



Caractérisation de l'effet de lisière sur l'accroissement radial du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) dans la forêt d'Azzeb, Batna (est Algérien).

Characterization of the edge effect on the radial growth of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill) in the Azzeb forest, Batna (eastern Algeria).

KERRACHE GHAOUTI^{1*}, NASRI AHLEM¹ & BERDJA RAFIK¹

Abstract: In this dendroecological analysis, tree rings were used to characterize the radial growth excess due to the pine forest fragmentation which generates a light surplus that has of consequence the growth increasing of trees present near the edges. The study focused on three different sites in the Azzeb forest (Batna region, Algeria), where three rows of trees spaced 10 meters apart were surveyed (10 healthy trees per row with two cores per foot). The carrots were glued to wooden supports previously grooved and then sanded to improve readability. The annual growth rings width was measured using a micrometer associated with an automatic recorder. The obtained results show a notable increase in the radial growth of the trees near the edges compared to the interior of the stand with a maximum average thickness of rings and a very low percentage of thin rings at the edges.

Keys-words: Forest edge, growth, rings, *Pinus halepensis*, Batna

Résumé : Dans cette étude dendroécologique, les cernes d'arbres ont été utilisés comme moyen de caractérisation du surplus d'accroissement radial relatif à la fragmentation d'une pinède. Cette fragmentation a généré un surplus d'éclairement ayant pour conséquence l'augmentation de la croissance des pieds présents près des lisières. L'étude a porté sur trois différents sites de la forêt d'Azzeb (région de Batna, Algérie), où trois lignes d'arbres espacés de 10 mètres ont été sondées (10 arbres sains par ligne, à mesure de deux carottes par pied). Les carottes ont été collées sur des supports en bois préalablement rainurés puis poncés afin d'améliorer leurs lisibilités. La mesure des largeurs des cernes annuels de croissance a été effectuée à l'aide d'un micromètre associé à un enregistreur automatique. Les résultats obtenus affichent une augmentation notable de l'accroissement radial des arbres limitrophes à la lisière comparés à ceux présent à l'intérieur du peuplement avec une épaisseur moyenne maximale des cernes et un pourcentage très faible des cernes minces au niveau des lisières.

Mots-clés : Lisière forestière, accroissement, cernes, *Pinus halepensis*, Batna.

INTRODUCTION

Les perturbations anthropozoogènes généralisées ont, depuis des millénaires, détruit une bonne partie des forêts méditerranéennes (TASSIN, 2012). Cette destruction des forêts s'établit dans le temps via un processus de fragmentation qui sectionne les écosystèmes naturels en des zones disparates spécialement isolées les unes des autres. En raison de l'activité humaine, l'ampleur de la fragmentation des forêts a fortement augmenté dans de nombreux paysages à travers le monde (HARPER *et al.*, 2005). Actuellement, la superficie de la forêt intacte contiguë diminue de deux fois plus rapidement que la superficie totale de la forêt (RIITTERS *et al.*, 2015) et les effets de lisières qui y sont étroitement liés, deviennent de plus en plus importants (DUPUCH & FORTIN, 2013).

Néanmoins et malgré l'impact de l'effet de lisière, peu d'études, à ce jour, ont été réalisées sur la fragmentation des écosystèmes forestiers en région méditerranéenne.

Dans ce contexte, le présent travail a eu pour objectif de décrire et d'étudier l'effet de lisière sur l'accroissement des arbres près des ouvertures de la forêt d'Azzeb (Région de Batna, Est Algérien) avec une approche dendroécologique.

La dendroécologie qui est l'étude des relations spatio-temporelles entre les végétaux ligneux et leurs habitats (MCINTOSH, 1985), se consacre à l'étude de l'influence des signaux environnementaux communs à tous les arbres d'une communauté donnée au travers de l'utilisation de la largeur des cernes pour analyser l'influence de l'environnement sur la croissance et la dynamique des forêts (MERIAN, 2012).

¹ Département des sciences agronomiques, ISVSA, Université Batna 1, Algérie. * ghaouti.kerrache@univ-batna.de

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Durant ce travail, nous avons appliqué une technique dendrochronologique à une problématique écologique en étudiant la réponse du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) au phénomène de l'effet de lisière, résultant de l'action directe des ouvertures intenses du couvert forestier dans la partie Sud du massif forestier d'Azzeb au travers de la mesure de l'accroissement radial.

Présentation de la zone d'étude

La forêt Azzeb, située à l'extrême limite nord de la commune de Batna, occupe une superficie totale de 764 ha, avec des altitudes comprises entre 1000 à 1365 m. Cet espace forestier est caractérisé par une végétation peu diversifiée où l'on rencontre des associations entre le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*) et le genévrier oxycedre (*Juniperus oxycedrus*), l'armoise champêtre (*Artemisia campestris*) et l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*), la globulaire (*Globularia alypum*), le romarin (*Rosmarinus officinalis*) et l'alfa (*Stipa tenacissima*).

Le climat de la région est méditerranéen avec des précipitations moyennes annuelles de 326,64 mm, caractérisées par une fluctuation interannuelle très importante (Figure 1) et un régime saisonnier de type PHAE. La région présente une température moyenne maximale du mois le plus chaud et une température moyenne minimale du mois le plus froid de 35,85 °C et 0,03 °C, respectivement.

Le diagramme ombrothermique de la région (Figure 2), indique que la période sèche s'étale de la fin du mois de Mai jusqu'au début du mois de Novembre. Le quotient d'EMBERGER Q2, calculé à l'aide de la formule simplifiée de STEWART (1969), est égal à 31,27. Ainsi, notre zone d'étude se situe dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais.

