

ecologia mediterranea

Vol. 46 (1) – 2020

Revue internationale d'écologie méditerranéenne

International Journal of Mediterranean Ecology



Editors-in-Chief: Dr Élise Buisson & Dr Brigitte Talon

Institut méditerranéen de biodiversité et écologie (IMBE)
Mediterranean Institute of Biodiversity and Ecology

Naturalia Publications

ecologia mediterranea

Éditrices en chef : Dr Élise Buisson et Dr Brigitte Talon

UMR CNRS IRD IMBE

Université d'Avignon, IUT

Site Agroparc, BP 1207

84911 Avignon cedex 09

France

Comité éditorial

Dr Pierre CHEVALDONNÉ, CNRS, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Dr Marc CHEYLAN, EPHE, Montpellier, France

Dr Cécile CLARET, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Dr Bruno FADY, INRA, Avignon, France

Pr Thierry GAUQUELIN, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Dr Grant WARDELL-JOHNSON, Université Western, Australie

Dr Raphaël GROS, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Dr Frédéric GUITER, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Pr Serge KREITER, SupAgro, Montpellier, France

Dr Audrey MARCO, École nationale supérieure du paysage, Marseille, France

Pr Frédéric MÉDAIL, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Pr François MESLARD, Université Avignon-Tour du Valat, France

Dr Tom PARKER, San Francisco State University, États-Unis

Dr Philippe PONEL, CNRS, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Dr Roger PRODON, EPHE, Montpellier, France

Dr Sandra SAURA-MAS, Autonomous University of Barcelona, Espagne

Dr Isabelle SCHWOB, Université Aix-Marseille, Marseille, France

Dr Thekla K. TSIRSONI, Aristotle University of Thessaloniki, Grèce

Dr Errol VÉLA, Université de Montpellier, France

Dr Éric VIDAL, IRD, Nouvelle-Calédonie

Dr Mercedes VIVAS, Universidad de Concepción, Chili

Dr Ioannis VOGIATZAKIS, Open University of Cyprus, Chypre

ISSN 0153-8756

<http://ecologia-mediterranea.univ-avignon.fr>

Instructions aux auteurs

ecologia mediterranea publie des articles de recherche originaux sur des sujets se rapportant à l'écologie fondamentale ou appliquée des régions méditerranéennes. La revue exclut les articles purement descriptifs ou de systématique. *ecologia mediterranea* priviliege les domaines scientifiques suivants : bioclimatologie, biogéographie, biologie de la conservation, biologie marine, biologie des populations, écologie des communautés, écologie forestière, écologie génétique, écologie marine, écologie microbienne, écologie du paysage, écologie de la restauration, écologie végétale et animale, éphysiologie, paléoclimatologie, paléoécologie. La revue accepte également des articles de synthèse, des notes/communications courtes, des comptes rendus d'ouvrages, des résumés de thèses, ainsi que des commentaires sur les articles récemment parus dans *ecologia mediterranea*. La revue publie aussi des actes de colloques faisant l'objet d'un numéro spécial. Dans ce cas, prendre contact avec les éditrices.

Les manuscrits sont soumis à des lecteurs spécialistes du sujet. La décision finale d'accepter ou de refuser un article relève des éditrices. L'article proposé doit être envoyé en version électronique à *ecologia mediterranea@imbe.fr* (version doc(x) ou rtf). Pour la mise en forme du document, voir les instructions qui suivent. Une fois leur article accepté, les auteurs devront tenir compte des remarques des lecteurs, puis ils renverront leur texte corrigé sous deux mois toujours sous format électronique (doc(x) ou rtf). Passé ce délai, la seconde version sera considérée comme une nouvelle proposition.

TYPES DE MANUSCRIT

À préciser sur la première page lors de la soumission d'un manuscrit.

Article de recherche : contribution inédite découlant d'une étude complète. Ce type d'article fait typiquement une vingtaine de pages et environ 6 000 à 8 000 mots.

Note/communication courte : observation nouvelle ou rapport d'expérience dans un contexte pertinent avec les sujets visés par la revue. Ce type d'article fait typiquement une dizaine de pages et environ 3 000 à 4 000 mots.

Article de synthèse : revue critique et originale de sujets spécifiques d'actualité ou d'un champ de recherche de pointe dans le domaine de l'écologie méditerranéenne. Ce type d'article fait typiquement une vingtaine de pages et environ 6 000 à 8 000 mots.

Commentaire : avis sur des sujets déjà publiés dans *ecologia mediterranea* ou réflexion critique sur des problèmes d'intérêt général en écologie méditerranéenne. Ce type d'article fait typiquement une à cinq pages et environ 1 000 à 3 000 mots.

Compte rendu d'ouvrage : revue critique d'ouvrages (livres, monographies, manuels, etc.) dans le domaine de l'écologie méditerranéenne. Les auteurs d'ouvrages souhaitant voir un compte rendu publié dans *ecologia mediterranea* doivent envoyer un exemplaire de l'ouvrage en question aux éditrices en chef.

Résumé de thèse : résumé d'une thèse soutenue récemment dans le domaine de l'écologie méditerranéenne. Auteur, année, titre, spécialité et université (e.g. Thèse de doctorat en écologie soutenue le 3 avril 2012 à l'université de Padoue, Italie, laboratoire xxx), composition du jury, mots clés, résumé de 1 000 mots maximum.

TEXTE

Les articles (dactylographiés en Times 12, double interligne, format A4) doivent être rédigés en anglais ou en français. Si l'article soumis n'est pas rédigé en anglais, il est demandé (en plus des résumés) une version anglaise abrégée ainsi qu'une traduction en anglais des titres des figures et tableaux. L'article doit être complet : type de manuscrit, titres anglais et français, auteur(s) et adresse(s), résumés en anglais et en français (au minimum), version anglaise abrégée (si le texte n'est pas en anglais), mots clés anglais et français, texte, puis remerciements, bibliographie, liste des titres des figures et tableaux puis les figures et tableaux (un(e)/page). Ainsi, pour la soumission du manuscrit, les illustrations seront intégrées au document et non envoyées séparément.

Le texte des articles de recherche doit comporter quatre parties non numérotées : introduction, méthodes, résultats, discussion. Les sous-titres ne sont pas numérotés. Par exemple :

Introduction

Méthodes

Site d'étude

Plan expérimental

Analyses des données

Résultats

Discussion

L'emploi de mots soulignés est à proscrire. Les noms d'auteurs cités figureront en minuscules dans le texte comme dans la bibliographie. En français, n'utilisez les majuscules que pour les noms propres, sauf exception justifiée. Les ponctuations doubles (; ? !) sont précédées d'un espace, contrairement aux ponctuations simples (, .). En revanche, toutes les ponctuations sont suivies d'un espace. La mise en forme définitive du texte sera assurée par la revue.

PREMIÈRE PAGE

La première page contient :

- 1) le type de manuscrit visé (article de recherche, communication courte, etc.) ;
- 2) le titre de l'article ;
- 3) le nom et prénom des auteurs ;
- 4) l'adresse de chaque auteur sera indiquée avec le courriel de l'auteur pour la correspondance. Dans le cas où la publication est le fait de plusieurs auteurs, il doit être précisé lors du premier envoi la personne à qui doit être retourné l'article après lecture ;
- 5) le nombre total de mots de l'introduction à la bibliographie.

RÉSUMÉS, MOTS CLÉS ET VERSION ABRÉGÉE

Les résumés doivent comporter 300 mots au maximum et la version abrégée (français si le manuscrit est en anglais et anglais si le manuscrit est en français) 1 000 mots (environ une page). Le nombre de mots clés est limité à six, dans la langue des résumés ; ils ne doivent généralement pas figurer dans le titre.

BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie regroupera toutes les références citées et elles seules. Les références seront rangées dans l'ordre alphabétique des auteurs et de façon chronologique. Les abréviations internationales des titres des revues doivent être utilisées (ISI Journal Abbreviations Index). Vérifier attentivement le manuscrit pour s'assurer que toutes les références citées dans le texte apparaissent bien en bibliographie et inversement.

Article

Andow D.A., Karieva P., Levin S.A. & Okubo A., 1990. Spread of invading organisms. *J. Ecol.* 4: 177-188.

Ouvrage

Harper J.L., 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, London, 300 p.

Chapitre d'ouvrage

May R.M., 1989. Levels of organisation in ecology. In: Cherrett J.M. (ed.), *Ecological concepts*. Blackwell Scientific Public, Oxford: 339-363.

Acte de conférence

Grootaert P., 1984. Biodiversity in insects, speciation and behaviour in Diptera. In: Hoffmann M. & Van der Veken P. (eds.), *Proceedings of the symposium on "Biodiversity: study, exploration, conservation"*. Ghent, 18 November 1992: 121-141.

Rapport et thèse

Jaouadi W., 2011. *Écologie et dynamique de régénération de l'Acacia tortilis (Forsk.) Hayne subsp. *raddiana* (Sav.) Brenan var. *raddiana* dans le parc national de Bouhedma (Tunisie)*. Thèse de doctorat de l'Institut national agronomique de Tunisie, 180 p.

CITATIONS ET RENVOIS APPELÉS DANS LE TEXTE

Les mots « figures » et « tableaux » annoncés dans le texte sont écrits en toutes lettres et en minuscules. Indiquer le nom d'auteur et l'année de publication (mais indiquer tous les auteurs dans la bibliographie). Exemples : « Since Dupont (1962) has shown that... », or « This is in agreement with previous results (Durand et al. 1990; Dupond & Dupont 1997) ... ». Le numéro de page de la citation n'est mentionné que dans le cas où elle est entre guillemets. Si la publication est écrite par plus de deux auteurs, le nom du premier doit être suivi par *et al.*

ABRÉVIATIONS, NOMENCLATURE ET MOTS LATINS

L'usage d'un acronyme ou d'une abréviation technique doit être précédé de sa signification lors de sa première apparition. Les codes de nomenclature doivent être respectés selon les conventions internationales. Les mots latins doivent être mis en italiques (*et al.*, *a priori*, etc.), et en particulier les noms de plantes ou d'animaux. Lors de la première apparition du nom d'une espèce, il est demandé d'y faire figurer le nom d'auteur (exemple : *Olea europaea* L.).

FIGURES ET TABLEAUX

Pour la soumission du manuscrit, les illustrations seront intégrées au document, à la suite des références bibliographiques (voir la partie « Texte »). Une fois l'article accepté, les illustrations doivent être envoyées séparément du texte, prêtées à l'impression (résolution 300 dpi). Tous les documents devant être insérés doivent être annoncés dans le texte, numérotés dans l'ordre d'apparition et légendés.

TIRÉS À PART

Il n'est plus fourni de tirés à part mais un pdf par article.

ABONNEMENT

(contact : ecologia@naturalia-publications.com)

1 an = 2 numéros

Abonnement	Frais de port	Total
France	60 €	6 €
Europe	60 €	12 €
Monde	60 €	16 €

Abonnement à adresser à :

SARL Transfaire
Avenue Maréchal Leclerc
F-04250 TURRIERS

Code banque	Code guichet	numéro de compte	clé RIB
19106	00839	13995626000	62
Domiciliation : CA SISTERON			
IBAN : FR76 1910 6008 3913 9956 2600 062			
BIC : AGRIFRPP891			

ecologia mediterranea

Revue internationale d'écologie méditerranéenne
International Journal of Mediterranean Ecology

Vol. 46 (1) – 2020

Sommaire / Contents

<i>Editorial – Éditorial</i>	3
<i>Biometrical parameters and biological indices of the migratory species Conger conger (Linnaeus, 1758) from the northern coastal waters of Tunisia (Mediterranean Sea)</i> <i>Paramètres biométriques et indices biologiques de l'espèce migratrice Conger conger (Linnaeus, 1758) des eaux côtières du nord de la Tunisie (mer Méditerranée)</i>	
B. SALLAMI, A. BEN IBRAHIM, M. BEN SALEM, N. CHAKROUN-MARZOUK	5
<i>Vegetation types with Quercus ithaburensis subsp. <i>macrolepis</i> in Greece</i> M. THEOCHAROPOULOS, A. PANTERA, G. FOTIADIS, A. PAPADOPOULOS	17
<i>New data on the distribution area of the Atlas foxglove Digitalis atlantica (Pomel)</i> <i>Nouvelles données sur l'aire de distribution de la Digitale de l'Atlas Digitalis atlantica (Pomel)</i>	
D. CHELLI-TABTI, S. MARKHOUF, S. DERRADJI, S. HAMITOUCHE, A. BOUCHAREB, A. FRANCK BOUGAHAM	41
<i>Les erreurs d'identification des espèces du genre Tamarix L. au Maroc : clés non uniformes et espèces polymorphes</i> <i>The identification errors of species of the genus Tamarix L. species in Morocco: non-uniform keys and polymorphic species</i>	
A. BIHAOUI, A. HADDIOUI, S. HAMMADA	49
<i>Distribution géographique des espèces du genre Tamarix L. (Tamaricaceae) au Maroc</i> <i>Geographical distribution of Tamarix L. (Tamaricaceae) in Morocco</i>	
A. BIHAOUI, A. HADDIOUI, S. HAMMADA	63
<i>Common Swifts (<i>Apus apus</i>) nesting in mature pine forests in Corsica</i> J.-C. THIBAULT, T. ARMAND, G. BEUNEUX, A. CIBOIS, J.-Y. COURTOIS, J.-F. SEGUIN	75

État des connaissances sur le dépérissement des peuplements de Thuya de Berbérie, <i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Mast. <i>Current knowledge on the dieback of the Barbary thuja, Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.</i>	83
D. GHAILOULE, J.-P. LUMARET	

Diversité phytosociologique et séries dynamiques de la végétation de l'Atlas tellien occidental de Tiaret (N-O Algérie) <i>Phytosociological diversity and dynamic series of the vegetation in the Western Tell Atlas of Tiaret (NW Algeria)</i>	97
M. D. MIARA, S. HADJADJ-AOUL, G. DECOCQ	

Revue indexée dans Pascal-CNRS, Biosis, Scientific Journal Rankings, Google Scholar et Scopus

Journal indexed in PASCAL-CBRS, Biosis, Scientific Journal Rankings, Google Scholar et Scopus

<http://ecologia-mediterranea.univ-avignon.fr/>

Acknowledgments – Remerciements

The editorial committee thanks the associate editors and reviewers who have participated in this volume for their advices, corrections and opinions.

Le comité éditorial de la revue remercie les éditeurs associés et les relecteurs qui ont participé à ce numéro pour leurs conseils, corrections et avis.

Editorial Board – Comité éditorial

- D^r Pierre CHEVALDONNÉ, CNRS, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- D^r Marc CHEYLAN, EPHE, Montpellier, France
- D^r Cécile CLARET, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- D^r Bruno FADY, INRA, Avignon, France
- P^r Thierry GAUQUELIN, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- D^r Grant WARDELL-JOHNSON, University of Western Australia, Australie
- D^r Raphaël GROS, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- D^r Frédéric GUITER, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- P^r Serge KREITER, SupAgro, Montpellier, France
- D^r Audrey MARCO, École nationale supérieure du paysage, Marseille, France
- P^r Frédéric MÉDAIL, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- P^r François MESLÉARD, Université Avignon-Tour du Valat, France
- D^r Tom PARKER, San Francisco State University, États-Unis
- D^r Philippe PONEL, CNRS, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- D^r Roger PRODON, EPHE, Montpellier, France
- D^r Sandra SAURA-MAS, Autonomous University of Barcelona, Espagne
- D^r Isabelle SCHWOB, Université Aix-Marseille, Marseille, France
- D^r Thekla K. TSITSONI, Aristotle University of Thessaloniki, Grèce
- D^r Errol VELA, Université de Montpellier, France
- D^r Éric VIDAL, IRD, Nouvelle-Calédonie
- D^r Mercedes VIVAS, Universidad of Concepción, Chili
- D^r Ioannis VOGIATZAKIS, Open University of Cyprus, Chypre

Éditorial – Editorial

Élise BUISSON
et Brigitte TALON
Éditrices en chef
Editors-in-Chief

The countries around the Mediterranean were not spared from the Covid-19 pandemic. Will they be durably transformed? Everywhere confined people realize how much they miss nature. However, the short-lived return of blue sky and purified horizons linked to the reduction of air pollution will not be enough to reverse the trend of global warming. The Covid-19 crisis and the climate crisis interact. This new issue of *ecologia mediterranea* does not talk about the consequences of the general confinement of human populations on ecosystems. It continues its patient work of describing the state of the existing, less known than what one might think, and the consequences of past human activities (overgrazing, overharvesting, fires) on the environment, with a perspective on conservation and transition faced with global change. Thus, two phytosociological studies, one in Algeria (vegetation of the Atlas), the other in Greece (around *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*), aim to better understand wooded ecosystems and their dynamics, linked with anthropogenic constraints. Research on the causes of the decline of Barbary thuja (*Tetraclinis articulata*), a species endemic to North Africa and in particular to the Maghreb countries (Morocco, but also Algeria and Tunisia), is still insufficient, even if it allows pointing out the role of factors triggering decline (climatic hazards, insect pests, human activities). The *Tamarix* genus is particularly well featured in this issue. Thanks to an in-depth work on the identification keys to better specify the morphological criteria for distinguishing the different species, it is now possible to confirm with certainty the presence in Morocco of *T. africana*, *T. boveana* and *T. aphylla*. This meticulous work, still in progress, has also highlighted the distribution and diversity of the habitats in which the different species of *Tamarix* can coexist, thanks to their great plasticity and their strong capacity of adaptation. The question of the protection of rare or protected species arises as soon as their habitats do not benefit from a special protection status. This is the case of the Atlas Foxglove (*Digitalis atlantica*), a strict endemic species from Algeria, of which three new stations were found in forests, unfortunately threatened by fires and grazing. It is also the case of old Laricio pine forests (*Pinus nigra laricio*) in Corsica, for which we could add a reason for their protection: these old pines are ancestral nesting sites for the common swift (*Apus apus*). Finally, the European conger eel (*Conger conger*), is the subject of a fairly technical article on its biological indices and its biometric parameters. Unlike the common swift, it does not have the chance to contribute to the conservation of an ecosystem recognized for its great biodiversity, but it is an important economic resource in Tunisia and a migratory species present from one side to the other of the Mediterranean Sea.

*Les pays du pourtour méditerranéen n'ont pas été épargnés par la pandémie de Covid-19. Seront-ils durablement transformés ? Partout le même constat : les personnes confinées réalisent à quel point la nature leur manque. Mais le retour de courte durée du ciel bleu et des horizons purifiés liés à la réduction de la pollution atmosphérique ne suffira pas à inverser la tendance au réchauffement de la planète. La crise du Covid-19 et la crise climatique interagissent. Ce nouveau numéro de ecologia mediterranea ne parle pas des conséquences du confinement généralisé des populations humaines sur les écosystèmes, mais continue son patient travail de description de l'état des lieux de l'existant, moins bien connu que ce qu'on pourrait croire, et des conséquences des activités humaines passées (surpâturage, surexploitation forestière, incendies) sur l'environnement dans une optique de préservation et de transition face aux changements globaux. Ainsi, deux études phytosociologiques, l'une en Algérie (végétation de l'Atlas tellien), l'autre en Grèce (autour de Quercus ithaburensis subsp. macrolepis), ont pour objet une meilleure connaissance des écosystèmes boisés et de leur dynamique liée aux contraintes d'origine anthropique. Les recherches menées sur les causes du dépérissement du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*), espèce endémique de l'Afrique du Nord et en particulier des pays du Maghreb (Maroc, mais aussi Algérie et*

*Tunisie), restent encore insuffisantes, même si elles permettent de pointer le rôle des facteurs déclencheurs (aléas climatiques, insectes ravageurs, agressions liées aux activités humaines). Le genre Tamarix est à l'honneur dans ce numéro. Grâce à un travail approfondi sur les clés d'identification pour mieux préciser les critères morphologiques de distinction des différentes espèces, il est désormais possible de confirmer avec certitude la présence au Maroc de T. africana, T. boveana et T. aphylla. Ce minutieux travail, toujours en cours, a également mis en évidence la distribution et la diversité des habitats dans lesquels les différentes espèces de Tamarix peuvent coexister, grâce à leur grande plasticité et leur forte capacité d'adaptation. La question de la protection d'espèces rares ou protégées se pose dès que leurs habitats ne bénéficient pas de statut de protection particulier. C'est le cas de la digitale de l'Atlas (Digitalis atlantica), espèce endémique stricte d'Algérie, dont trois nouvelles stations ont été découvertes dans des forêts, malheureusement menacées par les incendies et le pâturage, ou des vieilles forêts de pin laricio (*Pinus nigra laricio*) en Corse, qui pourraient voir les raisons de leur protection s'enrichir d'un nouvel argument : ces vieux pins abritent de façon ancestrale des sites de nidification de martinet noir (*Apus apus*). Pour finir, le congre d'Europe (*Conger conger*), qui fait l'objet d'un article assez technique sur ses indices biologiques et ses paramètres biométriques, n'a pas la chance, contrairement au martinet noir, de contribuer directement à la sauvegarde d'un écosystème reconnu pour sa grande biodiversité, mais en tant que ressource économique importante en Tunisie et espèce migratrice présente d'un bord à l'autre de la mer Méditerranée, on lui a fait l'honneur d'ouvrir ce numéro.*

Biometrical parameters and biological indices of the migratory species *Conger conger* (Linnaeus, 1758) from the northern coastal waters of Tunisia (Mediterranean Sea)

Paramètres biométriques et indices biologiques de l'espèce migratrice Conger conger (Linnaeus, 1758) des eaux côtières du nord de la Tunisie (mer Méditerranée)

Balkis SALLAMI, Aymen BEN IBRAHIM, Mohamed BEN SALEM,
Nadia CHAKROUN-MARZOUK

Faculty of Sciences of Tunis, University of Tunis El Manar, 2092 El Manar II, Tunisia.
Corresponding author: balkis.sallami.f@gmail.com

Received: 11 Nov., 2019; First decision: 9 Jan., 2020; Revised: 1 Feb., 2020; Accepted: 4 March, 2020.

Abstract

The European conger eel *Conger conger* represents an important economic resource. Previous studies have provided some information about the biometry of *C. conger*. This paper presents the first research on biometrical parameters and biological indices of this species in Tunisia. Our sample includes 353 specimens, among them 66.57% females, 32.29% of undetermined sex and only 1.13% males. The length and weight of specimens ranged from 25.5 to 135 cm and from 17.26 to 5087 g, respectively. For the meristic characteristics, the number of pre-pectoral pores was 6, the total number of pre-anal pores ranged between 44 and 47 and the total number of vertebrae varied between 148 and 154. Five allometric relationships were examined. The comparisons of slope and intercept show differences between individuals of determined sex (males and females grouped) and those of undetermined sex. Analysis of the weight-length relationship showed a positive allometric growth. Our data provided the first investigation on the seasonal variation of three

bio-physiological indices; the condition factor does not show variations among seasons, the gonadosomatic index variation reinforces the hypothesis that sexual maturation of *C. conger* females occurs during the migration from coastal waters towards spawning areas in the deep sea and the hepatosomatic index was highest in spring for females. Since *C. conger* is widely distributed in the Mediterranean Sea and the Atlantic Ocean, our contribution allows useful comparisons and clarifies the morphological and bio-physiological aspects of this species.

Résumé

Le congre *Conger conger* représente une ressource économique importante. Des études antérieures ont fourni des informations sur la biométrie du Congre. Cet article présente les premières données sur les paramètres biométriques et les indices biologiques de cette espèce en Tunisie. Notre échantillon comprend 353 spécimens dont 66,57 % de femelles, 32,29 % de

Keywords: *Conger conger*, Tunisia, meristic characters, condition factor, reproduction, Mediterranean Sea.

Mots clés : *Conger conger*, Tunisie, caractères méristiques, facteur de condition, reproduction, mer Méditerranée.

sex indéterminé et seulement 1,13 % de mâles. La longueur et le poids des spécimens variaient respectivement de 25,5 à 135 cm et de 17,26 à 5 087 g. Pour les caractéristiques méristiques, le nombre de pores pré-pectoraux était de 6, le nombre total de pores pré-anaux variait entre 44 et 47 et le nombre total de vertèbres variait entre 148 et 154. Cinq relations allométriques ont été examinées, les comparaisons de pente et d'ordonnée à l'origine montrent des différences entre d'une part mâles et femelles groupés et d'autre part les individus de sexe indéterminé. L'analyse de la relation poids-longueur a montré une croissance allométrique positive. Nos données ont fourni les premières informations sur la variation saisonnière de trois indices bio-physiologiques ; le facteur de condition ne montre pas des variations significatives entre les saisons, la variation de l'indice gonadosomatique renforce l'hypothèse selon laquelle la maturation sexuelle des femelles se produit pendant la migration des eaux côtières vers les zones de frai et l'indice hépatosomatique était le plus élevé au printemps pour les femelles. *C. conger* est largement distribué dans la mer Méditerranée et l'océan Atlantique, aussi, nous avons contribué à travers cette étude à permettre des comparaisons utiles et à clarifier les aspects morphologiques et bio-physiologiques de cette espèce.

Introduction

The family Congridae includes 30 genera and about 194 species (Nelson 2016). Among them, the European conger eel *Conger conger* (Linnaeus, 1758) represents an important economic resource (Tregenza *et al.* 1997; Morato *et al.* 1999). *C. conger* is distributed in the northeastern Atlantic Ocean from Norway to Senegal, in the Madeira and Canary Islands and throughout the Mediterranean Sea and the western Black Sea (Bauchot & Saldanha 1986).

The species is assumed to reach the depth of 3000-4000m between Gibraltar and the Azores Archipelago, in the Atlantic Ocean (Vallisneri *et al.* 2007). In the Mediterranean Sea, it inhabits sandy and rocky bottoms of the continental shelf from 0 to 100 m depth (Fisher *et al.* 1987), it reaches depths between 600-800m in the South-East of Sardinia (Cau & Manconi 1983). In the Northern coastal waters of Tunisia, this benthic species is common at depths between 80 and 300m (Azzouz 1974). The distribution of *C. conger* along the Tunisian marine waters stretches from the Northern to the Southern coasts (Bradai *et al.* 2004).

C. conger has been the subject of previous studies carried out from specimens caught in different areas of the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea. These studies usually study age, reproductive biology, diet and sex-ratio (Cau & Manconi 1983, 1984; Fannon *et al.* 1990; Morato *et al.* 1999; Sbaihi *et al.* 2001; O'Sullivan *et al.* 2003, 2004; Vallisneri *et al.* 2007; Correia *et al.* 2009; Xavier *et al.* 2010; Abi-Ayad *et al.* 2011 a, b; Matić-Skoko *et al.* 2012; Anastasopoulou *et al.* 2013; Mazouz & Abi-Ayad 2015; Sallami *et al.* 2015; Sallami & Ben Salem 2017; Casadevall *et al.* 2017). There is no information about the morphometry of the European conger except in the study of Casadevall *et al.* (2017). Moreover, the reproductive aspects of this species on the Tunisian coasts have remained unknown until now. The aim of this work is to provide further information on the morphology and reproductive biology of the European conger eel caught in the northern coast of Tunisia. Results were compared to what was previously found in other localities.

Materials and methods

Study area and Fish sampling

To conduct the present study, monthly samples covering all seasons were collected between October 2011 and November 2013 from fisheries operating in the two localities of Bizerte and Kelibia (Figure 1).

Fishes were caught with longlines and trawls at depths between 50 and 200m.

Meristic study

Numeric characters were counted on a sub-sample of 150 individuals from a total of 353. Pre-pectoral and pre-anal pores were directly enumerated by observation of fresh specimens. In addition, the abdominal, caudal and total vertebrae were counted according to Aboussouan (1994) in order to establish the vertebral formula. For that purpose, specimens were boiled in water until the flesh was removed and the bones were cleaned. Parameters of distribution (average) and of dispersion (minimum, maximum, standard error) of the studied characters were calculated.

Morphological measurements

Pre-anal length (paL), pre-dorsal length (pdL), head length (hL), pre-pectoral length (prepL) and pectoral fin length (pL) were measured to the nearest millimetre (mm) (Figure 2).

For each sampled fish, total length (TL) was also measured to the nearest mm, and total weight (TW) recorded with the accuracy of 0.1g.

Allometric and weight-length relationship

Allometric length-length relationships (LLR) were calculated by the method of the least squares to fit a linear regression as: $Y = a + b X$, where, Y is a given body measurement (paL, pdL, hL, pL and prepL), X is the total length (TL), a is the proportionality constant and b is the regression coefficient (Le Cren 1951). For statistical analyses, the regression was converted to its logarithmic form: $\log Y = \log a + b \log X$.

Weight-length relationships between TL and TW of fishes were expressed as: $TW = aTL^b$ (Le Cren 1951; Ricker 1975). A logarithmic transformation, $\log TW = \log a + b \log TL$ was used for the needs of the statistical analyses.

For the morphometric study, the log-transformed data were plotted, outliers were excluded from analyses following the recommendations of Froese (2006) and Froese *et al.* (2011).

Determination of biological indices

The relative condition factor (CF) was calculated for each specimen according to the following formula of Le Cren (1951): $CF = TW/a TL^b$.

Each fish was dissected; the sex of the specimens was determined considering wrinkled or smooth gonad surface, followed by microscopic observation after histological fixation, if necessary. The gonad and liver of each specimen were removed and weighed to the nearest 0.01g. The gonadosomatic index was calculated as $GSI = (Wg/TW) \times 100$ and the hepatosomatic index was calculated as $HSI = (WI/TW) \times 100$, where Wg is the gonad weight and WI is the liver weight (g).

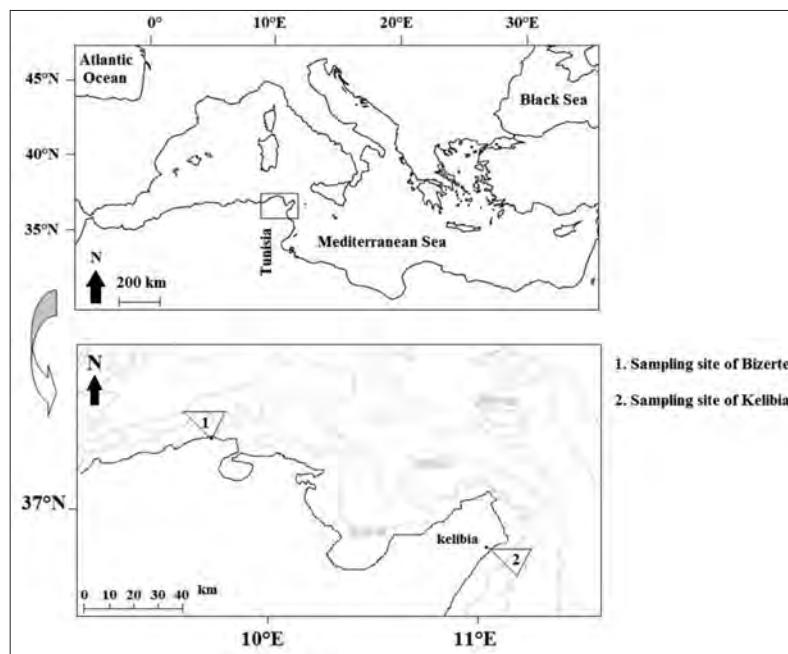


Figure 1 – Map of the study area, showing the sampling areas.

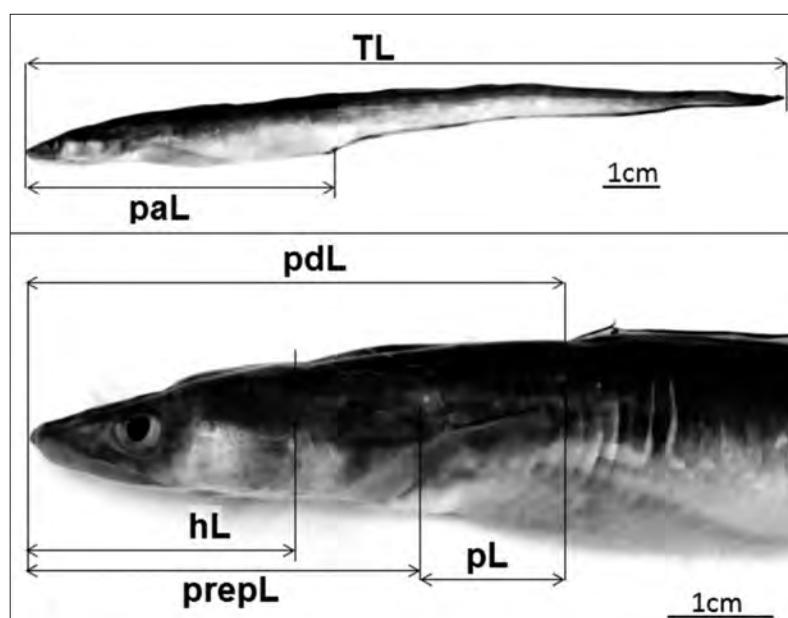


Figure 2 – Morphometric distances measured on *C. conger*: TL = total length, paL = pre-anal length, pdL = pre-dorsal length, hL = head length. pL: pectoral fin length and prepL: pre-pectoral length.

Statistical interpretations

The slope b and the intercept a of the LLR and WLR between males and females grouped and undetermined sex were compared with an analysis of covariance (ANCOVA). Data was tested for homogeneity of variances. One-way ANOVA was carried out to analyse seasonal variation in condition factor (CF), gonadosomatic index (GSI) and hepatosomatic index

(HSI), followed by a Tukey test to determine which means differed. For all analyses, the level of significance α established was 0.05. All data exploration, statistical analyses and comparisons were estimated using IBM SPSS Statistics 22. Present results were compared with those obtained from other marine areas, in order to detect possible variations of life parameters among different stocks.

Results

Structure of sampling

This study was conducted on a total sample of 353 *Conger conger*, where 66.57% were females ($n = 235$), 32.29% of undetermined sex ($n = 114$) and only 1.13% of the fishes collected were males ($n = 4$). Sizes ranged from 25.5 to 135 cm and weight ranged from 17.26 to 5087 g. The TL of females ranged from 35 to 135 cm, with a mean of $69.88\text{cm} \pm 0.94$, while it ranged from 55.5 to 77.3 cm with a mean of $64.37\text{cm} \pm 4.97$ for males (Figure 3). The TL of individuals of undetermined sex ranged from 25.5 to 64 cm, with an average of $39.50\text{cm} \pm 0.80$. The total weight of females ranged from 45.13 to 5087 g, with a mean of $662.54\text{g} \pm 36$ while it ranged from 239.94 to 811.05g, with a mean of $456.72\text{g} \pm 130.67$ for males. The TW of individuals of undetermined sex ranged between 17.26 and 360.14 g with a mean of $93.18\text{g} \pm 7.02$.

Meristic characteristics

The number of pre-pectoral pores was always 6. The total number of pre-anal pores ranged between 44 and 47, with 44 as the modal value and 44.73 ± 0.07 as the mean value (Table 1). The mean number and extreme values of abdominal, caudal and total vertebrae are collected in table 2. The total number of vertebrae varied between 148 and 154 with a mean of 151.91 ± 0.16 .

Length-length relationships (LLR)

The parameters of the LLRs of undetermined sex individuals, males and females grouped and the whole sample are shown in table 3.

The determination coefficients (r^2) of the regressions vary from 0.9516 to 0.9882 and all LLRs are highly correlated ($p = 0.0001$). The relationship pectoral fin length/total length shows the clearest positive allometry. However, the pre-dorsal length/total length and pre-pectoral fin length/total length relationships showed a negative allometry, only for undetermined sex.

For the relationship pectoral fin length/total length, there were no statistically significant differences in the slopes between individuals of undetermined sex and males and females grouped (one-way ANCOVA, $p > 0.05$) but

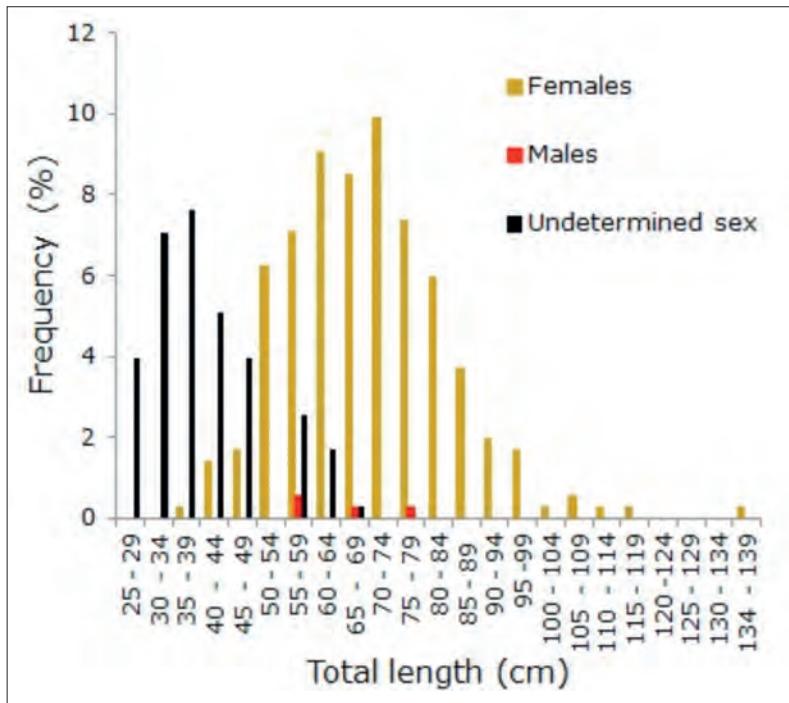


Figure 3 – Length (cm) frequencies of males, females and individuals of undetermined sex for *C. conger* from the northern coast of Tunisia.

Table 1 – Pre-anal pore count of *C. conger* from the northern Tunisian coast.

Number of pores	44	45	46	47
Number of specimens ($n = 150$)	69	60	13	8
Mean \pm S.E.			44.73 ± 0.07	

n = sample size, S.E. = standard error.

Table 2 – Vertebral count of *C. conger* from the northern Tunisian coast.

Descriptive statistics	Number of abdominal vertebrae	Number of caudal vertebrae	Total number of vertebrae
range (n = 150)	52-57	93-102	148-154
Mean \pm S.E.	53.58 ± 0.08	98.33 ± 0.16	151.91 ± 0.16

n = sample size, S.E. = standard error.

Table 3 – Morphometric relationships between pre-anal length (paL), Pre-dorsal length (pdL), head length (hL), Pectoral fin length (pL), pre-pectoral length (prepL) and total length (TL) for Conger conger of the northern Tunisian coast.

Relationship	Sex	log a	95% CI of log a	b	95% CI of b	r ²	t	Allometry
Pre-anal length, total length	U	-0.44	-0.51 to -0.38	1.01	0.99 - 1.04	0.9798	73.74	A+
	M+F	-0.64	-0.69 to -0.58	1.09	1.07 - 1.11	0.9712	89.12	A+
	T	-0.51	-0.53 to -0.49	1.07	1.06 - 1.08	0.9882	171.82	A+
Pre-dorsal length, total length	U	-0.66	-0.76 to -0.57	0.98	0.95 - 1.02	0.9702	59.03	A-
	M+F	-1.14	-1.23 to -1.04	1.16	1.13 - 1.19	0.9516	67.41	A+
	T	-0.95	-1 to -0.91	1.09	1.08 - 1.11	0.9814	135.38	A+
Head length, total length	U	-0.96	-1.10 to -0.86	1.01	0.97 - 1.06	0.9517	45.09	A+
	M+F	-1.26	-1.37 to -1.14	1.12	1.08 - 1.16	0.9523	56.72	A+
	T	-1.13	-1.18 to -1.08	1.08	1.06 - 1.10	0.9741	105.45	A+
Pectoral fin length, total length	U	-2.03	-2.17 to -1.90	1.25	1.20 - 1.30	0.9525	41.78	A+
	M+F	-2.07	-2.19 to -1.94	1.27	1.22 - 1.31	0.9516	60.81	A+
	T	-2.15	-2.22 to -2.07	1.29	1.26 - 1.32	0.9604	91.40	A+
Pre-pectoral fin length, total length	U	0.24	0.14 to 0.34	0.97	0.93 - 1.01	0.9553	48.04	A-
	M+F	-1.10	1.22 to -0.99	1.10	1.06 - 1.14	0.9571	63.54	A+
	T	-0.93	-0.98 to -0.87	1.04	1.02 - 1.06	0.9752	116.87	A+

a = intercept, b = slope, CI = confidence interval, T = whole sample, M = males, F = females, U = undetermined sex, r² = coefficient of determination, 't' = t - test, A+ = positive allometry, A- = negative allometry.

the intercept was significantly different (ANCOVA, $p < 0.05$). For the remaining LLRs the slopes were significantly different (ANCOVA, $p < 0.05$) between fish of undetermined sex and males and females grouped. The growth pattern of bigger specimens is different from that of smaller fish, which have lower slope values. This could reflect a link between total length and allometric parameters.

Weight-length relationships (WLR)

Table 4 shows the results of the parameters of the WLR for the various groups (females, undetermined sex, and males and females grouped) as well as for the pooled groups,

the number of individuals (n), sex, minimum (min.) and maximum (max.) length and weight, as well as the 95% confidence interval (CI) of log a, b and determination coefficient r².

The values of the coefficient (b) of the WLR ranged from 3.42 to 3.49. Statistical analysis showed a positive allometric growth. All determination coefficients were greater than 0.95 showing that there is a strong relationship between the weight and the length ($p = 0.0001$). There were no statistically significant differences in the slopes between fish of undetermined sex and males and females grouped (one way ANCOVA, $p > 0.05$). However, the intercept value presents a significant difference (ANCOVA, $p < 0.05$).

Table 4 – Parameters of the weight-length relation in *Conger conger* from the northern Tunisian coast.

Sex	n	Length (cm)		Weight (g)		Parameters of the relationship						
		min.	max.	min.	max.	log a	95% CI of log a	b	95% CI of b	r ²	t	
U	114	25.5	64	17.30	360.14	-3.70	-3.82 to -3.56	3.49	3.41 - 3.57	0.9853	86.69	A+
M+F	239	35	135	45.13	5087	-3.58	-3.70 to -3.45	3.42	3.35 - 3.49	0.9704	88.24	A+
F	253	35	135	45.13	5087	-3.57	-3.70 to -3.44	3.42	3.35 - 3.49	0.9702	87.13	A+
T	353	25.5	135	17.30	5087	-3.65	-3.71 to -3.59	3.47	3.43 - 3.50	0.9908	195.02	A+

M = males, F = females, T = whole sample, U = undetermined sex, n = sample size, min. = minimum, max. = maximum, CI = confidence interval, a = intercept, b = slope, A+ = positive allometry, r² = coefficient of determination, 't' = t - test.

Bio-physiological indices

The maximum value of the relative condition factor (CF) observed in the present study was 1.71 for an individual with a total length of 70cm, it ranged from 0.74 to 1.29 for undetermined sex ($n = 114$) and from 0.77 to 1.48 for females ($n = 235$). There were no significant mean differences found among seasons for undetermined sex (one-way ANOVA, $p > 0.05$) and for females (one-way ANOVA, $p > 0.05$) (Figure 4).

The values of GSI varied from 0.07 to 3.47 for fish of undetermined sex ($n = 114$), and we have not registered a significant mean difference between seasons (one-way ANOVA, $p > 0.05$), the highest values occurring in spring and the lowest in summer. For females ($n = 235$), the GSI ranged from 0.13 to 13.08 and varied significantly among seasons (one-way ANOVA, $p < 0.05$), namely between spring and autumn (Tukey test, $p < 0.05$) (Figure 4). However, figure 5 shows that this index increases in value for most females whose total length exceeds 70cm.

The hepatosomatic index (HSI) ranged between 0.30 and 2.12 for fish of undetermined sex ($n = 114$) and did not show significant differences among seasons (one-way ANOVA, $p > 0.05$). For females ($n = 235$) this index varied between 0.31 and 2.95 and there were significant mean differences among seasons (one-way ANOVA, $p < 0.05$) (Figure 4). Namely, the value in spring was significantly higher than in autumn (Tukey test, $p < 0.05$).

Discussion

The total number of *Conger conger* in this study was 353 and the number of males was 4 (1.13%). This reduced number ($n = 4$) of males is in agreement with that mentioned by Correia *et al.* (2009) for a total of 85 juvenile *C. conger* from the Iberian Atlantic waters at depths of about 400m. A particular fluctuation of sex-ratio in function of depth has been also noted by Cau & Manconi (1983) in the southern Sardinian Sea: the sex ratio is nearly zero at depth of 400m and it tends towards 0.5 from 400 to 800 m depth. A reduced number of *C. conger* males was also registered in the Adriatic Sea (1.3%) (Matić-Skoko *et al.* 2012). Other studies conducted in the Atlantic coastal waters indicate the absence of males in the sampling (Sbaihi *et al.* 2001; O'Sullivan *et al.* 2003). Similar findings have been reported for other Anguilliformes: *Anguilla japonica* (Kotake *et al.* 2005) and *Muraenesox cinereus* (Kobayashi *et al.* 2015). Matić-Skoko *et al.* (2012) reported that the absence of males from shallow coastal waters, suggest that females and males exhibit different migratory habits during their life cycles. Otherwise, male conger eels were reported to be smaller than females (Cau & Manconi 1983) and this was also the case for the few males caught in our study. According to our results, males had an average total length of 64.37cm (± 4.97) while females had an average total length of 69.88cm (± 0.94).

This study reports for the first time the counts of numerical characters for *C. conger* inhabiting the Northern coastal waters of Tunisia. Comparisons with other areas are difficult because published reports are scarce.

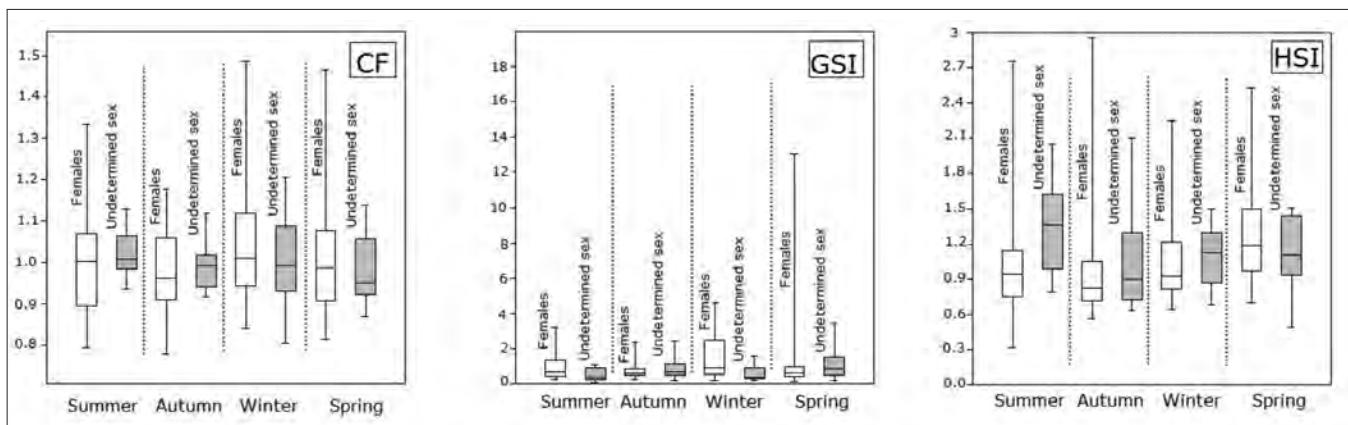


Figure 4 – Seasonal variation of the relative condition factor (CF), the gonadosomatic index (GSI) and the hepatosomatic index (HSI) for individuals of undetermined sex and female *C. conger* from the northern Tunisian coast.

Table 5 – Comparison of numerical count of northern Tunisian *C. conger* vertebrae with other studies in different geographical areas.

