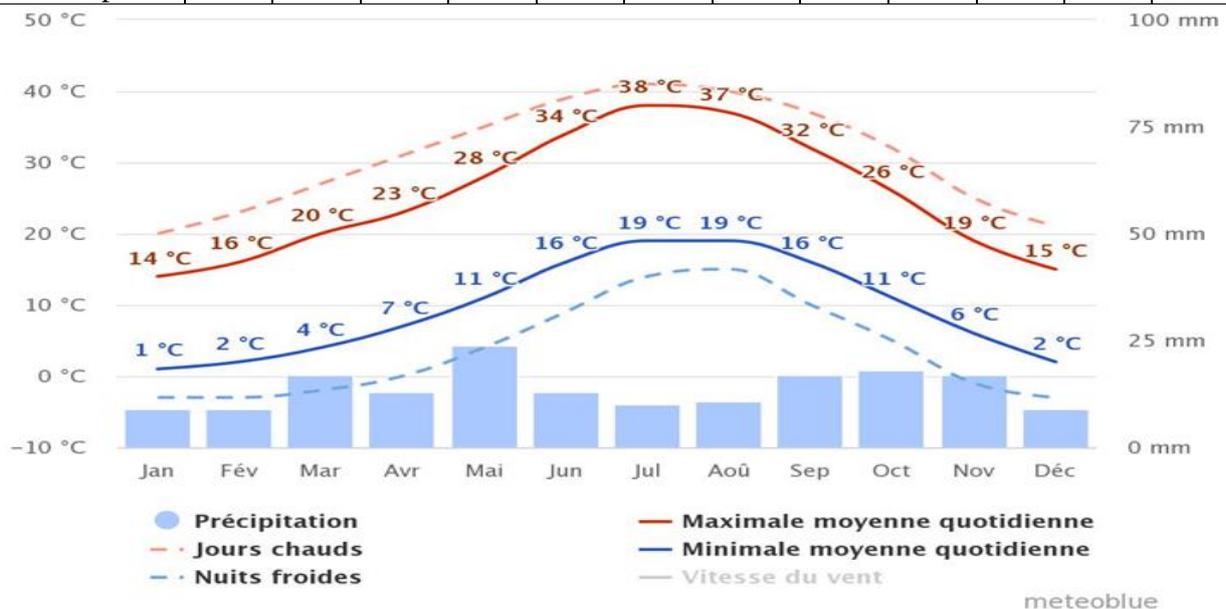
Chaque année, les précipitations sont en moyenne de 221 mm.

• **Bougto** :

La variation des précipitations entre le mois le plus sec et le mois le plus humide est de 18 mm. Entre la température la plus basse et la plus élevée de l'année, la différence est de 23.8 °C.

**Tableau 06: précipitation mensuelles (mm) et température C° (max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG-**

	jan	fev	mars	avr	mai	jun	juil	aoû	sep	oct	nov	dec
Température maximale	5	6.7	10.8	14.7	19.1	24.6	28.8	27.8	22.4	17.2	9.8	6
Température moyenne	0.1	1.2	4.3	7.6	11.7	16.5	20.3	19.9	15.7	11.2	4.8	1.5
Température minimale moyenne	10.9	12.9	17.5	21.6	26.2	32.1	36.4	35	29.2	23.4	15.4	11.4
Précipitation	18	16	23	24	21	8	6	7	19	22	24	16
Humidité	69%	61%	49%	42%	37%	29%	24%	27%	39%	49%	64%	73%
Jours de pluie	4	3	3	3	3	1	1	1	3	3	3	3



**Figure 21 :Diagramme climatique de station Bougton en 2020**

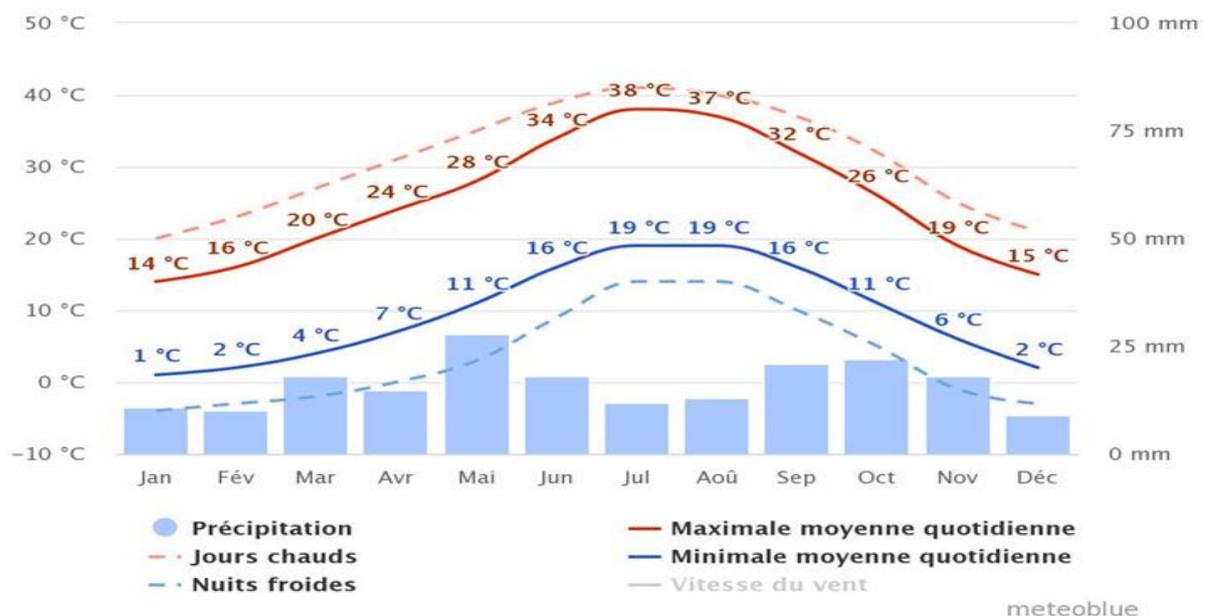
Le Bougto se trouve à 991m d'altitude Bougto à un climat désertique. Au cours de l'année, il n'y a pratiquement aucune précipitation en Bougto. Selon la classification de Köppen-Geiger, le climat est de type BWk. Bougto affiche une température annuelle moyenne de 16.1 °C. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 204 mm.

• **El biod :**

Les précipitations varient de 31.5 mm entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. L'amplitude des températures tout au long de l'année est de 22.7°C.

**Tableau 07:precipitation mensuelles (mm) et temperature C° ( max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG -**

	jav	fev	mrs	avr	mai	jun	jul	aou	sep	oct	nov	dec
Température maximale	2	3	6	8	12	18	21	21	17	12	7	3
Température moyenne	7	9	12	15	19	25	30	29	24	18	12	8
Température minimale moyenne	12	14	18	21	26	32	36	35	30	23	17	13
Précipitation	13	13	30	29	18	11	14	31	29	42	24	15
Humidité	66%	58%	48%	42%	37%	30%	25%	28%	41%	49%	63%	71%
Jours de pluie	4	3	4	4	3	2	1	1	3	3	4	3



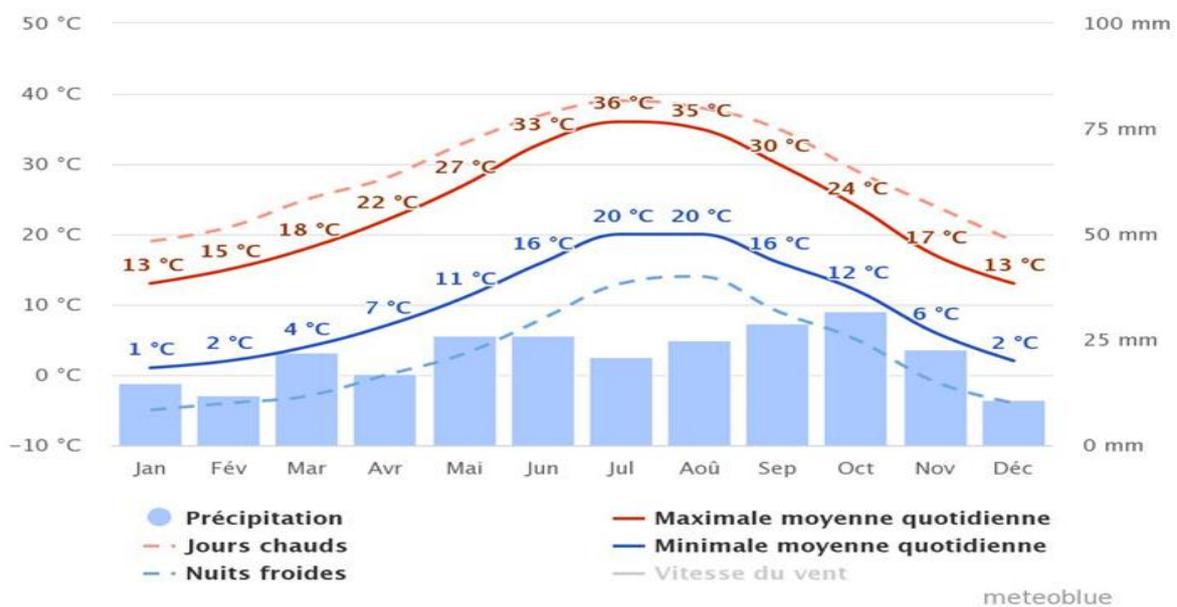
**Figure 22: Diagramme climatique de station El biodh en 2020**

• **Mekalis :**

Une différence de 19 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. Une variation de 23.5 °C est enregistrée sur l'année.

**Tableau 08: précipitation mensuelles (mm) et température C° (max/moy/min) et humidité / jours de pluie -CLIMATE-DATA.ORG-**

	jan	fév	mars	avr	mai	jun	juil	aoû	sep	oct	nov	dec
Température maximale	4.4	5.9	10	13.9	18.4	23.8	27.9	26.6	21.4	16.1	8.8	5.3
Température moyenne	-0.3	0.5	3.5	6.7	10.8	15.6	19.4	18.9	14.7	10.3	3.9	0.8
Température minimale moyenne	10	11.8	16.4	20.5	25.2	30.8	34.9	33.4	27.8	21.9	14.3	10.6
Précipitation	17	14	20	20	15	8	4	9	22	23	23	14
Humidité	61%	54%	43%	36%	31%	24%	19%	23%	35%	46%	60%	67%
Jours de pluie	3	3	3	3	2	2	1	2	3	3	3	2



**Figure 23: Diagramme climatique de station Mekalis en 2020**

se trouve à 1310m d'altitude Un climat désertique est présent à Mekalis. A Mekalis, la pluie est pratiquement inexistante. Cet emplacement est classé comme BWk par Köppen et Geiger. Mekalis affiche 15.2 °C de température en moyenne sur toute l'année. Sur l'année, la précipitation moyenne est de 189 mm.

## 8. Relation climat-cerne :

Relation de l'anneau avec le climat Les anneaux du pin d'Alep, comme d'autres arbres ou plantes ligneuses, ont une épaisseur variable qui est en grande partie liée à des facteurs environnementaux, parmi lesquels les précipitations (P.) et la température (T.) jouent un rôle important.

La climatologie arboricole est liée à la recherche sur les relations actuelles entre la croissance et les facteurs climatiques (principalement P. et T.) ainsi qu'à la reconstitution du climat passé à partir de la longue chaîne d'épisodes. Plusieurs méthodes peuvent être suivies pour rechercher les relations entre les arbres et le climat, en s'appuyant sur l'observation répétée sur plusieurs années d'un échantillonnage précis du même matériau dans leur bio environnement, réalisé pour le pin d'Alep (**SERRE 1 973, 1 976**).

Une autre façon d'étudier les relations climat-cerne est d'utiliser des épaisseurs finies de boucles successives et de données météorologiques mensuelles (P. et T) pendant plusieurs années (une vingtaine au moins) et de calculer les relations sur des bases statistiques. Entre les deux ensembles de données.

Ce dernier donne une idée du comportement moyen des arbres étudiés par rapport aux facteurs climatiques. Contrairement à la recherche observationnelle, la fonction de réponse d'un grand nombre de populations et d'espèces dans différents biotopes peut être calculée (**TESSIER 1986**).

## 9. Pédologie :

Le sol est l'élément principal de l'environnement et règle la répartition de la Végétation. Il se développe en fonction de la nature de la roche mère, la Topographie et les caractéristiques du climat (BOUKRERIS, 2008) et souvent aussi par l'action humaine.

### 9.1. Types de sol:

Le type de sol est déterminé par la dimension des particules qui le composent et par leur agencement. On peut regrouper les sols en trois grands types (tableau 09)

**Tableaux 09: types de sol des stations de prélèvement**

Les stations	Type de sol
Ain el hdjar	Argileux
Sfid	Argileux
El kheiter	limoneux
Bougtob	Limoneux
El biodh	Sableux
Mekalis	Sableux

## 10. Parameters de végétation:

Les 6 stations sont occupées essentiellement par le pin d'Alep (*Pinus halepensis*). Les espèces végétales rencontrées peuvent être classées comme suit :

### Station 1/Ain El Hadjar:

Ille se trouve à une altitude de 916 m avec une exposition Sud-Est, , elle est marquée par une pente de 5 %.

Les espèces présentées au niveau des cette station sont:

- *Centaurea aspera*
- *triticum aestivum*

**Station 2/ Sfid:**

Elle présente une exposition Est, avec une altitude de 980m, cette station est marquée par une pente de 6%.

Cette station se compose principalement de :

- *Mesembryanthemum nodiflorum*
- *Artemisia herba-alba asso*
- *Erodiun lebelii jord*

**Station 3 / El Kheiter:**

Elle a une altitude de 998 m et une pente moyenne de 5% et une exposition Est.

Les espèces observées dans cette station:

- *Lactuca serriola*
- *Atriplex halimus*
- *Solanun chenopodiodes*

**Station 4/ Bougtoub:**

Elle présente une exposition Est, avec une altitude de 1009 m, cette station est marquée par une pente de 5%.

Les espèces observées dans cette station :

- *Citrullus colocynthis*
- *Marrubium vulgare*
- *Peganum harmala*
- *Anacyclus valentinus*
- *Sisymbrium officinale*

**Station 5 / El biodh:**

Ile se trouve à une altitude de 1045 m avec une exposition Sud-Est, , elle est marquée par une pente de 2 %.

Les espèces présentées au niveau des cette station sont :

- *Prganum harmala*
- *Artemisia herba-alba asso*
- *Xanthium spinosum*

### Station 6/ Mekalis:

Elle présente une exposition Est, avec une altitude de 1322 m, cette station est marquée par une pente de 6%.

Cette station se compose principalement de:

- *Pegunum harmala*
- *Xanthium spinosum*



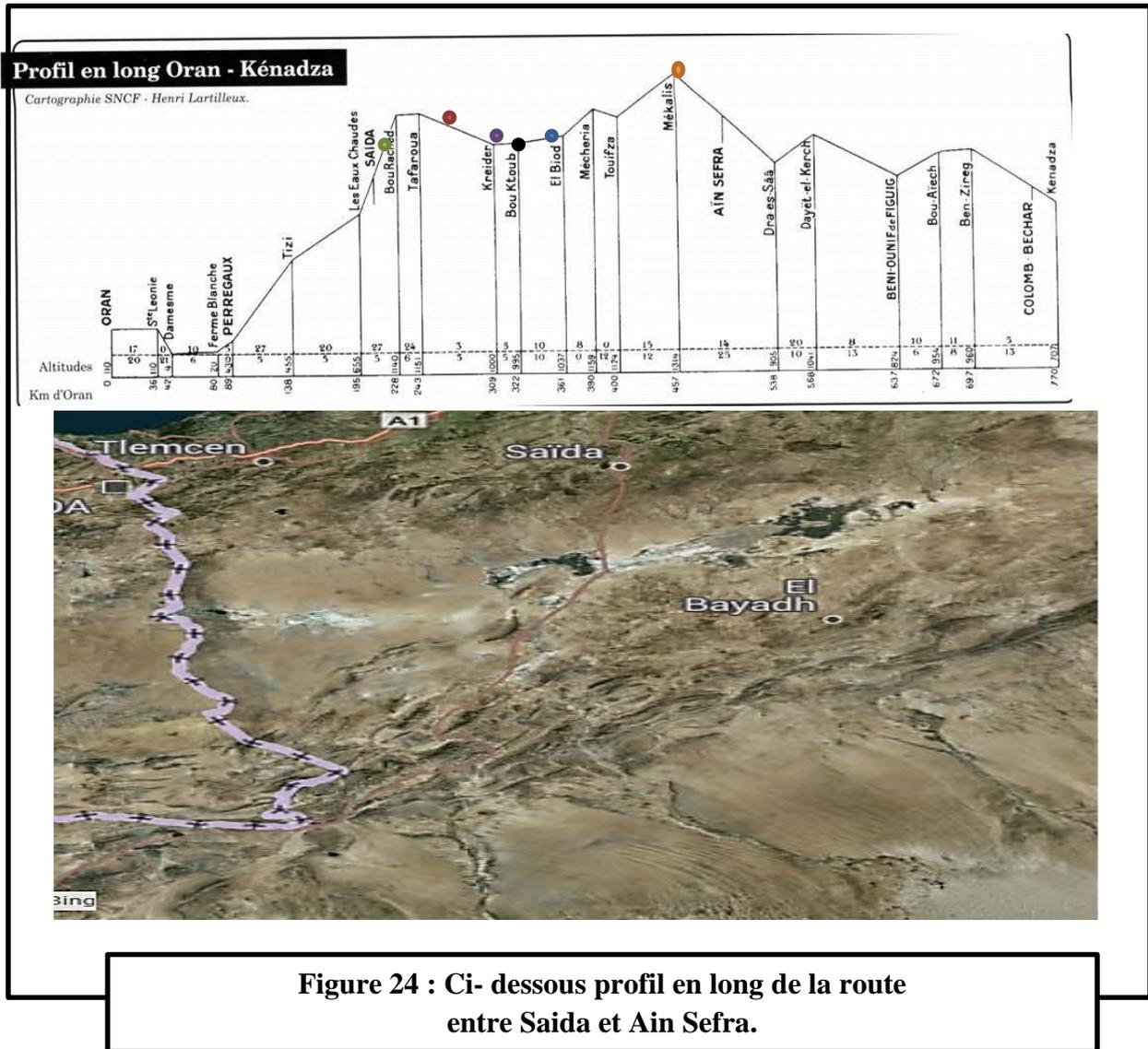
## ***Chapitre IV***

### ***Matériels et Méthodes***

**1. Choix du site de prélèvement**

Les sites fait partie de les zones (Ain lhdjar ,Sfid, El kheiter, Bougtob , El biod, Mekalis)  
Lieu de la Wilaya de Saida, Bayadh, Naama.

