

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en science forestière

Thème :

Contribution à l'estimation de l'âge de (*Taxus baccata*) par l'approche *Dendrochronologique* au niveau du massif forestier De l'Akfadou (fontaine des ifs) Wilaya de Tizi-Ouzou.

Présenté par :

- ✓ M. DELLADJ Amar
- ✓ M. BOUHERICHE Rafik

Devant le jury composé de :

- Président :M. METNA B.MAA-(U.M.M.T.O)
- Promotrice :Mme SI MOHAMMED-HAMIDOUCHE ch.MAA-(U.M.M.T.O)
- Co-promoteur:M. RABHI K.Professeur-(U.M.M.T.O)
- Examineur :M.CHENOUNE K.MAA-(U.M.M.T.O)



REMERCIEMENTS

Avant tout, on remercie Dieu le tout puissant, le Clément et Miséricordieux pour toute sa bonté. Il nous a donné la force, la santé, les moyens et le courage grâce auxquels nous avons pu accomplir notre travail.

Nous tenons à vous Remercier chère promotrice Mme Hamidouche si-Mohammed Ch. M.A.A pour toute l'aide, et les conseils précieux qu' elle nous a donné, et sa patience avec nous, durant toute cette période du travail.

Nous tenons à remercier tout particulièrement le professeur Mr Rabhi K. pour avoir accepté de diriger avec beaucoup d'attention et de soin ce mémoire. Ses explications, ses conseils et ses recommandations qui nous ont donné une grande aide à structurer ce travail. Nous lui devons une immense reconnaissance et un très grand respect.

Nos remerciements à Mr Metna B. d'avoir accepté de présider le jury de notre mémoire et à Mr CHENOUNE K. Pour avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce modeste travail.

Nos remerciements aussi pour le personnel de l'INRF d'Azazga, la conservation des forêts de Tizi Ouzou, la circonscription d'Azazga et en particulier le personnel du district de Bouzguene. Sans oublier Mr Si Mohammed A. de nous avoir accompagné sur le terrain et à L'INRF D'Azazga.

Sommaire

Introduction Générale.....	01
Chapitre I : Description De L'espèce (<i>Taxus <u>baccata</u></i>)	
1. Description de l'espèce (<i>Taxus <u>baccata</u></i>)	02
2. CLASIFICACION :	03
3. Les caractéristiques de l'if.....	03
3.1. Les caractéristiques écologiques :	03
3.2Caractéristiques botanique :	04
3.2.1 Le Port :.....	04
3.2.2 L'écorce :	04
3.2.3 Le feuillage	05
3.2.4 Le Système racinaire :.....	05
3.2.5. Le bois :	05
3.2.6Les organes de reproduction	05
a. Les organes femelles.....	05
b. Les organes mâles.....	05
c. La floraison et formation de fruit	06
4.Reproduction :	06
4.1 Reproduction sexuée :.....	06
4.2. Dissémination des graines :	06
4.3. Reproduction végétative :	07
5. Régénération	07

6. Répartition géographique de <i>Taxus baccata</i> :	07
6.1 Dans le monde :	07
6.2 En Algérie :	08
7.Intérêt de <i>Taxus baccata</i>:	09
7.1 L'utilisation de bois :	09
7.2 Pharmacopée:	09
7.3Lutte contre l'érosion	: 10
7.4.Insecticides :	10
8.Courtage floristique :	10

CHAPITRE II : la *Dendrochronologie*

1. La définition de la <i>Dendrochronologie</i>	11
2. Les Domaines d'étude De La <i>Dendrochronologie</i>	11
3. Le bois	12
4. Le cerne ligneux :	12
5. Structure de cerne	13
6. Formation du cerne	13
7. Anomalies de croissance des cernes	14
8. Les principes de base et les techniques et méthodes de la <i>Dendrochronologie</i>	15
8.1 Les principes de base de la <i>Dendrochronologie</i> :	15
8.2 Les techniques et méthodes de la dendrochronologie :	15
8.2.1 L'échantillonnage :	15
8.2.2 la préparation des échantillons	15
8.2.3 La mesure des échantillons	15

8.2.4 La représentation des mesures	15
8.2.5 La synchronisation des courbes dendrochronologiques	15
8.2.6 Les courbes moyennes :.....	16
9. Utilisation et domaines de pratique de la <i>Dendrochronologie</i> :	16
9.1. Feux de forêt :	17
9.2 Inondation (cicatrices de glace) et avalanches (cicatrices d'abrasion) :	17
9.3. Épidémie d'insectes :.....	17
10. Conclusion :	18

**CHAPITRE III Description DE LA ZONE D'étude
« Forêt D'AKFADOU »**

1. Présentation juridique et géographique du foret de l'akfadou :	19
2. Localisation du foret de l'akfadou	19
3. La description de la zone d'étude	20
4. Le climat et le bioclimat.....	20
5. La végétation.....	21

CHAPITRE IV « Matériels et méthode »

1. Type d'échantillonnage	23
2. Travail sur terrain	23
3. Préparation des rondelles à la lecture :	24
4. Les étapes à suivre pour le ponçage des rondelles:	24
4.1. : Fixation de la rondelle de bois :	24

4.2. : Utilisation d'une ponceuse adaptée :	24
4.3. : L'opération de ponçage :	25
4.4. : Nettoyage de la surface du bois:	25
5. Les mesures	26
5.1. : Séries élémentaire et individuelles d'épaisseurs de cernes.....	26
5.2. : Les chronologies maîtresses	27
6. Les courbes d'accroissements cumulés.....	27
7. Traitement des données statistiques	27
7.1. Epaisseur des cernes moyenne (ECM)	27
7.2.Sensibilité moyenne (SM)	28
7.3.L'écart-type.....	29
7.4.Coefficient de variation.....	29
7.5 coefficient d'inter-datation (SR)	29

Chapitre X : « Résultats et Discussions »

1. Les courbes de croissance des cernes chronologiques des trois arbres de <i>Taxus Baccata</i> (A1, A2 et arbre 2)	31
2. Coefficient de variation (CV%)	34
3. Coefficient d'inter datation (CI)	35

Conclusion Générale:.....	37
---------------------------	----

Références bibliographiques

Figure 1 : pied de <i>Taxus baccata</i> dans la fontaine des ifs (originale, 2023).....	02
Figure2 : Les organes reproducteurs de <i>TaxusBaccata</i>	06
Figure3 : carte de répartition de TAXUS BACCATA dans le monde (ORWA et al, 2009).....	08
Figure4 :Carte de répartition de <i>Taxus baccata</i> en Algérie (Hamidouche et al. 2014)09	
Figure5 : Schéma illustrant le fonctionnement du cambium	11
Figure 6 : Coupe schématique transversale d'un cerne.....	13
Figure7 : Détermination de l'année de passage du feu (SCHWEINGRUBER, 1988 in AIT AIDER et ANNOUN, 2007)	17
Figure8 : Localisation de la zone d'étude dans la forêt d'Akfadou. (Originale 2023)	18
Figure 9 :Ponceuse et ponceuse à disque (originale2023)	22
Figure10 :Photo d'une rondelle poncée	24
Figure11 : Machine LINTAB 5.....	25
Figure12 : La courbe de croissance des cernes chronologique de l'arbre 2 de l'espèce <i>Taxus baccata</i>	30
Figure13 :La courbe de croissance des cernes chronologique de l'arbre 1a de espèce <i>Taxus Baccata</i>	31
Figure14 :La courbe de croissance des cernes chronologique de l'arbre 1b de l'espèce <i>TaxusBaccata</i>	32
Figure 15 :La courbe de synthèse de croissance des cernes chronologique des arbres (1a, 1b, 2) de l'espèce <i>Taxus baccata</i>	33

Liste des tableaux

Tableau 1 :La classification de <i>Taxus Baccata</i>	03
Tableau 2 :Différentes disciplines de la <i>Dendrochronologie</i> et ses applications au plusieurs domaines selon (Lebourgeois et Merian, 2012).....	11
Tableau 3 :Tableau représente les paramètres <i>Dendrochronologique</i>	33
Tableau 4 :Les quartiles des arbres (arbre 2 ; A1 ; A2)	35

Introduction générale

*Taxus baccata*L. est une gymnosperme dioïque présente à travers toute l'Europe et qui s'étend en Afrique du nord et au moyen orient, elle est classée espèce en voie de disparition, des montagnes méditerranéennes, et menacée d'extinction en raison de sa petite taille et de la sénescence de la plupart des populations.

Les humains ont abusé des ressources forestières dans divers domaines industriels et médicaux, se transmettant de génération en génération, entraînant une réduction drastique de la superficie forestière et modifiant la structure et la composition en espèces de nombreuses plantes, y compris les arbres. L'if est l'une des espèces les plus touchées (Piovesan et al., 2009 ; Collins et al., 2003).

En Algérie, l'if est réparti dans différentes stations forestières des deux atlas montagnards : les monts Telliens (Tala Ghilef, Tikjda, Chréa, Akfadou, Ath Zikki) et les monts sahariens (Djebel Feraoun et Chelia). La densité de l'if dans les forêts de cèdres et de chênes varie de quelques pieds à quelques centaines d'arbres (Hamidouche et al., 2014). Les mêmes auteurs ont signalé la faible densité d'arbres adultes, allant de quelques pieds à quelques centaines, ainsi que la faible proportion des sujets au stade juvéniles (gaulis et semis). Cette constatation indique l'état de régénération et de conservation de l'if en Algérie, qui peut engendrer la disparition rapide de l'espèce. Il est nécessaire d'orienter des travaux scientifiques sur plusieurs approches pour comprendre la dynamique et l'évolution de *Taxus baccata* à savoir la dendrochronologie pour tracer son historique. Les premières études *Dendrochronologiques* en Algérie étaient menées par Messaoudène (1989). Il existe peu de recherches dans ce domaine, la plupart se limite à l'analyse des relations cerne-climat (Slimani, 2014 ; Rabhi, 2009).

Ce travail est une première investigation sur le *Taxus baccata*, l'étude a été réalisée dans la forêt domaniale de l'Akfadou-Est, elle s'appuie sur la dendrochronologie, elle est basée sur l'utilisation des différentes propriétés des cernes de bois mort d'ifs pour reconstituer l'histoire de l'existence de cette espèce et pour estimer l'âge des arbres et donc de la population cantonnée dans cette forêt. Ce travail est structuré en cinq chapitres :

- Description de l'espèce
- Description de la dendrochronologie
- Description de la zone d'étude
- Matériel et Méthode
- Résultats et discussion

CHAPITRE I

Description de l'espèce

(Taxus baccata)

1. Statut de *Taxus baccata*

L'if (*Taxus baccata* L. de la famille des Taxaceae) est une espèce relique sujette au déclin et incluse dans plusieurs actions et lois de conservation dans les pays européens. Les sites abritant des ifs ont été désignés comme protection spéciale par la communauté Européenne (Directive Habitats 92/43 /CEE).

En Europe centrale et dans les îles britanniques, l'if peut former des peuplements denses (Ruprecht et al., 2010 ; Thomas et Polwart, 2003 ; Svenning et Magård, 1999). L'if apparaît en un nombre réduit de populations isolées et éparées, situées principalement dans des ravins ombragés, sur les pentes exposées au nord (Navarro-Cerrillo et Pulido-Pastor, 2003; Garcia et al., 2000).



