

## RISQUE DE L'INVASION BIOLOGIQUE DE L'AILANTE GLANDULEUX (*AILANTHUS ALTISSIMA* (MILL.) SWINGLE) AU NIVEAU DU PARC NATIONAL DE CHRÉA, DYNAMIQUE DE PROPAGATION ET ESSAI DE LUTTE

KACIMI Yamina<sup>1\*</sup> et SBABDJI Mohamed<sup>2</sup>

1. Laboratoire d'Amélioration des Productions Agricoles et Protection des Ressources en Zones Arides, Université Batna 1 Hadj Lakhdar, ISVSA, Batna, Algérie.
2. Institut national de recherche forestière, B.P. 37, Chéraga, 16000, Alger, Algérie.

Reçu le 20/10/2022, Révisé le 04/12/2022, Accepté le 09/12/2022

### Résumé

**Description du sujet :** Les espèces exotiques envahissantes constituent la deuxième menace pour la biodiversité, dont les impacts négatifs sur les habitats et les espèces indigènes sont graves et souvent irréversibles. L'anthropisation a eu pour effet d'accroître les mouvements d'espèces de leurs habitats naturels vers de nouveaux espaces en provoquant des répercussions dévastatrices des écosystèmes.

**Objectifs :** Cette étude porte sur le risque de propagation posé par une plante invasive d'ailante glanduleux (*Ailanthus altissima* (Mill.) au niveau du parc national de Chréa. Ce travail consiste à étudier la dynamique de sa propagation, et faire un essai de lutte pour atténuer sa prolifération, afin de guider les gestionnaires du parc de tels sites d'intervenir pour en contrôler son développement et de minimiser les dommages causés par cette espèce.

**Méthodes :** Les observations et les expérimentations ont été effectuées dans une zone intégrant les lieux de Beni Ali et les Glacières situant en versant nord de la partie centrale du parc. La méthodologie adoptée s'est basée d'une part sur la cartographie des sites d'envahissement de l'ailante, en utilisant le logiciel ArcMap10.8, des mesures de diamètres, d'âge et de positionnement ont été prises dans le but de déceler la tendance de propagation d'un site à l'autre, et d'autre part sur l'application de la méthode mécanique de lutte à traves 3 sites en utilisant la technique du cerclage.

**Résultats :** Les résultats ont révélé l'existence d'un total de 38 sites envahis, couvrant au total une superficie de 1,80 ha. La vitesse de propagation et l'extension des sites prennent un rythme croissant rapide avec une orientation à partir des lieux d'origine à proximité des axes routiers vers l'intérieur des peuplements. La totalité des arbres écorcés se sont dépéris une année après le cerclage et leur potentiel de propagation par graine a été anéanti, par contre aucun effet n'a été constaté par rapport à leur propagation par voie végétative.

**Conclusion :** Vu le changement climatique annoncé, on s'attend à une large extension de l'aire potentielle de répartition de cette espèce en Algérie. De plus, l'efficacité de la méthode de cerclage reste liée au suivi durant plusieurs années jusqu'à l'épuisement de la capacité de rejet de souche.

**Mots clés :** Invasion biologique ; *Ailanthus altissima* ; Parc national ; Biodiversité ; Cartographie ; Lutte.

## RISK OF BIOLOGICAL INVASION OF GLANDULAR AILANTHUS (*AILANTHUS ALTISSIMA* (MILL.) SWINGLE) AT CHREA NATIONAL PARK, SPREAD DYNAMICS AND CONTROL TRIAL

### Abstract

**Description of the subject:** invasive alien species are the second greatest threat to biodiversity, with severe ten irreversible negative impacts on native habitats and species. Anthropization has increased the movement of species from their natural habitats into new areas with devastating impacts on ecosystems.

**Objective:** This study focuses on the risk of propagation posed by an invasive plant of glandular garlic (*Ailanthus altissima*) at the level of the national park of Chréa. This work is to study the dynamics of its spread, and make a test of control to mitigate its proliferation, in order to guide the park managers of such sites to intervene to control its development and minimize the damage caused by this species.

**Methods:** The observations and experiments were carried out in an area including the places of Bni Ali and Glaciers located on the northern slopes of the central part of the CNP between 700 and 1000 m altitude. The methodology adopted was based on the one hand on the mapping of the sites of invasion of the ailante, using the software ArcMap10.8 and on the other hand on the application of the mechanical method of control across 3 sites using the technique of strapping.

**Results:** The results revealed the existence of a total of 38 invaded sites, covering a total area of 1.80 ha. The rate of spread and extension of the sites is increasing rapidly with an orientation from the places of origin near the roads towards the interior of the stands. All of the debarked trees died one year after hooping and their potential for propagation by seed was destroyed, but no effect was observed with respect to their vegetative propagation.

**Conclusion:** Given the announced climate change, a wide extension of the potential range of this species is expected in Algeria. In addition, the effectiveness of the strapping method remains linked to monitoring for several years until the strain rejection capacity is exhausted.

**Keywords:** Biological invasion; *Ailanthus altissima*; National Park; Biodiversity; Cartography; control.

\* Auteur correspondant: KACIMI Yamina, E-mail : yamina.kacimi@univ-batna.dz

## INTRODUCTION

Les invasions biologiques sont reconnues comme l'une des plus importantes causes de la dégradation des écosystèmes et de la perte de biodiversité dans le monde [1]. L'impact des espèces exotiques envahissantes sur les écosystèmes, les habitats et les espèces indigènes sont graves et souvent irréversibles. En Europe, près de 1 100 espèces exotiques ont été recensées dont 10 à 15 % présentent des impacts négatifs et engendrent des dépenses annuelles évaluées à 12,5 milliards d'euros, dont près de 77 % sont liés aux dommages et 23 % à la gestion [2]. L'une des espèces de plantes exotiques les plus envahissantes *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, communément connu sous le nom de l'arbre du ciel ou *Ailanthus* [3], ce dernier est plus répandu en Europe et en Amérique du Nord, il a été introduit intentionnellement pour être utilisé comme plante ornementale au XVIII<sup>e</sup> siècle. Depuis lors, il s'est propagé et se retrouve maintenant fréquemment dans un certain nombre de pays [4], il est aujourd'hui problématique dans de nombreux pays européens ainsi qu'au Canada et aux USA, il s'est rapidement répandu en milieu urbain et périurbain, mais aussi dans l'environnement agro-forestier en raison des cultures ornementales, productives et de lutte contre l'érosion [5]. En tant qu'espèce invasive non indigène hautement agressive et allélopathique, *Ailanthus altissima* a la capacité d'affecter négativement les communautés végétales indigènes en supprimant les espèces résidentes, modifiant les interactions compétitives [6] et formant un peuplement mono spécifique qui empêche la recolonisation des espèces indigènes. Par conséquent, la lutte contre cette espèce est l'un des objectifs majeurs de la stratégie européenne actuelle pour la biodiversité [7]. La dispersion des graines et la croissance végétative des longues racines latérales restent à présent impossibles à contrôler. Des recherches sur les méthodes les plus efficaces d'éradication et de lutte sont en cours [4].