Ils est couvert par un peuplement pur de pin d’Alep, elle est en effet marquée par la présence de quelques sujets éparpillés (**figure 24**) .



**Figure 24 : Ci- dessous profil en long de la route entre Saida et Ain Sefra.**

**1.2. Espèce étudiée :**

Le type que nous avons étudié dans ce travail est le pin d’Alep qui est dans la ceinture verte (Saida \_ Ain sefra)

**1.3. Sélection des individus**

Quatre arbres dominants ou Co-dominants ont été sélectionnés pour le prélèvement des carottes. Cependant, les arbres malformés, malades ou ceux portant des traces d’accidents quelconques ont été écartés.

### 1.4. Prélèvement des carottes

Les carottes ont été prélevées à l'aide d'une tarière de Presler. Le prélèvement a été effectué à une hauteur de 30 centimètre pour que les accroissements mesurés puissent être directement reliés avec les mesures dendrométriques habituelles. . C'est ainsi que 4 carottes ont été prise de chaque station (**figure 25,26**).



Figure 25 : Prélèvement d'une carotte



Figure 26 : La Tarière de Presler

### 1.5. Préparation des échantillons :

Après avoir extrait les carottes, les carottes sont préparées, protégées avec une paille en plastique, et sont complètement stockées dans un étui en plastique de longueur appropriée. Au moment de la collecte, certaines carottes n'étaient pas en très bon état. Ou il est parfois cassé et immédiatement rejeté.

Chaque carotte est échantillonnée et numérotée selon les numéros d'arbre, marqué (numéro de pièce), et les carottes sont conservées au congélateur pour éviter qu'elles ne se dessèchent. (Température de stockage 0°)

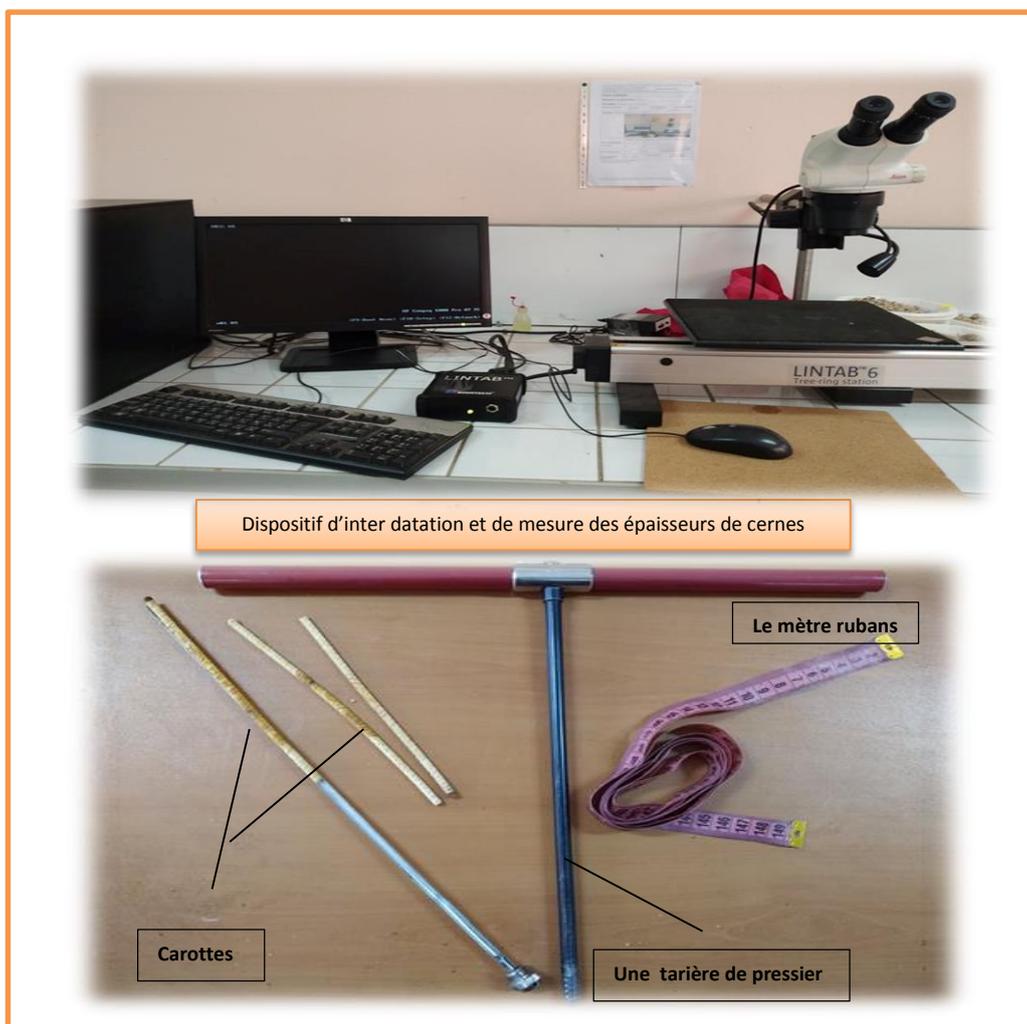
## 2. Donnés cerne :

### 2.1. Matériels de travail utilisé :

Le matériel utilise pour ce travail (**figure 21**) est constitué de :

- Une tarière de pressier
- LINTAB 6 + logiciel TSAP
- Pailles (les carottes)
- Le mètre rubans pour le diamètre des arbres
- Un crayon et un carnet

Les mesures ont été réalisées par la table de mesures LINTAB d'une précision de un millième de mm et mené d'un logiciel d'informatique TSAP Windows (Figure 21).



**Figure 27 : le matérielles utilisées pour le détermination de l'épaisseur des cernes**

## 2.2. Logiciels utilisés :

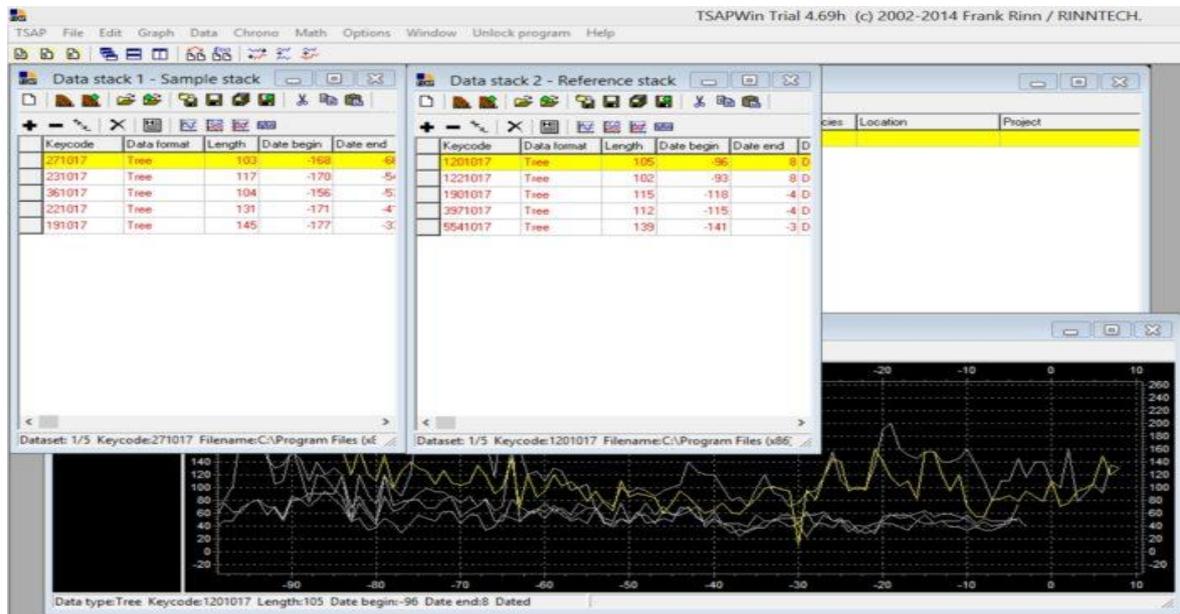


Figure 28 : logiciel associé TSAPWin Basic.

Découvrez l'histoire de la vie des arbres.

TSAP-Win™ offre une plate-forme logicielle puissante pour les analyses des cernes des arbres. Toutes les étapes, de la mesure à l'évaluation des séquences des cernes des arbres, sont couvertes par TSAP-Win™. Un grand nombre de fonctions graphiques et statistiques jusqu'à des liens vers des bases de données sont disponibles dans TSAP-Win™ et vous aident à gérer vos données.

TSAP Win Scientific suit la philosophie de couvrir les domaines de base de l'analyse dendrochronologique sur une seule plate-forme :

- Mesure à l'aide de LINTAB ou d'autres appareils
- Édition à l'écran dans le graphique
- Rencontres croisées à l'écran, soutenues par des paramètres statistiques
- Construction de la chronologie à partir d'échantillons datés croisés ou en ajoutant des échantillons à une chronologie existante
- Graphiques des lignes, des barres, des faisceaux, des pics
- Opérations mathématiques Opérations faciles, indexation, tendance/régression, corrélations, tableau de statistiques
- Échange avec les formats de données étrangers Catras, Hemmenhofen, Birmensdorf, INRA, Belfast, V Format et autres

- Connexion de tables de mesure étrangères Velmex, Aniol et autres appareils
- Base de données de tri et de recherche de données confortables), TSAP Win gère des séries temporelles sur des piles de données. Ainsi, les échantillons peuvent être séparés des références et des données de sortie, telles que les séries d'indices.

### Avantages

Différents formats de données sont pris en charge :

Synchronisation graphique et statistique directement sur l'écran

- Stocke les marques et les commentaires avec les valeurs mesurées

En-tête de données détaillées

- Conception modulaire : bibliothèque graphique et mathématique complète, prise en charge de formats tiers, lien vers des bases de données SQL (**Enabling better global research outcomes in soil, plant & environmental monitoring.**) Copyright ICT International

L'interdatation des carottes est réalisée à l'aide de deux méthodes complémentaires : Le calcul statistique des années caractéristiques et la construction d'une chronologie de référence. La première étape consiste à calculer, pour chaque arbre de la placette et chaque année disponible, l'évolution du rapport (ERC<sub>n</sub>) entre la largeur du cerne de l'année n (L<sub>n</sub>) et celle du cerne de l'année n-1 (L<sub>n-1</sub>). Le calcul se fait sur les données brutes (largeur) :

$$ERC_n = 100 \times \frac{(L_n - L_{n-1})}{(L_{n-1})}$$

Une moyenne des ERC peut être ensuite calculée pour chaque date disponible en utilisant l'ensemble des carottes de la placette. On obtient alors une valeur moyenne de l'évolution relative de la croissance radiale pour l'ensemble de l'échantillon entre deux années consécutives.

### 2.3. Mesure et interdatation

Après avoir été préparés en laboratoire, les échantillons ont été examinés à la loupe binoculaire et leur essence a été déterminée. La largeur de boucle a ensuite été mesurée à l'aide de la table de mesure LINTAB associée au logiciel TSAP-Win, avec Précision de 0,01 mm. Au moins un rayon a été mesuré pour chaque partie échantillonnée, mais souvent, plus que cela a été mesuré, en particulier dans des sections entières.

Des synchronisations entre chronologies individuelles d'un même bâtiment ont ensuite été recherchées, afin de constituer une chronologie moyenne du site.

## 2.4. Traitement des données

### 2.4.1. Les chronologies élémentaires :

Après les mesures les données obtenues ont été mise en format Excel. La chronologie élémentaire de chaque arbre ont été comparé par superposition graphique (vérification de la carotte s'impose).

### 2.4.2. Les années caractéristiques

Année est dite caractéristique lorsque, pour deux années successives, on constate une augmentation ou une diminution concordante de l'épaisseur du cerne.

Pour calculer les années caractéristiques.

La première étape : nous avons pris les données des cernes des arbres et la moyenne pour chaque station

Étape 2 : Nous avons calculé l'indice de boucle pour chaque borne

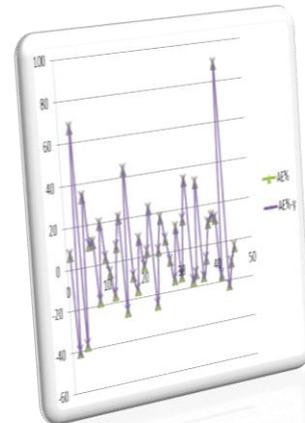
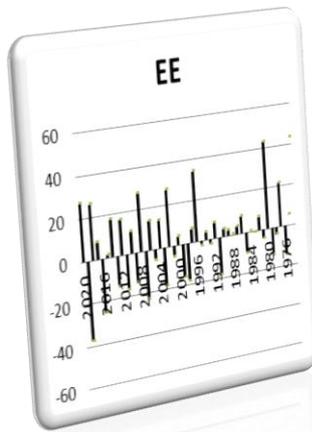
$$E\% = LC_n - LC_{n-1} / LC_{n-1}$$

Nous avons un E% pour chaque station, ceci afin d'uniformiser les stations et de supprimer l'effet âge et l'effet station

L'étape suivante : Nous avons calculé la somme des stations pour calculer les années distinguées

$$ANNEE\ CARACTERISTIQUE = E_c\% \text{ de chaque station-}y$$

La dernière étape : tracer les courbes



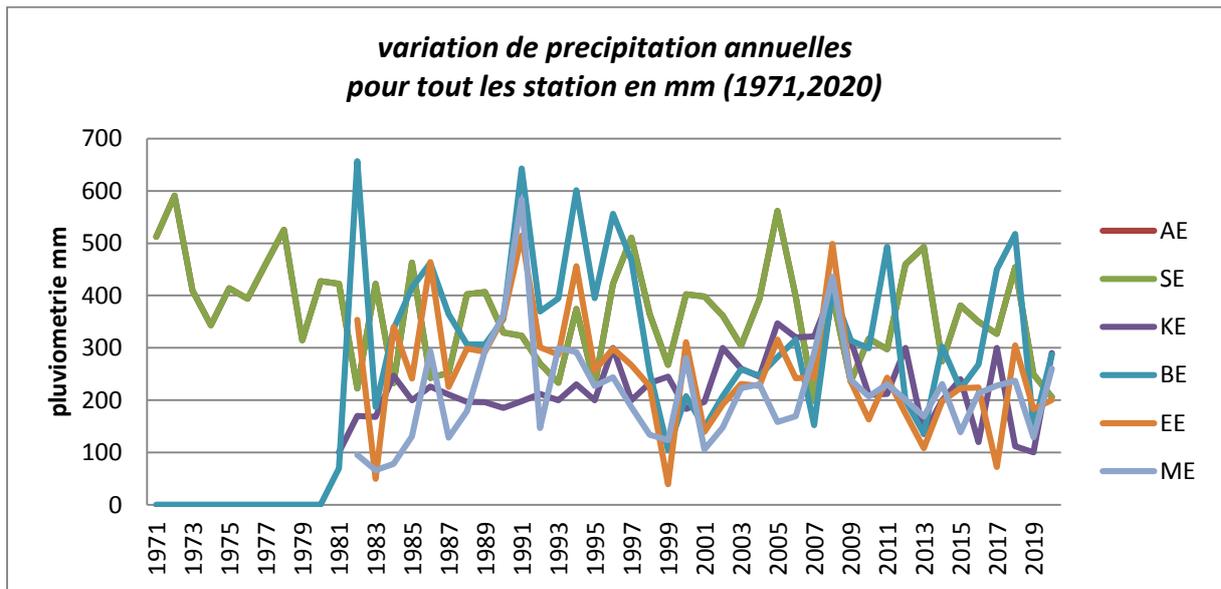
# **Chapitre V**

## **Résultats et discussions**

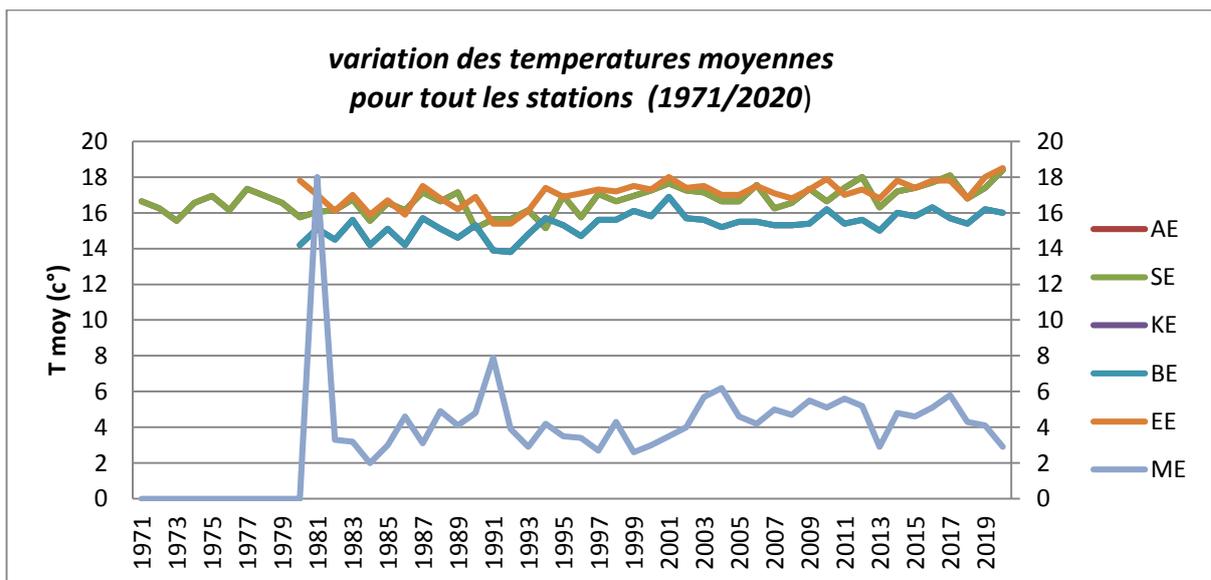
**1. Variabilité interannuelle du climat :**

Notre objectif est de comparer les données climatiques avec la croissance annuelle du pin d'Alep, donc notre travail ici sera lié à l'observation de la variation entre les variables climatiques (précipitation / température) avec la largeur annuelle des cernes des arbres.