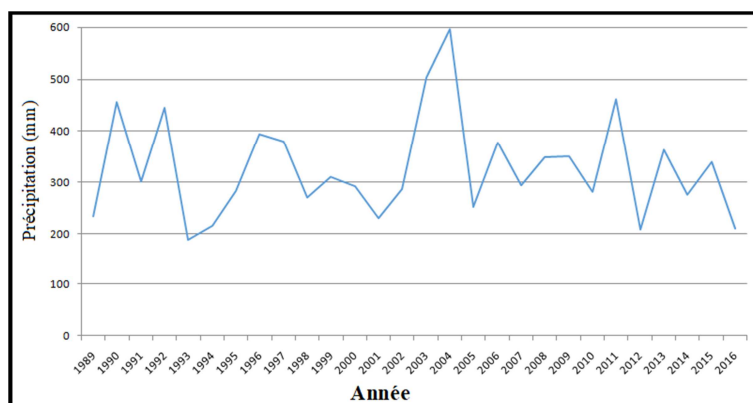


Figure 1 : Fluctuation interannuelle des précipitations de la région de Batna (1989-2016).

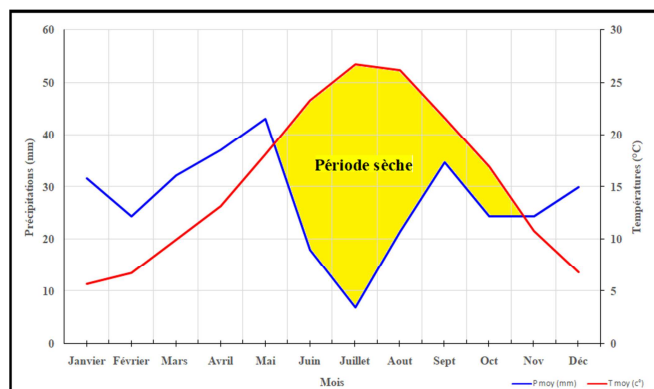


Figure 2 : Diagramme ombrothermique de la région de Batna (1989-2016)

Démarche d'extraction des carottes

Afin de visualiser et pouvoir émettre l'hypothèse portant sur la manière dont les cernes peuvent varier en réponse aux changements d'un facteur limitant (effet de lisière dans notre cas), le choix des arbres pour une étude dendroécologique nécessite une compréhension des relations micro- environnementales affectant la croissance des arbres. Par la suite, les effets d'un facteur de contrôle particulier peuvent être étudiés en sélectionnant des arbres à partir d'un nombre fini de sites cibles (LA MARCHE, 1982) et ce, le long d'un gradient environnemental sur lequel on pense que ce facteur de contrôle fluctue (FRITTS & SWETNAM, 1989). Selon MUNAUT (1979) et MDAWER (2009), le nombre d'échantillons est très variable selon l'objectif de l'étude ; un ou deux échantillons peuvent être étudiés dans l'optique d'une analyse archéologique, dix individus et deux échantillons par individus peuvent constituer le nombre minimal d'échantillons à sélectionner lors d'études dendroécologiques (MUNAUT, 1979). Enfin, MERIAN (2012), confirme que dix arbres par groupe pour les essences héliophiles (cas du Pin d'Alep), sont suffisants pour construire une chronologie moyenne représentative de son cycle de croissance.

Lors de la présente étude et pour chaque site d'étude, nous avons échantillonné et cela à partir de l'ouverture, trois lignes parallèles d'arbres espacées de 10 mètres. Au sein de chaque ligne, 10 individus répondant au mieux aux critères d'échantillonnage ont été carottés. Ainsi, notre choix s'est porté sur des arbres apparemment sains, à port et morphologie normale et dépourvus de cicatrices.

La 1^{ère} ligne est constituée des pieds limitrophes à l'ouverture (subissant le surplus de lumière), puis on pénètre de 10 mètres à l'intérieur du peuplement et on sélectionne 10 autres arbres sur une ligne parallèle à l'ouverture puis on réitère la même opération pour les derniers pieds (Figure 4). À l'aide d'une tarière de Pressler, les arbres sondés ont fait l'objet d'un carottage à cœur à raison de deux carottes opposés de 90° par pied. Les prélèvements ont été effectués sur le même niveau, à hauteur d'homme (1m30 du sol). Le choix de cette hauteur a été motivé par la facilité de prélèvement, la réduction du biais relatifs à l'effet de l'empatement et aux effets de la concurrence initiale subit par les arbres (LEBOURGEOIS, 2010).

Au total, 90 arbres ont été sélectionnés et carottés dans les trois sites d'étude (Figure 3).

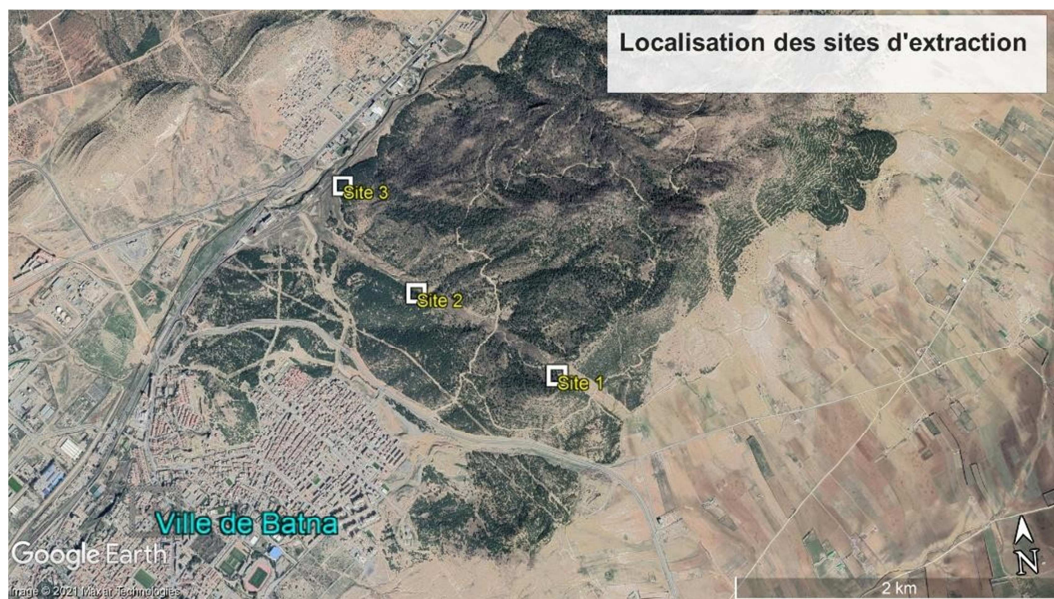


Figure 3 : Localisation des trois sites d'extraction dans la forêt d'Azzeb (sur fond Google Earth).

