

Les spécificités de *Cedrus brevifolia*, espèce endémique de l'île de Chypre

par Nicolas-George H. ELIADES

***Cedrus brevifolia* est une espèce de cèdre endémique présente depuis longtemps sur l'île de Chypre. C'est un bon exemple d'espèce insulaire possédant une aire réduite mais avec un niveau élevé de diversité génétique, et une distribution irrégulière de cette diversité à l'échelle locale.**

L'espèce endémique *Cedrus brevifolia*

Cedrus brevifolia (Hook. f.) A. Henry (le cèdre de Chypre) est un conifère à feuilles persistantes pouvant atteindre 30 m de haut (MEIKLE 1977). C'est un arbre endémique de Chypre où il est présent depuis fort longtemps. La première mention de son existence à Chypre remonte à Théophraste (370-287 B.C.) qui relate que les rois de Chypre ne coupaient pas les arbres mais au contraire les protégeaient (*Enquiry into Plants*, SIR HORT 1980). Dans son texte Theophraste indique également que le cèdre prospérait sur les hautes montagnes de sorte que le transport des grumes jusqu'à la côte était très laborieux. Plusieurs siècles plus tard, Pline le Vieux (23-79 ap. J.-C.), dans son *Histoire Naturelle* (RACKAM 1986), confirmait les remarques de Théophraste sur cette espèce et la présence du cèdre de Chypre sur l'île. La référence suivante vient d'un moine russe, Bars'kyj, qui visita Chypre quatre fois entre 1726 et 1736 et qui écrivit qu'un groupe de cèdres avait été trouvé près du monastère de Kykkos (HADJIKYRIAKOS 2007). Il est probable qu'il s'agit de la même zone que celle où pousse encore aujourd'hui *C. brevifolia*. Le moine russe indiquait aussi que beaucoup de bâtiments du monastère étaient construits en bois de cèdre.

Depuis 1879 il y a eu beaucoup d'études scientifiques et d'observations sur le cèdre de Chypre. Plus particulièrement en 1879, Sir Samuel Baker recueillit des spécimens qui furent envoyés au botaniste Anglais Joseph Dalton Hooker. Ce dernier, en 1880, donna au cèdre de Chypre le nom de *Cedrus libani* var. *brevifolia* (HOLMBOE 1914). Plus tard, en 1908, Louis-Albert Dode rehaussat le cèdre de Chypre au rang d'espèce (GREUTER *et al.* 1984). Plus récemment des analyses d'horloge moléculaire estimèrent la divergence temporelle de *C. brevifolia* par rapport à *C. libani* à environ 6,56 ($\pm 1,20$) millions d'années (QIAO *et al.* 2007) ce qui correspond à peu près à l'époque de la crise de salinité



Photos 1 :

Formes de *Cedrus brevifolia* à diverses étapes de sa croissance.
Photos N-G Eliades.

messinienne (fin du Miocène) (MAI 1989 ; KRIJGSMA 2002 ; HELLWIG 2004).

Cedrus brevifolia se distingue des autres espèces de cèdres par la forme de ses aiguilles particulièrement courtes (*brevis* = court + *folium* = feuille) (Cf. Photos 2). Les aiguilles mesurent 10 à 15 mm de long et 1,5 à 2 mm de large. Elles sont positionnées en spirales sur de longues pousses (macroclades) et en fascicules sur des rameaux courts, avec des couleurs vertes ou glauques (MEIKLE 1977 ; TSINTIDES *et al.* 2002). Les cèdres en général (et c'est le cas du cèdre de Chypre) peuvent être monoïques ou dioïques (c'est-à-dire porter des fleurs mâles et femelles sur le même arbre, ou sur des arbres séparés) et cela peut changer dans le temps (KROUCHI *et al.* 2004 ; TSINTIDES *et al.* 2002 ; PATTICHIS & KYRIAKOU 2013). Les cônes mâles sont cylindriques jaunâtres, situés au sommet des jeunes pousses, et produisent leur pollen en automne (septembre-octobre). Les cônes femelles sont rougeâtres et arrivent à maturité en août et septembre, deux ans après leur fertilisation (PIJUT 2000). Les cônes adultes sont gris-bruns en forme de tonneau, leur taille est de 8x5 cm et chaque écaille fertile possède deux graines. Les graines sont brunâtres, en forme de poire et ailées (MEIKLE 1977, TSINTIDES *et al.*

2002). *C. brevifolia* se distingue par la forme de son tronc, qui peut rester droit pendant toute la vie de l'arbre. Le houppier est d'abord pyramidal puis devient plus large et de forme tabulaire (MEIKLE 1977).