Figure 1: Pied de *Taxus baccata* dans la fontaine des ifs (Akfadou-est)

(Originelle, 2023)

2. Classification

L'if, *Taxus baccata* L. en latin, est une gymnosperme de la famille des taxacées (Taxaceae). Le genre *Taxus* compte une demi-douzaine d'espèces très proches les unes des autres, la classification de *Taxus baccata* selon Rameau et al. (1993) est comme suit :

Tableau 1 :La classification de *Taxus baccata*

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Gymnospermes
Classe	Taxopsides
Ordre	Taxales
Famille	Taxacées
Genre	<i>Taxus</i>
Espèce	<i>Taxus baccata</i> L

3. Les caractéristiques de l'if

3.1. Les caractéristiques écologiques :

- *Taxus baccata* est une espèce longévive, à croissance lente. Il apprécie l'ombre : son cycle de développement nécessite un sous-bois permettant sa régénération (Mossaadegh, 1971).
- Il exige des sols riches, on le trouve sur des sols calcaire et rocheux, l'if préfère des sols frais, limoneux et riches en bases, il pousse mal sur des sols salés (Heiselmayer, 1995).
- *Taxus baccata* préfère des zones à humidité atmosphérique importante et des hivers doux.
- L'if est très résistant à la sécheresse car les stomates peuvent se fermer rapidement en cas de déficit hydrique de l'air et de plus le feuillage supporte les états de forte déshydratation (Joliver, 1998).
- *Taxus baccata* résiste au gèle jusqu'à -20 à -25 selon les stations (Thomas et Paulwart Iszckulo 2011). Alors qu'en Bretagne les dégâts sur l'if commencent à partir de

-13.4°C (Ewatts, 1982).

- L'exposition de l'if commun à des températures de 48-50°C pendant 30mn, cause des dommages pour les aiguilles (Lang, 1961).
- *Taxus baccata* colonise presque sur toutes les pentes, mais principalement là où il y a une forte insolation et une exposition au vent (Watt, 1926 ; Williamson, 1978).

3.2. Caractéristiques botaniques :

Taxus baccata L. en latin, est une gymnosperme de la famille des taxacées (Taxaceae). Le genre *Taxus* compte une demi-douzaine d'espèces très proches les unes des autres, principalement réparties dans l'hémisphère nord. Bien que l'if soit un conifère, il ne produit pas de cônes comme le sapin (*Abies sp.*) ou les pins (*Pinus sp.*). C'est une espèce dioïque, Le fruit ressemble à une baie qui n'en est pas une l'arille, qui se colore en rouge à l'automne, résulte du développement d'une excroissance en forme de cupule, qui est en fait l'expansion du funicule. À l'intérieur de cette cupule, on trouve une graine d'environ six à sept millimètres. L'if a une croissance très lente, il met 70 ans pour atteindre sa maturité sexuelle et peut vivre très longtemps, les arbres millénaires ne sont pas rares (Thomas et Polwart, 2003; Delahunty, 2002).

3.2.1. Le port :

Le port de l'if présente des aspects très variables, il peut avoir une forme arrondie ou pyramidale (Maire, 1953). Le tronc est souvent multibrins, mais devient plus arbustif lorsqu'il est n'est pas en sous-bois. Il peut atteindre 20 à 30m de hauteur et 5m de diamètre (Rameau et al. 1993 in Martin et Thiébault, 2010, Thomas et Polwart, 2003). D'après Mosadegh (2004), l'arbre en générale peut atteindre 12 à 15m et jusqu'à 25m dans des conditions particulières. Les troncs sont souvent cannelés, avec des branches inférieures très basses au ras du sol (Maire, 1953; Delahunty, 2002).

3.2.2. L'écorce :

L'écorce de l'if est mince et écailleuse, de couleur brune rougeâtre, d'un aspect variant de lisse à squameux. Les écailles de couleur brun foncées, sont imbriquées, arrondies et étroitement plaquées (Cope, 1998; Delahunty, 2002; Thomas et Polwart, 2003).

3.2.3. Le feuillage :

L'if est constitué d'aiguilles simples alternes disposées sur un seul plan, brièvement pétiolées, atteignant 35x2 mm, linéaires et aplaties, de couleur vert foncé brillant au-dessus, vert clair mat en dessous (Maire, 1953 ; Cope, 1998), terminées par une courtepoinette mais non piquantes, solitaires et insérées en spirale (Cope, 1998 ; Delahunty, 2002 ; Thomas et Polwart, 2003 ; MOSADEGH, 2004 ; Martin et Thiébault, 2010).

3.2.4. Le Système racinaire :

Le système racinaire chez l'if est fort et élargi, peu profond, essentiellement horizontal avec de nombreuses racelles secondaires très ramifiées. Ce système est parfaitement capable de se développer sur les zones rocheuses car il est capable de pénétrer les crevasses des rochers (Hamidouche et al. 2014 ; Presutti Saba, 2013; Thomas et Polwart, 2003).

3.2.5. Le bois :

Le bois est caractérisé par une extrême variabilité et une densité irrégulière (Moire, 1999). La présence abondante de cristaux d'oxalate de calcium dans le phloème et la faible teneur en composés celluloses lui confère une grande durabilité (Presutti Saba, 2013). Malgré sa grande résistance à la pourriture, le bois du cœur des arbres de plus de 4,5m est souvent pourri et creux (Moire, 1999).

3.2.6. Les organes de reproduction

a. Les organes femelles

Les fleurs des pieds femelles sont verdâtres et forment des fruits charnus, rouge vif de 6 à 15 microsporophylles, entourées d'écailles brunes, naissant à l'aisselle d'une feuille d'un rameau de 2 ans (Maire, 1953).

b. Les organes mâles

Sont des chatons jaunes produisant 6 à 14 étamines, dont chacun renferme de 5 à 8 sacs polliniques (Delahunty, 2002). Le pollen est sans vésicules aérifères (Maire, 1953). Il est

diffusé par le vent en Février et Mars (Delahunty, 2002 ; Thomas et Polwart, 2003 ; Martin et Thiébault, 2010).

c. La floraison et formation de fruit

Selon (Maire, 1953), la floraison de l'if s'étale de mois de mars jusqu'au mois d'avril et la fructification se déroule durant la période allant de mois d'août jusqu'au mois d'octobre produisant un faux fruit. Ce dernier est charnu, au goût sucré, d'une taille de 9x7 mm avec une extrémité ouverte et de couleur rouge appelé « arille », c'est la seule partie comestible de l'arbre. (Delahunty, 2002; Thomas et Polwart, 2003)



a : fleur mâle

b : fleur femelle

c : graine

Figure 02 : Les organes reproducteurs de *Taxus baccata* (le site googel)

4. La reproduction :

4.1. La reproduction sexuée

Taxus baccata est une espèce dioïque ce qui exclue donc l'autogamie. Dans des conditions favorables, l'if fructifie chaque année et abondamment.

4.2. Dissémination des graines :

Le pollen léger de l'if est disséminé par le vent (anémophile typique). Les individus mâles en produisent chaque année de grandes quantités, qui sont transportées très loin.

La dissémination des graines est assurée par les animaux consommant l'arille. Divers oiseaux comme le merle, la grive musicienne, la fauvette à tête noire, le jaseur boréal, le pigeon et le geai, des mammifères comme le lérot, le loir, l'écureuil, la martre, le renard et le

blaireau et jadis l'ours ingèrent le faux-fruit et excrètent la graine intacte. D'autres oiseaux, avant tout la sittelle torchepot, ainsi que les mulots se nourrissent des graines elles-mêmes, mais en perdent ou en oublient pendant le transport. Ces animaux consomment l'arille et rejettent les graines, soit en les régurgitant, soit en les expulsant dans leurs déjections (Thomas et Polwart, 2003; Martin et Thiébault, 2010).

4.3. Reproduction végétative :

La reproduction par voie végétative, est assurée grâce à de nombreux bourgeons dormants situés dans la partie inférieure du tronc, l'if est le seul conifère à pouvoir rejeter de souche. Son pouvoir de régénération est énorme: il peut refermer même des plaies dues à l'écorçage du cerf. Il est en outre capable de drageonner et on le multiplie facilement à partir de boutures de jeunes rameaux (Rudow 2001).

5. Régénération

La régénération de l'if est affectée par toutes les interactions biotiques et abiotiques dans son habitat et les activités humaines, qui ont un impact négatif sur la pollinisation et la présence des deux sexes d'ifs dans la même zone. (Piovesan, 2009).

La germination n'intervient que le second printemps, car pour lever la dormance, il faut une phase chaude de 6 mois (1er été), suivie d'une phase froide de 4 mois (2e hiver). (Rudow,2001).

6. Répartition géographique de *Taxus baccata* :

6.1. Dans le monde :

Taxus baccata est une espèce présente dans le biome méditerranéen, plus présentée dans la partie nord de globe terrestre. En Norvège et en Suède, *T. Baccata* pousse jusqu'à 61° de latitude nord (Fig. 3). La limite orientale de l'aire de répartition en Europe s'étend jusqu'à la mer Baltique, l'Estonie et les Carpates, tandis que la limite occidentale atteint les îles des Açores (Schirone et al., 2010). La limite sud se trouve dans les montagnes Bétique-Rifan, du sud de l'Espagne. L'Afrique de nord constitue l'extrême sud

de l'aire de répartition de *Taxus baccata* (en Algérie et au Maroc) dans Certaines stations sont exposées à la méditerranée, tandis que, d'autre à l'atlantique (ABDESSAMED ; 1981).

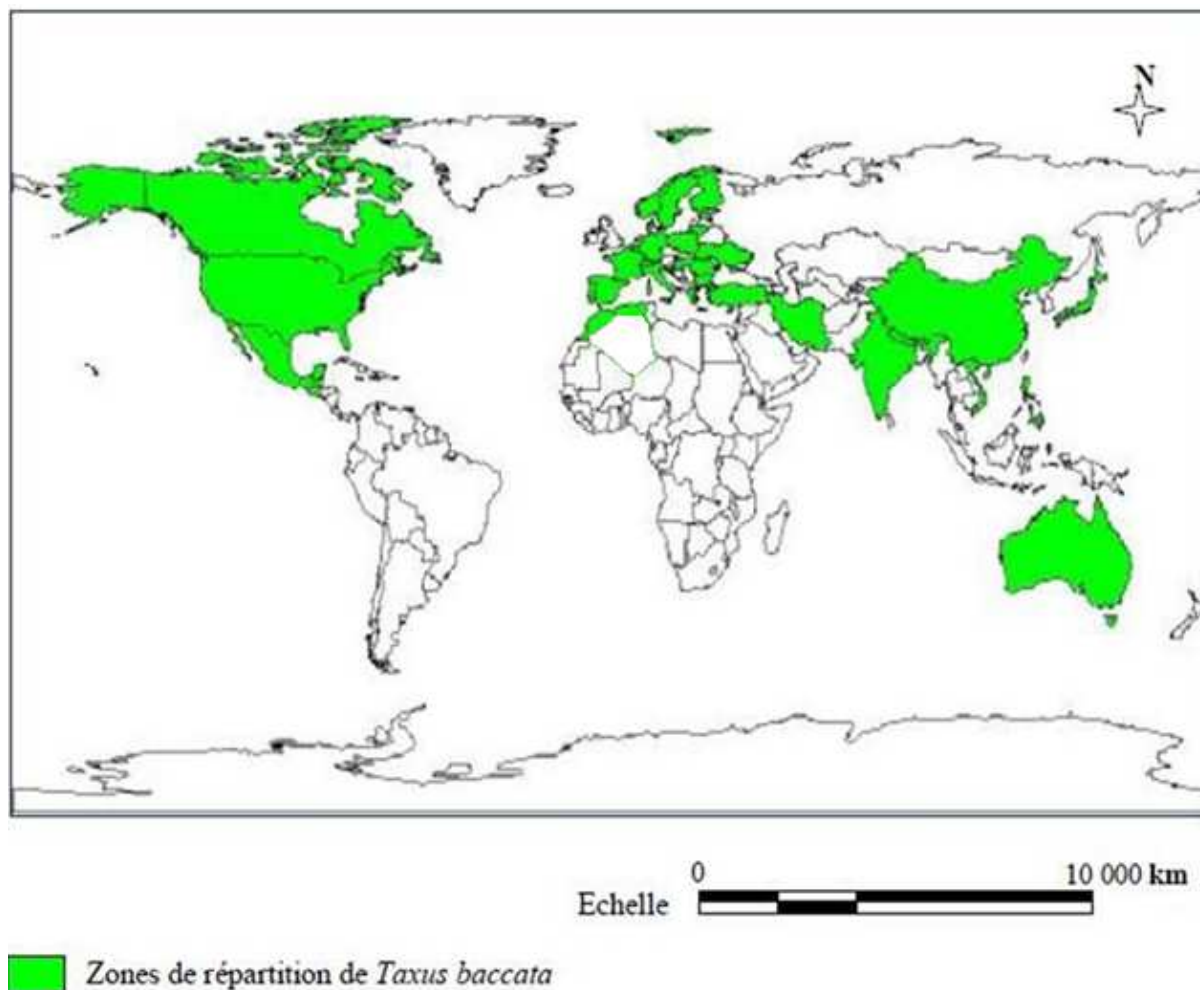


Figure3 : carte de répartition de *Taxusbaccata* dans le monde (ORWA et al. 2009)