Chaque carotte est conservée isolément et protégée dans un tube en papier portant un identifiant alphanumérique indiquant le nom de la station, le numéro de la ligne, l'arbre et de l'échantillon. Une fois retirées, les carottes sont collées sur des planches en bois préalablement rainurées de manière à ce que les fibres de bois soient perpendiculairement orientées par rapport à la planche. Par la suite, les échantillons sont poncés avec du papier à verre grossier puis fin afin d'améliorer la lisibilité des cernes.

La mesure des largeurs des cernes annuels de croissance a été effectuée à partir de l'écorce en direction de la moelle, avec une précision de l'ordre de 1/100 mm à l'aide d'un micromètre VELMEX associé à un enregistreur automatique type RWMEAS-MATLAB.

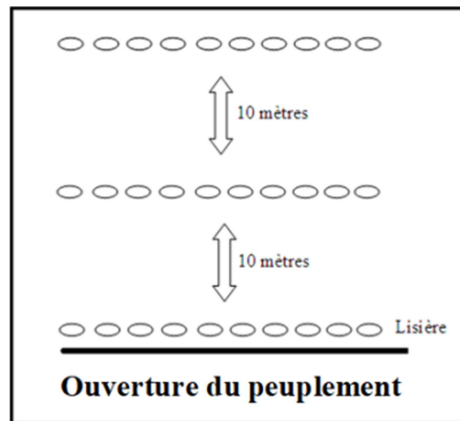


Figure 4 : Schéma du carottage.

Une fois les mesures effectuées, il est nécessaire d'attribuer avec certitude à chaque cerne son année d'élaboration (LATTE *et al.*, 2012) ; connaissant la date de formation du dernier cerne sous-jacent à l'écorce, attribuer une date de formation à chaque cerne en direction de la moelle semble évident. Cependant, il faut tenir compte des anomalies de croissance et/ou anatomique de type faux cernes, cerne double, cerne manquant ou plus simplement des erreurs de mesure des cernes (LEBOURGEOIS, 2010 ; LATTE *et al.*, 2012).

Les épaisseurs des cernes de chaque carotte fournissent une série élémentaire, la moyenne (année par année) de deux séries élémentaires représentatives de deux carottes issu d'un même arbre, fournit une série individuelle et la chronologie maîtresse de la population résulte de la moyenne, année par année, des épaisseurs des cernes de toutes les séries individuelles (PATONNIER, 1998; SARMOUM *et al.*, 2016).

Analyse statistique

Les séries retenues, ont fait l'objet d'analyses statistiques usuellement utilisées en dendrochronologie (LEBOURGEOIS & MERIAN, 2012), à l'instar de :

1. **L'épaisseur moyenne des cernes (EMC)** qui est la somme de toutes les épaisseurs des cernes d'une chronologie divisée par le nombre d'année (SARMOUM *et al.*, 2016), elle nous permet d'évaluer la vitalité du peuplement (BERTAUDIERE *et al.*, 1999) ;
2. **L'écart-type**, mesure la dispersion des valeurs de l'EMC autour de la moyenne ;
3. **Le coefficient de variation** qui correspond au rapport de l'écart-type à la moyenne (SARMOUM *et al.*, 2016) ;
4. **La sensibilité moyenne**, mesure les fluctuations moyennes relatives de la croissance d'une année par rapport à la suivante. Vu qu'elle mesure les variations de la largeur des cernes entre les cernes adjacents (FRITTS, 1971), elle est considérée en dendroclimatologie comme étant une estimation de la sensibilité au climat (FRITTS, 1976) et exprime l'importance des changements à court terme, affectant l'épaisseur des cernes (MUNAUT, 1979). Pour une série de largeurs de cerne, cette dernière est calculée comme suit :

$$SM = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^{t=n-1} \frac{|2(x_{t+1} - x_t)|}{x_{t+1} + x_t}$$

Où, **SM** : est la sensibilité moyenne ; **n** : est le nombre total d'années de la chronologie ; **X_t** et **X_{t+1}** : sont les 2 cernes successifs (MUNAUT, 1979) ;

5. **Le coefficient d'interdatation (CI)**, est directement dérivé de la sensibilité moyenne et estime le synchronisme des variations annuelles à travers tous les individus de la population (MUNAUT, 1966 ; BERTAUDIERE *et al.*, 1999). Ainsi, ce coefficient est le rapport du coefficient moyen de sensibilité d'une chronologie maîtresse à la moyenne des coefficients de sensibilité relatifs aux différentes chronologies individuelles intégrées dans la chronologie maîtresse. Ce dernier traduit ainsi, le bon synchronisme des chronologies moyennes à partir desquelles la chronologie maîtresse a été calculée (SARMOUM *et al.*, 2016). Les valeurs les plus proches de 1, expriment un synchronisme maximal (LEBOURGEOIS, 2010) ;
6. **Comparaison des moyennes des largeurs des cernes** : Via une analyse de la variance à un seul facteur (ANOVA

uni-varié), effectuée avec le logiciel IBM SPSS (V22 : 1989-2013), qui permet de mettre en évidence les différences de croissance existant qui est associé au test de Duncan, afin de dégager d'éventuels sous-ensembles homogènes.