	Abdominal	Caudal	Total	Area studied	References
Number of vertebrae	min.	-	153	North Atlantic	Schmidt 1931
	max.	-	161		
	min.	53	148	Mediterranean Sea	Fischer et al. 1987
	max.	57	153		
	min.	53	148	Mediterranean Sea	Aboussouan 1994
	max.	57	153		
min. = minimum number, max. = maximum number.	min.	52	148	North coast of Tunisia	Present study
	max.	57	154		

The number of pre-anal pores is in any case similar to that recorded by Fisher *et al.* (1987). Moreover, table 5 showed that the number of vertebrae recorded for *C. conger* in the present study is in agreement with observations made from samples in the Mediterranean Sea by Fisher *et al.* (1987) and Aboussouan (1994) but different from the result noted by Schmidt (1931) for several hundred adolescent and adult specimens from the North Atlantic. However, the individual variability of the total vertebrae number is under the influence of environmental factors during embryonic development (Taning 1946, 1952).

Information on the LLRs of *C. conger* from the northern Tunisian waters has not been reported previously. Furthermore, results obtained here represent the first appraisal about the growth rhythm of the species body measurements. The (b) values of the LLRs were between 0.97 and 1.29. The study of the LLR between fish of undetermined sex and males and females grouped, highlighted a dissimilar growth of some body measurements between smaller and bigger specimens, probably in relation with different phases of body growth. Moreover, LLRs are important in fisheries management for comparative growth studies (Moutopoulos & Stergiou 2002) and their analyses may clarify variations existing between populations of the same species. These determinations are especially important because *C. conger* is a migratory species. Indeed, it is reported that the European conger performs a spawning migration to the southeast of Sardinia in the Mediterranean Sea (Cau & Manconi 1983) and another one in the eastern North Atlantic around the Azores (Correia *et al.* 2002).

In fishes, the WLRs are also used for the detection of possible differences between

separate stock units of the same species (King 2007). Table 6 gives biogeographic comparisons of the WLR parameters of whole samples and females obtained by various authors in the Atlantic Ocean and in the Mediterranean Sea. Table 6 shows that the longest *C. conger* caught on the northern coast of Tunisia (present study), in the rest of the Mediterranean Sea (Anastasopoulou *et al.* 2016) and in the Atlantic Ocean (Rosa *et al.* 2006) were 135, 148 and 193cm respectively. This difference may reflect the particular trophic conditions of the Mediterranean Sea. Indeed the Mediterranean Sea is considered as one of the most oligotrophic regions in the world in terms of both primary productivity and chlorophyll a concentration (Azov 1991). Studies carried out on a small number of specimens or for a short period of sampling were not taken into consideration in the interpretation and analyses of the WLRs. The determination coefficients (r^2) of the WLR had values ≥ 0.90 .

The slopes of the WLRs were strictly greater than 3, indicating a positive allometric growth, Froese (2006) noted that most of the eel-like or elongated fishes showed positive allometric changes in body weight relative to body length and İlkyaz *et al.* (2008) reported that high b-values are common in Anguilliformes. The estimated value of the coefficient (b) of the whole sample of *C. conger* from the northern Tunisian coast (3.47) was slightly higher than those obtained for samples of the Atlantic Ocean (Goncalves *et al.* 1997; Rosa *et al.* 2006; Torres *et al.* 2012). Moreover, *C. conger* showed a slightly higher b value than that estimated in others area of the Mediterranean Sea (Matić-Skoko *et al.* 2012; Anastasopoulou *et al.* 2016; Öztekin *et al.* 2016) except the study of Bilge *et al.* (2014)

Table 6 – Length-weight relationship parameters of *C. conger* estimated by author and study area.

Sampling period	n	sex	Size range (cm)		Parameters of length - weight relationship			Regions	References
			max.	min.	a	b	r ²		
Atlantic Ocean									
03/1994 to 09/1995	50	T	31.8	120.5	0.0003	3.379	0.99	South coast Portugal	Goncalves <i>et al.</i> 1997
08/1998 to 06/1999	166	F	33	159	0.00022	3.46	0.92	Irish coastal waters	O' Sullivan <i>et al.</i> 2003
1999 to 2003	158	T	13.5	193	0.0006	3.252	0.965	Azores archipelago	Rosa <i>et al.</i> 2006
Spring 1997, Autumn 2004 and Autumn 2005	(47)	T	47	151	0.00016	3.55	0.948	Eastern-central Atlantic	Ferreira <i>et al.</i> 2008
03/1998 to 03/2000	81	F	38	173	0.00040	3.36	0.98	Atlantic Iberian waters	Correia <i>et al.</i> 2009
During 2009- 2011	452	T	13.5	91.8	0.0006	3.207	0.95	Gulf of Cadiz (SW Spain)	Torres <i>et al.</i> 2012
Mediterranean Sea									
4 years	104	F	-	-	0.00028	3.403	0.98	Sardinian Sea	Cau & Manconi 1983
04/1995 to 04/1996	(23)	T	8	73.2	0.0006	3.22	0.992	Balearic Islands	Merella <i>et al.</i> 1997
During 1997-1998	106	T	27.5	90	0.00054	3.225	0.91	Aegean Sea	Moutopoulos & Stergiou 2002
03 and 07 2003	(22)	T	32.2	65.4	0.0005	3.24	0.96	Northern Aegean Sea	Filiz & Bilge 2004
03/ 2004 to 02/2005	(8)	T	20.9	62.5	0.0002	3.489	0.967	Northern Aegean Sea	Karakulak <i>et al.</i> 2006
02/2005 to 04/2006	(25)	T	40.1	64.5	0.00039	3.316	0.951	Satros Bay	İsmen <i>et al.</i>
02/2005 to 12/2005	(10)	T	37.2	49.5	0.0003	3.39	0.984	Izmir Bay	Özaydin <i>et al.</i> 2007
06/2005 to 05/2006	(20)	T	27.7	83	0.0001	3.6	0.993	Central Aegean Sea	İlkayaz <i>et al.</i> 2008
07/2010 to 08/2011	317	T	23.4	144	0.001	3.28	0.921	Adriatic Sea	Matić-Skoko <i>et al.</i> 2012
12/2009 to 11/2010	72	T	25.8	51.7	0.0002	3.548	0.981	Southern Aegean Sea	Bilge <i>et al.</i> 2014
03/2011 to 02/2012	449	F	40	130	-	3.35	0.943	Western Algerian coasts	Mazouz & Abi-Ayed 2015
During 1999 to 2001 and 2010	66	T	47.2	148	0.0003	3.42	0.97	Eastern Ionian Sea	Anastasopoulou <i>et al.</i> 2016
01/2012 to 01/2013	95	T	26.4	136	0.0011	3.101	0.90	Gallipoli peninsula	Öztekin <i>et al.</i> 2016
03/2016 to 08/2016	(19)	T	52.6	101.9	0.0005	3.262	0.9437	Northern Aegean Sea	Gönülal 2017
01/2011 to 12/2012	239	T	23.8	136	0.0003	3.37	0.975	Northern coast of Tunisia	Sallami & Ben Salem 2017
10/2011 to 12/2013	353	T	25.5	135	0.00022	3.47	0.9908	Northern coast of Tunisia	Present study
235	F	35	135	0.00026	3.42	0.9702			

n = sample size, min. = minimum, max. = maximum, F = females, T = whole sample, b = slope, a = intercept, r² = coefficient of determination, (x) = short sampling period or reduced number of specimens collected.

(b = 3.548). By examining the b values of the WLRs of females only (Table 6), the value obtained in the present study was very close to that estimated by Cau & Manconi (1983) but slightly higher to those found by Mazouz & Abi-Ayed (2015) and Correia *et al.* (2009) and slightly lower than the b value estimated

by O' Sullivan *et al.* (2003). The size range, physiological or biological parameters, and environmental conditions can influence the value of the growth exponent b (Tesch 1971; Weatherley & Gill 1987; Bolger & Connolly 1989; Froese 2006).

Table 7 – Biogeographic comparison of variation of the relative condition factor (CF) and the gonadosomatic index (GSI) in *C. conger*.

Area studied	Reference	Sex	n	Size range	Highest values	Lowest values	Seasonal variation	Highest values	Lowest values	Seasonal variation
Atlantic Ocean										
Irish coastal waters	O'Sullivan et al. 2003	F	166	33 - 159	autumn	winter	S	winter	autumn	S
Iberian waters	Correia et al. 2009	F	81	38 - 173	winter	summer	S	spring	autumn	S
Mediterranean Sea										
Adriatic Sea	Matić-Skoko et al. 2012	M+F+I	317	23.4 - 144	-	-	NS	winter	summer	S
Northern coast of Tunisia	Present study	M+F+U	353	25.5 - 135	winter	autumn	NS	spring	autumn	S
		U	114	25.5 - 64	summer	spring	NS	spring	summer	NS
		F	235	35 - 135	winter	autumn	NS	spring	autumn	S

n = sample size, M = males, F = females, U = undetermined sex, I = immature, S = significant difference, NS = non significant difference.

Biogeographic analysis of seasonal variation of the relative condition factors (CF) showed dissimilarities among areas. In the studied Mediterranean Sea localities, condition of *C. conger* did not change among seasons, whereas it significantly varied in the Atlantic areas (Table 7). These differences can be attributed to the length composition of the sample (Froese 2006). O'Sullivan et al. (2003) reported for the European conger of the Irish coastal waters, a low winter condition in relation to both the poor food availability and a mobilization of reserves for the reproduction.

The seasonal variations of the GSI of *C. conger* have been studied previously in few localities of the Mediterranean Sea and the Atlantic (Table 7).

In the present study, *C. conger* females with a higher gonadosomatic index (GSI) were generally captured in spring and not after. A similar result was reported by Correia et al. (2009), probably these specimens left the coastal regions and moved towards deeper areas (Lythgoe & Lythgoe 1971). In the Northern coast of Tunisia, the GSI of females decreased significantly between spring and autumn confirming the summer spawning reported by Cau & Manconi (1983). For the whole sample, the seasonal variation of GSI shows a slight shift of the result compared to that indicated in the Adriatic Sea, where the highest value was in winter (Matić-Skoko et al. 2012). However, in Irish coastal waters, the highest GSI value was also registered in winter for *C. conger* females (O'Sullivan et al. 2003). In the present study, the GSI of

undetermined sex individuals of *C. conger* did not vary significantly between seasons. In all the studies, individuals caught were not fully mature which reinforces the hypothesis that sexual maturation of *C. conger* occurs during the migration of females from coastal waters towards spawning areas in the deep sea (Cau & Manconi 1983, 1984; Sbaihi et al. 2001; Matić-Skoko et al. 2012).

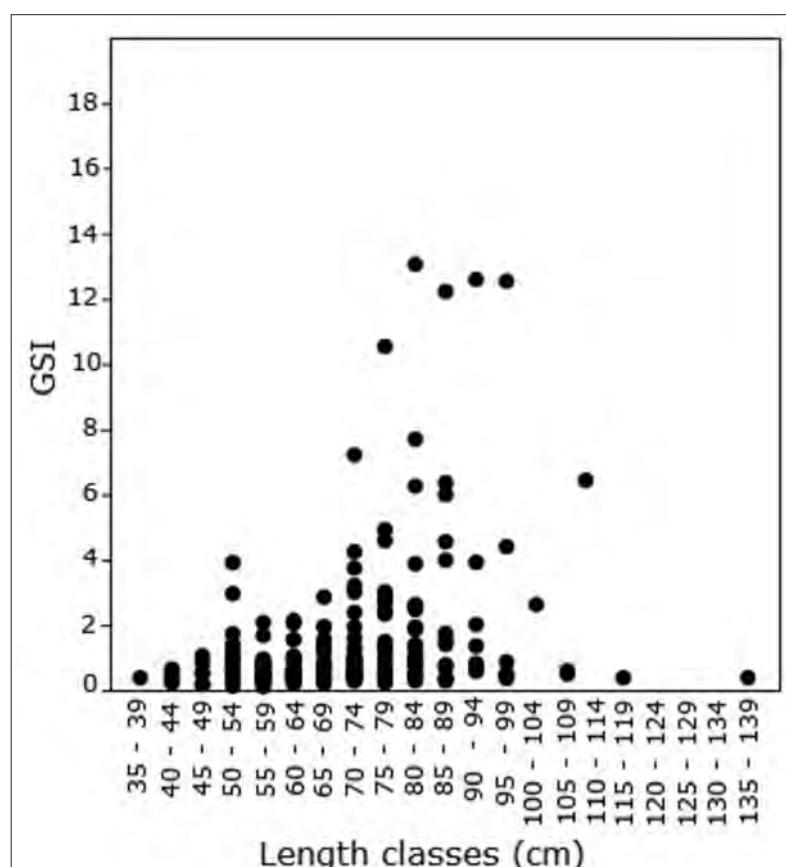


Figure 5 – Variation of the gonadosomatic index (GSI) for female *C. conger* from the northern Tunisian coast.

The seasonal hepatosomatic index (HSI) of females showed significant variations and reached its maximum in spring just before the supposed reproductive migration towards the deep sea. The hepatosomatic index of undetermined sex individuals did not show significant differences among seasons exactly like what was registered for gonadosomatic index.

Cau & Manconi (1983, 1984) reported that the reproductive area of *C. conger* in the Mediterranean Sea was at the Southeast of Sardinia between the depth of 600 and 800m and that it probably reproduces only once during its life cycle. Seemingly, the species comes late to sexual maturity (Correia *et al.* 2009). For all these reasons related to its life cycle, *C. conger* is sensitive to overexploitation.

References

- Abi-Ayad, S.M.E.A., Bensalah, T.A., Ali, M.S., Dalouche, F. & Meliani, F.M. (2011a). Some aspects on the reproductive cycle of European conger eel, *Conger conger* (Linnaeus, 1758) (Osteichthyes, Anguilliformes, Congridae) captured from Western Algerian coasts: a histological description of spermatogenesis. *Biodiv. J.* 2, 107-114.
- Abi-Ayad, S.M.E.A., Kerkouf, S.A., Mehidi, S.A., Saddikioui, L. & Talet, A.B. (2011b). Données préliminaires sur la composition du régime alimentaire du congre (*Conger conger* Linnaeus, 1758) de la côte occidentale algérienne. *Eur. J. Sci. Res.* 64, 314-324.
- Aboussouan, A. (1994). Intérêt des formules vertébrales pour l'identification des poissons de la mer Méditerranée. *Cybium* 18, 177-197.
- Anastasopoulou, A., Mytilineou, C.H., Lefkadiotou, E., Kavadas, S., Bekas, P., Smith, C.J., Papadopoulou, K.N. & Christides, G. (2013). The diet and feeding ecology of *Conger conger* (L., 1758) in the deep waters of the Eastern Ionian Sea. *Medit. Mar. Sci.* 14, 365-368.
- Anastasopoulou, A., Biandolino, F., Chatzispyrou, A., Hemida, F., Guijarro, B., Kousteni, V., Mytilineou, C.H., Pattoura, P. & Prato, E. (2016). New Fisheries-related data from the Mediterranean Sea (November 2016). *Medit. Mar. Sci.* 17, 822-827.
- Azov, Y. (1991). Eastern Mediterranean, a marine desert? *Mar. Poll. Bull.* 23, 225-232.
- Azzouz, A. (1974). Les fonds chalutables de la région nord de la Tunisie. 2. Potentialités de la pêche, écologie et répartition bathymétrique des poissons. *Bull. Inst. Natl. Sci Tech. Océanogr. Pêche Salammbô* 3 (1-4), 29-94.
- Bauchot, M.L. & Saldanha, L. (1986). Congridae. In: *Fishes of the North-western Atlantic and the Mediterranean. Volume II.* (eds Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. & E. Tortonese E.), UNESCO, Paris, pp. 567-574.
- Bilge, G., Yapici, S., Filiz, H. & Cerim, H. (2014). Weight-length relations for 103 fish species from the southern Aegean Sea, Turkey. *Acta Ichthyol. Piscat.* 44, 263-269.
- Bolger, T. & Connolly, P.L. (1989). The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J. Fish Biol.* 34, 171-182.
- Bradaï, M.N., Quignard, J.C., Bouain, A., Jarboui, O., Ouannes-Ghorbel, A., Ben Abdallah, L., Zaouali, J. & Ben Salem, S. (2004). Ichtyofaune autochtone et exotique des côtes tunisiennes, recensement et biogéographie. *Cybium* 28, 315-328.
- Casadevall, M., Sarrà-Alarcón, L., Delgado, E. & Matallanas, J. (2017). The sexual segregation of the European eel, *Conger conger* (Linnaeus, 1758) (Anguilliformes, Congridae) and female semelparity in the north-west Mediterranean. *J. Fish. Res.* 1, 5-14.
- Cau, A. & Manconi, P. (1983). Sex ratio and spatial displacement in *Conger conger* (L.). Rapp. CIESM 28, 93-96.
- Cau, A. & Manconi, P. (1984). Relationship of feeding, reproductive cycle and bathymetric distribution in *Conger conger*. *Mar. Biol.* 81, 147-151.
- Correia, A.T., Antunes, C. & Coimbra, J. (2002). Aspects of the early life history of the European conger eel (*Conger conger*) inferred from the otolith microstructure of metamorphic larvae. *Mar. Biol.* 140, 165-173.
- Correia, A.T., Manso, S. & Coimbra, J. (2009). Age, growth and reproductive biology of the European conger eel (*Conger conger*) from the Atlantic Iberian waters. *Fish. Res.* 99, 196-202.
- Fannon, E., Fahy, E. & O'Reilly, R. (1990). Maturation in female conger eel *Conger conger* (L.). *J. Fish Biol.* 36, 275-276.
- Ferreira, S., Sousa, R., Delgado, J., Carvalho, D. & Chada, T. (2008). Weight-length relationships for demersal fish species caught off the Madeira archipelago (eastern-central Atlantic). *J. Appl. Ichthyol.* 24, 93-95.
- Filiz, H. & Bilge, G. (2004). Length-weight relationships of 24 fish species from the North Aegean Sea, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* 20, 431-432.
- Fischer, W., Bauchot, M.L. & Schneider, M. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37, volume II, Rome FAO, 761-1530 pp.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships, history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.* 22, 241-253.
- Froese, R., Tsikliras, A.C. & Stergiou, K.I. (2011). Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyol. Piscat.* 41, 261-263.
- Gonçalves, J.M.S., Bentes, L., Lino, P.G.J., Ribeiro, J., Canário, A.V.M. & Erzini, K. (1997). Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. *Fish. Res.* 30, 253-256.
- Gönülal, O. (2017). Length-weight relationships of 16 fish species from deep water of Northern Aegean Sea (500-900m). *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 17, 995-1002.
- İlkyaz, A.T., Metin, G., Soykan, O. & Kinacigil, H.T. (2008). Length-weight relationship of 62 fish species from the Central Aegean Sea, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* 24, 699-702.
- Ismen, A., Ozen, O., Altinagac, U., Ozekinci, U. & Ayaz, A. (2007). Weight-length relationships of 63 fish

- species in Saros Bay, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* 23, 707-708.
- Karakulak, F.S., Erk, H. & Bilgin, B. (2006). Length-weight relationships for 47 coastal fish species from the northern Aegean Sea, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* 22, 274-278.
- King, M. (2007). *Fisheries biology, assessment and management*. 2nd edition. Blackwell Oxford. UK. 382 p.
- Kobayashi, Y., Mototani, T., Murayama, F. & Sakamoto, T. (2015). Basic reproductive biology of dagger-tooth pike conger, *Muraenesox cinereus*, A possible model for oogenesis in Anguilliformes. *Zool. Lett.* 1, 1-7.
- Kotake A., Okamura A., Yamada Y., Utho T., Arai T., Miller M. J., Oka H. P. & Tsukamoto K. (2005). Seasonal variation in the migratory history of the Japanese eel *Anguilla japonica* in Mikawa Bay, Japan. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 293, 213-221.
- Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* 20(2), 201-219.
- Lythgoe, J. & Lythgoe, G. (1971). Fishes of the sea, the coastal waters of the British Isles. Northern Europe and the Mediterranean. Blandford Press, London, 320 p.
- Matić-Skoko, S., Ferri, J., Tutman, P., Skaramuca, D., Dikić, D., Lisičić, D., Franić, Z. & Skaramuca, B. (2012). The age, growth and feeding habits of the European conger eel, *Conger conger* (L.) in the Adriatic Sea. *Mar. Biol. Res.* 8, 1012-1018.
- Mazouz, M. & Abi-Ayad, S.M.E.A. (2015). Contribution to the study of reproduction parameters of the European conger eel (*Conger conger* Linnaeus, 1758) from the Western Algerian coasts, Oran Bay (Algeria). *Int. J. Sci. Technol. Res.* 4, 209-214.
- Merella, P., Quetglas, A., Alemany, F. & Carbonell, A. (1997). Length-weight relationship of fishes and cephalopods from the Balearic Islands (western Mediterranean). *Naga, ICLARM Q.* 20, 66-68.
- Morato, T., Solà, E., Grós, M.P. & Menezes, G. (1999). Diets of forkbeard (*Phycis phycis*) and conger eel (*Conger conger*) off the Azores during spring of 1996 and 1997. *Arquipélago. Life Mar. Sci.* 17A, 51-64.
- Moutopoulos, D.K. & Stergiou, K.I. (2002). Length-weight and length-length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *J. Appl. Ichthyol.* 18, 200-203.
- Nelson, J.S., Grande, T.C. & Wilson, M.V.H. (2016). *Fishes of the world*. 5th ed. Wiley, USA. 752 p.
- O'Sullivan, S., Moriarty, C., Fitzgerald, R.D., Davenport, J. & Mulcahy, M.F. (2003). Age, growth and reproductive status of the European conger eel, *Conger conger* (L.) in the Irish coastal waters. *Fish. Res.* 64, 55-69.
- O'Sullivan, S., Moriarty, C. & Davenport, J. (2004). Analysis of the stomach contents of the European conger eel *Conger conger* in Irish waters. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 84, 823-826.
- Özaydin, O., Uçkun, D., Akalin, S., Leblebici, S. & Tosunoğlu, Z. (2007). Length-weight relationships of fishes captured from Izmir Bay, Central Aegean Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 23, 695-696.
- Öztekin, A., Özükinci, U. & Daban, I.B. (2016). Length-weight relationships of 26 fish species caught by longline from the Gallipoli peninsula, Turkey (northern Aegean Sea). *Cah. Biol. Mar.* 57, 335-342.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Canada* 191, 1-382.
- Rosa, A., Menezes, G., Melo, O. & Pinho, M.R. (2006). Weight-length relationships of 33 demersal fish species from Azores archipelago. *Fish. Res.* 80, 329-332.
- Sallami, B., Ben Salem, M., Reynaud, C. & Capapé, C. (2015). Diet of European conger eel *Conger conger* (Osteichthyes, Congridae) from the northeastern coast of Tunisia (central Mediterranean). *Cah. Biol. Mar.* 56, 253-262.
- Sallami, B. & Ben Salem, M. (2017). Age and growth of *Conger conger* (Congridae) from the north coast of Tunisia. *Cybium* 41, 237-243.
- Sbaihi, M., Fouchereau-Peron, M., Meunier, F., Elie, P., Mayer, I., Burzawa-Gerard, E., Vidal, B. & Dufour, S. (2001). Reproductive biology of conger eel from the south coast of Brittany, France and comparison with the European eel. *J. Fish Biol.* 59, 302-318.
- Schmidt, J. (1931). Eels and conger eels of the North Atlantic. *Nature* 128, 602-604.
- Taning, A.V. (1946). Stage of determination of vertebrae in teleostean fishes. *Nature* 157, 594-595.
- Taning, A.V. (1952). Experimental study of meristic characters in fishes. *Biol. Rev. Cambridge Phil. Soc.* 27(2), 169-193.
- Tesch, F.W. (1971). Age and growth. In: *Methods for assessment of fish production in fresh Waters*. (eds Ricker, W.E.). Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 98-130.
- Tregenza, N.J.C., Berrow, S.D., Hammond, P.S. & Leaper, R. (1997). Harbour porpoise (*Phocoena phocoena* L.) by-catch in set gillnets in the Celtic Sea. *ICES J. Mar. Sci.* 54, 896-904.
- Torres, M.A., Ramos, F. & Sobrino, I. (2012). Length-weight relationships of 76 fish species from the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Fish. Res.* 127-128, 171-175.
- Vallisneri, M., Scapolatempo, M. & Piccinetti, C. (2007). Preliminary biological data on the northeast Mediterranean conger eel *Conger conger* L., 1758. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.* 23, 111-114.
- Weatherley, A.H. & Gill H.S. (1987). *The biology of fish growth*. Academic Press, London, 443 p.
- Xavier, J.C., Cherel, Y., Assis, C.A., Sendao, J. & Borges, T.C. (2010). Feeding ecology of conger eels (*Conger conger*) in North-East Atlantic waters. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 90, 493-501.

Vegetation types with *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* in Greece

Michalis THEOCHAROPOULOS¹, Anastasia PANTERA^{2,*},
Georgios FOTIADIS², Andreas PAPADOPOULOS²

1. Center of Environmental Education of Amfissa 33100 Amfissa Greece.

2. Agricultural University of Athens, 11855 Athens Greece.

* Corresponding author: Anastasia Pantera, email: pantera@hua.gr

Received: 17 Dec., 2019; First decision: 28 March, 2020; Revised: 15 May, 2020; Accepted: 18 May, 2020.

Abstract

Quercus ithaburensis subsp. *macrolepis* is an important component of the Mediterranean flora, forming distinctive forests in the thermo and meso Mediterranean vegetation zone. The purpose of this study was to investigate the structure of *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis* communities of mainland and insular Greece, from a phytoecological point of view. The identification followed the Braun-Blanquet method and was based on 138 records from 19 areas. Seventeen vegetation types with *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis* have been distinguished in which the species holds a dominant, sub-dominant or differential role. All these groupments are attached to the class *Quercetea ilicis* distinguished in forest units of the *Quercetalia ilicis* (*Quercion ilicis* alliance) and pre-forest units of the *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* (*Ceratonio-Rhamnion* and *Pistacio-Rhamnion* alliances) orders, while some very degraded communities, are difficult to be classified from a phytosociological point of view. Several diagnostic species of other phytosociological classes also appear, reflecting the impacts that these communities have undergone. The life form spectrum of these communities shows that therophytes are the most represented while for the chorological spectrum, the Mediterranean element is dominant.

Introduction

Quercus ithaburensis is an Eastern Mediterranean semi-deciduous oak of the Fagaceae family, which includes two subspecies, *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis* (valonia oak) (Kotschy) Hedge & Yalt. and *Q. ithaburensis* Decne. subsp. *ithaburensis* (tabor oak) (Davis 1982; Govaerts & Frodin 1998). Valonia oak grows in Italy, in the Salentina peninsula, in South Albania, in Greece, and in Western and Southwestern Anatolia (Pantera *et al.* 2008). Tabor oak is found mainly in Israel, Syria and Lebanon, northwestern Jordan, etc. (Dufour-Dror & Ertas 2004).

In Greece, it can be found from the islands to many continental parts of the country (Figure 1). They can be distinguished by their distinctive semi-curricular crown (Tsitsoni *et al.* 2015), forming open canopy forests with a lush understory vegetation for livestock production (Pantera *et al.* 2008; 2018) and are included in the agroforestry systems of high natural and cultural value of Europe (den Herder *et al.* 2017). A significant proportion of these forests was cleared from areas of alluvial plains, which are constituted as their original potential territories, and were subsequently used for agriculture or other land uses (Barbero & Quézel 1976; Quézel &

Keywords: Mediterranean, oak, phytosociology, ecological preferences, vegetation structure, human impact.

Médail 2003; Kaloudis *et al.* 2019). Another part was treated as orchards for the harvesting of tanning products or as rangelands or was subjected to fires, many times for pastoral purposes, or underwent illegal loggings which indicate the multiple uses of these ecosystems (Pantera *et al.* 2018).

On the other hand, the accelerated socio-economic changes encountered over the last four decades such as abandonment of agricultural land, restriction of traditional breeding, tourism development, and population concentration along the coast, have contributed to reducing these impacts and modified their values, at least for some of these forests, in favour of touristic activities or aesthetic purposes. An exception to this represents the island of Kea and the Xeromero municipality of the Aetoloakarnania prefecture where efforts have been made the last decades to restore the once thriving traditional activity of acorn cups collection for tanning use and acorn use for innovative products such as cookies made from acorn flour (Pantera *et al.* 2018).

Nowadays, valonia oak forests occupy an area of approximately 30,000ha (Pantera *et al.* 2008) forming stands, clusters and groups, most of which still remain without any form of management. Furthermore, isolated individuals are scattered throughout the Greece (Figure 1).

The species vegetation types have not been extensively studied and there are only a few fragmented studies on this subject. Theocharopoulos & Georgiadis (1984) have described, pre-forest communities with valonia oak of Pistacio-Rhamnetalia alaterni Rivas-Martínez 1975 order in the Ceratonia siliquae-Rhamnion oleoidis Barbero & Quézel 1979 alliance in eastern Attica in the Nea Makri area. Barbero and Quézel (1980), in the same alliance, have described one variant with *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* in the Pistacio lentisci-Quercetum brachyphyllae in western Crete, between Rethymnon and Armeni. The same authors have also described forest communities of valonia oak in the area of Armeni in Crete that belong in the Oenanthe pimpinellifolia-Quercetum brachyphyllae quercketosum macrolepidis, classified in the endemic alliance Cyclamino creticci-Quercion ilicis Barbero & Quézel 1980 of Quercetalia ilicis Br.-Bl. ex Molinier 1934 order.

It must be noted that Zohary & Orshan (1965) have described, the Quercetum macrolepidis classified in the Quercion ilicis creticum in the same wider area. Athanasiadis & Gerasimidis (1985) have described the sub-association, Quercetum macrolepidis desmazerietosum, in northwestern Peloponnesus from the area of Strofilia, without specifying it, from a phytosociological point of view, belonging at the alliance level.

According to Directive 92/43/EEC (Council of Europe 1992) the communities of Valonia oak are included in the Mediterranean sclerophyllous forests and described as “*Quercus macrolepis* forests” code 9350 (European Commission 2013). Based on the above, it was of great interest to investigate valonia oak vegetation types in combination to its phytoecology and throughout its distribution in Greece as well as its dynamic in various soil-climate environments.

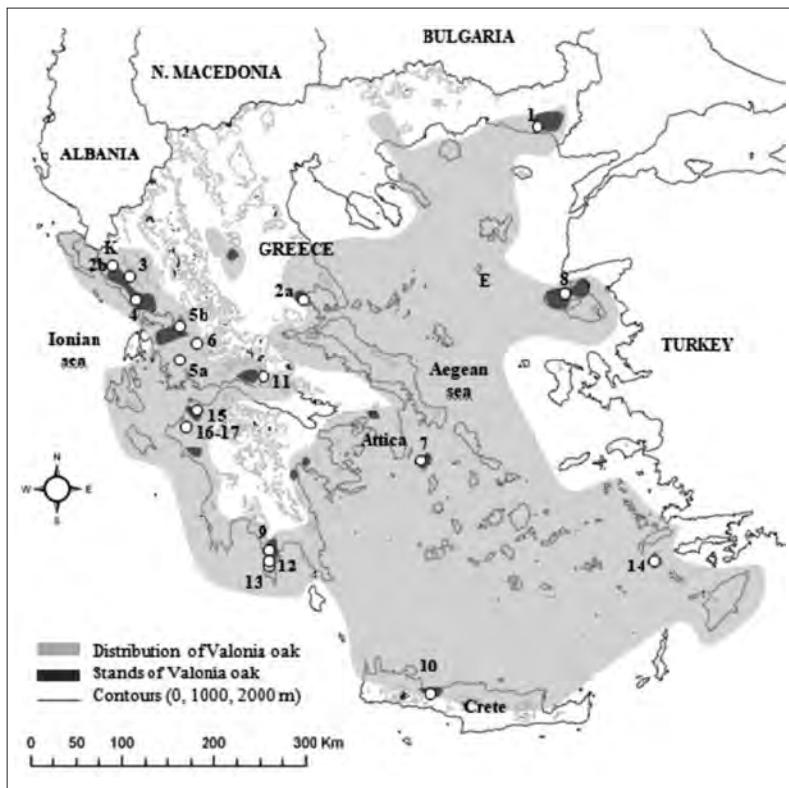


Figure 1 – Distribution of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* (valonia oak) in Greece (Pantera *et al.* 2008) indicating the study areas 1: Alexandroupolis; 2a: Almyros; 2b: Sivota; 3: Vrachonas; 4: Acheron; 5a: Pentalofo; 5b: Amfilochia; 6: Prodromos; 7: Kea; 8: Lesvos; 9: Kareopolis; 10: Rethymnon; 11: Golfe of Itea; 12: Skoutari-kamares; 13: Vachos; 14: Nissyros; 15: Mavra Vouna; 16: Strofilia; 17: Strofilia Metoxi; K: Kalama; E: Agios Efstratios.

Methodology

The syntaxonomy of valonia oak stands was based on 138 records that were collected between April to July, of the years 2012-2018, following the Braun-Blanquet (1964) method. These records were collected in the most representative stands of *Q. ithaburensis* subsp. *macrolepis* in nineteen areas of Greece (Alexandroupolis, Almyros, Sivota, Vrachonas, Acheron, Pentalofo, Amfilochia, Prodromos, Kea, Lesvos, Kareopololis, Rethymnon, Golfe of Itea, Skoutari-kamares, Vachos, Nissyros, Mavra Vouna, Strofilia, Strofilia-Metoxi) (Figure 1). These records, ranging in size from 100 to 200m² and canopy for every layer (trees, shrubs, and herbs), height of trees and other structural characteristics were collected by field measurements. The site factors described were bioclimatic type, based on Pantera *et al.* (2007, 2008), rock type, soil depth (shallow 0.15-0.30m, moderately deep 0.30-0.60m, deep > 0.60m), slope aspect and inclination. Finally, previous management and human interference on these forests were recorded. All records are stored in the Hellenic Woodland Database (Fotiadis *et al.* 2012), with code EU-GR-006 in the Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD; Dengler *et al.* 2011).

The identification of plant taxa was based on Flora Hellenica (Strid & Tan 1997 2002), Flora Europaea (Tutin *et al.* 1968; 1972; 1976; 1980; 1993), Mountain Flora of Greece (Strid 1986; Strid & Tan 1991), Flora of Turkey and the East Aegean Islands (Davis 1965-85). Nomenclature of taxa follows Dimopoulos *et al.* (2013).

All records have been introduced in Turboveg Database (Hennekens 1996) and interpreted with the numerical (ordination) method of the Correspondence Factor Analysis (CFA) (Benzecri *et al.* 1976). The groups obtained by ordination, using presence or absence of taxa (Roux 1997), they allowed to create the phytosociological table produced with the software TWINSPLAN (Hill 1979), from which it was made a constancy synoptic phytosociological table (in percentage) produced with JUICE ver. 7 program (Tichý 2001). At each plant taxa of the synoptic phytosociological table the average cover values were introduced (r, +, 1, 2, 3, 4, 5) of each group of records.

Names of syntaxa were used according to Barbero & Quézel (1976; 1980), Quézel & Barbero (1985), Quézel *et al.* (1992) and

Theocharopoulos *et al.* (1998). Diagnostic species are according to Barbero & Quézel (1976; 1980), Quézel & Barbero (1985), Quézel *et al.* (1992) and Theocharopoulos *et al.* (1998). The determination of diagnostic species of phytosociological classes was based on Mucina (1997).

For every community or association, the life form spectrum (Rauchier 1934), the chorological spectrum following Dimopoulos *et al.* (2013) and the phytosociological spectrum of classes were produced according to Tüxen & Ellenberg (1937) method. The spectra were calculated using the equation: percentage = (A/B) × 100, where A is the number (indicating the presence) of each life-form, chorological type or phytosociological classes in the phytosociological table 1 and B is the total number (indicating the presence) of all taxa in the phytosociological table 1. Also, in two additional areas E: Agios Efstratios; K: Kalama (Figure 1), with degraded valonia oak communities, it was described the floristic composition and their ecological conditions.

Results

Synoptic phytosociological table of vegetation units with *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*

Quercus ithaburensis subsp. *macrolepis* plant communities in Greece belong in the Quercetea ilicis Br.-Bl. ex A. de Bolòs y Vayreda 1950 class and can be distinguished in forest units of the Quercetalia ilicis and pre-forest units of the Pistacio-Rhamnetalia alaterni orders (Table 1).

1: *Juniperus oxycedrus* subsp. *deltoides*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 2 (a, b): *Quercus frainetto*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 3 (a, b, c): *Clematis flammula*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 4: *Dictamnus albus*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 4 (a, b): *Poa trivialis* subsp. *sylvicola*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 6: *Aristolochia elongata*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 7: *Acer sempervirens*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 8: *Aristolochia hirta*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 9: *Aristolochia sempervirens*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm.,

10: *Anagyris foetida*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 11: *Plomido fruticosae*-*Euphorbietum dendroidis*, 12: *Oleo europaea*-*Pistaciagetum lentisci*, 13: *Quercus pubescens*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 14: *Rubia tenuifolia*-*Quercus*

ithaburensis subsp. *macrolepis* comm., 15: *Prunus webbii*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm., 16 (a, b): *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*-*Pinus pinea* comm., 17: *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* comm.

Table 1 – Vegetation units with *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*.

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32
<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	100 ³	100 ³	100 ⁴	100 ³	100 ⁴	100 ⁴	100 ²	100 ⁴	100 ⁵	100 ⁴	100 ⁴	100 ⁴	100 ⁴	100 ²	100 ²	100 ⁴	100 ³	100 ³	100 ¹	100 ⁵		
Differential taxa of <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>deltoides</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>deltoides</i>																						
<i>Anthemis tinctoria</i> subsp. <i>parnassica</i>																						
<i>Juniperus excelsa</i>																						
<i>Ranunculus constantinopolitanus</i>																						
<i>Teucrium chamaedrys</i>	71+						17+					33+										
<i>Verbascum humile</i>																						
<i>Colutea arborescens</i>																						
<i>Acer monspessulanum</i>																						
<i>Pinus brutia</i>																						
<i>Carpinus orientalis</i>	14 ³											25+										
Differential taxa of <i>Quercus frainetto</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Quercus frainetto</i>	67 ¹	80 ¹										25 ^r										
<i>Clinopodium vulgare</i> subsp. <i>vulgare</i>		83+	80+	17+																		
<i>Hordeum bulbosum</i>		33+	80+	17+				33+				9+										
<i>Aegilops triuncialis</i>		33+	50+								56+											
<i>Hypericum perforatum</i>	14 ⁺	83+									11+				18+							
<i>Linaria pelisseriana</i>			67+																			
<i>Carduus nutans</i>			50+																			
<i>Pyracantha coccinea</i>			33 ¹																			
<i>Arbutus unedo</i>			17 ¹																			
<i>Pyrus communis</i>			17 ¹																			
<i>Cruciata pedemontana</i>	29+		100 ⁺																			
<i>Cornus mas</i>			100 ⁺																			
<i>Asplenium onopteris</i>			80 ⁺																			
<i>Luzula forsteri</i>			60 ⁺																			
<i>Rubus hirtus</i> aggr.			20 ²																			
Differential taxa of <i>Clematis flammula</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Galium divaricatum</i>	17+		83+	100 ⁺	80 ⁺																	
<i>Festuca cf valesiaca</i>		80 ¹	83+	100 ¹	80 ¹		11 ¹		19+		13 ¹											
<i>Bromus tectorum</i>			67+	100 ⁺	80 ⁺			25+				43+										
<i>Clematis flammula</i>	14 ^r		50+	33+	40+					6+									20+			
<i>Cerastium brachypetalum</i> subsp. <i>roeseri</i>	14 ^r		50+	100 ⁺	80 ⁺				31+		50+											
<i>Minuartia attica</i>			17+	67+	40+																	
<i>Asplenium ceterach</i>			100 ⁺		20 ⁺				13+	18+		22+										
<i>Asplenium trichomanes</i>			20 ⁺	33 ⁺																		

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17		
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2		
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32		
<i>Erica manipuliflora</i>							100 ¹									33 ⁺	14 ⁺							
<i>Poa nemoralis</i>								67 ⁺																
<i>Genista tinctoria</i>							17 ⁺	67 ⁺																
<i>Helianthemum nummularium</i>									60 ⁺			11 ⁺												
<i>Stachys cretica</i>									40 ⁺			11 ¹												
<i>Erysimum cf microstylum</i>									20 ⁺															
Differential taxa of <i>Dictamnus albus</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																								
<i>Dictamnus albus</i>							20 ⁺	100 ¹																
<i>Micromeria crenophila</i>								100 ¹									14 ⁺							
<i>Bothriochloa ischaemum</i>									40 ⁺	100 ⁺	11 ⁺	50 ⁺												
<i>Trifolium scabrum</i>									100 ⁺	33 ¹							14 ⁺					40 ⁺		
<i>Stachys germanica</i>									67 ¹															
<i>Malcolmia graeca</i>									67 ⁺															
<i>Linum bienne</i>									67 ⁺															
Differential taxa of <i>Poa trivialis</i> subsp. <i>sylvicola</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																								
<i>Corynephorus articulatus</i>							20 ⁺			100 ⁺	50 ⁺	6 ⁺												
<i>Poa trivialis</i> subsp. <i>sylvicola</i>							20 ⁺			78 ⁺	50 ⁺	6 ⁺												
<i>Melica ciliata</i>							40 ⁺		20 ⁺	33 ¹	22 ⁺	100 ⁺												
<i>Bromus squarrosus</i>								40 ⁺		33 ⁺	100 ⁺													
<i>Knautia ambigua</i>										22 ⁺	75 ⁺	13 ⁺												
<i>Ulmus minor</i> aggr.										22 ¹	25 ⁺													
<i>Salvia officinalis</i>	14 ⁺						17 ⁺					50 ⁺												
<i>Pilosella leucopisilon</i>												50 ⁺												
Differential taxa of <i>Aristolochia elongata</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																								
<i>Polypodium cambricum</i>									22 ⁺		94 ⁺													
<i>Echium vulgare</i>									11 ⁺	50 ⁺	94 ⁺													
<i>Aristolochia elongata</i>											75 ⁺													
<i>Stellaria cupaniana</i>							17 ⁺				75 ⁺	55 ⁺												
<i>Ranunculus chius</i>										69 ⁺		13 ^r	22 ^r											
<i>Cardamine graeca</i>							17 ¹				38 ⁺													
<i>Cynoglossum officinale</i>											25 ⁺													
<i>Vinca major</i>											25 ⁺													
Differential taxa of <i>Acer sempervirens</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																								
<i>Ranunculus paludosus</i>										82 ⁺														
<i>Medicago littoralis</i>										82 ⁺	63 ⁺													
<i>Cerastium glomeratum</i>							14 ⁺			82 ⁺	25 ⁺													
<i>Acer sempervirens</i>											72 ¹		44 ¹											
<i>Lupinus angustifolius</i>											55 ⁺													
<i>Lathyrus sphaericus</i>											55 ⁺			14 ⁺										
<i>Vicia sativa</i>									11 ⁺		45 ¹													
<i>Silene vulgaris</i>										25 ⁺		36 ⁺												
Differential taxa of <i>Aristolochia hirta</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																								
<i>Aristolochia hirta</i>												88 ⁺												
<i>Fumaria petteri</i>												88 ⁺												
<i>Ranunculus rumelicus</i>												75 ⁺												
<i>Drimia aphylla</i>												75 ¹												
<i>Alyssum umbellatum</i>												63 ⁺												
<i>Veronica persica</i>												50 ⁺												

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32
<i>Sedum confertiflorum</i>														50+								
<i>Moenchia mantica</i>														50+								
Differential taxa of <i>Aristolochia sempervirens</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Cistus monspeliensis</i>														89 ¹								
<i>Aristolochia sempervirens</i>														67 ¹								
<i>Erica arborea</i>														44 ⁺			50 ⁺					
<i>Ferula communis</i>														44 ⁺			20 ⁺					
<i>Cerastium illyricum</i> subsp. <i>brachiatum</i>														44 ⁺								
<i>Ferulago sylvatica</i>							17 ⁺							22 ⁺								
<i>Acer campestre</i>														11 ¹								
Differential taxa of <i>Anagyris foetida</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Anagyris foetida</i>														22 ¹	100 ²		22 ⁺					
<i>Dracunculus vulgaris</i>	29 ⁺													13 ¹	100 ¹							
<i>Oxalis pes-carpaee</i>														13 ¹	71 ³							
<i>Cyclamen creticum</i>															57 ¹							
<i>Geranium dissectum</i>															57 ⁺							
<i>Trifolium tomentosum</i>															57 ⁺							
<i>Inula verbascifolia</i> subsp. <i>heterolepis</i>															43 ⁺							
<i>Cotoneaster nummularius</i>															29 ¹							
<i>Thymus leucotrichus</i> subsp. <i>leucotrichus</i>															29 ⁺							
Differential taxa of <i>Plomido fruticosae</i>-<i>Euphorbiaceum dendroidis</i>																						
<i>Euphorbia dendroides</i>														71 ²	100 ³							
<i>Onobrychis aequidentata</i>	29 ⁺														86 ¹							
<i>Crupina crupinastrum</i>															86 ⁺							
<i>Medicago disciformis</i>															86 ⁺							
<i>Hedypnois rhagadioloides</i>															86 ⁺		20 ⁺					
<i>Verbascum sinuatum</i>															71 ⁺							50 ⁺
<i>Ballota acetabulosa</i>															57 ¹							
<i>Malabaila aurea</i>															57 ¹							
<i>Inula verbascifolia</i> subsp. <i>parnassica</i>															14 ⁺							
Differential taxa of <i>Oleo europaea</i>-<i>Pistacietaum lentisci</i>																						
<i>Euphorbia acanthothamnos</i>														14 ⁺	78 ⁺							
<i>Reichardia picroides</i>															67 ⁺							
<i>Scaligeria napiformis</i>															56 ¹	50 ⁺						
<i>Scorzonera crocifolia</i>															56 ⁺	50 ⁺						
<i>Cyclamen rhodium</i> subsp. <i>peloponnesiacum</i>															22 ⁺							
<i>Centranthus ruber</i>																22 ⁺						
Differential taxa of <i>Quercus pubescens</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Hypericum perforatum</i>																100 ⁺						
<i>Bromus madritensis</i>																100 ⁺						
<i>Rubus sanctus</i>														14 ⁺	11 ⁺	100 ¹						20 ⁺
<i>Ranunculus sardous</i>																100 ⁺						
<i>Fraxinus ornus</i>	29 ^r															50 ⁺						
Differential taxa of <i>Rubia tenuifolia</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Aethorhiza bulbosa</i>																	100 ¹	40 ⁺				