Nous présentons dans les deux figures 30 et 31 les variabilités interannuelles du climat (P et T) dans les 6 stations étudiées.



**Figure 29 : variation de précipitation annuelle des sites étudiés en fonction de temps**



**Figure 30 : variation de température moyenne annuelle des sites étudiés en fonction de temps**

Les courbes des paramètres climatiques étudiés montrent une augmentation du gradient des précipitations et une diminution de la température. Sans doute, du fait de la différence d'altitude entre les stations, les paramètres climatiques sont corrigés en fonction de la hauteur des parcelles étudiées.

Les précipitations à chaque station varient d'une année à l'autre en fonction de la température. Les courbes de température à chaque station se superposent, l'évolution de la température est à peu près similaire au cours des années et ne semble se remarquer que dans la région de Makalis.

## 2. Analyse des largeurs de cernes :

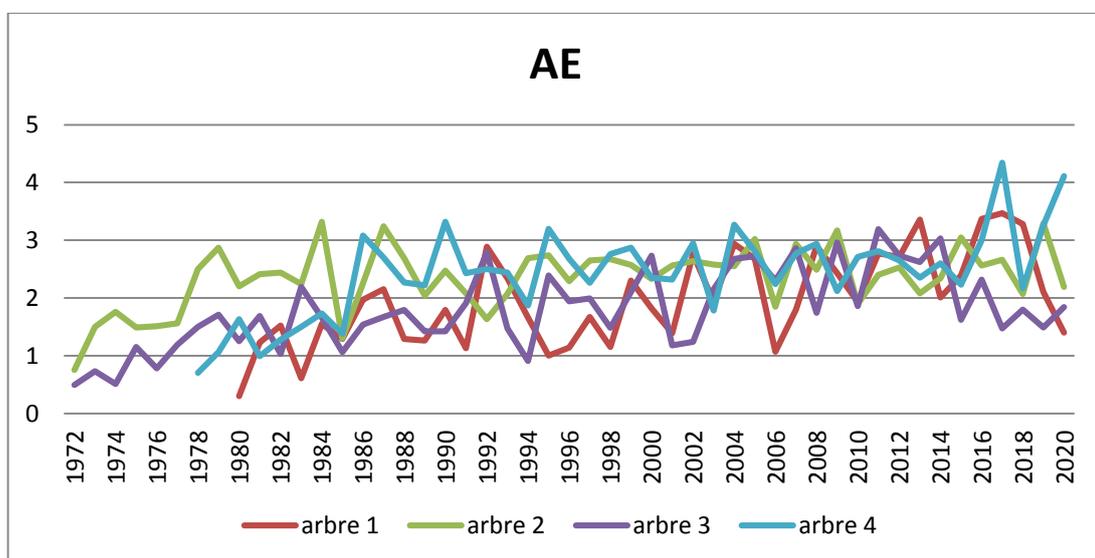
### 2.1. Les séries des chronologies élémentaires

La première étape dans l'analyse des cernes dans l'étude dendroécologique consiste en l'analyse des chronologies élémentaires dans le but de connaître si ces dernières représentent des corrélations entre elles.

Les premiers résultats de ces séries sont présentés dans les figures (32, 33, 34, 35, 36, 37).

#### Station d'Ain el hdjar (AE) :

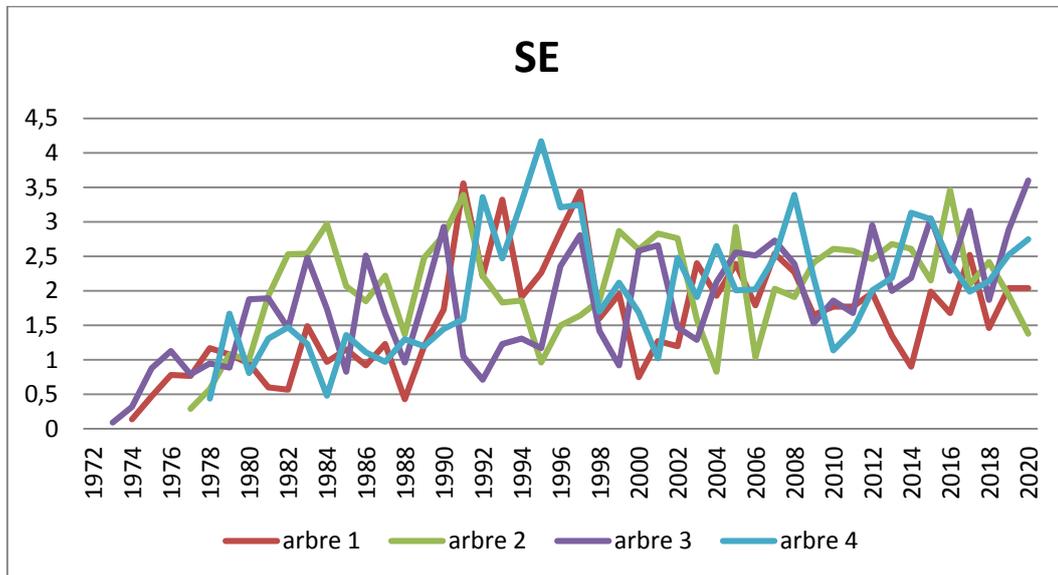
En fonction des objectifs de l'étude, on cherche à mettre en évidence certaines fréquences, qui sont alors considérées comme le signal à étudier, et donc chaque arbre échantillonné est caractérisé par une série chronologique, Séries chronologiques individuelles non standardisées pour quatre carottes de quatre arbres de pin d'Alep dans la station d'Ain el hdjar (figure 31).



**Figure 31 : les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station d'ain el hdjar les années 1972/2020**

**Station de Sfid (SE) :**

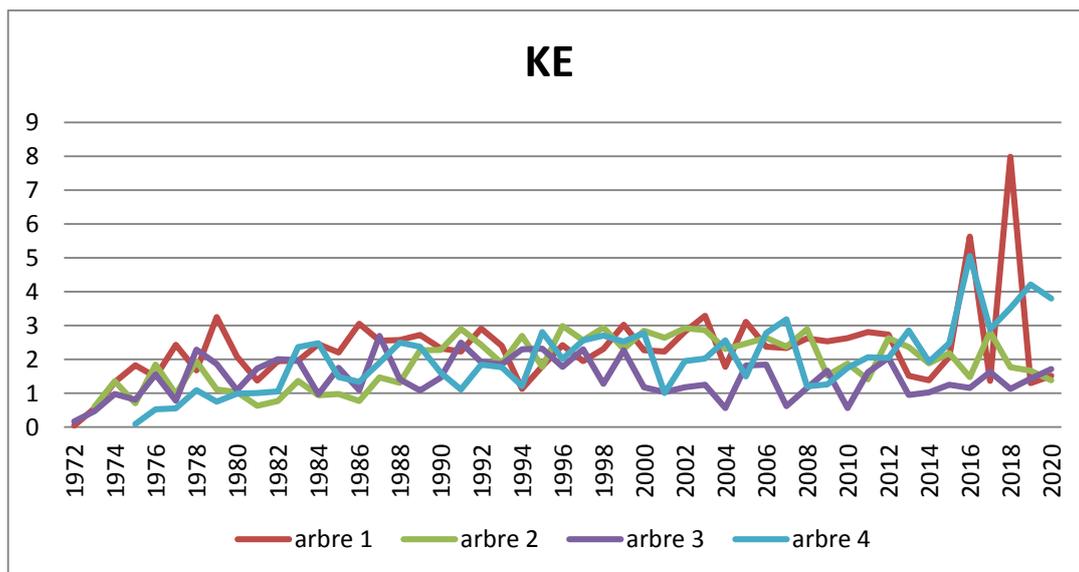
Chaque arbre échantillonné est donc caractérisé par une série chronologique. on obtient la «chronologie maîtresse» de la station de sfid (figure 32). C’est cette dernière, représentant au mieux le peuplement, qui sera mise en relation avec les facteurs à étudier.



**Figure 32 : les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station de sfid a les années 1972/2020**

**Station d’El Kheiter (KE) :**

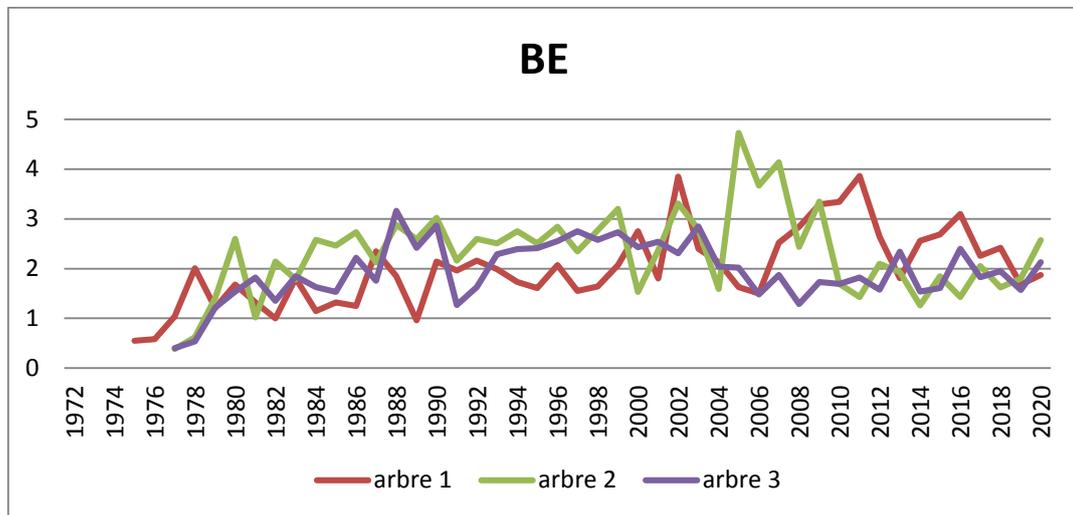
Méthode qui consiste à ajuster chaque série individuelle de cernes des quatre arbres par les années de station d’El kheiter (figure 33).



**Figure 33 : les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station d’El kheiter les années 1972/2020**

**Station de Bougtob (BE) :**

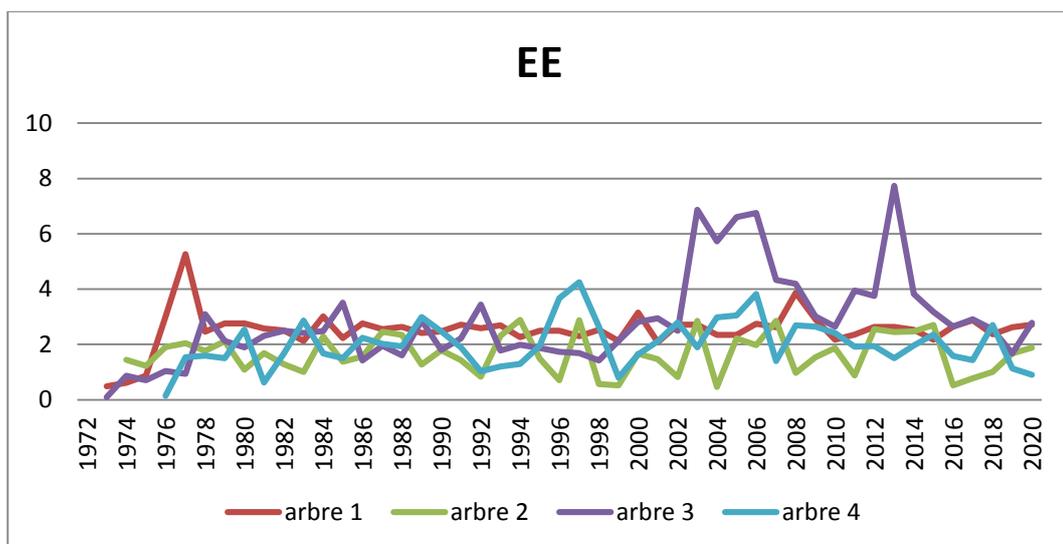
Nous cherchons à mettre en évidence certaines fréquences, qui sont par la suite considérées comme un signal qu'il faut étudier, et donc chaque arbre échantillon est caractérisé par une série temporelle, une série temporelle individuelle non uniforme de trois carottes de trois arbres de pins d'Alep dans la station Bougtob (Fig. 34).



**Figure 34: les Courbes de variation au cours du temps de largeurs des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 3 arbres dans la station de Bougtob a les années 1972/2020**

**Station d'El biodh (EE) :**

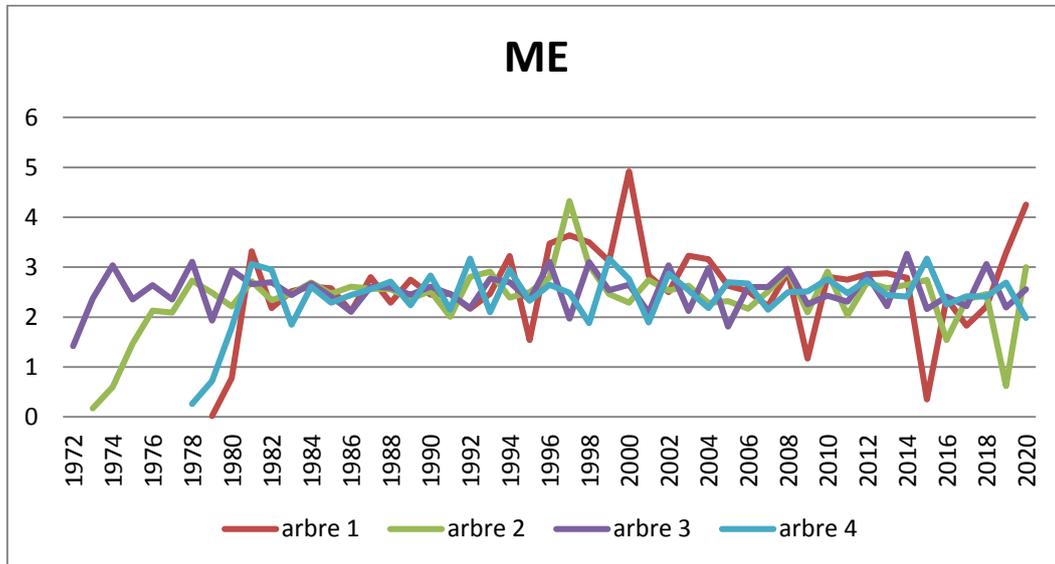
Chaque arbre échantillon est caractérisé par une série temporelle, une série temporelle irrégulière individuelle de quatre carottes provenant de quatre arbres de pin d'Alep dans la station d'El biodh (Figure 35).



**Figure 35 : les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station d'El biodh a les années 1972/2020**

**Station de Mekalis (ME) :**

Selon les objectifs de l'étude, chaque arbre échantillon est caractérisé par une série chronologique, une série chronologique individuelle non uniforme pour quatre carottes de quatre traites. Pin d'Alep de la station de Mekalis (Figure 36).



**Figure 36: les Courbes de variation au cours du temps de largeur des cernes de l'ensemble des vieux pins d'Alep échantillonnés 4 arbres dans la station de Mekalisa les années 1972/2020**

A partir des courbes, nous remarquons qu'il y a une différence entre les courbes pour chaque région qui donne plus de représentation des courbes individuelles.

2.2. Analyse de largeurs des cernes comparés les courbes de 6 placettes

Largeur moyen des cernes des 6 placettes de pin d'Alep (figure 37).

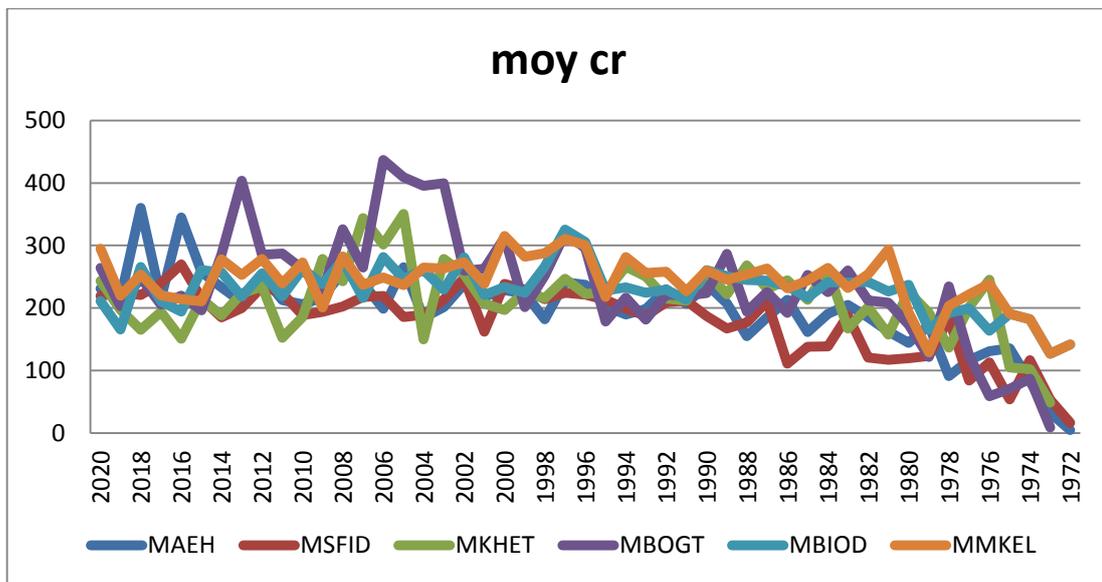


Figure 37 : chronologie moyennes brute de pin d'Alep dans les 6 stations.