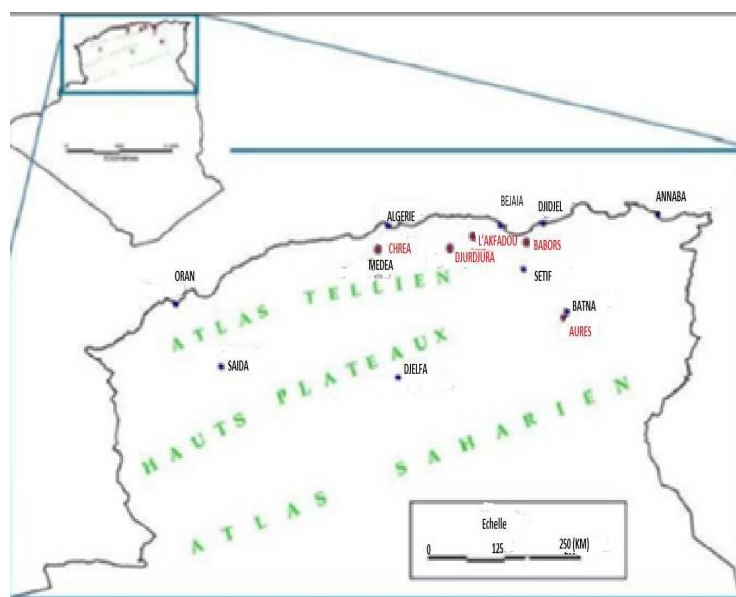
6.2. EnAlgérie :

D'après Hamidouche et al. (2014), en Algérie, *Taxus baccata* a été signalé par plusieurs auteurs dans des études s'intéressant à la flore du Nord de l'Afrique en générale et spécialement dans la phytosociologie et la description du cortège floristique des forêts de cèdre et de chêne(Meddour, 2010 ; Laribi,2000).

Taxus baccata existe en Algérie dans les chaines montagneuses de l'Atlas Tellien et saharien. On le retrouve de l'ouest vers l'est dans l'Atlastellien, dans les montagnes de la wilaya de

Tlemcen (Ras-Asfour), l'Ouarsenis, dans la montagne de Blida (Chréa), Le Djurdjura, l'Akfadou et les Babors.

Par contre dans l'Atlas saharien, au Aurès il se localise dans deux montagnes (djebel chelia et djebel Feraoun).



- En rouge les sites où existe le *Taxus Baccata*
- En bleu les Chefs-lieux de wilaya

Figure 4: Carte de répartition de *Taxus baccata* en Algérie (Hamidouche et al. 2014).

7. Intérêt de *Taxus baccata*:

7.1. L'utilisation de bois :

Le bois d'if est sans résine, dur, élastique. De son origine grecque du mot "*Taxus*" (taxos, flèche, arc) souligne l'importance cruciale de l'if dans la production d'armes, les chasseurs de l'âge de la pierre l'utilisaient pour fabriquer leurs lances. Après les glaciations, les lacustres des lacs p  rialpines en faisaient des pilotis et toutes sortes d'outils. Oetzi, la célèbre «momie des glaciers» des Alpes de l'Oetztal, portait lui aussi un arc d'if et le manche de sa hache de cuivre était fait du même bois. La grande longévité et la durabilité du bois d'if le rendent très utile en dendrochronologie, pour dater des constructions historiques ou des objets faits de ce bois. (Moir 1999 et al).

7.2. La pharmacopée :

Le taxol, composant de l'if, est une substance hautement active contre certaines formes de cancer. Aujourd'hui, le taxol est produit synthétiquement, mais si on a pu le découvrir, dans les années 60, c'est bien grâce à la présence de l'if. Ses constituants toxiques ont été utilisés dès l'Antiquité, par exemple comme poison de flèche et comme abortif. Ce dernier usage lui a valu, dans le Hölltal (sud de l'Allemagne).(Moir 1999 et al in Rudow 2001).

7.3. Lutte contre l'érosion :

L'if peut être utilisé en génie biologique, par exemple dans les ouvrages de protection contre les chutes de pierres et de stabilisation des sols. Il fait preuve d'une forte capacité de régénération lorsqu'il a été blessé et son système racinaire fasciculé assure un ancrage particulièrement solide.(Moir 1999 et al in Rudow 2001).

7.4. Insecticides :

On utilise l'extrait d'aqueux des aiguilles, rameux et écorce des arbres adulte de *Taxus baccata* comme un insecticide sur des ravageurs, car l'extrait de *Taxus Baccata* est caractérisé par toxicité aigue même avec une faible concentration en taxanes. (Ichrak Maameri, HMostafaoui.2021).

8. Cortège floristique :

Taxus baccata participe au sous-bois d'un certain nombre de types d'habitats forestiers mais il n'est pas dominant. On retrouve *Taxus baccata* souvent en association avec *Abies numidica*, *A. pinsapo*, *Cedrus atlantica* ou *Quercus ilex* dans l'étage humide (F.White1986). L'if fait partie de sous association *Ilicetosum aquifolii* (Quézel 1956) : très localisée dans l'akfadou au fond des ravins humides ou au bord de sources Pérennes. L'if Par son caractère hygrophile et ripisylve il est souvent accompagné à d'autres espèce (*Alnus glutinosa*, *Ilex aquifolium* , *Veronica montana* , *Primula acaulis* *Elymus marginatus* également par des fougères exclusives : *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Dryopteris filix-mas* (L.).(F.WHIT, 1986).

CHAPITRE II

« *La DENDROCHRONOLOGIE* »

1. La définition de la *Dendrochronologie*

Au début du XXIème siècle les bases de la *dendrochronologie* moderne sont posées par le physicien et astronome américain A.E. DOUGLASS :(du grec: *dendron* = arbre ; *kronos* = le temps ; *logos* = l'étude). *La dendrochronologie* est une science qui repose sur la mesure des largeurs des cernes annuels de croissance et sur leur datation précise. 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. (DOUGLASS , 1941).

2. Les Domaines D'étude De La *Dendrochronologie*

- *La Dendrochronologie* regroupe toutes les disciplines qui utilisent directement ou indirectement l'information « date » contenue dans une série chronologique de cernes.
- Le tableau qui suit représente quelques disciplines de la *dendrochronologie* et leur application dans plusieurs domaines :

Tableau 2 : Différentes disciplines de la dendrochronologie et ses applications au plusieurs domaines selon (Lebourgeois et Merian, 2012).

Domaine	Discipline	Applications
Écologie	Dendroécologie	Historique 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	Éruptions volcaniques...
Anthropologie	Dendroarchéologie Dendroglaciologie	Datation des constructions anciennes, arbres fossiles.

3. Le bois

Le bois est un tissu végétal rigide formant la masse principale du tronc des arbres, c'est un matériau organisé et hétérogène dont la formation s'est étendue sur de nombreuses années (Detienne, 1988).

4. Le cerne ligneux :

Les cernes des arbres sont le résultat de l'activité du méristème secondaire, appelé le cambium, qui est défini comme la quantité de bois produite pendant la saison de croissance.

En coupe il correspond à la couche de croissance dans le bois, également appelée :

- cerne ligneux,
- cerne annuel, (Venet, 1974 in Ghellab, 1991).

A proprement parler, toutes les cellules lignifiées de l'année constituent l'anneau du xylème (Serre, 1973).

Les anneaux de croissance des arbres sont considérés comme le matériau de base de la *dendrochronologie* (Trenard, 1978). C'est un élément de datation et d'enregistrement (Serre, 1973) qui met en évidence les propriétés dont disposent les arbres pour modifier leur croissance annuelle en réponse à des facteurs très différents, notamment climatiques (Fritts, 1976).

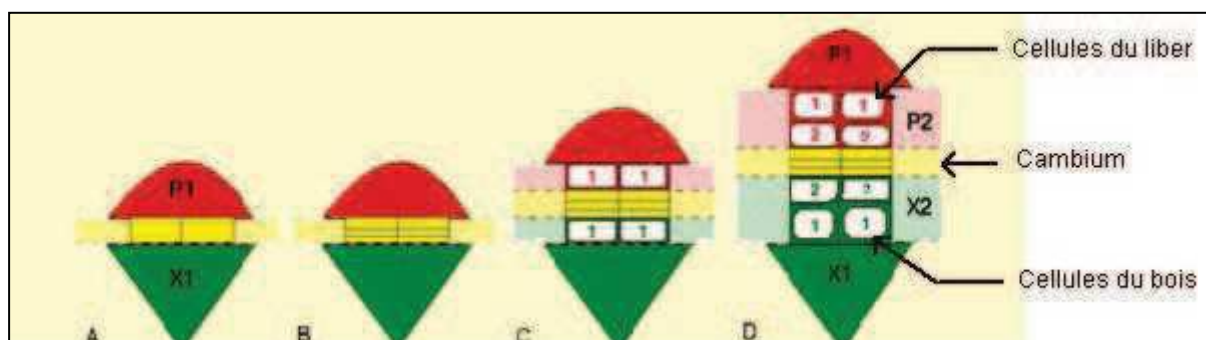


Figure 5: Schéma illustrant le fonctionnement du cambium.

5. Structure de cerne

Des coupes minces faites dans le tronc perpendiculairement au fil du bois montrent au microscope qu'en plus des rayons ligneux, il existe un tamis à bandes parallèles, composé alternativement de grands et de petits récipients. Ces vides correspondent aux conduits empruntés par la sève brute. Les bords des gros vaisseaux correspondent au bois initial (bois de printemps) et les bords des petits vaisseaux représentent le bois final (le bois d'été). Entre ces deux arêtes il y a une transition plus ou moins lente (t), par contre l'accès à l'anneau suivant est strictement dépendant de la différence de densité entre le bois tardif (t-1) et le bois initial de l'actuel année bois optimal (t) (Fig.6) (De Martin, 1974).