Dans les dernières décennies le genre *Cedrus* a éveillé l'intérêt des scientifiques : des études sur les caractéristiques morphologiques et anatomiques des aiguilles indiquent que *C. brevifolia* conserve le type d'aiguilles le plus ancien comparé aux trois autres cèdres (JASIŃSKA *et al.* 2013), ce qui tend à confirmer sa position taxonomique comme espèce à part entière (FARJON 2001 ; JASIŃSKA *et al.* 2013). *C. brevifolia* montre également la plus haute conductance stomatique (LADJAL *et al.* 2005), et se caractérise par le plus faible taux de croissance. On a montré qu'il était moins sensible à la sécheresse que les autres cèdres (DUCREY *et al.* 2008). Toutefois des études phylogéniques, principalement en provenance de Turquie, montrent une relation génétique entre *C. brevifolia* et *C. libani* (SCALTSOYIANNES 1999 ; BOU DAGHER-KHARRAT *et al.* 2001, 2007 ; QIAO *et al.* 2007).

Des références historiques montrent que le bois de *C. brevifolia* était très apprécié pour la construction de meubles (armoires), d'icônes et de mobilier pour les églises. Il



était aussi utilisé jadis dans les chantiers navals (HADJIKYRIAKOU 2007). L'utilisation du bois de *C. brevifolia* dans ces domaines est justifié par d'excellentes qualités : très esthétique et aromatique, il résiste aux attaques d'insectes ou de champignons. De récentes recherches sur la composition chimique de l'huile essentielle du cèdre de Chypre ont montré une activité antioxydante modérée tandis que le α -pinene interagissait de façon significative avec les radicaux libres du 1,1-diphenyl-picrylhydrazil et que le limonène empêchait la peroxydation des lipides, les deux en forte concentration (BOUTOS *et al.* 2020). De plus, l'écorce du cèdre de Chypre semble être aussi une source d'antioxydants, du fait de fortes teneurs en contenus phénoliques et pro-anthocyanidines (CRETOU *et al.* 2014).

La faible surface des forêts de cèdre de Chypre

La forêt naturelle de *C. brevifolia* se situe dans une petite zone de 263 ha au sommet de la forêt de Pafos (Cf. Fig. 1). Cette zone ne représente que 1,66% du total de la surface forestière de l'île, et les peuplements fragmentés de cèdres moins de 0,2 % des forêts

d'altitude de Chypre. Ils constituent de petites zones vestiges au sein de son aire naturelle. Le plus grand de ces fragments se trouve sur la montagne de Tripylos (209 ha), avec de plus petits sous-ensembles dans les environs : par exemple Mavroi Gremoi (13,4 ha), Selladitis Ellias (8,8 ha) et Throni (6,5 ha) (TSINTIDES *et al.* 2007 ; ELIADES *et al.* 2019). Au cours des deux dernières décennies, le Département des forêts de Chypre a mis en place un système d'inventaire dans la zone du cèdre de Chypre : le nombre d'arbres poussant naturellement a été estimé à 22418 (± 3626) avec un diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 12 cm (DÉPARTEMENT DES FORÊTS 2012).

La forêt est cantonnée dans une étroite tranche d'altitude, allant des limites hautes du méso-méditerranéen au milieu du supra-méditerranéen, soit de 900 à 1400 m (DÉPARTEMENT DES FORÊTS 2005). Le site dans lequel se trouve la forêt de cèdre est donc bien caractérisé par un climat méditerranéen, avec une température moyenne annuelle de 15,8°C, plus basse que dans le reste de l'île, des précipitations annuelles moyennes de 689 mm (pour la période de 1981 à 2000) tandis que la saison sèche dure de mi-avril à mi-octobre (CHRISTOU *et al.* 2001). La forêt de cèdre de Chypre couvre des pentes rocheuses de montagne composées de diabase (roche ignée, proche du

Photos 2 :
Branches de *C. brevifolia*
avec aiguilles, cônes et
fleurs mâles et femelles.
Photos N-G Eliades.

basalte volcanique, dérivée des ophiolites du massif de Troodos). Les sols sur pentes raides sont peu profonds et acides (pH 5-6,7) (ELIADES 2015).