PS1 Ain el hdjar AE (altitude 916 m ),PS2 Sfid SE ( altitude 980 m ), PS3 El kheiter KE ( altitude 998 m), PS4 Bougtob BE (altitude 1009 m ) , PS5 El biodh EE( altitude 1045 m ) ,PS6 Mekalis ME( altitude 1322 m )

pour caractériser quantitativement les ressemblances , les différences intraspécifiques des grappes et les différences entre les stations en termes d'incrément de largeur et de multiples de largeurs annuelles des anneaux de toutes les carottes prélevées sur les échantillons, une chronologie maitresse de premier ordre a été construite pour chaque site en moyenne des anneaux formés au cours de chaque année Du pin d'Alep

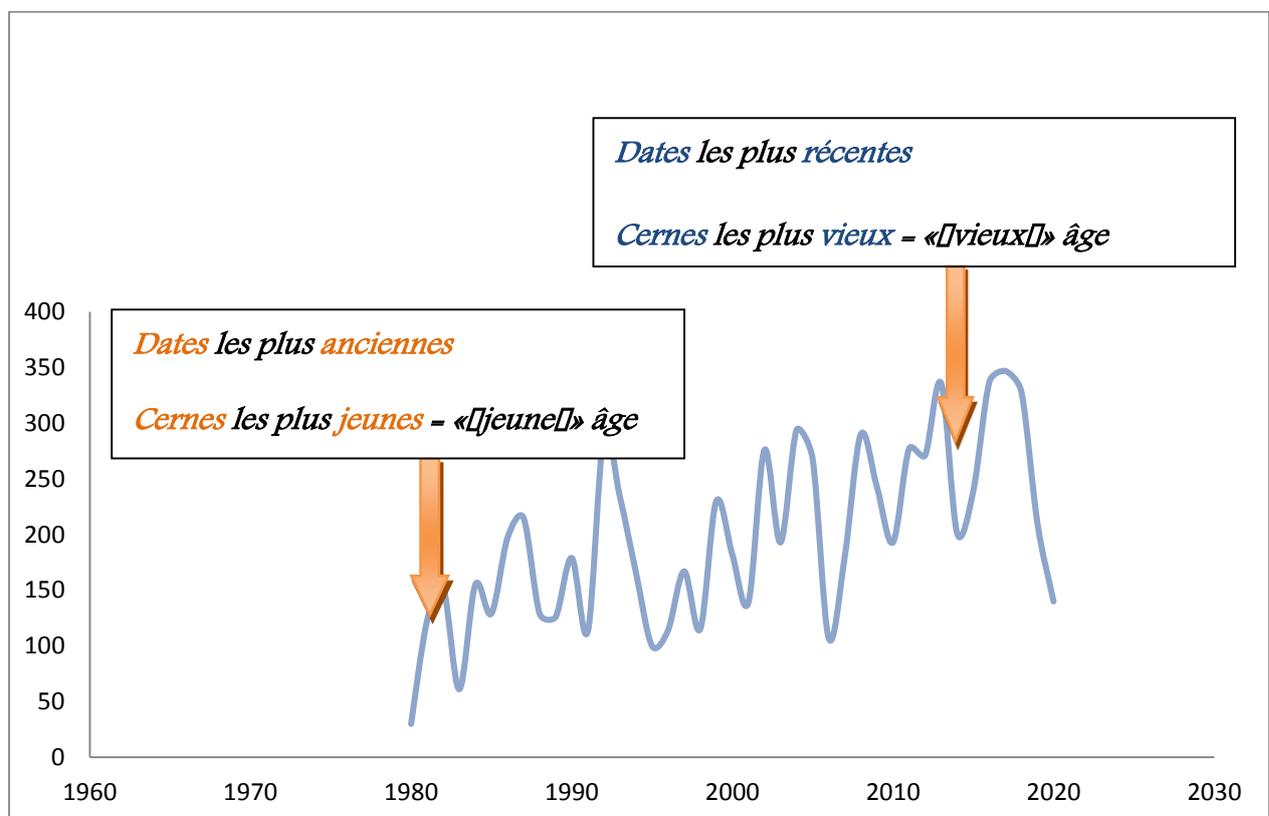
Le champ visuel des courbes d'échelle de temps moyennes générées à partir de la série d'anneaux de croissance en fonction du temps montre que les anneaux de croissance n'ont pas la même largeur, et la différence de cette largeur permet d'observer des années de croissance observées

Le nombre total chronologique moyen de chaque parcelle montre une croissance radiale quelque peu irrégulière.

### 2.3. Relation cerne\_âge :

Le nombre d'anneaux de carottes a été utilisé comme meilleure estimation de l'âge des arbres. En effet, comme il ne peut pas être échantillonné exactement au niveau du sol, il ne donne que l'âge approximatif des arbres.

Afin de pouvoir estimer les différences interannuelles dans la largeur des cernes indépendamment de l'âge des arbres, c'est-à-dire pour tenir compte du déclin biologique naturel de la largeur des cernes au fur et à mesure que l'arbre vieillit, nous avons choisi le profil de croissance à l'échelle de l'arbre (figure 38).



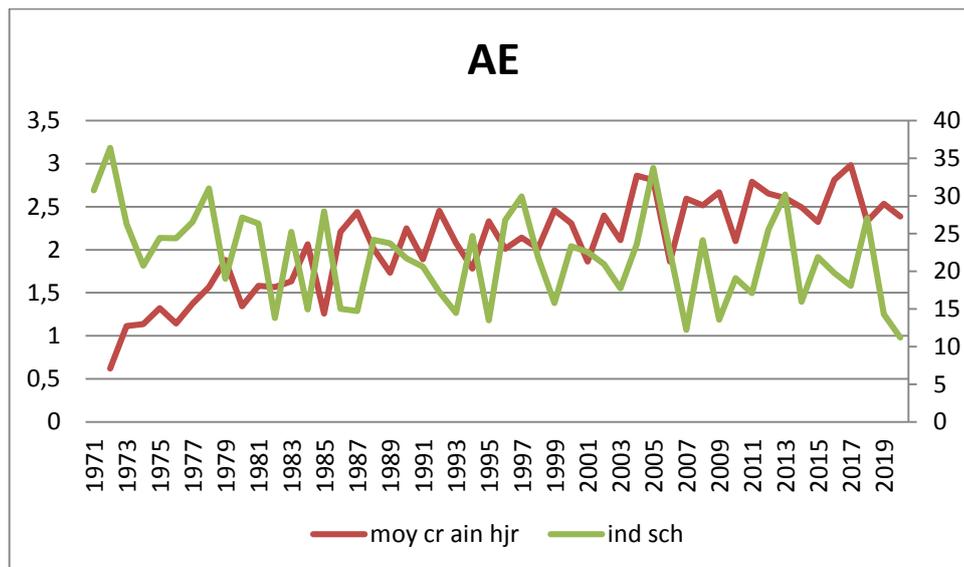
**Figure 38 : largeur de cerne du pin d'Alep en fonction de leur âge cambial**

**2.4. Relation cerne climat :**

**2.4.1. Relation cerne pluviométrie / température :**

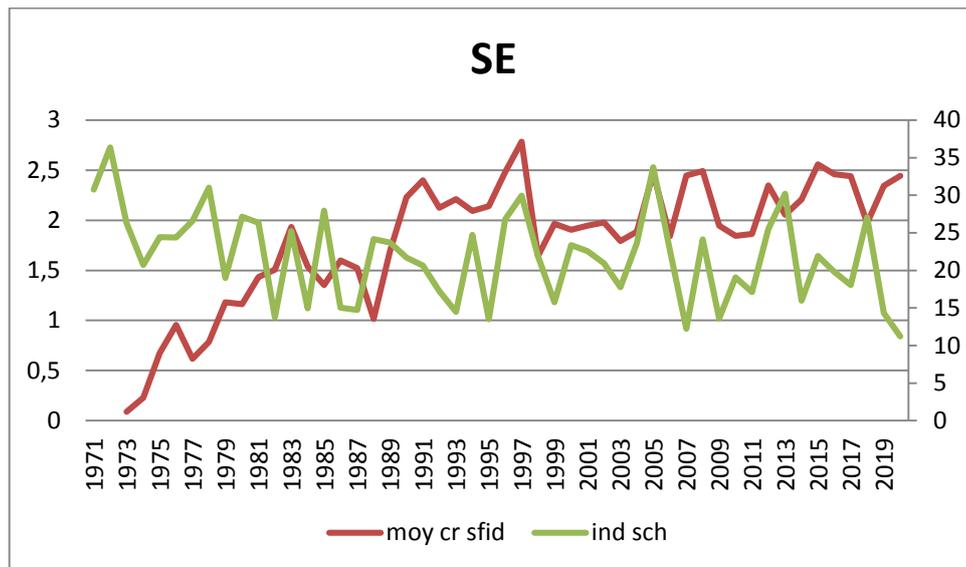
L'indice de sécheresse de Palmer, est une mesure de la sécheresse fondée sur les précipitations et les températures récentes. (P/T)

Les épaisseurs de cernes ont été mises en relation avec une série de facteurs climatiques (figures 39, 40, 41, 42, 43, 44) .



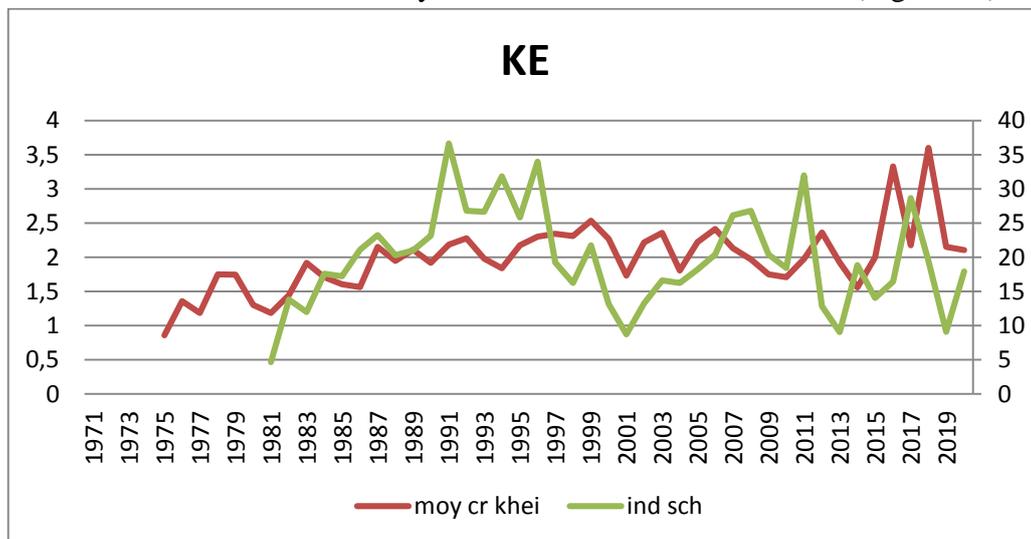
**Figure 39 : corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute d'Ain El-Hdjar avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.**

Nous notons que le l'indice de sécheresse lié à la quantité de précipitations et à la température dans cette station a une relation inverse très claire dans les années 1971 à 1986, ce qui signifie que plus l'indice de sécheresse est élevé, plus la croissance moyenne est faible (Figure 39).



**Figure 40 : corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute de Sfid avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.**

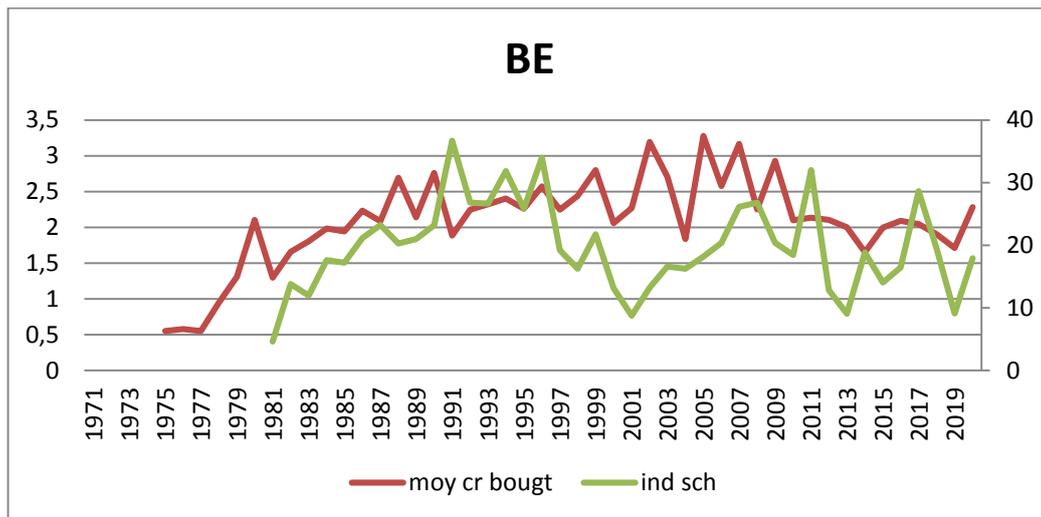
Cette station a de bonnes précipitations. Après avoir calculé l'indice de sécheresse, on remarque dans les années suivantes, 1971 à 1981, 1986 à 1995 et 2011 à 2020, la relation inverse qui inclut l'indice de sécheresse et la moyenne de croissance a été atteinte (Figure 40).



**Figure 41: corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute d'El kheiter avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.**

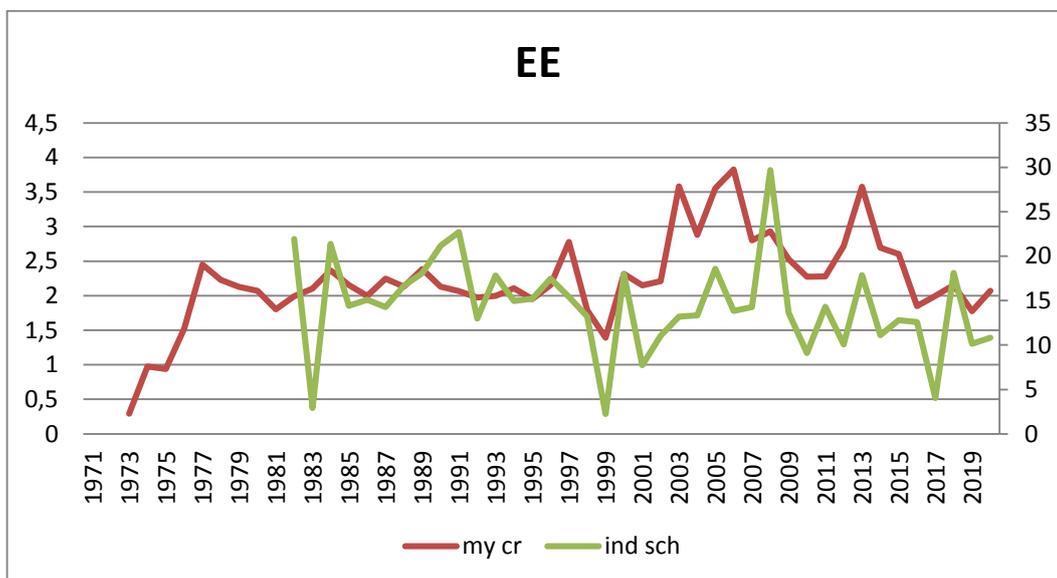
Les données climatiques ne sont pas disponibles en raison du manque d'informations.

il y a plusieurs années distinctes, et la diminution de l'indice de sécheresse notable, et on assiste à une augmentation de la moy de croissance des cernes notamment ces dernières années. (Figure. 41).



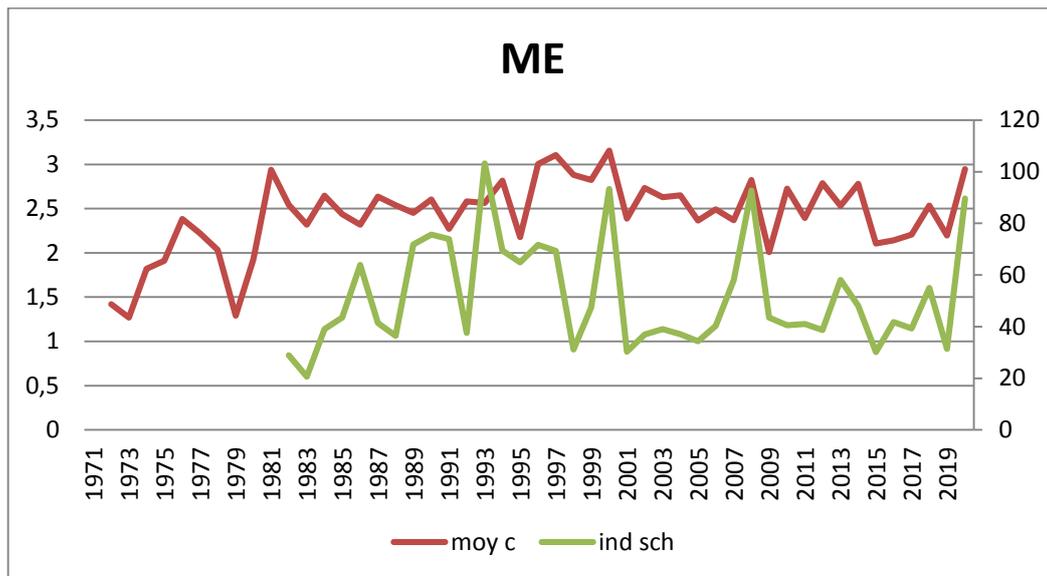
**Figure 42 : corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute de Bougtob avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.**

Nous notons dans les années qui se reflètent dans la courbe que l'indice de sécheresse est très faible la plupart des années, et c'est la meilleure preuve que la précipitation est bon et une augmentation de la croissance moyenne des cernes (figure 42)



**Figure 43: corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute d'El biodh avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.**

On note que l'indice de sécheresse est élevé et le moyen de croissance des cernes est faible, surtout dans les années 2001 à 2020 (Figure. 43).



**Figure 44 : corrélation entre l'indice de sécheresse et le moyenne de 4 arbres pour la station brute de Mekalis avec effet de l'âge, effet station, effet résiduel et effet climat.**

Dans la station sablonneuse de Makalis, les précipitations sont très faibles, mais la température est élevée, ce qui signifie que les cernes se développent très peu et cela est très net car l'indice de sécheresse est très élevé (Figure. 44)

#### **Relation entre les moyennes de croissance des cernes et la précipitation :**

Les précipitations ont un effet directement sur le bilan hydrique de l'arbre, qui devient nettement positif. Ensuite, les cellules gonflent, ce qui favorise le développement de l'épaisseur des cernes.