RESULTATS

Les chronologies maîtresses des trois sites sont représentées dans les figures 5, 6 et 7. Les graphiques mettent en évidence l'effet de l'ouverture du peuplement sur l'accroissement radial des pieds du pin d'Alep où on observe que les pieds limitrophes de l'ouverture ont un accroissement radial plus élevé comparé à ceux situés à l'intérieur du peuplement. Cet accroissement excessif est principalement dû au surplus de lumière qui induit un surplus d'accroissement sauf exceptions [périodes respectives : (1978 à 1980) ; (2005 à 2007) et les années 1984 ; 1986 ; 1989 et 2002 pour le site 1, les années 1977 ; 1980 ; 1987 et la période allant de 1990 à 2001 pour le site 2 et l'année 1978 pour le site 3] ; cette chute de productivité localisée en lisière ne peut être expliquée que par une perturbation externe à l'exemple des attaques parasitaires dues aux insectes qui recherchent l'ensoleillement et fuient l'ombrage (DAJOZ, 2007). Le même constat a été relevé par TESSIER *et al.* (1982) sur le chêne et GUIBAL (1985) sur le cèdre de l'Atlas.

Dans notre cas, la processionnaire du pin (*Thaumetopoea pityocampa*) est l'insecte responsable de la perte de productivité. Cette dernière, construit son nid d'hiver sur des branches bien exposées au soleil pour capter le maximum d'énergie. De ce fait, BEDEL (1986) signale, que ses attaques sont moins graves dans les peuplements fermés où la chenille ne trouve pas les conditions favorables à sa nymphose. En plus, LAURENT-HERVOUET (1986), affirme que les accroissements des pins y sont très liés pendant les périodes d'infestation. Ainsi, proportionnellement aux attaques subies, les arbres présentent soit des cernes quasi-absents ou une baisse significative de l'accroissement. Dans ce cas précis, l'ouverture des peuplements peut augmenter le risque de pullulations à cause de l'augmentation de l'éclairement et de la chaleur, provoquant ainsi des défoliations importantes des arbres localisés en lisière. KERRACHE (2011), a noté que le nombre des nids d'hiver de cet insecte est de 50 % plus élevé en lisière qu'à l'intérieur des parcelles avec comme conséquence, une chute de la productivité associée à une baisse de l'accroissement radial en lisières.

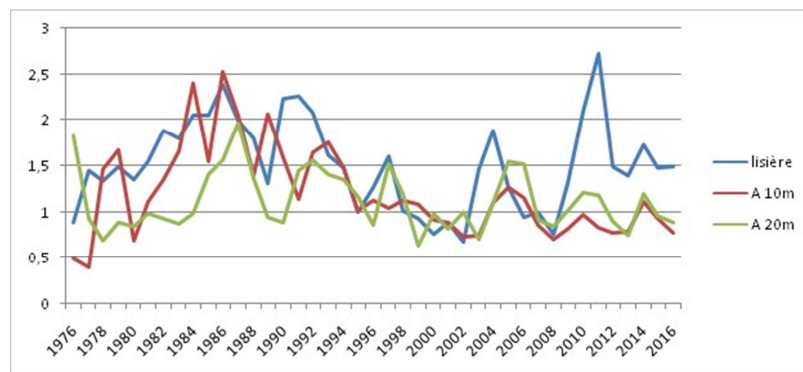


Figure 5 : Chronologies maîtresses des trois situations du premier site d'étude.

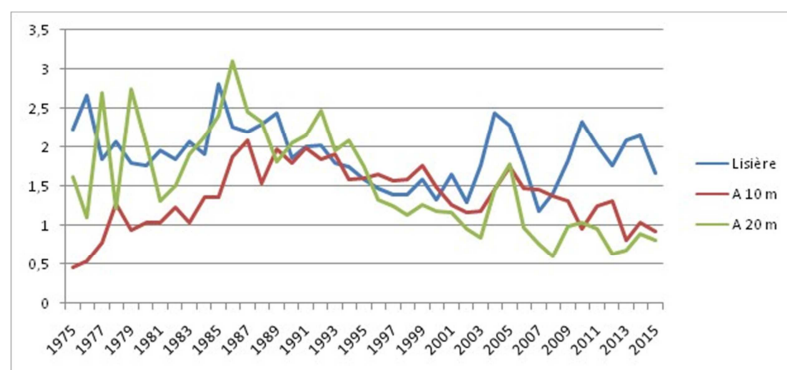


Figure 6 : Chronologies maîtresses des deux situations du deuxième site d'étude.

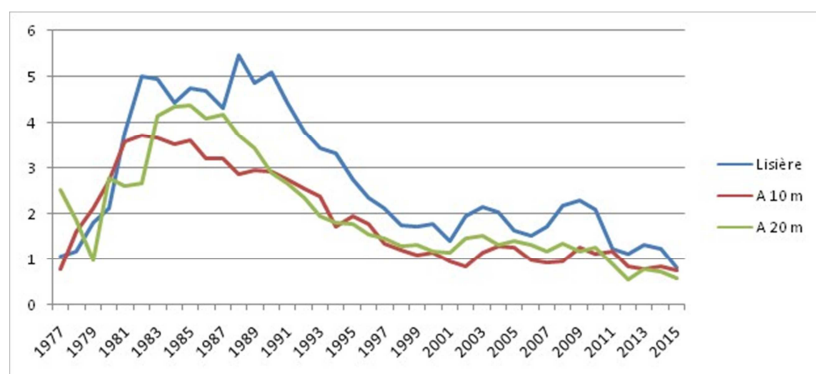


Figure 7 : Chronologies maîtresses des deux situations du troisième site d'étude.

Courbes cumulatives de l'accroissement radial

Les valeurs cumulées de l'accroissement radial représentées dans la figure 8, permet de :
 (i) caractériser son évolution temporelle, (ii) distinguer les différences, et (iii) établir les tendances globales de répartition (KERRACHE, 2020). Ainsi, on peut remarquer que l'accroissement radial a une évolution plus rapide chez les pieds limitrophes à la lisière, bénéficiant d'un surplus d'énergie lumineuse.