La forêt naturelle de *C. brevifolia* se compose d'une part de peuplements purs, éparpillés sur une zone de 106 ha, d'autre part de peuplements mélangés dans une zone de 184 ha (MILIOS *et al.* 2021). Des évaluations sur la structure naturelle des bosquets de *C. brevifolia* (MILIOS *et al.* 2021) ont montré qu'à la fois dans les sites les moins productifs et les plus productifs *C. brevifolia* ne se trouve qu'en peuplements purs avec des surfaces terrières respectives de 19 m²/ha à 38,5 m²/ha. Cette étude souligne le manque d'études analytiques sur l'écologie et la structure des peuplements de *C. brevifolia*. Elle a observé que *C. brevifolia* est la plus compétitive des espèces de la zone étudiée : c'est le résultat de sa tolérance à l'ombre et de sa grande adaptabilité aux conditions locales de site (MILIOS *et al.* 2021). Le climax de la zone est un peuplement dominant de *C. brevifolia* avec un sous-étage de *Quercus alnifolia* Poech et une faible présence de *Pinus brutia* Ten, principalement dans les sites moyennement productifs. Ainsi, à part *C. brevifolia* qui est l'espèce clé de voûte dans cette forêt, d'autres plantes sont impliquées dans la composition et la structure des peuplements. Notamment celles que l'on trouve dans l'étage dominant des forêts de pins méditerranéens avec des endémiques mésogéens (espèce clé *Pinus brutia*). Le sous-étage comprend des arbustes et arbrisseaux à feuilles persistantes et sclérophylles appartenant à l'alliance phytosociologique du *Quercion alnifoliae* (classe des *Quercetalia illicis*). Plus spécifiquement, dans le sous-étage des cèdres, on trouve de grands individus de l'espèce endémique *Quercus alnifolia* et, moins fréquemment, d'*Arbutus andrachne*. *Cistus creticus* est relativement fréquent et, dans les zones plus humides, on trouve *Rubus sanctus* et *Pteridium aquilinum* (DELIPETROU & CHRISTODOULOU 2010 ; ANDREOU *et al.* 2017 ; MILIOS *et al.* 2021).

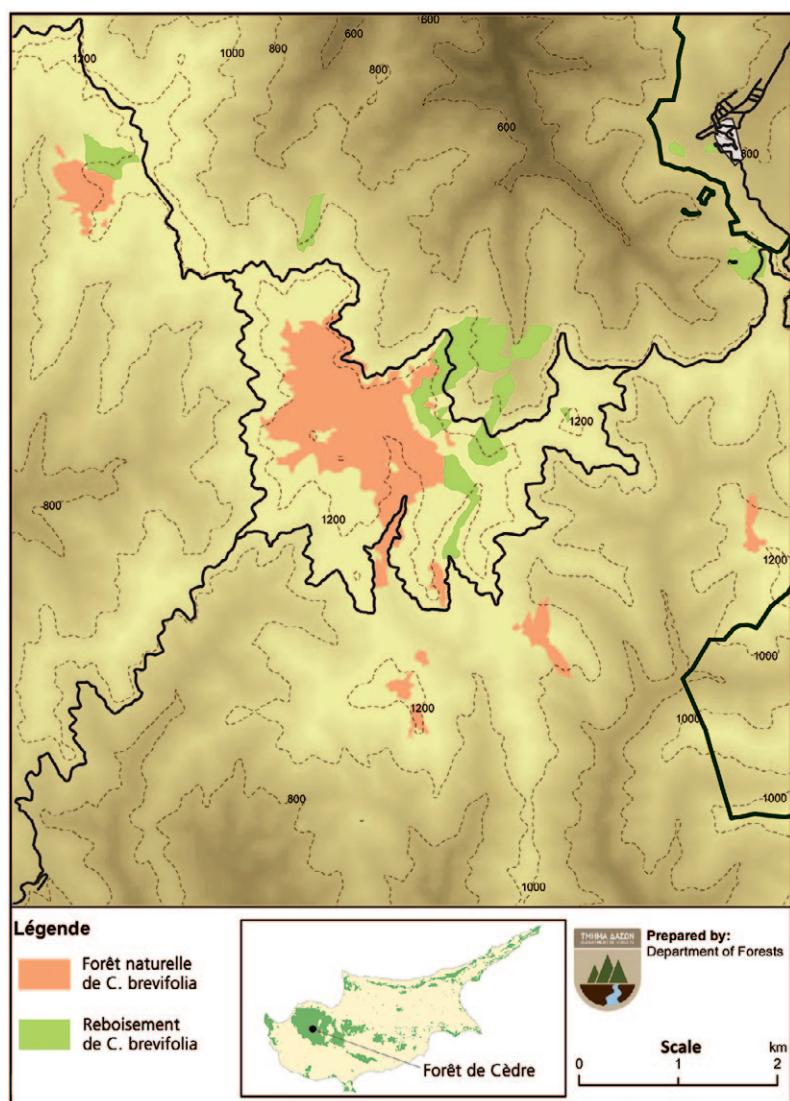
Cedrus brevifolia est un bon exemple d'espèce insulaire possédant une aire de répartition réduite mais avec un haut niveau de diversité génétique, et distribuée irrégulièrement à l'échelle locale (ELIADES *et al.* 2011 ; ELIADES *et al.* 2019) : les études sur la variabilité génétique ne montrent ni effet fondateur, ni appauvrissement sévère, ni dérive génétique forte. La forte diversité génétique de l'espèce a été interprétée comme résultant