En avril 2014, le projet « Présence, écologie et contrôle de l'Ailante en Suisse méridionale » a été lancé dans le cadre du programme pilote de l'Office fédéral de l'environnement « Adaptation aux changements climatiques », l'objectif de ce projet est de fournir les données nécessaires pour améliorer la gestion de l'Ailante en tant qu'essence envahissante en Suisse [8]. Récemment, plusieurs recherches ont été effectuées dans le monde,

principalement sur les régions méditerranéennes, l'Europe centrale et les États-Unis, où *Ailanthus altissima* est manifestement répandu. Les études diffèrent dans leurs approches et portent sur de différents aspects : écologiques, biologiques, botaniques, physiologique, chimique ainsi que les aspects relevant du potentiel invasif et des possibilités de l'utilisation de l'espèce dans les différents domaines, agronomique et médicinale [4].

En Algérie, jusqu'à nos jours, les études antérieures sur les invasions biologiques demeurent rares. Parmi les travaux les plus démarqués, citant deux, dont celui de Soltani-Amri [9] sur l'écologie de l'Ailante glanduleux dans la région de Constantine, montrant que l'espèce manifeste effectivement des traits d'adaptations écologiques et biochimiques en réponse à des fluctuations thermiques qui pourraient aider à son invasion. Le second travail de Benmeddour [10] portant sur l'étude du pouvoir allélopathique d'Ailante qui révèle que l'extrait de l'Ailante inhibe significativement la germination de la plupart des adventices. En effet, mise à part ces travaux, le problème de l'Ailante demeure très peu étudié en Algérie notamment en ce qui concerne le comportement et les effets de l'espèce au sein des milieux naturels. Notre travail avait pour objectif, dans la réserve de biosphère de Chréa, de diagnostiquer le problème que pose cette espèce en identifiant les sites envahis, et faire un essai de lutte en basant sur une des méthodes physiques la plus utilisée. La finalité de l'étude était de guider les gestionnaires à comprendre la dynamique d'invasion pour développer les mesures de contrôles et élaborer des futurs plans de protection et de lutte dans les aires protégées du pays.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Zone d'étude

La zone d'étude est localisée au nord de l'Algérie; elle appartient à la partie centrale de l'Atlas tellien dénommée Atlas Blidéen [11]. Le Parc National de Chréa, classé réserve de la biosphère depuis 2002, Cette zone couvre une superficie de 26587 ha des hauteurs de l'Atlas Blidéen à 50 km au sud-ouest d'Alger qui s'étend entre les parallèles 36° 36' et 36°00' et les méridiens 3°20' et 2°40' [12]. Le climat est dominé par le subhumide et l'humide avec des précipitations moyennes de 760 à 1100 mm/an, selon l'altitude et l'exposition. Les températures moyennes se situent entre 27°C pour le mois le plus chaud et 0,41°C pour le mois le plus froid [13].

En ce qui concerne le substrat géologique, la partie de l'Atlas Blidéen sur laquelle s'étend le Parc National de Chréa (PNC) est homogène et constituée de schistes du crétacé supérieur [14]. La mosaïque de variantes microclimatiques associée au relief très chahuté a favorisé un couvert boisé dense et diversifié abritant plus de 1200 espèces végétales (36 % de la richesse nationale) et 674 espèces animales. Le site d'échantillonnage se situe dans le versant nord

de la zone centrale du parc, entre 650 et 1100 m d'altitude, regroupant les zones de Beni Ali, Hakou Feraoune, Oued Blat jusqu'au Glacières. La zone joue un rôle très important de point de vue de diversité biologique, elle regroupe de nombreuses formations végétales qui se succèdent en fonction de l'altitude (Subéraies, yeuseraie, cédraie et des formations mixtes) (Fig. 1).

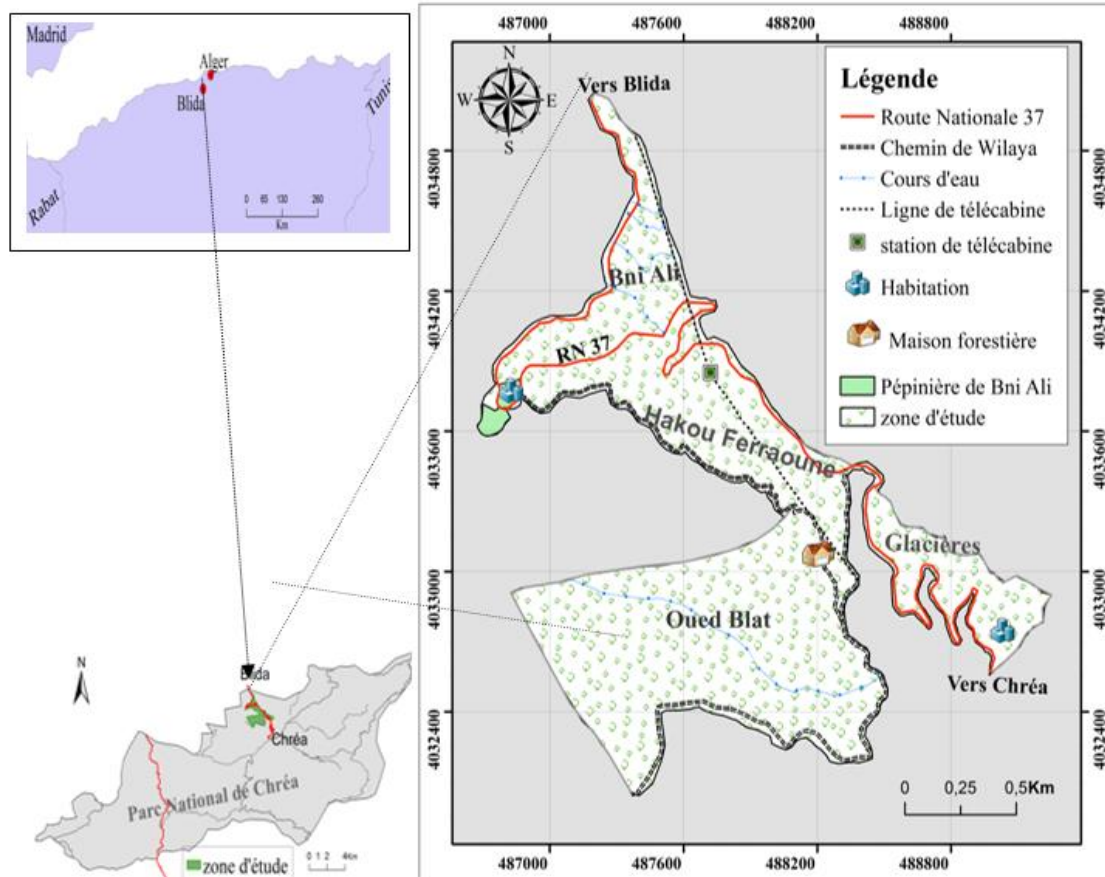


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

La zone est sillonnée par de nombreux ravins qui s'entrecroisent avec la route nationale n°37 reliant Blida à Chréa. C'est ainsi que les observations et l'échantillonnage correspondent principalement aux intersections des ravinements avec la route nationale n°37 et les pistes où se situent la majorité des bouquets d'Ailante.

## 2. Méthodes cartographiques

Les informations ont été récoltées lors de plusieurs sorties sur terrain. Une fois ces informations acquises, elles ont été reportées sous SIG. Cette procédure échelonnée sur trois étapes : (i) Prospection d'identification et de

référencement à l'aide du GPS des sites envahis. (ii) Matérialisation des sites sur l'image Google Earth et conversion de cette dernière à l'aide de Global Mapper. (iii) Élaboration et la mise en forme de la carte sur ArcMap10.8 La cartographie thématique à base d'ArcMap 10.8 a été utilisée pour élaborer les différentes cartes. Les sites d'envahissement ont été numérotés selon l'altitude de 1 à x. Au total 38 sites envahis ont été inventoriés, la majorité de ces derniers longent la route nationale 37 reliant Chréa à Blida et les chemins secondaires où ils occupent essentiellement des intersections entre chemins et ravins (Fig. 2).