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32
<i>Trifolium clypeatum</i>																	100 ¹					
<i>Avena barbata</i>																	100 ⁺					
<i>Rubia tenuifolia</i>																	80 ⁺					
<i>Origanum onites</i>																	80 ¹					
<i>Galium murale</i>																	80 ⁺					
<i>Daphne gnidiooides</i>																	60 ¹					
<i>Styrax officinalis</i>																	40 ⁺					
<i>Alkanna orientalis</i>																	20 ⁺					
Differential taxa of <i>Prunus webbii</i>-<i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Prunus webbii</i>																	29 ⁺			80 ⁺		
<i>Ficaria verna</i>																		80 ¹		20 ⁺	50 ⁺	
<i>Ephedra foeminea</i>																		40 ⁺				
<i>Cynara cardunculus</i>																		40 ⁺				
<i>Salvia viridis</i>																		40 ⁺				
<i>Petrorhagia glumacea</i>																		20 ⁺				
Differential taxa of <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>-<i>Pinus pinea</i> community																						
<i>Pinus pinea</i>																		100 ⁵	100 ⁵			
<i>Myrtus communis</i>																	50 ⁺	100 ²	60 ²			
<i>Scolymus hispanicus</i>																	20 ⁺	100 ⁺	100 ⁺			
<i>Hypochoeris glabra</i>																		100 ⁺	100 ⁺			
<i>Pulicaria vulgaris</i>																		75 ⁺	100 ⁺			
<i>Alkanna tinctoria</i>																		25 ¹	40 ⁺			
<i>Juniperus phoenicea</i>																		75 ⁺	20 ⁺			
<i>Pinus halepensis</i>																		100 ¹				
Differential taxa of <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community																						
<i>Pteridium aquilinum</i>			20 ⁺														29 ¹	50 ¹		100 ²		
<i>Silene bellidifolia</i>																			100 ⁺			
<i>Erodium cicutarium</i>																			100 ⁺			
<i>Salvia verbenaca</i>																		100 ⁺				
<i>Torilis japonica</i>																		100 ⁺				
<i>Romulea linaresii</i>																		50 ⁺				
<i>Oenanthe silaifolia</i>																		50 ⁺				
<i>Aeluropus littoralis</i>																		50 ⁺				
Diagnostic species of Quercetea - (i.e. -etalia) ilicis																						
<i>Asparagus acutifolius</i>	100 ¹	83 ¹	100 ²	50 ⁺	67 ⁺	80 ¹	100 ¹	89 ¹	75 ¹	94 ¹	27 ⁺	25 ¹	100 ¹	43 ¹	100 ⁺	56 ¹	100 ⁺	40 ⁺	100 ¹	100 ⁺	80 ⁺	100 ¹
<i>Brachypodium retusum</i>		40 ⁺	83 ⁺	33 ⁺	60 ⁺	100 ³	44 ⁺	25 ^r	19 ⁺					29 ⁺	43 ²	100 ²	50 ¹		100 ²	50 ⁺	20 ⁺	
<i>Carex distachya</i>	57 ¹	50 ¹	80 ⁺	83 ⁺	33 ⁺	20 ⁺	33 ⁺	22 ⁺		6 ⁺			22 ⁺			22 ⁺	50 ⁺		20 ⁺	25 ⁺	60 ⁺	
<i>Lonicera etrusca</i>	29 ⁺				20 ⁺			25 ⁺					29 ⁺				20 ⁺					
<i>Cyclamen hederifolium</i>				17 ⁺			44 ⁺	25 ^r	94 ⁺	9 ⁺		44 ⁺		14 ⁺	11 ⁺	50 ⁺	60 ¹	60 ¹	25 ⁺			
<i>Arisarum vulgare</i>											50 ⁺			29 ¹				60 ⁺	80 ²	50 ⁺	40 ⁺	
<i>Laurus nobilis</i>										25 ¹				29 ¹						20 ⁺		
<i>Cercis siliquastrum</i>										13 ¹								40 ⁺		20 ⁺	50 ¹	
Diagnostic species of Quercion ilicis																						
<i>Ruscus aculeatus</i>	71 ⁺	33 ¹	80 ⁺				33 ⁺	11 ⁺		69 ⁺		13 ⁺						40 ¹	100 ⁺	100 ¹		
<i>Smilax aspera</i>				67 ⁺			67 ¹			18 ⁺		43 ⁺		22 ¹	50 ²		60 ⁺	100 ⁺	60 ¹			
Diagnostic species of Pistacio-Rhamnetalia																						
<i>Quercus coccifera</i>	14 ⁺		80 ¹	50 ⁺	100 ²	60 ¹	100 ¹	33 ¹	50 ¹		50 ⁺	33 ¹	29 ¹	43 ¹	89 ²		40 ⁺	40 ⁺	50 ⁺	40 ⁺		
<i>Pyrus spinosa</i>	57 ⁺	17 ¹	20 ¹	33 ⁺		60 ⁺	100 ¹	56 ¹	50 ¹	13 ⁺	18 ¹	88 ¹	67 ⁺				50 ⁺	80 ⁺		20 ⁺		
<i>Phillyrea latifolia</i>	86 ²	83 ⁺	40 ⁺				33 ^r	33 ⁺		13 ⁺	9 ⁺	75 ¹	56 ¹				56 ⁺	50 ⁺				
<i>Olea europaea</i> subsp. <i>europaea</i>	50 ⁺	20 ⁺		100 ²	20 ⁺	33 ⁺			6 ⁺		13 ⁺		29 ⁺	71 ⁺	100 ¹	100 ⁺	60 ¹	60 ⁺	25 ⁺			
<i>Pistacia lentiscus</i>				33 ⁺				11 ⁺									89 ²	50 ⁺			100 ²	100 ²
<i>Piptatherum coerulescens</i>		17 ⁺				20 ⁺		11 ⁺								57 ¹	44 ⁺					

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17				
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2				
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32				
<i>Osyris alba</i>							80+	33+	22+	25+																
<i>Rhamnus alaternus</i>								33+	11 ¹								22 ¹									
Diagnostic species of Pistacio-Rhamnion																										
<i>Pistacia terebinthus</i>	14 ⁺	17 ⁺	80 ¹	17 ⁺	100 ¹	60 ²	67 ¹	33 ¹	25 ¹	31 ⁺		13 ⁺	44 ¹	43 ⁺	29 ¹	89 ¹	50 ⁺	100 ¹	80 ²							
<i>Jasminum fruticans</i>		43 ⁺			17 ^r	67 ²																				
Diagnostic species of Ceratonio-Rhamnion																										
<i>Piptatherum miliaceum</i>																	14 ⁺	22 ⁺		80 ⁺	80 ⁺	75 ⁺				
<i>Rhamnus lycioides</i>																	86 ¹	67 ¹				80 ⁺				
<i>subsp. graeca</i>																										
<i>Rubia peregrina</i>																		22 ⁺	50 ⁺		40 ⁺	50 ⁺	20 ⁺			
<i>Asparagus aphyllus</i>																	57 ⁺	43 ⁺	33 ⁺							
<i>Ceratonia siliqua</i>																	57 ¹		33 ⁺							
<i>Phagnalon rupestre</i>																		14 ⁺	11 ⁺							
<i>subsp. graecum</i>																										
Diagnostic species of Quercetea pubescantis																										
<i>Quercus pubescens</i>	86 ¹	100 ²	100 ¹	17 ⁺		20 ⁺		22 ⁺				75 ⁺	44 ⁺					100 ²								
<i>Paliurus spina-christi</i>	86 ¹	17 ⁺		50 ⁺			33 ⁺	56 ⁺	100 ¹	25 ⁺																
<i>Dioscorea communis</i>	29 ⁺						33 ⁺	22 ⁺		13 ⁺	9 ⁺	13 ⁺	11 ¹					100 ⁺	20 ⁺							
<i>Hippocratea emerus</i>	43 ⁺						33 ⁺	11 ⁺		13 ⁺				29 ⁺												
<i>Quercus robur</i> subsp. <i>pedunculiflora</i>								11 ²																		
Diagnostic species of Rhamno-Prunetea																										
<i>Crataegus monogyna</i>		83 ⁺	100 ¹				22 ¹	25 ⁺	81 ⁺		13 ⁺	22 ⁺					50 ⁺		20 ⁺		20 ⁺					
<i>Prunus spinosa</i>		14 ^r					20 ⁺		50 ¹		25 ^r		14 ⁺													
<i>Rosa canina</i>	57 ⁺		80 ⁺								11 ⁺						50 ⁺									
Diagnostic species of Cisto-Micromerietea julianae																										
<i>Phlomis fruticosa</i>	57 ⁺		40 ¹	100 ²	100 ²	100 ³	67 ²	100 ²	100 ²	100 ¹	9 ^r		67 ⁺	29 ²	100 ²	33 ¹		100 ³								
<i>Cistus creticus</i>	86 ¹		17 ⁺	33 ⁺	40 ⁺		11 ⁺				18 ⁺	38 ¹	44 ¹	57 ¹	14 ⁺	56 ¹	100 ¹	100 ¹		25 ⁺	20 ⁺					
<i>Teucrium capitatum</i>	57 ⁺		33 ⁺	33 ⁺	80 ⁺	67 ¹				19 ⁺					44 ⁺				20 ⁺	25 ⁺	20 ⁺					
<i>Micromeria juliana</i>	29 ⁺				20		33 ⁺	50 ⁺					14 ¹	86 ¹	56 ⁺	100	20 ⁺	40 ⁺								
<i>Origanum vulgare</i>	33 ⁺	20 ^r	50 ⁺	100 ⁺	60 ⁺	67 ¹	11 ^r			36 ⁺			14 ¹					25 ⁺								
<i>Acanthus spinosus</i>			50 ⁺	67 ^r	100 ⁺	100 ¹	67 ⁺	75 ⁺	75 ⁺	64 ¹		67 ⁺	43 ⁺													
<i>Drimia numidica</i>							67 ¹	100 ¹	100 ¹	100 ¹	100 ²	55 ¹		86 ¹	86 ¹	78 ⁺	50 ⁺		100 ¹							
<i>Sarcopoterium spinosum</i>			33 ⁺		40 ⁺				55 ²	50 ¹		29 ⁺		11 ⁺		80 ¹										
<i>Calicotome villosa</i>							67 ⁺	11 ⁺	25 ¹	13 ⁺		78 ⁺	29 ⁺	29 ³	100 ¹	50 ⁺	80 ⁺									
<i>Spartium junceum</i>						33 ⁺					11 ⁺	29 ¹		11 ⁺	50 ⁺	80 ⁺										
<i>Lavandula stoechas</i>										9 ⁺	22 ⁺	29 ⁺							40 ¹							
<i>Cistus salviifolius</i>															22 ⁺	50 ⁺	40 ⁺									
<i>Fumana arabica</i>															44 ¹	50 ⁺										
<i>Salvia fruticosa</i>															67 ¹		80 ¹									
Diagnostic species of Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae																										
<i>Asphodelus ramosus</i>		83 ²	60 ²	100 ²	100 ⁺	100 ¹	100 ¹	100 ²	75 ¹	100 ²	91 ¹	75 ⁺	67 ⁺	67 ¹	50 ⁺	100 ¹	100 ²	50 ⁺	80 ⁺	100 ²						
<i>Poa bulbosa</i>	57 ¹	67 ¹	80 ⁺	33 ⁺				44 ⁺		25 ⁺	73 ⁺	100 ¹	11 ⁺	14 ⁺	57 ⁺			80 ⁺								
<i>Convolvulus elegantissimus</i>	57 ⁺			67 ⁺															20 ⁺							
<i>Silene italica</i>	86 ⁺			17 ⁺		20 ⁺		22 ^r																		
<i>Rumex tuberosus</i>		17 ⁺		17 ⁺			11 ⁺			19 ⁺	100 ¹	75 ⁺		43 ⁺				100 ⁺								
<i>Anemone pavonina</i>		67 ⁺	60 ^r	17 ^r					19 ⁺	27 ⁺	50 ⁺	78 ⁺							60 ⁺							
<i>Bituminaria bituminosa</i>						40 ⁺	67 ¹	11 ⁺			9 ^r				29 ⁺				20 ⁺							
<i>Leontodon tuberosus</i>	33 ⁺						50 ¹			100 ¹	100 ⁺	22 ⁺	86 ⁺				100 ⁺	20 ⁺								
<i>Carlina corymbosa</i> subsp. <i>graeca</i>		17 ⁺													14 ⁺			20 ⁺	80 ⁺							
<i>Hyparrhenia hirta</i>															57 ¹	78 ¹		20 ¹								

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32
Diagnostic species of Thero-Brachypodietea																						
<i>Briza maxima</i>	100 ¹	80 ⁺	17 ⁺	67 ⁺	40 ⁺	100 ⁺	67 ¹	75 ⁺		36 ⁺	25 ⁺	78 ¹	57 ⁺	86 ¹	100 ⁺	50 ¹	100 ¹	40 ⁺	100 ⁺	80 ⁺	100 ¹	
<i>Cynosurus echinatus</i>	83 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	60 ⁺	100 ⁺	22 ⁺	100 ⁺		38 ⁺		14 ⁺	14 ⁺	56 ¹	100 ⁺	100 ¹	40 ⁺	75 ⁺	100 ⁺	100 ²		
<i>Trifolium angustifolium</i>	33 ⁺		17 ⁺		60 ⁺		22 ⁺	75 ^r					43 ⁺		67 ⁺	50 ⁺	60 ⁺	60 ⁺	50 ⁺	20 ⁺	100 ⁺	
<i>Trifolium stellatum</i>	29 ^r				20 ⁺				50 ⁺	18 ⁺	13 ⁺	56 ⁺	57 ⁺	86 ¹	67 ⁺	100 ⁺	100 ¹	40 ⁺	25	40		
<i>Tordylium maximum</i>	14 ^r		20 ⁺		40 ⁺		56 ⁺	75 ⁺	13 ⁺				14 ⁺	43 ¹	56 ⁺		20 ⁺					
<i>Trifolium subterraneum</i>	14 ^r		33 ⁺		20 ⁺		33 ¹	25 ⁺	13 ⁺		38 ⁺	33 ⁺	14 ⁺									
<i>Cerastium semidecandrum</i>	14 ^r		20 ⁺	83 ⁺	33 ^r					9 ⁺	25 ⁺											
<i>Aira elegantissima</i>		40 ⁺	17 ⁺		60 ¹	100 ⁺	33 ⁺	100 ⁺		64 ⁺	25 ⁺		14 ⁺		22 ⁺	100 ⁺	80 ¹					
<i>Catapodium rigidum</i>		60 ⁺	83 ⁺	33 ⁺	40 ⁺	33 ⁺	22 ⁺	25 ⁺					29 ⁺	43 ⁺	57 ⁺	50 ⁺		40 ⁺		100 ²		
<i>Crucianella angustifolia</i>				17 ⁺	100 ^r	20 ⁺	33 ⁺	22 ^r		6 ⁺					43 ⁺							
<i>Lagurus ovatus</i>						60 ⁺	33 ^r		50 ⁺					14 ¹	67 ⁺	100 ⁺	60 ⁺	40 ¹	75 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	
<i>Medicago coronata</i>	14 ⁺	33 ⁺				20 ⁺								57 ¹								
<i>Tuberaria guttata</i>	29 ^r						11 ⁺										40 ⁺					
<i>Ornithopus compressus</i>		50 ⁺	60 ⁺							27 ⁺	38 ⁺											
<i>Dasyphyrum villosum</i>		83 ⁺	80 ⁺				56 ⁺			9 ⁺		44 ⁺									100 ⁺	
<i>Arenaria serpyllifolia</i>				33 ⁺						18 ⁺	13 ⁺											
<i>Rumex bucephalophorus</i>										9 ⁺	50 ⁺	11 ⁺						80 ⁺			50 ²	
<i>Linum strictum</i>													14 ⁺			20 ⁺	100 ⁺	60 ⁺				
<i>Knautia integrifolia</i>											100 ⁺		50 ⁺	80 ⁺	60 ⁺	50 ⁺	80 ⁺	100 ²				
Diagnostic species of Stellarietea mediae																						
<i>Geranium purpureum</i>	71 ⁺	67 ¹	60 ⁺	83 ¹	100 ⁺	80 ⁺	67 ⁺	11 ⁺	50 ⁺	88 ⁺		63 ⁺	67 ⁺	86 ¹	29 ⁺		50 ⁺	100 ⁺	20 ¹	50 ⁺	20 ⁺	
<i>Sherardia arvensis</i>	71 ⁺	17 ⁺		67 ⁺	33 ⁺	80 ⁺	100 ⁺	56 ⁺	100 ¹	88 ⁺	73 ¹	75 ¹	33 ⁺	43 ⁺		100 ⁺		20 ⁺				
<i>Bromus sterilis</i>	43 ⁺	50 ¹	100 ¹	100 ¹	100 ⁺	80 ⁺	100 ⁺	44 ⁺	100 ¹	13 ⁺	55 ⁺	88 ⁺	44 ⁺	57 ⁺		11 ⁺					100 ⁺	
<i>Hordeum murinum</i> subsp. <i>leporinum</i>	14 ^r		40 ⁺	17 ⁺		60 ⁺	33 ⁺	44 ⁺	100 ⁺	63 ⁺	18 ⁺	38 ⁺		14 ⁺	14 ⁺	33 ⁺	50 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	80 ⁺	50 ⁺	
<i>Rhagadiolus stellatus</i>	43 ⁺	17 ¹	20 ⁺	50 ^r			33 ⁺	67 ⁺	100 ⁺	100 ¹	55 ⁺	88 ¹	56 ⁺	71 ⁺	29 ⁺		50 ⁺	20 ⁺			100 ⁺	
<i>Lathyrus aphaca</i>	29 ⁺	33 ⁺		17 ⁺		20 ⁺	67 ¹		75 ⁺	38 ⁺		11 ⁺			11 ⁺	50 ⁺		20 ⁺				
<i>Stellaria media</i>	29 ^r	17 ¹		17 ⁺		20 ⁺		11 ⁺	25 ⁺		36 ⁺	38 ⁺		86 ⁺				40 ⁺	25 ⁺			
<i>Scandix pecten-veneris</i>	43 ^r	33 ⁺				60 ⁺					25 ⁺							20 ⁺				
<i>Geranium molle</i>	29 ^r	33 ⁺		17 ⁺		20 ⁺		11 ⁺		13 ⁺	64 ⁺	75 ⁺		29 ⁺								
<i>Vicia tetrasperma</i>	14 ⁺	83 ⁺	80 ⁺			20 ⁺		33 ⁺		13 ⁺	9 ⁺											
<i>Sisymbrium officinale</i>	14 ⁺		40 ⁺	17 ^r		20 ⁺	33 ⁺	33 ⁺	50 ⁺	38 ⁺	27 ⁺	25 ⁺										
<i>Orlaya daucoides</i>	71 ⁺			17 ⁺				11 ⁺	25 ^r	13 ⁺	36 ¹	38 ^r	22 ⁺	14 ⁺								
<i>Eryngium campestre</i>	57 ⁺	33 ⁺	80 ⁺	33 ⁺				33 ⁺	11 ⁺			13 ⁺		14 ⁺								
<i>Carduus pycnocephalus</i>				17 ⁺		20 ⁺	33 ⁺	33 ⁺	75 ⁺	75 ⁺	55 ⁺	38 ⁺		57 ⁺			80 ⁺		40 ⁺			
<i>Torilis arvensis</i>		100 ⁺	80 ⁺	50 ^r		40 ⁺	33 ⁺	44 ⁺	50 ¹	25 ⁺		50 ⁺	44 ⁺	14 ^r			50 ⁺					
<i>Euphorbia helioscopia</i>		50 ⁺	60 ⁺	67 ⁺	33 ^r		33 ⁺	22 ⁺	25 ⁺					29 ⁺								
<i>Avena sterilis</i>		83 ⁺	60 ⁺		67 ⁺	60 ⁺	33 ⁺	67 ⁺	75 ⁺		27 ⁺	13 ⁺			86 ¹							
<i>Medicago arabica</i>			67 ⁺						11 ⁺	50 ⁺	63 ⁺	36 ⁺	63 ⁺	11 ⁺	57 ⁺							
<i>Sonchus oleraceus</i>		50 ⁺	60 ⁺				33 ⁺	56 ⁺	50 ⁺	6 ⁺	27 ⁺	13 ⁺	33 ⁺					20 ⁺				
<i>Scandix australis</i>		20 ⁺	33 ⁺		40 ⁺		33 ⁺		38 ⁺	73 ¹	88 ⁺	11 ⁺	71 ¹		33 ¹	50 ⁺	40 ⁺					
<i>Anthoxanthum ovatum</i>		60 ⁺	50 ⁺⁺					78 ⁺	100 ⁺	88 ⁺	82 ⁺	63 ⁺	22 ⁺	29 ⁺		33 ⁺		100 ⁺	60 ⁺			
<i>Mercurialis annua</i>		83 ⁺	33 ^r	60 ⁺			33 ⁺	75 ^r	69 ⁺	27 ⁺	38 ⁺	67 ⁺	57 ⁺				20 ⁺	20 ⁺				
<i>Anthemis cotula</i>			33 ^r	40 ⁺			67 ⁺	50 ¹	69 ⁺	82 ⁺	25 ⁺	11 ⁺	43 ⁺									
<i>Galium spurium</i>		33 ⁺		60 ⁺				56 ⁺	50 ⁺													
<i>Anthemis arvensis</i>		33 ⁺			100 ⁺			75 ⁺						14 ⁺								
<i>Geranium rotundifolium</i>		33 ⁺							69 ⁺			43 ⁺	43 ⁺									

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17	
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2	
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32	
<i>Capsella bursa-pastoris</i>										25 ^r	6 ⁺	18 ⁺	25 ⁺										
<i>Lamium amplexicaule</i>	14 ⁺										44 ⁺	27 ⁺	75 ⁺										
<i>Lolium rigidum</i>										25 ^r		9 ⁺	25 ⁺										
<i>Lamium amplexicaule</i>																							
<i>Anthriscus cerefolium</i>							20 ⁺			100 ⁺	81 ⁺												
<i>Urtica urens</i>								11 ⁺		19 ⁺	9 ⁺												
<i>Anagallis arvensis</i>	17 ^r									64 ⁺		33 ⁺										20 ⁺	
<i>Urospermum picroides</i>												14 ⁺	43 ¹									60 ¹	
<i>Daucus carota</i>													86 ¹										
Diagnostic species of Artemisietae vulgaris																							
<i>Galium aparine</i>	57 ¹	100 ²	80 ¹	100 ¹	100 ⁺	60 ⁺	67 ⁺	78 ¹	100 ⁺	94 ⁺	100 ¹	100 ⁺	67 ⁺	71 ²	14 ¹	11 ⁺	50 ¹	100 ⁺					
<i>Crepis foetida</i>	43 ^r			17 ⁺	67 ⁺	20 ⁺		11 ⁺		6 ⁺		50 ⁺	22 ⁺	57 ⁺	86 ⁺		50 ⁺					50 ⁺	
<i>Carthamus lanatus</i> aggr.	71 ⁺		20 ⁺							13 ⁺	45 ⁺	25 ⁺		43 ⁺									
<i>Crepis setosa</i>	67 ⁺		67 ⁺			60 ⁺		44 ⁺	75 ^r														
<i>Notobasis syriaca</i>	17 ⁺							33 ⁺	78 ⁺	75 ⁺					14 ⁺								
<i>Picnomon acarna</i>				33 ⁺				33 ⁺	11 ¹												20 ⁺		
<i>Helminthotheca echooides</i>						20 ⁺	67 ⁺	11 ⁺	50 ⁺						14 ⁺								
<i>Stellaria apetala</i>		17 ⁺			20 ⁺				25 ⁺		45 ⁺	38 ⁺		86 ⁺									
<i>Silybum marianum</i>								11 ⁺	25 ⁺	38 ⁺	9 ⁺	50 ⁺	44 ⁺										
<i>Smyrnium perfoliatum</i>		17 ^r							25 ⁺					11 ⁺	86 ¹								
<i>Marrubium vulgare</i>										45 ⁺	25 ⁺		14 ¹										
Diagnostic species of Festuco-Brometea																							
<i>Sanguisorba minor</i>	29 ^r	67 ⁺	20 ⁺	17 ⁺				100 ⁺	44 ⁺	50 ⁺	6 ⁺	18 ⁺	63 ⁺	11 ⁺	14 ⁺	14 ⁺			20 ⁺				
<i>Muscari comosum</i>	50 ⁺		17 ⁺						25 ⁺	6 ⁺	82 ⁺		11 ⁺	29 ⁺	29 ¹		100 ⁺	25 ⁺					
<i>Ranunculus neapolitanus</i>	50 ⁺	40 ⁺	40 ⁺	33 ⁺	60 ⁺	33 ⁺	11 ⁺	25 ⁺	88 ⁺	73 ¹	50 ⁺	56 ⁺	86 ⁺	11 ⁺									
<i>Thymus longicaulis</i> subsp. <i>chaubardii</i>	43 ⁺			33 ^r	33 ⁺			22 ⁺	50 ⁺		9 ⁺												
<i>Carex flacca</i> subsp. <i>flacca</i>	71 ⁺			17 ⁺				11 ⁺											20 ⁺				
<i>Chrysopogon gryllus</i>					20 ^r					69 ⁺	9 ⁺	13 ⁺		14 ⁺					75 ⁺				
Diagnostic species of Kolerio-Corynephoretae																							
<i>Trifolium campestre</i>	14 ⁺	83 ⁺	80 ⁺	17 ⁺			40 ⁺	33 ⁺	22 ⁺	75 ⁺		9 ⁺	13 ⁺	11 ⁺	14 ⁺	100 ¹	11 ⁺	100 ⁺	100 ⁺	60 ⁺	25 ⁺	60 ⁺	
<i>Cerastium semidecandrum</i>	14 ^r		20 ⁺	83 ⁺	33 ^r						9 ⁺	25 ⁺											
<i>Myosotis ramosissima</i>	14 ⁺	17 ⁺								27 ⁺	75 ⁺	11 ⁺											
<i>Vulpia myuros</i>		33 ⁺	20 ⁺					33 ⁺	50 ⁺		50 ⁺												
<i>Veronica arvensis</i>					20 ⁺						56 ⁺	29 ⁺											
Other companion species																							
<i>Dactylis glomerata</i>	71 ⁺	83 ^r	100 ¹	100 ¹	100 ⁺	80 ⁺	100 ⁺	56 ⁺	75 ⁺	38 ⁺	9 ^r	75 ¹	22 ⁺	29 ⁺	57 ¹	33 ⁺	50 ⁺	80 ¹	80 ¹	75 ⁺	60 ⁺	100 ⁺	
<i>Microthlaspi perfoliatum</i>	29 ⁺		20 ⁺	33 ⁺																			
<i>Arum italicum</i>	17 ⁺	20 ⁺				20 ⁺	67 ⁺	22 ⁺	25 ⁺	31 ⁺				11 ⁺	43 ¹								
<i>Lolium perenne</i>	17 ⁺	20 ⁺	17 ⁺			20 ⁺			25 ⁺	6 ⁺										20 ⁺			
<i>Tragopogon porrifolius</i>		33 ⁺				20 ⁺		11 ⁺			9 ⁺		56 ^r		43 ⁺		50 ⁺						
<i>Rumex crispus</i>	17 ⁺							50 ⁺	13 ⁺	9 ⁺													
<i>Lamium garganicum</i>	50 ⁺								38 ⁺		13 ⁺	44 ⁺											
<i>Lotus corniculatus</i>	17 ⁺				20 ⁺	33 ⁺							14 ⁺	14 ⁺					20 ⁺	50 ⁺	60 ⁺		
<i>Bellis perennis</i>		100 ⁺	67 ⁺						69 ⁺	9 ⁺	50 ⁺		29 ⁺							60 ⁺			
<i>Allium subhirsutum</i>	20 ⁺			20 ^r	100 ¹	100 ^r	25 ^r	100 ⁺				33 ⁺	43 ^r	100 ¹	44 ⁺								
<i>Pimpinella tragium</i>		17 ^r	33 ⁺	40 ⁺		33 ⁺	25 ^r	25 ⁺	9 ⁺	13 ⁺	44 ⁺	14 ⁺											

Communities	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17				
Number of records	7	6	5	6	3	5	3	9	4	16	11	8	9	7	7	9	2	5	5	4	5	2				
Number of species	75	69	70	92	45	88	67	111	84	93	94	87	80	92	68	60	51	61	60	46	48	32				
<i>Ranunculus sprunnerianus</i>				20+	33 ^r		20+		11+					11 ^r												
<i>Veronica chamaedrys</i>			40+	50+										22+												
<i>Umbilicus horizontalis</i>				33+		20 ^r		22+		6+	27+		22+		14+											
<i>Trifolium pratense</i>				33+				22 ¹	50+					33+	71 ¹											
<i>Silene ungeri</i>				33+		20			25+	13+																
<i>Lotus cf angustissimus</i>			17+		40+		22+					13+														
<i>Trifolium fragiferum</i>			33+		20 ^r		44+		63+				22+	43+												
<i>Plantago lanceolata</i>					33			11+			73+											20+				
<i>Daucus guttatus</i>							67+	56+		6+	9 ^r		11 ^r													
<i>Anacamptis pyramidalis</i>							67+	11 ^r		13		22 ^r		14+												
<i>Biscutella didyma</i>								33+		13+	36+		43+	43+	33+	50+	20+									
<i>Fumaria judaica</i>								22+	25+	6+																
<i>Orobanche minor</i>								22 ^r		6+	27+															
<i>Vicia hybrida</i>									38+	27 ¹			86 ¹													
<i>Ranunculus gracilis</i>									6+			33+	57+													
<i>Crepis sancta</i>	43+									55+	63+															
<i>Serapias vomeracea</i>										9+		11 ^r	14+		50+											
<i>Silene cretica</i>										82+		11+				80 ¹										
<i>Gagea graeca</i>										27+					22+		20+									
<i>Anemone coronaria</i>										38+		14+					50+									
<i>Hymenocarpos circinnatus</i>								11 ^r				11+		86 ¹												
<i>Trifolium repens</i>										6+	45+						50+	40+								
<i>Hypochaeris radicata</i>													71+													
<i>Achnatherum bromoides</i>																80 ¹	100 ¹	100 ²	100 ⁺							
<i>Vicia cracca</i>																	60+	75+	80+	50+						
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	43+			80 ¹													25+	40 ¹	100 ²							

Additionally, in the floristic composition of the vegetation types of the valonia oak forests many species, diagnostic of other phytosociological classes, appear (Tables 2, 3), such as Mediterranean vegetation (*Cisto-Micromerietea juliana* Oberd. 1954, *Lygeo sparti-Stipetea tenacissimae* Rivas-Martinez 1978 and *Thero-Brachypodietea* Br.-Bl. ex A. de Bolòs y Vayreda 1950), temperate and boreal woodlands and scrub (*Quercetea pubescentis* Doing-Kraft ex Scamoni & Passarge 1959 and *Rhamno-Prunetea* Rivas Goday et Borja carbonell 1961), synanthropic vegetation (*Stellarietea mediae* R. Tx. et al. ex von Rochow 1951 and *Artemisietae vulgaris* Lohmeyer, & Preising ex von Rochow 1951), temperate heathlands and grasslands (*Festuco-Brometea* Br.-Bl. et R. Tx. in Br.-Bl. 1949, *Koelerio-Corynephoreta* Klika in Klika et Novák 1941) and companion species of others different phytosociological classes.

Ordination

The factor correspondence analysis of the 138 records with *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* (Figure 2) allowed us to distinguish seventeen vegetation types where the species plays a dominant, sub-dominant or differential role.

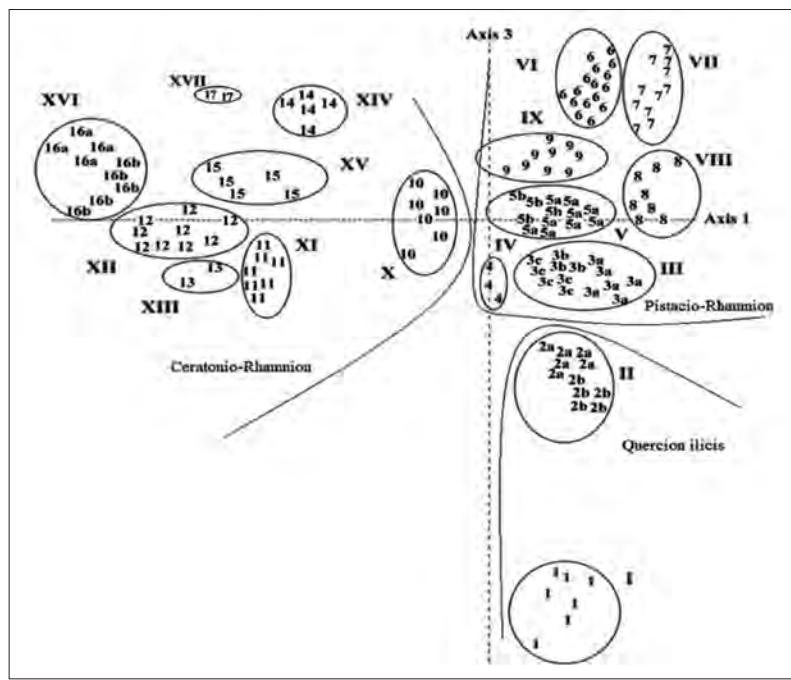
The distribution of the vegetation groups on Axis 1 (from left to right) shows a transition from the thermo-Mediterranean to meso Mediterranean vegetation layer, while Axis 3 (from bottom to top) seems to be related to both latitude (north-south) and a transition from the forest (*Quercion ilicis* Br.-Bl. (1931) 1936 em. R.M. 1974 alliance) to preforest ecosystems (*Pistacio-Rhamnion* Quezel & Barbero 1985 and *Ceratonio-Rhamnion* alliances).

Table 2 – Phytosociological spectrum (%) of classes of the seventeen vegetation types of valonia oak.

Vegetation types	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17	
Phytosociological classes (%)	Quercetea ilicis	18.5	11.0	15.7	10.4	20.8	13.6	18.5	11.3	7.0	10.0	3.7	8.0	18.8	16.2	20.0	34.7	20.0	16.7	36.3	38.5	25.3	5.8
	Quercetea pubescentis	13.7	8.5	11.2	4.3	3.3	3.7	7.2	6.0	5.5	4.1	2.6	4.6	5.4	3.2	3.0	3.6	10.0	3.1	3.3	3.4	3.4	3.8
	Rhamno-Prunetea	2.2	2.5	4.6	0.0	0.0	0.5	0.0	0.6	1.6	2.2	0.0	1.0	1.1	0.7	0.0	0.4	5.7	0.0	0.7	0.0	1.4	0.0
	Stellariete mediae	14.9	21.5	17.2	19.5	13.2	22.0	13.7	21.4	27.7	28.5	20.8	24.9	16.0	17.4	10.7	4.3	12.9	9.4	4.0	11.0	9.5	9.6
	Thero-Brachypodietea	3.5	11.5	11.6	10.4	11.0	11.0	12.0	10.0	11.4	2.2	4.6	5.9	7.7	6.0	13.5	17.6	17.1	18.8	12.6	16.0	26.5	29.0
	Cisto-Micromerietea	7.5	1.0	1.5	9.6	18.7	13.1	11.4	9.0	8.7	8.4	18.0	2.2	14.9	9.4	11.4	21.5	10.0	13.6	11.2	2.5	1.4	0.0
	Lygeo-Stipetea	6.1	8.5	5.0	6.5	3.3	4.2	4.0	5.0	2.7	4.4	9.7	9.9	6.1	6.1	6.4	5.2	0.0	10.4	10.6	1.7	2.7	3.8
	Artemisietea vulgaris	5.2	8.0	4.6	7.0	5.5	4.2	7.3	6.5	7.6	4.8	6.1	6.8	5.0	7.9	3.0	0.4	2.85	3.1	2.0	3.4	3.4	1.9
	Festuco-Brometea	7.0	7.5	3.6	5.8	0.0	1.6	0.8	2.0	2.7	4.3	3.2	1.2	2.6	4.0	0.4	0.0	0.0	0.5	2.6	1.7	2.7	1.9
	Kolerio-Corynephoretea	1.3	4.0	3.0	2.6	5.5	6.8	6.5	3.5	4.4	5.1	5.0	6.3	2.6	3.6	1.6	0.0	0.0	2.6	0.7	3.4	0.7	0.0
Other classes	20.1	16.0	22.0	23.9	18.7	19.3	18.6	24.7	20.7	26.0	26.3	29.2	19.8	25.5	30.0	12.3	21.45	21.8	16.0	18.4	23.0	44.2	

Table 3 – Phytosociological spectrum (%) of classes of the vegetation types of valonia oak at alliance-level.

Phytosociological classes (%)	Vegetation level	Meso-Mediterranean		Thermo-Mediterranean
	Alliance level (average %)	Quercion ilicis	Pistacio-Rhamnion	Ceratonio-Rhamnion
Quercetea ilicis		15.0	12.2	24.0
Quercetea pubescentis		11.1	4.6	4.1
Rhamno-Prunetea		3.1	0.7	0.9
Stellariete mediae		18.0	21.0	9.8
Thero-Brachypodietea		8.9	8.6	17.0
Cisto-Micromerietea		3.3	11.0	9.0
Lygeo -Stipetea		6.5	5.6	5.2
Artemisietea vulgaris		5.9	6.1	3.1
Festuco-Brometea		6.0	2.4	1.5
Kolerio-Corynephoretea		2.8	4.8	1.4
Other classes		19.4	23.0	24.0

**Figure 2 – Ordination diagram (axis 1, 3) of valonia oak with the 17 vegetation types distinguished.**

Floristic composition, life form and chorological spectrum of seventeen vegetation types of Valonia oak communities

Floristic investigations of vegetation types of Valonia oak (Table 1) have identified 315 taxa (60 phanerophytes, 23 chamaephytes, 87 hemicryptophytes, 30 geophytes, 115 therophytes) belonging to 208 genus and 73 families. The most represented families, with more than ten taxa, are Poaceae (34 taxa), Asteraceae (33 taxa), Fabaceae (33 taxa), Lamiaceae (21 taxa), Apiaceae (17 taxa), Caryophyllaceae (16 taxa) and Rosaceae (12 taxa). Life forms spectrum (Table 4) in the broad sense, shows that therophytes are the most represented (20.5%-55.8%) followed by phanerophytes (5.8%-33.8%), hemicryptophytes (13.2%-31.5%), geophytes (3%-19.2%), and chamaephytes (3%-14.7%).

Table 4 – Life forms spectrum (%) of the seventeen vegetation types of valonia oak.

Vegetation types	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17
Phanerophytes	30.8	18	21.8	11.3	21.8	15.0	17.8	14.8	14.7	11.3	6.0	11.2	25.7	18.3	17.4	33.8	28.8	18.4	28.5	23.7	19.7	5.8
Chamaephytes	14.5	3.5	4.5	5.7	11.0	8.3	8.0	4.8	4.9	5.6	3.0	3.1	9.2	6.5	10.1	14.7	10.9	8.4	6.6	8.5	8.3	3.8
Hemicryptophytes	23.2	25.0	29.9	31.5	22.0	23.9	25.8	18.7	20.6	22.0	22.5	22.1	18.0	23.6	19.0	17.9	13.7	13.2	25.2	25.4	25.0	25.0
Geophytes	3.0	7.0	4.6	7.9	10.0	7.8	12.1	12.7	6.5	18.6	12.7	9.9	11.9	18.2	10.2	9.7	6.8	15.3	19.2	8.5	8.3	15.4
Therophytes	28.5	46.5	39.2	43.6	35.2	45.0	36.3	49.0	53.3	42.5	55.8	53.7	35.2	33.4	43.3	23.9	39.8	44.7	20.5	33.9	38.7	50.0

Table 5 – Chorological spectrum (%) of the seventeen vegetation types of valonia oak.

Vegetation types	1	2a	2b	3a	3b	3c	4	5a	5b	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16a	16b	17
Mediterranean (Me)	35.1	32.0	33.4	41.5	55.0	48.2	50.8	46.0	39.1	48.9	33.0	34.3	58.3	49.3	60.0	68.0	48.7	58.9	60.9	66.5	63.6	46.2
E-Mediterranean (EM)	4.4	0.0	0.5	5.9	6.6	7.8	8.0	8.1	10.3	4.7	12.2	8.0	5.0	4.2	6.5	2.0	9.0	4.7	2.6	0.7	0.8	13.5
Mediterranean-SW Asian (MS)	10.0	12.0	9.4	5.5	5.5	6.7	8.0	8.6	5.5	8.0	10.2	13.4	8.8	11.3	5.7	1.2	19.2	6.8	2.6	10.0	12.9	1.9
Mediterranean-European (ME)	9.0	11	10.7	0.9	0.0	1.6	3.2	1.2	0.5	0.5	3.5	8.3	1.9	3.4	6.1	11.4	2.5	9.9	8.0	0.0	0.0	0.0
Mediterranean-Atlantic (MA)	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.3	1.0	1.3	1.7	0.8	3.8
European-Sw Asian (EA)	20.6	18.0	17.2	25.0	14.4	20.8	16.3	20.2	25.0	18.8	20.2	19.4	13.4	20.4	6.0	5.3	10.3	8.4	12.0	9.3	7.6	7.8
Paleotemperate (Pt)	10.5	13.0	13.7	9.0	4.4	5.7	3.2	7.0	6.0	9.8	8.7	9.5	4.6	4.6	7.4	1.2	3.9	5.2	4.0	5.1	6.0	9.6
Cosmopolitan (Co)	1.3	3.0	2.5	4.0	1.0	0.5	0.8	1.5	2.7	1.0	9.0	2.2	1.1	1.9	0.0	0.0	2.5	1.0	1.3	0.8	1.5	3.8
Euro-Siberian (Es)	0.4	4.5	6.6	3.6	7.7	3.1	0.8	1.5	2.7	5.0	0.7	0.9	0.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
European (Eu)	2.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.6	0.6	0.0	0.4	0.0	0.0	0.8	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0
Balkan (BK)	4.4	0.0	0.0	0.9	0.0	1.0	1.6	0.6	2.2	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
Balkan Anatolian (BA)	1.3	2.5	2.0	0.9	1.0	0.0	0.0	0.9	1.7	0.2	1.0	1.9	1.1	1.5	2.2	0.8	0.0	1.0	2.6	0.0	0.0	0.0
Balkan Italian (BI)	0.0	0.0	0.0	0.5	2.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Greek Endemic	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	0.4	2.8	1.3	0.0	0.0	0.0
Other*	0.0	4.0	4.0	1.8	2.2	3.6	5.7	3.5	4.3	0.0	1.5	2.1	2.7	1.9	5.3	6.5	1.3	2.6	4.0	5.9	6.0	9.6

Chorological spectrum (Table 5) where Mediterranean taxa (sensu lato) dominate with high percentage. Me: 32% up to 68% and other Mediterranean (EM, MS, ME, MA): 12.1% up to 32%. This is followed by EA: 5.3% up to 25% and Pt: 1.2% up to 13.7%. The remaining chorological groups are represented with percentages usually below 10% including rare species such as some Balkan (*Verbascum humile*, *Erysimum cf. microstylum*, *Malcolmia graeca*, *Aristolochia elongata*, *Silene ungeri*) and Greek endemics (*Cerastium illyricum* subsp. *brachiatum*, *Cyclamen creticum*, *Inula verbascifolia* subsp. *parnassica*, *Scorzonera crocifolia*, *Cyclamen rhodium* subsp. *peloponnesiacum*).

Forest communities of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*

The forest communities of *Quercetea ilicis* can be found in the meso-Mediterranean vegetation belt at the northern or eastern

distribution limit of valonia oak in mainland Greece. These are generally degraded forest formations, with relatively closed or open canopy tree layer. They belong in the *Quercion ilicis* alliance, with diagnostic species such as *Asparagus acutifolius*, *Brachypodium retusum*, *Carex distachya*, *Lonicera etrusca*, *Ruscus aculeatus*, *Smilax aspera*, etc., even if some transgressive of *Quercetea pubescentis* appears, (eg., *Quercus pubescens*, *Paliurus spina-christi*, etc.) or as a local differential taxa (eg., *Acer monspessulanum*, *Carpinus orientalis*, *Colutea arborescens*, *Luzula forsteri*, *Cornus mas*, etc.) (see above, community 1, 2a, 2b) (Table 1). The degradation of these forests, except from the diagnostic species of Pistacio-Rhamnetalia alaterni order (eg. *Phillyrea latifolia*, *Quercus coccifera*, *Pyrus spinosa*, *Pistacia terebinthus*, etc.) (Table 1) is shown by the presence of *Stellarietalia mediae* (18%), *Thero-Brachypodietea* (8.9%), *Lygeo-Stipetea* (6.5%), *Festuco-Brometea* (6%), *Artemisieta vulgaris* (5.9%) species, etc. (Table 3).

Juniperus oxycedrus subsp. *deltoides*-
Quercus ithaburensis subsp. *macrolepis*
 community (Figure 2: group I; Table 1: 1)

- **Geographical distribution:** Northeastern Greece-Alexandroupoli, 40°05'N/25°57'E.
- **Physiognomy-structure:** Forest stands of valonia oak trees in low hills surrounded by crop fields. Average canopy cover: T 50%, S 60%, H 57%. Height of valonia trees: 7-8m. Characterized by the differential taxa *Juniperus oxycedrus* subsp. *deltoides*, *J. excelsa* in the form of shrub or tree, *Anthemis tinctoria* subsp. *parnassica*, *Verbascum humile*, *Teucrium chamaedrys*, *Pinus brutia*, *Ranunculus constantinopolitanus*, etc. Life-form spectrum: Ph (30.8%) > Th (28.5%) > He (23.2%) > Ch (14.5%) > Ge (3%) (Table 4).
- **Ecological preferences:** Bioclimate: Cool-subhumid. Substrate: Calcareous, shallow to moderately deep soils. Altitude: 150-225m. Exposure: Mainly south and east. Inclination: 10%-35%.
- **Human impact:** Moderate grazing.

Quercus frainetto-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* community
 (Figure 2: group II; Table 1: 2a, 2b)

- **Geographical distribution:** (2a) In Eastern Greece Magnisia-Almyros, 39°11'N/22°44'E and (2b) Northwestern Greece Thesprotia-Sybota, 39°24'N/20°15'E.
- **Physiognomy-structure:** Mixed forest stands, with *Quercus frainetto*, *Q. pubescens* with dominance of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*. Characterized by the differential taxa *Quercus frainetto*, *Clinopodium vulgare* subsp. *vulgare*, *Hordeum bulbosum*, *Aegilops triuncialis* and can be distinguished to two sub-communities:
 - (2a) with *Hypericum perforatum*, *Linaria pelisseriana*, *Carduus nutans*, *Arbutus unedo*, *Pyracantha coccinea*, etc. Average canopy cover: T 67%, S 10%, and H 80%. Height of oaks trees: 10-15m. Lowland, between intensive agriculture in coastal locations. Life-form spectrum: Th (46.5%) > He (25%) > Ph (18%) > Ge (7%) > Ch (3.5%) (Table 4).
 - (2b) with *Cruciata pedemontana*, *Cornus mas*, *Asplenium onopteris*, *Rubus hirtus* aggr., etc. Average canopy cover: T 78%, S 27%, and H 12%. Height of oaks trees: 10-13m. Damp places in small hills. Life-form spectrum: Th (39.2%) > He (29.9%) > Ph (21.8%) > Ge (4.6%) > Ch (4.5%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: (2a) Cool-subhumid, (2b) temperate-humid. Substrate: (2a) Deep alluvial soils, (2b) moderately deep alluvial soils. Altitude: (2a) 100m, (2b) 150-200m. Exposure: (2a) Flat, (2b) north and northwest. Inclination: (2a) 0%, (2b) 20%-35%.
- **Human impact:** (2a) Protected forest since 1980 and recreational activities, (2b) Grazing and urbanization.