de sa présence ancienne dans les montagnes de Chypre et du fait qu'elle provenait d'une espèce parente à large aire de répartition. En outre, le croisement de plusieurs provenances de *C. libani* sur l'île pendant la migration de l'espèce vers Chypre, plus probablement pendant la période Messinienne (-7 à -5 millions d'années) (ELIADES *et al.* 2011), pourrait significativement avoir influencé la forte diversité génétique de *C. brevifolia* en dépit de son aire de répartition réduite (BOU DAGHER-KHARRAT *et al.* 2007 ; ELIADES *et al.* 2011). La population unique de cèdre de Chypre est divisée en plusieurs sites relictuels, qui ont montré une variabilité génétique interne faible mais significative, tandis qu'un isolement par la distance a été observé entre ces sites. Les sites relictuels peuvent être classés comme des sous-populations séparées de l'espèce, reflétant les facteurs d'évolution génétique et démographique qui sont intervenus à long terme au niveau intra-spécifique (ELIADES *et al.* 2019). En outre, une étude de la structure génétique interne de certains de ces sites a montré une nette structuration spatiale à petite échelle ELIADES *et al.* (2018a). Bien que cette amplitude spatiale résulte surtout d'une faible dispersion des graines, une dispersion à courte distance du pollen pourrait aussi l'expliquer dans quelques sites, ce qui n'est pas fréquent chez les conifères pollinisés par le vent. Par ailleurs, ELIADES *et al.* (2018) ont suggéré que les schémas complexes de structures génétiques spatiales du cèdre de Chypre pouvait provenir d'un ratio déséquilibré entre fleurs mâles et femelles parmi les arbres d'une même parcelle, à des périodes de reproduction différentes.

De récentes études dans la forêt de *C. brevifolia* (projet LIFE-KEDROS) ont porté sur l'impact des insectes phytophages, la prédatation des graines par *Megastigmus schimitscheki* (guêpes des graines) et les attaques de scolytes sur la vitalité des cèdres (ELIADES 2021). Les observations ont montré un faible taux de prédatation des guêpes sur les graines de cèdre de Chypre, de 1,8% à 8,3% (BOIVIN *et al.* 2021). Ce résultat renforce l'idée que cette guêpe ne peut pas constituer actuellement une menace majeure pour la production de graines pendant la phase de pré-dispersion, puisque cet insecte n'est pas très abondant dans la forêt de cèdre de Chypre. Ce résultat pourrait être lié à l'irrégularité des cycles de production des graines de *C. brevifolia* à Chypre (une fois tous les 4 à 7 ans). Les nombreuses années successives

pendant lesquelles les larves de guêpes sont affamées, entre les périodes de reproduction, pourraient contribuer à maintenir leur population à un niveau bas : et cela en dépit des capacités de dispersion différée manifestées par une partie des cohortes de larves (diapause prolongée), en réponse à l'impossibilité de prévoir la disponibilité des graines (SUEZ *et al.* 2013). Par ailleurs BOIVIN *et al.* (2021) considèrent que, dans la forêt de cèdre de Chypre, la guêpe des graines possède des ennemis naturels qui régulent sa population. Toutefois il n'a pas été possible d'échantillonner ni d'identifier aucun parasite potentiel. La difficulté d'échantillonner de tels ennemis naturels sur les sites étudiés peut venir de leur faible présence, elle-même liée à la faible abondance de leur proie.

En outre, dans la forêt de cèdre de Chypre, on a installé pendant trois ans des pièges de contrôle qui ont permis de détecter deux espèces principales de scolytes, *Orthotomicus erosus* Wollaston (Coleoptera: Curculionidae) et *Hylurgus ligniperda* Fabricius (Coleoptera: Curculionidae), et une espèce d'un prédateur généraliste de scolytes *Aulonium* sp. (Coleoptera : Colydiidae). La quantité totale de ces trois insectes pendant la période étudiée (2017-2019) s'est révélée plus importante dans les bosquets mélangés de *C. brevifolia* et *P. brutia* (BOIVIN *et al.* 2021).



Les efforts de conservation du cèdre de Chypre

L'importance écologique du cèdre de Chypre a été reconnue au niveau national et européen. L'état de conservation de l'espèce a été évaluée en se basant sur les critères de l'Union internationale pour la conservation de la Nature (IUCN) : ils classent l'espèce comme vulnérable, et elle est incluse dans le Livre rouge de la flore de Chypre. De plus l'habitat naturel caractérisé par *C. brevifolia* figure dans l'annexe 1 de la directive européenne 92/43/EEC en tant qu'habitat prioritaire, rubrique « 9590* forêts de *Cedrus brevifolia* (Cedrosetum brevifoliae) ». La zone de distribution de cet habitat fait partie du réseau Natura 2000 sous le code « Koilada Kedron - Kampos (CY2000006) ». Actuellement le Département des forêts de Chypre met à jour le formulaire de données standard pour le site Natura 2000 de la forêt

de Pafos en général, et par conséquent a précisé toute la zone de distribution de l'habitat 9590*, qui fait maintenant partie d'un nouveau site Natura 2000 (Dasos Pafou – CY2000016) étendu au site Exo Milos (ELIADÉS *et al.* 2021).