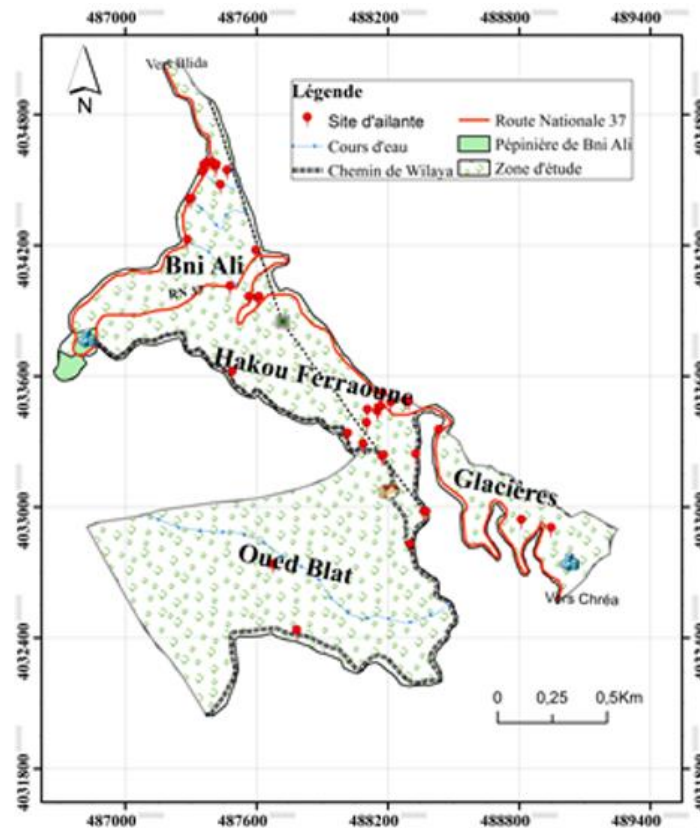


Figure 2 : Carte de répartition des sites d'invasion

### 3. Méthodes de description de la propagation inter site par analyse rétrospective

Pour déterminer l'historique de propagation entre sites, l'âge de chaque bouquet a été prélevé. Le carottage a été effectué sur le ou les plus gros sujets de chaque site. Le prélèvement de carottes a été réalisé à l'aide d'une tarière de Presler à 1,30 m du sol. Les carottes extraites ont été préparées pour la lecture et les mesures de cernes. Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un micromètre d'un agrandissement de 10x. La détermination de l'âge du plus gros sujet de chaque site a permis de retracer la chronologie de l'apparition des bouquets.

### 4. Méthodes de description des propagations intra sites

Les mesures ont été réalisées dans deux sites 1 et 35 choisis en raison de leur accessibilité. Dans chacun des deux sites la méthodologie adoptée a été basée sur la distribution des sujets de l'Ailante à travers les peuplements naturels d'une part et selon leurs grosseurs et leur éloignement par rapport à la route et au ravin d'autre part. Pour le site n°1, le dispositif d'échantillonnage s'est consisté en lignes transects espacées de 10 m et perpendiculaires à

l'axe du ravin (Fig. 3). Pour chaque ligne, chaque sujet de l'Ailante situant à moins de 0,25 m de la ligne a été identifié par la grosseur et l'éloignement par rapport à l'axe du ravin. Ceci a permis de déceler la relation entre la grosseur (indice de l'âge) et l'éloignement du ravin. En utilisant la distance et le diamètre comme variable de classification, le but essentiel étant de répartir les différents diamètres et différentes distances examinées dans des classes homogènes (profils). Dans le site n°35 où le peuplement de l'Ailante longe de part et d'autre un tronçon de la route godronnée envahissant le couvert boisé naturel qui est composé principalement d'un tallis de Chêne Vert avec la présence d'autres essences éparpillées comme le Cèdre, Pin d'Alep. Le même type d'échantillonnage a été procédé suivant des transects allant de la bordure de la chaussée vers l'intérieur du peuplement du Chêne Vert, la longueur du transect correspond à la distance entre la bordure de la route et le sujet d'Ailante le plus éloigné (Fig. 4). Chaque sujet d'Ailante situant de part et d'autre du transect à moins de 25 cm a été identifié par la grosseur et par son éloignement de la route.



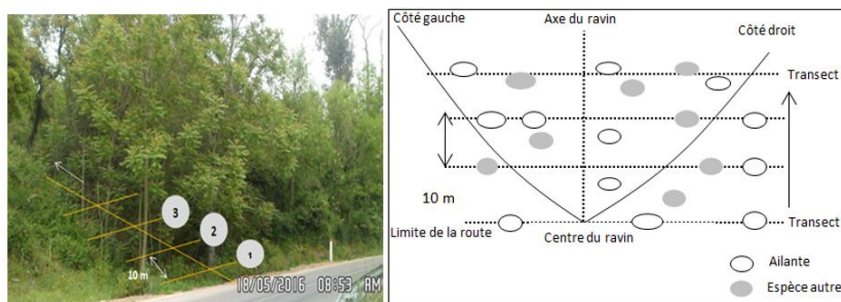


Figure 3: Schéma de mesures effectuées dans le site n°1

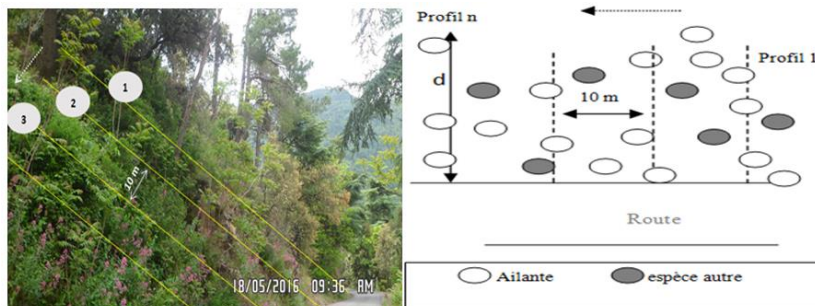


Figure 4: Schéma des mesures effectuées dans le site n°35.

Les résultats obtenus ont été interprétés statistiquement avec l'analyse de la variance (ANOVA) qui vise à évaluer la variabilité relative aux distances et aux diamètres des profils avec l'éloignement par rapport à la route qui a été exprimé par les coefficients de variations (CV) et par une représentation graphique par la boîte à moustache. Les différences entre les moyennes des profils ont été évaluées par la méthode de Fisher au seuil de 5 %. Le traitement statistique des données a été effectué à l'aide du logiciel XLSTAT Version 2020.

**5. Méthodes de mesure de prolifération à l'intérieur des peuplements naturels**

Le travail relatif à cet aspect est inclus pour se renseigner sur la capacité de l'espèce à gagner de nouveaux espaces en envahissant les essences autochtones. La prolifération à l'intérieur des peuplements naturels a été évaluée au niveau du site n°35 où le couvert naturel est constitué d'un taillis de chêne vert pur avec un taux de recouvrement plus de 80%. 13 profils qui ont été fait au-dessus et au-dessous de la route, cette prolifération correspond à la différence entre la distance d'éloignement par rapport à la route du dernier sujet d'Ailante et celui du premier arbre de Chêne Vert, chaque sujet échantillonné a fait l'objet de mesure de diamètre (Fig. 5).