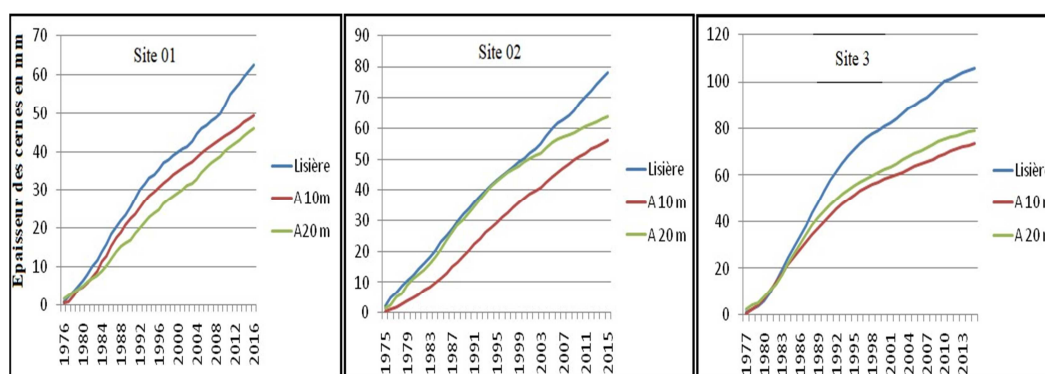


Figure 8 : Courbes cumulatives de l'accroissement radial des trois sites d'étude.

L'étude du tableau 1, montre des différences considérables des épaisseurs moyennes des cernes (EMC) des valeurs maximales près de la lisière dans les trois sites d'étude associées à des épaisseurs individuelles respectivement maximales en lisière et minimales enregistrées à l'intérieur du peuplement pour les trois sites d'étude. Ces résultats confirment l'influence positive de l'ouverture du peuplement sur l'accroissement radial du pin d'Alep.

De plus, le nombre de cernes minces (épaisseur inférieure à 0,5 mm) est plus élevé à l'intérieur du peuplement avec 16,07 % et 17,24 % à une distance de 10 m et 20 m respectivement relevés au niveau du 1^{er} site d'étude, alors que pour les pieds présents près de l'ouverture, ceci présentent le taux de cernes minces le plus faible avec 6,28 % seulement ; conséquence logique de l'influence positive de l'ouverture sur l'accroissement des arbres. Le même constat est enregistré au niveau du 2^{ème} site d'étude où le nombre de cernes minces est plus élevé à l'intérieur du peuplement (8,13 et 8,37 %) alors que les pieds présents près de l'ouverture ne présentent qu'un taux de 2,12 % seulement. De même pour le 3^{ème} site, où on a enregistré à l'intérieur du peuplement 4,89 et 7,54 % de cernes minces alors que les pieds présents près de l'ouverture ne présentent que 2,45 % seulement.

On constate également, que les pieds sondés présentent presque tous la même sensibilité moyenne, ses dernières répondent de manière similaire aux stimuli environnementaux.

Le coefficient d'interdatation présente pour le 1^{er} site, une diminution de la lisière vers l'intérieur du peuplement ; dans ce cas de figure, les arbres de lisière exhibent un bon synchronisme et manifestant ainsi un comportement plus homogène par rapport aux

pieds situés à l'intérieur du peuplement.

Globalement on observe, une augmentation du coefficient de variation de la lisière vers l'intérieur du peuplement, avec un accroissement des cernes très hétérogène à l'intérieur du peuplement forestier comparé aux lisières.

Près de la lisière : Au niveau du 1^{er} site, l'épaisseur moyenne des cernes (des individus) près de l'ouverture oscille entre 1,32 et 1,74 mm avec des valeurs absolues minimales et maximales de l'ordre de 0,24 et 5,78 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,58 à 1,19 et le coefficient de variation de 28 jusqu'à 73 %. Alors qu'au niveau du 2^{ème} site, l'épaisseur moyenne des cernes (des individus) oscille entre 1,33 et 2,54 mm avec une valeur minimale et maximale absolue de 0,32 et 8,52 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,58 à 1,66 et le coefficient de variation oscille entre 33,02 et 80,42 %. Enfin pour le 3^{ème} site, l'épaisseur moyenne des cernes (des individus) oscille entre 1,83 et 3,44 mm avec une valeur minimale et maximale observée de 0,29 et 11,3 mm respectivement. L'écart-type varie de 1,07 à 3,01 et un coefficient de variation de 38,85 jusqu'à 102,9 %.

Arbres situés à 10 mètres de la lisière : Au niveau du 1^{er} site, l'épaisseur moyenne des cernes (des individus) oscille entre 0,85 et 1,73 mm avec des valeurs absolues minimales et maximales de l'ordre de 0,12 et 6,25 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,38 à 1,21 et le coefficient de variation varie de 44 à 93,9 %. L'épaisseur moyenne des cernes (des individus) au niveau du 2^{ème} site, oscille entre 1 et 2,38 mm avec une valeur minimale et maximale absolue de 0,10 et 4,89 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,49 à 1,12 et le coefficient de variation de 40,4 jusqu'à 72,66 %. Au niveau du 3^{ème} site, l'épaisseur moyenne des cernes (des individus) oscille de 1,3 et 2,64 mm avec une valeur minimale et maximale observée de 0,26 et 6,91 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,83 à 2,1 et le coefficient de variation de 50,96 jusqu'à 85,8 %.

Arbres situés à 20 mètres de la lisière : A cette distance, au niveau du 1^{er} site l'épaisseur moyenne des cernes (des individus), oscille de 0,76 à 1,73 mm avec des valeurs absolues minimales et maximales de 0,14 et 3,83 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,31 à 0,93 et le coefficient de variation varie de 50 à 63,9 %. L'épaisseur moyenne des cernes (des individus) au niveau du 2^{ème} site, oscille de 1,21 à 1,85 mm avec une valeur minimale et maximale absolue de 0,12 et 5,32 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,52 à 1,29 et le coefficient de variation de 42,35 jusqu'à 73,86 %. Au niveau du 3^{ème} site, l'épaisseur moyenne des cernes (des individus) oscille de 1,35 à 2,65 mm avec une valeur minimale et maximale observée de 0,23 et 8,46 mm respectivement. L'écart-type varie de 0,59 à 2,14 et le coefficient de variation de 33,71 jusqu'à 85,86 %.