La protection et la conservation du peuplement naturel de *C. brevifolia* à Chypre a commencé en 1879, alors que le peuplement dégradé a atteint un point critique de survie du fait de la pression environnementale et de l'activité humaine (surpâturage et surexploitation forestière). A cette époque, la forêt de cèdre a été déclarée réserve forestière. Au début du vingtième siècle, le Département des forêts de Chypre a mis en place, dans la montagne de Troodos, un système efficace de pare-feu ainsi que des routes d'accès et une station de surveillance des feux. En 1984 le conseil des ministres de Chypre, voulant pré-

Fig. 1 :
Carte représentant l'implantation de la forêt de *Cedrus brevifolia* à Chypre (d'après Milios *et al.* 2021).

server la forêt de cèdres, a déclaré Réserve naturelle une zone de 823 ha dans la montagne Tripylos. Depuis 1999, le gouvernement de Chypre a proposé que la zone de Tripylos soit intégrée dans le réseau Natura 2000 de l'Union européenne. En outre, depuis la création du Gouvernement de la République de Chypre (1960), le département des forêts a initié de nombreuses mesures de conservation encore appliquées périodiquement aujourd'hui, centrées sur l'expansion de la zone du cèdre par des plantations inter-sites et hors sites. Le Département des forêts a réalisé des plantations (programme de reforestation) en bordure de la distribution naturelle existante de l'habitat 9590* ; ces plantations couvrent actuellement une surface de 130 ha (activité de conservation inter-site). D'autres plantations ont été réalisées hors de l'aire de répartition naturelle de l'habitat 9590* (par exemple dans la forêt de Mandari et à la mine d'amiante d'Abestos). Récemment un projet intitulé « Gestion conservatoire intégrée de l'habitat prioritaire 9590* dans le site Natura 2000 de Koilada Kedron-Kampos » dite « LIFE-KEDROS » a été réalisé de septembre 2016 à janvier 2021. Le but général de ce projet était d'assurer la préservation à moyen et long terme de cet habitat unique du cèdre de Chypre. Les objectifs spécifiques ont été atteints en adoptant des actions de conservation, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de son espace naturel (ELIADES *et al.* 2021 & www.life-kedros.eu).

Menaces et pressions sur l'habitat 9590*

La faible surface des forêts de cèdre de Chypre les rend très vulnérables à différentes menaces (pressions et impacts). Les menaces aléatoires liées aux feux de forêt et au changement climatique sont maintenant bien réelles et très sévères ; elles créent une pression significative sur cette petite zone, ce type d'habitat unique, et pourraient se révéler catastrophiques. Des températures de plus en plus élevées, accompagnées de fluctuations dans le régime des pluies pour le bassin méditerranéen, ont déjà causé la mort de bosquets de cèdre de Chypre (CHRISTOU *et al.* 2001). Les attaques d'insectes dues à plusieurs facteurs de stress, les dégâts causés par les conditions météo extrêmes, et la compétition avec *P. brutia* jouent également un

rôle. Le plus grand danger potentiel est le feu de forêt, sachant que l'espèce a des capacités limitées de régénération après incendie.

La préservation à long terme de l'espèce et donc de l'habitat est considérée avec réalisme comme très incertaine. Avec les données collectées, et l'expérience sur une longue durée des partenaires du projet LIFE-KEDROS, on a montré que les principales pressions auxquelles l'habitat 9590* fait face sont (ELIADES *et al.* 2018b ; KOUZALI & ELIADES 2021) :

- les activités humaines : réseau de routes forestières (pistes en terrain naturel), réseau de grandes routes (empierrées ou goudronnées), feu de forêt, changements des conditions hydrauliques causés par l'homme (dans le bassin versant) ;

- des facteurs biotiques et abiotiques : espèces en concurrence, espèces invasives exogènes, insectes dangereux, érosion du sol, fragmentation de l'habitat ;

- le changement climatique : phénomènes climatiques extrêmes, tels que hausse de la température, sécheresses prolongées, changements du régime des pluies.

N.-G.E.