L'apparition de précipitations est responsable de la croissance. Ce phénomène est responsable des fluctuations de densité à l'intérieur de bois

#### **Relation entre les moyennes de croissance des cernes et la température :**

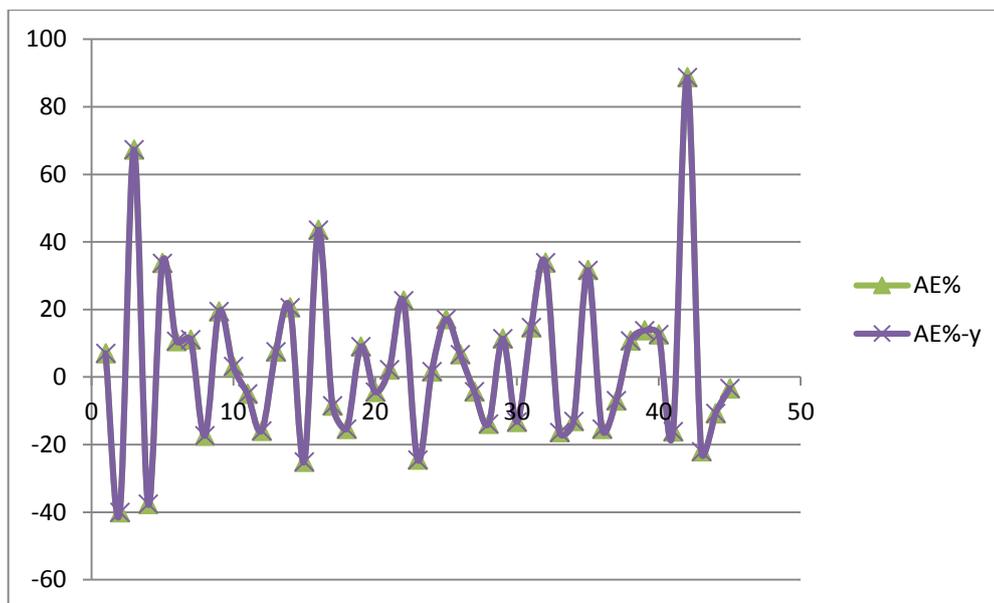
La relation entre la température et la largeur de l'anneau est faible. Les températures ne fournissent pas d'informations claires. Il n'y a pas de tendance claire dans les résultats présentés, ce qui est logique car les valeurs de température utilisées dans cette étude sont des valeurs moyennes annuelles qui ne tiennent pas compte des moyennes mensuelles, ni de la température pendant la saison de croissance.

**2.4.2. Indice des cernes de chaque station et les années caractéristiques :**

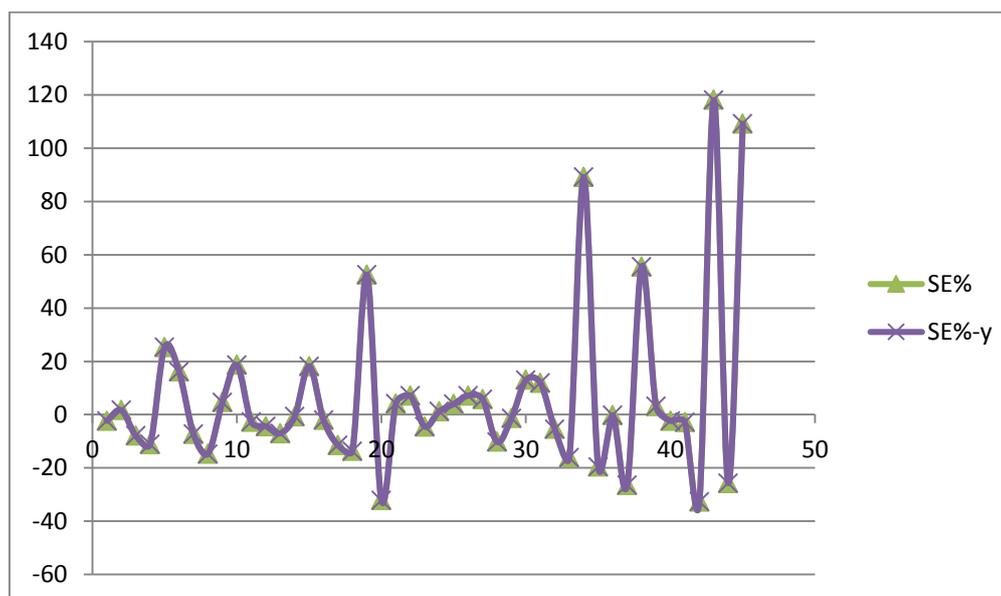
Evolution de l'indice de croissance (chronologie résiduelle) :

La chronologie résiduelle montre une variabilité interannuelle de l'indice de croissance E% élevée (Figures 45, 46, 47, 48, 49, 50).

L'allure de la courbe montre que la standardisation a éliminé l'effet lié à l'âge de l'arbre sur la croissance radiale (les années caractéristiques E%-y)



**Figure 45 : l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station d'Ain el hdjar (1971/2020)**



**Figure 46 : l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station de Sfid (1971/2020)**

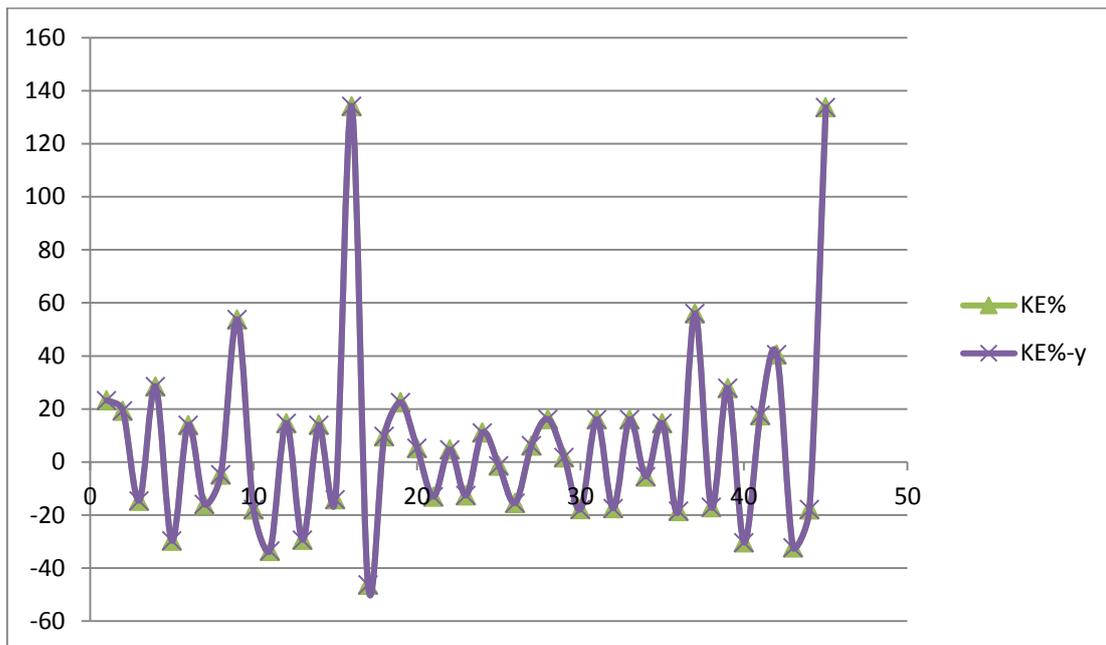


Figure 47 : l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station d'El kheiter (1971/2020)

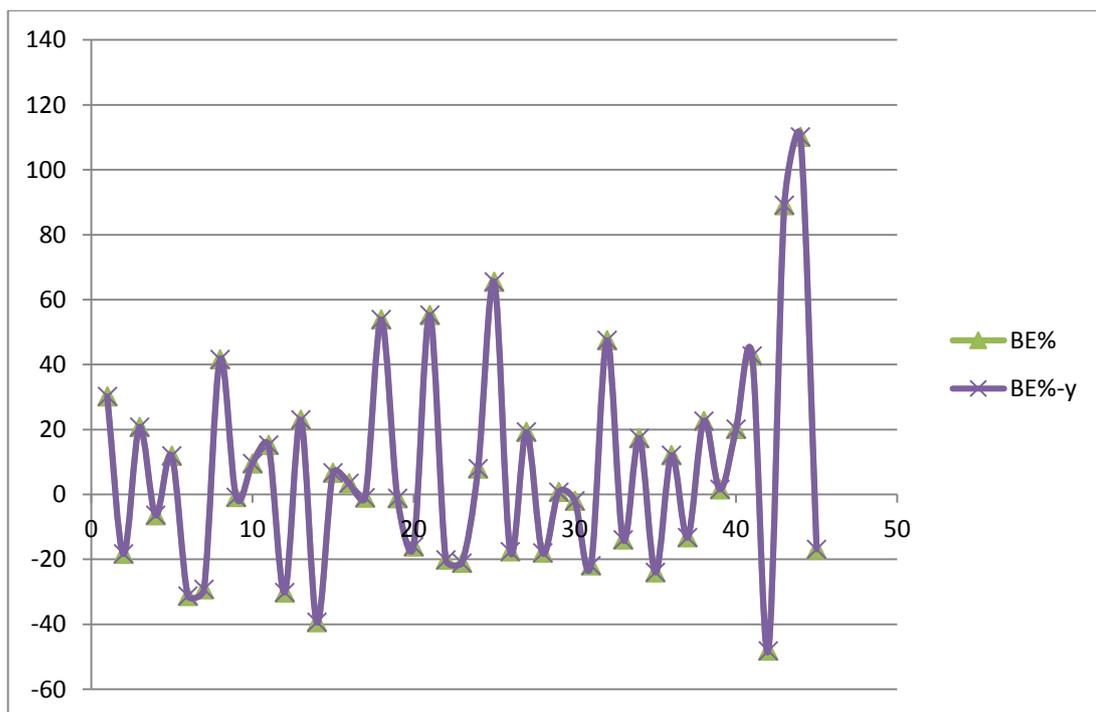


Figure 48 : l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station Bougtob (1971/2020)

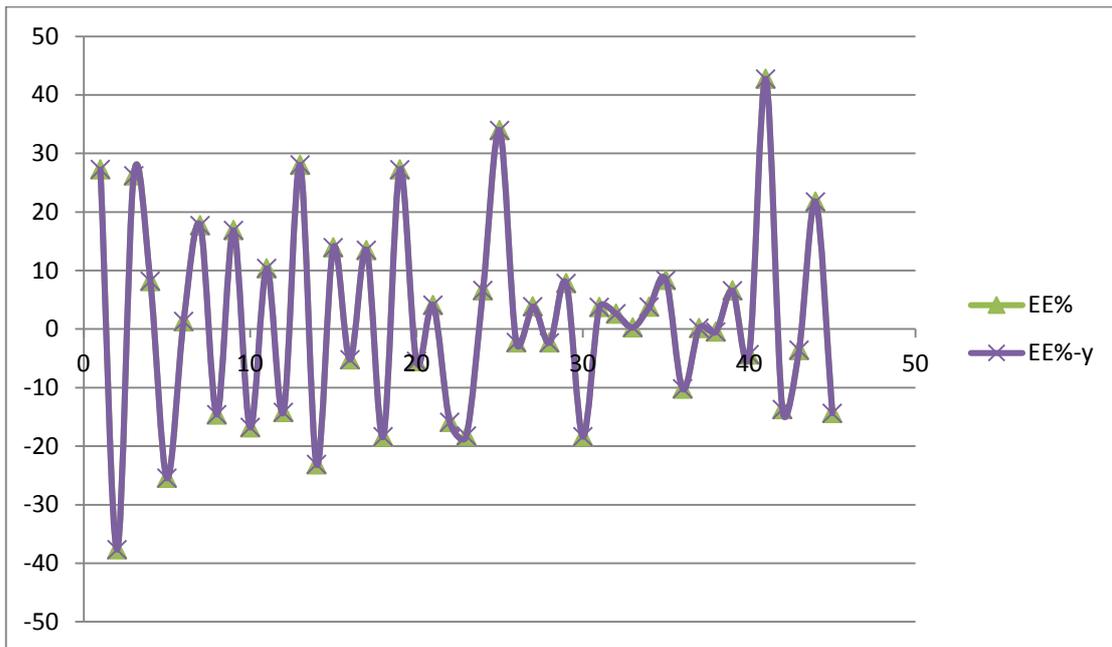


Figure 49 : l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station d'El biodh (1971/2020)

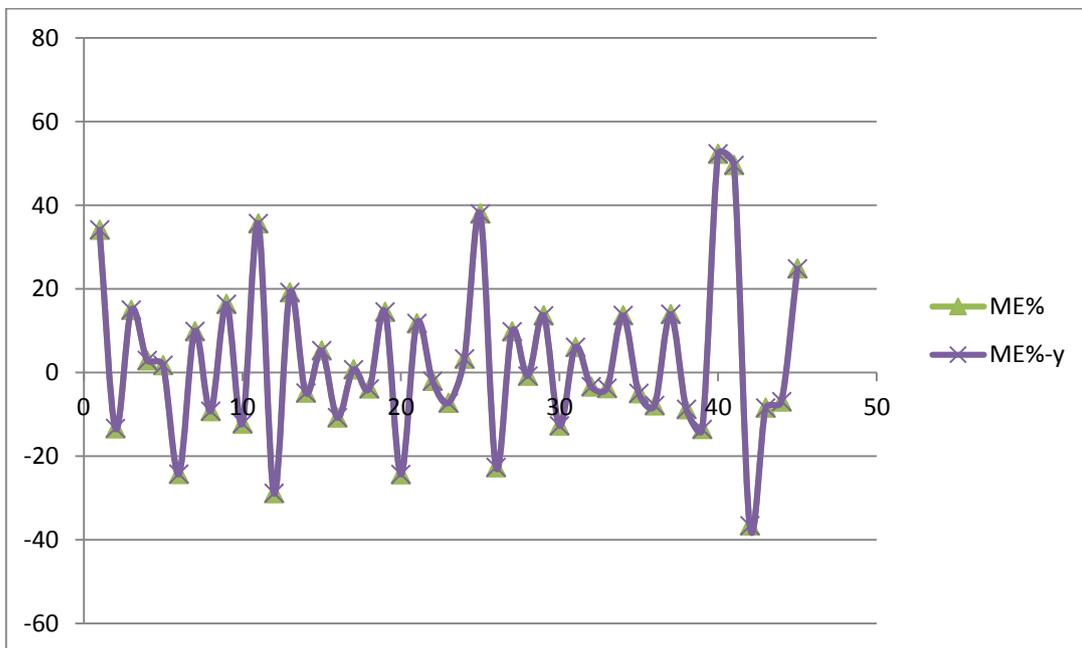


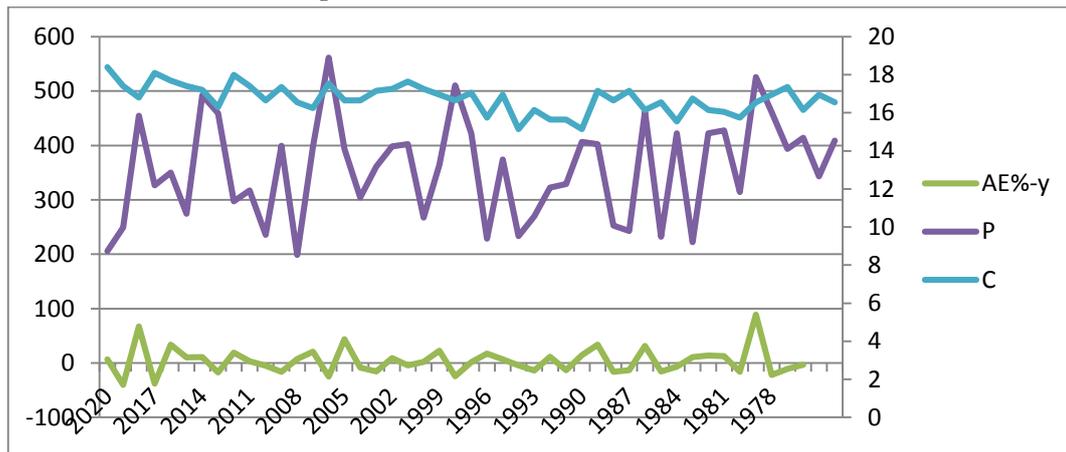
Figure 50 : l'indice des cernes avec les années caractéristiques de station de Mekalis (1971/2020)

L'indice des cernes de chaque station et les années caractéristiques sont au même niveau et il y a une parfaite congruence entre eux.

**2.4.3. Années caractéristiques et paramètres climatiques :**

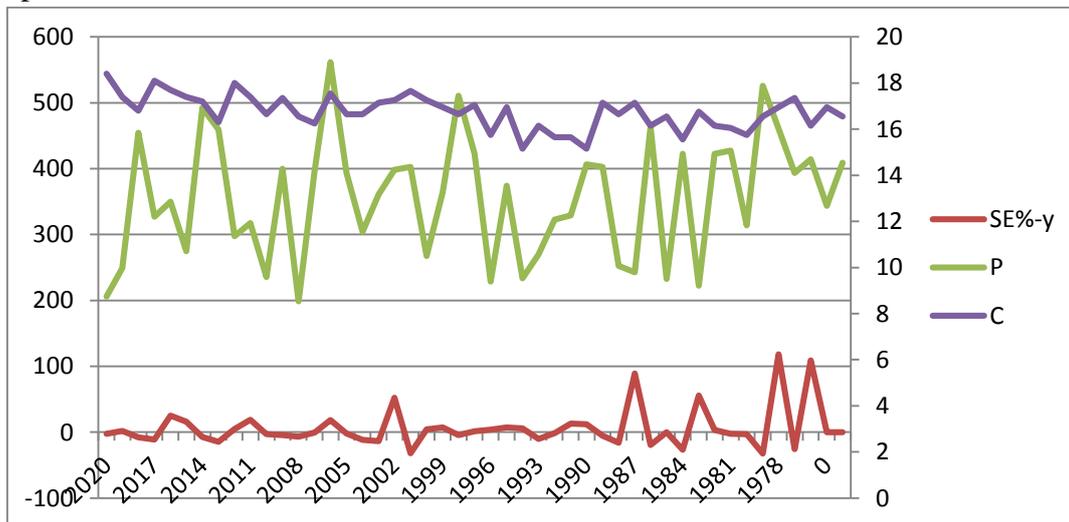
L'augmentation de l'incidence des années caractéristiques, surtout depuis le début des années quatre-vingt, indique que les conditions climatiques sont plus extrêmes qu'au milieu du XIXe siècle, ou que la dérive climatique conduit progressivement à la modifications du site moins favorables à l'espèce, augmentant sa sensibilité au climat.