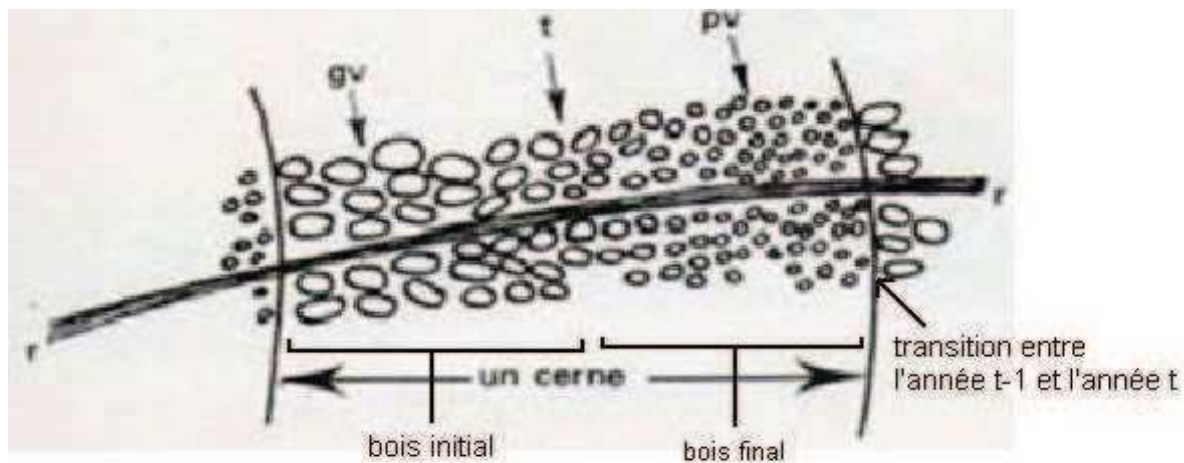


Figure 6 : Coupe schématique transversale d'un cerne

6. Formation du cerne

La formation annuelle des cernes dépend de l'existence d'un rythme saisonnier, avec des périodes d'activité active et de repos du cambium alternant chaque année. (Munaut, 1985 in Meddour H., 1992). Les anneaux sont produits par l'activité du cambium. Ces derniers sont discontinus dans le temps, chaque couche de bois formée entre deux télogènes est individualisée et apparaît en coupe transversale sous forme de cernes annuels ou cernes de croissance. Un anneau est annuel si des périodes d'activité et des périodes de repos alternent dans la même année (Munaut, 1978 et Meddour, 1992).

En région méditerranéenne, où les climats sont contrastés (individualisation de deux saisons distinctes), l'activité du cambium suit un rythme saisonnier.

7. Anomalies de croissance des cernes :

- Cerne double (faux-cerne) ou cernes supplémentaires : Il résulte de la présence d'un stress environnemental ponctuel qui bloque l'activité cambiale, qui reprend au cours de la même année (Alileche, 2012)
- Anneaux manquants : il s'agit d'un phénomène dans lequel le cambium peut rester inactif sans former d'anneaux dans des conditions de croissance difficiles, couramment observés chez les arbres âgés, stressés par la sécheresse ou défoliés par les insectes (Alileche, 2012) ;
- Anneaux incomplets : Dans ce cas, le cambium est inactif sur une partie de la circonférence et les couches formées ressemblent à un croissant (Kramert et Kozolowski, 1979).

8. Les principes de base et les techniques et méthodes de la *Dendrochronologie*

8.1. Les principes de base de la *Dendrochronologie* :

- a. Les arbres étudiés doivent avoir vécu dans des régions soumises à un rythme saisonnier induisant la formation d'une couche annuelle de bois appelée cerne.
- b. L'épaisseur des cernes doit être limitée par un ou plusieurs facteurs extérieurs.
- c. Il faut que ces facteurs limitant varient d'une manière déférente d'une année à une autre.
- d. L'action des facteurs limitant doit s'exercer de façon identique sur les arbres possédant les mêmes exigences écologiques et répartis sur des territoires suffisamment vastes.
(Munaut André Valentin.1979).

8.2. Les techniques et méthodes de la *dendrochronologie* :

8.2.1 L'échantillonnage :La mesure des cernes s'effectue sur des disques complets sectionnés à travers un arbre ou une poutre, sur des carottes prélevées à l'aide de foreuses ou sur des éléments divers (objets d'art) pourvu qu'ils comptent un nombre de cernes suffisants (50 à 100 minimum)

8.2.2. La préparation des échantillons : Les échantillons doivent montrer avec précision la limite entre cernes.

8.2.3 La mesure des échantillons :Suivant les moyens de chaque laboratoire diverses mesures peuvent être effectuées. La plus courante consiste à mesurer optiquement l'épaisseur totale du cerne.

8.2.4 La représentation des mesures :La plupart des auteurs représentent les mesures brutes sur papier translucide où figurent en abscisse les années successives, en ordonnée l'épaisseur des cernes correspondants.

8.2.5. La synchronisation des courbes dendrochronologiques : Lorsque plusieurs courbes *Dendrochronologiques* sont construites à partir d'échantillons répondant aux exigences fondamentales détaillées dans le premier paragraphe il existe souvent un grand parallélisme entre les variations d'épaisseur des cernes formés au cours des mêmes années.

8.2.6. Les courbes moyennes :

A partir des indices de chaque échantillon (l'épaisseur) on peut calculer différentes courbes moyennes individuelles (tree chronologies) de groupe ou de référence (master chronology). Ces moyennes arithmétiques sont calculées par l'ordinateur et si les échantillons sont fournis suivant un ordre séquentiel, le programme Indexa les effectue automatiquement (Munaut 1979).

9. Utilisation et domaines de pratique de la *dendrochronologie*:

Aux États-Unis, Douglas (1941) a daté de nombreuses poutres à des fins archéologiques, en se basant sur les années de formation des différentes espèces, à partir de courbes représentant l'épaisseur des anneaux.

En exploitant la sensibilité à la sécheresse de plusieurs espèces de conifères, Fritts et Schulman (1951) ont pu suivre avec précision l'évolution de la sécheresse dans l'ouest des États-Unis depuis le premier siècle.

En étant capable d'analyser même le bois carbonisé, les chercheurs peuvent retracer la migration et la dynamique des populations anciennes.

En analysant l'épaisseur des cernes des arbres et des données climatiques détaillées, les déterminants de la croissance des arbres peuvent être mis en évidence, par exemple, la croissance radiale des arbres à la limite nord est directement liée à la température de l'air en juillet. (Slastad, 1961; Mikola, 1962 à DeMartin, 1974).

(Alestalo (1967) in De martin, 1974) a proposé les Principes de datation de la transgression et de la régression des océans lorsque les océans bordent les forêts.

La dendrochronologie permet de dater les érections et les coulées volcaniques du bois pétrifié. Il fournit également une mine d'informations sur le climat et l'écologie, ainsi que l'histoire de l'origine du bois. Le bois est comme un livre d'histoire, enregistrant les traces de l'impact humain sur la forêt :

9.1. Feux de forêt :

Au cours d'un feu de forêt, le cambium exposé à la chaleur n'est parfois détruit qu'une partie du périmètre de l'arbre, ce qui permet à l'arbre de continuer à pousser et provoque la formation de cicatrices de feu. (Fig. 7) Chaque cicatrice permet de dater le passage du feu dans la zone. (Rabhi, 2009).

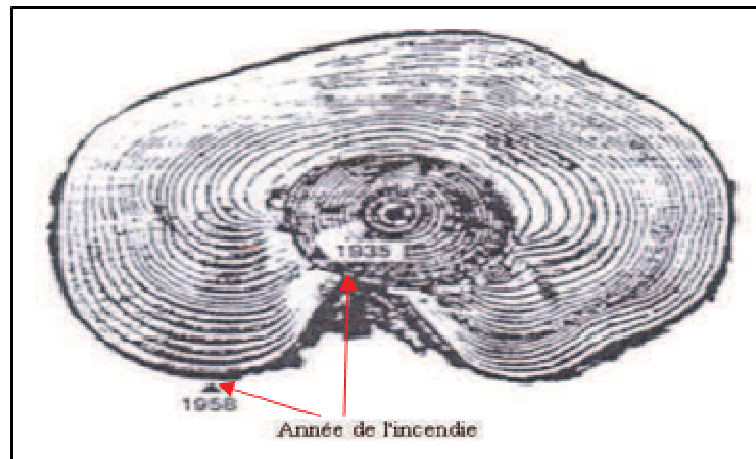


Figure.7 : Détermination de l'année de passage du feu (SCHWEINGRUBER, 1988 in AIT AIDER et ANNOUN, 2007)

9.2. Inondation (cicatrices de glace) et avalanches (cicatrices d'abrasion) :

La glace transportée par les rivières lors des crues, les débris et les rochers entraînés par les avalanches ou les glissements de terrain laissent ce que l'on appelle des cicatrices d'usure sur les arbres endommagés. Ces cicatrices permettent d'estimer l'année de l'événement qui les a causées..

9.3. Épidémie d'insectes :

Suite au déséquilibre physiologique provoqué par cette attaque, la défoliation des arbres se manifeste par le développement de cernes étroits.

10. Conclusion

La dendrochronologie, par raffinement des techniques et méthodes qu'elle utilise semble bien apte à s'intégrer dans différents domaines qui font l'objet de recherches par des quaternaristes.

Sous l'impulsion du Professeur H.C. Fritts de Tucson (auteur en 1976 d'un remarquable traité) une société de dendrochronologie rassemblant des chercheurs formés à de nombreuses disciplines a été créée. Son siège est à Tucson, elle édite régulièrement des Newsletters pour maintenir le contact entre tous les membres. Nous espérons que cette brève revue dendrochronologique aura pour effet d'informer les chercheurs que l'une ou l'autre application de cette science pourrait intéresser.

CHAPITRE III

Description de la zone D'étude

« Forêt De l'Akfadou »

1. Présentation juridique et géographique du foret de l'Akfadou :

La forêt d'Akfadou est située à environ 160 kilomètres à l'est d'Alger et à 20 kilomètres de la mer Méditerranée, la parcelle forestière s'étend sur environ 11 000 hectares et représente 18% de la superficie des chênes feuillus en Algérie. L'altitude d'Akfadou varie de 800 m à 1 646 m (Messaoudene et al, 2007).

Elle est située entre 4°33 et 4°41 de longitude est et entre 36°30 et 36°86 de latitude nord. La forêt dépend administrativement des provinces de Tizi Ouzou et Bejaïa (Messaoudene et al., 2007).

De par ses aspects historiques, sa biodiversité et son potentiel touristique, le massif forestier d'Akfadou est considéré comme l'un des plus beaux et des plus riches sites et patrimoine forestier du pays.

2. Localisation de forêt de l'Akfadou

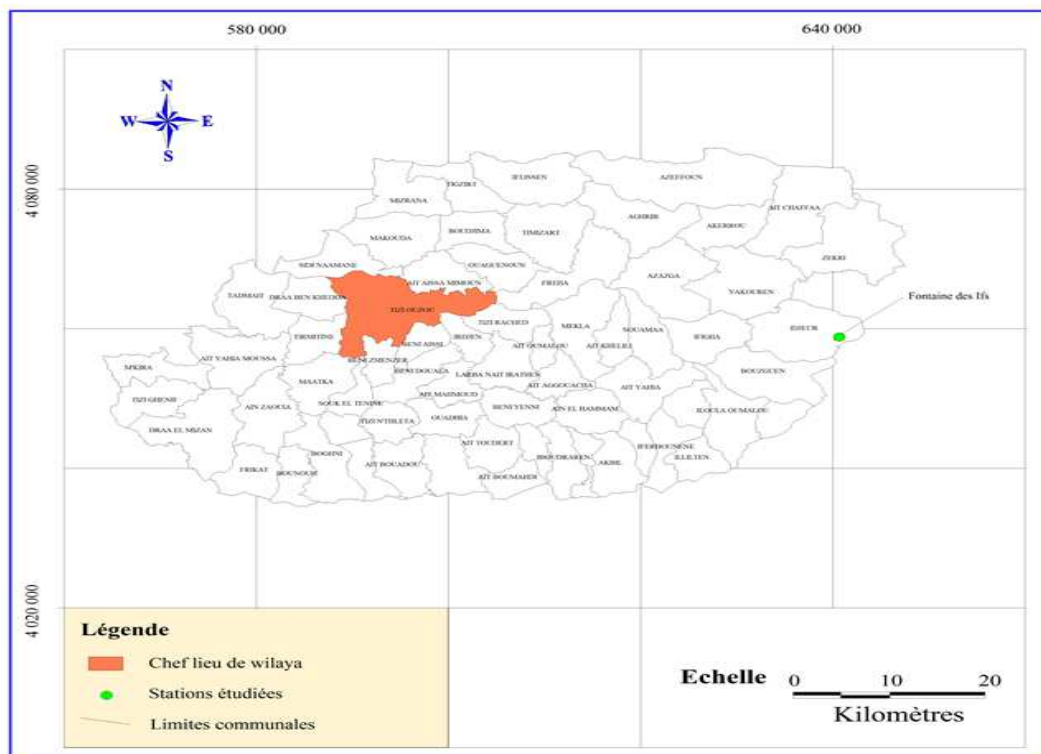


FIGURE 08: Localisation de la zone d'étude dans la forêt d'Akfadou (Conservation foret de Tizi Ouzou 2023).