Références

- Andreou, M., Kouzali, I., Tsiripidis, I., Eliades, N.-G., 2017. Report on the floristic composition of the habitat type 9590 **Cedrus brevifolia* forests (Cedrosetum brevifoliae). Project: LIFE15 NAT/CY/00085, Nature Conservation Unit, Frederick University, Nicosia, Cyprus. p. 51.
- Boivin, T., Nikolaou, K., Menelaou, M., Christodoulou, M., 2021. Concrete conservation techniques and their effectiveness based on the results acquired - monitoring and management of phytophagous insects in the Paphos forest. In: Eliades, N.-G.H. (ed) Handbook for the sustainable management and long-term conservation of a narrow endemic habitat type in a limited area of occupancy - The case of the habitat type 9590 **Cedrus brevifolia* forests (Cedrosetum brevifoliae). pp 125-137. LIFE-KEDROS, Nature Conservation Unit, Frederick University, Cyprus.
- Boutos, S., Tomou, E.-M., Rancic, A., Socović M., Hadjipavlou-Litina, D., Nikolaou, K., Skaltsa, H., 2020. Composition of the essential oil of *Cedrus brevifolia* needles Evaluation of its antimicrobial and antioxidant activities. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 8(2), 01-05.
- Bou Dagher-Kharrat, M., Grenier, G., Bariteau, M., Brown, S., Siljak-Yakovlev, S., Savouré, A., 2001. Karyotype analysis reveals interspecific differentiation in the genus *Cedrus* despite genome size and base composition constancy. *Theoretical and Applied Genetics*, 103, 846-854.