Pre-forest communities of *Quercus macrolepis* subsp. *ithaburensis*

These pre-forest communities appear in the meso and thermo-Mediterranean vegetation belt, in a wide geographic expansion (mainland Greece, Peloponnesus, Crete, and Aegean Islands) and, in this respect, belong to many vegetation types (Table 1). They are usually found in stands with generally sparse tree canopy and sparse shrub understory vegetation. These plant communities (Table 1), except from the diagnostic species of Quercetea ilicis class (*Asparagus acutifolius*, *Cyclamen hederifolium*, *Lonicera etrusca*, *Arisarum vulgare*, etc.), are characterized by diagnostic species of the order Pistacio-Rhamnetalia alaterni (*Quercus coccifera*, *Pyrus spinosa*, *Phillyrea latifolia*, *Olea europaea* subsp. *europaea*, *Pistacia lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Piptatherum coerulescens*, *Osyris alba*) and are classified into the following two alliances: i. Pistacio-Rhamnion (with diagnostic species such as *Pistacia terebinthus*, *Jasminum fruticans*) and ii. Ceratonio-Rhamnion (with diagnostic species such as *Rhamnus lucioides* subsp. *graeca*, *Piptatherum miliaceum*, *Asparagus aphyllus*, *Rubia peregrina*, *Ceratonia siliqua*). The degradation of Pistacio-Rhamnion communities is shown by the species of Stellarietea mediae (21%), Cisto-Micromerietea (11%), Thero-Brachypodietea (8.6%), Artemisieta vulgaris (6.1%), Lygeo-Stipetea (5.6%), etc. (Table 3), while the degradation of Ceratonio-Rhamnion communities is shown by Thero-Brachypodietea (17%), Stellarietea mediae (9.8%), Cisto micromerietea (9%), Lygeo Stipetea (5.2%) species, etc. (Table 3)

Communities of *Pistacio terebinthi*-*Rhamnion alaterni*

Clematis flammula-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* community (Figure 2: group III; Table 1: 3a, 3b, 3c).

• **Geographical distribution:** Thesprotia – Vrahanas mountain (390 25' N/200 14' E).
Physiognomy-structure: There are extensive stands of valonia oak. Average canopy cover is T 55%, S 30%, and H 58%. The height of valonia trees ranges from 7m to 8m. It is characterized by the differential taxa *Clematis flammula*, *Galium divaricatum*, *Festuca cf valesiaca*, *Bromus tectorum*, *Cerastium brachypetalum* subsp. *roeseri*, *Minuartia attica*. The floristic composition is enriched by shrubs of *Quercus pubescens*. Three phases can be distinguished related to the relief, the human impact and to the dynamics of the community, the (3a) phase with *Asplenium ceterach*, *Asplenium trichomanes*, the (3b) phase with *Erica manipuliflora*, *Poa nemoralis*, *Genista tinctoria* and the (3c) phase with *Helianthemum nummularium*, *Stachys cretica*, *Erysimum cf microstylum*. Life-form spectrum: Th (41.3%) > He (25.8%) > Ph (16%) > Ge (8.5%) > Ch (8.4%) (Table 4, average of 3a, 3b, 3c).

• **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate-humid. Substrate: Shallow calcareous soils. Altitude 150-250m. Exposure: mainly west and southwest. Inclination: 25-55%.

• **Human impact:** Woodland fires, overgrazing and logging of valonia oak trees.

Dictamnus albus-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* community (Figure 2: group IV; Table 1: 4)

• **Geographical distribution:** Epirus - Katara hills NE of the delta Acheron river (390 15' N/200 30' E).

• **Physiognomy-structure:** Open woodlands of valonia oak trees on hillsides. Average canopy cover: T 35%, S 20%, H 60%. Height of valonia trees: 7-8m. Characterized by the differential taxa *Dictamnus albus*, *Micromeria crenophila*, *Bothriochloa ischaemum*, *Stachys germanica*, *Malcolmia graeca*, etc. Life-form spectrum: Th (36.3%) > He (25.8%) > Ph (17.8%) > Ge (12.1%) > Ch (8%) (Table 4).

• **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate-humid. Substrate: Eroded and

moderately deep calcareous soils. Altitude 70-200m. Exposure: West and southwest. Inclination: 20-45%.

• **Human impact:** Overgrazing, woodland fires and logging of valonia oak trees.

Poa trivialis subsp. *sylvicola*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* community (Figure 2: group V; Table 1: 5a, 5b).

• **Geographical distribution:** Etoloakarnania, in Pentalofo (5a) (380 30' N/210 15' E) and in Amphiliohia (5b) (380 50' N and 210 10' E).

• **Physiognomy-structure:** Generally open formations of valonia oak trees. Characterized by the differential taxa *Poa trivialis* subsp. *sylvicola*, *Corynephorus articulatus*, *Knautia ambigua*, *Melica ciliata*, etc., and can be distinguished to two sub-communities:

(5a): The typical community which is enriched by *Quercus pubescens* and *Quercus robur* subsp. *pedunculiflora*. Average canopy cover: T 72%, S 9%, H 70%. Height of valonia trees: 8-12m. Life-form spectrum: Th (49%) > He (18.7%) > Ph (14.8%) > Ge (12.7%) > Ch (4.8%) (Table 4).

(5b): A subcommunity with *Salvia officinalis*, *Pilosella leucopspilon*, can be distinguished in adret positions and gravel slopes, enriched by *Quercus frainetto* and *Carpinus orientalis*. Average canopy cover: T 52%, S 16%, H 58%. Height of valonia trees: 10-12m. Life-form spectrum: Th (53.3%) > He (20.6%) > Ph (14.7%) > Ge (6.5%) > Ch (4.9%) (Table 4).

• **Ecological preferences:** Bioclimate: (5a, 5b) Temperate-humid. Substrate: (5a) Moderately deep to shallow calcareous or deep alluvial soils, (5b) shallow to moderately deep calcareous soils. Altitude: (5a) 70-150m, (5b) 150-300m. Exposure: (5a) Eastern, southeastern, (5b) northeast, south-eastern. Inclination: (5a) 5-55%, (5b) 10-40%.

• **Human impact:** Overgrazing, woodland fires, logging or clearing of valonia oak trees.

Aristolochia elongata-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* community (Figure 2: group VI; Table 1: 6).

• **Geographical distribution:** Etoloakarnania, Prodromos (west and south of Lake Ozeros on hillside Ligovitsi – Manina) (380 37' N/210 11' E).

• **Physiognomy-structure:** Generally, rather open woodland of valonia oak trees. Average canopy cover: T 77%, S 8%, and H 70%.

Height of valonia trees: 6-12m. Characterized by the differential taxa *Aristolochia elongata*, *Polypodium cambricum*, *Echium vulgare*, *Stellaria cupaniana*, *Cardamine graeca*, *Cynoglossum officinale*, *Vinca major*, etc. Life-form spectrum: Th (42.5%) > He (22%) > Ge (18.6%) > Ph (11.3%) > Ch (5.6%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate-humid. Substrate: Mainly shallow calcareous soils. Altitudes of 320-520m. Exposure: Southeast, southwest, northeast, northwest. Inclination: 5-45%.

- **Human impact:** Overgrazing often in the form of transhumance, logging or clearing of valonia oak trees, vegetation fires.

Acer sempervirens-Quercus ithaburensis
subsp. *macrolepis* community
(Figure 2: group VII; Table 1: 7).

- **Geographical distribution:** Island of Kea, in the central and southeastern part (37° 37' N/240° 22' E).

- **Physiognomy-structure:** Valonia oak formations, generally open, of the terraces of old cultures for acorn production. Average canopy cover: T 65%, S 5%, H 75%. Height of valonia oak trees: 4-10m. Characterized by the differential taxa *Acer sempervirens* in the form of shrub, *Medicago littoralis*, *Ranunculus paludosus*, *Cerastium glomeratum*, *Silene vulgaris*, *Lupinus angustifolius*, *Vicia sativa*, etc. Life-form spectrum: Th (55.8%) > He (22.5%) > Ge (12.7%) > Ph (6%) > Ch (3%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate-subhumid. Substrate: Moderately deep schist soils. Altitude: 300-500m. Exposure: Southeast to northeast. Inclination: 5-35%.

- **Human impact:** Land abandonment of old cultures, grazing and touristic development.

Aristolochia hirta-Quercus ithaburensis
subsp. *macrolepis* community
(Figure 2: group VIII; Table 1: 8).

- **Geographical distribution:** Island of Lesbos, in the central and western part (39° 15' N/260° 07' E).

- **Physiognomy-structure:** Valonia oak woodland generally open, of the terraces of old cultures for production of acorn cups. Average canopy cover: T 61%, S 11%, and H 67%. Height of valonia trees: 6-8m. Characterized by the differential taxa *Aristolochia hirta*,

Fumaria petteri, *Ranunculus rumelicus*, *Veronica persica*, *Moenchia mantica*, *Alyssum umbellatum*, *Drimia aphylla*, etc. The floristic composition enriched by young trees or shrubs of *Quercus pubescens*. Life-form spectrum: Th (53.7%) > He (22.1%) > Ph (11.2%) > Ge (9.9%) > Ch (3.1%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate subhumid. Substrate: Moderately deep volcanic soils (andesite, rhyolite). Altitude: 140-400m. Exposure: East and southwest. Inclination: 0-35%.

- **Human impact:** Land abandonment of the old cultivations, grazing, woodland fires.

Aristolochia sempervirens-Quercus
ithaburensis subsp. *macrolepis* community
(Figure 2: group IX; Table 1: 9).

- **Geographical distribution:** Laconia, northwest of Kareopololis (36° 42' N/220° 29' E).

- **Physiognomy-structure:** Stands of valonia oak of various ages on the low hillsides surrounded by crop fields. Average canopy cover: T 65%, S 10%, and H 35%. Height of valonia trees: 6-8m. Characterized by the differential taxa *Aristolochia sempervirens*, *Erica arborea*, *Cistus monspeliensis*, *Ferula communis*, *Ferulago sylvatica*, *Cerastium illyricum* subsp. *brachiatum*, *Acer campestre*. The floristic composition is enriched with young trees of *Quercus pubescens* and shrubs of *Acer sempervirens*. Life-form spectrum: Th (35.2%) > Ph (25.7%) > He (18%) > Ge (11.9%) > Ch (9.2%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate sub-humid. Substrate: shallow calcareous soils. Altitude: 250-350m. Exposure: mainly west and east. Inclination 20%-80%.

- **Human impact:** Grazing, wildfires, supplying wood of valonia oak trees.

Communities of *Ceratonia siliquae*- *Rhamnion oleoidis*

Anagyris foetida-Quercus ithaburensis
subsp. *macrolepis* community
(Figure 2: group X; Table 1: 10).

- **Geographical distribution:** Crete, south west of Rethymnon (Atsipopoulo-Prines) (35° 20' N/240° 25' E).

- **Physiognomy-structure:** Stands of valonia oak on the terraces of old cultivations (acorn production). Average canopy cover: T 46%, S

9%, and H 79%. Height of valonia trees: 6-15m. Characterized by the differential taxa *Anagyris foetida*, *Dracunculus vulgaris*, *Cyclamen creticum*, *Oxalis pes-carpa*e, *Cotoneaster numularius*, *Geranium dissectum*, *Thymus leucotrichus* subsp. *leucotrichus*, etc. The floristic composition enriched by shrubs of *Euphorbia dendroides*. Life-form spectrum: Th (33.4%) > He (23.6%) > Ph (18.3%) > Ge (18.2%) > Ch (6.5%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Warm subhumid. Substrate: Moderately deep calcareous soils. Altitude: 150-250m. Exposure: northeast, west and southwest. Inclination: 5%-30%.

- **Human impact:** Land abandonment of the old cultivations, tourism development and urbanization.

Plomido fruticosae-Euphorbietaum dendroidis Theocharopoulos et al. 1998 (Figure 2: group XI; Table 1: 11).

- **Geographical distribution:** In central Greece around the Gulf of Itea in Galaxidi and Sykia (38° 23' N/22° 21' E and 38° 23' N/22° 30' E).

- **Physiognomy-structure:** It is a garrigue with *Euphorbia dendroides* and *Phlomis fruticosa* where *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* appears with small stands or scattered trees on the terraces of abandoned crops that have resulted from the clearing of this oak (Theocharopoulos et al. 1998). Average canopy cover: T 30%, S 75%, and H 65%. Height of valonia trees: 6-10m. Characterized by the differential taxa, *Euphorbia dendroides* *Onobrychis aequidentata*, *Crupina crupinastrum*, *Medicago disciformis*, *Verbascum sinuatum*, *Ballota acetabulosa*, *Malabaila aurea*, etc. Life-form spectrum: Th (43.3%) > He (19%) > Ph (17.4%) > Ge (10.2%) > Ch (10.1%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate semiarid. Substrate: Shallow limestone. Altitude: 5-250m. Exposure: Southeast and southwest. Inclination: 5%-30%.

- **Human impact:** Overgrazing, woodland burning and urbanization.

Oleo europaeae-Pistacietaum lentisci Ludwig, Krause & Seidel 1963 (Figure 2: group XII; Table 1: 12).

- **Geographical distribution:** Lakonia south of Gytheion, Skoutari-kamares (36° 40' N/22° 30' E).

- **Physiognomy-structure:** Woodland with *Olea europaea* subsp. *europaea* and *Pistacia lentiscus* where bigger or small stands or scattered trees of valonia oak appears of various ages on the terraces of abandoned olive groves or land. The land occupied by this oak, that is associated with or in contact with the *Olea* and *Ceratonia* forest habitats, has been cleared for agriculture or is presently used as pasture. Average canopy cover: T 50%, S 65%, and H 65%. Height of valonia trees: 4-10m. Characterized by the differential taxa *Euphorbia acanthothamnos*, *Reichardia picroides*, *Scaligeria napiformis*, *Cyclamen rhodium* subsp. *peloponnesiacum*, *Scorzonera crocifolia*, etc. The floristic composition is characterized by a high percentage of Cisto-Micromerietea species (21.5%) (Table 2). Life-form spectrum: Ph (33.8%) > Th (23.9%) > He (17.9%) > Ch (14.7%) > Ge (9.7%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Warm semiarid. Substrate: Shallow calcareous soils. Altitude: 20-200m. Exposure: South and southeast. Inclination: 0%-40%.

- **Human impact:** Grazing, pastoral fire management (Bathrellou 2007) and urbanization.

Quercus pubescens*-*Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis community (Figure 2: group XIII; Table 1: 13).

- **Geographical distribution:** Lakonia north of the village Vachos (36° 41' N/22° 25' E).

- **Physiognomy-structure:** It is a residual group of mixed stands of pubescens and valonia oaks who dominates, mainly near abandoned crops. Average canopy cover: T 60%, S 45%, and H 65%. Height of oak trees: 8-10m. Characterized by the differential taxa *Hypericum perforatum*, *Bromus madritensis*, *Rubus sanctus*, *Fraxinus ornus*, etc. The floristic composition is enriched by *Erica arborea*, *Myrtus communis*, etc. Life-form spectrum: Th (39.8%) > Ph (28.8%) > He (13.7%) > Ch (10.9%) > Ge (6.8%) (Table 4).

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate subhumid. Substrate: Shallow or moderately deep calcareous soils with a mixture of gravel and fine soil. Altitude: 190-200m. Exposure: Mostly south. Inclination: 10%-35%

- **Human impact:** Grazing, valonia and pubescens oak trees clearing.

Rubia tenuifolia-Quercus ithaburensis
subsp. *macrolepis* community
(Figure 2: group XIV; Table 1: 14)

- **Geographical distribution:** On the island of Nisyros - Dodecanese (360 35'N/270 11'E).
- **Physiognomy-structure:** Stands of valonia oak on the terraces of old cultivations (acorn production). Average canopy cover: T 45%, S 20%, and H 75%. Height of valonia trees: 4-7m. Characterized by the differential taxa *Rubia tenuifolia*, *Aethorhiza bulbosa*, *Origanum onites*, *Daphne gnidioides*, *Styrax officinalis*, etc. Life-form spectrum: Th (44.7%) > Ph (18.4%) > Ge (15.3%) > He (13.2%) > Ch (8.4%) (Table 4).
- **Ecological preferences:** Bioclimate: Warm - subhumid. Substrate: Shallow volcanic soils (Rhyodacite). Altitude: 50-400m. Exposure: East and northeast. Inclination: 10%-70%.
- **Human impact:** Land abandonment of the old cultivations and overgrazing.

Prunus webbii - Quercus ithaburensis
subsp. *macrolepis* community
(Figure 2: group XV; Table 1: 15)

- **Geographical distribution:** North-western Peloponnese to the hills Mavra Vouna (380 09'N/210 22'E).
- **Physiognomy-structure:** Small clusters or scattered trees of valonia oak of various ages. Average canopy cover: T 40%, S 60%, and H 75%. Height of valonia trees: 3-8m. Characterized by the differential taxa *Prunus webbii*, *Ficaria verna*, *Salvia viridis*, *Cynara cardunculus*, *Ephedra foeminea*, *Petrorhagia glumacea*. Life-form spectrum: Ph (28.5%) > He (25.2%) > Th (20.5%) > Ge (19.2%) > Ch (6.6%) (Table 4).
- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate subhumid. Substrate: Shallow or eroded calcareous soils. Altitude: 5-250m. Exposure: Southeast and southwest. Inclination: 15%-80%.
- **Human impact:** Overgrazing, woodland burning, clearing vegetation and touristic activities.

***Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis*-
Pinus pinea community**
(Figure 2: group XVI; Table 1: 16).

- **Geographical distribution:** Northwestern Peloponnese in the forest of Strofilia in a narrow coastal belt of dunes (380 07'N/210 22'E).

• **Physiognomy-structure:** Stone pine woods generally open and more or less sparse with *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* in the form of trees and shrubs of various ages. Average canopy cover: T 75%, S 20%, and H 60%. Height of valonia trees: 3-8m. Characterized by the differential taxa *Pinus pinea*, *Myrtus communis*, *Hypochaeris glabra*, *Scolymus hispanicus*, *Alkanna tinctoria*, *Juniperus phoenicea*, etc. with a phase (16a) of *Pinus halepensis*. The stone pine from a height of 15-20m is presented by old trees of 90-200 years and almost no natural regeneration which promotes the gradual invasion of valonia oak and Aleppo pine (Papamichos et al. 1986). Life-form spectrum: Th (36.3%) > He (25.2%) > Ph (21.7%) > Ge (8.4%) = Ch (8.4%). (Table 4, average of 16a, 16b).

• **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate subhumid. Substrate: Sandy of fairly evolved, moderately deep soils. Altitude: 1-2m. Exposure: Western and flat. Inclination: 0%-5%.

• **Human impact:** Soil trampling and compaction because of grazing by cattle and sheep, woodland burning and recreational activities.

Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis
community (Figure 2: group XVII; Table 1: 17).

• **Geographical distribution:** It occurs in the eastern part of the forest Strofilia outside the village Metoxi (380 07'N/210 23'E).

• **Physiognomy-structure:** Stands of valonia oak, old-age. Average canopy cover: T 75%, S 3%, and H 90%. Height of trees: 8-12m. Characterized by the differential taxa *Silene bellidifolia*, *Erodium cicutarium*, *Salvia verbenaca*, *Torilis japonica*, *Pteridium aquilinum*, *Oenanthe silaifolia*, etc. The shrub layer has almost disappeared due to human activities. This community is difficult to classify, from a phytosociological point of view. Nevertheless, the sclerophyllous forest elements, with diagnostic species *Asparagus acutifolius*, *Cercis siliquastrum* (Table 1) and the ordination diagram (Figure 2) can relate more or less this community in the alliance Ceratonio-Rhamnion. Life-form spectrum: Th (50%) > He (25%) > Ge (15.4%) > Ph (5.8%) > Ch (3.8%) (Table 4).

• **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate subhumid. Substrate: Sandy of fairly evolved, moderately deep soils. Altitude: 1-2m. Exposure: Flat. Inclination: 0%.

• **Human impact:** Woodland burning, overgrazing and agricultural activities.

Anther communities of valonia oak

Aegean island of Agios Efstratios
(E: Figure 1).

• **Geographical distribution:** All over the island, (39° 30' N/25° 00' E).

• **Physiognomy:** Reliques of old-age forest of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* (cover 55-60%), height of trees 8-12m. The shrub layer has completely disappeared. The herb layer (cover 60-65%) is dominated by *Bromus madritensis* (5%), *Galium aparine* (5%), *Dactylis glomerata* (5%), *Briza maxima* (2%), *Trifolium campestre* (5%), *T. angustifolium* (1%), *T. stellatum* (1%), *Euphorbia peplus* (3%), *Geranium rotundifolium* (2%), *G. lucidum* (2%), *Asparagus acutifolius* (2%), *Medicago arabica* (2%), *M. disciformis* (1%), *Lagurus ovatus* (1%), *Hypochaeris achyrophorus* (1%), *Tordylium apulum* (0.5%), *Carduus pycnocephalus* (0.5%), *Hymenocarpus circinatus* (0.5%), *Rumex tuberosus* (0.5%), *Sarcopoterium spinosum* (0.5%), etc. This community is very difficult to classify, from a phytosociological point of view because of the lack of the shrub layer and diagnostics species.

• **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate-subhumid. Substrate: Eroded volcanic soils. Altitude 50-150m. Exposure: South and northeast. Inclination: 20%-50%.

• **Human impact:** Valonia oak trees clearing and intensive grazing.

Kalama at Epirus (K: Figure 1).

• **Geographical distribution:** Mauro Oros (kestrini) hill of the delta Kalama rive, (39° 33' N/20° 10' E).

• **Physiognomy:** Stands with open grown tree layer of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* (cover 45-50%), height 8-10m. The shrub layer (cover 40-45%) is dominated by *Phlomis fruticosa* (35-40%), *Salvia fruticosa* (5%), and some individuals of *Pyrus spinosa* (1%). The herb layer (55-60%) dominated by *Asphodelus ramosus* (15-20%), *Poa bulbosa* (5%), *Dactylis glomerata* (5%), *Cynosurus echinatus* (5%), *Trifolium campestre* (5%), *Drimia numidica* (2%), *Micromeria juliana* (2%), *Teucrium capitatum* (0.5%), *Asparagus acutifolius* (0.5%), *Sanguisorba minor* (0.5%), etc. This community is difficult to classify, from a phytosociological point of view because of the lack of diagnostics species.

- **Ecological preferences:** Bioclimate: Temperate-humid. Substrate: Eroded calcareous soils. Altitude: 150-220m. Exposure: Southeast and southwest. Inclination: 20%-50%.

- **Human impact:** Overgrazing and woodland fires.

These communities of valonia oak appear in the meso Mediterranean vegetation zone.

Discussion and conclusions

Valonia oak forests in Greece appear in thermo and meso Mediterranean vegetation belt, the occupy an area of about 30,000ha, forming stands, clusters and groups, some of which are more or less degraded. Valonia oak forests were cleared in the past and used for agriculture, as agrosilvopastoral ecosystems to gain great economic value (tanneries). Nowadays, without any form of management they are exposed to overgrazing, illegal logging, land clearing and fires while the accelerated socioeconomic changes lead to land abandonment and, often, their use for tourism or urbanization activities. On the bright side, in the past few years, there has been a growing interest for the species to be included in reforestation as well as in restoration projects (Tsakaldimi *et al.* 2000; Tsitsoni *et al.* 2011).

The syntaxonomy of valonia oak stands, based on 138 records from nineteen areas, identified 315 taxa belonging to 208 genus and 73 families. The plant communities of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* are classified to the Quercetea ilicis class distinguished in forest units of the Quercetalia ilicis and pre-forest units of the Pistacio-Rhamnetalia alaterni orders (Table 1). Syntaxonomically, at alliance level, the thermo-Mediterranean valonia oak stands are classified in Ceratonio-Rhamnion while those of the meso-Mediterranean in the Pistacio-Rhamnion and Quercion ilicis. The endemic alliance of Crete, Cyclamino cretici-Quercion ilicis in forest units, must also be added. Furthermore, some communities very degraded, are difficult to be classified, because of the lack of diagnostics species. Also, several diagnostic species of other phytosociological classes (Table 2), appear reflecting the impacts that these communities have undergone.

Life forms spectrum (Table 4), shows that therophytes are the most represented followed by phanerophytes or hemicryptophytes, geophytes and chamaephytes. The higher rate of annual species is related either to the adaptation to stress of summer drought according to vegetation level (thermo-Mediterranean or meso-Mediterranean), or to the disturbance by persisting anthropogenic activities. The degradation of valonia oak forests is more obvious by the occurrence of the high abundance of synanthropic vegetation of *Stellarietea mediae* and *Artemisietea vulgaris* (Tables 2 and 3).

Regarding the biogeographical distribution (Table 5), the Mediterranean element (*lato sensu*) is dominant, followed by European - SW Asian and Paleotemperate, and then the other biogeographic types with a weak or very weak distribution including rare species (Balkans and Greek endemics).

Concerning the phytosociological position of the Valonia oak communities in relation to other countries which grow, the following can be concluded: i. In Italy, Biondi *et al.* (2010) classified valonia oak forests, which is found in small residual forest cenoeces, into the *Fraxino orni-Quercion ilicis* Biondi, Casavecchia & Gigante 2003 of *Quercetea ilicis*. ii. In Albania, based on Dida (2003), valonia oak forests are also classified to *Quercetea ilicis* (Oleo-Ceratonion and *Quercion ilicis*). The phytosociological classification is rather difficult as a result of changes of the natural vegetation structure which, in many cases, has become heavily degraded, tending towards the formation of *Phlomis fruticosa*. iii. In Turkey, the communities of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* are classified to *Quercetea ilicis* (Ceratonio-Rhamnion, Pistacio-Rhamnion, *Quercion ilicis* and *Quercion calliprini* Zohary 1962 em. Quézel, Barbero & Akman 1978, in Quézel & Barbero 1985), but also to *Quercetea pubescens* (*Quercion anatolicae* Akman, Barbero and Quézel 1979 in Quezel *et al.* 1992). Thus, it will be very interesting to conduct a syntaxinomical review of the forests of valonia oak throughout its distribution area (S. Italy, Albania, Greece and Turkey).

Quercus ithaburensis subsp. *macrolepis* can be characterized as a species of wide adaptability in different geological substrates and bioclimatic conditions (Table 6). The plant communities studied here were present in humid (temperate winter), subhumid (warm, temperate, cool winter) and semiarid (warm,

temperate winter) bioclimate, presenting its optimum in the subhumid and humid bioclimate with temperate winter. Even though it is not affected by slope inclination and exposure, it prefers sunny slopes. According to Pantera *et al.* (2008) valonia oak is more sensitive to temperature rather than to precipitation, since low temperature is a limiting factor to its distribution. Since the geological substrate (limestone, volcanic, schist, alluvial and colluvial deposits, sandstone-conglomerate, sandy) is not affecting the species distribution, it appears that the deterministic factor for this is mainly of bioclimatic nature. It prefers deep soils (eg. alluvial terraces, the lower of slopes) but it may grow in generally shallow soils or moderately deep stony. Regarding altitude, *Quercus macrolepis* subsp. *macrolepis* extends from the sea level up to 520m, forming characteristic stands, however it can be found as individual trees up to 900m asl.

Considering that the forests of deciduous oaks, at thermo and meso-mediterranean belt of vegetation, form climax stands, in stations where edaphic conditions induce a good water balance which largely offsets the water deficit related, either to low rainfall, or to insufficient hygrometric degree of air (Barbero & Quézel 1976), three different physiognomic groups of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* can be distinguished from the point of view of their ecology and dynamics. These edaphic conditions are related in particular to the geographical location (costal area), to the topography, to the nature of the soil and sub soil.

1. Plant communities of relatively closed or open canopy tree layer of valonia oak, usually degraded by human activity, always present, on generally deep or moderately deep soils in humid and subhumid bioclimate. These communities (communities 1,2, table 6) that are classified in *Quercetea ilicis* (*Quercion ilicis*), can evolve at least theoretically, to closed canopy stands with typical diagnostic taxa of forest phytosociological classes, that is to species not developing at the stages of degradation, with evolved soil.

2. Plant communities of more or less usually open canopy of valonia oak on generally degraded soils in humid, subhumid and semi-arid bioclimate, under intensive human influence. These formations are classified in Pistacio-Rhamnetalia (Pistacio-Rhamnion, Ceratonio-Rhamnion) and valonia oak cannot significantly affect the floristic composition

Table 6 – Valonia oak vegetation types and habitat in combination to its phytoecology and dynamism.

Communities or associations	Habitat of 92/43/EEC	Bioclimatic type	Rock type/soil depth	Exposure	Inclination (%)	Altitude (m)
Forest communities Quercion ilicis	1. <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>deltoides</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Cool-subhumid	Calcareous, shallow to moderately deep	Mainly south and east	10-35
	2. <i>Quercus frainetto</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Cool subhumid or temperate-humid	Alluvial, deep or moderately deep	Flat, north and northwest	0-35
	3. <i>Clematis flammula</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate-humid	Calcareous, shallow	Mainly west and southwest	25-55
	4. <i>Dictamnus albus</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate-humid	Calcareous, eroded and moderately deep	West and southwest	20-45
	5. <i>Poa trivialis</i> subsp. <i>sylvestris</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate-humid	Calcareous, moderately deep to shallow Alluvial deep	Eastern, south eastern, north east	10-55
Pre-forest communities Pistacio Rhamnion	6. <i>Aristolochia elongata</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate-humid	Calcareous, mainly shallow	Southeast, south west, northeast, northwest	320-520
	7. <i>Acer sempervirens</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate subhumid	Schist, moderately deep	Southeast to northeast	5-35
	8. <i>Aristolochia hirta</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate subhumid	Volcanic, moderately deep	East and southwest	0-35
	9. <i>Aristolochia sempervirens</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate subhumid	Calcareous, shallow	Mainly west and east	20-80
	(E) <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community (K) <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community	9350	Temperate-subhumid Temperate-humid	Eroded volcanic soils Eroded calcareous soils	South and north east South east and southwest	20-50
Pre-forest communities Ceratonio Rhamnion	10. <i>Anagyris foetida</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Warm subhumid	Calcareous, moderately deep	North east, west and southwest	5-30
	13. <i>Quercus pubescens</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate subhumid	Calcareous, shallow or moderately deep	Mostly south	10-35
	14. <i>Rubia tenuifolia</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Warm subhumid	Volcanic, shallow	East and north-east	10-70
	15. <i>Prunus webbii</i> - <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i>	9350	Temperate subhumid	Calcareous, shallow or eroded	South-east and south-west	15-80
	16. <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> - <i>Pinus pinea</i>	9540	Temperate subhumid	Sandy, moderately deep	Western and flat	0-5
Post-cultural pre-forest communities Ceratonio Rhamnion	11. <i>Plomido fruticosae</i> - <i>Euphorbietum dendroidis</i>	5331	Temperate semiarid	Limestone, shallow	South-east and south-west	5-30
	12. <i>Oleo europaeae</i> - <i>Pistaciagetum lentisci</i>	9320	Warm semiarid	Calcareous, shallow	South and south-east	0-40
Degraded Communities Ceratonio Rhamnion?	17. <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> community	9350	Temperate subhumid	Sandy, moderately deep	Flat	0
						2-3

of the herb layer because of the current ecological conditions. These vegetation types can be separated to:

- Communities which are dominated (communities 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, table 6) or sub-dominant (community 16, table 6) by the valonia oak, in humid and subhumid bioclimate. The dynamism of these formations allows, at least theoretically, constituting transitional stages of evolution towards true forests depending on the above ecological conditions.
- Communities which resulted from post-cultural (abandoned fields or land from the clearing of this oak) secondary successions where valonia oak participates to the floristic composition in semi-arid bioclimate (associations 11, 12, table 6). They represent structures, most often matorral with trees, whose evolution towards forest groups, significant from the phytosociological point of view, is very difficult and very slow under the current ecological conditions.

3. Plant communities of open canopy or scattered stands of valonia oak (forest-park) on generally rocky and shallow soils, where these trees no longer have any phytosociological relationship, with the undergrowth consist of a more or less dense layer mainly of annual species, irrespective of type of bioclimate. These groupings are very difficult to be classified, due to lack of diagnostic species and can not evolve towards a really sylvatic landscape. Characteristic is the case of the community 17 (table 6). Similar plant communities were observed in the Kalama river delta at Epirus, in the North Aegean island of Agios Efstratios.

Regarding the habitat type, valonia oak communities that dominate are described as “forests of *Quercus macrolepis*” code 9350 (sub type: 41.791 - Hellenic valonia oak woods). This oak can participate in the other habitat type (Table 6) when their plant communities are sub-dominated (“Mediterranean pine forests with endemic Mesogean Pines” code 9540 - Sub type: 42.838 - Greek stone pine forests) or result from post-cultural secondary successions, (“Tree-spurge formations” code 5331 - Sub types: 32.22 and “*Olea* and *Ceratonia* forests” - code 9320 - Sub types: 32.211 - Oleo-Lentisc brush).

Furthermore, it is mentioned in the literature (Naveh & Whittaker 1979 among others) that the extensively grazed woodlands and shrublands of the Mediterranean Basin have

perhaps the greatest alpha diversity of any temperate plant community. This diversity is derived from the large number of annuals capable of surviving the multiple stresses of drought, fire, grazing and logging. Generally, valonia oak forests physiognomy can be characterized by the abundance of phanerophytes and the dominance of therophytes according the life form spectrum (Table 4).

The abundance of annual plants as well as the dynamic of these ecosystems are both of great importance for the high floristic diversity of valonia oak forests (Vrahnikis *et al.* 2014). It is crucial to mention that these forests are of great importance for the conservation of floristic diversity, but also for the conservation of important, rare and endemic species inside difficult environments (xerothermic conditions, shallow or eroded soils, etc.) and persistent anthropogenic activities.

Moreover, Ganatsas *et al.* (2017) concluded that valonia oak can be considered as one of the most tolerant oaks to desiccation worldwide and that explains the ability of species to survive, regenerate, and grow in the hottest and driest Mediterranean bioclimates that occur within the Mediterranean basin. Based on Fotelli *et al.* (2000), seedlings of valonia oak appeared to be the most drought-tolerant from other oak species (*Q. frainetto*, *Q. pubescens*), even from *Q. ilex*, a typical species of the Mediterranean evergreen shrublands. It becomes obvious that valonia oak is one of the few broadleaved species appearing and forming plant communities within xerothermic evergreen broadleaved alliances.

The valonia oak because of its ecological properties, can be considered as an interesting species for the reforestation, and taking into account the climate change, of degraded and dry areas of the lowlands and semi-mountainous areas where the availability of water of the soil is able to ensure its distribution in environments, hostile for other deciduous or semi-deciduous plants.

Acknowledgements

The authors would like to dedicate this work in memory of Professor Emeritus of the University of Aix Marseille P. Quézel for his contribution in the study of Mediterranean flora and vegetation. This research was partially conducted in the framework of the

research project “Ecology of Valonia Oak Forests in Greece”, under the “EPEAEK, ARCHIMEDES II programme” and was co-funded by the European Social Fund (75%) and the Greek Government (25%).

References

- Athanasiadis, N. & Gerasimidis, A. (1985). Forest Ecosystem of Strofilia, NW Peloponnesos and its plantsociological units. *Sc. Annals of the Department of Forestry and Natural Environment*, KH (10), 247-263. (In Greek with english summary).
- Barbero, M. & Quézel, P. (1976). Les groupements forestiers de Grèce Centro-Méridionale. *Ecologia Mediterranea* 2, 1-86.
- Barbero, M. & Quézel, P. (1980). La végétation forestière de Crète. *Ecologia Mediterranea* 5, 175-210.
- Bathrellou, K. (2007). *Taxonomy, distribution and essential oils of aromatic plants in the habitat types of "Notia Mani, Oros Saggias kai Akrotirio Tainaro"* (GR2540004). Master thesis environmental biology. Aristotle University of Thessaloniki, Faculty of Science, School of Biology. (in Greek).
- Benzécri, J.P., Benzécri, F., Birou, A., Blumenthal, S., De Boeck, A., Bordet, J.P., Candelier, G., Cazes, P., Da Costa Nicolau, F., Danech-Pajouh, M., Delprat, R., Demonet, M., Escoffier, B., Forcade, A., Friant, Fr., Grelet, Y., Kalogéopoulos, D., Lebart, L., Lebeaux, M.O., Leroy, P., Marcotorchino, J.F., Moussa, T., Mutombo, F., Nora, Ch., Prost, A., Rezvani, A., Robert, J., Rosenzveig, Ch., Roux, M., Solety, P., Stépan, S., Tabard, N., Tabet, N., Thauront, G., De Virville, M. & Vuillaume, Y. (1976). *L'analyse des données. 2. L'analyse de correspondances*. Dunod, Paris.
- Biondi, E., Blasi, C., Burrascano, S., Casavecchia, S., Copiz, R., Del Vico, E., Galderzi, D., Gigante, D., Lasen, C., Spampinato, G., Venanzoni, R. & Zivkovic, L. (2010). Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE. 9350: Foreste di *Quercus macrolepis* - Scheda tipo di habitat.
- Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 3 Aufl., Wien, New York.
- Council of Europe (1992). Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. *Off. J. Eur. Communities* L206/7/1992.
- Davis, P.H. (ed.) (1965-1985). *Flora of Turkey and the East Aegean islands*. Vol. 1-9. Edinburgh.
- Davis, P.H., (1982). *Flora of Turkey and the East Aegean islands*, 7. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Den Herder, M., Moreno, G., Mosquera-Losada, R., Palma, J., Sidiripoulou, A., Santiago Freijanes, J.S., Crous-Duran, J., Paulo, J.A., Tome, M., Pantera, A., Papanastasis, V.P., Mantzaas, K., Pachana, P., Papadopoulos, A., Plieninger, T. & Burgess, P. (2017). Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agr. Ecosyst. Environ.* 241, 121-132.
- Dengler, J., Jansen, F., Glöckler, F., Peet, R.K., De Cáceres, M., Chytrý, M., Ewald, J., Oldeland, J., Lopez-Gonzalez, G., Finckh, M., Mucina, L., Rodwell, J.S., Schaminée, J.H.J. & Spencer, N. (2011). The Global Index of Vegetation-Plot Databases (GIVD): a new resource for vegetation science. *Journal of Vegetation Science* 22, 582-597.
- Dida, M. (2003). *State of forest tree genetic resources in Albania*. Working Paper FGR/62E FAO, Rome, Italy.
- Dimopoulos, P., Raus, T., Bergmeier, E., Constantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., Strid, A. & Tzanoudakis, D. (2013). *Vascular Plants of Greece. An annotated checklist*. Botanic Garden and Botanical Museum Berlin-Dahlem & Hellenic Botanical Society, Berlin & Athens.
- Dufour-Dror, J.M. & Ertas, A. (2004). Bioclimatic perspectives in the distribution of *Quercus ithaburensis* Decne. subspecies in Turkey and in the Levant. *Journal of Biogeography* 31 (3), 461-474.
- European Commission (2013). *Interpretation Manual of European Union Habitats*. DG Environment.
- Fotelli, M.N., Radoglou, K.M. & Constantinidou, H.I. (2000). Water Stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. *Tree Physiology* 20, 1065-1075.
- Fotiadis, G., Tsiripidis, I., Bergmeier, E. & Dimopoulos, P. (2012). Hellenic Woodland Database. In: Dengler, J., Oldeland, J., Jansen, F., Chytrý, M., Ewald, J., Finckh, M., Glöckler, F., Lopez-Gonzalez, G., Peet, R.K. & Schaminée, J.H.J., Vegetation databases for the 21st century. *Biodiversity & Ecology* 4, 389-389.
- Ganatsas, P., Tsakaldimi, M., Zarkadi, P. & Stergiou, D. (2017). Intraspecific differences in the response to drying of *Quercus ithaburensis* acorns. *Plant Biosystems* 151 (5), 878-886.
- Govaerts, R. & Frodin, D.G. (1998). *World checklist and bibliography of Fagales*. Royal Botanical Garden, Kew.
- Hennekens, S.M. (1996). TURBO (VEG). *Software package for input, processing, and presentation of phytosociological data. User's guide*. Version July 1996. IBN-DLO, Wageningen & Lancaster University, Lancaster.
- Hill, M.O. (1979). *TWINSPAN – a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of individuals and attributes*. Cornell University, Ithaca, New York.
- Kaloudis, S., Pantera, A., Papadopoulos, A. & Galanopoulou, S. (2019). Impact of human and environmental factors on land cover changes of an oak silvopastoral system. *Agroforest Syst*, <https://doi.org/10.1007/s10457-019-00437-w>
- Mucina, L. (1997). Conspectus of classes of European vegetation. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 32, 117-172.
- Naveh, Z. & Whittaker, R.H. (1979). Structural and floristic diversity of shrublands and woodlands in Northern Israel and other Mediterranean areas. *Vegetatio* 41 (3), 171-190.
- Pantera, A., Papadopoulos, A.M. & Papanastasis, V. 2007. Le rôle des facteurs bioclimatiques sur la distribution de *Quercus ithaburensis* ssp. *macrolepis* (Kotschy) Hedge & Yalt. en Grèce. XX^e colloque de l'Association internationale de climatologie, Carthage, Tunisie, pp. 448-453.
- Pantera, A., Papadopoulos, A.M., Fotiadis, G. & Papanastasis, V.P. (2008). Distribution and ptyogeographical analysis of *Quercus ithaburensis* ssp. *macrolepis* in Greece. *Ecologia Mediterranea* 34, 73-81.

- Pantera, A., Papadopoulos, A. & Papanastasis, V.P. (2018). Valonia oak agroforestry systems in Greece: an overview. *Agroforest Syst*, doi 10.1007/s10457-018-0220-z.
- Papamichos, N., Alifragis, D., Ntafis, S., Smiris, P., Athanasiadis, N., Gerasimidis, A., Nastis, A., Ispikoudis, I., Markalas, S., Georgiadis, Th., Economidou, E., Christodoulakis, D., Chondropoulos, V., Fragedaki-Tsoli, S. & Hliadou, K. (1986). *Ecological study and use of natural resources of the Strofilia forest, NW Peloponnessos*. Univ.Thessaloniki. (in Greek)
- Quézel, P. & Barbero, M. (1985). *Carte de la végétation potentielle de la région méditerranéenne*. Éditions du CNRS, Paris.
- Quézel, P., Barbero, M. & Akman, Y. (1992). Typification de syntaxa décrits en région méditerranéenne orientale. *Ecologia Mediterranea* 18, 81-87.
- Quézel, P. & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris.
- Raunchier, C. (1934). *The life farms of plants and statistica! Plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer*. Clarendon, Oxford.
- Roux, M. (1997). *Le statoscope. Méthodes statistiques pour la biologie. Version 1.6.* – Laboratoire de biomathématiques. Faculté des sciences de Saint Jérôme, Marseille.
- Strid, A. (ed.) (1986). *Mountain Flora of Greece*, vol. 1. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Strid, A. & Tan, K. (eds) (1991). *Mountain Flora of Greece*, Vol. 2. Edinburgh Univ. Press, Edinburgh.
- Strid, A. & Tan, K. (eds) (1997). *Flora Hellenica*. Vol. 1. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- Strid, A. & Tan, K. (eds) (2002). *Flora Hellenica*. Vol. 2. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell.
- Tichý, L. (2001). *JUICE 7.0. Software user's guide*. Department of Botany, Masaryk University, Brno.
- Theocharopoulos, M. & Georgiadis, Th. (1984). Contribution à l'étude de la végétation de l'Attique orientale (Nea Makri) en Grèce (prise en compte des impacts urbains et touristiques). *Ecologia Mediterranea* 5 (3-4), 133-157.
- Theocharopoulos, M., Dimitrellos, G., Assimakopoulos, I. & Georgiadis, T. (1998). Recherche phytosociologique des communautés à *Juniperus phoenicea* et *Euphorbia dendroides* en Grèce : zone littorale et sub-littorale au nord du golfe de Corinthe (Stereia Hellas-Grèce Centrale). *Colloques phytosociologiques XXVIII*, 1197-1213
- Tsakaldimi, M., Ganatsas, P., Gounaris, N., Zagas, T., Tsitsoni, T. & Chatzistathis, A. (2000). Water stress effect on the quality of one-year-old container seedlings. In: *Proceedings of the 9th Hellenic forestry association conference*, Kozani 17-20 October 2000, pp. 170-179.
- Tsitsoni, K.T., Tsakaldimi, M. & Prodofikas, Ch. (2011). Root growth potential and seedling morphological attributes of four Mediterranean hardwood species. In: Book of abstracts of the 12th international Mediterranean ecosystems conference. *MEDECOS XII. "Linking Science with Resource Management"*, Los Angeles, 6-9 September, pp. 220.
- Tsitsoni, T., Tsakaldimi, M. & Gousiopoulou, M. (2015). Studying shoot and root architecture and growth of *Quercus ithaburensis* subsp. *macrolepis* seedlings; a key factor for successful restoration of Mediterranean ecosystems. *Ecologia Mediterranea* 41 (2), 25-32.
- Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M. & Webb D.A. (eds) (1993). *Flora Europaea*, vol. 1 (ed. 2.). Cambridge University Press, Cambridge.
- Tutin, T.G., Heywood, V.H., Burges, N.A., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters S.M. & Webb, D.A. (eds) (1968, 1972, 1976, 1980). *Flora Europaea*, vol. 2-5. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tüxen, R. & Ellenberg, H. (1937). Der systematische und der ökologische Gruppenwert. *Mitteilungen der floristisch soziologischen arbeitsgemeinschaft in niedersachsen* 3, 171-184.
- Vrahnikis, M.S., Fotiadis, G., Pantera, A., Papadopoulos, A. & Papanastasis, P.V. (2014). Analysis of floristic diversity of the remaining valonia oak silvopastoral dry grasslands of Greece. *Agroforest Syst* 88, 877-893. doi: 10.1007/s10457-014-9733-2
- Zohary, M. & Orshan, G. (1965). An outline of the Geobotany of Crete. *Israel Journ. Bot.* 14, 1-49.

New data on the distribution area of the Atlas foxglove *Digitalis atlantica* (Pomel)

Nouvelles données sur l'aire de distribution de la Digitale de l'Atlas Digitalis atlantica (Pomel)

Dalila CHELLI-TABTI^{1*}, Sabrina MARKHOUF¹, Soria DERRADJI¹, Souad HAMITOUCHÉ¹,
Abdelouhab BOUCHAREB² & Abdelazize Franck BOUGAHAM¹

1. Laboratoire de recherche en écologie et environnement, Faculté des sciences de la nature et de la vie,
Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie.

2. Parc national de Taza, Jijel, Algérie.

* Corresponding author: tabti_dalila@yahoo.fr

Received: 6 Jan., 2020; First decision: 13 May; Revised: 15 May; Second decision: 18 May; Revised: 3 June;
Accepted: 21 June.

Abstract

This study is a first aimed at searching for a plant strictly endemic to Algeria, *Digitalis atlantica* Pomel, for a possible evaluation of its conservation status. The research was conducted from March to July 2019 in the forests of the Babors mountains, in the north-eastern area of Kabylia, likely to contain this species. The discovery of three new locations of the Atlas foxglove, outside its historical occurrence, has allowed the collection of new data on this species and its range. The conservation of the species is expected to be problematic because the three new forest sites do not benefit from protected area status.

Résumé

Cette étude est une première exploration visant la recherche d'une plante endémique stricte d'Algérie la Digitale de l'Atlas, *Digitalis atlantica* Pomel pour une éventuelle évaluation

de son état de conservation. Les recherches se sont déroulées durant la période allant de mars à juillet 2019 dans les forêts de montagne de la Kabylie des Babors susceptibles d'abriter cette espèce. La découverte de trois nouvelles stations de la Digitale de l'Atlas, en dehors de sa présence dans les sites historiques, a permis de recueillir de nouvelles données sur cette espèce et sur son aire de distribution. La conservation de l'espèce est problématique car les trois forêts échantillonées ne bénéficient pas du statut de zone protégée.

Introduction

The Mediterranean Basin is one of the world's richest regions in terms of flora (Quézel 1985; Greuter 1991), accounting for more than 4.3% of the world's plants (Myers *et al.* 2000). About 50% of these taxa are endemic

Keywords: *Digitalis atlantica*, population size, distribution, Babors.

Mots clés : *Digitalis atlantica*, effectifs des populations, distribution, Babors.