Notre zone d'étude est la parcelle collinaire à chênes et forêt à la fin du Djurdjura (Chaker S, 1986). Elle est située à environ 160 kilomètres à l'est de l'Algérie et à 20 kilomètres de la mer. Sa topographie est assez complexe car elle s'articule autour d'une série de lignes de crête généralement orientées nord-est et sud-ouest (Messaoudene et al, 2007 ; Haddar, 2016). La station de étude retenue est située dans la partie ouest de la parcelle forestière délimitée par:

- ✓ Au nord-est : Akfadou-Est (Bejaïa) et Akfadou-Ouest (Tizi-Ouzou) séparés par la Tranchée du Feu (TPF A).
- ✓ Nord-ouest : Forêt domaniale de Beni-Ghobri.
- ✓ Ouest : Forêt domaniale et terres spéciales de Beni-Ghobri.
- ✓ Est et sud-est : Parcelle forestière d'Akfadou-Est.
- ✓ Au sud-ouest : le terroir particulier de la daïra de Bouzguène.

3. La description de la zone d'étude

Sur le plan physique, plusieurs auteurs rapportent la rencontre de formations appartenant à la topographie éruptive secondaire et tertiaire plus ancienne dans la région de la forêt kabyle (Boudy, 1955 ; Gelard, 1978 et Durand, 1959). L'altitude d'Akfadou varie entre 800 et 1646 mètres (Djebel Ezzéen) et le relief est assez complexe, souvent assez accidenté (15% à 45% de pente), surtout dans sa partie sud-est (Messaoudén M et al, 2007). D'un point de vue géologique, trois matrices de Djurdjura ont été proposées, par exemple : grès numide, argile sub-numide et flysch à microbrèches (Gelard, 1978 et Messaoudene et al., 1991).

4. Le climat et le bioclimat

Les facteurs climatiques affectent la distribution, la croissance et le développement des plantes et des animaux. Le massif forestier d'Akfadou au nord de l'Algérie a un climat méditerranéen caractérisé par des étés chauds et des hivers froids, caractérisé par un bioclimat humide avec des variantes fraîches et tempérées (Messaoudene, 1989 ; Default, 1990 ; Rabi, 2013). Selon Djebaili (1978), la pluviométrie est définie comme le facteur principal déterminant le type de climat. Le massif forestier d'Akfadou est situé dans la zone la plus humide, atteignant rapidement plus de 1000 mm par an, et de ce point de vue il apparaît comme le plus humide. Sur les sommets de plus de 1200 m de la façade nord (Akfadou, Djurdjura), la pluviométrie annuelle est sans doute énorme, atteignant 2000 mm/an, compte

tenu de sa masse et surtout de l'influence de son orientation. Les conditions saisonnières sont de type HAPE (Meddour, 2010 ; Messaoudene, 1989).

5. La végétation

La forêt d'Akfadou est constituée essentiellement de peuplements de chêne zéen (*Quercus canariensis* Willd.), de chêne afarès (*Q. afares* Pomel) et de chêne liège (*Quercus suber* L.). Ces peuplements présentent une mosaïque d'âges divers. Le chêne zéen est l'essence dominante jusqu'à 1 646 m d'altitude, où il occupe environ 45 % de la superficie boisée. Le chêne afarès abonde sur quelques lignes de crête, les versants sud et sud-ouest et les terrains caractérisés par des sols plus ou moins argileux. Le plus souvent, il est situé au-dessous de 1 250 m d'altitude. Les peuplements purs occupent environ 15 % de la surface boisée. Les peuplements mixtes de chêne zéen et de chêne afarès se retrouvent partout dans les zones de transition. Il en est de même pour les peuplements mixtes de chêne zéen et de chêne liège, limités à une altitude de 1 100 m. Ces peuplements mixtes couvrent environ 25 % de la zone boisée. Quant au chêne liège à l'état pur, il occupe 15 % de la zone périphérique de l'Akfadou. De gros chênes zéens et afarès, âgés de plus de 500 ans, sont présents dans de nombreux sites. Ces individus témoignent de l'origine ancestrale de la chênaie de l'Akfadou (Messaouden, 1989). L'arboretum d'Agoulmime Aberkane, la châtaigneraie de Mehaga et celle de Tala-Kitane, la cédraie d'Adekar, les nombreuses aulnaies, les bouquets d'ifs (*Taxus baccata* L.) et de houx (*Ilex aquifolium* L.) méritent aussi une attention particulière. Bien qu'introduit en 1890 puis en 1948 à Agoulmime Aberkane et aux alentours, à Tala Kitane et à Adekar, plus précisément dans le cadre de programmes d'amélioration forestière, le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) forme actuellement de très belles cédraies perpétuées par une régénération naturelle très importante. Il en est de même pour le châtaignier (*Castanea sativa* Mill.), le pin noir (*Pinus nigra* Ait.)

Le Pin Coulter (*Pinus coulter*) et le cyprès (*Cupressus horizontalis* L.), introduits aussi en 1890 et 1948 dans l'arboretum d'Agoulmime Aberkane et à Lazella. *Abies numidica* (De Lann.) est représenté par 75 individus inventoriés au sud de la cédraie d'Agoulmime Aberkane. L'aulne glutineux (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), l'if et le houx colonisent partout les stations les plus humides à tendance marécageuse de l'Akfadou, ainsi que les sources et cours d'eau. Parmi les espèces caducifoliées figurent aussi l'érable (*Acer obtusatum* W. et K.), le sorbier (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) et le merisier (*Cerasus avium* L.). L'érable peut parfois codominer avec le chêne zéen, voire le dominer pour constituer de véritables érablières occupant des surfaces

Chapitre III Description de la zone d'étude « Forêt de l'Akfadou »

assez réduites malgré tout. Le sorbier et le merisier, bien qu'assez fréquents, sont rarement abondants. Mais leur intérêt écologique est suffisamment important pour que les aires réduites où poussent ces espèces dans l'Akfadou soient protégées.

CHAPITRE IV

« Matériels et méthodes »

1. Type d'échantillonnage

La méthode d'échantillonnage que nous avons adoptée dans notre travail est une méthode subjective non aléatoire car la station limite le nombre d'échantillon présente Cinque arbres morts. Elle se réfère à une approche consistant à sélectionner délibérément les unités d'échantillonnage en fonction des critères spécifiques recherchés.

2. Travail sur terrain

Taxus baccata est une espèce protégée, dans l'Akfadou, le nombre des sujets ne dépasse pas une centaine. La coupe est strictement interdite, ainsi nous avons évité de pratiquer le carottage pour limiter les maladies fongiques et les attaques parasitaires. Pour cela nous sommes orientés vers l'utilisation du bois mort.

Pour réaliser notre étude qui a pour objectif l'estimation de l'âge de la population de l'if dans l'Akfadou-est. Sur le terrain, L'obtention des échantillons a été effectuée par une scie, nous avons, donc coupé des rondelles de bois des pieds d'ifs morts. Au totale cinq arbres morts dont le bois paraît d'aspect normale ont été recensés et deux seulement ont été gardé. L'arbre 1 (a et b), il est composé de deux centres ou de deux arbres soudés dans le même tronc, et l'arbre (2). Les rondelles éliminées présentent des signes de pourriture et de détériorations excessives qui ne nous permettent pas de prendre des mesures ou de fixer les centres de ces rondelles. La coupe des rondelles doit être aussi proche que possible de la base de l'arbre, car les anneaux de croissance sont plus étroitement espacés à cet endroit, ce qui permet une meilleure résolution chronologique, on a réalisé des coupes perpendiculaires à l'axe de l'arbre pour obtenir des rondelles plates et uniformes.

3. Préparation des rondelles à la lecture

Pour une bonne lecture des cernes on procède à la préparation de notre échantillon par l'opération de ponçage des rondelles de bois à l'aide d'une ponceuse. Le ponçage de ces rondelles peut être un moyen efficace pour lisser les surfaces et éliminer les imperfections. L'utilisation de la ponceuse peut faciliter ce processus en fournissant une action rotative ou oscillante pour enlever la matière indésirable.

Cette opération doit continuer jusqu'à nette apparition des cernes.



FIGURE 09 :ponceuse et ponceuse à disque (originelle2023)

4. Les étapes à suivre pour le ponçage des rondelles:

4.1. Fixation de la rondelle de bois :

Placer la rondelle de bois sur une surface stable ou fixer-la à l'aide d'un étau pour éviter qu'elle ne bouge pendant le ponçage.

4.2. Utilisation d'une ponceuse adaptée :

Choisir une ponceuse adaptée à la taille et à la forme de la rondelle de bois. Une ponceuse à main ou une ponceuse orbitale peut être utilisée pour des rondelles plus petites, tandis qu'une ponceuse à bande ou une ponceuse à disque peut être plus appropriée pour des rondelles plus grandes.

4.3. Opération de ponçage :

Si la surface de la rondelle de bois présente des imperfections importantes. Le Ponçage se fait progressivement, on commence par utilisation d'un papier abrasif grossier, puis passez à des grains plus fins pour obtenir une finition plus lisse. Puis on utilise la ponceuse en déplaçant doucement sur la surface de la rondelle de bois. Appliquez une pression constante, mais évitez d'appuyer trop fort pour ne pas endommager le bois. Déplacez la ponceuse dans un mouvement régulier et uniforme pour obtenir un ponçage homogène. Il faut Contrôler régulièrement la surface et vérifier que le niveau de lissage souhaité est atteint tout en évitant de trop poncer et de retirer trop de matière.

4.4. Nettoyage de la surface du bois:

Une fois le ponçage terminé, utilisez un chiffon propre ou une brosse pour enlever la poussière de bois de la rondelle.



FIGURE 10 : photo d'une rondelle poncée (originelle 2023).

5. Les mesures

Les mesures de l'épaisseur des cernes sont effectuées à l'aide de la machine LINTAB5 à 1/1000mm doté d'un logiciel TSAPWIN permettant d'enregistrer les mesures sur ordinateur. La machine est équipée d'une loupe binoculaire permettant d'observer nettement l'épaisseur des cernes des rondelles mesurées grâce à un grossissement (x 50).

Deux types séries de mesures ont été obtenus :

5.1. Série élémentaire et individuelle d'épaisseurs de cernes

Cette série est obtenue à partir des mesures fournies par Carotte ou rondelle. La cohérence entre différentes séries de base d'une même population est ensuite vérifiée en juxtaposant les courbes correspondantes. Ces données validées ont servi de base à toutes les analyses ultérieures (MESSAOUDENE, 1989). Cela représente également une seule série tant qu'une seule carotte ou rondelle est prélevée par arbre.