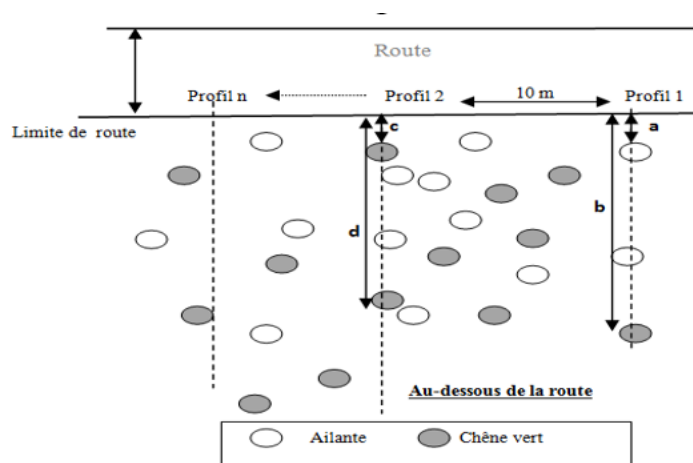


Figure 5: Schéma indiquant la méthode d'évaluation de la prolifération

### 6. Essai de lutte

Afin de tester des techniques de lutte permettant de supprimer ou de limiter la présence de l’Ailante glanduleux, un essai préliminaire de lutte contre cette espèce dans le Parc National de Chréa a été mis en place en 2019. Trois sites d’étude ont été sélectionnés dans les zones ; les Glacières de source de Beni Ali, et le ravin de Beni Ali et, en raison de leur forte densité

d’Ailante et de la grande surface envahie (Fig. 6). Ces photos illustrent la forte densité d’Ailante glanduleux. Dans chaque site, 9 arbres ont été carottés, entre mars et juin 2019, soit 27 arbres au total. Tous les arbres sont annelés jusqu’au xylème sur l’ensemble de la circonférence à environ 1,30 m du sol (Fig. 7).



Figure 6 : Photographies des trois sites (photos : 1 les Glacière, 2 source de Beni Ali,3 Beni Ali).

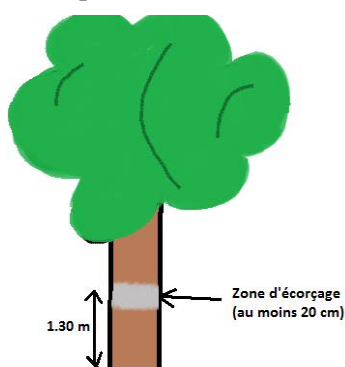


Figure 7 : Dispositif de traitement (écorçage)

Le traitement a été effectué à l’aide d’une hache ou d’une tronçonneuse sur une largeur d’au moins 20 cm. Le mode opératoire du traitement est illustré sur la figure 8 : sous l’écorce, se trouvent les tissus du phloème (situé dans le liber) qui permettent la circulation de la sève élaborée contenant les sucres issus de l’activité

photosynthétique depuis les feuilles vers le reste de l’arbre. Le cambium est le tissu capable de produire de nouvelles cellules de phloème et de xylème (dans l’aubier). En retirant, liber et cambium, on interrompt l’alimentation en sucres de la partie inférieure de l’arbre (souche et racines) qui devrait donc mourir à petit feu.

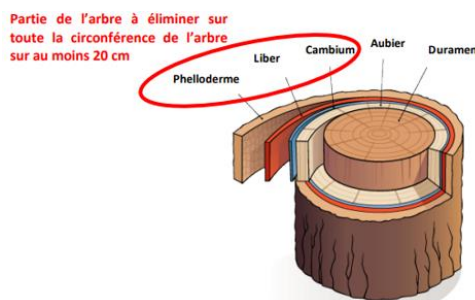


Figure 8 : Schéma des tissus constituant le tronc d’un arbre (source : www.afd-ld.org).

## RÉSULTATS

Le constat fait à travers la prospection du terrain indique qu'à basse altitude la majorité des bouquets soit 15/38 se concentrent le long des ravins et les milieux ombragés, ceci apparaît dans les zones de Beni Ali et Hakou Ferraoune dont les altitudes sont moins de 900 m. Pour les zones ayant des hautes altitudes, leurs lieux d'invasion ne concernent pas uniquement les ravins, mais ils englobent aussi les bordures des routes et constituent parfois des bandes le long des chemins. Les dimensions des sites envahis varient de 10 à 2508 m<sup>2</sup> avec une moyenne de 474,82 m<sup>2</sup> et représentent 18043 m<sup>2</sup> soit 0,82% de l'étendue étudiée. Bien qu'ils se répartissent sur une large tranche altitudinale allant de 700 à 1100 m, soit 400 m de dénivelé et plus de 2000 m de versant où se succèdent plusieurs formations végétales,

la plus grande partie soit 15/38 se situe à moins de 900 m. L'ensemble des formations végétales de la zone sont atteintes, néanmoins, les deux formations mixtes Pin d'Alep-Chêne Liège et Pin d'Alep-Chêne Vert semblent les plus touchées (Annexe 1). L'examen comparé de l'âge des gros sujets entre différents sites indique que le site n°18 situé dans la zone Hakou Ferraoune est le plus ancien, et constitue probablement le site mère. Il renferme un sujet de 50 ans avec 57cm de diamètre et 25m de hauteur. Les âges des autres sites indiquent que la propagation s'est effectuée différemment d'une décennie à l'autre (Fig. 9). Après un rythme de propagation très lent durant 30 ans (0,2 sites/an), la propagation a marqué des sauts importants dans les deux dernières décennies 1996 – 2005, 2006-2015 (1,88 sites/an et 1.66 sites/an, respectivement).

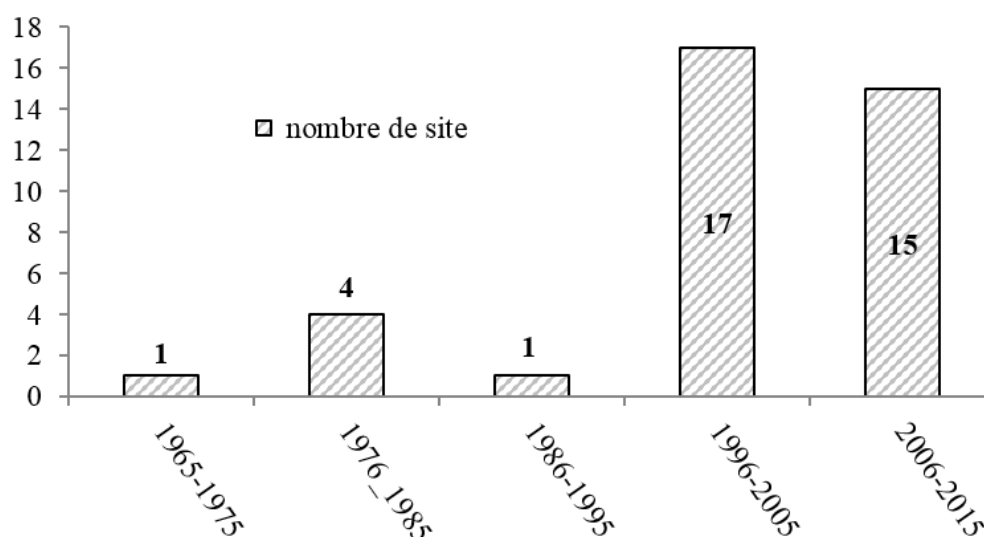


Figure 9: Le nombre des sites envahis par décennie

Le classement des sites selon leur ordre chronologique du plus ancien au plus récent montre que la propagation s'est produite d'une façon aléatoire. Il indique que les premières propagations se sont produites vers deux zones de destinations opposées par rapport au lieu d'introduction. La première à Beni Ali situé à environ deux ou trois km au nord du lieu d'origine, la deuxième à Oued Blat à moins d'un km au sud-ouest. L'éloignement de ces deux zones du lieu d'origine implique probablement le facteur humain. Donc il est très difficile de concevoir cette propagation à travers

la dissémination des graines par le vent car les deux zones sont assez éloignées du lieu d'introduction.