Les figures (51, 52, 53, 54, 55, 56) résument pour chaque année une anomalie climatique caractéristique de l'année précédente et de l'année n. Au niveau des températures et des précipitations, on constate que ces années sont atypiques. Par conséquent, les pins d'Alep sont sensibles aux scénarios climatiques.



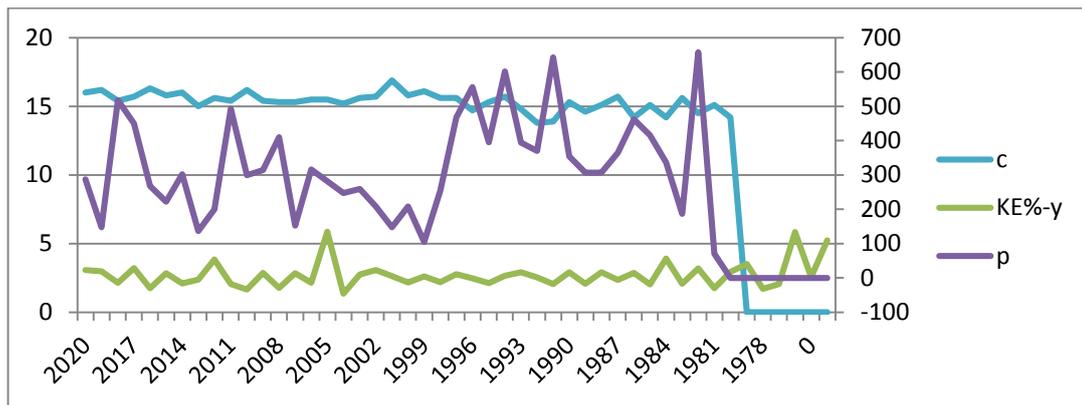
**Figure 51 :La variation de pluviométrie moyenne annuel et les années caractéristiques dans station de Ain el hdjar en fonction de temps**

On note (figure 51) que dans les années caractéristiques (1979, 1980, 1985, 1986, 2005, 2018,2019) où il était la croissance des cernes très important, accompagnées d'une augmentation de précipitation.



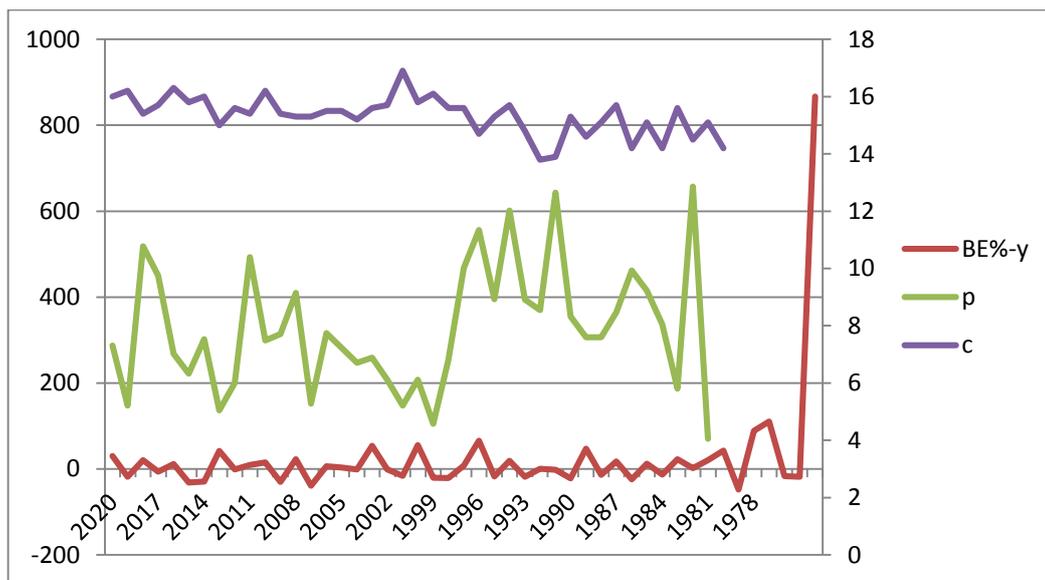
**Figure 52 : La variation de pluviométrie moyenne annuel et les années caractéristiques dans station de Sfid en fonction de temps**

L'augmentation de croissance des cernes au cours des années (1978, 1987, 1983, 2002) car la précipitation il est en abondance au cours de ces années (figure 52).



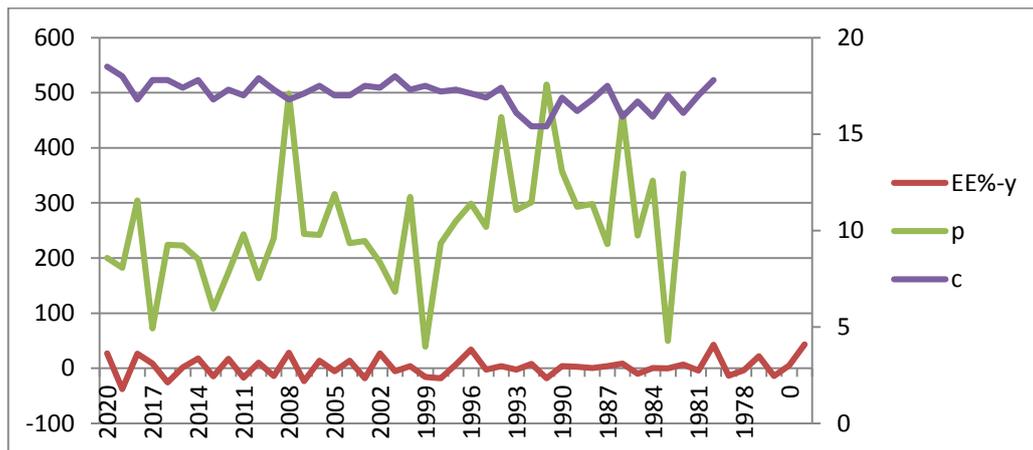
**Figure 53 : La variation de pluviométrie moyenne annuelle et les années caractéristiques dans station d'El kheiter en fonction de temps**

Les années (1996, 1997, 2000, 2001, 2018) se distinguent par l'augmentation de la largeur des cernes comme le montre la courbe car la précipitation il était abondant dans ces années (figure 53).



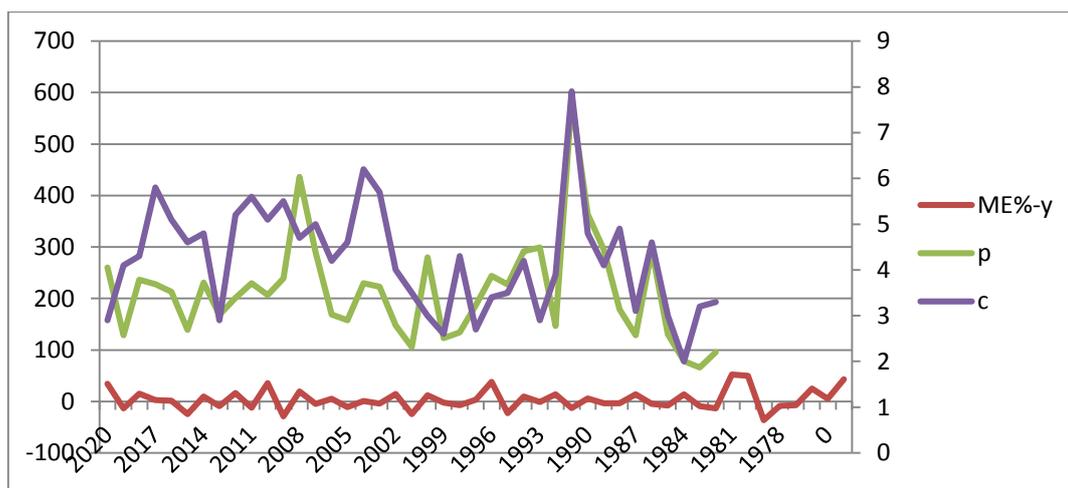
**Figure 54 : La variation de pluviométrie moyenne annuelle et les années caractéristiques dans station de Bougtob en fonction de temps**

On remarque (figure 54) que les années suivantes (1996, 2000, 2003, 2008) enregistrent de la largeur des cernes. Parce que les précipitations sont élevées.



**Figure 55 : La variation de pluviométrie moyenne annuelle et les années caractéristiques dans station d’El biodh en fonction de temps**

Dans les années caractéristiques suivantes (2018, 2008, 2014, 1996) on remarque une relation positive entre les années caractéristiques et la croissance des cernes (figure 55).



**Figure 56 : La variation de pluviométrie moyenne annuel et les années caractéristiques dans station de Mekalis en fonction de temps**

On note que dans les années caractéristiques (1996, 2008, 2010) où il était la croissance des cernes important, accompagnées d'une augmentation de précipitation, les arbres de Mekalis se réchauffent et les anneaux de croissance annuels sont plus larges (figure56).

2.5. Les années caractéristiques :

Une année caractéristique est une année qui a marqué le cerne d'une majorité d'arbres dans un secteur donné. Ces années se divisent en deux catégories, année caractéristique favorable à la croissance dite positive et année caractéristique défavorable (négative). Le premier constat sur la synchronisation interindividuelle a été fait à travers la détermination des années caractéristiques (figures 57, 58, 59, 60, 61, 62)

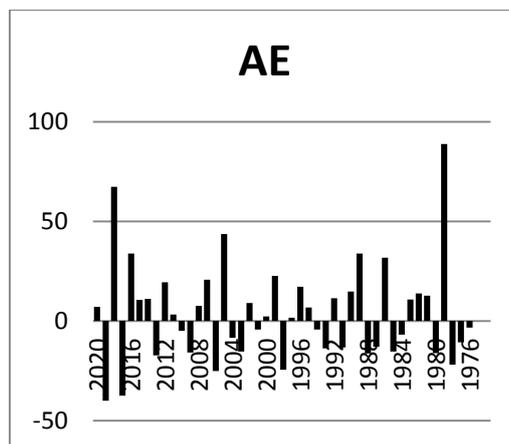


Figure 57 : Les années caractéristiques observées à la station d'Ain el hdjar (AE)

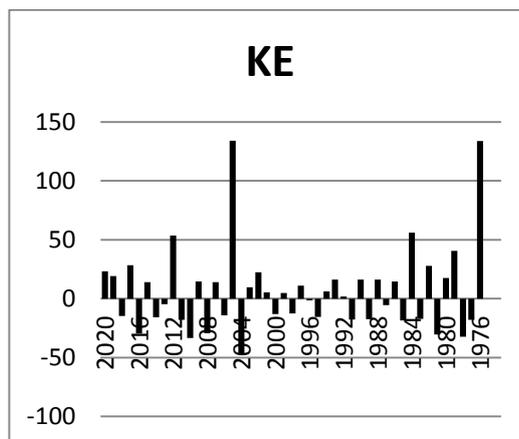


Figure 58 : Les années caractéristiques observées à la station d'El kheiter (KE)

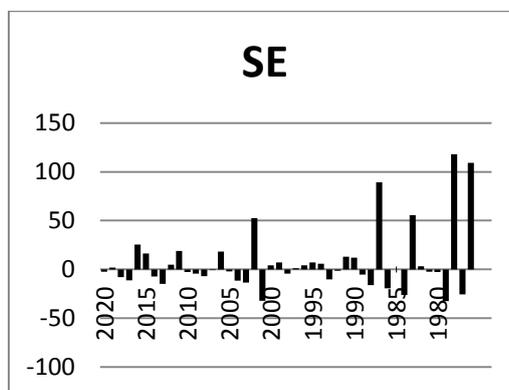


Figure 59: Les années caractéristiques observées à la station de Sfid (SE)

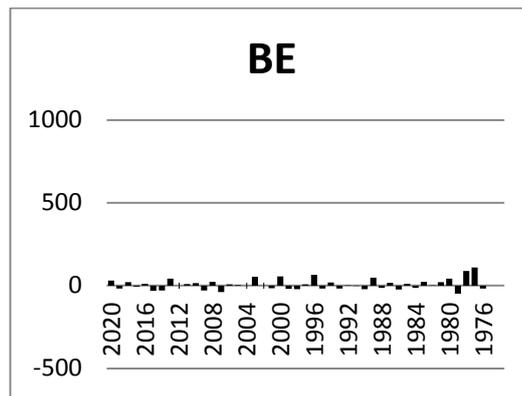


Figure 60 : Les années caractéristiques observées à la station de Bougtob (BE)

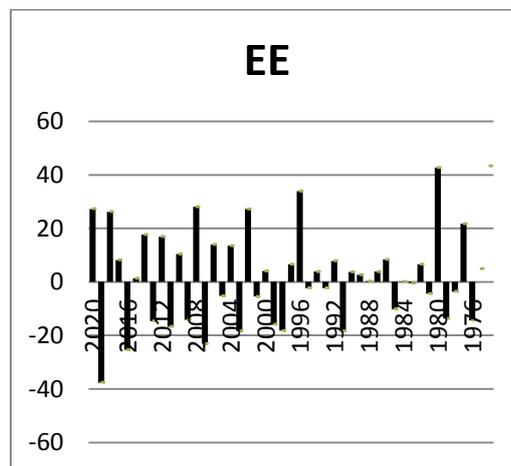


Figure 61 : Les années caractéristiques observées à la station d'El biodh (EE)

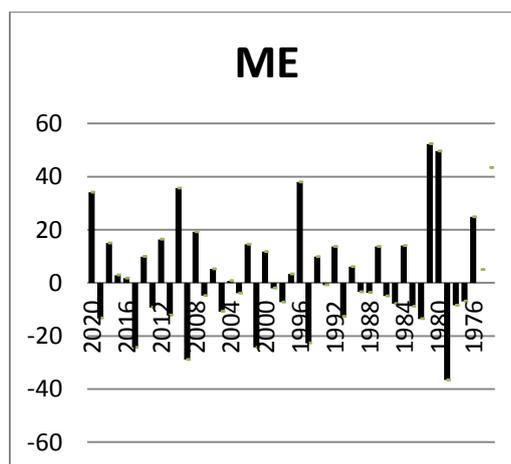


Figure 62: Les années caractéristiques observées à la station de Mekalise (ME)

Par la méthode de Becker (1989), L'année k est considérée comme caractéristique quand au moins 70 % (parfois 75 %) des arbres de l'échantillon présentent (1) un ER de signe constant (positif lors d'année de forte croissance, négatif dans le cas contraire), et (2) une valeur absolue d'ER supérieure à 10 %. Une année est d'autant plus caractéristique que l'écart relatif moyen (ERMk) de l'échantillon est important et que le pourcentage d'arbres présentant le même comportement est élevé. Pour qu'une année soit considérée comme caractéristique.

Ici, pour chaque site, la décision a été prise de caractériser les années qui marqueraient, soit positivement (cerne plus large que le précédent), soit négativement (cerne moins large que le précédent) (tableau 10).

**Tableaux 10 : représente les années caractéristiques positive et négative de chaque station**

	Les années caractéristiques +	Les années caractéristiques -
<b>AE</b>	1979	2019 2017
<b>SE</b>	1976 1978 1997	1984 1977
<b>KE</b>	1976 2005	1978 2010 2004
<b>BE</b>	/	/
<b>EE</b>	/	2019
<b>ME</b>	/	1979

### 3. Discussion :

Nous avons dans notre hypothèse précédente qu'il existe une relation directe entre le climat et la largeur des cernes et c'est ce que nous avons obtenu à partir des résultats sur le Pin d'Alep, nos résultats ont montré une sensibilité aux précipitations qui reflète l'importance du stress hydrique dans le contrôle de la croissance, de sorte que le signal climatique intégré est constitué des fluctuations des précipitations. Il semble que dans la région d'Ain al-Hajar, EL-Kheiter et Sfid, nous avons remarqué une croissance notable accompagnée d'une augmentation de la quantité de pluie, dans d'autres endroits, comme Bougtob, El biodh et Mekalis. Il semble que l'intensité des précipitations au fil des années soit favorable à la croissance du pin d'Alep, de même que le niveau d'augmentation des caractéristiques dépend non seulement des conditions météorologiques correspondantes, mais aussi des conditions des années précédentes. Le pin d'Alep peut bénéficier le plus du début de la saison des pluies, assurant ainsi une grande partie de sa croissance avant le début de la sécheresse.

Les années caractéristiques négatives ont moins de précipitations. Durant les années caractéristiques négatives, un certain stress hydrique apparaît défavorable à la croissance du pin d'Alep.

Au bilan, la méthode de mesure par axe développée pendant le stage permet d'obtenir efficacement une information sur la croissance de l'arbre. Cette information est plus reliée au climat que la simple mesure des cernes sur un seul axe et présente de ce fait un intérêt.

Cependant, même en améliorant la corrélation entre la largeur des cernes et les variables climatiques, celles-ci n'expliquent qu'une très petite partie de la variance observée de la largeur des cernes. Ce résultat demeure pour les échantillons étudiés.

On peut surtout penser que cette relation entre croissance et climat s'avère positive.

Le potentiel de la dendrochronologie sur pin d'Alep pour étudier l'influence du climat sur la taille des cernes.

Nous avons également observé une relation positive entre la variabilité des précipitations et la largeur des cernes pour le pin d'Alep en ce qui concerne la relation entre la croissance radiale de cette espèce et le climat, et nous avons observé une relation claire entre l'augmentation de la sécheresse et l'apparition de cernes minces. . Dans tous les climats biologiques au cours de la période (2010 ... 2019) pour les deux stations d'Al-Biodh et Makalis (2000 ... 2007) Stations de Bougtob, El-Kheiter, stations Ain el hdjar et Sfid (1972 ... 1977).

Sur la base de ces résultats, il semble que les précipitations jouent un rôle plus important pour le pin d'Alep. Cependant, l'effet de sédimentation positif n'inclut pas la déshydratation. La période estivale qui n'est pas surprenante puisque son diamètre cesse de croître pendant la période estivale sèche comme indiqué par NICOLET (1999) en observant la croissance des arbres.