En principe, une seule série est issue de la moyenne de deux rondelles d'un même arbre, dont le calcul permet de supprimer les influences directionnelles sur la croissance radiale et de ne retenir que les influences spécifiques à l'arbre.



Figure 11: machine LINTAB 5

5.2. Les chronologies maîtresses

Les chronologies maîtresses permettent de représenter chaque population (station) par une courbe maîtresse, sur toute la durée de la chronologie et montre l'allure de la croissance radiale moyenne annuelle pour ces populations (Tessier, 1984 ; Messaoudene, 1989).

6. Les courbes d'accroissements cumulés

Sur la base des accroissements courants annuels cumulés et en fonction de l'âge, on peut analyser le rythme d'accroissement de chaque population (station), et donner

une appréciation sur les différentes phases de la croissance de ces populations en relation avec les conditions du biotope. Ces données peuvent aussi fournir une estimation du bois à un moment donné. Par ailleurs, la croissance du cerne peut jouer le rôle d'un indicateur de la fertilité de la station (Messaoudene, 1989).

7. Traitement des données statistiques :

Les paramètres statistiques permettant d'exprimer l'écart relatif des valeurs à la moyenne et comparer ces valeurs entre les différentes séries chronologiques (Geller, 1975).

7.1. L'épaisseur des cernes moyenne (ECM)

L'épaisseur moyenne des cernes est un paramètre important pour l'évaluation de la vitalité des peuplements (SCHWEINGRUBER, 1988 in BERTAUDIÈRE et al, 1999). Le calcul des moyennes des épaisseurs des cernes permet de minimiser les variations propres à chaque arbre dues à des phénomènes particuliers, le plus souvent micro-stationnels et de ne garder que les variations inter annuelles des épaisseurs des cernes liées essentiellement au climat, accessoirement à l'intervention d'un parasite et aux pratiques sylvicoles ou encore anthropiques.

E.C.M : épaisseur moyenne des cernes de chacune des séries, calculée par la formule suivante :

$$X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{Dagnelie, 1973}).$$

- **X** : croissance moyenne
- **x_i** : épaisseur du cerne de l'année i
- **n** : Nombre d'années de la chronologie.

7.2. La sensibilité moyenne (SM)

La sensibilité moyenne exprime la variation moyenne entre deux épaisseurs annuelles successives (Douglass, 1936 in Tessier, 1984). Elle est obtenue par le rapport :

$$SM = \frac{2}{n-1} \times \sum_{t=1}^n \frac{(X_{(t+1)} - X_t)}{X_{(t+1)} + X_t}$$



- **SM** : coefficient de sensibilité moyenne
- **N** : nombre d'année de la chronologie
- X_{t+1} : épaisseur du cerne à l'année t+1
- **X t** : épaisseur du cerne à l'année t

La sensibilité moyenne permet de définir la variation moyenne entre deux épaisseurs annuelles successives (Fritts, 1976). Ce coefficient exprime l'ampleur des changements affectant à court terme l'épaisseur des cernes. Elle prend la valeur nulle pour deux cernes successifs égaux et la valeur 2 quand l'épaisseur de l'un d'entre eux est nulle (Fritts, 1976). La sensibilité moyenne quantifie le signal climatique tel qu'il résulte de l'interaction des facteurs environnementaux (Tessier, 1982). Elle a été calculée pour les séries individuelles et de synthèses.

7.3. L'écart-type

Il exprime les variations des individus par rapport à la moyenne, ce paramètre est obtenu par la formule suivante

$$S = \frac{1}{n} \sum_i^n (X_i - X)$$

7.4. Le coefficient de variation

Il est défini comme le rapport entre l'écart-type et la moyenne, il permet d'exprimer l'écart relatif des valeurs à la moyenne (Lebourgeois et Merian, 2012). Il est exprimé par le rapport :

$$CV = \sigma/\bar{X} \times 100$$

- **CV** : coefficient de variation
- σ : écart type
- \bar{X} : la moyenne

7.5. Le coefficient d'inter-datation (SR)

Il correspond au plus ou moins bon synchronisme des séries élémentaires dont est issue la chronologie maîtresse (Tessier, 1984).

Ce coefficient est dégagé par rapport à la sensibilité de série de synthèse de tous les individus d'une station sur la moyenne de la sensibilité individuelle. Son calcul est fait pour les séries élémentaires, individuelles et maîtresses, en appliquant la formule suivante :

$$SR = \frac{SMm}{SMe}$$

- **SR** : Coefficient d'inter-datation ;
- **SMm** : sensibilité calculée sur la chronologie maîtresse ;
- **SMe** : moyenne des sensibilités calculées sur les séries individuelles

S'il se trouve que les variations des individus d'un groupe sont synchrones et se retrouvent dans la courbe moyenne, le coefficient est estimé élevé, dans le cas contraire il est reconnu faible. Cette formule est appréciée dans l'établissement de confirmation d'une inter-datation car ses valeurs diffèrent nettement des groupes synchrones à des groupes établis au hasard (Munaut, 1966 in Guibal, 1981).

Chapitre V

Résultats et Discussion

1. Les courbes de croissance des cernes chronologiques des trois arbres de *Taxus baccata* (A1, A2 et arbre 2)

Dans l'ensemble chaque arbres présente une courbe particulière, et montre un nombre différent de phase de croissance, celles-ci sont déterminées par rapport à la courbe de l'épaisseur moyen (ECM).

La courbe individuelle de l'arbre 2 (figure12) marque trois phases de croissance en épaisseur sur le plan des années où la phase 1 est une phase de croissance d'une période de 74 années qui commence par (0,6 mm) en première année et arrive jusqu'au point maximum (0,7 mm), ensuite elle décline progressivement jusqu'à la fin de la première phase en 1967 avec une valeur (0,2 mm). La deuxième phase présente des changements de valeurs où elle fait une relance importante qui dure 6 ans et se retrouve encore dans le déclin jusqu'à la fin de la phase 2 en 1987 avec une valeur (3 mm). Par contre, dans la troisième phase nous remarquons une autre relance pour atteindre le point maximum (3,8 mm) en 2005, ensuite elle décline progressivement jusqu'à la fin de la troisième phase en 2015.

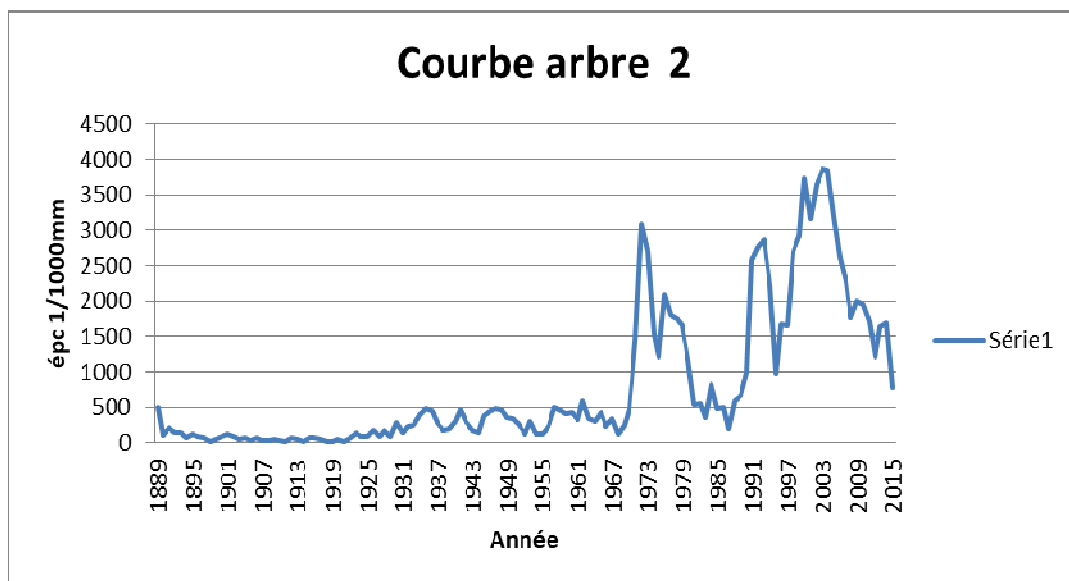


Figure 12 : La courbe de croissance des cernes chronologique de l'arbre 2 de l'espèce *Taxus baccata*.

La courbe individuelle de l'arbre 1a (figure 13) peut se définir par six phases de croissance en épaisseur sur le plan des années. La première phase d'une

croissance régulière d'une période allant de 1885 jusqu' à 1934. Un pic est atteint brusquement en 1935 (2,1 mm) et redescend brusquement en 1940 pour passer une période presque régulière jusqu' à 1965. Un fois de plus d'autres pics sont enregistrés d'une même grandeur pour atteindre le point maximum (2,2 mm) en 1993 et qui sont séparés par une chute grave en 1983 avec une valeur de (0,3 mm). A partir de 1995 il y a une période presque régulière jusqu' à la fin.

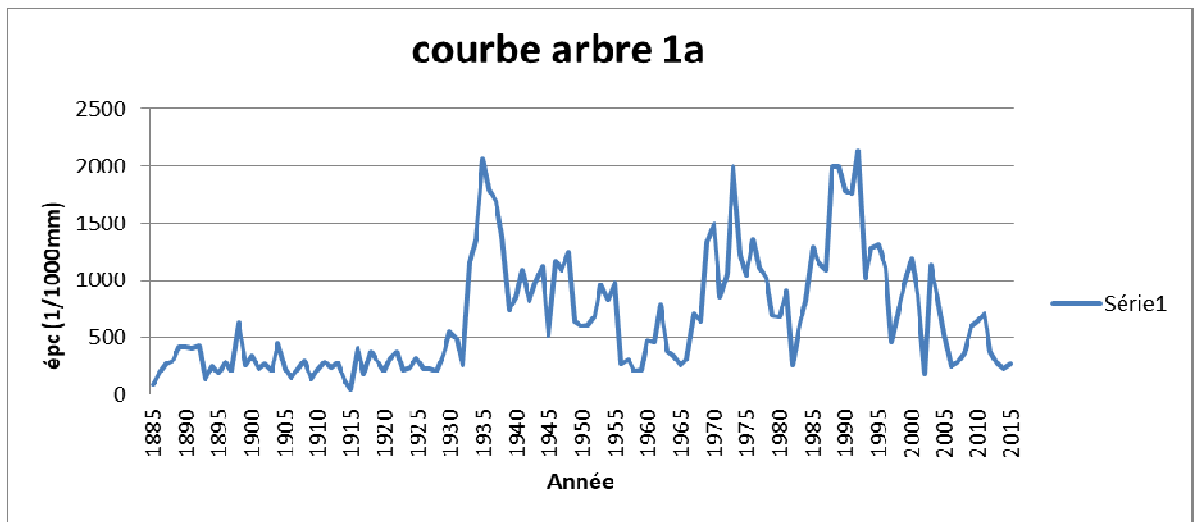


Figure 13 : La courbe de croissance des cernes chronologiques de l'arbre 1a de l'espèce *Taxus baccata*.

La courbe individuelle de l'arbre 1b (figure 14) marque plusieurs périodes d'amplitude très variée, des phases qui marquent des pics (2,65 mm, 2,3 mm) séparées par d'autres qui sont plus au moins régulières.