### 1. Description de la propagation intrasite

Les résultats obtenus dans le site n°1 mettent en évidence une diminution graduelle du diamètre (m) des sujets étudiés lorsque le profil s'éloigne de la route. En effet, les profils (5 et 6) ont une tendance nettement décroissante pour la variable diamètre lorsqu'on s'éloigne de la route. Les autres profils ont la même tendance mais à des degrés moins (Fig.10) (Annexe 2).

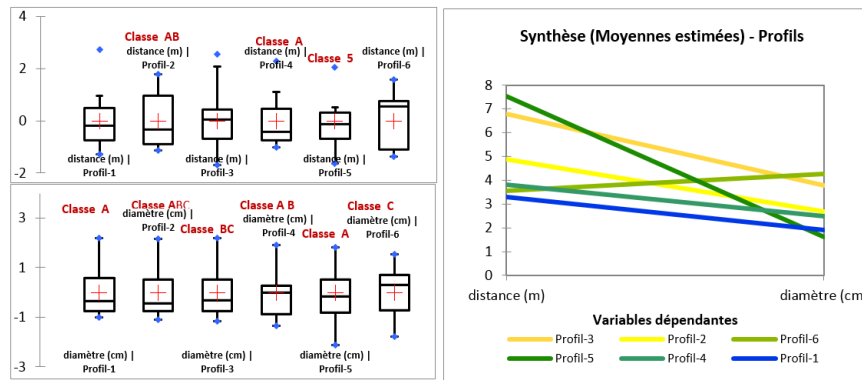


Figure 10 : relation (diamètre – distance) par rapport à la route site n°1

Pour les mesures effectuées dans le site 35, l'analyse de Fisher, montre aussi que le diamètre diminue avec l'éloignement de la

route, cela est nettement observé pour les profils (1, 2 et 4) au-dessous de la route et les profils (2 et 3) au-dessus de la route (Fig. 11 et 12).

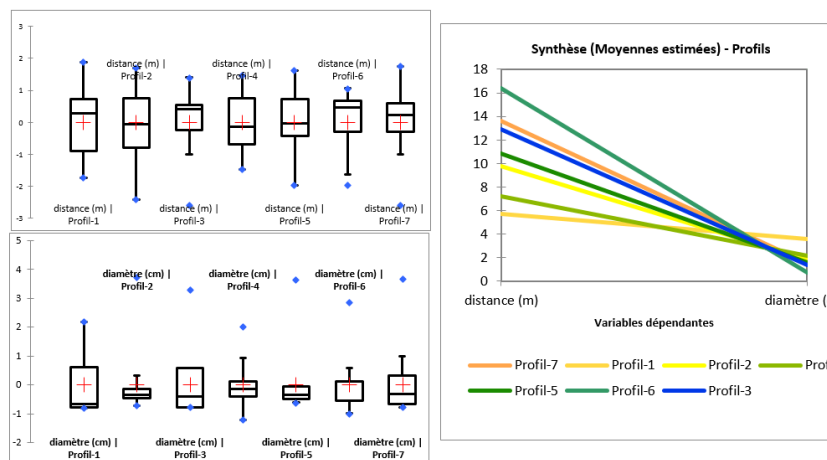


Figure 11: relation (diamètre – distance) par rapport à la route site n°35 (En dessous de la route).

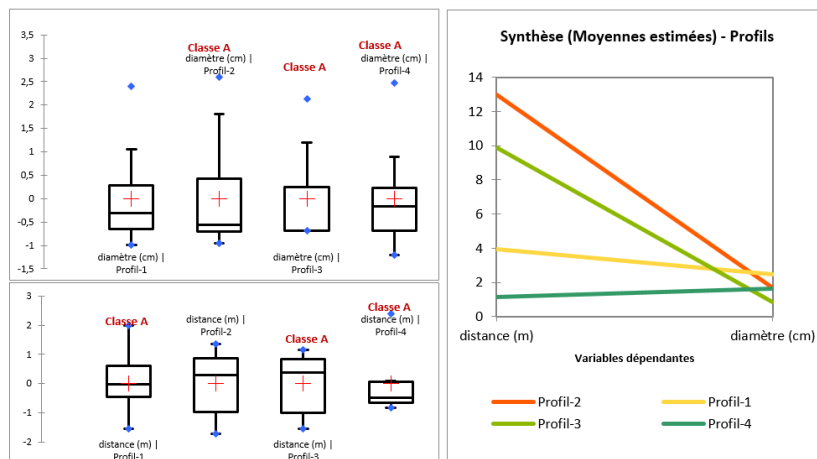


Figure 12: relation (diamètre – distance) par rapport à la route site n°35 (En dessus de la route)

**2. Prolifération à l'intérieur du peuplement**

Les positions des sujets d'Ailante les plus éloignés de la route (site n°35) et des sujets de l'essence naturelle (Chêne vert) les plus proches, laisse apparaître que l'Ailante s'est développé profondément à l'intérieur du peuplement naturel et ce de part et d'autre de la route, côté amont et côté aval (tableau 1, 2). Elle est beaucoup plus importante du côté aval dont elle dépasse 15m en moyenne pour atteindre

24m pour le maximum. Cette propagation correspond à une prolifération à l'intérieur du peuplement naturel dépassant 6m en moyenne et atteignant 17m. Pour le côté amont, les valeurs de propagation correspondantes sont de 12m en moyenne et plus de 25 m pour le maximum, celles de la prolifération à l'intérieur du peuplement dépassant 3m en moyenne et atteignant 14,8m.



Tableau 1: Récapitulatif de la prolifération à l'intérieur du couvert naturel à partir de la route (côté aval).

Profil	Ailante le plus proche de la route (m)	Ailante le plus éloigné de la route (m)	Chêne vert le plus proche (m)	Distance de propagation à l'intérieur du peuplement(m)
1	0,8	11	10	1
2	1,5	26	9	17
3	5,3	18	10	8
4	2	12,4	7	5,4
5	4	16	13	3
6	7,8	21	12	9
7	1,4	24	20,5	3,5

Tableau 2: Récapitulatif de la prolifération à l'intérieur du couvert naturel à partir de la route (côté amont).