Comme nous l'avons obtenu dans les figures présentées dans 39, 40, 41, 42, 43,44 les résultats clairs qui ont montré que l'effet des précipitations dans de nombreuses années contribue la croissance des cernes.

Les données n'indiquent pas de relation claire entre la largeur des anneaux et les températures annuelles moyennes.

Le facteur climatique mensuel influençant significativement la croissance du bois total, agissant ainsi et dans la plupart des cas, de la même façon sur le bois de printemps et sur le bois d'été **GONZALES (2007)**.

Des précipitations relativement abondantes au printemps semblent cruciales pour une bonne croissance radiale et la quantité d'eau stockée dans le sol pendant la période hivernale joue un rôle majeur. De plus, des relations négatives avec la température printanière peuvent être attribuées au stress hydrique. Une température plus élevée entraîne un taux de transpiration plus élevé lorsque les débits d'eau peuvent être réduits en fonction de la disponibilité de l'eau dans le sol (**SERRE, 1976; KOZLOWSKI ET COLL., 1991; SIRI PATCHETT, 1992 ; NICOLET, 1999**).

Les températures extrêmes sont souvent négativement corrélées avec la croissance radiale de janvier à septembre. A partir de ces mois, l'évaporation et la transpiration augmentent et exposent la plante est sous pression d'eau (**SERRE-BACHET, 1982**). Cela peut s'expliquer par le fait que les températures élevées en automne et en hiver renforcent les racines et Améliorer la capacité de la plante à absorber l'eau (**MADWAR, 1992**).

En général, plus les conditions environnementales sont défavorables à la croissance de l'arbre, plus les cernes sont étroits, et plus les conditions sont favorables, plus les cernes sont larges. Une relation positive a été observée entre la largeur des cernes et les précipitations pendant la saison de croissance des arbres

Dans notre étude, nous étions limités en temps et en matériel pour réaliser ces prélèvements.

D'autre part, l'analyse des relations climatiques se heurte malheureusement aux limites de la disponibilité des données météorologiques pour des températures complètes et suffisamment détaillées. En effet, c'est la présence ou l'absence de données climatiques qui limite souvent les analyses.

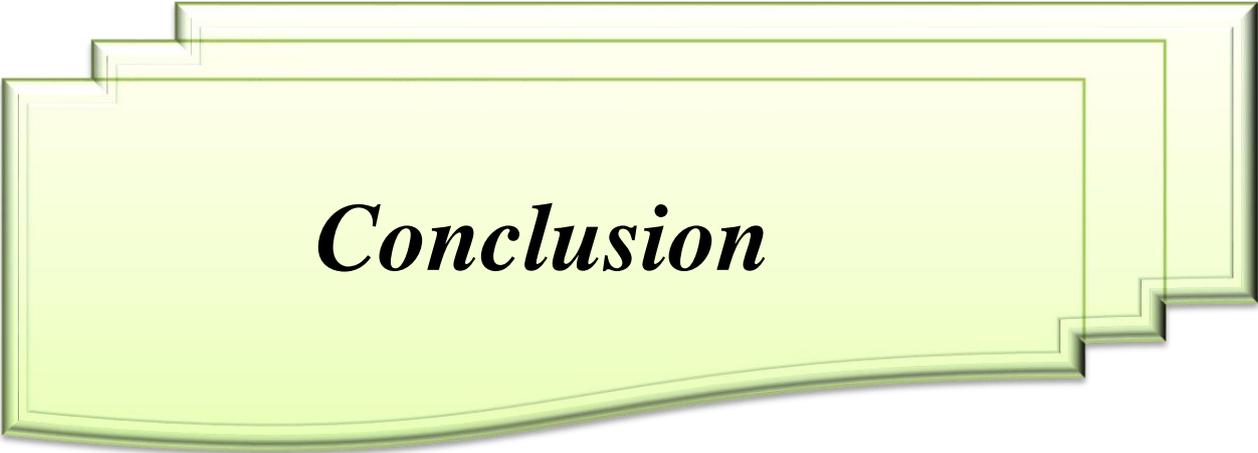
De plus, afin d'obtenir des résultats plus visibles, il valait mieux utiliser des technologies plus avancées et des moyens informatiques un peu spécialisés.

Les seuls paramètres climatiques étudiés ne sont pas exhaustifs. Il faut aussi déjà prendre en compte l'hypothèse des interactions des phénomènes (la température, la sécheresse, la fertilité des sols, etc.)

Ainsi, la relation exclusive entre climat et croissance radiale doit être interprétée en termes de critères climatiques plus larges et a fortiori, prenant en compte des caractéristiques physiologiques et écologiques tout aussi profondes des espèces étudiées.

Il existe des similitudes et des différences avec les études précédentes, par exemple, dans la méthodologie utilisée, mais les résultats sont presque identiques.

Si des progrès seront nécessaires pour mieux définir les interactions entre croissance et climat, nous avons néanmoins obtenu des résultats qui apportent un éclairage nouveau sur les connaissances en dendrochronologie.



***Conclusion***

## Conclusion

---

### Conclusion

La dendrochronologie des arbres et arbustes est une méthode de datation assez fiable. En effet, c'est une copie des caractéristiques de la croissance.

Les cernes de qualité fonctionnent. Les arbres sont généralement considérés comme plus sensibles à l'effet du bilan hydrique. Dans ce travail, examine l'évolution radiale des cernes de pin d'Alep.

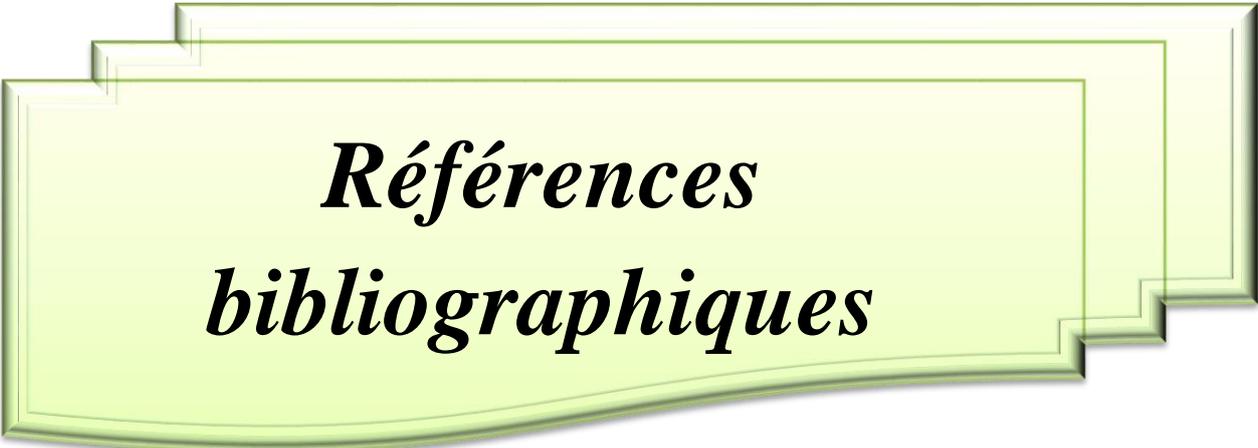
La méthode qui dépend de l'étude de certains spécimens issus du même muscle écologiquement harmonieux. Des échantillons ont été prélevés dans six zones de la ceinture verte. Dans chaque zone ou site des carottes ont été prélevés à partir des arbres Nos analyses ont portés sur la croissance radiale des cernes annuels, sur les moyennes de croissance par sites et sur la largeur des cernes de l'ensemble de la ceinture. Ainsi des courbes maitresses ont été déterminées pour chaque station (site), ce qui a permis de standardiser les données pour déterminer ensuite les années caractéristiques. Ces opérations permettent d'isoler l'effet du climat et de la station, en éliminant l'effet de l'âge des cernes.

La pluie en particulier, mais aussi la température joue un rôle important dans la croissance des arbres. Ceci est particulièrement évident dans les années caractérisées par des conditions climatiques favorables ou sévères, comme le montre l'étude des différences interannuelles de croissance radiale par rapport aux variations climatiques interannuelles.

Le pin d'Alep réagit différemment au climat. Il constitue un bon indicateur des changements environnementaux et se révèle sensible aux changements de précipitations surtout.

Il est intéressant de noter que la température annuelle moyenne n'a pas d'effets distincts sur la croissance.

Nous avons remarqué que la croissance des arbres est soumise à de multiples facteurs, même si certains d'entre eux peuvent être isolés. Il faut souligner la difficulté d'isoler les facteurs biotiques et abiotiques impliqués dans la croissance de l'arbre, et d'évaluer leur effet relatif. Malgré cette difficulté, il est indéniable de constater que la dendrochronologie a déjà fait ses preuves, et a été utilisée pour modéliser la croissance et la propagation de nombreuses espèces. C'est l'une des techniques qui permettent aujourd'hui de comprendre les interactions de la croissance avec le climat.



***Références  
bibliographiques***

### Références bibliographiques :

#### A

- 1) **Abdennebi A, 2006.** Contribution à l'étude de la régénération naturelle du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans la région de Djerma Dhara. Thèse d'Ingo Univ Hadj Lakhdar Batna: 3-11.
- 2) **ALESTALO J .1971**\_Dendrochronological interpretation of geomorphic processes .*Fennia* 105 :1-140
- 3) **Atmani Net Masmoudi M, 2008.** Etude de l'impact de *Bacillus thuringiensis* Kurstaki dans la lutte de la chenille processionnaire du Pin d'Alep "*Thaumetopoea pityocampa* Schiff " au niveau de la forêt domaniale de Beni Oudjana (khenchela), mémoire, d'ingénieur d'état en écologie végétale et environnement, uni-batna, 47p.

#### B

- 4) **BARBÉRO M., BONIN G., LOISEL R. & QUÉZEL P., 1990.** Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the Western part of the Mediterranean basin. *Vegetao*, 87 : 151-173.
- 5) **Bedel J, 1986.** Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française. Options méditerranéennes. Série d'étude CIHEAM 86/1, 127-156.
- 6) **Beker M, Picard J.F et Timbal J ,1982 .** Larousse des arbres et arbustes de l'Europe occidentale Librairie Larousse, Paris, 330 p
- 7) **BENTOUATI A., 2006.** : Croissance, productivité et aménagement des forêts de pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) du massif de Ouled Yagoub (Khenchela – Aurès). Thèse de doctorat. Inst. d'Agronomie. Univ. Batna .107 p.
- 8) **BENICHOU Hafsa (2016),** (mémoire de fin d'étude) Etude dendroécologique du pin pignon (*Pinus pinea* L.) dans la forêt d'Akboub Mostaganem, 2016/2017
- 9) **Bobbou A-S, 2016.** Contribution à l'étude d'inventaire de peuplement de pin d'Alep du forêt de Sig (forêt de Moulay Ismail), mémoire, master en foresterie, univ.Tlemcen, 55 p
- 10) **Boudy P, 1952.** Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris. Maison rustique, 509 p. 94 FIG. 1.Carte.
- 11) **Boudy P, 1955.** Economie forestière nord-africaine. Tome 4 : Description forestière de l'Algérie et de la Tunisie. Larose, Paris, 483 p.
- 12) **Boutchiche F et Boutrigue S , 2016 .** Caractérisation morpho métrique de la chenille processionnaire (*Thaumetopoea pityocampa*) et de son hôte au niveau de la wilaya de Tlemcen. Mém, master en génétique, univ. Tlemcen, 79 p.

## Références bibliographiques

---

### C

- 13) **CHAKROUN M.L., 1986.** Le pin d'Alep en Tunisie. Options Méditerranéennes. Série Étude CIHEAM 86/1 : 25-27.
- 14) **COUHERT B. & DUPLAT P., 1993.** Le pin d'Alep. Rencontres forestiers-chercheurs en forêt méditerranéenne. La Grande-Motte (34), 6-7 octobre 1993. Éd. INRA, Paris 1993. (Les colloques N° 63 : 125-147.

### D

- 15) **DANIEL GAGNON, 2000 . ,** Président, ing.f., D.E.S.S. Ingénieur forestier SNG-Foresterie-conseil
- 16) **DEBRUXELLES J.2010.** Etude de l'impact des conditions climatiques annuelles sur la croissance radiale
- 17) **Duchene, 2003.** marie. Guide des arbres et arbustes. France : sélection du Reader's digest, 319p

### E

- 18) **Enabling better global** research outcomes in soil, plant & environmental monitoring.)  
Copyright ICT International

### F

- 19) **Fetati R, 1996.** Bilan productif de cinq espèces résineuses dans un étage subhumide. Cas de la forêt de Bainem. Mém ing en Sci.Agron, Institut National d'Agronomie, El-Harrach, Alger, 92 p.

### G

- 20) **GERNANDT D.S., LOPEZ G.G., GARCIA S.O., LISTON A., 2005.** Phylogeny and classification of Pinus. Taxon, 54: 29-42.
- 21) **GERNANDT D.S., MAGALLON S., LOPEZ G.G., FLORES O.Z., WILLYARD A., LISTON A., 2008.** Use of simultaneous analyses to guide fossil-based calibrations of Pinaceae phylogeny. International Journal of Plant Sciences, 169: 1086-1099.
- 22) **GONZALES., 2007.**

### K

- 23) **KADIK –ACHOUBI L., 2005**\_etude phytosociologique et phytoecologique des formation a pin d'Alep (pinus halpensis mill.) de le tage bioclimatique semi-aride algerien .These de doctorat. USTHB, alger, 341p.
- 24) **Kadik B, 1983.** Contribution à l'étude du Pin d'Alep en Algérie : Ecologie, dendrométrie, morphologie. Thèse Dot. Etat, Aix- Marseille, 313 p.

## Références bibliographiques

---

- 25) **Kadik B, 1987.** Contribution à l'étude du pin d'Alep ( *pinushalpensismill*) en Algérie. Ecologie, dendrométrie, morphologie. Ed. O.P.U ; 580 p.
- 26) **Kadik L, 1984 .**Phyto-écologie des formations à pin d'Alep (*Pinus halepensis Mill.*) du Senalba Chergui et Gharbi Thèse Doct.3ème P cycle. Univ. H. BOUMÉDIENE Sciences. Bab Ezzouar. 281p.

### L

- 27) **LEBOURGEOIS F., RATHGEBER C., ULRICHE.-** Sensitivity of French Temperature Coniferous forests to climate variability and extreme events (*Abies alba*, *Picea abies* and *Pinus sylvestris*) *Journal of vegetation science*, Vol.21, n°2, 2010, 364-376.
- 28) **LE HOUÉROU H.-N, 1990.** Global change: vegetation, ecosystems and land use in the southern Mediterranean basin by the mid-twenty -first century. *Israel Journal of Botany* 39 : 481-508.
- 29) **Letreuch-Belarouci N, 1991.** Les reboisements en Algérie et leurs perspectives d'avenir. Vols. 1-2. OPU, Alger, 641 p.
- 30) **LÓPEZ G.G., KAMIYA K., HARADA K., 2002.** Phylogenetic relationships of *Diploxylon* pines (Subgenus *Pinus*) based on plastid sequence data. *International Journal of Plant Sciences*, 163: 737-747.

### M

- 31) **MADWAR, 1992.**
- 32) **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.
- 33) **MERIAN P. LEBOURGEOIS F; 2012-**Consequences of decreasing the number of cores per plot on chronologystatistic and climate- growth (relationsheps : amultispecéesanalysis in a temperature climate- canadian *Journal of Forest Research*, vol.41, n°12, 2011 a, pp.2413-2422.
- 34) **MEZALI M., 2003.** Rapport sur le secteur forestier en Algérie. 3ème session du forum des Nations Unis sur les forêts. 9 p.
- 35) **Mezerai DJ, 2014.** Ecologie du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) dans la région du Tlemcen, mémoire, master en biologie, univ. Tlemcen, 85 p.
- 36) **MONTERO G., CANELLAS I., et RUIS-PEINADO R., 2001.** Growth and Yield models for *Pinus halepensis Mill.* *Invest. Agr. Sist. Recur. For.*, 10 (1) : 24 p.

### N +O +P

## Références bibliographiques

---

- 37) **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.
- 38) **OSS, 2008-** initiative grande muraille verte du Sahara et du sahel, \ OSS ; CEN-SAD, Note introductive n° 3, OSS : Tunis, 2008,46 pp.
- 39) **PARDÉ J., 1957.** La productivité des forêts de Pin d'Alep en France. Annales de L'école nationale des eaux et forêts, T. XV, Fasc. 2 : 365-414.
- 40) **PRICE R.A., LISTON A., STRAUSS S.H., 1998.** Phylogeny and systematic of Pinus. In: Richardson D.M. (Ed.) Ecology and Biogeography of Pinus. Cambridge University Press. Cambridge (UK): 49-68.