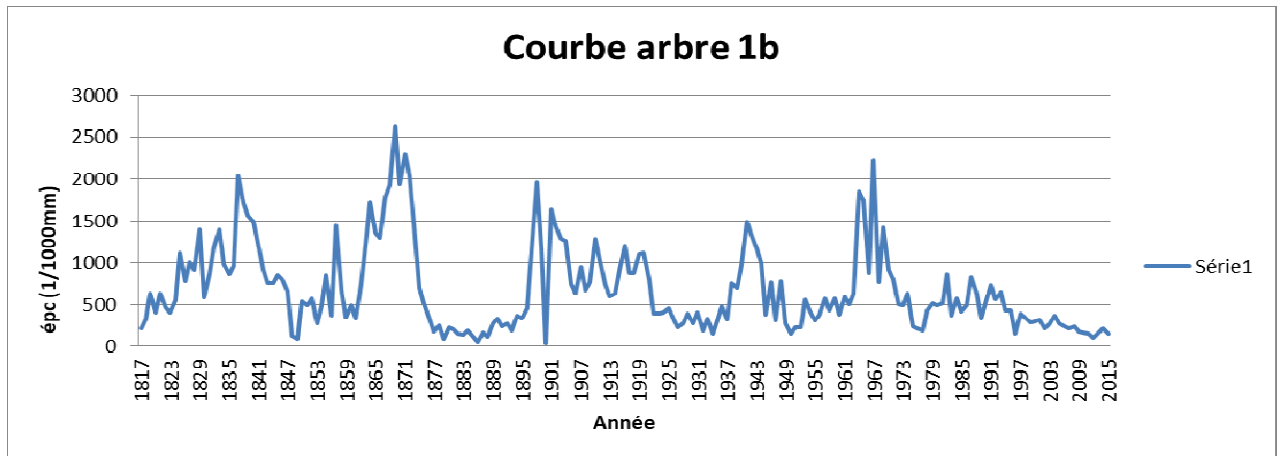


Figure 14 : La courbe de croissance des cernes chronologique de l'arbre 1b de l'espèce *Taxus baccata*.

La courbe de synthèse (figure 15) des arbres (1a,1b, 2) marque trois phases de croissance en épaisseur sur le plan des années où la phase 1 est une phase de croissance d'une période de 33 années qui commence par (0,3 mm) en première année arrive jusqu'au point maximum (2,1 mm), ensuite elle décline progressivement jusqu'à la fin de la première phase en 1849 avec une valeur (0,1 mm). La deuxième phase présente des changements de valeurs de croissance où elle fait une relance importante qui dure 9 ans (2,65mm) et se retrouve encore dans le déclin jusqu'à la fin de la phase 2 en 1879 avec une valeur (0,1 mm). Par contre, dans la troisième phase nous remarquons une autre relance pour atteindre le point maximum (1,7 mm) en 1993, ensuite elle décroît progressivement jusqu'à la fin de la troisième phase en 2015 (0,4mm).

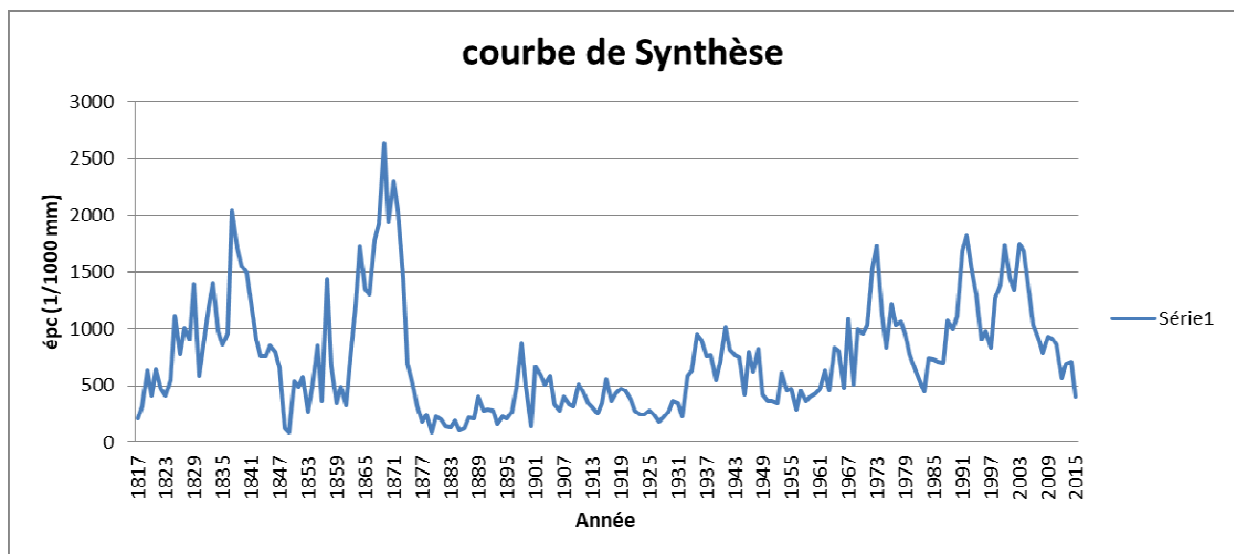


Figure 15 : La courbe de synthèse de croissance des cernes chronologiques des arbres (1a, 1b, 2) de l'espèce *Taxus baccata*.

Les résultats des différents paramètres statistiques effectués pour les trois arbres de l'espèce *Taxus baccata* sont présentés dans le tableau N° 3 :

Tableau 3 : Tableau représentant les paramètres *Dendrochronologiques* :

	La période	ECM (écart moyen des cernes) (moyenne)	ECM (Min)	ECM (Max)	écartype	Cv %	Sensibilit é moyenne	Sensibilit é Moyenne de synthèse	C I	La variance
arbre 2	1888-2015	789,21	10	3860	1007,99	127	0,455	0,283	0,69	1016051,8
arbre 1a	1884-2015	675,87	50	2140	500,39	74,03	0,383			250398,26
arbre 1b	1816-2015	681,055	30	2640	509,46	74,80	0,3942			259555,95

Concernant les valeurs de l'ECM, CV, SM, et la variance pour les arbres 1a, 1b elles sont proche entres eux avec des valeurs faible. Par contre les valeurs des mêmes paramètres de l'arbre 2 sont plus importantes par apport aux deux autres arbres. Ces résultats indiquent que l'arbre 2 est le plus jeune par apport aux deux autres.

Au niveau de la série de synthèse, la sensibilité moyenne maitresse de tous les arbres est 0,28. Cette sensibilité elle légèrement supérieure de la norme méditerranéenne qui est égale à 0,23, donc elle est faible appelé « complacent » qui veut dire complaisante.

2. Coefficient de variation (CV%)

Dans le cadre de cette étude, nous avons évalué la variabilité des arbres (2 ; 1A et 1b) sachant que les deux arbres 1a et 1b ont des mêmes valeurs de coefficient de variation.

En calculant leur coefficient de variation (CV%). Les résultats ont révélé que l'arbre 2 présentait un CV% de 127%, indiquant une forte variabilité qui dépasse la moyenne. l'arbre1 (1a et 1b) présente un CV de 74%, témoignant d'une variation plus faible par rapport à l'arbre 2. Ces constatations mettent en évidence l'importance de prendre en compte la variation dans l'étude des arbres et soulignent la différence significative entre les deux spécimens.

3. Coefficient d'interdatation (CI)

La placette étudiée a un coefficient d'inter datation de **0,69**, ce qui nous montre un bon synchronisme. Cette valeur est de **0,69** cela suggère une corrélation positive modérée entre les variables étudiées. Ce coefficient est proche de **1** indique une relation linéaire forte, tandis que la valeur proche de **0** indique l'absence de corrélation. Dans ce cas le coefficient d'interdatation de **0,69** indique que les variables sont liées, mais pas de manière parfaitement linéaire.

Les causes majeures qui influencent sur l'espèce de *Taxus* sont les changements climatiques dus par l'augmentation des gaz à effets de serre dans l'atmosphère, et le deuxième élément c'est le stress hydrique due à la surexploitation des sources d'eau, ainsi que la construction des captages d'eau c'est un facteur contribuant au stress hydrique.

TABLEAU 04 : les quartiles des séries de croissance des arbres (2 ; A1 et A2) :

	Quartile 1	QUARTILE 2	QUARTILE 3
ARBRE 2	110	340	1190
ARBRE A1	270	490	1020
ARBRE A2	310	520	895

Ce tableau présente les écarts entre les cernes du bois. Les résultats indiquent les pourcentages de cernes dont les écarts ne se produisent pas sur certaines valeurs spécifiques.

Selon les données fournies, voici ce que nous pouvons interpréter :

- 25% des cernes de bois ont un écart inférieur ou égal à 0,11 mm pour l'arbre **2** et 0,27mm pour l'arbre **A1** et 0,31mm pour l'arbre **A2**, Cela signifie que le quart inférieur des cernes de bois présent des écarts très faibles, ne dépassant pas ces valeurs.
- 50% des cernes de bois ont un écart inférieur ou égal à 0,34 mm pour l'arbre **2** ; 0,39 mm pour l'arbre **A1** et 0,52mm pour l'arbre **A2**. Cette mesure médiane indique que la moitié des cernes de bois présente des écarts inférieurs ou égaux à ces valeurs.
- 75 % des cernes sur un écart inférieur ou égal à 1,19 mm pour l'arbre **2** ; 1,02 mm pour l'arbre **A1** et 0,89 mm pour l'arbre **A2**. Cela suggère que les trois quarts des cernes du bois montrent des variations d'épaisseur ne dépassant pas 1,19 mm ; 1,02 mm ; 0,89 mm pour les arbres (**2** ; **A1** et **A2**).
- En résumé, ces valeurs représentent les mesures des écarts entre les cernes du bois et indiquent la dispersion des épaisseurs entre les cernes. Plus le pourcentage est élevé, plus la variation d'épaisseur entre les cernes est importante.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude de la dendrochronologie joue un rôle essentiel dans la compréhension des variations climatiques et environnementales passées ainsi que la détermination de l'âge des populations. L'objectif de notre étude est d'estimer l'âge de *Taxus baccata* dans la forêt de l'Akfadou-est (fontaine des ifs), en utilisant la dendrochronologie.

Notre travail consiste à utiliser des rondelles de bois mort, pour obtenir des échantillons pour l'analyse des cernes de croissance.

Les résultats de notre étude ont fourni des informations essentielles sur l'âge de *Taxus baccata* et aussi indiqués des traces de quelques phénomènes climatiques et environnementaux qui se sont déroulés et ont influencé la croissance et l'évolution de l'espèce dans le massif forestier de l'Akfadou. Ces données sont d'une importance cruciale pour évaluer l'impact des changements climatiques à long terme et pour mieux comprendre l'évolution de l'écosystème de la région.

Parmi les indices les plus importants utilisés dans notre étude nous avons le coefficient de variation et coefficient d'interdatation.

Le coefficient d'inter datation de 0,69 indique un bon synchronisme témoignant l'équilibre entre les conditions de l'environnement et la croissance de l'espèce.

Les courbes de croissance des cernes chronologiques des arbres étudiés et la courbe de synthèse, nous renseignent sur l'existence de de trois phases de croissance :

la phase 1 d'une période de 33 années, l'EPC varie de 0,3 mm en première année (1817) jusqu'au point maximum (2,1 mm) en 1879, ensuite elle décline progressivement jusqu'à la fin de la première phase en 1849 avec une valeur (0,1 mm).

Dans La deuxième phase on note après avoir chuté l'EPC fait une deuxième relance importante qui dure 9 ans (2,65mm) et décroît à la fin de la phase en 1879 avec une valeur (0,1 mm).

Par contre, dans la troisième phase nous remarquons une autre relance pour atteindre le point maximum (1,7 mm) en 1993, ensuite elle décroît progressivement jusqu'à la fin de la troisième phase en 2015 (0,4mm).