Profil	Ailante le plus proche de la route (m)	Ailante le plus éloigné de la route (m)	Chêne vert le plus proche (m)	Distance de propagation à l'intérieur du peuplement (m)
1	0,8	8	7	1
2	0,6	26	24,8	1,2
3	1,2	16,3	>16,3	0
4	5,5	14,3	12,5	1,8
5	1,2	16,8	2	14,8
6	0,6	1,2	>1,2	0

### 3. Résultat de la lutte

L'ensemble des individus écorcés ont été trouvés morts une année après. Ceci a anéanti leur contribution dans la propagation par graine mais en revanche la propagation par rejet de souche semble intensifiée (Fig. 13). En effet, pour

chaque sujet écorcé de 3 à 9 rejets ont été dénombrés sur la souche correspondante. Cette technique de lutte a montré des résultats significativement positifs, avec une mortalité moyenne de 80% sur l'ensemble des trois sites.

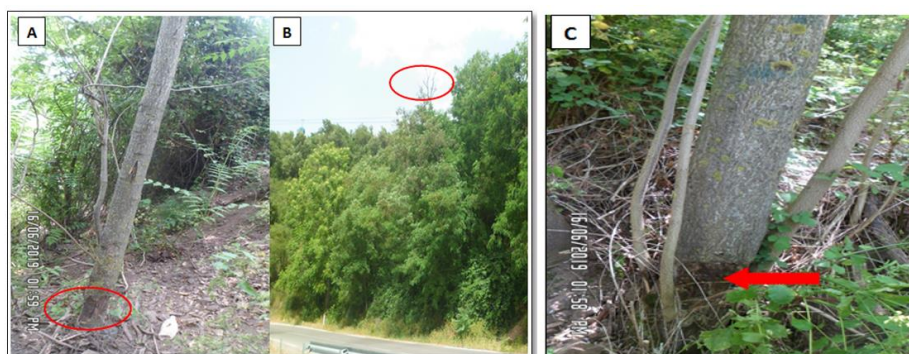


Figure 13 : Résultats de la lutte physique (écorçage)

## DISCUSSION

L'actuel travail vise la protection de la biodiversité au niveau de l'une des aires protégées en Algérie contre les menaces d'Ailante connue par son caractère invasif dévastateur à travers de très nombreux pays [4-8-15-16].

La présence de l'Ailante dans la zone d'étude remonte à plus de 50 ans. Le sujet le plus âgé datant de 1965 a été inventorié au niveau de la région Hakou Ferraoune dans un ravin en bordure de route et au voisinage des vergers. Actuellement, cette espèce colonise sous forme

de bouquet d'une superficie de 1.8043 m<sup>2</sup>, soit 0.82% de l'étendu prospecté. Bien que cette superficie soit faible mais il est fort possible que cette espèce est en phase d'établissement et le risque d'explosion n'est pas loin, dont cette dernière est caractérisée par une multiplication très rapidement tout en étendant son aire de répartition [20].

Pour la majorité des sites envahis, le positionnement longe les bordures des voies de communication, dont un grand nombre occupe l'intersection des routes avec les ravins.

Cette distribution est en concordance avec celle constaté par Knusel et *al.* [17], qui mentionnent que cette espèce colonise le plus souvent les zones urbaines le long des routes et les couloirs de transport, ou de façon spontanée sur les surfaces rudérales.

La situation de la majorité dans les ravins ombragés est probablement en relation avec l'écologie de l'espèce. Bien que cette dernière soit décrite en Europe comme étant espèce de lumière et d'ensoleillement [16], sa distribution à Chréa reflète qu'elle se comporte autrement, elle se prolifère surtout au niveau des ravins où augmentent l'humidité et la durée d'ombrage. Cette hypothèse est appuyée davantage par l'existence des sites hors ravins, uniquement en altitude à plus de 1000 m, alors que l'ensemble des sites situant à basse altitude se trouvent au niveau des ravins. En effet, cette vision suggère que l'Ailante en altitude trouve suffisamment de fraîcheur et d'humidité en dehors des ravins, alors qu'à basse altitude ce microclimat ne peut être procuré que par les ravins. Cependant cette même relation positionnement-climat peut expliquer la différence du comportement de l'espèce entre l'Europe et l'Algérie. En effet, il est fort possible qu'en Europe où le climat est plus frais et humide, elle cherche les sites ensoleillés, par contre, en l'Algérie l'ensoleillement est plus intense et l'humidité un peu réduite poussent l'espèce vers les sites frais et ombragés tels que les ravins. Cet aspect s'avère important car il permet de préciser davantage l'ampleur des menaces de l'Ailante sur le milieu naturel.

La propagation de cette espèce vers d'autres sites a pris une vitesse exponentielle. En effet, elle était lente au début (de 1 à 6 sites entre 1965 et 1995, soit 0,2 sites/an) alors qu'elle s'est nettement accélérée durant les deux dernières décennies soit 1,88 sites/an durant 1996 – 2005 et 1,66 sites/an durant 2006-2015. Le positionnement de la majorité des sites d'invasion dans un ravin avoisinant des vergers indique que cette invasion est en relation avec l'activité humaine et avec les travaux d'aménagement des pistes à l'époque. Cette supposition est fondée d'une part sur la réputation de l'Ailante comme étant une des meilleures espèces dans la fixation des terrains [8] et d'autre part sur l'ignorance de son caractère invasif. À ce propos, Pascal et *al.* [18], affirment que l'activité humaine est à l'origine de la quasi-totalité des invasions. La propagation intrasite prend une orientation à partir des lieux d'origine à proximité des axes routiers vers l'intérieur des peuplements.

Quoique, les distances de propagation à l'intérieur des peuplements naturels demeure limitée (17 m dans le premier site, 26 m dans le deuxième site), ce résultat demeure inquiétant. En effet, il indique que l'espèce peut concurrencer les essences autochtones même en dehors des ravins et des bordures de routes, l'inquiétude par rapport à cet aspect se justifie davantage en se référant aux propos de différents auteurs. Ces derniers se concordent pour préciser que la propagation de cette espèce conduit à la constitution de peuplement très dense qui élimine la flore locale par compétition vis-à-vis de la lumière et l'espace, ils ajoutent dans le même contexte que les racines d'Ailante produisent des substances allélopathiques qui s'accumulent dans le sol et inhibent la croissance des autres végétaux [19]. Tenant compte de sa multiplication par les diverses voies et de son fort potentiel de propagation lié au raccourcissement de la phase juvénile [16], à l'intensité de la fructification et à la croissance rapide, les menaces de cette espèce peuvent peser lourd à l'avenir. Sa présence sur une large envergure altitudinale jusqu'au 1150 m où elle touche la cédraie, reflète d'une façon plus claire la lourdeur des menaces. Néanmoins, sa répartition actuelle indiquant sa concentration autour des biotopes humides et ombragés laisse espérer que sa propagation peut avoir des limites liées à son écologie.

Ce travail a permis aussi de faire un premier essai de lutte en utilisant la technique manuelle de cerclage qui peut constituer une solution notamment dans les sites inaccessibles où les engins sont impraticables. L'apparition d'un certain nombre de rejets à la base de l'écorçage est probablement due aux conditions favorables de microclimat ou encore aux chutes des arbres après l'opération. En se référant aux propos de différents auteurs (Info Flora, 2012), une lutte mal planifiée peut s'avérer contreproductive car à chaque fois qu'on scie l'arbre, il produit rapidement de nouveaux rejets à partir de la souche. Toutes fois cet essai de lutte demeure préliminaire et d'autres travaux plus développés s'avèrent nécessaires. L'enlèvement des rejets à chaque reprise autant de fois jusqu'à l'épuisement de la souche peut constituer une des méthodes de lutte à expérimenter.