Analyse uni-variée des résultats

L'analyse de la variance uni-variée des résultats obtenus lors de cette étude, révèle l'existence de différences significatives entre les différentes épaisseurs des cernes.

L'analyse post-hoc, qui fait suite à l'analyse de la variance à un facteur (test de DUNCUN), montre l'existence de deux sous-ensembles homogènes qui présentent des épaisseurs moyennes des cernes correspondant aux arbres de lisières et de l'intérieur du peuplement (à 10 et 20 m de distance) et cela pour chaque site (annexes) et à l'ensemble des sites (Tableau 2 : Etude descriptive et résultats de l'analyse de la variance (ANOVA) de l'ensemble des sites d'étude).

Tableau 1 : Résultats de l'étude dendroécologique de l'effet de lisières au niveau de la forêt d'Azzeb (Batna, Algérie)

	Site 1				Site 2				Site 3			
Coordonnées géographiques	35° 33' 55,46'' N 6° 12' 38,44'' E				35° 34' 20,91'' N 6° 11' 59,36'' E				35° 34' 56,74'' N 6° 11' 57,75'' E			
Altitude (m)	1155				1065				1003			
Pente (%)	15				25				10			
Exposition	Sud-est				Nord				Ouest			
Position de ligne	Lisière	10 m	20 m		Lisière	10 m	20 m		Lisière	10 m	20 m	
Durée de la chronologie (année)	41	41	41		41	41	41		39	39	39	
EMC (mm) *	1,51	1,20	1,11		1,90	1,36	1,55		2,70	1,88	2,02	
Ecart-type	0,49	0,48	0,31		0,37	0,39	0,65		1,42	1	1,14	
CV (%) *	32,29	40,51	28,33		19,64	28,6	42,36		52,77	55,53	56,73	
Epaisseur Max (mm)	5,78	6,25	3,83		8,52	4,89	5,32		11,3	6,91	8,46	
Epaisseur Min (mm)	0,24	0,12	0,14		0,32	0,10	0,12		0,29	0,26	0,23	
SM *	0,23	0,24	0,24		0,15	0,15	0,16		0,16	0,15	0,16	
CI *	0,48	0,46	0,41		0,4	0,39	0,4		0,53	0,48	0,53	
Epaisseur individuel (mm)	1,32 à 1,74	0,85 à 1,73	0,76 à 1,73		1,33 à 2,54	1 à 2,38	1,21 à 1,85		1,83 à 3,44	1,3 à 2,64	1,35 à 2,65	
Ecart-type individuelle	0,58 à 1,19	0,38 à 1,21	0,31 à 0,93		0,58 à 1,66	0,49 à 1,12	0,52 à 1,29		1,07 à 3,01	0,83 à 2,1	0,59 à 2,14	
CV individuelle (%)	28 à 73	44 à 93,9	50 à 63,9		33,02 à 80,42	40,4 à 72,66	42,35 à 73,86		38,85 à 102,9	50,96 à 85,8	33,71 à 85,86	
% de cerne minces	6,28	16,07	17,24		2,12	8,13	8,37		2,45	4,89	7,54	

EMC : Epaisseur moyenne des cerne. **CV** : Coefficient de variation. **SM** : Sensibilité moyenne. **CI** : Coefficient d'interdataion.

Tableau 2 : Résultats de l'analyse uni-variée et les sous-ensembles homogènes.

	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Confiance à 95 % pour la moyenne		Mini	Max
					Borne inférieure	Borne supérieure		
Lisière	121	2,0295	1,00597	0,09145	1,8485	2,2106	0,68	5,46
A 10 m	121	1,4785	0,73352	0,06668	1,3465	1,6105	0,4	3,72
A 20 m	121	1,5575	0,85474	0,0777	1,4036	1,7113	0,55	4,39

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	21,487	2	10,743	14,132	,000
Intragroupes	273,672	360	,760		
Total	295,159	362			

	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
A 10 m	121	1,4785	2,0295
A 20 m	121	1,5575	
Lisière	121		
Sig.		,482	1,000

DISCUSSION

Les lisières forestières sont une conséquence de la fragmentation des espaces forestiers (MATLACK & LITVAITIS, 1999) et d'après SALEK *et al.* (2013), les lisières forestières et les effets de lisière ont été largement étudiés dans les deux Amériques et en Europe. Malencontreusement et jusqu'à présent, peu d'études se sont intéressées à l'influence des lisières sur les essences forestières en régions méditerranéenne (KERRACHE, 2020).

La présente étude s'est axée sur la mesure du surplus d'accroissement du pin d'Alep (espèce dominante des forêts Algériennes), sujet à l'effet de lisière, résultant de l'action des ouvertures intenses dans la station d'Azzeb (Batna), par le biais d'une approche dendroécologique.

Plusieurs résultats ont été observés lors de cette étude, une augmentation notable de l'épaisseur moyenne des cernes, des épaisseurs individuelles et des valeurs cumulées d'accroissement au niveau de la lisière, combiné à un pourcentage très faible des cernes minces comparé à ceux obtenus à l'intérieur des peuplements. Ainsi, ROZAS (2001) signale que la suppression d'un ou plusieurs arbres en raison d'une perturbation locale (naturelle ou humaine), libère de l'espace et des ressources se traduisant par une augmentation du taux de croissance des arbres adjacents à cette ouverture vu que dans une forêt, la compétition entre les individus pour la captation des ressources disponibles est très intense et que lorsqu'une nouvelle ressource est mise à la disposition ou que son intensité augmente (la lumière et la température dans notre cas), la végétation l'exploite intensivement et se développe très rapidement générant ainsi, un surplus d'accroissement surtout pour les essences de lumière comme le pin d'Alep. Enfin, LUKEN *et al* (1991), confirment que l'augmentation de la productivité des arbres en lisières forestières est souvent le résultat d'une plus grande disponibilité du rayonnement solaire. MOTTA *et al* (2006), font le même constat avec une augmentation de la croissance des arbres de lisières, qui se traduit essentiellement par une augmentation en circonférence (AUSSENAC *et al.*, 1995).