(Médail & Quézel 1997). Some regions of the Mediterranean basin thus perfectly meet the definition of hotspots (Myers *et al.* 2000), and constitute major centres of endemism where threats are currently very high (Quézel & Médail 2003). This is particularly the case of the Kabylia-Numidia-Kroumiria region, on the southern shore of the Mediterranean Sea, which presents a great diversity of landscapes, geology and climatic subtleties (Véla & Benhouhou 2007).

Algeria has 464 endemic taxa (Dobignard & Châtelain 2010-2013) and 1818 more or less scarce taxa distributed in its northern part (Véla & Benhouhou 2007). Of the 38 IPAs (Important Plant Areas) identified for Northern Algeria (Benhouhou *et al.* 2018), the Babors-Taza IPAs correspond precisely to the study area where the Atlas foxglove is located. Despite of Algeria's floristic richness and biogeographical interest, the plant biodiversity of many territories is still poorly known. This is the case of several localities in northern Algeria, and most of endemic species are known only from their localities and have been documented solely on the occasion of species description (Quézel & Santa 1963). Recently explored areas of Babor's Kabylia, which include various forests formations in the high mountains (Cedar forests, Zen Oak forests, Afares Oak forests, etc), have delivered important floristic discoveries. This is the case of the recent discovery of the fern *Christella dentata* (Forssk.) in the Jijel-Bejaia border area (Rebbas *et al.* 2019), where our study area is located.

The Atlas foxglove, *Digitalis atlantica* Pomel was discovered by Cosson (1861) in the Beni Foughal mountain on the edge of El Ma Bared spring, and identified as *Digitalis grandiflora* All., a European species occurring in the Alps. Later, Pomel (1874) rediscovered the plant in the same station and named it *Digitalis atlantica*, which is different from the European *Digitalis grandiflora*. A new location of this species was subsequently discovered in the Tadafelt forest above Kéfrida, alias "montagnes près de Cap Aokas" (Battandier & Trabut 1890). Up to the present investigation, only two locations are known, Tadafelt and Guerrouche forests (Quézel 1956). *Digitalis atlantica* is present for all North Africa only in Babor's, Kabylia, locally abundant in the deciduous forests of the high mountains of the Babors, in northeastern part of Kabylia, where it has a restricted range, confined to wet stations: bottom of ravines and edges of

fountains (Quézel & Santa 1963). However, it remains poorly known due to the lack of studies in its natural habitat. As an endemic and rare species *Digitalis atlantica* is included in the former IUCN Red List of 1997 (Walter & Gillet 1998) with the status of endangered species, endemic to Algeria. It is also protected by Algerian legislation (Journal Officiel 2012).

The new localities of *Digitalis atlantica* in the forests of El Kouf, Tloudène and Tazegzeout, all located outside the boundaries of the Taza National Park, bring new data on its distribution range. The present study aims to estimate the effective size of the three subpopulations of the species, describe their distribution in the regional landscape context and provide ecological data for this species.

Materials and methods

Study area

The study area is a natural region in north-eastern Algeria, located in the mountains of the Babor in the northeastern part of Kabylia (Figure 1). It is bordered to the west by the Agrioun Wadi, to the north by the Mediterranean Sea, to the east by the former massif of El Aouana and to the south by the Tababot and Babor mountains. Average annual precipitation varies between 800 and 1500mm per year (ANRH 1996). The daily average minimum temperatures of the coldest month (m) range from -2.2 to 1.5°C. The daily maximum temperatures of the warmest month (M) range from 25.8 to 29.1°C (Gharzouli 1989). The three sites do not benefit from any particular protection status. These are:

- El Kouf forest (altitude range 994-1189 m): it is located along the north-east slope of Jebel El Kouf in the Laâlam region, and the forest cover is dominated by the Afares Oak (*Quercus afares* Pomel). With an estimated surface area of 40ha, this forest occurs on Lias limestones affected by numerous synclinal folds (Duplan 1952). The vegetation of this forest is composed of three strata; the tree stratum consists of *Quercus afares*, *Quercus canariensis* Willd., *Acer obtusatum* Waldst. & Kit. ex Willd. and *Prunus avium* L. The shrub stratum is dominated by *Cytisus villosus* Pourr., *Rubus incanescens* Bert. The herbaceous stratum is particularly represented by *Ficaria verna* Huds. sensu

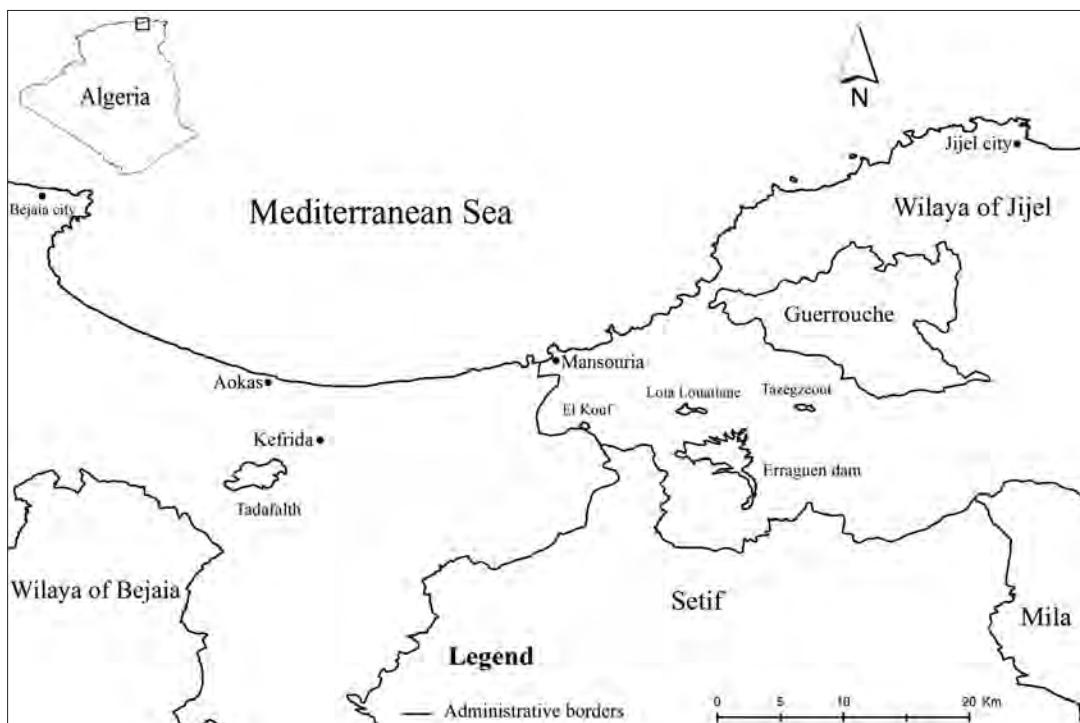


Figure 1 – Schematic map of the geographical location of the study area.

lato, *Sanicula europaea* L., *Polystichum setiferum* (Forssk.) T. Moore ex Woyn. and *Pteridium aquilinum* Kuhn.

- Lota Louatiane forest (altitude range 1145–1261m): this forest occurs on the sedimented Triassic (Obert 1974) and is located on the northern slope of Jebel Tloudène above the Sahel village. The trees cover an area of 75ha. In addition to the well-dominant *Acer obtusatum*, trees include various species, such as *Quercus canariensis*, *Quercus afra*, *Acer campestre* L., *Sorbus torminalis* L. and *Ilex aquifolium* L. The under-growth of this forest is very dense composed of *Cytisus villosus*, *Crataegus monogyna* Jacq., *Rubus incanescens*, *Rosa canina* L. sensu lato, *Potentilla micrantha* Ramond ex DC., *Sanicula europaea*, *Polystichum setiferum* and *Ampelodesmos mauritanicus* (Poir.) T. Durand & Schinz.
- The Tazegzeout forest (altitude range 1190–1222m): this forest forms a 48ha isolated forest patch on the northern slope of Djebel Tazegzeout, and it is located 4km west of the Selma municipality. Vegetation occurs on a sedimented Triassic bedrock (Obert 1974) and is composed of *Quercus afra*, *Quercus canariensis*, *Acer obtusatum*, *Prunus avium*, *Ilex aquifolium* and *Sorbus torminalis* trees. Shrubs are mainly represented by *Cytisus villosus* and *Crataegus monogyna*. The

herbaceous stratum is a mixture of various species, namely *Mercurialis perennis* L., *Sanicula europaea*, *Potentilla micrantha*, *Viola sylvestris* sensu lato, *Moehringia stellarioides* and *Galium rotundifolium*.

Methodology

Preliminary work

In order to obtain more information on the geographical location, ecology and reproductive phenology of this species, a preliminary work was carried out by exploiting the various literature documents available, in particular Algerian floras like Pomel (1874), Battandier (1888–1890), Battandier & Trabut (1895), Maire (1952–1987) and Quézel & Santa (1962–1963). This literature search was followed by the consultation of existing herbarium specimens, available on the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) site in order to be able to find the historical locations of its presence. Four occurrence sites were noted, all located in the Kabylie of the Babors: the Guerrouche forest (Gouibia, catalogue number: MPU 005748; El Ma Berd, catalogue numbers: P03901566, P03901567), the vicinity of the Babors (MPU271045), and the Tadafelt forest above Kéfrida, alias

“montagnes près de Cap Aokas” (MPU 271044). Two field surveys were conducted from 21 to 24 March 2019 in the Tadafelt forest of Kéfrida, an historical occurrence site of *Digitalis atlantica*. The aim of these surveys was to provide more information on their botanical characteristics. They were followed by several targeted surveys in the Babors mountains in different forests susceptible to shelter the Atlas foxglove, namely the Djebels Tendet, Tababort, Babor, El Kouf, Tamentout, Tloudène, Tazegzeout, Djimla, Takoucht, Adrar Amelal and Bouaza.

Identification and georeferencing of presence sites

Data collection was conducted from April 4 to July 26, 2019. Once the presence of the species was confirmed in a habitat, the field surveys were carried out by walking through the entire forest along path lines. Once a plant or several ones were located, GPS points were recorded using a GPS receiver, model Garmin map 76 CSx. When the distance between several individuals did not exceed one meter, only one GPS point was assigned to them. It was sought to distinguish a mature (breeding) individual from a younger one (without flowers). At each GPS point, the altitude values and the dominant vegetation types were reported on a field sheet. The geographical coordinates of the individuals' presence were subsequently used for the elaboration of the distribution maps of *Digitalis atlantica* in the three recently discovered localities.

Species distribution mapping

The ArcMap tool in ArcGis software version 10.5 was used to map the distribution of *Digitalis atlantica* and draw the boundaries of the three new forests where the species occurs. We used a pre-established map base and the natural boundaries of the three forests were plotted using GoogleEarth (version 2018). GPS points fixing the species presence were positioned throughout each considered forest.

Results and discussion

Species population estimates

Our investigations allowed us to find a total of 295 individuals in the three forests studied. No research on the species' ecology and distribution had been undertaken since the first observations and eventually the work of Quézel in 1956.

The number of *Digitalis atlantica* individuals inventoried in the three forests studied varies from a forest to another (Table 1). Despite its smaller area size, the El Kouf forest accounts 260 individuals. This number is much higher than the number of individuals inventoried in the Lota Louatiane forest (29 individuals) and in the Tazegzeout forest. The number of immature individuals is eight in El Kouf forest, one in the Lota Louatiane forest and none in the Tazegzeout forest. The mature individuals are well represented in the three forests, namely 252 in El Kouf forest, 28 in Lota Louatiane and only six in Tazegzeout.

Table 1 – Numbers of Digitalis atlantica in each of the three forests.

Forests	Number of individuals		Total individuals
	Mature	Immature	
El Kouf	08	252	260
Lota Louatiane	01	28	29
Tazegzeout	00	06	06

Species distribution in relation to vegetation type and in each forest

In the forest of El Kouf, we recorded 260 individuals of *Digitalis atlantica*, 239 individuals in the mixed forest of *Quercus canariensis* and *Quercus afra*, 21 individuals in the habitat of *Quercus afra* and no occurrence in other habitats (Table 2). In the Lota Louatiane forest, all individuals were found in the mixed forest of *Quercus canariensis*, *Acer obtusatum* and *Ilex aquifolium*, and likewise in the Tazegzeout forest all individuals were observed in the mixed forest of *Quercus canariensis* and *Acer obtusatum*. This is in agreement with Quézel & Santa (1962-1963), where *Digitalis atlantica* is found with Zen Oak, Afars Oak and Maple (*Acer obtusatum*, *Acer campestre*).

Table 2 – Number of Digitalis atlantica individuals per vegetation type.

Forest type	Q. afa.	Q. can. + Q. afa.	Q. can. + A. obt.	Q. can. + A. obt. + I. aqu.
El Kouf	21	239	00	00
Lota Louatiane	00	00	00	29
Tazegzeout	00	00	06	00
<i>Quercus afra</i> (Q. afa.), <i>Quercus canariensis</i> (Q. can.), <i>Acer obtusatum</i> (A. obt.), <i>Ilex aquifolium</i> (I. aqu.).				

We observed that the distribution of the species in El Kouf forest is quite uniform; the species occupies almost the entire area. Three micro-stations in this site were recorded (Figure 2) where the individuals are grouped in clusters of a few square meters. The humid forest vegetation dominated by *Quercus canariensis*, *Quercus afares* and *Acer obtusatum* in the bottoms of ravines and at the edges of springs, covered by large deciduous trees, favours thriving micro-stationary environments for the Atlas foxglove. It should be noted that the forest area does not exceed 40ha, and it is well preserved. In the two other forests, the species is found in the well preserved parts of the forest. In the Lota Louatiene forest (Figure 3), all individuals of *Digitalis atlantica* were found in the western part of the mixed *Quercus canariensis*, *Acer obtusatum* and *Ilex aquifolium* forest. The six individuals found in the Tazegzeout forest (Figure 4) occurred in the eastern part of the forest in the mixed *Quercus canariensis* and *Acer obtusatum* forest. It is known that the distribution of several *Digitalis* species is limited to small areas (Luckner & Wichtl 2000). The plant temperature and water requirements are interesting to explore. The cold and the hydric constraints to which the plants are subjected reflect, indeed, the distribution of the plants and their productive potential (Rhanem 2008a). The conservation and management of endemic species requires knowledge of their potential distribution areas and the environmental factors conditioning this distribution.

Species distribution by altitude range classes

The distribution of *Digitalis atlantica* follows an altitudinal gradient. In El Kouf station, *Digitalis atlantica* is present in almost all altitudinal intervals, with 161 individuals in the interval from 1054 to 1084 m, corresponding to the central part of the forest. Moreover, the northeastern slope of this forest is found on a unique geomorphological facies. For the Lota Louatiene forest, the presence of *Digitalis atlantica* is noted from the altitudinal class of 1144 m to 1174 m with four individuals and a maximum of 22 individuals noted in the range of 1204 m to 1234 m. For the Tazegzeout forest, the species is distributed from 1174 m to 1204 m (Figure 5). It could be that the altitudinal optimum for this species would be the El Kouf location where the higher number of individuals was observed. Plants are naturally

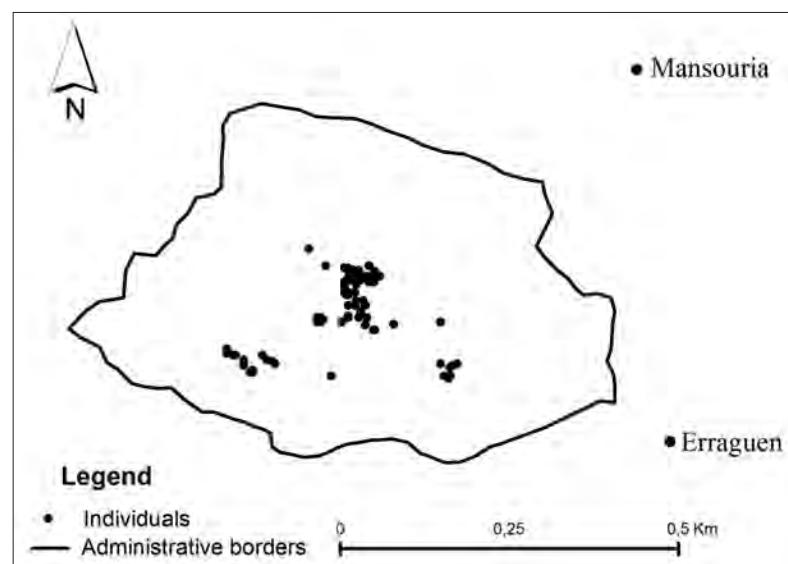


Figure 2 – Distribution of *Digitalis atlantica* in the El Kouf forest.

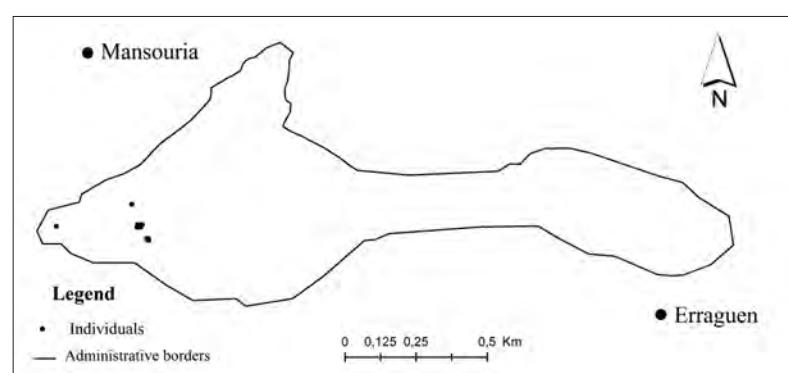


Figure 3 – Distribution of *Digitalis atlantica* in the Lota Louatiene forest.

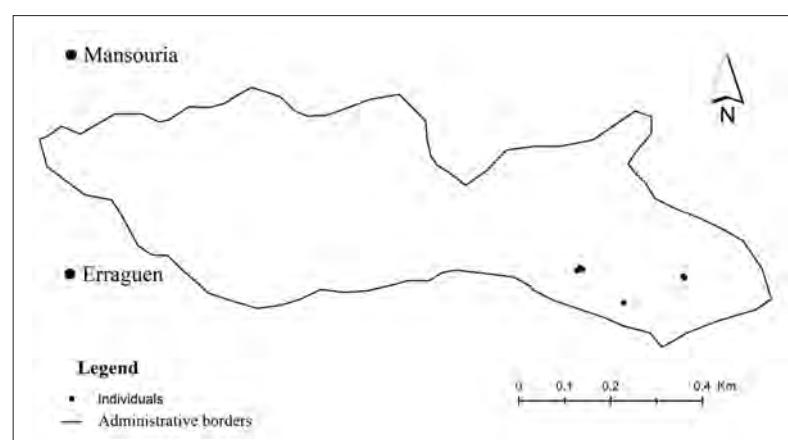


Figure 4 – Distribution of *Digitalis atlantica* in the Tazegzeout forest.

distributed according to their requirements and sensitivity to frost, drought, photoperiodism in a manner that each plant species is located between extreme altitudes that correspond to temperature limits compatible with its physiology (Rhanem 2008a).

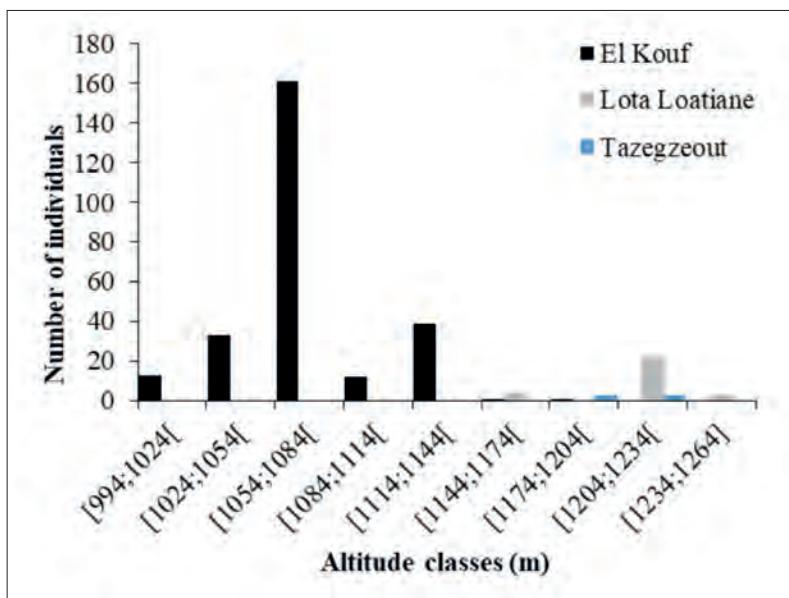


Figure 5 – Number of *Digitalis atlantica* individuals by altitude classes.

Conclusion

The Atlas foxglove had only been reported in Algeria in two forests in Babors' Kabylia (Tadafelt and Guerrouche). Although it was subsequently cited by other authors (Battandier & Trabut 1890, Quézel 1956, Quézel & Santa 1962-1963), no investigations had been carried out on this endemic species in Algeria. Several field surveys, allowed us to discover three new locations of *Digitalis atlantica*, in the forests of El Kouf, Lota Louatiane and Tazegzeout, in Babors' Kabylia. A total of 295 individuals were recorded in the three forests, characterized by the presence of Zen Oak, Afares Oak, Maple and Holly (*Ilex aquifolium*). Thus, the three new populations of the concerned species reported here are of considerable importance, because although the two historical populations are poorly known, they have probably not been seen since Quézel (1956). The discovery of new locations, supposedly sheltered by relict populations, is important because it provides new information on the extent of the species' range. This species is vulnerable to human disturbance, such as destruction of forest habitat or physical destruction by fire and grazing, due to its limited distribution to small patches of high-altitude forest. The conservation success of *Digitalis* sp. requires a better understanding of the levels and distribution of genetic diversity both within and between populations (Hayward & Sackville-Hamilton 1997).

The Babors mountains are the only Algerian (and global) range for the Atlas foxglove, hence there is a need to assign a special status for the whole area. Indeed, conservation measures that would ensure long-term survival of the studied species should focus on management activities aimed at restricting fire and these forests may integrated to the Taza National Park. Further investigations are still necessary to take more concrete and efficient conservatory measures.

Acknowledgments

This study would not have been possible without the collaboration of several people. The authors would like to thank them especially Mr Chelli A. who accompanied us with his car along the various field trips.

Bibliography

- ANRH (Agence nationale des ressources hydrauliques). (1996) *Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000*. Notice explicative. Alger.
- Battandier, J.A. (1888-1890). *Flore de l'Algérie : dicotylédones*. A. Jourdan (ed.), Alger.
- Battandier, J.A. & Trabut, L.C. (1891). Extraits d'un rapport sur quelques voyages botaniques en Algérie, entrepris sous les auspices du Ministre de l'instruction publique, pendant les années 1890-1891. *Bull. Soc. Bot. de France* 38 (7), 295-324.
- Battandier, J.A. & Trabut, L.C. (1895). *Flore d'Algérie, contenant la description de toutes les plantes signalées jusqu'à ce jour comme spontanées en Algérie et catalogue des plantes du Maroc : monocotylédones*. A. Jourdan (ed.), Alger, 256 p.
- Benhouhou, S., Yahi, N., & Véla, E. (2018). Algeria. In: *Conserving wild plants in the South and East Mediterranean region* (chapter 3 "Key Biodiversity Areas (KBAs) for plants in the Mediterranean region") (eds Valderrábanos, M., Gil, T., Heywood, V. & Montmollin de, B.). Gland, pp. 53-60.
- Cosson, E. (1861). Notice sur la vie, les recherches et les voyages botaniques de Henri de la Perraudière. *Bull. Sci. Bot. de France* 8, 591-612.
- Dobignard, A. & Châtelain, C. (2013). *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord. Dicotyledoneae : Oleaceae à Zygophyllaceae 5. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève*, 465 p.
- Duplan, L. (1952). *La région de Bougie*. Publ. XIX^e Congr. Geol. Int. Monog. Rég. 1^{re} série Algérie, 17 p.
- Gharzouli, R. (1989). *Contribution à l'étude de la végétation de la chaîne des Babors. Analyse phytosociologique des Djebels Babor et Tababort*. Mémoire de Magister, université de Sétif, Algérie.
- Greuter, W. (1991). Botanical diversity, endemism, rarity, and extinction in the Mediterranean area: an analysis

- based on the published volumes of Med-Checklist. *Bot. Chron.* 10, 63-79.
- Hayward, M.D. & Sackville-Hamilton, N.R. (1997). Genetic diversity-population structure and conservation. In: *Biotechnology and plant genetic resources*. (eds Callow, J.A., Ford-Lloyd B.V. & Newbury, H.J.), CABI, New York, USA, pp. 49-76.
- Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire (2012). *Décret exécutif n° 12-03 du 4 janvier 2012 fixant la liste des espèces végétales non cultivées protégées*, pp. 12-39.
- Luckner, M. & Wichtl, M. (2000). *Digitalis. Geschichte, Biologie, Chemie, Physiologie, Molekularbiologie, Pharmakologie, medizinische Anwendung*. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Maire, R. (1952-1987). *Flore de l'Afrique du Nord*. Le chevalier (ed.), Paris (16 vol.).
- Médail, F. & Quézel, P. (1997). Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84, 112-127.
- Myres, N., Mittelmeter, R.A., Mittelmeter, C.G., Fonseca da, G.A.B. & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403, 853-858.
- Obert, D. (1974). Phases tectoniques mésozoïques d'âge anté-cénomanien dans les Babors (Tell nord sétifien, Algérie). *BSGF*, 16, 171-175.
- Pomel, A. (1874-1875). *Nouveaux matériaux pour la flore atlantique*. Paris, 2 vol.
- Quézel, P. & Santa, S. (1962-1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS, Paris.
- Quézel, P. (1956). *Contribution à l'étude des forêts de chênes à feuilles caduques d'Algérie*. Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. N., N^{le} Série n° 1, Alger, 57 p.
- Quézel, P. (1985). Definition of the Mediterranean region and the origin of its flora. In: *Plant conservation in the Mediterranean area*. (eds Gomez-Campo, C.), Dr. Junk W. Publishers, Dordrecht, pp. 9-24.
- Quézel, P. & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*, Elsevier, Paris, 576 p.
- Rebbas, K., Vela, E., Bougaham, A.F., Belharrat, A., De Belair, G. & Prelli, R. (2019). Découverte de *Christella dentata* (Thelypteridaceae) en Algérie. *Fl. Medit.* 29, 55-66.
- Rhanem, M. (2008a). Quelques aspects topoclimatiques de l'étagement de la végétation spontanée en montagne méditerranéenne, avec référence aux montagnes du Moyen et Haut Atlas (Maroc). *Quad. Bot. Amb. Appl.* 19, 181-198.
- Véla, E. & Benhouhou, S. (2007). Évaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du Nord). *C.R. Biologies* 330, 589-605.
- Walter, K.S. & Gillett, H.J. (1998). *1997 IUCN Red List of Threatened Plants*. IUCN - The World Conservation Union, 862 p.

Les erreurs d'identification des espèces du genre *Tamarix* L. au Maroc : clés non uniformes et espèces polymorphes

The identification errors of species of the genus Tamarix L. species in Morocco: non-uniform keys and polymorphic species

Abdesslam BIHAOUI*, Abdelmajid HADDIOUI & Soumaya HAMMADA

Laboratoire de biotechnologies et valorisation des ressources phytogénétiques. Faculté des sciences et techniques, université Sultan Moulay Slimane, BP 523, 23000 Béni Mellal, Maroc

* Auteur correspondant : bihaouiabdesslam@gmail.com

Received: 29 July, 2019; First decision: 6 Sept., 2019; Revised: 2 Nov., 2019;
Second decision: 6 Dec., 2019; Revised: 13 Dec., 2019; Accepted: 14 Jan., 2020

Résumé

Ce travail met en évidence la diversité et les caractères morphologiques qui contribuent à des identifications fausses des *Tamarix* (Tamaricaceae) au Maroc. Ces difficultés d'identification expliquent la controverse sur le nombre d'espèces de *Tamarix* présentes au Maroc et dans le monde. Trois taxons précédemment recensés au Maroc sont confirmés : *T. africana* Poiret, *T. boveana* Bunge et *T. aphylla* Karst, alors que *T. amplexicaulis* Ehrenb pourrait être présent dans une seule station (Merzouga). Pour d'autres taxons : *T. canariensis* Willd et *T. gallica* L., leur détermination nécessite des études plus approfondies compte tenu de leurs ressemblances.

Abstract

This work highlights the morphological diversity and characteristics that contribute to false identifications of *Tamarix* (Tamaricaceae) in Morocco. These difficulties of identification explain the

controversy over the number of *Tamarix* species present in Morocco and around the world. Three taxa previously recorded in Morocco are confirmed: *T. africana* Poiret, *T. boveana* Bunge and *T. aphylla* Karst, while *T. amplexicaulis* Ehrenb could be present in a single station (Merzouga). Concerning other taxa: *T. canariensis* Willd and *T. gallica* L., their determination requires further study in view of their similarities.

Introduction

La famille des Tamaricaceae (Tamaricacées) est originaire de l'Eurasie et de l'Afrique (Komarov 1949 ; Baum 1967 ; Qaiser 1982 in Qaiser & Perveen 2004). Certaines espèces de cette famille, par les vertus thérapeutiques qu'elles possèdent, sont considérées comme des plantes médicinales. Des plantations des

Mots clés : Maroc, Tamaricaceae, *Tamarix*, taxon.

Keywords: Morocco, Tamaricaceae, *Tamarix*, taxa.

espèces du genre *Tamarix* sont utilisées pour lutter contre l'érosion des berges des oueds et l'ensablement dans les régions sahariennes. Elles sont également utilisées comme plantes ornementales pour la production de nombreux chatons à fleurs roses ou blanches.

Le nombre de genres de la famille des *Tamaricaceae* varie selon les auteurs. Pour Crins (1989) la famille regroupe cinq genres : *Hololachna* Ehrenb., *Myricaria* Desv., *Myrtama* Ovez. et Kinz., *Reaumuria* L., et *Tamarix* L. Pour Zhang (2005 in Wang *et al.* 2009), la famille des *Tamaricaceae* est composée de trois genres (*Tamarix*, *Reaumuria* et *Myricaria*). Les travaux de Qaiser (2004), Zhang *et al.* (2014) et Kuzminsky (2016) montrent la présence de quatre genres : *Hololachna*, *Myricaria*, *Reaumuria* et *Tamarix*.

La variation du nombre d'espèces entre auteurs concerne également le genre *Tamarix* et peut être attribuée à sa complexité taxonomique et à la grande ressemblance entre les espèces (Baume 1978 ; Kuzminsky *et al.* 2016). Cette complexité conduit à l'existence de plusieurs classifications.

En 1816, Willdenow établit une première monographie du genre *Tamarix* sur 16 espèces (Baum 1978 ; Arianmanesh *et al.* 2015 ; Mayonde *et al.* 2015). En 1852, Bunge cite 51 espèces. D'autres études énumèrent de 54 à 90 espèces (Baum 1978 ; Qaiser 1981 ; Crins 1989 ; Yang & Gaskin 2007, Venturella *et al.* 2007).

Le Maroc est caractérisé par une large distribution des espèces du genre *Tamarix*. Jusqu'à présent six espèces y ont été mentionnées : *T. aphylla*, *T. amplexicaulis*, *T. boveana*, *T. africana*, *T. canariensis* et *T. gallica*. Cependant Baum (1978) considère *T. gallica* comme une espèce douteuse au Maroc, alors que de nombreux auteurs l'ont citée dans leurs travaux (Ennabili & Ater 1996 ; Valdés *et al.* 2002 ; Ennabili & Gharnit 2003 ; Ennabili & Ater 2005 ; Ennabili & Radoux 2006 ; Benkhnigue *et al.* 2011 ; El Mansouri *et al.* 2011 ; Rihane 2012 ; Orch *et al.* 2013 ; El Joubari *et al.* 2015).

La complexité de la taxonomie du genre *Tamarix* L. (Zohary 1972 ; Barry & Luque 1998 ; Villar *et al.* 2012 ; Arianmanesh *et al.* 2015), questionne l'existence de plusieurs espèces pour plusieurs régions du Maroc. Des similitudes peuvent en effet être source de confusion.

Il existe ainsi des confusions entre *T. gallica* et *T. canariensis* dues à la présence de caractères intermédiaires chez les spécimens des deux espèces (Baum 1978 ; Rivas Cembellin *et al.* 1990 in Barry & Luque 1998). D'autres confusions sont également signalées entre *T. boveana* et *T. africana* (Villar *et al.* 2012) et entre *T. africana* et *T. gallica* (Kuzminsky *et al.* 2016). Les similitudes entre ces espèces sont susceptibles de limiter l'efficacité des clés adoptées. La capacité de croisement entre espèces proches ne facilite pas le découpage taxonomique (Baum 1978 ; Gaskin & Schaal 2002 ; Gaskin & Shafroth 2005 ; Deloach *et al.* 2003 ; Shafroth & Mark 2008).

Un problème similaire est observable en Espagne pour l'espèce *T. dalmatica*. Villar *et al.* (2012) ont réalisé une étude comparative des caractères morphologiques des différentes espèces de *Tamarix* excluant *T. dalmatica* de l'aire ibérique alors qu'elle figurait dans la flore espagnole. Par ailleurs, en Grèce, Villar *et al.* (2014) confirment la présence de certaines espèces de *Tamarix* (*T. nilotica* et *T. smyrnensis*) en se basant sur des caractères différents de ceux utilisés par Baum (1978). Ces confusions rendent difficile la caractérisation de certaines espèces en se basant sur les travaux de Baum (1978) considérés néanmoins comme une référence.

Ces confusions pourraient avoir comme origine des descriptions faites sur un nombre limité d'individus à un lieu donné et pendant une période donnée.

Il nous a donc paru nécessaire de revisiter l'identification des espèces du genre *Tamarix* au Maroc en y réalisant un inventaire relativement exhaustif des espèces du genre *Tamarix* afin de recenser l'ensemble des variations du genre.

Matériels et méthodes

La présente étude porte sur 51 populations de 560 spécimens du genre *Tamarix* récoltés dans neuf des onze régions géographiques du Maroc (Fennane *et al.* 1999) durant une période comprise entre avril 2015 et août 2018 (figure 1). Ces populations colonisent des milieux possédant des conditions climatiques, hydrologiques, topographiques et géologiques très différentes : les rives des cours d'eau temporaires (oued Derna) ou permanents (oued Oum Er'ribia, oued Sebou,

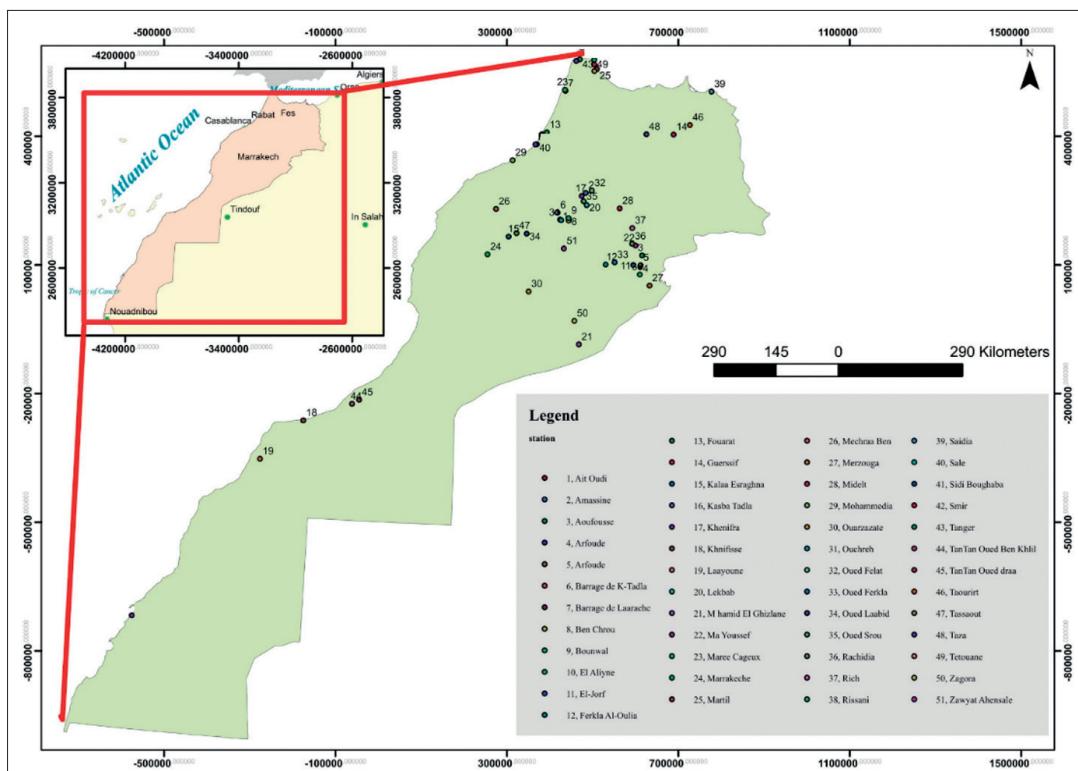


Figure 1 – Localisation des populations de *Tamarix* sur la carte du Maroc.

Figure 1 – Localization of *Tamarix* populations on the map of Morocco.

etc.), les embouchures fluviales (estuaire de la Moulouya, de Bouregreg), les zones côtières, les oasis (Aoufousse), les marais (Smir et bas Loukkos) ainsi que les zones désertiques (Merzouga, Laâyoune, M'Hamid El Ghizlane, Ouarzazate, etc.). Cette répartition montre que les espèces du genre *Tamarix* s'adaptent bien aux différents étages bioclimatiques du Maroc (humide, sub-humide, semi-aride, aride et saharien). Parmi ces espèces, certaines sont considérées comme des phréatophytes (Kerns *et al.* 2009), d'autres sont des plantes thermophiles à sub-thermophiles ou des psammophytes (Brock 1994 ; Gries *et al.* 2005).

Afin d'étudier les variations des différents critères d'identification entre individus d'une même population et au sein d'un même individu, un échantillonnage de 10 individus par population a été réalisé. Les individus échantillonés étaient séparés d'environ 10 mètres les uns des autres de manière à couvrir la diversité existante au sein des populations (Tian *et al.* 2012).

Pour chaque spécimen, plusieurs rameaux placés à différentes expositions ont été collectés.

Après mise en herbier, les spécimens ont été identifiés en se basant sur plusieurs caractères morphologiques (forme, type, longueur et

largeur) de différents organes : feuille, chaton, fleur, rachis, bractée, pétale, sépale, étamine, anthère et disque.

Les espèces récoltées ont été identifiées au laboratoire de biotechnologies et valorisation des ressources phytogénétiques de la faculté des sciences et techniques de Béni Mellal. Différentes clés d'identification ont été utilisées : Baum (1967, 1978), Qaiser (1981), Cirujano (1993), Fennane *et al.* (1999), Valdés *et al.* (2003). En outre, nous avons comparé les espèces identifiées avec celles de l'Herbier national de l'Institut scientifique de Rabat qui porte sur différents pays : Algérie, Égypte, Espagne, Jordanie, Maroc, Palestine et Syrie (tableaux 1, 2 et 3).

Résultats

La présence de trois espèces précédemment recensées a été confirmée : *T. aphylla*, *T. africana* et *T. boveana*. Pour *T. aphylla*, l'identification a directement été réalisée sur le terrain en se basant sur la forme vaginante des feuilles. Alors que chez *T. africana*, les individus se caractérisent par des feuilles sessiles qui peuvent atteindre 3,2 mm en

Tableau 1 – Variation des caractères morphologiques de *T. aphylla* et *T. amplexicaulis*, en fonction des auteurs.Table 1 – Variation of the morphological characters of *T. aphylla* and *T. amplexicaulis*, depending on authors.

Organé	Espèce	<i>T. aphylla</i>	<i>T. amplexicaulis</i>
Feuille	Forme	Vaginante (Baume 1978, 1967, 1968, Quézel & Santa 1963; Fennane et al. 1999 ; Valdés et al. 2003)	Amplexicaule (Baume 1978 ; Fennane et al. 1999) Avec une pointe courte (Baume 1978 ; Fennane et al. 1999) Charnue (Baume 1978)
	Longueur		1,5 à 1,8 mm (Baume 1978) 1,5 mm (Fennane et al. 1999)
Chaton	Longueur	6 cm (Baume 1967, 1968, 1978)	7 cm (Baume 1978)
	Largeur	4 mm (Baume 1967) 5 mm (Baume 1968, 1978)	9 mm (Baume 1978)
Fleur	Longueur		8 mm <i>T. pauciovulata</i> (Quézel & Santa 1963) 5 mm <i>T. balansa</i> (Quézel & Santa 1963) 5 mm (Fennane et al. 1999)
	Type	Pentamère (Baume 1968, 1978)	Pentamère (Baume 1978)
Pétale	Longueur	2,5 mm (Baume 1967, 1968)	
	Forme	Oblongue-elliptique à ovale-elliptique (Baume 1967, 1968, 1978)	Ovale-elliptique, ovale (Baume 1978) Obovale (Fennane et al. 1999)
Bractée	Position	Dépasse le pédoncule (Baume 1967)	
	Forme	Bractée triangulaire à largement triangulaire, acuminée (Baume 1978)	Non amplexicaule (Fennane et al. 1999)
Étamine	Nombre	5 (Baume 1978 ; Quézel & Santa 1963)	6-10 (Baume 1978 ; Fennane et al. 1999) 6-10 pour <i>T. pauciovulata</i> (Quézel & Santa 1963) 10 pour <i>T. balansa</i> (Quézel & Santa 1963)
Remarque			Baume (1978) a inclus <i>T. pauciovulata</i> et <i>T. balansa</i> dans <i>T. amplexicaulis</i>

longueur, des chatons de 8,4 cm de longueur (plus de 98 % des chatons observés ont une longueur inférieure ou égale à 7 cm) et de 8 mm de largeur, ainsi que des bractées de

forme triangulaire acuminées ayant pour la majorité (71 %) une longueur inférieure ou égale au calice. Les spécimens identifiés comme *T. boveana* se caractérisent par des

Figure 2 – Spécimens de *Tamarix* possédant des nomenclatures différentes.Figure 2 – Specimens of *Tamarix* with different nomenclatures.

Tableau 2 – Variation des caractères morphologiques de *T. boveana* et *T. africana*, en fonction des auteurs.**Table 2 – Variation of the morphological characters of *T. boveana* and *T. africana*, depending on authors.**

Organe	Espèce	<i>T. boveana</i>	<i>T. africana</i>
Feuille	Forme	Sessile, à base étroite (Baume 1978)	Sessile (Baume 1978, 1967, 1978) Base étroite (Baume 1978)
	Longueur	4 mm (Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) 7 mm (Villar <i>et al.</i> 2012)	1,5 à 3 mm (Cirujano 1993 ; Valdés <i>et al.</i> 2003) 2,5 mm (Baume 1978) 4 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Chaton	Longueur	8 cm (Cirujano 1993) 12 cm (Villar <i>et al.</i> 2012) 15 cm (Baume 1978)	7 cm (Baume 1967, 1978) 6,5 cm (Villar <i>et al.</i> 2012)
	Largeur	9 mm (Baume 1978) 12 mm (Cirujano 1993) 13 mm (Villar <i>et al.</i> 2012)	7 mm (Villar <i>et al.</i> 2012) 7 mm (8) (Valdés <i>et al.</i> 2003) 9 mm (Baume 1978) 12 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Rachis Fleur	Type		Papilleux (Baume 1978)
	Longueur		4 mm (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Pétale	Type	Tétramère (Bunge 1852 ; Quézel & Santa 1963 ; Sotiaux <i>et al.</i> 1981 ; Baume 1968, 1978 ; Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Scholz <i>et al.</i> 2008) Généralement tétramère (Villar <i>et al.</i> 2012) Pentamère (Baume 1978 ; Cirujano 1999 ; Fennane <i>et al.</i> 1999)	Pentamère (Bunge 1852 ; Quézel & Santa, 1963 ; Baume 1967, 1978 ; Villar <i>et al.</i> 2012)
	Longueur	4 mm (Cirujano 1993)	3 mm (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1967, 1968, 1978)
Bractée	Forme	Obovale (Baume 1978 ; Cirujano 1993 ; Venturella <i>et al.</i> 2007) Elliptique-oblongue à obovale (Villar <i>et al.</i> 2012)	Ovale (Baume 1967 ; Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999) Ovale-elliptique à elliptique (Baume 1978 ; Venturella <i>et al.</i> 2007) Ovale à elliptique (Villar <i>et al.</i> 2012) Obovale ou obo-elliptique (Venturella <i>et al.</i> 2007).
	Position	Dépasse le calice (Cirujano 1993 ; Villar <i>et al.</i> 2012) Dépasse les fleurs (Fennane <i>et al.</i> 1999)	Égalant presque le calice (Villar <i>et al.</i> 2012) Inferieure ou égale au calice (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Sépale	Longueur	3 mm (Cirujano 1993) 2 mm (Baume 1978)	1 à 1,8 mm (Cirujano 1993)
Anthère	Forme		Apiculée (Cirujano 1993) Non apiculée (Barry <i>et al.</i> 1988) Souvent non apiculée (Fennane <i>et al.</i> 1999)
Étamine	Nombre	4 ou 5 (Baume 1978 ; Cirujano 1993)	5 (Cirujano 1993)

feuilles longues pouvant atteindre 7 mm de longueur, des fleurs tétramères, des bractées linéaires-oblongues dépassant le calice ainsi que des chatons larges pouvant atteindre 1,2 cm.

Concernant la présence de *T. amplexicaulis*, l'absence de pièce florale ne nous permet pas de lever tout doute sur l'identification du spécimen que nous avons collecté à Merzouga dans la même station que celle mentionnée sur l'échantillon conservé dans l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat (code 63950). Ce spécimen se caractérise par des feuilles amplexicaules et charnues pouvant atteindre 1,8 mm de longueur. Ces caractères

répondent aux descriptions de Baum (1978) pour les feuilles de *T. amplexicaulis*.

Concernant *T. canariensis* et *T. gallica*, leur existence au Maroc demeurent floue, l'identification basée sur l'examen de chatons d'un même spécimen pouvant conduire à des déterminations différentes. Cela explique les différences de nomenclature entre observateurs pour un même spécimen (figure 2). Ajoutons également la présence d'individus dont les caractéristiques morphologiques n'ont jamais été évoquées dans les clés taxinomiques (tableau 4).