## CONCLUSION

Cette étude présente un constat sur le problème causé par l'Ailante au niveau du PNC. Ce dernier constitue une des réserves biologique d'importance nationale et mondiale et la présence de cette espèce invasive peut entraver sa consistance biologique.

L'introduction de l'Ailante dans cette région remonte à plus de 50 ans. La cartographie réalisée indique que la majorité des sites envahis longent la route nationale et les chemins secondaires. Au niveau des zones de faible altitude (700-900 m), les sites envahis correspondent généralement à des lieux de ravinement moins ensoleillés et plus humides, à des altitudes plus accentuées (plus de 900 m), sa présence inclut d'autres sites éloignés des ravins. Ce constat s'ajoute à celui indiquant la présence d'un grand bouquet en pleine cédraie à 1150 m pour refléter les risques de propagation de cette espèce vers l'altitude en pleins peuplements naturels. La propagation et l'extension des sites prennent un rythme croissant exponentiel. Elles ont une tendance de prolifération à partir des lieux d'origine sur les bordures des routes vers l'intérieur des peuplements. Vu ses multiples formes de multiplication (par graine, rejets, drageons, bouture...) son éradication physique par la technique d'écorçage reste la seule méthode de son élimination efficace, mais quel que soit la méthode utilisée pour endiguer la propagation l'espèce, il est primordial de suivre la zone sur plusieurs années afin de couper les drageons et les rejets qui pourraient émerger après l'élimination des sujets mères. En conclusion, il est proposé (i) d'intensifier les études et suivis sur la distribution des espèces invasives, leurs biologies, et écologies, (ii) de renforcer les méthodes préventives (information du public) et curatives précoces des invasions, (iii) de développer d'autres méthodes de contrôle.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. **Lorena G-A., Charles D. (2008).** Neighbourhood analyses of the allelopathic effects of the invasive tree *Ailanthus altissima* in temperate forests. *The Journal of Ecology*, 96, 447–458.
- [2]. **Kettunen M., Mapendembe C., Herkenrath A., Silvestri P., Ten Brink S. (2009).** Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) – Analysis of the impacts of policy options/measures to address IAS. Final report for the European Commission. UNEP-WCMC (Cambridge). Institute for European Environmental Policy (IEEP). Brussels, Belgium. 101p.
- [3]. **Kasson M T., Short D P G., O'Neal E S., Subbarao K V., Davis D D. (2014).** Comparative Pathogenicity, Biocontrol Efficacy, and Multilocus Sequence Typing of *Verticillium nonalfalfae* from the Invasive *Ailanthus altissima* and Other Hosts. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-06-13-0148-R>. *Ecology and Epidemiology*. Vol. 104, No. 3, 2014(282-292).
- [4]. **Sladonja B., Susek M., Guillermic J. (2015).** Review on Invasive Tree of Heaven (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) Conflicting Values: Assessment of its Ecosystem Services and Potential Biological Threat. *Environmental Management*, Springer science Business Media New York. 26 p.
- [5]. **Montecchiari S., Marina A., Peliccia V., Tesei G. (2020).** First syntaxonomical contribution to the invasive *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle forest communities at its southern limit in Europe. *Plant Sociology* 57(2) 2020, 145–160.
- [6]. **Small C J., White D., Hargbol B. (2010).** Allelopathic influences of the invasive *Ailanthus altissima* on a native and a non-native herb. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 137(4), 366–372.
- [7]. **Radtk A., Ambrass S., Zerbe S., Tonon G., Fontanan V., Ammer C. (2013).** Traditional coppice forest management drives the invasion of *Ailanthus altissima* and *Robinia pseudoacacia* in deciduous forests *Forest Ecology and Management* 291 (2013) 308–317.
- [8]. **Wunder J., Nobis M., Conedera M., Gay J-L. (2014).** La place de l'Ailante en forêt reste à étudier. *Forêt67*, 11:12-16.
- [9]. **Soltani-Amri A. (2014).** Ecologie de l'Ailante glanduleux (*Ailanthus altissima*) dans la région de Constantine. Thèse de magister, université de Constantine 1.110 p.
- [10]. **Benmeddour T. (2010).** Etude du pouvoir allélopathique de l'Harmel (*Peganum harmala* L.), le laurier rose (*Nerium oleander* L.) et l'Ailante (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) sur la germination de quelques mauvaises herbes des céréales. Thèse de magister, université Ferhat Abbas, Sétif. Algérie. 106p.
- [11]. **Mekideche S., Brakchi-Ouakour L., Kadik L. (2018).** Impact des perturbations anthropiques sur la diversité végétale de la subéraie de Chréa, au nord de l'Algérie. *Bois et Forêts des Tropiques*. Volume 337–p. 53-66.
- [12]. **BNEF. (1984).** Parc national de Chréa, étude du milieu. Le bureau national des études forestières, Blida. Algérie. 149 p.
- [13]. **Halimi A. (1980).** Atlas Blidéen : Climat et étages végétaux. Ed. OPU., Alger, 523p.
- [14]. **Rabhi K., Akli A., Djouhri A., Yahi N., Boudedja S., Messaoudene M. (2018).** Bilan et croissance des reboisements de cèdre de l'Atlas, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière en Algérie: cas du Djurdjura et de l'Atlas blidéen. *Bois et Forêts des Tropiques*, 337 : 3-15.
- [15]. **Motard E., Muratet A., Clair-Maczulajtyts D., Machon N. (2011).** Les populations invasives d'*Ailanthus altissima* menacent-elles la diversité floristique des forêts tempérées périurbaines ?, *Paris France*, 872–879.
- [16]. **Kowarik I., Säumel I. (2007).** Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 8: 207-237.
- [17]. **Knüsel S., Wunder J., Moos C., Dorren L., Schwarz M., Gurtner D., Conedera M. (2020).** L'Ailante en Suisse. Écologie et options de gestion. *Notice pour le praticien*, 66. 12p.
- [18]. **Pascal M., Le Guyader H., Simberloff D. (2010).** Invasions biologiques et préservation de la biodiversité. *Rev. Sci. tech. Off. int. Epiz.*, 2010, 29(2), 367-385.
- [19]. **Poggi J. (2013).** Diagnostic des espèces exotiques envahissantes animales et végétales du territoire du PNR des Préalpes d'AZUR et création d'outils de sensibilisation, 140 p.
- [20]. **Pauline V. (2011).** Evaluation de quatre méthodes de lutte contre une espèce invasive : l'érable *negundo*, *Acer negundo*, 49p.