CONCLUSION

Durant la présente analyse dendroécologique, les cernes du pin d'Alep ont été utilisés afin de caractériser le surplus d'accroissement radial lié à la fragmentation de l'espace forestier. Cette fragmentation a généré un surplus d'éclairement ayant pour

conséquence une augmentation de la croissance des pieds présents près des ouvertures forestières. Au terme d'une analyse approfondie des épaisseurs des cernes durant laquelle ont été mesurés 5354 cernes issus de 90 arbres répartis sur trois sites distincts, nous avons pu déduire les caractéristiques écologiques de l'essence étudiée (*Pinus halepensis*). Ainsi, il a été trouvé que les ouvertures influençaient positivement l'accroissement radial des arbres en lisière lorsqu'on les compare aux pieds éloignés de 10 et 20 m. De plus, les pieds localisés près de la lisière présentent le taux de cernes minces le plus faible par rapport à ceux situés à l'intérieur du peuplement. L'analyse de la variance a individualisée les pieds limitrophes à l'ouverture et ceux situés à l'intérieur du peuplement forestier comme deux sous-ensembles homogènes distincts confirmant le développement différentiel de ces pieds.

Malheureusement, ce surplus d'accroissement n'est pas comptabilisé lors des inventaires forestiers et constitue de facto, une perte commerciale importante surtout dans les peuplements présentant une fragmentation intense.

Enfin, il est utile de signaler que ses résultats confirment ceux obtenus par KERRACHE (2020) dans la région de Saïda (Ouest Algérien). Ainsi, ces résultats peuvent être extrapolés à l'ensemble des forêts se situant dans toutes les zones semi-arides de l'Algérie.

REMERCIEMENTS

Tous nos remerciements au Pr RABHI KHELLAF pour son soutien lors de l'élaboration de ce travail et Dr KALBAZA AHMED YASSINE pour la révision de l'article. Ce travail est dédié à la mémoire du défunt MESSAOUDENE MOHAND (Paix à son âme).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALIGNIER, A., 2010. Distribution des communautés végétales sous l'influence des lisières forestières dans des bois fragmentés. Thèse de Doctorat, Univ. Toulouse, France, 239 p.
- AUSSENAC, G., GRANIER, A. & BREDAS, N., 1995. Effets des modifications de la structure du couvert forestier sur le bilan hydrique, l'état hydrique des arbres et la croissance. *RFF.*, 47(1) : 54-62.
- BEDEL, J., 1986. Aménagement et gestion des peuplements de pin d'Alep dans la zone méditerranéenne française. *Options méditerranéennes* CIHEAM., 86 (1) : 109- 125.
- BERTAUDIERE, V., MONTES, N., GAUQUELIN, T. & ÉDOUARD, J-L., 1999. Dendroécologie du genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.) : exemple de la thuriféraire de la montagne de Rié (Pyrénées, France), *Ann. Sci. For.*, 56 : 685-697.
- BNEDER, 2010. Etude d'aménagement et de développement forestier de la forêt domaniale de BOUARIF (wilaya de Batna). 52 p.
- DAJOZ, R., 2007. Les insectes et les forêts ; rôle et diversité des insectes dans le milieu forestier. Tec & Doc, France, 648 p.
- DUPUCH, A. & FORTIN, D., 2013. The extent of edge effects increases during post-harvesting forest Succession, *Biological Conservation.*, 162 : 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.03.023>
- FRITTS, H.C., 1971. Dendroclimatology and dendroecology, *Quaternary research.*, 1 : 419-449.
- FRITTS, H.C., 1976. In : TESSIER, L., 1982. Analyse dendroclimatologique comparée de six populations de *Pinus sylvestris* (L.) dans la Drôme, *Ecologia Mediterranea.*, 8 (3) : 187-202.
- FRITTS H.C. & SWETNAM, T.W., 1989. Dendroecology : A Tool for Evaluating Variations in Past and Present Forest Environments, *Advances in Ecological Research.*, 19 : 111-188.
- GUIBAL, F., 1985. Dendroclimatologie du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti) dans le Sud-Est de la France. *Ecologia Mediterranea.*, 11 (4) : 88- 103.
- HARPER, K.A., MACDONALD, S.E., BURTON, P.J., CHEN, J.Q., BROSOFSKE, K.D., SAUNDERS, S.C., EUSKIRCHEN, E.S., ROBERTS, D., JAITEH, M.S. & ESSEEN, P.A., 2005. Edge influence on forests structure and composition in fragmented landscapes, *Conservation Biology.*, 19 (3) : 768-782. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x>
- KERRACHE, G., 2011. Impact des travaux du préaménagement forestier sur les formations forestières, Cas de la forêt de Fenouane (Commune de Ain El Hadjar, Wilaya de Saïda, Algérie). Mémoire de Magister, Univ. Tlemcen, 138 p.
- KERRACHE, G., 2020. Impact du préaménagement sur les formations forestières. Cas des Monts de Dhaya (Algérie). Thèse de Doctorat, Univ. Tlemcen, Algérie. 124 p.
- LA MARCHE, V.C., 1982. Sampling strategies. In : FRITTS, H.C., & SWETNAM, T.W., 1989. Dendroecology : A Tool for Evaluating Variations in Past and Present Forest Environments, *Advances in Ecological Research.*, 19 : 111-188.
- LATTE, N., DEBRUXELLES, J., SOHIER, C., DEGRE, A. & CLAESSENS, H., 2012. La dendroécologie : un outil pour affiner nos connaissances sur l'autécologie des essences forestières, *Forêt Wallonne.*, 116 : 3-17.
- LAURENT-HERVOUET, N., 1986. Mesure des pertes de croissance radiale sur quelques espèces de *Pinus* dues à deux