Tableau 3 – Variation des caractères morphologiques de *T. canariensis* et *T. gallica*, en fonction des auteurs.**Table 3 – Variation of the morphological characters of *T. canariensis* and *T. gallica*, depending on authors.**

Organe	Espèce	<i>T. canariensis</i>	<i>T. gallica</i>
Feuille	Forme	Sessile (Baume 1967, 1978) Base étroite (Baume 1978)	Sessile (Baume 1967, 1978) Base étroite (Baume 1978), Pas ou peu embrassante à la base (Fennane et al. 1999)
	Longueur	1,3 à 2,5 mm (Cirujano 1993) 1,5 à 2,5 mm (Baume 1978)	1,5 à 2,5 mm (Cirujano 1993) 1,5 à 2 mm (Baume 1978)
Chaton	Longueur	4 cm (Cirujano 1993) 5 cm (Baume 1967, 1978)	5 cm (Cirujano 1993 ; Baume 1967, 1978)
	Largeur	3 à 4 mm (Cirujano 1993) 5 mm (Baume 1967, 1978 ; Valdés et al. 2003)	5 mm (Cirujano 1993 ; Baume 1978 ; Fennane et al. 1999) 4 mm (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1967)
Rachis	Type	Papilleux (Quézel & Santa 1963 ; Baume 1978, ; Cirujano 1993)	Glabre (Bunge 1852 ; Baume 1968, 1978 ; Valdés et al. 2003 ; Venturella et al. 2007)
Fleur	Longueur		
	Type	Pentamère (Baume 1978, 1967 ; Cirujano 1993)	Pentamère (Baume 1967, 1978 ; Cirujano 1993)
Pétale	Longueur	1,25 à 1,5 mm (Baume 1978, 1967 ; Fennane et al. 1999 ; Valdés et al. 2003) 2,5 mm (Baume 1967 ; Venturella et al. 2007)	1,5 à 1,75 mm (Baume 1967) 2 mm (Baume, 1968, 1978 ; Cirujano 1993 ; Fennane et al. 1999) 1,7 mm (Valdés et al. 2003) 2,2 mm (Venturella et al. 2007).
	Forme	Obovale (Baume, 1967, 1978 ; Cirujano, 1993 ; Fennane et al. 1999 ; Valdés et al. 2003) Obovale à elliptique (Venturella et al. 2007).	Elliptique à ovale-elliptique (Baume 1967, 1968, 1978 ; Fennane et al. 1999 ; Venturella et al. 2007). Elliptique (Valdés et al. 2003) Elliptique à ovale (Cirujano 1993)
Bractée	Position	Égale ou dépassant le calice (Baume 1968 ; Cirujano 1993 ; Valdés et al. 2002) Égale ou dépassant la fleur (Fennane et al. 1999)	Dépasse la limite supérieure des pédoncules sans atteindre l'extrémité du calice (Cirujano 1993 ; Venturella et al. 2007 ; Natale et al. 2008) Atteint le milieu du calice à l'anthèse (Baume 1968 ; Valdés et al. 2003) Plus courte que le calice (Fennane et al. 1999)
	Forme	Subulée (Cirujano 1993 ; Valdés et al. 2003) Triangulaire acuminée (Venturella et al. 2007) Triangulaire acuminée à subulée (Baume 1978)	Triangulaire (Cirujano 1993 ; Valdés et al. 2003) Ovale acuminée (Bunge 1852); Triangulaire acuminée à pointe émoussée (Baume 1978)
Sépale	Longueur	1 mm (Cirujano 1993)	1 mm (Cirujano 1993)
	Forme	La base est plus ou moins effilée (Baume 1978)	La base est de forme ovale (Baume 1978)
Anthère	Forme	Apiculée (Baume, 1978 ; Barry et al. 1988 ; Cirujano 1993)	
Étamine	Nombre	5 (Baume 1978 ; Cirujano 1993)	5 (Baume 1978 ; Quézel & Santa 1963)
Remarque	Nombre		Extrêmement polymorphe (Quézel & Santa 1963)

Discussion

De nombreuses difficultés se posent dans l'identification de plusieurs espèces du genre *Tamarix* notamment en raison des clés taxinomiques adoptées pour certains pays, aux appréciations variables des rangs taxinomiques suivant les auteurs, aux monographies qui peuvent comporter certains caractères ambigus, sans négliger l'effet de l'âge et la position des rameaux et des chatons sur certains caractères.

T. aphylla et *T. amplexicaulis*

Baum (1978) distingue ces deux espèces en se basant uniquement sur la forme et la taille de la feuille. Ces caractères sont considérés par Qaiser (1981) comme un marqueur taxinomique du genre *Tamarix*. Ces caractères foliaires permettent d'identifier *T. aphylla*. Chez *T. amplexicaulis*, ces seuls critères ne nous paraissent pas suffisants pour déterminer l'espèce. Il nous a été difficile d'identifier certains spécimens récoltés à proximité de l'embouchure de l'oued Draa où la présence de *T. amplexicaulis* est pourtant signalée

Tableau 4 – Caractère morphologique des spécimens traités.**Table 4 – Morphological character of the treated specimens.**

Espèce	<i>T. aphylla</i>	<i>T. amplexicaulis</i>	<i>T. africana</i>	<i>T. boveana</i>	<i>T. canariensis/ T. gallica</i>	Cas 1	Cas 2
Caractéristiques	*Feuille : <i>vaginante</i>	*Feuille : amplexicaule de 1,8 mm à sommet court, charnue.	*Feuille : sessile, de 3,2 mm *Bractée : triangulaire large acuminée *Chaton : largeur : 8 mm *Fleur : pentamère.	*Feuille : sessile de 4 à 7 mm *Fleur : tétramère *Bractée : linéaire, dépassant le calice.	*Feuille : sessile, embrassante, peut atteindre 2,8 mm (un seul individu) *Rachis : glabre *Chaton : largeur : 5 mm *Pétale : obovale, obo-elliptique et elliptique *Bractée : triangulaire acuminée, triangulaire subulée *Sépale : ovale.	*Feuille : amplexicaule, à sommet long.	*Feuille : <i>vaginante</i> et <i>pseudo-vaginante</i> .
Clés	Baume 1978, 1967, 1968 ; Quézel & Santa 1963 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Valdés <i>et al.</i> 2003	Baume 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999	Baume, 1978 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Valdés <i>et al.</i> 2003 ; Venturella <i>et al.</i> 2007	Bunge 1852 ; Quézel & Santa 1963 ; Baume 1968, 1978 ; Sotiaux <i>et al.</i> 1981 ; Cirujano 1993 ; Fennane <i>et al.</i> 1999 ; Villar <i>et al.</i> 2012			
Remarque	Présence avérée	Soupçonnée	Présence avérée	Présence avérée	Douteuse	Taxon non valide	Taxon non valide

dans les fiches Ramsar (Qninba *et al.* 2003) et également au niveau du bassin Draa (Klose 2009), ainsi qu'à Tinejdad (PDTDOT 2010). Les spécimens récoltés lors de cette étude ne répondent pas aux caractères définis par Baum (1978) malgré la présence d'un limbe foliaire amplexicaule (figure 3). Le caractère « limbe amplexicaule » n'est en effet pas suffisant pour confirmer la détermination de

T. amplexicaulis, les fleurs possédant cinq étamines et non six à dix selon Baum (1978) et Fennane *et al.* (1999).

Par ailleurs certains spécimens récoltés au niveau de Ferkla Oulia présentent sur le même rameau des feuilles *vaginantes*, ce qui est un caractère de *T. aphylla* et d'autres feuilles *pseudo-vaginantes* (figure 4) suggérant une hybridation entre *T. aphylla* et *T. amplexicaulis*.

**Figure 3 – Feuilles à limbe amplexicaule.****Figure 3 – Amplexicaul leaves.**



Figure 4 – Feuilles vaginantes et pseudo-vaginantes sur le même rameau.

Figure 4 – Vaginant and pseudo-vaginant leaves on the same branch.

D'autres individus collectés dans la région de Tafilalt (Merzouga) et du Sahara (oued Sakia El Hamra) présentent des feuilles amplexicaules plus ou moins denses avec une longueur qui varie entre 1,5 et 1,8 mm et un sommet court (figure 5).

D'après Baum (1978) ces caractères correspondent à *T. amplexicaulis*. Néanmoins les fleurs des spécimens récoltés au Sahara ne possèdent que cinq étamines alors que *T. amplexicaulis* contient entre six et dix étamines. Le spécimen récolté à Merzouga possède des feuilles charnues, ce qui est une caractéristique des *T. amplexicaulis* (Baum 1978). Nous avons également observé que cet échantillon ne contient pas de fleurs contrairement à d'autres espèces (*T. canariensis/T. gallica*) également rencontrées dans cette station. Cette absence observée en pleine période de floraison renforce l'hypothèse qu'il s'agisse de *T. amplexicaulis*.

D'autres difficultés d'identification ont été soulevées, elles sont en relation avec l'âge des

rameaux et le niveau d'insertion des feuilles sur les rameaux.

Les travaux antérieurs sur l'oued Draa (Qninba *et al.* 2003 ; Klose 2009) et ceux sur Tinejdad (PDTDOT 2010) énoncent la présence de *T. amplexicaulis* dans ces régions. Cependant les spécimens récoltés dans ces zones lors du présent travail montrent des feuilles présentant parfois des formes qui ne concordent pas avec celles de cette espèce. De ce fait, la structure de la fleur reste un critère d'identification discriminant dans le cas des *T. amplexicaulis*.

Les difficultés rencontrées peuvent être dues à la présence d'hybrides, au fait que le nombre d'étamines soit un caractère peu stable ou éventuellement à la présence de nouvelles espèces qu'il serait nécessaire de confirmer par des approches moléculaires.

***T. africana* et *T. boveana* :**

T. africana est une espèce pentamère (Quézel & Santa 1963 ; Baum 1968 ; Bunge 1852) alors que *T. boveana* peut être soit tétramère (Bunge 1852 ; Quézel & Santa 1963 ; Sotiaux *et al.* 1981 ; Baum 1968, 1978 ; Cirujano 1993 ; Scholz *et al.* 2008) soit pentamère (Baum 1978 ; Cirujano 1993). Baum (1978) montre qu'il existe certaines ressemblances dans le cas où ces espèces sont pentamères. Dans notre cas, les spécimens de *T. boveana* sont tétramères et ne présentent pas de problème d'identification. Après l'examen de nombreux échantillons, nous avons pu constater que la forme de la bractée (large et dépassant le calice) et la taille du chaton permettent la distinction entre ces deux espèces. Les chatons des *T. boveana* sont plus larges (1,2 cm) que ceux des *T. africana* (8 mm), cela

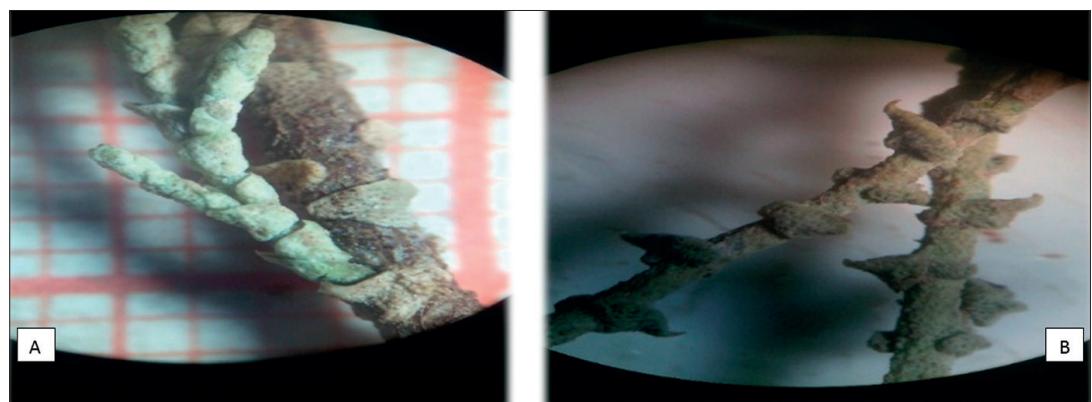


Figure 5 – Feuilles amplexicaules (A : Saquia El Hamra. B : Merzouga).

Figure 5 – Amplexicaul leaves (A: Saquia El Hamra. B: Merzouga).

concorde avec les observations de Villar *et al.* (2012) (figure 6). Cependant des variations de ces deux caractères sont décelées chez certains individus de la même espèce ou au sein du même individu. Ces variations pourraient dépendre de la période de récolte.

Les individus de *T. africana* sont caractérisés par des feuilles sessiles qui peuvent atteindre 3,2 mm de longueur. Les bractées sont larges, acuminées à triangulaires, sans ou avec une marge blanche. Les chatons sont larges de 8 mm. Les pétales de *T. boveana* sont obovales et ceux de *T. africana* sont de forme ovale, ovale-elliptique à elliptique (Baum 1978 ; Venturella *et al.* 2007). Certains spécimens récoltés présentent tous les caractères de *T. africana* sauf pour les pétales qui sont oboval ou obo-elliptiques, ce qui concorde avec la description faite par Venturella *et al.* (2007).

Au sud du Maroc et à Laayoune, au mois d'août, des spécimens ont été récoltés à l'état végétatif sans fleurs. Le seul caractère d'identification restant correspondait alors à la forme et la taille des feuilles. Ces spécimens présentaient des feuilles sessiles dont la taille varie entre 4 et 7 mm au niveau des jeunes rameaux (figure 7), ce qui rappelle les caractères de *T. boveana*. La présence de cette espèce a été mentionnée sur la côte nord-ouest de l'île de Jandía (îles Canaries). D'après Scholz *et al.* (2008) cette présence est le résultat de la dispersion des graines de l'espèce *T. boveana* présente au Sahara au sud du Maroc.

***T. gallica* et *T. canariensis* :**

Aucune étude ne permet de lever les doutes concernant l'existence de l'espèce *T. gallica* au Maroc et sa confusion avec *T. canariensis*. Les inventaires montrant la présence de ces deux espèces au Maroc reposent principalement sur la clé de Baum (1978), qui qualifie lui-même la présence de *T. gallica* comme douteuse.

Dans le cas de ces deux espèces, les bractées ont été parmi les principaux critères de différenciation. Mais la longueur de la bractée par rapport au calice varie en fonction des descriptions des auteurs. Chez *T. canariensis*, la bractée est égale ou dépasse le calice selon la monographie de Baum (1968), Cirujano (1993) et le Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc (Valdés *et al.*, 2003) alors que selon la *Flore pratique du Maroc* (Fennane *et al.* 1999), la taille de la bractée est égale ou dépasse celle de la fleur. D'autres

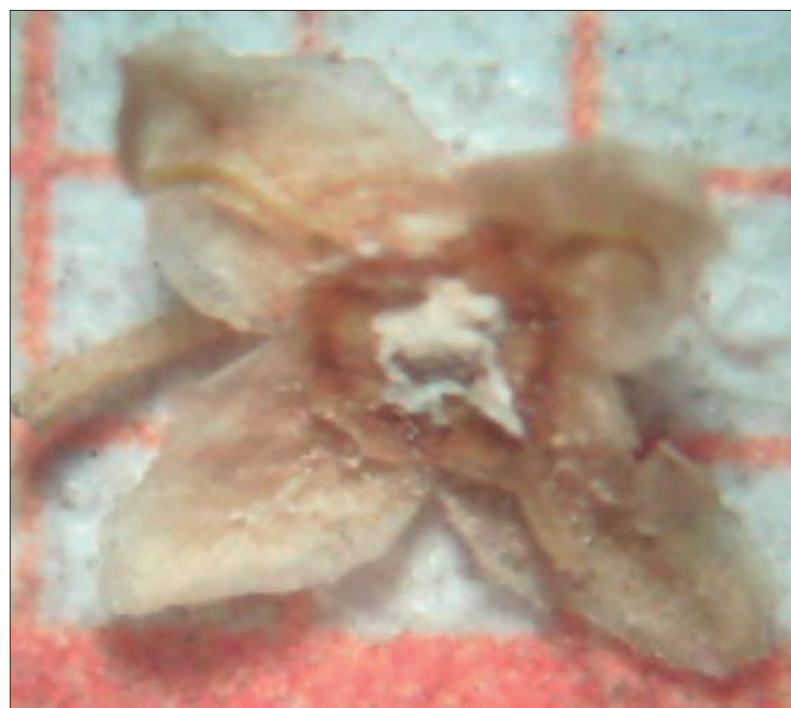


Figure 6 – Forme du disque chez *T. boveana*.

Figure 6 – Form of the disk in *T. boveana*.



Figure 7 – Forme et longueur des feuilles de *T. boveana* collectées au Sahara.

Figure 7 – Form and length of leaves of *T. boveana* collected in the Sahara.

travaux ont décrit la bractée égale à légèrement supérieure au calice (Venturella *et al.* 2007). Chez *T. gallica* la taille de la bractée dépasse la limite supérieure des pédoncules sans atteindre l'extrémité du calice (Natale *et al.* 2008 ; Cirujano 1993 ; Venturella *et al.* 2007). Quant à Baum (1968) il précise qu'elle ne dépasse pas le milieu du calice. Selon Valdés *et al.* (2003) les bractées sont triangulaires et atteignent le milieu du calice à l'anthèse, et dans la *Flore pratique du Maroc* (Fennane *et al.* 1999) elles sont souvent décrites comme plus courtes que le calice.

Dans le présent travail l'examen de nombreux spécimens révèle que la longueur des bractées diffère au niveau du même individu

en fonction de la position des fleurs sur le même chaton, entre les chatons du même rameau ou en fonction de la période de floraison. Les variations concernent plusieurs facteurs, notamment la croissance des pédoncules floraux qui continuent à s'allonger durant la floraison, tandis que les bractées peuvent garder la même taille (Villar *et al.* 2012).

Pour Bunge (1852), *T. gallica* possède des bractées ovales acuminées. Mais dans la monographie de Baum (1978) elles sont triangulaires acuminées à pointe émoussée. Laquelle forme est attribuée aussi bien à *T. gallica* qu'à *T. canariensis* d'après Venturella *et al.* (2007). Concernant *T. canariensis*, la forme des bractées est subulée d'après Cirujano (1993), elle est triangulaire acuminée selon Venturella *et al.* (2007), et triangulaire acuminée à subulée dans la description de Baum (1978). Dans nos échantillons certains spécimens possèdent, sur le même chaton, des bractées de formes et de tailles variées. Elles sont triangulaires acuminées et/ou triangulaires subulées, ce qui concorde avec les descriptions de *T. canariensis* et *T. gallica*.

Par ailleurs, dans les travaux de Baum (1968, 1978), Bunge (1852), Venturella *et al.* (2007) et Valdés *et al.* (2003), les chatons de *T. gallica* sont glabres. Les spécimens des deux espèces récoltés, qui présentent des caractères similaires, possèdent tous des rachis glabres, ce qui renforce l'hypothèse que *T. gallica* soit présente au Maroc. Baum (1978) met la présence de cette dernière en doute pour le Maroc et on peut se poser la question de la capacité de ce seul caractère à discriminer *T. canariensis* et *T. gallica*.

Dans les clés d'identification, la taille des pétales de *T. canariensis* et *T. gallica* présente de légères différences. Chez *T. canariensis* elle varie de 1,25 à 1,5 mm (Baum 1978 ; Fennane *et al.* 1999) alors que dans les travaux de Venturella *et al.* (2007) les pétales peuvent mesurer jusqu'à 2,5 mm. Chez *T. gallica* la taille des pétales est de 1,5 à 2 mm (Baume, 1978 ; Fennane *et al.*, 1999) et elle peut atteindre 2,2 mm (Venturella *et al.* 2007). La taille des pétales pourrait donc conduire à de fausses identifications. La forme des pétales, chez *T. canariensis*, est obovale (Baum 1978 ; Fennane *et al.* 1999) ou obovale à elliptique (Venturella *et al.* 2007). Chez *T. gallica*, les pétales sont elliptiques à ovales-elliptiques (Baum 1978 ; Fennane *et al.* 1999 ; Venturella *et al.* 2007).

Chez nos spécimens les pétales présentent des formes et des tailles différentes entre les individus de la même population et au sein du même individu : obovales, obo-elliptiques ou elliptiques. Ces similarités conduisent à ne pas considérer la forme et la taille des pétales comme un caractère discriminant entre *T. gallica* et *T. canariensis*.

Concernant les sépales, Baum (1978) montre qu'ils possèdent une forme ovale chez *T. gallica* et plus ou moins effilée chez *T. canariensis* (figure 8). En se basant sur ce critère, nous pouvons affirmer que les spécimens récoltés correspondent bien à *T. gallica* du fait qu'ils présentent tous des sépales de forme ovale.

La forme du disque nectarifère fait partie des critères d'identification selon Baum (1978), cependant certains auteurs ont mis en doute la fiabilité de ce caractère chez plusieurs espèces (Arianmanesh *et al.* 2015 ; Zohary 1987 *in*

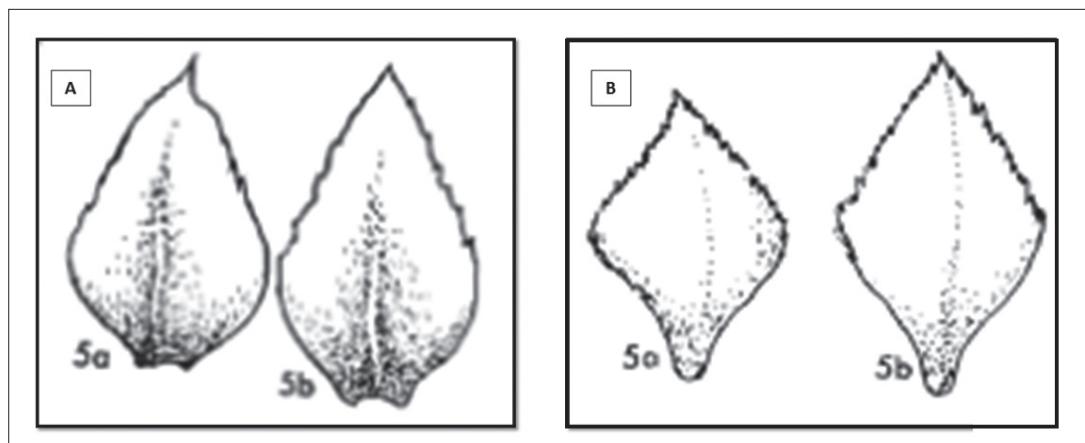


Figure 8 – A) forme des sépales chez *T. gallica*. B) forme des sépales chez *T. canariensis* (Baume 1978).

Figure 8 – A) Sepal form in *T. gallica*. B) Sepal form in *T. canariensis* (Baume 1978).

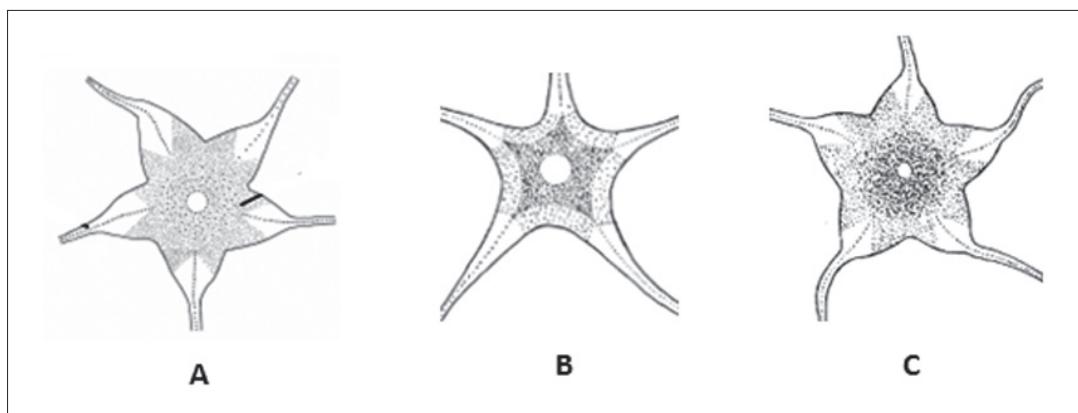


Figure 9 – Forme du disque : A) *T. gallica* (Natale et al., 2008) ; B) *T. gallica* (Baum, 1978) ; C) *T. canariensis* (Baum, 1978).

Figure 9 – Forme of the disk: A) *T. gallica* (Natale et al., 2008) ; B) *T. gallica* (Baum, 1978) ; C) *T. canariensis* (Baum, 1978).

Villar *et al.* 2012). Ainsi la forme du disque de *T. canariensis* (figure 9) décrite par Baum (1978) est semblable à celle de *T. gallica* décrite par Natale *et al.* (2008). Les disques des spécimens récoltés et identifiés, tous semblables à ceux décrits par Natale *et al.* (2008), suggèrent qu'il s'agit de *T. gallica*.

Des comparaisons entre les échantillons récoltés et ceux de l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat ne permettent pas de distinguer *T. gallica* et *T. canariensis*.

Ce constat questionne la fiabilité de certains caractères utilisés dans les différents travaux pour la séparation entre *T. gallica* et *T. canariensis*. C'est ainsi que Quézel & Santa (1963) dans leur revue *Nouvelle Flore de l'Algérie* ont décrit *T. gallica* comme une espèce très polymorphe.

La période de floraison (printanière ou estivale) joue sur les critères d'identification. Les travaux de Baum (1978) montrent que ces deux espèces présentent, au cours de la deuxième floraison (estivale), des caractères proches et similaires de ceux de *T. africana* et aucune étude n'a été réalisée pour définir les caractères susceptibles de changer entre la première et la deuxième floraison.

Conclusion

De nombreux problèmes et conflits se posent entre les différentes clés de détermination concernant les espèces du genre *Tamarix*. Ce problème mérite d'être attentivement considéré sachant que ces espèces présentent des similarités entre elles et des variabilités

morphologiques au sein des individus de mêmes espèces potentiellement dues aux taux élevés d'hybridation chez *Tamarix* (Mayonde *et al.* 2015). Une étude morphologique approfondie basée sur un suivi des stades de développement des différentes pièces florales durant les différentes périodes de floraison s'avère nécessaire pour résoudre ce problème.

Remerciements

Nous remercions vivement José Luis Villar pour ses commentaires. Nos remerciements s'adressent également à Mohamed Ibn Tattou qui nous a aimablement reçus à l'Institut scientifique de Rabat.

Références bibliographiques

- Arianmanesh, R., Mehregan, I., Nejadsatari, T. & Assadi, M. (2015). Molecular phylogeny of *Tamarix* (*Tamaricaceae*) species from Iran based on ITS sequence data, Pelagia Research Library. *European Journal of Experimental Biology* 5(6), 44-50.
- Baum, B.R. (1967). Introduced and naturalized tamarisks in the United States and Canada. *Baileya* 15, 19-25.
- Baum, B.R. (1968). A new species of *Tamarix* from South-Eastern Iran. *Oesterreichische Botanische Zeitschrift* 114, 379-382.
- Baum, B.R. (1978). *The Genus Tamarix*. The Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- Barry, A.R. & Luque, A. (1998). Ecology and distribution of the genus *Tamarix* L (*Tamaricales*: *Tamaricaceae*) on the Island of Grand Canaria. *Bol. Mus. Mum. Funchal. Sup.* 5: 47-58.
- Benkhnigue, O., Zidane, L., Fadli, M., El Yacoubi, H., Rochdi, A. & Douira, A. (2011). Étude

- ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta Bot. Barc.* 53, 191-216.
- Brock, J.H. (1994). *Tamarix* spp. (salt cedar), an invasive exotic woody plant in arid and semi-arid riparian habitats of Western USA. In: *Ecology and Management of Invasive Riverside Plants*. (eds de Waal, L.C., Child, L.E., Wade, P.M. & Brock, J.H.). Wiley and sons Ltd. West Sussex, pp. 28-44.
- Bunge, A. (1852). *Tentamen Generis Tamaricium species Accuratus Definiendi*, Dorpat.
- Cirujano, S. (1993). *Tamarix* L. In: *Flora Iberica* 3. (eds Castroviejo, S., et al.). Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid, pp. 437-443.
- Crins, W.L. (1989). The *Tamaricaceae* in the southeastern United States. *J. Arnold Arboretum* 70, 403-425.
- DeLoach, C.J., Lewis, P.A., Herr, J.C., Carruthers, R.I., Tracy, J.L. & Johnson, J. (2003). Host specificity of a leafbeetle, *Diorhabda elongata deserticola* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Asia, for biological control of saltcedars (*Tamarix*: *Tamaricaceae*) in the western United States. *Biol. Control.* 27(2), 117-147.
- El Joubari, M., Hajji, K., Himmi, O., El Alami, M., Agbani, M.A. & Louah, A. (2015). Étude des macroinvertébrés (Gastéropodes, Diptères et Odonates) des marais de Smir-Restinga (nord-ouest du Maroc). *Entomologie faunistique* 68, 17-31.
- El Mansouri, L., Ennabili, A. & Bousta, D. (2011). Socioeconomic interest and valorization of medicinal plants from the Rissani oasis (SE of Morocco). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 10(1), 30-45.
- Ennabili, A. & Ater, M. (1996). Flore (pteridophyta et spermatophyta) des zones humides du Maroc méditerranéen : inventaire et écologie. *Acta Botanica Malacitana* 21, 221-239.
- Ennabili A. & Ater M. (2005). Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais de Smir. *Travaux de l'Institut scientifique. Rabat. Série générale* 4, 17-25.
- Ennabili, A. & Gharnit, N. (2003). Effets d'aménagements du littoral tétouanais (nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (spermatophyta). *Acta Bot. Barc.* 48, 199-216.
- Ennabili, A. & Radoux, M. (2006). Teneurs en azote, phosphore et potassium (npk) d'hygrophytes au Maroc méditerranéen. *Acta Bot. Barc.* 50, 459-464.
- Fennane, M., Ibn Tatou, M., Mathez, J., Ouyahya, A. & El Oualidi, J. (1999). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol. 1. *Trav. Inst. Sci. Rabat. Série. Bot* 36.
- Gasking, J.F. & Schaal, B.A. (2002). Hybrid *Tamarix* widespread in US invasion and undetected in native Asian range. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99, 1125-1129.
- Gaskin, J.F. & Shafroth, P.B. (2005). Hybridization of *Tamarix ramosissima* and *T. chinensis* (saltcedars) with *T. aphylla* (athel) (family *Tamaricaceae*) in the southwestern USA determined from DNA sequence data. *Madroño* 52, 1-10.
- Gries, D., Foetzki, A., Arndt, S.K., Bruelheide, H., Thomas, F.M., Zhang, X. & Runge, M. (2005). Production of perennial vegetation in an oasis-desert transition zone NW China-allometric estimation, and assessment of flooding and use effects. *Plant Ecol.* 181, 23-43.
- Kerns, B.K., Naylor, B.J., Buonopane, M., Parks, C.G. & Rogers, B. (2009). Modeling Tamarisk (*Tamarix* spp.) Habitat and Climate Change Effects in the Northwestern United States. *Invasive Plant Science and Management* 2, 200-215.
- Klose, A. (2009). *Soil characteristics and soil erosion by water in a semi-arid catchment (Wadi Drâa, South Morocco) under the pressure of global change*. Doctoral thesis, University of Bonn.
- Komaroz, M. (1949). *Flora USSR*. L. Academ. Nauk. USSR, pp. 290-321.
- Kuzminsky, E., De Angelis, P., Abou Jaoudé, R., Abbruzzese, G., Terzoli, S., Angelaccio, C., De Dato, G., Monteverdi, M.C. & Valentini, R. (2016). Biodiversity of Italian *Tamarix* spp. populations: their potential as environmental and productive resource. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali* 25, 439-452.
- Mayonde, S.G., Cron, G.V., Gaskin, J.F. & Byrne, M.J. (2015). Evidence of *Tamarix* hybrids in South Africa, as inferred by nuclear ITS and plastid trnS-trnG DNA sequences. *South African Journal of Botany* 96, 122-131.
- Natale, E.S., Gaskin, J., Zalba, M., Ceballos, M. & Reinoso, H.E. (2008). Especies del género *Tamarix* (*Tamaricaceae*) invadiendo ambientes naturales y seminaturales en Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 43(1-2), 137-145.
- Orch, H., Zidane, L. & Douira, A. (2013). Contribution à la connaissance de la flore vasculaire du massif d'Izarène (nord-ouest Maroc). *Journal of Animal & Plant Sciences* 20.
- PDTDOT. (2010). *L'Aménagement et la Valorisation du sentier pédestre autour de la source de Tasbelbat à Tinejdad. Rapport phase diagnostic*. Programme de développement territorial durable des oasis du Tafilelat. REF : MAR/2010/059. <https://docplayer.fr/41970794-Rapport-phase-diagnostic.html>
- Qaiser, M. (1981). The genus *Tamarix* Linn. (*Tamaricaceae*) in Pakistan. *Pak. J. Bot.* 13(2), 107-158.
- Qaiser, M. (1982). *Tamaricaceae*. In: *Flora of Pakistan* (eds Nasir, E. & Ali, S.I.), Rawalpindi, 4, 1-65.
- Qaiser, M. & Perveen, A. (2004). Pollen flora of Pakistan - XXXVII. *Tamaricaceae*, *Pak. J. Bot.* 36(1), 1-18.
- Quézel, P. & Santa, S. (1963). *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II*. Édition du Centre national de la recherche scientifique.
- Qninba, A., Benhoussa, A., Hammada, S. & Azeroual, A. (2003). *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR)*. Catégories approuvées dans la Recommandation 4.7 modifiée par la Résolution VIII.13 de la Conférence des parties contractantes.
- Rihane, A. (2012). Reproduction du Fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans l'estuaire de l'oued El Maleh, Mohammedia. *Go-South Bull.* 9, 155-160.
- Rivas Cembellin, M.M., Leon Arencibia, M.C. & De La Torre, W.W. (1990). El genero *Tamarix* L. (*Tamaricaceae*): Consideraciones acerca de los taxones presentes en Canarias. *Vierarea* 19, 29-44.
- Shafroth, P.B. & Mark, K.B. (2008). Restoration ecology and invasive riparian plants: An introduction to the special section on *Tamarix* spp. in Western North America. *Restoration Ecology* 16, 94-96.
- Scholz S., Osorio, V.E.M., De La Torre, W.W. & Andreyes-betancort J.A. (2008). Notas sobre el género *Tamarix* en fuerteventura. *Bot. Macaronésica* 27, 127-132.

- Sotiaux, A. & Sotiaux, O. (1981). *Tamarix boveana* (*Tamaricaceae*) et *bowlesiaincana* (*Apiaceae*) à Mallorca. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears* 25, 175-177.
- Tian H., Kang, M., Liu, Y., Ye, Q. & Yao, X. (2012). High genetic diversity in remnant natural populations of *Myricaria laxiflora*, a species once considered to be extinct in the wild. *Aquatic Botany* 103, 48-53.
- Valdés, B., Rejdali, M., El Kadmiri, A., Jury, S.L. & Montserrat, J.M. (2003). *Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc, incluant des clés d'identification*. CSIC, Madrid, 1, 214-216.
- Ventrella, G., Baum, B. & Mandracchia, G. (2007). The genus *Tamarix* (*Tamaricaceae*) in Sicily: first contribution. *Flora Mediterranea* 17, 25-46.
- Villar, J.L., Alonso, M.A., Juan, A. & Crespo, M.B. (2012). Does *Tamarix dalmatica* (*Tamaricaceae*) occur in Spain? *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 69, 253-258.
- Villar, J.L., Alonso, M.A., Vicente, A., Juan, A. & Crespo, M.B. (2014). The genus *Tamarix* (*Tamaricaceae*) in Crete (Greece). *Willdenowia* 44, 321-326.
- Yang, Q.E. & Gasking, J. (2007). *Tamaricaceae*. In *Flora of China*. (eds Wu, Z.Y., Ravon, P.H. & Hong, D.Y.), Vol 13. Science Press, Beijing. And Missouri Botanical Garden, St. Louis, pp. 58-66.
- Wang, Y., Liu, Y., Liu, S. & Huang, H. (2009). Molecular phylogeny of *Myricaria* (*Tamaricaceae*): implications for taxonomy and conservation in China. *Botanical Studies* 50, 343-352.
- Willdenow, K.L. (1816). Beschreibung der Gattung *Tamarix*. *Abb. Akad. Berlin Physik* 1812-1813, 76-85.
- Zhang, D.Y. (2005). Discuss on some systematical problems of *Tamaricaceae*. *Acta Bot. Yunn.* 27, 471-478.
- Zhang, M., Meng, H., Zhang, H., Vyacheslav, B.V. & Sanderson, S.C. (2014). Himalayan Origin and Evolution of *Myricaria* (*Tamaricaceae*) in the Neogene. *PLOS ONE* e9758
- Zohary, M. (1972). *Tamarix*. In: *Flora palaestina* 2. (eds Zohary, M.). The Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, pp. 351-364.
- Zohary, M. (1987). *Tamarix* L. In: *Flora palaestina* 2. (eds Zohary, M.). Reprint. The Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem, pp. 350-362.

Distribution géographique des espèces du genre *Tamarix* L. (*Tamaricaceae*) au Maroc

Geographical distribution of Tamarix L. (Tamaricaceae) in Morocco

Abdesslam BIHAOUI*, Abdelmajid HADDIOUI, Soumaya HAMMADA

Laboratoire de biotechnologies et valorisation des ressources phytogénétiques. Faculté des sciences et techniques, université Sultan Moulay Slimane, BP 523, 23000 Béni Mellal, Maroc

* Auteur correspondant : bihaouiabdesslam@gmail.com

Received: 119 May, 2020; First decision: 12 May, 2020; Revised: 8 June, 2020; Accepted: 22 June, 2020

Résumé

Durant le présent travail 51 stations ont été choisies pour étudier le genre *Tamarix*, réparties sur la majorité des régions marocaines. Les spécimens récoltés ont été identifiés en utilisant différentes clés de détermination. Les caractères morphologiques et écologiques ainsi observés lors de l'étude des échantillons montrent que les espèces de ce genre possèdent une grande plasticité et une forte capacité d'adaptation aux conditions écologiques des milieux qu'elles occupent. C'est ainsi que certaines espèces du genre *Tamarix* sont des phréatophytes alors que d'autres sont des psammophytes. La présence de certaines espèces de ce genre dans les régions sahariennes (M'hamide El Ghizlane, Merzouga, etc.) montre qu'elles sont thermophiles. D'autres encore tolèrent des zones se situant à des hautes altitudes dont les températures sont très basses (Bounwal 1 052 m, Ben Chrou 1 273 m) ou se développent à proximité de sources. L'étude montre également la capacité de ces espèces à coloniser des écosystèmes côtiers où les eaux sont saumâtres ou salées. Outre ces adaptations, certaines espèces sont utilisées comme brise-vent ou contre l'érosion du sol en raison de leur système racinaire profond ainsi qu'à leur résistance à la sécheresse. Cette étude met

en évidence la distribution et la diversité des habitats dans lesquels les espèces de *Tamarix* peuvent coexister. Cette étude nous a permis de confirmer la présence de certaines espèces déjà signalées dans ces stations, et par la suite d'actualiser la répartition des espèces du genre *Tamarix* au Maroc.

Abstract

For the present work, 51 sites, spread over the majority of the Moroccan regions, were chosen to study the genus *Tamarix*. Harvested specimens were identified using different determination keys. The morphological and ecological characters observed show that the species of this genus have a great plasticity and a strong capacity of adaptation to the ecological conditions of the environments which they occupy. Some species of the genus *Tamarix* are phreatophytic while others are psammophytes. The presence of some species of this genus in the Saharan regions (M'hamide El Ghizlane, Merzouga, etc.) shows that they are thermophilous. Besides, others tolerate areas located at high altitudes with very low temperatures (Bounwal 1 052 m, Ben Chrou 1 273 m)

Mots clés : *Tamaricaceae*, *Tamarix*, phréatophytes, psammophytes, thermophiles.

Keywords: *Tamaricaceae*, *Tamarix*, phreatophytic, psammophytes, thermophilous.

or develop near springs. The study also shows the ability of these species to colonize coastal ecosystems where the waters are brackish or salty. In addition to these adaptations, some species are used as shelterbelts or against soil erosion, since their root system is deeper than co-existing species and that they are resistant to drought. This study highlights the distribution and diversity of habitats in which Tamarix species can coexist. This study allowed us to confirm the presence of certain species already reported in these locations, and subsequently to update the distribution of species of the genus Tamarix in Morocco.

Introduction

Le Maroc est un pays méditerranéen situé au nord-ouest de l'Afrique. Sa position géographique fait de lui un pays apte à recevoir les espèces végétales des pays voisins ou à les diffuser vers ces pays, à savoir l'Espagne et ses îles au nord et au sud-ouest du Maroc (Scholz *et al.* 2008), l'Algérie *via* sa longue frontière à l'est et la Mauritanie à travers une

vaste frontière au sud du pays. En général les végétaux dispersés par leurs graines ou par leurs fruits présentent des aptitudes à coloniser de nouveaux territoires et peuvent acquérir de nouveaux caractères adaptatifs (Klein *et al.* 2015). Ceci peut entraîner l'apparition de nouvelles formes ou bien l'expression des traits récessifs qui rendent difficile l'identification de certaines espèces et qui peuvent constituer un obstacle majeur à la compréhension de leur plasticité phénotypique.

Au Maroc, la famille des Tamaricaceae est représentée par un seul genre *Tamarix*. En 1978, Baum a signalé la présence de cinq espèces dans le territoire marocain et il a considéré la présence de *Tamarix gallica* comme douteuse. Cependant des travaux postérieurs (Ennabili & Ater 1996 ; Ennabili & Gharnit 2003 ; Ennabili & Ater 2005 ; Ennabili & Radoux 2006 ; Benkhnigue *et al.* 2011 ; El Mansouri *et al.* 2011 ; Rihane 2012 ; Orch *et al.* 2013 ; El Joubari *et al.* 2015) ont signalé la présence de *T. gallica* (tamaris de France) dans certaines stations sans donner

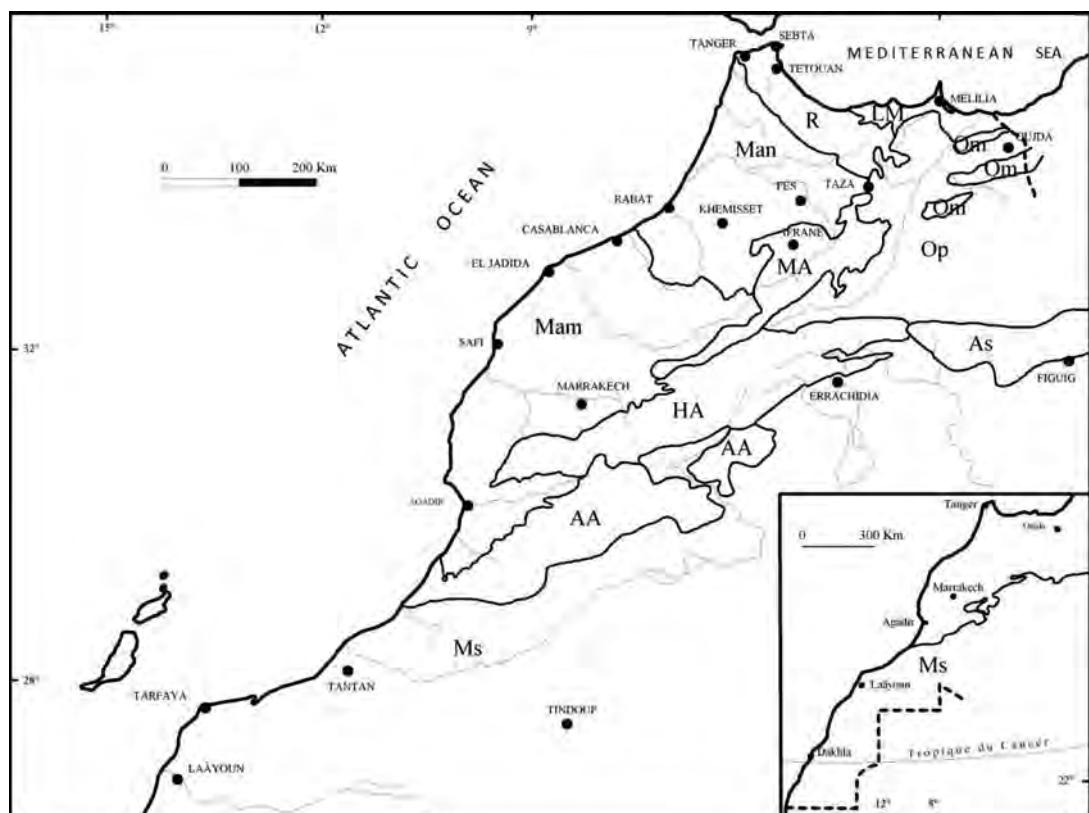


Figure 1 – Divisions géographiques du Maroc. Ms (Maroc saharien), As (Atlas saharien), AA (Anti Atlas), HA (Haut Atlas), MA (Moyen Atlas), Mam (Maroc atlantique moyen), Man (Maroc atlantique nord), Op (plateaux orientaux), Om (montagnes orientales), LM (côte méditerranéenne), R (Rif). (Fennane *et al.*, 1999).

Figure 1 – Geographical divisions of Morocco. Ms (Saharan Morocco), As (Saharan Atlas), AA (Anti Atlas), HA (High Atlas), MA (Middle Atlas), Mam (Middle Atlantic Morocco), Man (North Atlantic Morocco), Op (Oriental Plateaus), Om (eastern mountains), LM (Mediterranean coast), R (Rif). (Fennane *et al.*, 1999).

aucune description des spécimens récoltés. Par ailleurs la flore des pays voisins (Algérie, Espagne) mentionne sa présence dans leur territoire, ce qui augmente la probabilité de son existence au Maroc. Ces contradictions entre les travaux de Baum et ceux des autres auteurs sont dues à des lacunes dans la détermination de caractères morphologiques discriminants des espèces du genre *Tamarix*, y compris l'espèce *T. gallica* (Bahaoui *et al.* 2020).

Dans la présente étude nous avons pu identifier plus de 560 individus répartis entre les 51 stations prospectées couvrant ainsi la majorité des régions marocaines. Ces stations présentent des conditions bioclimatiques et hydrologiques très diversifiées qui semblent avoir un effet sur l'aspect morphologique des espèces et leur distribution. L'objectif de la présente étude vise donc principalement à déterminer l'aire de répartition des différentes populations de *Tamarix* au Maroc et leur degré de distribution (étendue, limitée ou restreinte) ainsi qu'à caractériser, chez les espèces de *Tamarix*, l'existence de caractères morphologiques leur conférant une bonne adaptation aux extrêmes du milieu.

Matériels et méthodes

Le Maroc comprend 11 grandes régions biogéographiques parmi lesquelles 9 régions ont fait l'objet de prospection dans la présente étude (figure 1), lesquelles sont représentées par 51 stations étudiées entre mars 2015 et août 2018 (tableau 1). Le choix de ces stations est basé sur divers paramètres notamment la diversité des facteurs écologiques (altitude, température, salinité, hydrologie), l'importance et la taille des populations de *Tamarix* et la facilité d'accès aux stations. Ces zones diffèrent les unes des autres par leur nature (source, oued, marais, oasis, dune, montagne, lagune), leur situation géographique, climatique ainsi que leur hydrologie. Elles présentent également des diversités dans la nature des sols, la salinité, la profondeur de la nappe phréatique et le couvert végétal.

L'identification des spécimens collectés est basée sur différentes clés taxinomiques et monographies : Bunge (1852) ; Quézel & Santa (1963) ; Baum (1967, 1978) ; Qaiser (1981) ; Cirujano (1993) ; Fennane *et al.* (1999) ; Valdés *et al.* (2003) ; Villar *et al.* (2012).

Tableau 1 – Localisation géographique des populations de *Tamarix* étudiées.
Table 1 – Geographical location of the studied populations of *Tamarix*.