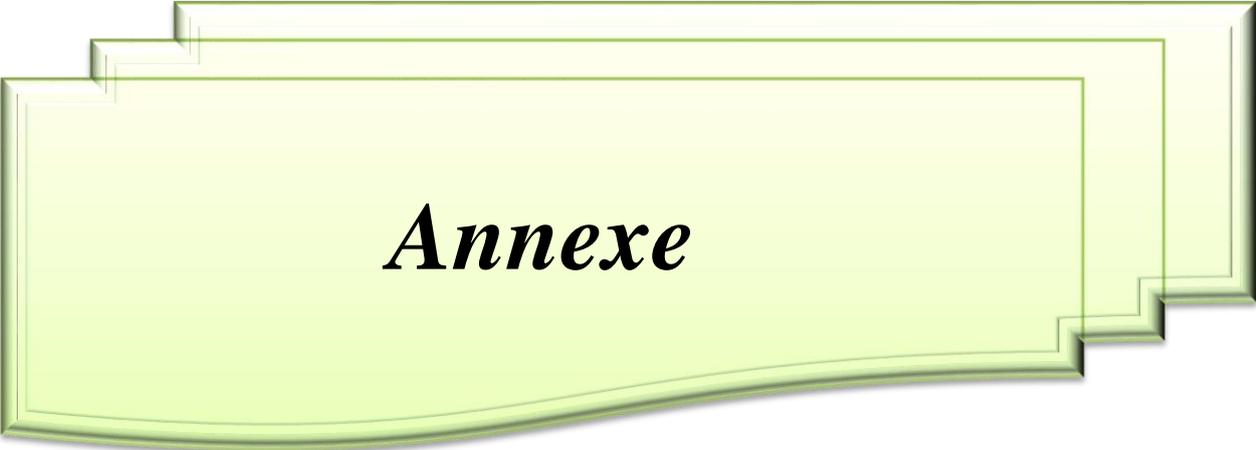
### Q+R+S+T+V+Z

- 41) **QUEZEL P., 1986 :** Les Pins du groupe «halepensis»: Écologie, Végétation, Écophysologie. Options Méditerranéennes. Série Étude CIHEAM 86/1 : 11-24
- 42) **QUEZEL P., BARBERO M. & BENABID A., 1987.** Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du haut Atlas oriental (Maroc). Ecologia Mediterranea. Tome XIII. Fasc. 1-2: 107-113
- 43) **RAPHAEL PASSAS 2008,** Caractérisation de la morphologie des fibres de bois. cerig.efpg.inpg.fr.
- 44) **SCHWEINGRUBER F.H.1988** Tree Rings Basics and application of dendrochronology. Dordechet, D.Reidel Publishing Co.
- 45) **Serre F. (1 973).** Contribution à l'étude dendroc limatologique du pin d 'Alep (Pin us halepensis Mill.). Thèse, Université d'Aix-Marseille III, 244 p., Tabl. & Fig. hors texte.
- 46) **Serre F. (1976).** Les rapports de la croissance et du climat chez Je pin d'Alep (Pin us halepensis Mill.). 1. Méthodes utilisées. L'activité cambiale et le climat. II. L'allongement des pousses et des aiguilles, et le climat. Discussion générale. Oecol. Plant. 11, nO 2, 143-171, nO 3, 20 1-224.
- 47) **SERRE, 1976; KOZLOWSKI ET COLL., 1991; SIRI PATCHETT, 1992 ; NICOLET, 1999.**
- 48) **SEIGUE A., 1985.** La forêt circum-méditerranéenne et ses problèmes. Maison neuve et Larose. Édition. Paris. 502 p.
- 49) **Soltani A, 2016.** Typologie et Fertilité des stations de pin d'Alep de la forêt de Benjloud (Saida), mémoire, master en foresterie, univ. Tlemcen, 141 p.
- 50) **SOULERES G., 1969.** Le pin d'Alep en Tunisie : Annales de l'Inst. Nat. Rech. Forest.Tunisie. Vol 2. Fasc.1. 126 p.

## Références bibliographiques

---

- 51) Tessier L. (1986).** Approche dendroclimatologique de l'écologie de *Pinus si/ vestris* L. et *Quercus pubescens* Willd. dans le Sud-Est de la France. *Acta Oecologica. Oecol. Plant.* 7, (21), nO 4, 339- 3
- 52) Venet J, 1986.** identification des outils et méthodes utilisées à Dynafor concernant la Dendrochronologie.
- 53) Zenzen W, 2016.** Utilisation du S.I.G pour l'analyse de la structure de la forêt d'Ouennougha dans la Wilaya de Bordj Bou Arréridj, mémoire, master en foresterie, univ. Tlemcen 60p.



***Annexe***

## Annexe 1 : les placettes d'échantillonnages

### *Placette d'El biodh*



*Placette de Sfid*



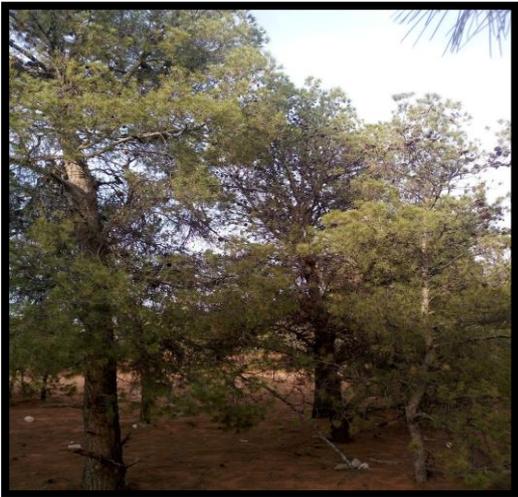
*Placette d'Ain el Ihjar*



*Placette de Bougtob*



*Placette de Mekalis*



*Placette d'El kheiter*



## Annexe 2 : rappel de la croissance en diamètre des arbres

### 1) les différentes parties du tronc d'un arbre :

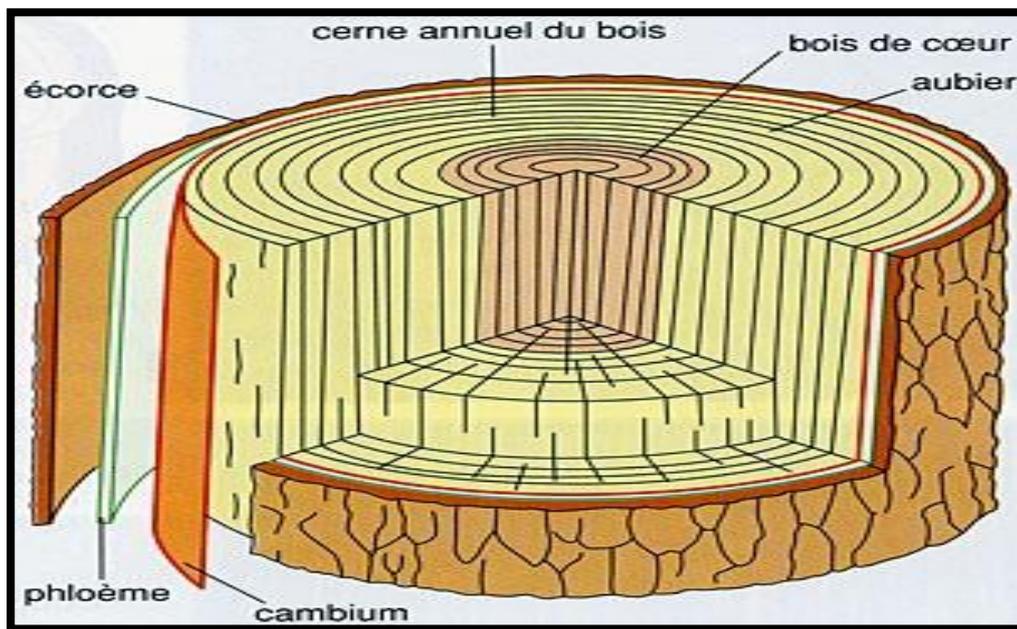


Figure 63 : Structure macroscopique d'un arbre : détail des différentes parties du tronc (RAPHAEL PASSAS 2008)

Les arbres ont une structure macroscopique comparable entre eux (figure 63). 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.

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.

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.

De l'extérieur à l'intérieur d'un arbre, on trouve les composantes suivantes :

- l'écorce qui joue le rôle de protection vis à vis de l'extérieur,
- le liber qui sert au transport de la sève nourricière,
- le cambium qui est la couche de croissance formée par division tangentielle au printemps,
- l'aubier qui sert au transport de la sève brute,
- le bois de cœur ou duramen, inactif et qui se durcit au cours du temps. C'est cette partie de l'arbre qui sera utilisée comme bois de construction.

2) Structure du bois : Bois de printemps et bois d'été (accroissements annuels)

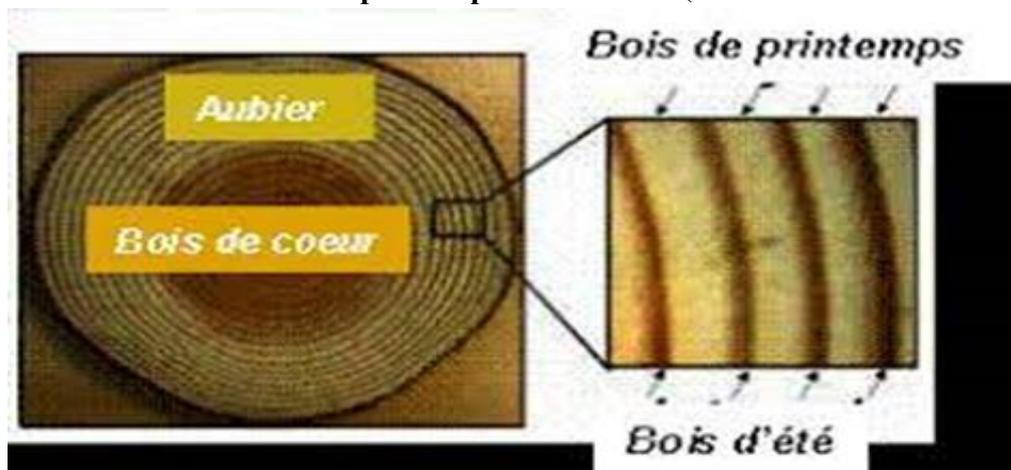


Figure 64 : le bois de printemps et le bois d'été

**Structure du bois :**

Bois de printemps et bois d'été (accroissements annuels) Le développement de l'arbre résulte d'une elongation et d'une croissance en diamètre, correspondant chacune à une organisation différente des tissus.

Les croissances apicale (en hauteur) et radiale (en diamètre) se traduisent par une accumulation géométrique des cernes annuels d'accroissement, plutôt analogue à un empilement de cônes.

Les différents aspects du bois Le bois des résineux ou gymnospermes écorce bois final Chaque année les résineux mettent en place, au début de la saison de végétation,

le bois dit 1 année de croissance bois de printemps ou bois initial. Ce bois est formé de cellules à parois fines, la matière ligneuse y est peu abondante et le bois est de couleur plus claire que celui formé en fin de saison.

Moelle ce dernier dit, bois d'été ou bois final, possède des cellules à parois épaisses. La matière ligneuse y est abondante et le bois est plus coloré que celui de début de saison. Bois initial (Aspects du bois 19-12-da(2))

## Annexe 3 : la tarière de pressier

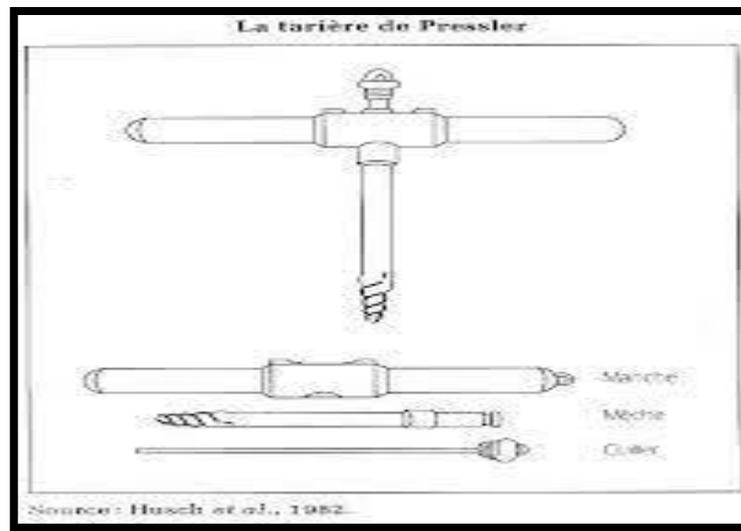


Figure 65 : La tarière de pressier

### Historique :

La sonde de Pressier tient son nom de son inventeur en 1867. Elle s'apparente à un tire-bouchon creux. Elle permet de prélever un petit cylindre de bois (carotte) perpendiculaire à l'axe de l'arbre jusqu'à son centre.

### Comment ça marche?

La sonde de Pressier est formée d'un petit tube de métal (manche) dans lequel nous introduisons un tube muni à son extrémité d'une vis effilée (mèche) facilitant son entrée dans l'arbre. Cette vis est creuse en son centre créant la « carotte » au fur et à mesure qu'elle pénètre dans l'arbre. Lorsque la mèche est introduite jusqu'au centre du tronc, nous utilisons la cuiller pour retirer la « carotte » de la mèche et laisser voir les cernes annuels. Cette opération n'est pas sans dommage pour l'arbre, c'est pourquoi il ne faut pas en abuser. Cependant, il s'agit d'une alternative intéressante afin d'éviter l'abattage inutile des arbres.

### À quoi ça sert?

Cette « carotte » nous dévoile un échantillon de l'ensemble des cernes annuels de l'arbre. Il nous est alors possible de compter et d'analyser les anneaux de croissance de l'arbre étudié. Un cerne moins large que les autres nous indiquera que l'arbre a subi des conditions de croissance moins propices à son développement cette année-là. En rattachant ces signes à des événements historiques connus, les arbres deviennent de véritables encyclopédies vivantes! **(Daniel Gagnon Ingénieur forestier SNG-Foresterie-conseil)**

## Annexe 4 : le pin d'Alep (*pinus alpeensis mill*)



Écorce



cône mature



cône male



les racines



Chenille processionnaire



Pin d'Alep



cône femelle

## Annexe 5 : les données dendrochronologiques

Tableau 11 : caractéristiques environnementales des stations étudiées

Station	latitude Longitude	Surface	Type de sol	Végétation	Nombre et forme des arbres
Ain el hdjar	N34°4448.9147 W°08'42.9277	200 m	Argileux	- <i>Centaurea aspera</i> - <i>triticum aestivum</i> <i>Atriplex laciniata</i>	13 Palme
Sfid	N34°01'53.3449 W0°04'42.8634	200 m	Argileux	<i>mesembryanthemum nodiflorum</i> - <i>artemisia herba- alba asso</i> - <i>erodium lebelii jord</i>	09 palme
El kheither	N34°08'49.1186 W0°04'06.5914	200 m	limoneux	- <i>lactuca serriola</i> - <i>atriplex halimus</i> - <i>solanum</i> <i>chenopodioides</i>	14 palme
Bougto	N34°01'53.3449 W0°04'24.5054	200 m	Limoneux	<i>citrullus colocynthis</i> - <i>marrubium vulgare</i> - <i>peganum harmala</i> - <i>anacyclus valentinus</i> - <i>sisymbrium officinale</i>	10 palme
eLbiod	N33°46'08.3395 W0°07'42.8865	200 m	Sableux	- <i>priganum harmala</i> - <i>artemisia herba- alba asso</i> - <i>xanthium spinosum</i>	19 palme
mekalis	N32.59.34.4766 W0°31'07.3960	200 m	Sableux	- <i>pegunum harmala</i> <i>Xanthium spinosum</i>	14 Palme

## RESUME

Ce travail est consacré à l'étude de la dendrochronologie du pin d'Alep (*Pinus halpensis*) dans six zones d'altitude différente de la ceinture verte située le long de la route nationale n°6 (Saida, Ain Sefra) de 1972 à 2020. Nous avons mené une étude dendrochronologique sur quatre arbres dans chaque site d'échantillonnage.

La mesure d'arbre a concerné circonférence 1,30 m, la hauteur totale, la surface terrière, la densité'âge et la croissance moyenne des cernes avec caractéristiques fixes associées à la profondeur du sol.

Nous avons analysé la relation avec les précipitations et la température pour le pin d'Alep des altitudes allant de ( 916 , 1322 ) mètres ( Ain el hdjar , Sfid , El kheiter, Bougtob , El biodh , Mekalis) .

Puis noter la relation climatique spécifique en utilisant la comparaison entre les années caractéristiques avec la précipitation et la température.

L'étude de l'interaction entre le climat et la croissance des cernes révèle des réponses différentes aux conditions climatiques. Elle a révélé que la croissance de pin d'Alep est davantage liée aux changements de précipitations qu'aux changements de température.

Cette étude nous a permis de mieux comprendre l'analyse des données montrant que le climat est le facteur limitant pour la croissance des cernes de pins d'Alep.

**Mots clé :** la dendrochronologie, le pin d'Alep, cerne.

## SUMMARY

This work is devoted to the study of the dendrochronology of the Aleppo pine (*Pinus halpensis*) in six zones of altitude different from the green belt located along the national road n°6 (Saida, Ain Sefra) from 1972 to 2020. We conducted a dendrochronological study on four trees for each sampling site.

The tree measurement concerned circumference 1.30 m, total height, basal area, age density and average growth of rings with fixed characteristics associated with soil depth.

We analyzed the relationship with precipitation and temperature for Aleppo pine at altitudes ranging from (916, 1322) meters (Ain el hdjar, Sfid, El kheiter, Bougtob, El biodh, Mekalis).

Then we noticed the specific climatic relationship using the comparison between characteristic years with precipitation and temperature.

The study of the interaction between climate and growth of dark circles reveals different responses to climatic conditions. We found that Aleppo pine growth is more related to changes in precipitation than to changes in temperature.

This study allowed us to better understanding the analysis of the data showing that the climate is the limiting factor for the growth of Aleppo pine rings.

**Keywords:** dendrochronology, Aleppo pine, rings.

## ملخص

هذا العمل مخصص لدراسة تأريخ أشجار الصنوبر الحلبي في ستة مناطق على ارتفاعات مختلفة من الحزام الأخضر الواقع على طول الطريق الوطني رقم 6 (سعيدة، عين الصفراء) من عام 1972 إلى عام 2020. أجرينا دراسة شجرية على أربع أشجار في كل موقع لأخذ العينات. يتعلق قياس الشجرة بمحيطها 1.30 م، والارتفاع الكلي، والمساحة القاعدية، والكثافة العمرية، ومتوسط نمو الحلقات ذات الخصائص الثابتة المرتبطة بعمق التربة.

قمنا بتحليل العلاقة مع هطول الأمطار ودرجة الحرارة لأشجار الصنوبر الحلبي على ارتفاعات تتراوح من (916، 1322) متر (عين الحجر، سفيد، الخيثر، بوقطوب، البيوض، مكاليس).

ثم لاحظنا العلاقة المناخية المحددة باستخدام المقارنة بين السنوات المميزة مع هطول الأمطار ودرجة الحرارة.

تكشف دراسة التفاعل بين المناخ ونمو الدوائر المظلمة عن استجابات مختلفة للظروف المناخية. وجدنا أن نمو الصنوبر في حلب يرتبط بالتغيرات في هطول الأمطار أكثر من ارتباطه بالتغيرات في درجات الحرارة.

سمحت لنا هذه الدراسة بفهم أفضل لتحليل البيانات التي تبين أن المناخ هو العامل المحدد لنمو حلقات الصنوبر في حلب.

**الكلمات المفتاحية:** تأريخ الأشجار، صنوبر حلب، حلقات الأشجار