- défoliateurs forestiers I-Cas de la processionnaire du pin en région méditerranéenne. *Ann. Sci. For.*, 43 (2) : 239-262.
- LEBOURGEOIS, F., 2010. Principes et méthodes de la dendrochronologie. ENGREF, Nancy, 72p.
- LEBOURGEOIS, F. & MERIAN, P., 2012. Principes et méthodes de la dendrochronologie. Nancy, France. 88 p.
- LUKEN, J.O., HINTON, A.C. & Baker, D.G., 1991. Forest edges associated with power-line corridors and implications for corridor siting, *Landscape and urban planning.*, 20: 315-324. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(91\)90005-7](https://doi.org/10.1016/0169-2046(91)90005-7)
- Matlack, G.R. & Litvaitis, J.A., 1999. Forest edges. In : Malcolm, L., Hunter, J.R. (Eds.), 1999. Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems. *Cambridge University Press*, 211–233.
- MERIAN, P., 2012. Variations spatio-temporelles de la réponse au climat des essences forestières tempérées : quantification du phénomène par approche dendroécologique et influence de la stratégie d'échantillonnage. Thèse AgroParisTech, 454 p.
- MDAWER, O., 2009. Les accrues de frêne (*Fraxinus excelsior* L.) à l'interface environnement/sylviculture dans les Pyrénées Centrales : distribution spatiale et croissance. Thèse de Doctorat, Univ. Toulouse, 227 p.
- MOTTA, R., MORALES, M. & NOLA, P., 2006. Human land-use, forest dynamics and tree growth at the treeline in the Western Italian Alps, *Ann. For. Sci.*, 63 : 739-747.
- MUNAUT, A.V., 1966. Recherches dendrochronologiques sur *Pinus sylvestris*. I. Etude de 45 pins sylvestres récents originaux de Belgique. *Agricultura.*, 14: 193-232.
- MUNAUT, A.V., 1979. La dendrochronologie, *Bulletin de l'association française pour l'étude du Quaternaire.*, 1 (2) : 65-74.
- PATONNIER, A., 1998. Analyse dendroécologique de l'impact des émondages sur la croissance en diamètre des frênes des systèmes linéaires dans le bocage du Champsaur (Hautes-Alpes). DEA, IMEP, 61 p.
- RIITERS, K., WICKHAM, J., COSTANZA, J.K. & VOGT, P., 2015. A global evaluation of forest interior area dynamics using tree cover data from 2000 to 2012. *Landsc. Ecol.*, 31 : 137- 148.
- ROZAS, V., 2001. Detecting the impact of climate and disturbances on tree-rings of *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. in a lowland forest in Cantabria, Northern Spain, *Ann. For. Sci.*, 58 : 237-251. <https://doi.org/10.1051/forest:2001123>
- ŠALEK, L., ZAHRADNIK, D., MARUSAK, R., JERABKOVA, L. & MERGANIC, J., 2013. Forest edges in managed riparian forests in the eastern part of the Czech Republic, *Forest Ecology and Management.*, 305 : 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.012>
- SARMOUM, M., GUIBAL, F. & ABDOUN, F., 2016. Effet des facteurs stationnels sur la croissance radiale et la réponse du pin d'Alep au climat dans le massif de l'Ouarsenis, Algérie. *Bois et forêts des tropiques.*, 329 (3) : 17-27.
- TASSIN, C., 2012. Paysages végétaux du domaine méditerranéen. IRD, Marseille, 424 p.
- TESSIER, L., PONS, A. & SERRE-BACHET, F., 1982. Analyse dendroclimatologique comparée de quelques populations de chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.) de la Drôme et du Var. *Ecologia Mediterranea.*, VIII (4) : 117-130.

Annexe

Résultats de l'analyse multivariée et les sous-ensembles homogènes pour les 3 sites d'étude.

Site 1

	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Bornes de confiance à 95%		Mini	Max
					Borne inférieure	Borne supérieure		
Lisière	41	1,517930	,4901409	,0765471	1,363222	1,672638	,6785	2,7265
A 10 m	41	1,200925	,4865637	,0759885	1,047347	1,354503	,4000	2,5257
A 20 m	41	1,118264	,3168936	,0494905	1,018240	1,218288	,6390	1,9661

ANOVA

	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Inter-groupes	3,650	2	1,825	9,482
Intra-groupes	23,096	120	,192	
Total	26,746	122		

Sous-ensemble homogène

Position	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
A 20 m	41	1,118264	
A 10 m	41	1,200925	
Lisière	41		1,517930
Sig.		,395	1,000

Site 2

	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Bornes de confiance à 95%		Mini	Max
					Borne inférieure	Borne supérieure		
Lisière	41	1,90194	,373576	,058343	1,78402	2,01985	1,184	2,810
A 10 m	41	1,36529	,390561	,060995	1,24201	1,48856	,460	2,080
A 20 m	41	1,55522	,658853	,102896	1,34726	1,76318	,607	3,105

ANOVA

	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Inter-groupes	6,072	2	3,036	12,542
Intra-groupes	29,047	120	,242	
Total	35,119	122		

Sous-ensemble homogène

Position	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
A 10 m	41	1,36529	
A 20 m	41	1,55522	
Lisière	41		1,90194
Sig.		,083	1,000

Site 3

	N	Moyenne	Ecart-type	Erreur standard	Bornes de confiance à 95%		Mini	Max
					Borne inférieure	Borne supérieure		
Lisière	39	2,70153	1,425647	,228286	2,23939	3,16367	,801	5,457
A 10 m	39	1,88934	1,009529	,161654	1,56209	2,21659	,759	3,718
A 20 m	39	2,02153	1,146862	,183645	1,64976	2,39330	,551	4,386

ANOVA

	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Inter-groupes	14,814	2	7,407	5,088
Intra-groupes	165,943	114	1,456	
Total	180,756	116		

Moyenne

Position	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05	
		1	2
A 10 m	39	1,88934	
A 20 m	39	2,02153	
Lisière	39		2,70153
Sig.		,629	1,000