- Bou Dagher-Kharrat, M., Mariette, S., Lefèvre, F., Fady, B., Grenier-de March, G., Plomion, C., Savouré, A., 2007. Geographical diversity and genetic relationships among *Cedrus* species estimated by AFLP. *Tree Genetics and Genomes*, 3, 275–285.
- Christou, A.K., 1997. Conservation of Cyprus cedar (*Cedrus brevifolia* (Hook. F) Hendry) genetic resources. In Proceedings of the XI World Forestry Conservation (FAO), 13-22 October 1997, Antalya, Turkey.
- Christou, A.K., Hadjikyriakou, X., Nikolaou, C., 2001. Die-back of Cyprus cedar (*Cedrus brevifolia*) at Pafos forest. Proceedings International Conference Forest Research: a challenge for an integrated European approach, 27 August – 1 September 2001, vol. 1, Thessaloniki, Greece.
- Cretu, E., Salminen, J.-P., Karonen, M., Miron, A., Charalambous, C., Constantinou, A., Aprotosoaie, A.C., 2014. In vitro antioxidant activity and phenolic content of *Cedrus brevifolia* bark. *Natural Product Communications*, 9(4), 481-482.
- Delipetrou, P., Christodoulou, C.S., 2010. Identification and mapping guide of the Annex I habitat types of the Directive 92/43/EEC in Cyprus. Department of Environment, Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment. (In Greek)
- Department of Forests, 2005. Cyprus. In: Merlo M, Croitoru L (eds) *Valuing Mediterranean forests: towards total economic value*. CABI Publishing, Wallingford, pp 213–228.
- Department of Forests, 2012. Inventory of cedar forest (*Cedrus brevifolia*) – 2010. Forest Management Section, Department of Forests, Ministry of Agriculture, Rural Development and Environment, Republic of Cyprus. (In Greek)
- Ducrey, M., Huc, R., Ladjal, M., Guehl, J.-M., 2008. Variability in growth, carbon isotope composition, leaf gas exchange and hydraulic traits in the eastern Mediterranean cedars *Cedrus libani* and *C. brevifolia*. *Tree Physiology*, 28, 689–701.
- Eliades, N.-G., 2015. Report on soil profiles and meteorological data analysis. Technical report. Project DIDAKTOR/0609/13, Frederick University. (In Greek)
- Eliades, N.-G.H., Gailing, O., Leinemann, L., Fady, B., Finkeldey, R., 2011. High genetic diversity and significant population structure in *Cedrus brevifolia* Henry, a narrow endemic Mediterranean tree from Cyprus. *Plant Systematic and Evolution*, 294, 185-198.
- Eliades, N.-G.H., Papageorgiou, A.C., Fady, B., Gailing, O., Leinemann, L., Finkeldey, R., 2019. An approach to genetic resources conservation of peripheral isolated plant populations: the case of an island narrow endemic species. *Biodiversity and Conservation*, 28, 3005–3035.
- Eliades, N.-G.H., Fady, B., Gailing, O., Leinemann, L., Finkeldey, R., 2018a. Significant patterns of fine-scale spatial genetic structure in a narrow endemic wind-dispersed tree species, *Cedrus brevifolia* Henry. *Tree Genetics & Genomes*, 14, 15.
- Eliades, N.-G., Christou, A., Kouzali, I., Makris, M., Sotiriou, S., Andreou, M., 2018b Action Plan for the sustainable management and conservation of habitat type 9590*. Project: LIFE15 NAT/CY/000850. Frederick University (Nature Conservation Unit) & Ministry of Agriculture, Rural Development and Environment (Department of Forests), Nicosia, Cyprus. p. 115.
- Eliades, N.-G.H. (ed), 2021. Handbook for the sustainable management and long-term conservation of a narrow endemic habitat type in a limited area of occupancy - The case of the habitat type 9590 **Cedrus brevifolia* forests (Cedrosetum brevifoliae). LIFE-KEDROS, Nature Conservation Unit, Frederick University, Cyprus.
- Eliades, N.-G.H., Sotiriou, S., Christou, A.K., 2021. From theory to action: Integrated conservation management of priority habitat type 9590 **Cedrus brevifolia* Forests (Cedrosetum brevifoliae). In: Eliades, N.-G.H. (ed) Handbook for the sustainable management and long-term conservation of a narrow endemic habitat type in a limited area of occupancy - The case of the habitat type 9590 **Cedrus brevifolia* forests (Cedrosetum brevifoliae). pp 105-121. LIFE-KEDROS, Nature Conservation Unit, Frederick University, Cyprus.
- European Commission, 2013. Interpretation Manual of European Union Habitats. Version EUR 28. Nature ENV B.3, DG Environment. European Commission, Brussels. https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/docs/Int_Manual_EU28.pdf (Accessed 22 June 2021).
- Farjón, A., 2001. *World checklist and bibliography of conifers*, 2nd edn. London: Royal Botanic Gardens, Kew.
- Gatzogiannis, S., Palaskas, D., Tsiaras, D., Konstantinides, P., Tsiorlis, G., Kassioumis, K., Theofanous, S., Sfougaris, A., Georgiakakis, P., Poirazides, K., Zogaris, S., Zanos, P., Loubourdis, N., Kalapanida, M., 2010. Management Plan of the Pafos Forest – Full Edition. Part of the Project “Preparation of an integrated Management Plan for the Pafos Forest”. March 2011. Department of Forests. Nicosia. p. 390 (in Greek)
- Greuter, W., Burdet, H.M., Long, G., 1984. Med-Checklist. Vol 1, Pteridophyta Gymnospermae Dicotyldonae (Acanthaceae-Gneoraceae), 2nd edn. Conservatoire et jardin Botanique de la ville de Genève, Geneva.
- Hadjikyriakos, G.N., 2007. Aromatic and Spicy plants in Cyprus. Bank of Cyprus Culture foundation, Nicosia.
- Hellwig, F.H., 2004. Centaureinae (Asteraceae) in the Mediterranean – history of ecogeographical radiation. *Plant Systematics and Evolution*, 246, 137–162.
- Holmboe, J., 1914. Studies on the Vegetation of Cyprus, No 2. Bergens Museums Skrifter. NY Rakke Bind I, Bergen.
- Iezekiel, S., Christodoulou, C.S., 2005. Natura 2000 standard data form for Special Protection Areas (SPA), for sites eligible for identification as Sites of Community Importance (SCI) and for Special Areas of Conservation (SAC): Koilada Kedron – Kambos.
- Jasinska, A.K., Boratynska, K., Sobierska, K., Romo, A., Ok, T., Bou Dagher Kharat, M., Boratynski, A., 2013. Relationships among *Cedrus libani*, *C. brevifolia* and *C. atlantica* as revealed by the morphological and anatomical needle characters. *Plant Systematics and Evolution*, 299, 35 – 48.
- Kouzali, I., Eliades, N.-G.H., 2021. The narrow endemic habitat type 9590 **Cedrus brevifolia* forests (Cedrosetum brevifoliae). In: Eliades, N.-G.H. (ed) Handbook for the sustainable management and long-term conservation of a narrow endemic habitat type in a limited area of occu-