Station	Altitude en m	latitude N	longitude E
Ouchreh	646	32.43264292	-6.17637634
Ait Oudi	646	32.44350872	-6.20375636
Smir	1	35.70993183	-5.35643577
El Aliyne	1	35.80417067	-5.35549163
Martil	4	35.61327881	-5.28528213
Tetouane	7	35.57022329	-5.35156488
Oued Srou	865	32.83048590	-5.61882019
Ben Chrou	1273	32.42498174	-5.98853588
Oued Felat	1465	33.05642502	-5.41630268
Amassine	1037	33.00703769	-5.56591775
Zawyate Ahensale	1735	31.83607641	-6.10427856
Bounwal	1315	32.47436045	-5.99132537
Saidia	2	35.10193405	-2.35296249
Arfoude	805	31.44859101	-4.22692537
Khnifisse	16	28.0281213	-12.2399711
Tassaout	409	32.1461122	-7.27878570
TanTan Oued Draa	58	28.52835684	-10.9478759
TanTan Oued Ben Khilil	47	28.43646844	-11.1118555
Kalaa Esraghna	499	32.07204730	-7.47164726
Mechraa Ben Abou	209	32.64703585	-7.79737472
Oued Laabid	365	32.1394261	-7.02635765
Barrage de K-Tadla	477	32.59057495	-6.26709938
Kasba Tadla	481	32.59205741	-6.27656221
Khenifra	836	32.94249220	-5.66834449
Laâyoune	31	27.16161703	-13.1934642
Ouarzazate	1132	30.92387435	-6.95863723
Zagora	711	30.31498744	-5.83944797
M'hamide El Ghizlane	547	29.82217843	-5.72876930
Lekbab	1044	32.74992558	-5.54316043
Taza	422	34.23256094	-4.03374195
Guersif	360	34.21797710	-3.34507942
Taourirt	366	34.41154785	-2.92669773
Rich	1264	32.26332992	-4.41324234
Mohammedia	5	33.6786844	-7.41037487
Salé	5	34.02237777	-6.80669546
Fouarate	4	37.67008766	-6.55192852
Sidi Boughaba	8	34.2352929	-6.67711257
Marée Cageux	4	35.17359784	-6.10247611
Barrage de Laarache	2	35.15331939	-6.09063148
Tanger	69	38.94126.215	-5.66242218
Arfoude	813	31.48112379	-4.21711921
Aoufousse	892	31.68650015	-4.17867779
Rissani	757	31.28551937	-4.23947811
Merzouga	697	31.04870589	-4.00533199
Ferkla Al-Oulia	1007	31.49923841	-5.07538318
Oued Ferkal	957	31.55484116	-4.90816354
Midelt	1473	32.6797682	-4.72261905
Rachidia	1023	31.9341359	-4.42229747
Ma Youssef	988	31.8953400	-4.33479309
El-Jorf	818	31.4857717	-4.39916610
Marrakeche	402	31.6896132	-7.98311233

En plus de l'identification des spécimens collectés, nous avons examiné les collections du genre *Tamarix* de l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat. Ces collections contiennent également des échantillons qui proviennent de différentes régions du Maroc (code : 7966, 8024, 8046, 8053, 8055, 8056, 8064, 8089, 13517, 13518, 13519, 13523, 13524, 13536, 13541, 13558, 23887, 23888, 42748, 45704, 48068, 60731, 61042, 61109, 61110, 61153, 61566, 61802, 62406, 63950, 76123, 76142, 77012, 78333, 104630, 104639, 109576, 109577, 109579, 109560, 109585, 110309, 110496, 110535, 110536, 110538, 110750) ; d'Algérie (code : 8029, 8045, 8050, 8065, 8066, 13489, 13507, 13516, 13523, 61042, 61043) ; d'Égypte (8035) ; d'Espagne : Almeria (8052), Baléares Majorque (49234), Barcelone (13540), Las Palmas (48093), Tarragone "cambrils" (13539), Saragosse (49231) ; de Californie (48414, 48415) ; de Palestine (13498) ; de Jordanie (13529) et de Syrie (13545).

La consultation des échantillons de l'herbier nous a permis d'explorer les divergences

morphologiques intra et interspécifiques, et de comparer les spécimens récoltés avec ceux présents dans l'herbier, notamment dans les stations de Smir, de l'oued Maleh à Mohammedia, de l'embouchure de l'oued Moulouya, de Rissani, de Saidia, de l'oued Inaouéne, de l'oued Draa et de la lagune Khnifiss (Dakki 2003 ; Ennabili & Gharnit 2003 ; Qninba *et al.* 2003 ; Hammada *et al.* 2004 ; Ennabili & Ater 2005 ; El Mansouri *et al.* 2011 ; Rihane 2012).

Distribution des *Tamarix*

Dans la présente étude, les collections relatives au genre *Tamarix* sont composées de cinq ou six espèces. Ce nombre reste à confirmer en raison de grandes ressemblances et de la complexité d'identification particulièrement entre les deux espèces *T. gallica* et *T. canariensis*. Ces espèces présentent des variabilités morphologiques intra-individuelles, deux chatons du même spécimen pouvant présenter des caractères différents en fonction de leur position et de leur exposition.

Depuis longtemps, *Tamarix gallica* est considérée comme une espèce très polymorphe et de ce fait elle n'a pas été bien décrite (Sudbrock 1993 cité par Ijbari *et al.* 2014 ; Quézel & Santa 1963). C'est ainsi qu'il nous a été difficile de confirmer la présence de l'une ou de l'autre des deux espèces (*T. gallica* et *T. canariensis*) en nous basant sur certains caractères morphologiques susceptibles de cohabiter au sein d'une même population. Si nous considérons le caractère « rachis glabre » et la forme des sépales décrite par Baum (1978), nous constatons que les spécimens récoltés possèdent ces caractères, ce qui suggère que *T. gallica* existe au Maroc et qu'elle est répandue. Selon Quézel & Santa (1963), la description de *T. gallica* reste vague, ce qui ne permet pas de la différencier de *T. canariensis*. Ces descriptions nous conduisent à nous interroger sur les caractères discriminants de chacune des espèces citées par ces auteurs. Par ailleurs les spécimens de l'herbier de l'Institut scientifique de Rabat, identifiés comme étant *T. canariensis* ou *T. gallica*, ne montrent pas de grandes différences morphologiques entre eux. Parfois le même spécimen porte des noms d'espèces différents en fonction des auteurs qui l'ont identifié. C'est le cas des échantillons dont les codes d'enregistrement sont les suivants : 13480, 13507,



Figure 2 – Spécimen de *Tamarix* portant des identifications différentes.

Figure 2 – *Tamarix* specimen with different identifications.

13516, 13517, 13518, 13519, 13523, 13524, 13536, 13548, 13549, 13550, 13553, 13558 (figure 2).

Nous en déduisons une variation morphologique intraspécifique ou des similitudes morphologiques interspécifiques entre *T. gallica* et *T. canariensis*. En raison de cette difficulté et du fait que ces espèces possèdent la même aire de répartition, nous avons utilisé la nomenclature *T. gallica/T. canariensis*.

La présente étude montre que certaines espèces sont caractérisées par une distribution très étendue alors que d'autres ont une distribution très limitée ou éparsse.

Espèce à distribution étendue : *T. gallica/T. canariensis*

Il s'agit d'arbres ou d'arbustes qui peuvent atteindre dix mètres de hauteur. Ces espèces sont caractérisées par une production continue de fleurs pendant une longue période de l'année (sept mois environ). Cependant Baum (1978) mentionne que la floraison a lieu pendant deux périodes distinctes de l'année. En outre, la période d'apparition des boutons floraux et la durée de la floraison varient selon les régions. Par exemple à Kasba Tadla (Maroc atlantique moyen) l'espèce commence à produire les fleurs à partir de mi-avril jusqu'au mois de septembre d'une façon continue (figure 3). Dans les zones désertiques (ex : Laâyoune), cette période est prolongée jusqu'au mois d'octobre bien que la floraison y soit très faible.

Répartition

T. gallica/T. canariensis ont été retrouvées dans de nombreuses stations étudiées. Elles possèdent une large distribution et colonisent différentes régions du Maroc :

- zones côtières : région du Rif dans les marais d'El Alyine, l'embouchure de la Moulouya à proximité de Saidia, les marais de Larache, Fouarate et Sidi Boughaba, les zones humides de Mohammedia ;
- région du plateau de l'Est : Midelt, Guersif et Taourirt ;
- Moyen Atlas marocain : Kasba-Tadla, Lekbab ;
- Haut Atlas : Riche ;
- Anti Atlas : Ouarzazate ;
- région du Tafilalet et Sahara, où cette espèce connaît une grande répartition : Arfoude, Aoufousse, Rissani, Zagoura, M'hamide El Ghizlane, TanTan, Laâyoune.



Figure 3 – Chatons de *T. gallica/T. canariensis*.

Figure 3 – Racèmes of *T. gallica/T. canariensis*.

Caractéristiques écologiques

T. gallica/T. canariensis colonisent aussi bien les zones à basse altitude (El Alyine) que celles à haute altitude qui peuvent atteindre 1 473 m (Midelt). La large distribution de ces espèces se traduit par une diversité des écosystèmes et une immense variabilité abiotique. Dans les régions côtières elles sont exposées aux courants marins frais, alors que dans les régions sahariennes elles peuvent tolérer des vents secs et des températures maximales moyennes élevées qui sont de l'ordre de 40 °C (bassin Draa : monographie générale de la région de Draa-Taïfalet 2015), ce qui permet de les classer parmi les espèces thermophiles.

La présente étude montre que *T. gallica/T. canariensis* peuvent se développer sur des sols salins, au bord des eaux de surface salines ou bien des nappes phréatiques salines (Saidia, Mohammedia, Laarache). Nous avons noté leur présence sur les rives de certains cours d'eau provenant de sources d'eau salines (oued Felat, oued Srou) (figure 4), où la conductivité électrique mesurée varie entre 6 S/m pendant la période estivale et 1,6 S/m pendant l'hiver. Par leur tolérance vis-à-vis de la salinité (Shannon *et al.* 1994, cité par Salama *et al.* 1999), ces espèces peuvent être considérées comme des halophytes (Hammada *et al.* 2004). Cette caractéristique a été également montrée par Zhang *et al.* 2002 ; Ohrtman & Lair 2013 (cité par Imada *et al.* 2015).

En outre, nous avons observé la présence de propriétés allélopathiques chez



Figure 4 – Dépôt de sel sur les rives de l'oued Srou.

Figure 4 – Salt deposit on the banks of Oued Srou.

T. gallica/T. canariensis. Ce phénomène correspond à une excrétion de composés chimiques à partir des glandes situées au niveau des feuilles. Ces produits excrétés par les feuilles de *Tamarix* sont principalement composés de NaCl et de quelques ions comme K, Ca, Mg (Waisel 1961 ; Berry 1970). Ainsi, la salinité du sol peut augmenter suite à l'accumulation de ces produits. Ces excréptions peuvent également contenir, chez certaines plantes, des métabolites secondaires (acides phénoliques, flavonoïdes, terpénoïdes et alcaloïdes) qui provoquent un ensemble d'interactions biochimiques directes ou indirectes d'une plante sur une autre (Dao 2008).

Les excréptions du sel agissent négativement sur le développement de certaines espèces végétales en limitant leur propagation (Guan *et al.* 2012 ; Jeevarathinam *et al.* 2013 ; Fu &

Burgher 2015) (figure 5). Cela semble devoir expliquer la faible diversité du cortège floristique de *T. gallica/T. canariensis* et parfois l'absence de couvert herbacé.

T. gallica/T. canariensis se développent généralement sur des sols humides voire gorgés d'eau, c'est le cas des stations d'El-Alyine, Fouarate qui sont submergées durant environ deux à trois mois (figure 6). Les travaux de Warren & Turner (1975) et Lesica & Miles (2004) ont ainsi montré que les tamaris peuvent disparaître si la période d'inondation excède trois mois.

Dans les régions sahariennes, nous constatons que certaines populations de *T. gallica/T. canariensis* résistent à la rareté de l'eau, c'est le cas de la population de Zagora où la pluviométrie moyenne annuelle est de 60 mm (Monographie générale de la région de Draa-Tafilalet 2015). De nombreuses études ont montré que ces espèces, comme d'autres espèces de *Tamarix*, possèdent un système racinaire dense et profond permettant d'atteindre les eaux souterraines jusqu'à une cinquantaine de mètres de profondeur (Merkel & Hopkins 1957 ; Waisel & Kafkafi 1996 ; Cleverly *et al.* 1997). D'après Arzipe *et al.* (2009) et Lavaine (2013) ces espèces peuvent résister dans les milieux secs, d'où la présence des jeunes pousses de *T. gallica/T. canariensis* dans les régions sahariennes (figure 7).

Dans les zones sahariennes, les populations de *T. gallica/T. canariensis* sont moins denses, leur appareil végétatif est moins développé et les tiges sont moins ramifiées en comparaison des spécimens récoltés dans les zones côtières ou centrales. Les fleurs présentent également certaines différences, elles sont moins nombreuses et regroupées en inflorescences lâches.



Figure 5 – Absence du sous-couvert.

Figure 5 – Absence of the under-covered.

La rareté de l'eau influence la morphologie, la croissance, la répartition et la densité des populations de ces espèces.

T. gallica/T. canariensis sont capables de se développer sur des terrains fragiles où elles facilitent la rétention du sol (Adamou *et al.* 2015). Ces espèces peuvent se développer sur des sols limoneux, argileux et même sablonneux (psammophytes). Ainsi, grâce à leurs systèmes racinaires elles retiennent le sable en donnant naissance à des dépôts sableux, humides ou secs, appelés nebkas (figure 8).

D'après cette analyse, *T. gallica/T. canariensis* peuvent être considérées comme les espèces les plus répandues au Maroc. Les caractéristiques susmentionnées leur permettent d'occuper une mosaïque de régions (Sahara, plaine, zone montagneuse, zone côtière, marais, lagune, embouchure) et démontrent leur grande plasticité écologique et leur pouvoir d'acclimatation.

Espèces à distribution limitée : *T. africana* et *T. aphylla*

Contrairement aux espèces *T. gallica/T. canariensis* qui connaissent une large distribution géographique, *T. africana* et *T. aphylla* ont une distribution limitée à certaines régions du Maroc où elles forment parfois des populations très importantes. Elles peuvent cohabiter avec les précédentes.

Tamarix africana est une espèce très répandue dans les stations étudiées de la région du Rif où elle forme des populations denses : Smir, El Alyine, Martil et Tétouane. Dans les marais d'El Alyine, elle cohabite avec *T. gallica/T. canariensis* ainsi que dans le Haut Atlas (Zawyate Ahensale) et le Moyen Atlas (Ouchreh et Ait Oudi). Au bord de l'oued Oum Er-rabia des populations éparses apparaissent au niveau des sources d'eau douce et salée au niveau d'Amassine et de l'oued Felat à proximité de Khenifra. En aval, sur les berges de l'oued Srou à proximité d'Elkbab, *Tamarix africana* cohabite avec *T. gallica/T. canariensis*. Plus loin, au niveau de Tagzirt, une grande population s'étend sur environ 15 kilomètres le long de l'oued Derna. Les individus de cette population possèdent un système racinaire adapté aux substrats rocheux, les racines paraissent bien développées même chez les jeunes pousses (figure 9). Dans certains endroits, le système racinaire des individus possède la faculté d'écraser les blocs rocheux



Figure 6 – *T. gallica/T. canariensis* submergées.

Figure 6 – *T. gallica/T. canariensis* submerged.



Figure 7 – Jeune pousse de *T. gallica/T. canariensis* au bord de l'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.

Figure 7 – Young shoot of *T. gallica/T. canariensis* on the edge of Wadi Draa in M'hamide El Ghizlane.



Figure 8 – Nebka située au bord de l'oued Draa à M'hamide El Ghizlane.

Figure 8 – Nebka located on the edge of Oued Draa in M'hamide El Ghizlane.

pour s'enfoncer dans le sol. Cette caractéristique a été signalée par Christine *et al.* (2007) chez d'autres espèces de *Tamarix*, où l'auteur décrit leur capacité de modifier les qualités physiques des écosystèmes.



Figure 9 – Racine très puissante chez les jeunes pousses des *T. africana*.

Figure 9 – Very powerful root in young shoots of *T. africana*.

T. africana est présente à des altitudes qui peuvent atteindre 1 735 m (Zawyate Ahensale) et à des températures moyennes basses en hiver ($-3,5^{\circ}\text{C}$) (Direction régionale Béni Mellal-Khénifra 2017).

Tamarix aphylla cohabite avec *T. gallica/T. canariensis* sur les berges de certains cours d'eau (M'hamide El Ghizlane, Ma Youssef, Guerssif). Des populations sont rencontrées à Kasba Tadla et à El Kelaâ des Sraghna. Dans la région de l'Anti Atlas nous l'avons trouvée à Ouarzazate au bord de l'oued Asif Tidili. Cette espèce est concentrée dans la région saharienne, notamment celle d'Errachidia, Rissani, Aoufousse, Arfoude, Merzouga et M'hamide El Ghizlane. Elle est dominante dans les régions d'Arfoude et

Rissani sur les sols sablonno-limoneux. Dans celle de M'hamide El Ghizlane et Merzouga, elle est la seule espèce de *Tamarix* à coloniser les grandes dunes de sable, comme les barkhanes et les dunes transversales, sous forme de populations éparses réparties de façon discontinue (figure 10).

D'après nos observations, cette espèce se développe sur les sols sablonneux ou argileux avec ou sans graviers. Elle se développe rarement au bord des cours d'eaux permanents car elle est moins exigeante en eau. Ainsi, en région saharienne (Zagora et M'hamide El Ghizlane), elle est utilisée dans la constitution des palissades pour stabiliser les dunes et lutter contre la désertification (figure 11).



A



B

Figure 10 – A) Dune transversale de M'hamide El Ghizlane. B) Barkhane de Merzouga.

Figure 10 – A) Dune transversale of M'hamide El Ghizlane. B) Barkhane of Merzouga.



Figure 11 – *T. aphylla* utilisée contre le mouvement de sable.

Figure 11 – *T. aphylla* used against the movement of sand.

Deux hypothèses semblent pouvoir expliquer cette distribution : (1) la plante possède un système racinaire bien développé pour pouvoir atteindre la nappe phréatique ; (2) ses exigences en eau sont très faibles et dans ce cas on peut la considérer comme une xérophyte (Xia *et al.* 2016 ; Chen *et al.* 2012).

Par ailleurs, *Tamarix aphylla* est une halophyte : elle possède, comme les espèces précédemment citées, des glandes sécrétrices situées au niveau des feuilles permettant ainsi l'excration de sel (Binet 1978 ; Shamir & Steinberger 2007). Ainsi la chute des feuilles inhibe le développement du sous-couvert.

Espèces à distribution très restreinte et à populations dispersées : *T. boveana* et *T. amplexicaulis*

L'espèce *Tamarix boveana* présente certaines confusions taxinomiques avec *T. africana* dans le cas où les individus possèdent des fleurs pentamères (Baum 1978). Cependant Villar *et al.* (2012) ont constaté que la longueur et la largeur du chaton sont des caractères discriminatoires entre les deux espèces – les chatons de *T. boveana* sont plus longs et larges que ceux de *T. africana*. Les spécimens de *T. boveana* collectés possédant tous des fleurs tétramères, la question de la confusion avec *T. africana* ne se pose pas.

T. boveana se caractérise par une aire de répartition disjointe où les populations sont très dispersées sur de grandes distances. La population la plus importante est celle qui longe l'embouchure de l'oued Moulouya à proximité de Saidia. Elle se

présente sous forme d'une forêt très dense parsemée localement de petites populations de *T. gallica/T. canariensis*. *T. boveana* étant une halophyte, elle tolère des degrés de salinité très variables. C'est le cas de la population de l'embouchure de Saidia où la salinité varie entre 1 et 30 g/l (Dakki 2003).

Plus loin, au sud-est du pays, on trouve une deuxième population à 3 km de la ville saharienne d'Arfoude en provenant d'Aoufousse. Plus au sud-ouest, au niveau de Saquyat al Hamra à l'entrée de la ville de Laâyoune, une troisième population moins dense colonise de grandes distances.

En conséquence, *T. boveana* peut être considérée comme une espèce très rare (nombre de localités connues ≤ 5 : Hammada *et al.* 2004 ; Fennane & Ibn Tattou 1998).

Concernant *T. amplexicaulis*, un seul spécimen parmi les différents échantillons récoltés est supposé correspondre à cette espèce. Cet individu a été collecté au niveau de Merzouga. Cette espèce a été déjà signalée dans cette région en 1980. L'échantillon est conservé dans l'Herbier national à l'Institut scientifique de Rabat (code : 63950).

La présence de cette espèce a été également signalée dans la lagune de Khnifisse (lac Na'ileh) (N 23887 collecté en 1961 et N 61110 collecté en 1985), au niveau de Grara à 10 km de Dakhla (109576, 109577, 109579) et au niveau d'Imlili (110309). Cependant, aucun spécimen parmi ceux collectés dans la lagune de Khnifiss en juin 2018 ne présente les caractéristiques de *T. amplexicaulis* (forme du disque, forme des feuilles charnues et nombre d'étamines). Les échantillons

collectés correspondent à *T. gallica/T. canariensis*, ce qui soulève la question des causes de la disparition de *T. amplexicaulis*.

Selon Baum (1978), cette espèce est présente dans le nord du Maroc (région du Rif). Nous excluons cependant cette hypothèse, d'autant que l'espèce n'est pas incluse dans le catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc (Valdés *et al.* 2003). L'ensemble des échantillons que nous avons examinés proviennent de régions désertiques (région du Maroc saharien) ce qui concorde avec les travaux de Fennane *et al.* (1999) et Benmerache *et al.* (2017).

T. amplexicaulis est une espèce qui peut également être classée comme étant très rare et menacée d'extinction au Maroc.

Conclusion

Dans le présent travail, des prospections ont été réalisées dans le but d'étudier la répartition du genre *Tamarix*. L'échantillonnage a été effectué au niveau de 51 stations couvrant la majorité des régions marocaines et les espèces ont été identifiées. Cependant, certaines questions, concernant notamment la taille de certaines populations, les raisons qui ont entravé leur renouvellement, le rôle des facteurs environnementaux, demeurent sans réponse : la présence au Maroc de *T. gallica* et *T. canariensis*, ainsi que la répartition géographique de *T. amplexicaulis* et *T. boveana* dans le pays restent inexpliquées.

Selon nos observations, les espèces du genre *Tamarix* connaissent une large répartition et une distribution inégale. Ainsi *Tamarix gallica/Tamarix canariensis* présente une large distribution et a été identifiée dans la majorité des stations prospectées. *Tamarix africana* et *Tamarix aphylla* connaissent une répartition limitée, alors que *T. boveana* et *T. amplexicaulis* sont deux espèces à distribution très restreinte.

Les informations que ce présent travail fournit sur les espèces rares ou menacées devraient susciter l'intérêt des forestiers et des chercheurs scientifiques, d'autant que ces espèces possèdent des vertus thérapeutiques (Saidana *et al.* 2008 ; Benmerach *et al.* 2017).

Références

- Adamou, A., Koudri, M., Boutmedj, A., Houyou, Z. & Ouakid, M.L. (2015). Évaluation d'un projet de fixation de dunes dans une steppe sud-algéroise : moyen de lutte contre l'ensablement et amélioration de la productivité pastorale. *Revue des régions arides*, numéro spécial 36.
- Baum, B.R. (1967). Introduced and naturalized tamarisks in the United States and Canada. *Baileya* 15, 19-25.
- Baum, B.R. (1978). *The Genus Tamarix*. Israel Academy of Sciences and Humanities. Jerusalem.
- Benmerache, A., Benteldjoune, M., Magid, A.A., Abedini, A., Berrehal, D., Kabouche, A., Gangloff, S.C., Nazabadlioko, L.V. & Kabouche, Z. (2017). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of *Tamarix balansae* J. Gay aerial parts. *Natural Product Research* 31, 2828-2835.
- Benkhnigue, O., Zidane, L., Fadli, M., El Vacoubi, H., Rochdi, A. & Douira, A. (2011). Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc). *Acta Bot. Barc.* 53, 191-216.
- Berry, W.L. (1970). Characteristics of salts excreted by *Tamarix aphylla*. *Amer. J. Bot.* 57, 1226-1230.
- Bihaoui, A., Habboui, A. & Hammada, S. (2020). Les erreurs d'identification des espèces du genre *Tamarix* L. au Maroc : clés non uniformes et espèces polymorphes. *Ecologia Mediterranea* 46(1), this issue.
- Binet, P. (1978). Introduction : caractéristiques physiologiques liées à l'halophilie et à la résistance aux sels. *Bulletin de la Société botanique de France*. 125, 73-93.
- Bunge, A. (1852). *Tentamen Generis Tamaricium species Accuratus Definiendi*. Dorpat.
- Chen, Y.P., Chen, Y.N., Xu, C.C. & Li, W.H. (2012). Groundwater depth affects the daily course of gas exchange parameters of *Populus euphratica* in arid areas. *Environ. Earth Sci.* 66, 433-440.
- Christine, R., Drew, W.M., Jeffrey, T.A., Boland, C.J. & Gaskin, J. (2007). Invasion of tamarisk (*Tamarix* spp.) in a southern California salt marsh. *Biol. Invasions* 9, 875-879.
- Cirujano, S. (1993). *Tamarix L.* In: *Flora Iberica* 3. (eds Castroviejo, S., *et al.*). Real Jardín Botánico. CSIC. Madrid, pp. 437-443.
- Cleverly, J.R., Smith, S.D., Sala, A. & Devitt, A.D. (1997). Invasive capacity of *Tamarix ramosissima* in a Mojave Desert floodplain: the role of drought. *Oecologia* 111, 12-18.
- Dakki, M. (2003). *Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du nord-est du Maroc : 1. embouchure de la Moulouya*. Rapport pour le ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Eau et de l'Environnement et le Département des eaux et forêts et de la lutte contre la désertification du Maroc. http://vinc.s.free.fr/IMG/MWC_Maroc_ZH_Moulouya.pdf
- Dao, V.T. (2008). *Effets de l'environnement sur la croissance et l'accumulation de métabolites secondaires chez Datura innoxia Mill. cultivé en conditions hors sol. Impact des facteurs biotiques et abiotiques*. Thèse de Doctorat de l'Institut national polytechnique de Lorraine. École nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires.
- Direction régionale Béni Mellal-Khénifra (2017). Annuaire statistique de la région Tadla-Azilal.

- <https://www.hcp.ma/region-drta/docs/Publications/Annuaire%20Statistique%20de%201a%20region%20Beni%20Mellal-Khenifra%20%202017.pdf>
- El Joubari, M., Hajji, K., Himmi, O., El Alami, M., Agbani, M.A. & Louah, A. (2015). Étude des macroinvertébrés (gastéropodes, diptères et odonates) des marais de Smir-Restinga (nord-ouest du Maroc). *Entomologie faunistique – Faunistic Entomology* 68, 17-31.
- El Mansouri, L., Ennabili, A. & Bousta, D. (2011). Socioeconomic interest and valorization of medicinal plants from the Rissani oasis (SE of Morocco). *Boletín Latino americano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 10(1), 30-45.
- Ennabili, A. & Ater, M. (1996). Flore (*pteridophyta* et *spermatophyta*) des zones humides du Maroc méditerranéen : inventaire et écologie. *Acta Botanica Malacitana* 21, 221-239.
- Ennabili, A. & Ater, M. (2005). Diversité floristique et production de biomasse des macrophytes des marais de Smir. *Travaux de l'Institut scientifique, Rabat, série générale* 4, 17-25.
- Ennabili, A. & Gharnit, N. (2003). Effets d'aménagements du littoral tétouanais (nord-ouest du Maroc) sur la végétation hygrophile (*spermatophyta*). *Acta Bot. Barc.* 48, 199-216.
- Ennabili, A. & Radoux, M. (2006). Teneurs en azote, phosphore et potassium (NPK) d'hygrophytes au Maroc méditerranéen. *Acta Bot. Barc.* 50, 459-464.
- Fennane, M. & Ibn Tattou, M. (1998). Catalogue des plantes endémiques, rares ou menacées du Maroc. *Bocconea* 8, 1-243.
- Fennane, M., Ibn Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A. & El Oualidi, J. (1999). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Vol. 1, *Trav. Inst. Sci., Rabat, Série Bot.* 36.
- Fennane, M. & Rejdali, M. (2016). Plantes aromatiques et médicinales du Maroc : richesse, diversité et menaces. *Bulletin de l'Institut scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie* 38.
- Fu, B.H. & Burgher, I. (2015). Riparian vegetation NDVI dynamics and its relationship with climate, surface water and groundwater. *J. Arid Environ.* 113, 59-68.
- Hammada, S., Dakki, M., Ibn Tattou, M., Ouyahya, A. & Fennane, M. (2004). Analyse de la biodiversité floristique des zones humides du Maroc. Flore rare, menacée et halophile. *Acta Botanica Malaciata* 29, 43-66.
- Guan, X.Y., Wang, S.L., Gao, Z.Y. & Fu, X.J. (2012). Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district. *Acta Ecol. Sin.* 32, 1202-1210.
- Ijbari, H., Sheidai, M., Mehrabian, A., Noor Mohammadi, Z. & Ghasem Zadeh-Baraki, S. (2014). K-means clustering and structure analyses of genetic diversity in *Tamarix* L. accessions. *Turkish Journal of Botany* 38, 1080-1094.
- Imada, S., Matsuo, N., Acharya, K. & Yamanaka, N. (2015). Effects of salinity on fine root distribution and whole plant biomass of *Tamarix ramosissima* cuttings. *J. Arid Environ.* 114, 84-90.
- Jeevarathinam, C., Rajasekar, S. & Miguel, A.F. (2013). Vibrational resonance in groundwater-dependent plant ecosystems. *Ecol. Complex.* 15, 33-42.
- Klein, E.K., Fady, B., Gaüzère, J., Lefèvre, F., Oddou-Muratorio, S. & Pichot, C. (2015). Migration, dispersion des pollens et des graines : interaction de processus démographiques et génétiques. *Innovations agronomiques* 47, 81-95.
- Lavaïne, C. (2013). *Évaluation des capacités biotechniques de boutures de Salicaceae et Tamaricaceae sur un gradient de sécheresse*. Thèse de l'École normale supérieure de Lyon.
- Lesica, P. & Miles, S. (2004). Ecological strategies for managing tamarisk on the C.M. Russell National Wildlife Refuge, Montana, USA. *Biological Conservation* 119, 535-543.
- Merkel, D.L. & Hopkins, H.H. (1957). Life history of salt cedar (*Tamarix gallica* L.). *Transactions of the Kansas Academy of Science* 60, 360-369.
- Monographie générale de la région de Draa-Tafilalet. (2015). Royaume du Maroc, Ministère de l'intérieur, Direction générale des collectivités locales. <https://hazbane.asso-web.com/uploaded/monographie-de-la-region-de-draa-tafilalet-fr.pdf>
- Ohrtman, M.K. & Lair, K.D. (2013). Tamarix and salinity: an overview. In: *Tamarix: a Case Study of Ecological Change in the American West*. (eds Sher, A. & Quigley, M.F.). Oxford University Press, New York, pp. 123-145.
- Orch, H., Zidane, L. & Douira, A. (2013). Contribution à la connaissance de la flore vasculaire du massif d'Izarène (nord-ouest Maroc). *Journal of Animal & Plant Sciences* 20.
- Qaiser, M. (1981). The genus *Tamarix* Linn. (*Tamaricaceae*) in Pakistan. *Pak. J. Bot.* 13, 107-158.
- Qninba, A., Benhoussa, A., Hammada, S. & Azeroual, A. (2003). *Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar (FDR)*. Catégories approuvées dans la recommandation 4.7 modifiée par la résolution VIII.13 de la Conférence des parties contractantes.
- Quézel, P. & Santa, S. (1963). *Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II*. Édition du Centre national de la recherche scientifique.
- Rihane, A. (2012). Reproduction du fuligule nyroca *Aythya nyroca* dans l'estuaire de l'oued El Maleh, Mohammedia. *Go-South Bull.* 9, 155-160.
- Saidana, D., Mahjoub, M.A., Bousaada, O., Chriaa, J., Cheraif, I., Daami, M., Mighri, Z. & Helal, A.N. (2008). Chemical composition and antimicrobial activity of volatile compounds of *Tamarix boveana* (Tamaricaceae). *Microbiological Research* 163, 445-455.
- Salama, F.M., El Naggar, S.M. & Ramadan, T. (1999). Salt Glands of some Halophytes in Egypt. *Phytton* (Horn, Austria) 39, 91-105.
- Shamir, I. & Steinberger, Y. (2007). Vertical distribution and activity of soil microbial population in a sandy desert ecosystem. *Microbial Ecology* 53, 340-347.
- Shannon, M.C., Grieve, C.M. & Francois, L.E. (1994). Whole-plant response to salinity. In: *Plant-environment interactions*. (eds Wilkinson, R.E.). Marcel Dekker, New York-Basel-Hong Kong, pp. 199-244.
- Sudbrock, A. (1993). Tamarisk control-fighting back: an overview of the invasion, and a low-impact way of fighting it. *Restor Manage Notes* 11, 31-34.
- Villar, J.L., Alonso, M.A., Juan, A. & Crespo, M.B. (2012). Does *Tamarix dalmatica* (Tamaricaceae) occur in Spain? *Anales del Jardín Botánico de Madrid* 69, 253-258.
- Valdés, B., Rejdali, M., El Kadmiri, A., Jury, S.L. & Montserrat, J.M. (2003). *Catalogue des plantes*

- vasculaires du nord du Maroc, incluant des clés d'identification. CSIC, Madrid, 1, 214-216.
- Waisel, Y. (1961). Ecological studies on *Tamarix aphylla* (L.) Karst. III – The salt economy. *Plant & Soil* 13, 356-364.
- Warren, D.K. & Turner, R.L. (1975). Saltcedar (*Tamarix chinensis*) seed production, seedling establishment and response to inundation. *Journal of the Arizona Academy of Science* 10, 135-144.
- Xia, J., Zhang, S., Zhao, X., Liu, J. & Chen, Y. (2016). Effects of different groundwater depths on the distribution characteristics of soil-*Tamarix* water contents and salinity under saline mineralization conditions. *Catena* 142, 166-176.
- Zhang, D., Yin, L. & Pan, B. (2002). Biological and ecological characteristics of *Tamarix* L. and its effect on the ecological environment. *Science in China (Series D)* 45.

Common Swifts (*Apus apus*) nesting in mature pine forests in Corsica

Jean-Claude THIBAULT^{1,*}, Thomas ARMAND², Gregory BEUNEUX²,
Alice CIBOIS³, Jean-Yves COURTOIS², Jean-François SEGUIN⁴

1. Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité, Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS,
Sorbonne Université, EPHE, 57 rue Cuvier, CP50, F-75005 Paris

2. Groupe Chiroptères Corse BP37, F-20250 Corti

3. Muséum d'histoire naturelle de Genève, CP 6434, CH-1211 Genève 6

4. Syndicat mixte du Parc naturel régional de Corse, Maison des Services publics, Bâtiment A, 34
Boulevard Paoli, F-20250 Corti

*Corresponding author: jnclldthibault@aol.com

Received: 9 March, 2020; First decision: 11 May, 2020; Revised: 3 June, 2020; Accepted: 24 June, 2020

Abstract

*Tree breeding in holes has been recorded for the Common Swift (*Apus apus*) mainly in Northern Europe and Siberia. This behaviour, considered as ancestral, has also been noted in Corsican forests. Although marginal in terms of numbers, it is a perennial phenomenon. We present here a synthesis on the distribution and the characteristics of nesting sites, and we compare these breeding sites to the occurrences in continental Europe and Northern Africa. Our data add to the body of arguments in favour of the preservation of mature forests of the Corsican Pine on the island.*

Introduction

Several species of birds breed today mainly in human constructions, like the House Sparrow (*Passer domesticus*), swallows (*Cecropis daurica*, *Delichon urbica*, *Hirundo rustica*) or swifts (*Apus* spp., *Chaetura pelagica*), although some of their populations are still breeding in natural sites, such as tree holes, caves, or

cliffs. Among them, the Common Swift (*Apus apus*) is a common breeder in Corsica (Western Mediterranean). Its distribution has been stable since the beginning of the 20th century, although numbers have decreased locally in the city of Bastia (Faggio 1999). On the island, the Common Swift breeds in houses and buildings in most towns and villages, colonizing new buildings, especially when roofs are covered in traditional stones. It shares a few urban sites with the Pallid Swift (*Apus pallidus*), mainly in the city of Bastia. The Common Swift in Corsica is not known for breeding in cliffs, whereas these sites are occupied by the Pallid Swift and the Alpine Swift (*Tachymarptis melba*) on coastal areas and in the mountains (Thibault & Bonaccorsi 1999). Breeding sites in tree holes have been recorded for the Common Swift (Roger & Fossé 2001; Prampart 2019) mainly in Northern Europe and Siberia, regions where buildings are rare and scattered (Vouous 1960). This behaviour, considered as ancestral (Gory 1997), has also been recorded in Corsica. We present here new data on the Common Swift breeding in tree holes in Corsica and we compare these breeding sites to the occurrences in continental Europe and Northern Africa.

Key words: Apodidae, bats, Common Swift, Corsican Pine, hole breeder, mature forest, Pinaceae, Vespertilionidae

Methods

The Common and Pallid Swift are sometimes difficult to identify in flight, and the Pallid Swift has only been documented in Corsica since the 1930s (Mayaud 1936). Therefore, the validity of the records from the 19th and early 20th centuries, which only included the Common Swift, should be treated with caution. However, all recent occurrences of swifts breeding in tree holes in Corsica refer to the Common Swift (hereafter “the swift”), identified on the basis of call (Malacarne *et al.* 1989), morphology, and plumage coloration (Vinicombe *et al.* 2014), suggesting that the Pallid Swift does not use tree holes in Corsica; however this species has been rarely reported to breed in trees (Cramp 1985). Our dataset

was established by checking breeding sites between 1996 and 2019. Tree holes occupied by swifts were found during two kinds of investigations: 1) during surveys of bat populations using telemetry (Beuneux *et al.* 2010) on the Greater Noctule Bat (*Nyctalus lasiopterus*) and the Leisler’s Bat (*Nyctalus leisleri*); the same trees were sometimes used by both bats and swifts, 2) by looking for prospectors flying between trees that indicate occupied sites; we name “prospectors” the non-breeding birds circling and attempting to perch in occupied trees (Genton 2010; named “bangers” by Lack & Lack 1952). The equipment used to visualize tree cavities consisted of a mirror probe or an endoscopic camera (custom made by Opto Vision). The location and elevation of the sites were recorded using a GPS, supplemented by a description of the trees according to the following variables: tree species, vitality, number of cavities, diameter at breast height (1m30), height of trees and cavities (measured with a clinometer), and cavity type (natural or hole of a Great-Spotted Woodpecker *Dendrocopos major*, the only woodpecker species that excavates cavities in trees on the island). Nesting sites were mapped with the software QGIS (QGIS Development Team 2009). We use the term snag to refer to a standing dead tree and hole for the breeding site. Statistical analyses were conducted using the free software BioStatTGV (<https://biostatgv.sentiweb.fr>). Significance was assumed at $P < 0.05$, values are reported as mean \pm standard-deviation.

Results

Distribution and number

Figure 1 shows the location of the 12 forests for which historical and/or contemporary data indicate the presence of the swift with arboreal breeding in Corsica. Moreover, two historical sites have not been confirmed during recent surveys: i) the Ospedale Forest, where breeding was reported at the beginning of the 20th century (Jourdain 1908-09). This forest has been altered by clear cuts, fires and the construction of a dam that flooded part of the area. ii) the Saint-Antoine Forest, where breeding has only been recorded once in 1997 (P. Fournier, pers. com.). The map also shows other forests, regularly visited by naturalists, where swifts have not been contacted: Corsican Pine *Pinus nigra laricio* (Ascu, Bonifatu, Calenzana,

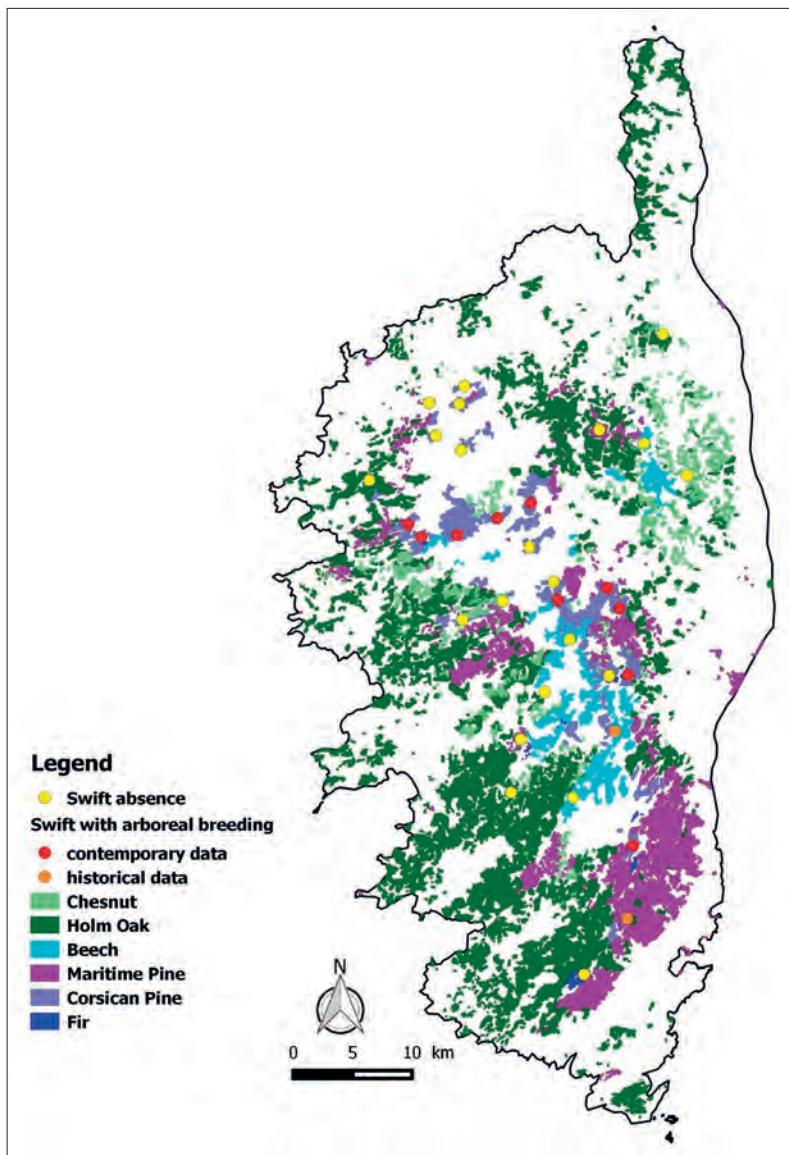


Figure 1 – Range of main tree species and arboreal nesting sites of Common Swift in Corsica (vegetation map drawn from Anon. 2003).

Guagnu-Libiu, Marmanu, Melaja, Restonica, Tartagine, Verghellu); Fir *Abies alba* (Cagna); Beech *Fagus sylvatica* (Coscione, Santu Pietru d'Accia, Vizzavona); Maritime Pine *Pinus pinaster* (Pineta, Pineto); Holm Oak *Quercus ilex* (Fangu, Ste-Marie de Siché, Stella); and Chestnut *Castanea sativa* (Castagniccia region). Most swift nesting sites are situated in the largest forests (e.g. Valdoniellu, Rospa Sorba), and curiously they are lacking from smaller (Ascu, Melaja, Tartagine, Calenzana), or very isolated ones (Verdanese).

All breeding sites were found in Corsican Pines, although we cannot identify with certainty the pine species (Corsican Pine or Maritime Pine) where Jourdain (1908-09) found swift nests in Ospedale forest. The forests with swifts are part of a vast wooded but fragmented massif, in inland Corsica. Their remoteness from villages where swifts are breeding in houses is not relevant: the median distance to the nearest village with swifts does not differ significantly between forests with breeding swifts and those where they were not found ($x = 5.45\text{ km} \pm 2.69$, $n = 11$; $x = 6\text{ km} \pm 1.49$, $n = 10$, forests with or without breeding swifts, respectively; Kruskall-Wallis test, $P = 0.47$). In the sample observed, the number of prospectors ranged from two to six individuals per site. Our observations refer to isolated pairs, and in one case two pairs (2 nests in the same tree in Valdoniellu), and no colonies comparable to urban sites were found. Two occupied holes in the same tree in Corsican forests are mentioned [Jourdain (1908-09), Moltoni & Brichetti (1977)], and Hobson (1964) wrote: “*There was also a colony of nesting Swifts [Micropus apus] who had nests in holes in the tree*”; however it is more likely that they were prospectors flying around the snag housing at

least one occupied nest. Numbers of nesting sites found during the study period in two areas were respectively 9 in Rospa Sorba forest (0.79 km^2) and 12 in Valdoniellu forest (0.80 km^2), although we cannot consider them as densities because they were not checked during the same year. The total number is estimated at less than 100 breeding pairs (Table 1).

Very few data are available regarding the breeding period of arboreal swifts in Corsica: 1) three fresh eggs on 25th May (Jourdain 1908), 2) one fresh egg on the 26th May (Jourdain 1909); 3) one video from the 30th of June 2007 showing two chicks, the eldest of which had an estimated age of 25-30 days (see Suppl. Mat.); the nest was empty on the 19th of July; 4) two chicks ready to fly on the 13th of July 2018. Several occupied snags were checked at several occasions, the longest periods being 12 and 19 years.

Habitat description

The arboreal breeding sites range from 890 to 1,600 metres altitude, whereas the elevation of breeding sites in Corsican towns and villages vary from sea level to 1,050 metres (the altitude of the highest village). The sites occur predominantly in snags ($n = 23$), more rarely in living trees ($n = 5$) where the holes are found in lightning strikes. They are large and tall, all found in mature stands (Table 2a). Eight sites are former Woodpecker holes and three natural cavities. They are situated in clear forests (where all diameters of trees are represented), or clearings that correspond to windthrow, seeding cuts, or areas of tree mortality caused by the armillary fungus (*Armillaria* sp.). These are mature forests with some trees between 150 and 400 years of age (Anon. 2006).

Table 1 – Estimated numbers of breeding pairs of Common Swifts in Corsican forests between 1996 and 2019.

Forests	Number of pairs	Year of first record	Year of last record
Aitone	1-3	1998	2019
Bavella (Zonza municipality)	1-3	2019	
Casamaccioli	1-3	2013	2013
Lonca	5-10	2006	2019
Melu	5-10	1999	2018
Noceta-Rospigliani	1-3	2018	2018
Petrapiana-Poggio	2-5	2004	2019
Rospa Sorba	15-20	2006	2019
Valdu Niellu	15-20	2015	2019
Vivarju	1-3	2006	2006
Total	47-80		

Table 2a – Characteristics of the nesting sites used or visited by the Common Swift in Corsican pine forests.

	Median	Mean	Number
Elevation (m)	1,248	1,234 ± 184	33
Tree height (m)	21	19 ± 8	19
Diameter at breast height* (cm)	70	76 ± 23	17
Mean height of holes (m)	12	13 ± 3	9

* most snags had no bark

Table 2b – Characteristics of sites used by bats in Corsican Pine forests (from Groupe Chiroptères Corse 2018).

	Median	Mean	Number
Elevation (m)	1,200	1,194 ± 135	279
Tree height (m)	20	20 ± 9	269
Diameter at breast height (cm)	64	65 ± 24	267
Mean height of holes (m)	12	13 ± 7	132

Discussion

Tree nesting: a rare but regular phenomenon in Corsica

Arboreal reproduction of swifts was regularly observed in Corsica during our study period, several snags being occupied over several years. This phenomenon was reported during the first ornithological survey in 1883-1884 (Whitehead 1885) and has been regularly observed since then. Typical habitat is the clear forest of Corsican Pines where the trees are spaced enough to allow easy access to the holes; nevertheless, see above for a possible breeding site in Maritime Pine in Ospedale forest. Although marginal in terms of numbers, it is a perennial phenomenon. Undoubtedly, an ancestral habit, it could have declined with the urbanization that began on the coasts during the Antiquity, but mostly from the Genovese colonization in the 14th century; the inland urbanization occurred later (Arrighi & Olivesi 1990). The Corsican Pine diverged from the Italian populations about 100,000 years ago (Afzal-Rafii & Dodd 2007), with a continuous presence on the island ever since, even during the last ice ages (Leys *et al.* 2014), suggesting an old presence of the swift as well.