Ce travail est une première contribution pour l'estimation de l'âge de *Taxus baccata* qui est estimé à une moyenne de 152 années.

Conclusion générale

En perspective, il est plus intéressant de compléter cette étude en augmentant le nombre des échantillons et travailler sur le bois vivant (méthode de carottage).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ALILECHE A., 2012** - Etude du dépérissement du cèdre de l'atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans la cédraie des Aurès : Bélezma (Batna) et Chélia (Khenchla). Mém. Mag. Univ. Houari BOUMEDIENE, Alger. 90p
- **Blasing, T. J., & Fritts, H. C. (1976)**. Reconstructing past climatic anomalies in the North Pacific and western North America from tree-ring data. *Quaternary Research*, 6(4), 563-579.
- **Boudy, P. (1948)**. Economie forestière Nord-africaine-Tome 1: milieu physique et milieu humain.
- **Boudy, P. (1955)**. Forestry in [French] North Africa. Vol. 4 Description of forests and forestry in Algeria and Tunisia. *Forestry in [French] North Africa. Vol. 4 Description of forests and forestry in Algeria and Tunisia.*
- **Cerrillo, RMN, & Pasteur, AP (2003)**. Régénération naturelle du tejo (*Taxus baccata* L.) dans le parc naturel de las Sierras Tejadas, Almirajara y Alhama (Málaga-Granada): application à la restauration. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (15), 159-164.
- **Chaker, S. (1986)**. Amaziy (le/un Berbère). *Encyclopédie berbère*, (4), 562-568.
- **Cope, E. A. (1998)**. Taxaceae: the genera and cultivated species. *The Botanical Review*, 64, 291-322.
- **De Martin, P. (1974)**. Analyse des cernes: dendrochronologie et dendroclimatologie. Elsevier Masson.
- **Delahunty, J. L. (2002)**. Religion, war, and changing landscapes: An historical and ecological account of the yew tree (*Taxus baccata* L.) in Ireland. University of Florida.
- **Détienne, P., & Barbier, C. (1988)**. Rythmes de croissance de quelques essences de Guyane Française. *Bois & Forêts des Tropiques*, 217, 63-76.
- **Djebaili, S. (1978)**. Recherches phytosociologiques et écologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algériens (Doctoral dissertation, Alger).
- **Douglass, A. E. (1936)**. The central Pueblo chronology.
- **Douglass, AE (1941)**. Crossdating en dendrochronologie. *Journal of Forestry*, 39 (10), 825-831.
- **Eichberger, C., & Heiselmayer, P. (1995)**. Eibe (*Taxus baccata* L.) in Salzburg. Institut für Botanik.
- **EMBERGER, L. (1952)**. Sur le quotient pluviothermique. *comptes rendus hebdomadaires des seances de l'academie des sciences*, 234(26), 2508-2510.

Références bibliographiques

- **García, D., Zamora, R., Hódar, J. A., Gómez, J. M., & Castro, J. (2000).** Fleshy-fruited shrubs in Mediterranean environments facilitate yew (*Taxus baccata* L.) regeneration. *Biological conservation*, 95(1), 31-38.
- **Gellar, M. (1978).** Micsim: The Simulation Model of FDNY's Computer-Aided Dispatch System. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).
- **Geller, D., & Stahl, S. (1975).** The chromatic number and other functions of the lexicographic product. *Journal of Combinatorial Theory, Series B*, 19(1), 87-95.
- **Hamidouche-Si Mohammed Ch., M. C., Bouahmed, A., Vesella, F., Krouchi, F., & Arezki, D. (2014).** Geographic distribution and morphological variation of *Taxus baccata* in Algeria. *Der Eibenfr*, 20, 39-53.
- **Hassler-Schwarz, J. (1999).** Die Eibe (*Taxus baccata* L.): eine Beschreibung unter besonderer Berücksichtigung des Kantons Graubünden; ein Versuch zur Beschreibung der Baumart mit ihren physischen und mythischen Eigenarten sowie ihrer wirtschaftlichen Bedeutung und ihrer Stellung in Graubünden. na.
- **Jolivet, L., Faccenna, C., Goffé, B., Mattei, M., Rossetti, F., Brunet, C., ... & Parra, T. (1998).** Zones de cisaillement médiocrustales en extension postorogénique : exemple du nord de la mer Tyrrhénienne. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 103 (B6), 12123-12160.
- **Lange, O. L. (1961).** Die Hitzeresistenzen heimischer immer- und wintergrüner Pflanzen im Jahreslauf. *Planta*, 56(6. H), 666-683.
- **Lebourgeois, F. F., & Mérian, P. (2012).** Principes et méthodes de la dendrochronologie (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- **Lebourgeois, F. F., & Mérian, P. (2012).** Principes et méthodes de la dendrochronologie (Doctoral dissertation, AgroParisTech).
- **Maameri, I., & Mostafaoui, h. (2021).** Etude de l'activité insecticide de *Taxus baccata* Sur les insectes des denrées stockées (Doctoral dissertation).
- **Martin, L., & Thiébault, S. (2010).** L'if (*Taxus baccata* L.): histoire et usage d'un arbre durant la Préhistoire récente. L'exemple du domaine alpin et circum-alpin (*Anthropobotanica* 1.4). Publications Scientifiques du Muséum, Paris.
- **Meddour, H. (1992).** Contribution à l'étude dendrochronologique de deux provenances de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Algérie. Cas d'une station littorale et d'une autre continentale (Doctoral dissertation, Thèse de magistère. INA, Algérie).

Références bibliographiques

- **Meddour, O., Meddour, R., &Derridj, A. (2010).** Les facteurs favorables aux incendies de forêts en région méditerranéenne. *Revue campus*, (17), 4-12.
- **Melzack, R. N., & Watts, D. (1982).** Variations in seedweight, germination, and seedlingvigour in the yew (*Taxus baccata*, L.) in England. *Journal of Biogeography*, 55-63.
- **Messaoudene, M., Laribi, M., &Derridj, A. (2007).** Etude de la diversité floristique de la forêt de l'Akfadou (Algérie). *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 291, 75-81.
- **Moir, A. K. (1999).** The dendrochronologicalpotential of modern yew (*Taxus baccata*) withspecialreference to yewfrom Hampton Court Palace, UK. *The New Phytologist*, 144(3), 479-488.
- **Mossadegh, A. (1971).** Contribution à l'étude des peuplements de *Taxus baccata* en Iran. *Revue forestière française*, 23(6), 645-648.
- **Munaut André Valentin.** La dendrochronologie.. In: *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, vol. 16, n°12, 1979. pp. 65-74;.
- **PIOVESAN, G., PRESUTTI SABA, E., BIONDI, F., ALESSANDRINI, A., DI FILIPPO, A. et SCHIRONE, B. 2009 :** Population ecology of yew (*Taxus baccata* L.) in the Central Apennines: spatial patterns and their relevance for conservation strategies. *Plant Ecology*, 205, 23-46.
- **Presutti Saba, E. (2006).** Monitoraggio e gestione di faggete con tasso (*Taxus baccata* L.) nell'Appennino centrale.
- **Quézel, P. (1956).** À propos de quelques groupements végétaux rupicoles des Pyrénées centrales espagnoles. *Collect. Bot*, 5(1), 173-190.
- **RABHI, K., & MESSAOUDÈNE, M.**Chestnutdendroecology (*Castaneasativa* Mill) for its extension in Akfadou (TiziOuzou, Algeria). *Dendroécologie du châtaignier (*Castanea sativa* Mill) en vue de son extension dans l'Akfadou (Tiziouzou, Algérie).*
- **Ruprecht, H., Dhar, A., Aigner, B., Oitzinger, G., Klumpp, R., & Vacik, H. (2010).** Structural diversity of English yew (*Taxus baccata* L.) populations. *European Journal of Forest Research*, 129, 189-198.
- **Schirone, B., Ferreira, R. C., Vessella, F., Schirone, A., Piredda, R., &Simeone, M. C. (2010).** *Taxus baccata* in the Azores: arelictformatrisk of imminent extinction. *Biodiversity and Conservation*, 19, 1547-1565.

Références bibliographiques

- **Schulman, JH, Ginther, RJ, Klick, CC, Alger, RS et Levy, RA (1951).** Dosimétrie des rayons X et gamma par radiophotoluminescence. *Journal de physique appliquée*, 22 (12), 1479-1487.
- **Schweingruber, F. H., Bartholin, T., Schaur, E., & Briffa, K. R. (1988).** Radiodensitometric $\delta^{13}C$ dendroclimatological conifer chronologies from Lapland (Scandinavia) and the Alps (Switzerland). *Boreas*, 17(4), 559-566.
- **Serre, J. P. (1973).** Formes modulaires et fonctions zêta p-adiques. In *Modular Functions of One Variable III: Proceedings International Summer School University of Antwerp, RUCA July 17–August 3, 1972* (pp. 191-268). Springer Berlin Heidelberg.
- **Serre-Bachet, F. (1992).** Les enseignements écologiques de la variation de l'épaisseur du cerne chez le pin d'Alep. *Forêt méditerranéenne*, 13(3), 171-176.
- **Svenning, J. C., & Magård, E. (1999).** Population ecology and conservation status of the last natural population of English yew *Taxus baccata* in Denmark. *Biological conservation*, 88(2), 173-182.
- **Tessier, A. P. G. C., Campbell, P. G. C., Auclair, J. C., & Bisson, M. (1984).** Relationships between the partitioning of trace metals in sediments and their accumulation in the tissues of the freshwater mollusc *Elliptio complanata* in a mining area. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(10), 1463-1472.
- **Tessier, A. P. G. C., Campbell, P. G. C., Auclair, J. C., & Bisson, M. (1984).** Relationships between the partitioning of trace metals in sediments and their accumulation in the tissues of the freshwater mollusc *Elliptio complanata* in a mining area. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(10), 1463-1472.
- **Tessier, ANDRE, Campbell, PG, & Bisson, MARC (1982).** Spéciation des métaux traces particulières dans les sédiments fluviaux et relations avec la taille des grains : implications pour l'exploration géochimique. *Journal d'exploration géochimique*, 16 (2), 77-104.
- **Thomas, P. A., & Polwart, A. (2003).** *Taxus baccata* L. *Journal of Ecology*, 91(3), 489-524.
- **Trénard, L. (1978).** De Douai à Lille... une université et son histoire. Presses Univ. Septentrion.
- **Watt, A. S. (1926).** Yew communities of the South Downes. *Journal of Ecology* 14, 282–316.

Références bibliographiques

- Williamson, R. (1978). The greatyewforest: the naturalhistory of Kingley Vale. MacMillan.

Résumé

L'objectif de l'étude dendrochronologique menée sur le bois mort de l'if (*Taxus baccata*), dans le massif forestier d'Akfadou-est, est d'analyser la croissance radiale et d'estimer l'âge de l'if au sein de cette forêt. Dans la placette étudiée, nous avons prélevé trois échantillons sous forme de rondelle. Les indices les plus importants utilisés dans notre étude sont le coefficient de variation et le coefficient d'interdatation. L'étude de ces deux coefficients renforce notre compréhension de l'évolution de la croissance de *Taxus baccata*. Les résultats que nous avons obtenus nous ont permis de déterminer trois phases de croissance.

Abstract

The objective of the dendrochronological study determined on the deadwood of the yew (*Taxus baccata*), in the Akfadou-est forest massif, is to analyze the radial growth and to estimate the age of the yew within this forest. In the plot studied, we took three samples in the form of a puck. The most important indices used in our study are the coefficient of variation and the interdating coefficient. The study of these two coefficients strengthens our understanding of the evolution of the growth of *Taxus baccata*. The results we obtained allow us to determine three growth phases.