- pancy - The case of the habitat type 9590 **Cedrus brevifolia* forests (Cedrosetum brevifoliae). pp 85-95. LIFE-KEDROS, Nature Conservation Unit, Frederick University, Cyprus.
- Krijgsman, W., 2002. The Mediterranean: Mare nostrum of earth sciences. *Earth and Planetary Science Letters*, 205, 1-2, 1-12.
- Krouchi, F., Derridja, A., Lefèvre, F., 2004. Year and tree effect on reproductive organisation of *Cedrus atlantica* in a natural forest. *Forest Ecology and Management*, 197, 181-189.
- Ladjal, M., Huc, R., Ducrey, M., 2005. Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species and provenances of Mediterranean cedars. *Tree Physiology*, 25, 1109 – 1117.
- Mai, D.H., 1989. Development and regional differentiation of the European vegetation during the tertiary. *Plant Systematics and Evolution*, 162, 79–91.
- Meikle, R.D., 1977. *Flora of Cyprus*, vol 1. The Bentham-Moxon Trust, Royal Botanic Gardens, Kew.
- Milios, E., Petrou, P., Pytharidis, K., Christou, A.K., Eliades, N.-G.H., 2021. Assessment of How Natural Stand Structure for Narrow Endemic *Cedrus brevifolia* Henry Supports Silvicultural Treatments for Its Sustainable Management. *South-east European forestry* 12(1), 21-34.
- Pattichis, K., Kyriakou, E., 2013. Assessment of fertility and variation of cones' and seeds' traits of the endemic species *Cedrus brevifolia* (A. Henry). Dissertation, Faculty of Agriculture, Forest Science & Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki. (in Greek)
- Pijut, P.M., 2000. Cedrus-The True Cedars. *Journal of Arboriculture*, 26, 218-224.
- Qiao, C.Y., Ran, J.H., Li, Y., Wang, X.Q., 2007. Phylogeny and Biogeography of *Cedrus* (Pinaceae) Inferred from Sequences of Seven Paternal Chloroplast and Maternal Mitochondrial DNA Regions. *Annals of Botany*, 100, 573–580.
- Rackham, H., 1986. *Pliny: Natural History*. English Translation vols 1-5 & 9. LOEB Classical Library, Cambridge: Harvard University Press.
- Scaltsouyanne, A., 1999. Allozyme differentiation and phylogeny of cedar species. *Silvae Genetica*, 48, 61–68.
- Sir Hort, A., 1980. *Theophrastus: Enquiry into Plants, and minor works on odours and weather signs*. Vols 1-2, Books 1-9. English Translation, Harvard University Press, Massachusetts.
- Suez, M., Gidoin, C., Lefèvre, F., Candau, J.-N., Chalon, A., Boivin, T., 2013. Temporal population genetics of time travelling insects: a long term study in a seed-specialized wasp. *PLoS ONE* 8(8)
- Thirgood, J.V., 1987. *Cyprus: a chronicle of its forest, land and people*. University of British Columbia Press, Vancouver.
- Tsintides, T., Christodoulou, C.S., Delipetrou, P., Georgiou, K., 2007. *The red data book of the flora of Cyprus*. Cyprus Forest Association, Nicosia, Cyprus.
- Tsintides, T., Hadjikyriakos, G.N., Christodoulou, C.S., 2002. *Trees and shrubs in Cyprus*. Cyprus Forest Association, Nicosia.
- Wild, A.E., 1879. Report on the forest in the south and west of the island of the Cyprus (Cyprus No 10). Harrison and Sons, London.

Résumé

Cedrus brevifolia (Hook. f.) A Henry est une espèce de cèdre endémique présente depuis longtemps sur l'île de Chypre. *C. brevifolia* se différencie des autres espèces de cèdres par ses aiguilles plus courtes. Des recherches sur les caractéristiques morphologiques et anatomiques des aiguilles font penser que *C. brevifolia* conserve le type d'aiguille le plus ancestral comparé aux trois autres espèces de cèdres. La forêt naturelle de cèdre de Chypre se situe dans une petite zone d'environ 263 ha au sein de la forêt de Pafos. Elle est caractérisée par une distribution limitée en altitude, depuis la limite supérieure du méso-méditerranéen jusqu'au milieu de la zone supra-méditerranéenne (soit entre 900 à 1400 m). *Cedrus brevifolia* est l'espèce la plus compétitive dans sa zone de présence, tant du point de vue de la tolérance à l'ombre que de sa grande adaptabilité aux conditions de site. C'est un bon exemple d'espèce insulaire possédant une aire réduite mais avec un niveau élevé de diversité génétique, et une distribution irrégulière de cette diversité à l'échelle locale.

Summary

The distinct endemic species *Cedrus brevifolia* on the island of Cyprus

Cedrus brevifolia (Hook. f.) A. Henry is an endemic cedar species on Cyprus, where it appears to have had a long presence. *Cedrus brevifolia* is distinguished from the other cedar species by its shorter needles. Studies on morphological and anatomical needle characteristics tend to suggest that *Cedrus brevifolia* conserves the most ancestral type of needle compared to the other three cedar species. The natural forest of *Cedrus brevifolia* occurs in a small area of ~263 ha in Pafos Forest, and it is characterised by limited altitudinal distribution from the upper limits of the meso-Mediterranean to the mid supra-Mediterranean zone (altitude of 900m-1400 m above sea level). *Cedrus brevifolia* is the most competitive species of the study area as a result of both its shade tolerance and the wide range of its site-sensitive adaptability. The genetic diversity and population structure of the *Cedrus brevifolia* forest is a further example of a narrowly endemic island species with high levels of genetic diversity and with an uneven spread of such diversity at the local scale.