## ANNEXES

**Annexe 1** : Classement des sites envahis par l'Ailante en fonction de l'altitude.

N° site	Lieu-dit	Altitude (m)	Coordonnées géographiques	Position (ravine ou route)	Formation végétale	Surface m <sup>2</sup>
1	Beni Ali	706	36°27'31,66"N 2°51'32,14"E	Ravin	PA+CL	15
2	Beni Ali	710	36°27'31,99"N 2°51'32,69"E	Ravin	PA+CL	168
3	Beni Ali	712	36°27'30,69"N 2°51'31,78"E	Ravin	PA+CL	140
4	Beni Ali	719	36°27'32,10"N 2°51'33,62"E	Ravin	PA+CL	352
5	Beni Ali	726	36°27'26,59"N 2°51'29,46"E	Ravin	PA+CL	63
6	Beni Ali	728	36°27'31,73"N 2°51'34,44"E	Ravin	PA+CL	84
7	Beni Ali	729	36°27'31,43"N 2°51'34,28"E	Ravin	PA+CL	128
8	Beni Ali	730	36°27'26,65"N 2°51'29,89"E	Ravin	PA+CL	18
9	Beni Ali	751	36°27'30,87"N 2°51'36,41"E	Ravin	PA+CL	338
10	Beni Ali	757	36°27'28,69"N 2°51'35,18"E	Ravin	PA+CL	80
11	Beni Ali	759	36°27'20,50"N 2°51'29,10"E	Ravin	PA+CL	1408
12	Beni Ali	863	36°27'18,93"N 2°51'41,69"E	Route	PA+CL	50
13	Hakou Ferraoune	864	36°27'00,87"N 2°51'37,40"E	Route	PA+CV+M	120
14	Oued Blat	867	36°26'32,26"N 2°51'44,94"E	Route	O+C+CZ+CV+CL	2808
15	Beni Ali	875	36°27'13,62"N 2°51'37"E	Route	PA+E+CL	442
16	Hakou Ferraoune	906	36°26'51,72"N 2°51'58,59"E	Route	PA+CV+M	100
17	Beni Ali	910	36°27'12,03"N 2°51'40,43"E	Route	PA+CV+M	225
18	Hakou Ferraoune	915	36°26'50,19"N 2°52'01,41"E	Ravin	PA+CV+CL	980
19	Beni Ali	920	36°27'11,91"N 2°51'41,93"E	Route	PA+CL	35
20	Beni Ali	921	36°27'12,04"N 2°51'42,31"E	Route	PA+CV+M	25
21	Hakou Ferraoune	928	36°26'48,33"N 2°52'04,89"E	Route	V	70
22	Hakou Ferraoune	932	36°26'48,48"N 2°52'5,25"E	Route	V	90
23	Hakou Ferraoune	944	36°26'53,26"N 2°52'02,09"E	Route	PA+CV+M	160
24	Hakou Ferraoune	952	36°26'35,25"N 2°52'10,12"E	Route	CV+CL	2508
25	183 m à Hakou Ferraoune	955	36°26'55,24"N 2°52'02,22"E	Route	PA+CV+M	80
26	138 m à Hakou Ferraoune	964	36°26'55,02"N 2°52'4,03"E	Route	PA+CV+M	15
27	189 m à Hakou Ferraoune	966	36°26'55,43"N 2°52'04,17"E	Route	PA+CV+M	10
28	180 m à Hakou Ferraoune	970	36°26'55,72"N 2°52'04,66"E	Route	PA+CV+M	6
29	240 m à Hakou Ferraoune	972	36°26'57,73"N 2°52'05,04"E	Route	PA+CV+M	400
30	Hakou Ferraoune	974	36°26'40,09"N 2°52'12,61"E	Route	CV+CL	150

31	230m à Hakou Ferraoune	977	36°26'56,33"N 2°52'06,49"E	Route	PA+CV+M	1000
32	Hakou Ferraoune	979	36°26'40,05"N 2°52'13,02"E	Route	CV+CL	9
33	290m à Hakou Ferraoune	983	36°26'56,63"N 2°52'09,12"E	Route	PA+CV+M	150
34	280m à Hakou Ferraoune	986	36°26'56,46"N 2°52'09,81"E	Route	PA+CV+M	100
35	Hakou Ferraoune	987	36°26'48,61"N 2°52'11,12"E	Route	CV+CL	3200
36	Les Glacières	1019	36°26'52,29"N 2°52'15,36"E	Route	CV+M	20
37	Les Glacières	1117	36°26'38,90"N 2°52'30,51"E	Route	CV+C	460
38	Oued Blat	1146	36°26'37,71"N 2°52'35,98"E	Route	CV+C	2000

PA : Pin d'Alep ; E : Eucalyptus ; CL : Chêne Liège ; CV : Chêne Vert ; M : Merisier C : Cèdre ; O : Olivier ; CZ : Chêne Zéen ; V : Vergers

## Annexe 2

### 1. Analyse ANOVA

Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Profils (Fisher (LSD) site n° 1

Modalité	Moyennes estimées (distance (m))	Groupes		
Profil-1	3,307	A		
Profil-6	3,564	A		
Profil-4	3,810	A		
Profil-2	4,900	A	B	
Profil-3	6,783		B	
Profil-5	7,538		B	
Modalité	Moyennes estimées (diamètre (cm))	Groupes		
Profil-5	1,615	A		
Profil-1	1,900	A		
Profil-4	2,500	A	B	
Profil-2	2,682	A	B	C
Profil-3	3,776		B	C
Profil-6	4,273			C

Synthèse (Moyennes estimées) - Profils

Profils	distance (m)	diamètre (cm)
<b>Profil-3</b>	6,783 a b a	3,776 b bc ab
<b>Profil-2</b>	4,900 a ab a	2,682 ab abc ab
<b>Profil-6</b>	3,564 aaa	4,273 b c b
<b>Profil-5</b>	7,538 a b a	1,615 aaa
<b>Profil-4</b>	3,810 aaa	2,500 ab abab
<b>Profil-1</b>	3,307 aaa	1,900 aaa
<b>Pr &gt; F</b>	0,007	0,001
<b>Significatif</b>	Oui	Oui

### 2. Analyse ANOVA

Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Profils (Fisher (LSD) site n°35 au-dessous de la route

Modalité	Moyennes estimées (distance (m))	Groupes				
Profil-1	5,687	A				
Profil-4	7,225	A	B			
Profil-2	9,793		B	C		
Profil-5	10,806		B	C	D	
Profil-3	12,906			C	D	E
Profil-7	13,636				D	E
Profil-6	16,400					E
Modalité	Moyennes estimées (diamètre (cm))	Groupes				
Profil-6	0,740	A				
Profil-3	1,350	A				
Profil-7	1,489	A				
Profil-5	1,581	A				
Profil-2	1,880	A	B			
Profil-4	2,125	A	B			
Profil-1	3,587		B			



## Synthèse (Moyennes estimées) - Profils

Profil	distance (m)	diamètre (cm)
Profil-7	13,636 cd de cd cd	1,489 ab a ab ab
Profil-1	5,687 aaaa	3,587 b bbb
Profil-2	9,793 abc bc abc abc	1,880 ab ababab
Profil-4	7,225 ab ababab	2,125 ab ababab
Profil-5	10,806 bcbcbcbc	1,581 ab a ab ab
Profil-6	16,400 d e d d	0,740 aaaa
Profil-3	12,906 bcd cde bcd cd	1,350 ab a ab ab
Pr > F	0,000	0,007
Significatif	Oui	Oui

## 3. Analyse ANOVA

Synthèse des comparaisons multiples par paires pour Profils (Fisher (LSD)) site n°35 au-dessus de la route

Modalité	Moyennes estimées (distance (m))	Groupes	
Profil-4	1,140	A	
Profil-1	3,965	A	
Profil-3	9,863		B
Profil-2	12,981		B
Modalité	Moyennes estimées (diamètre (cm))	Groupes	
Profil-3	0,867	A	
Profil-4	1,650	A	B
Profil-2	1,703		B
Profil-1	2,450		B

## Synthèse (Moyennes estimées) - Profils

Profil	distance (m)	diamètre (cm)
Profil-2	12,981 c b c b	1,703 ab b ab ab
Profil-1	3,965 ab a ab a	2,450 b bbb
Profil-3	9,863 bc b bc b	0,867 aaaa
Profil-4	1,140 aaaa	1,650 ab ababab
Pr > F	0,000	0,015
Significatif	Oui	Oui