A nesting habitat shared with bats

Research on forest bats in Corsica (Groupe Chiroptères Corse 2018; Beuneux *et al.* 2010; Courtois *et al.* 2011) has shown that

distribution is relatively similar, although larger to that of the swift, occupying also the largest forests (Rospa Sorba, Valdoniellu), but smaller ones (Ascu, Tartagine). Roosting habitat of the Greater Noctule Bat and the Leisler's Bat, two species which outnumbered other bats species, is close to that of the swift. These bats roost in large diameter pines (Table 2b); of 349 roosting sites localized, 79% were in Corsican Pines. Of the 279 trees occupied by bats in Corsican Pines which contents could be examined in May-June (period of presence of swifts), at least five were also occupied by swifts. Bats mainly use Woodpecker holes (58%, n = 189), but also natural cavities.

Corsican forest sites compared to those in continental Europe

The habitat and breeding habits of arboreal swifts do not differ from those found in continental forests. Low number of pairs per snag appears common to this type of breeding (Poland: Mayer & Wilson 2011; Scotland: Summers 1999), a likely consequence of the restricted number of available holes. However, depending on the quality of the forest, density could be relatively high (29 pairs in a 23.5ha study plot; Günther *et al.* 2004). In Scotland the mean nearest neighbour distances between nest trees was 0.82km (range 0.22-1.86km) (Summers 1999). As in Corsica, the trees occupied in Europe are old, aged 200-400 in Germany, and at least 140 years in Scotland (Table 3). The preferred species are conifers and oaks rather than Beech and Chestnut trees which are only used occasionally (Table 4). The use of Woodpecker holes by swifts differs of that of the Corsican Nuthatch (*Sitta whiteheadi*), which avoid using these holes to limit the risk of predation of chicks (Thibault & Villard 2005). Jourdain (1912, p. 67) wrote the following: “[...] a newly made Woodpecker's hole proved to contain a broken Woodpecker's egg, some days old, and a fresh Swift's egg, thus furnishing strong circumstantial evidence that the Swift sometimes ejects the Woodpecker.” Elsewhere in Europe the swift is known to eject chicks from holes, sometimes adults, of passerines species [House Sparrow and Tree Sparrow (*Passer montanus*), Common Starling (*Sturnus vulgaris*), White Wagtail (*Motacilla alba*), and Black Redstart (*Phoenicurus ochruros*) (Cramp 1985; Maumary *et al.* 2007)] and occupy empty or occupied holes of various

Table 3 – Tree species used by the Common Swift in Europe and North Africa.

Tree species	Age	Countries/ Localities	Comments	References
<i>Carpinus</i> sp.	mainly in stand with trees older than 100-150 years	Poland		Mayer & Wilson (2011) cited by Prampart (2019)
<i>Cedrus atlantica</i>		Algeria; Morocco	Low number of data; breed in snag in mature forest in Djebel Babor and Atlas	Vielliard (1978), Thévenot et al. (2003)
Conifers		Pologne	Sometimes	Prampart (2019)
Conifers (including pines) "old conifers forest"		Finland		Väisanen et al. cited by Prampart (2019); Eisto (2006)
<i>Fagus sylvatica</i>		Germany	"Holes in beeches <i>Fagus sylvatica</i> are less suitable"	Günther et al. (2004)
<i>Larix</i> sp.		near Baikal Lake, Russia		Fefelov (2004)
<i>Phoenix canariensis</i> and <i>P. dactylifera</i> (Palm trees)		Southern Iberia	Seems restricted to urban areas	Herrera & Ramírez (1975), Ferrero et al. (1983), Finlayson (1992), Cortes (2004)
<i>Pinus nigra laricio</i>	150-400 years (this work)	Corsica l.	Regular breeding, but in very low density in a small number of localities	This work
<i>Pinus</i> spp.		Germany, Sweden	Old pine stand	Äugst (1992), atlas SOF (1990) cited by Prampart
<i>Pinus</i> spp.		near Baikal Lake, Russia; Lettonia	Breed solely or in colony in Woodpeckers holes, with a majority in pines	Fefelov (2004), A. Avotins cited by Roger & Fossé (2001); Estafev al. (1999) cited by Prampart (2019)
<i>Pinus sylvestris</i>	> 140 years	Scotland	Ancient native pinewood Tree height averaged 17.3m, mean diameter at breast height (DBH) 85cm, n = 10	Summers (1999, 2004)
<i>Populus</i> spp.		Poland, Sweden, Lettonia, Norway		H. Mikkola cited by Prampart (2019); A. Avotin & A.T. Mjøs cited by Roger & Fossé (2001)
<i>Quercus</i> sp. (cf. <i>robur</i>)	300-400 years (Zahner & Loy 2000) cited by Roger & Fossé (2001) "Typical for all sites is the high age of the tree stock"; 250-350 years (Günther et al. 2004)	Germany	high density in some forests (up to 29 pairs/10ha)	Günther et al. (2004)
<i>Quercus</i> sp.		Tunisia	"... nest above all in dead branches of tall oak trees standing out from the forest"	Isenmann et al. (2005)
<i>Tilia</i> sp.		Germany	As alternative species where oaks are declining	Günther et al. (2004)

woodpecker species (Voous 1960; Roger & Fossé 2001), but see Genton (2009) for difficulties experienced by swifts regarding nest-boxes.

A threatened habitat

A decline in the swifts' arboreal breeding is noted in most countries where it was regular (Germany, Poland, and Finland). The main causes for this decline have been identified in relation with forest management (Günther et al. 2004; Mayer & Wilson 2011; Prampart 2019), rather than with a decline of aerial

plankton. Indeed, urban populations supported by nest boxes or favourable building arrangements are stable in Germany (Schaub et al. 2016). Tree-breeding swifts are especially good indicators for historical ancient forests with very old trees (Günther et al. 2004). The Corsican Pine grows slowly and it can become a very large tree living several centuries (Gauberville et al. 2019). Thus, the current Corsican Pines forests are in that matter exceptional, considered as "ancient forests" (i.e. being in place more than 150 years ago; Cateau et al. 2015) but their preservation is threatened. Compared

Table 4 – Use of trees for occasional breeding in trees by the Common Swift (F = France, S = Switzerland).

Tree species	Countries/localities	References
<i>Aesculus</i> sp.	Sully-sur-loire (F)	D. Chavigny cited par Roger & Fossé (2001)
<i>Betula</i> sp.	Poland (frequency unknown)	Prampart (2019)
<i>Castanea sativa</i>	Tecino (550m asl) (CH)	Beaud (2010)
<i>Fraxinus</i> sp.	Parc de la Grange, Geneva (CH)	Beaud (2010)
<i>Larix decidua</i>	only two data from the 19 th century (CH)	Beaud (2010)
<i>Phoenix</i> sp.	Pau (F)	de Vries cited by Roger & Fossé (2001)
<i>Pinus sylvestris</i>	urban area, Spain	Bernis (1988) cited by Casaux Rivas (2004), Anon (1989)
<i>Platanus</i> sp.	Angers, Sully-sur-Loire, Mérignac, Bouchemaine Trèbes (probable) (F), Vandœuvres (CH)	Beaud (2010); Prampart (2019); D. Chavigny cited by Roger & Fossé (2001); Nicolau-Guillaumet & Williams (1982)
<i>Populus alba</i>	Parc de la Grange, Geneva (CH), Lettonia, Norway	Beaud (2010), Roger & Fossé (2001)
<i>Quercus</i> cf. <i>robur</i>	Chapelle-sur-Erdre (F)	Certin & Carpintero cited by Primpard (2019)
<i>Quercus</i> sp.	Spain (probable breeding)	De Juana (1996)
<i>Thuja plicata</i> (mature)	Chênes-Bouggeries (CH)	Beaud (2010)
<i>Ulmus</i> sp.	Surrey, United Kingdom	Wheatley (1994), Roger & Fossé (2001)
« nidificanto entro il tronco di un vecchio pino secco ». Is it a regular breeder in Calabrian pine forests ?	Calabria, Italy	Moltoni (1964)

to the «carte géographique de l'état-major» established between 1864 and 1866, which described the forest cover of Corsica during the 19th century, the current forest cover has increased, but mainly for young stands (Panaiotis *et al.* 2017). Moreover, the range of ancient forest has decreased by half (54% at supra-mediterranean vegetation zone and 59% at montane vegetation zone that constitutes the typical range of the Corsican Pine) (Panaiotis *et al.* 2017); this decrease corresponds to the increase of agricultural activities in the mountains (Rota & Cancellieri 2001). Currently, mature forests of Corsican pine with a high proportion of trees of one century old in the public domain cover only ca. 13,000ha. However, forestry management varied over the past 150 years. In early 19th century, forests were heavily grazed by livestock, with numerous fires occurring, and the trees were relatively spaced out but older and more or less harvested; they were probably very favourable for swifts. In the mid-19th, the volume and area of exploited forest increased considerably, with the creation of numerous service roads allowing access to remote forests (491km between 1853 and 1884). More recently, there was a spectacular development of new forest service roads (732km from 1973 to 1994), resulting in the deforestation of hundreds of hectares of forest. We are currently witnessing the development of a so-called “regular” forestry management, where clear cut areas can exceed 10 hectares. In addition, forest fires

have not stopped, destroying hundreds of ha of old stands (see Thibault *et al.* (2019) for threats regarding the Corsican Pine forests and the consequences on the Corsican Nuthatch). Since the 2000s, a return to “irregular” forestry management is gradually taking place, with a significant change affecting 63% of production forests (Guy *et al.* 2017). Applied for almost two decades, the instruction to keep the snag standing is obviously very favourable to many vertebrates and invertebrates. The Corsican Pine is covered by the European Directive on the Conservation of natural habitats (sub-mediterranean pine forests with endemic black pines, n°92/43/CEE from 21st May 1992), but no nature reserve has been strictly implemented yet. The very large Corsican Pines are indispensable for the presence of mammals and birds, rare species (noctules), endemics to Corsica and Sardinia [Great-Spotted Woodpecker (*D. m. harterti*), Mediterranean Flycatcher (*Muscicapa tyrrhenica*)], or endemics to Corsica [Corsican Nuthatch, Corsican Tree Creeper (*Certhia familiaris corsa*)]. However, Corsican Pine snags disappear quickly (Courtois 2020) and maintaining mature living trees sustaining a greater biodiversity (*i. e.* living trees with cavities) in unexploited forests is crucial to uphold the hosting potential of Corsican forests. The range and the number of large trees are declining in all regions of the world, despite their important role in the ecology and dynamics of forests (Lindenmayer *et*

al. 2012; Lindenmayer & Laurance 2017; Lutz et al. 2012), usually for multiple causes (drought, fires, logging, pathogens, etc.), and the Corsican forests are not excluded from this global phenomena.

Electronic supplementary material
for this paper is available at http://ecologia-mediterranea.univ-avignon.fr/electronic-app_2020-46-1_thibault/ (video showing two chicks of Common Swifts filmed in their hole on 30/06/2007 by J.-Y. C.)

Acknowledgements

We thank François Bouzendorf, Gilles Faggio, Cécile Jolin, and Laurent Rouschmeyer for providing data. Kate Derrick kindly improved the English of the manuscript.

References

- Afzal-Rafii, Z. & Dodd, R.S. (2007). Chloroplast DNA supports a hypothesis of glacial refugia over postglacial recolonization in disjunct populations of black pine (*Pinus nigra*) in western Europe. *Molecular Ecology* 16, 723-736.
- Anon. (1989). Noticiario ornitológico. *Ardeola* 36, 231-264.
- Anon. (2003). 3^e inventaire forestier de la Corse et cartes associées. Inventaire forestier national, Paris.
- Anon. (2006). Contribution à la conduite des peuplements de pin laricio et habitats associés. Office national des forêts, Pierron-Sarreguemines. Tome 2.
- Arrighi, P. & Olivesi, A. (1990) *Histoire de la Corse*. Privat, Toulouse.
- Beaud, M. (2010). Le Martinet noir *Apus apus* nicheur rupestre dans les parois de molasse de la Sarine (Fribourg, Suisse). Récapitulatif des nicheurs en sites naturels dans l'ensemble de la Suisse. *Nos Oiseaux* 57, 265-276.
- Beuneux, G., Courtois, J.-Y. & Rist, D. (2010). La Grande Noctule (*Nyctalus lasiopterus*) en milieu forestier en Corse. Bilan des connaissances sur les arbres-gîtes et les territoires de chasse fréquentés. *Symbioses* n.s. (25), 1-8.
- Casaux Rivas, E. (2004). Vencejo comun *Apus apus*. In: *Atlas de las Aves Reproductoras de España* (eds Martí, R. & del Moral, J.C.). Dirección General de Conservación de la Naturaleza & Sociedad Española de Ornitológia, Madrid, pp. 334-335.
- Cateau, E., Larrieu, L., Vallauri, D., Savoie, J.M., Touroult, J. & Brustel, H. (2015). Ancienneté et maturité : deux qualités complémentaires d'un écosystème forestier. *Comptes Rendus Biologies* 338, 58-73.
- Cortes, J. (2004). Nesting of Common swifts in palm trees. *Gibraltar Bird Report* 4, 54-56.
- Courtois, J.-Y. (2020). *Évaluation sanitaire des arbres gîtes*. Poster session presented at the Rencontres nationales chauves-souris de la SFEPM 20-22 March 2020, Bourges, France.
- Courtois, J.-Y., Rist, D. & Beuneux, G. (2011). *Les chauves-souris de Corse*. Albiana, Ajaccio. 166 p.
- Cramp, S. (ed.) (1985). *The Birds of Western Palearctic*, vol. 4. Oxford Univ. Press.
- De Juana, E.A. (1996). Noticiario ornitológico. *Ardeola* 43, 239-259.
- Faggio, G. (1999). *Les Martinets dans Bastia*. Association des Amis du parc naturel régional de Corse. Retrieved from www.cen-corse.org/travaux/100.pdf
- Fefelov, I. (2004). *Common Swifts (Apus apus) in the Baikal area*. Retrieved from <http://www.commonswift.org/2942Fefelov.html>
- Ferrero, J.J., Negro, J.J., Román, J.A., Cabrero, M., Gutiérrez, A. & Pizarro, V.M. (1983). Más datos sobre cría del Vencejo Común en árboles. *Ardeola* 30, 121.
- Finlayson, C. (1992). *Birds of the Strait of Gibraltar*. T. & A.D. Poyser, London.
- Gauberville, C., Panaïotis, C., Bioret, F. & Capelo, J. (2019). Analyse phytosociologique et phyto-écologique des formations forestières à pin laricio de Corse (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *laricio* Maire). *Ecologia Mediterranea* 45, 85-103.
- Genton, B. (2009). Relations interspécifiques du Martinet noir *Apus apus* avec le Moineau domestique *Passer domesticus*. Exemples d'aménagements novateurs en faveur du Martinet noir. *Nos Oiseaux* 56, 67-86.
- Genton, B. (2010). Chronologie comportementale du Martinet noir *Apus apus* sur un site de reproduction. Choisir une cavité, la partager, la défendre. *Nos Oiseaux* 57, 243-264.
- Gory, G. (1997). Swift. In: *The EBCC Atlas of European Breeding Birds. Their Distribution and Abundance*. (eds Hagemeijer, E.J.M. & Blair, M.J.). T. & A.D. Poyser, London, pp. 426-427.
- Groupe Chiroptères Corse (2018). *Gîtes arboricoles*, actualisation Octobre 2018, Unpublished data.
- Günther, E., Hellmann, M. & Nicolai, B. (2004). Baumbrütende Mauersegler *Apus apus* – Relikte uralter Waldqualitäten? [Tree-breeding Common Swifts *Apus apus* – relicts of ancient forest features?]. *Vogelwelt* 125, 309-318.
- Guy, S., Muracciole, S. & Polifroni, P. (2017). *Plan national d'actions en faveur de la sittelle corse. Sitta whiteheadi*. 2017-2026. Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, Paris. 114 p.
- Herrera, C.M. & Ramírez, A. (1975). El Vencejo Común nidificando en árboles. *Ardeola* 22, 146.
- Hobson, W. (1964). Notes on the Corsican Nuthatch (*Sitta whiteheadi*, Sharpe). *The Oologists' Record* 38, 22-25.
- Isenmann, P., Gaultier, T., El Hili, A., Azafzaf, H., Dlensi, H. & Smart, M. (2005). *Oiseaux de Tunisie. Birds of Tunisia*. SEOF, Paris.
- Jourdain, F.C.R. (1908). *Unpublished Field Notes* (p. 48). Edward Grey Institute of Field Ornithology.
- Jourdain, F.C.R. (1909). *Unpublished Field Notes* (p. 52). Edward Grey Institute of Field Ornithology.
- Jourdain, F.C.R. (1912). Notes on the Ornithology of Corsica – Part III. *The Ibis* 53, 63-82.

- Lack D. & Lack E. (1952). The breeding behaviour of the Swift. *British Birds* 45, 186-215.
- Leys, B., Finsinger, W. & Carcaillet, C. (2014). Historical range of fire frequency is not the Achilles' heel of the Corsican black pine ecosystem. *Journal of Ecology* 102, 381-395.
- Lindenmayer, D.B. & Laurance, W.F. (2017). The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. *Biological Reviews* 92, 1434-1458.
- Lindenmayer, D.B., Laurance, W.F. & Franklin, J.F. (2012). Global Decline in Large Old Trees. *Science* 338, 1305-1306.
- Lutz, J.A., Larson, A.J., Swanson, M.E. & Freund, J.A. (2012). Ecological importance of large-diameter trees in a temperate mixed-conifer forest. *PLoS ONE*, 7, e36131.
- Malacarne, G., Palomba, I., Griffa, M., Castellano, S. & Cucco, M. (1989). Quantitative analysis of differences in the vocalizations of the Common Swift *Apus apus* and the Pallid Swift *Apus pallidus*. *Avocetta* 13, 9-14.
- Maumary, L., Vallotton, L. & Knaus, P. (2007). *Les oiseaux de Suisse*. Station ornithologique suisse, Sempach, et *Nos Oiseaux*, Montmollin. 848 p.
- Mayaud, N. (1936). *Inventaire des oiseaux de France*. Société d'études ornithologiques, Paris. 212 p.
- Mayer, E. & Wilson, J.S. (2011). *Where Swifts still nest in ancient trees, the Białowieża Primeval Forest, Poland*. Swift Conservation. Retrieved from www.swift-conservation.org/news.htm.
- Moltoni, E. (1964). L'ornitofauna della Sila (Calabria). *Rivista Italiana di Ornitologia* 34, 1-183.
- Moltoni, E. & Brichetti, P. (1977). Osservazioni ornitológiche in Corsica alla fine del maggio 1977. *Rivista Italiana di Ornitologia* 47, 149-205.
- Nicolau-Guillaumet, P. & Williams, T. (1982). Nidifications arboricoles de Martinets noirs (*Apus apus*) dans l'Aude et les Hautes-Pyrénées. *L'Oiseau et la Revue française d'ornithologie* 52, 92.
- Panaiotis, C., Barthet, T., Vallauri, D., Hugot, L., Gauberville, C., Reymann, J., O'Deye-Guizien, K. & Delbosc, P. (2017). Carte d'état-major de la Corse (1864-1866). Occupation du sol et première analyse des forêts anciennes. *Ecologia Mediterranea* 43, 49-64.
- Prampart, A. (2019). La nidification arboricole du Martinet noir *Apus apus* en France et ailleurs. *Ornithos* 26, 130-140.
- QGIS Development Team (2009). *Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation. URL <http://qgis.org>
- Roger, T. & Fossé, A. (2001). Nidifications arboricole et rupestre du Martinet noir *Apus apus* en Maine-et-Loire. *Crex* 6, 21-29.
- Rota, M.P. & Cancellieri, J.-A. (2001). *De la nature à l'histoire. Les forêts de la Corse*. Éditions Alain Piazzola, Ajaccio.
- Schaub, T., Meffert, P.J. & Kerth, G. (2016). Nest-boxes for Common Swifts *Apus apus* as compensatory measures in the context of building renovation: efficacy and predictors of occupancy. *Bird conservation international* 26, 164-176.
- Summers, R. (1999). Swifts nesting in Scots Pines at Abernethy Forest, Strathspey. *Scottish Birds* 20, 27-45.
- Summers, R.W. (2004). Use of pine snags by birds in different stand types of Scots Pine *Pinus sylvestris*. *Bird Study* 51, 212-221.
- Thévenot, M., Vernon, R. & Bergier, P. (2003). *The Birds of Morocco. An annotated Checklist*. BOU Check-list series: 20, Tring, U.K. 594 p.
- Thibault, J.-C. & Bonaccorsi, G. (1999). *The Birds of Corsica. An annotated Checklist*. BOU Checklist series: 17, Tring, U.K. 171 p.
- Thibault, J.-C., Seguin, J.-F., Torre, F. & Cibois, C. (2019). La Sittelle corse *Sitta whiteheadi*, un oiseau endémique menacé. *Alauda* 87, 71-84.
- Thibault, J.-C. & Villard, P. (2005). Reproductive ecology of the Corsican Nuthatch. *Bird Study* 52, 282-288.
- Vielliard, J. (1978). Le Djebel Babor et sa Sittelle *Sitta ledanti*. *Alauda* 46, 1-42.
- Viniccombe, K., Harris, A. & Tucker, L. (2014). *The Helm Guide to Bird Identification. An in-depth book at confusion species*. Christopher Helm.
- Voous, K.H. (1960). *Atlas of European Birds*. Nelson and Sons Ltd.
- Whitehead, J. (1885). Notes on the ornithology of Corsica. *The Ibis* 27, 24-48.
- Wheatley, J.J. (1994). Common Swifts roosting and nesting in trees. *British Birds* 87, 43.

État des connaissances sur le dépérissement des peuplements de thuya de Berbérie, *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.

Current knowledge on the dieback of the Barbary thuja, Tetraclinis articulata (Vahl) Mast.

Driss GHAILOULE^{1*} & Jean-Pierre LUMARET²

1. Centre de recherches forestières, laboratoire d'entomologie, B.P. 763, Rabat-Agdal, Maroc
2. Université Paul-Valéry Montpellier 3, laboratoire de zoogéographie,
34199 Montpellier cedex 5, France

* Auteur correspondant : drissghailoule@gmail.com

Received: 8 Aug., 2019; First decision: 6 Dec., 2020; Revised: 5 Jan., 2020; Accepted: 28 June, 2020

Résumé

Le phénomène de dépérissement du thuya de Berbérie dans les trois pays du Maghreb (Maroc, Algérie et Tunisie) prend de l'ampleur depuis ces dernières décennies. Face à cette situation, nous faisons un bilan de santé de cette essence au Maroc et dans les autres pays du Maghreb. Peu d'études spécifiques ont été conduites sur le sujet, ce qui limite la connaissance de l'ampleur du phénomène et de son évolution. L'exploitation des documents existants et les résultats de nos propres recherches permettent cependant de tirer quelques informations de portée générale. Les aléas climatiques (en particulier les épisodes de grande sécheresse ou le froid), les attaques par des insectes ravageurs et les agressions d'origine anthropique sont les principaux facteurs de prédisposition au dépérissement. La gelée exceptionnelle de 2005, la sécheresse et les incendies ont été décrits comme étant des facteurs déclencheurs du dépérissement du thuya. Parmi les insectes,

Phloeosinus aubei (Coleoptera, Scolytidae) et *Ovalisia festiva* (Coleoptera, Buprestidae) ont été identifiés comme étant les principaux ravageurs dans de nombreuses forêts au Maroc et en Algérie. Les résultats disponibles restent toutefois insuffisants pour décrire avec précision l'état général de santé du thuya de Berbérie. Les recherches sur ce sujet important devraient être intensifiées, basées sur un échantillonnage exhaustif par zone bioclimatique.

Abstract

In recent decades, the phenomenon of dieback of the Barbary thuja in the three Maghreb countries: Morocco, Algeria and Tunisia has been growing in *Tetraclinis* woodland. In response to this situation, we considered that it would be useful to carry out a short review of the status of this species in Morocco and the other Maghreb countries, although few studies on the subject are available, which limits our knowledge of the

Mots clés : *Tetraclinis*, Cupressaceae, santé des forêts, sécheresse, ravageurs, pression anthropique, Maroc, Maghreb.

Keywords: *Tetraclinis*, Cupressaceae, forest health, drought, pests, anthropic impact, Morocco, Maghreb.

*extent of the phenomenon and its evolution. However, the use of existing information (published and grey literature) and the results of our own research have made it possible to highlight some information. Climatic hazards (especially periods of severe drought or cold), the attacks by insect pests and anthropogenic aggressions are the main factors predisposing to dieback. The exceptional freeze in 2005, drought and fires have been described as triggering factors for the decline of *Tetraclinis*. Among the insects, *Phloeosinus aubei* (Coleoptera, Scolytidae) and *Ovalisia festiva* (Coleoptera, Buprestidae) have been identified as serious pests in many forests in Morocco and Algeria. However, these results are still insufficient to accurately describe the general health status of the Barbary thuja. Research should be continued and intensified, based on extensive sampling in each bioclimatic area.*

In Tunisia, the Barbary thuja forest covers a total area of almost 22,000 ha, located in the Gulf of Tunis and partly in Cape Bon where it is much more a wooded matorral than a, strictly speaking, forest (OTEDD 2005). In particular, considerable damage has been reported in the forests of Carthage (Belahbib 2004; Ben Jamaa 2004; Nichane 2015). *Tetraclinis* in Algeria cover an area of about 141,000 ha, with a loss of nearly 20,000 ha in the past 50 years (Terras *et al.* 2008; Hadjadj & Letreuch Belaroui 2017). Nichane and Khelil (2014) described an alarming situation for this species in the Algerian Traras mountains. Barbary thuja is currently on the IUCN Red List and if the decline continues, then it may qualify as a Near Threatened species in the future (Sánchez Gómez *et al.* 2011).

English short version

Barbary thuja (*Tetraclinis articulata* (Vahl Mast.) is an evergreen coniferous tree endemic to the western Mediterranean region. This species is an important component of North African forests, where it covers a total area of one million hectares, including approximately 600,000 hectares in Morocco. Known since ancient times for the exceptional quality of its hard wood used by the artisanal and local handicraft industry and for the medicinal importance of its resin, the Barbary thuja is of an important social and economic value. It plays a decisive role in the protection against erosion and in structuring Maghreb landscapes. Its current decline both in density and surface, due to a widespread dieback, is of concern to both naturalists and foresters. Scientific knowledge on the actual causes of dysfunction and the assessment of thuja dieback is limited. This document aims to summarize the results published in the form of scientific publications, reports and field visits on the health of Barbary thuja, to which we added our own observations conducted in *Tetraclinis* forests in Morocco.

History of the degradation of Barbary thuja

In Morocco, the area of Barbary thuja declined significantly in both lowlands and mountains, from 740,000 ha at the beginning of the last century (Boudy 1952) to 607,900 ha in 1998 (Franchimont & Saadaoui 1998). It currently covers only 566,000 ha (HCEFLCD 2005).

Dieback in numbers

The monitoring of a thuja plot between 2008 and 2009 in the Middle Atlas (Morocco) showed that while more than 65% of the monitored trees remained stable, 12% of them suffered a deterioration in their condition in only one year (Assali 2009). In the El Adrej forest (DREFLCD of Fez-Boulemane; province of Séfrou), tree dieback was estimated at an approximately 70% rate (Ghailoule 2013). Another study carried out in 2014 in the same forest showed that 89% of trees had declined (Delgado 2014). In the Ben Slimane *Tetraclinis* forest (DREFLCD du Centre-Casablanca), significant dendrometric and phytosanitary differences between two plots were recorded in relation to environmental factors. Foliage losses ranged from 43% to 56% depending on the plots. The average number of dead branches per tree and the crown mortality were significant for the plot with the highest exposure to air pollution (Ghailoule 2016a).

Main factors contributing to the dieback of Barbary thuja

In general, insect pests often play an important role in this process, in association with climatic and anthropogenic factors.

Insect pests

Little information is available on insect-tree relationships in thuja forests. Our work carried out in the Ben Slimane forest in 2015 showed that the main pest was *Phloeosinus aubei*

(Perris) (Coleoptera, Scolytinae). It attacks affected 18% to 39% of trees depending on the exposure of plots to air pollution (Ghailoule 2016a). Trees affected by attacks quickly lost their crown cover. The life cycle of *P. aubei* is 45 days at 26 °C in the laboratory. This bark beetle performs its maturation feeding on young thuja shoots of crown, and mature adults then attack the trunk to reproduce between wood and bark. This species has at least three successive generations a year, with high population levels in disturbed areas (air pollution and high anthropogenic pressure) (Ghailoule 2016a).

Climate

Tetraclinis articulata is affected by low temperatures, which explains why trees do not reach high elevations (Benabid 1985). Unusual and severe frost of January 2005 in El Aderj (Séfrou Forestry District) resulted in a very advanced dieback of the *Tetraclinis* forest (Delgado 2014). Frost causes injury to tree organs: this leads to discoloration of needles, necrosis of buds and a blackening of xylem (Differt 2001; Poirier 2008). Extreme droughts can also affect this species despite its high resistance to dryness.

Anthropogenic factors

Human populations living in forests or in close proximity to forests breed goats and sheep in these ecosystems. They clear cut forests to supply their growing demand for firewood, construction timber and space for their animals (Benabid 1985). The surface area of Barbary thuja has thus declined significantly as a result of these anthropozoogenic factors (HCEFLCD 2005). Overgrazing in the undergrowth and permanent aggression by illicit cuts increased the vulnerability of thuja populations and contributed to their disappearance.

Wildfires

Thuja is particularly threatened by fire. Its wood is very flammable and when it burns, fire propagates very quickly. The abundant rains in years 2009 and 2010 allowed alfa, a highly flammable grass, to develop throughout the North and East in Morocco. Large surfaces of thuja forests have thus been exposed to repetitive fires (IUCN-Med & AGIR 2011).

Conclusion and recommendations

Large populations of Barbary thuja have disappeared and others are endangered in Morocco and other Maghreb countries. The sustainability of this species in such a situation depends on the development of management plans adapted to each geographical type of forest. It would be desirable to rapidly precise the level of decline of *Tetraclinis* forests at local and national levels and to establish risk maps. Particular attention should be paid to the consequences of grazing in the forests. Fire protection of thuja forests should also be one of the priorities in the preparation of such conservation programs.

Introduction

Le thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.) est une espèce résineuse thermophile de la famille des Cupressacées. C'est une espèce endémique de la Méditerranée occidentale. Elle occupe surtout les régions du Maghreb où elle constitue un élément important dans la végétation forestière nord-africaine. Ce thuya se trouve aussi très ponctuellement au sud-est de l'Espagne (région d'Almería) et sur l'île de Malte. En Afrique du Nord, les forêts de thuya de Berbérie (ou tétrapyclinaies) couvrent une superficie totale d'un million d'hectares (figure 1), parmi lesquels moins de 600 000 ha au Maroc (HCEFLCD 2005 ; Hadjadj & Letreuch Belaroui 2017). Les peuplements de thuya de Berbérie les plus anciens sont datés du début de l'ère Tertiaire et se situent au Jbel Amistten dans la province d'Assaouira (M'hirit & Blérot 1999). Cette essence est connue depuis la plus haute Antiquité et les populations humaines de l'Atlas occidental gemmaient depuis longtemps le thuya pour obtenir la gomme sandraque, une résine utilisée dans la confection de vernis et de diverses préparations médicinales (Azémard *et al.* 2017). Le thuya fut surnommé au XVII^e siècle « arbre de vie » en raison de la valeur médicinale attribuée à sa résine balsamique (Abi-Ayad 2009). Utilisé par les Romains qui l'appréciaient pour la fabrication de leurs meubles, il a vraisemblablement disparu de Cyrénaique (Libye) (Esteve-Selma *et al.* 2017). Solide, dense et aromatique, le thuya fournit en effet un excellent bois d'œuvre et de service. On l'utilise encore pour confectionner la charpente des maisons



Figure 1 – Aire de distribution du thuya de Berbérie en Méditerranée sud-occidentale, d'après Quézel (1980), modifié par Hadjadj (2016).

Figure 1 – Distribution of the Barbary thuja in the south-west Mediterranean area, according to Quézel (1980), modified by Hadjadj (2016).

traditionnelles et également dans l’artisanat où la loupe de bois est très appréciée pour la marqueterie, l’ébénisterie et la production d’articles divers du fait de son remarquable moucheté qui lui confère un véritable intérêt esthétique (El Mouridi *et al.* 2011). Au Maroc, son exploitation est actuellement contrôlée et son exportation à l’état brut ou coupé est strictement interdite. En Algérie, il n’est plus exploité pour son bois.

Le thuya de Berbérie est doté d’une grande résilience du fait de sa faculté à rejeter de souche jusqu’à un âge très avancé, 400 ans environ (Boudy 1952). Indifférent au substrat, il peut pousser sur des sols pauvres et colonise aussi bien les calcaires que les granites, schistes, et quartzites, voire les grés et les sédiments sablonneux (Quézel & Médail 2003). Il joue un rôle important dans la protection contre l’érosion, en particulier dans les zones montagneuses. Sa régression actuelle en densité et en superficie inquiète les forestiers, les naturalistes et les utilisateurs. Aujourd’hui les écologues et les forestiers insistent sur le rôle éminent que la tétraclinaie joue dans la structuration des paysages végétaux du Maghreb, mais aussi sur sa valeur forestière et économique. Au Maroc, l’aire du thuya de Berbérie a fortement régressé au cours de ces dernières décennies, aussi bien en montagne que dans les plaines. Au début du siècle dernier, cette essence couvrait une superficie de 740 000 ha (Boudy 1952). De 607 900 ha en 1998 (Franchimont & Saadaoui 1998), sa surface en constante régression ne couvre actuellement plus que 566 000 ha (HCEFLCD 2005), principalement dans les régions du Centre, de l’Oriental, le Nord-Ouest, Tensift

et le Sud (Franchimont & Saadaoui, 1998). Le thuya de Berbérie est devenu rare dans l’Anti-Atlas et il a disparu dans la chaîne de Djebilet, dans les montagnes des Rehamna et des plateaux de l’Oued Zem. Les formations dans le Rif oriental et la basse Moulouya sont dans un état très dégradé (HCEFLCD 2005 ; Abdelouafi 2014 ; Delgado 2014).

Les connaissances scientifiques sur les causes précises de la régression du thuya de Berbérie et sur l’évaluation de son dépérissement sont peu nombreuses, c’est pourquoi les instituts de recherche maghrébins ont mis en place des programmes pour étudier, évaluer et suivre l’état de santé de cette essence. L’étude réalisée par Delgado dans la tétraclinaie d’El Adrej (région de Séfrou au Maroc) en 2014 est l’unique étude qui traite de ce sujet au Maroc. Le présent document vise à actualiser les résultats déjà connus (documents publiés ou littérature grise, rapports de stage ou de missions) sur la santé du thuya de Berbérie, auxquels nous ajoutons nos propres observations réalisées dans les tétraclinaies de Benslimane au Maroc.

Le dépérissement des forêts

Connu depuis le début du XVIII^e siècle, le dépérissement des forêts se traduit par la décoloration du feuillage et la mortalité des arbres. Ce phénomène concerne aussi bien les feuillus que les résineux dans le monde entier, avec des intensités plus ou moins graves selon les continents. Le premier cas de dépérissement décrit est celui du sapin blanc (*Abies alba* Mill.) en Europe en 1830, puis du chêne pédonculé (*Quercus robur* L.) en 1978 (Vennetier 2012). D’autres essences ont été plus récemment touchées comme *Picea abies* (L.) H. Karst. (Bouvarel 1984), et diverses essences appartenant aux genres *Quercus* L. et *Fagus* L. (Varela 2008 ; Malaisse *et al.* 1993 ; Nageleisen 2005). En Amérique du Nord, des cas de dépérissement ont été signalés pour l’érable à sucre (*Acer saccharum* Marshall), le bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marshall), le sapin concolore (*Abies concolor* (Gordon & Glend.) Lindl. ex Hildebr)), le sapin rouge (*Abies magnifica* A. Murray) et le sapin Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) (Lachance 1985 ; Tremblay 1999 ; van Mantgem & Stephenson 2004 ; CRPF-ONF 2007). Des dépérissements ont été également signalés chez différents chênes

(*Quercus spp.*) au Mexique (Vázquez Silva et al. 2004), le pin caraïbe (*Pinus caribaea* Morelet) au Vénézuéla (Lugo et al. 2006), les eucalyptus en Australie (Jurskis 2005). En région méditerranéenne, et plus particulièrement dans les pays du Maghreb, le dépérissement qui a pris de l'ampleur depuis les années 1980 (Hartman et al. 1991 ; Abgrall & Soutrenon 1991 ; Ghaioule & Lieutier 2008 ; Moore & Allard 2008 ; Et-Tobi et al. 2009) concerne toutes les essences, notamment le cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* (Manetti ex Endl.) Carrière) au Maroc (Et-Tobi et al. 2009 ; Ghaioule & Lieutier 2008, 2009 ; Ghailoule et al. 2012a, b), mais aussi le chêne-liège, les pins et les eucalyptus. Ce phénomène affecte également d'autres essences comme le cyprès de l'Atlas, le genévrier rouge, l'arganier et le thuya de Berbérie. Dans le cas du thuya (*Tetraclinis articulata*), cette essence est inscrite sur la liste rouge des plantes de l'IUCN (Union internationale pour la conservation de la nature) (Achhal et al. 1985 ; IUCN-Med 2005 ; IUCN-Med & AGIR 2011 ; Sánchez Gómez et al. 2011), et dans le livre rouge de la flore vasculaire menacée au Maroc (Fennane 2017). Tous ces travaux montrent que les tétraclinaies subissent de fortes pressions anthropiques accentuées par les effets des changements climatiques.

Le phénomène de dépérissement est initié par une prédisposition des arbres suite à un dysfonctionnement physiologique plus ou moins lent. Les premiers symptômes se traduisent par un jaunissement du feuillage et un écoulement de résine. L'aggravation du phénomène se manifeste par une mortalité des branches ou du houppier et une nette diminution de la densité du feuillage. Si la prédisposition des arbres est souvent liée à des facteurs abiotiques comme la sécheresse, le déclenchement quant à lui est dans la majorité des cas causé par les attaques d'insectes défoliateurs et/ou xylophages auxquelles s'associent celles de champignons pathogènes primaires. L'aggravation du phénomène est causée par les attaques secondaires d'insectes, notamment de xylophages qui détruisent les arbres attaqués.

Les conséquences du dépérissement sont nombreuses. Outre les pertes économiques liées à l'altération du bois, d'importantes modifications de l'écosystème sont à prévoir, comme une augmentation des risques d'incendie avec destruction de la biomasse forestière, la perte du contrôle par l'écosystème des flux d'eau, de nutriments et de sédiments

conduisant à l'accentuation de l'érosion des sols, une dégradation du paysage et la perte d'habitats (FAO & Plan Bleu 2013).

État phytosanitaire des peuplements de thuya de Berbérie

Historique de la dégradation

La situation biogéographique et écologique du thuya de Berbérie est bien connue au Maghreb (Quézel & Médail 2003), notamment à la suite des travaux d'Emberger (1939), Alcaraz (1982, 1983), Achhal et al. (1985), Fennane et al. (1984), Fennane (1987, 1988) et Hadjadj-Aoul (1991, 1995).

En Tunisie, la forêt de thuya de Berbérie couvre une superficie totale de presque 22 000 ha dans le golfe de Tunis et en partie au cap Bon. Ces peuplements subissent un dépérissement sévère depuis la fin des années 1990 en raison probablement d'années successives de sécheresse. Il s'agit maintenant beaucoup plus d'un matorral arboré que d'une forêt proprement dite (OTEDD 2005). Des dégâts considérables ont été notamment signalés dans les forêts de Carthage (Belahbib 2004 ; Ben Jamaa 2004 ; Nichane 2015).

Les formations à thuya en Algérie couvrent une superficie d'environ 141 000 ha, avec une perte de près de 20 000 ha en cinquante ans, en raison du surpâturage, de la surexploitation du bois avec l'utilisation des forêts comme réserves de terres de culture, des incendies répétés et d'une irrégularité de la régénération naturelle par semis suite à la sécheresse (Terras et al. 2008 ; Hadjadj & Letreuch Belaroui 2017). Nichane et Khelil (2014) décrivent une situation alarmante du thuya dans les monts des Traras algériens, avec un brunissement des feuilles, un dessèchement brutal des branches et un dépérissement généralisé des arbres.

Au Maroc, le dépérissement du thuya a été signalé dès les années 1980 (Arahou 1982 ; El Hassani & Messaoudi 1987). Actuellement ce phénomène touche de nombreux peuplements, avec des dégâts très importants (Ghailoule 2013 ; Abdelouafi 2014 ; Delgado 2014), à tel point que des peuplements entiers ont disparu dans plusieurs endroits du pays (Abdelouafi 2014).

Dépérissage en chiffres du thuya de Berbérie

Le suivi d'une placette de thuyas entre 2008 et 2009 au Moyen Atlas pour évaluer le déficit foliaire a montré que si plus de 65 % des arbres surveillés étaient restés stables, 12 % d'entre eux avaient subi une détérioration de leur état général en seulement un an (Assali 2009). Lors d'une prospection visant à évaluer le dépérissage des tétraclinaies d'El Adrej (DREFLCD de Fès – Boulemane, province de Séfrou), nous avons constaté et décrit une situation alarmante du thuya dans cette région, où les arbres touchés par le dépérissage ont été estimés à environ 70 % (Ghailoule 2013). Une autre étude prospective a été effectuée en 2014 par Delgado dans cette même forêt, basée sur un échantillonnage d'arbres pour évaluer les différents degrés de dépérissage. Le pourcentage d'arbres présentant des rameaux et des branches défoliés a été estimé à 89 % (Delgado 2014). La proportion des arbres sains avec une perte de moins de 5 % de leur houppier était de 10,4 % ; les sujets ayant perdu entre 5 % et 50 % de leur

houppier représentaient 49,6 % ; enfin 38,2 % des arbres présentaient une perte comprise entre 50 % et 95 % de leur houppier (Delgado 2014). Ce phénomène de dépérissage, loin d'être négligeable, touche un nombre important d'arbres.

Le Centre de recherche forestière au Maroc a effectué une autre étude en 2015 pour chiffrer l'ampleur du dépérissage du thuya dans la tétraclinaie de Benslimane (DREFLCD du Centre – Casablanca) (Ghailoule 2016a). Cette étude est basée sur l'échantillonnage de 30 arbres dans deux placettes différemment exposées à la pollution : une placette (n° 30) située dans une zone polluée à proximité de voies de grande circulation (routes et autoroutes) et d'unités d'exploitation de carrières ; l'autre placette (n° 97) située dans une zone relativement isolée (figure 2). La placette n° 30 était caractérisée par le dépôt très important de fines particules minérales (poussières) sur les différents organes des arbres, associé à une pollution gazeuse (SO_2 , hydrocarbures, oxydants) liée à l'extraction et le concassage des roches. Les premières analyses ont montré des différences dendrométriques et phytosanitaires importantes et des différences de dépérissage entre les deux placettes en relation avec les facteurs environnementaux. D'un point de vue dendrométrique, les arbres exposés à une moindre pollution présentaient des hauteurs moyennes significativement plus élevées ($p < 0,05$) que les arbres de la placette soumise à une forte pollution atmosphérique (respectivement 7,46 mètres contre 6,02 mètres en moyenne) (tableau 1). Des différences allant dans le même sens mais cependant non significatives ont été relevées avec les mesures de circonférence des arbres. La comparaison des résultats phytosanitaires entre les placettes n° 97 et n° 30 montre que la perte en feuillage (perte du houppier) était respectivement de 43 % contre 54 %, les arbres les plus touchés étant ceux de la placette la plus exposée à la pollution. De même, le nombre moyen de branches mortes par arbre était de 3,3 % pour la placette n° 97 (moins polluée) contre 4,6 % pour la placette la plus polluée (n° 30), avec une différence significative au seuil 0,05. La descente de cime était également très marquée au niveau de la placette fortement polluée, avec un nombre moyen d'arbres présentant des cimes mortes de 26,3 %, contre 9,3 % pour la placette la moins polluée (tableau 1).

À proximité, nos prospections de 2018 dans les peuplements de thuya de la région d'Ain

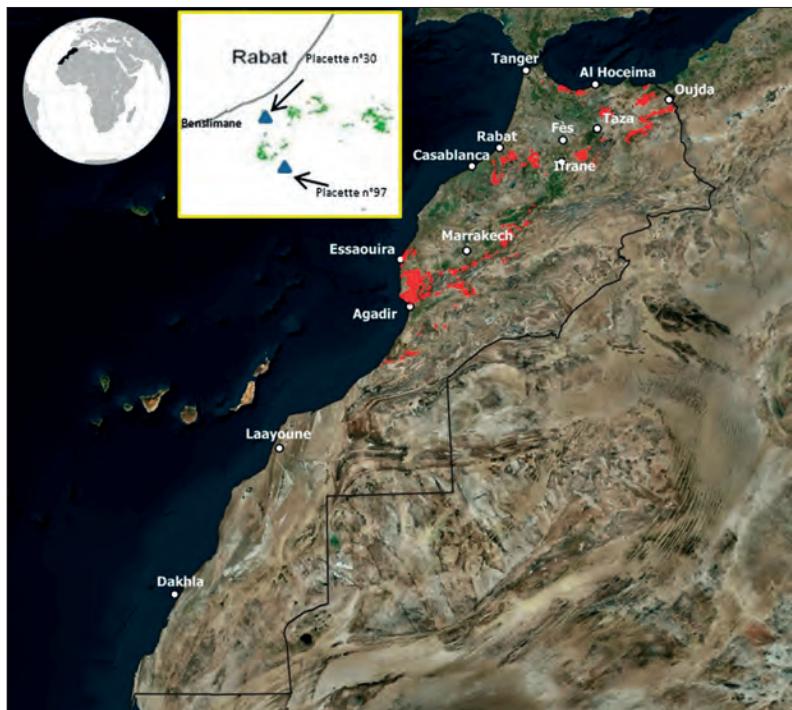


Figure 2 – Distribution du thuya de Berbérie au Maroc en 2019 (carte réalisée par le service de l'inventaire forestier du Département des eaux et forêts du Maroc ; la position des tétraclinaies est figurée en rouge), et localisation des placettes étudiées par Ghailoule (2016a) à Benslimane.

Figure 2 – Distribution of the Barbary thuja in Morocco in 2019, according to the forest inventory service of the Moroccan Department of Water and Forests (the Barbary thuja forests are shown in red), and location of the plots studied by Ghailoule (2016a) at Benslimane.

Tableau 1 – Caractéristiques dendrométriques et phytosanitaires des arbres dans deux placettes de la tétraclinaie de Benslimane (placette n° 30 : pollution atmosphérique forte ; placette n° 97 : pollution faible). Les valeurs affectées par la même lettre ne diffèrent pas significativement, au risque de 0,05.

Table 1 – Dendrometric and phytosanitary tree characteristics in two plots of the Benslimane tetraclinic forest (plot No. 30: high air pollution; plot No. 97: low pollution). The numbers affected by the same letter do not differ significantly, at a risk of 0.05.

N° des placettes	Caractéristiques dendrométriques		État phytosanitaire des arbres		
	Circonférence moyenne (cm)	Hauteur moyenne (m)	Densité feuillage (%)	Nombre moyen de branches mortes (%)	Mortalité de cime (%)
97	41,0 a	7,46 a	57,33 a	3,33 a	9,33 a
30	40,8 a	6,02 b	45,90 b	4,60 b	26,60 b

Lkheil, située au sud-est de la province de Benslimane, montrent là aussi des dépérissements inquiétants, avec jusqu'à 70 % d'arbres dépérisants (obs. pers.) (figure 3 : photos 1 et 2). Par ailleurs, notre visite des tétraclinaies de la province de Khémisset réalisée en 2017 a permis de relever différents niveaux de dépérissement selon les forêts : 30 % à Oulmès, 55 % à Mâaziz et 70 % à Oued Beht.

Symptômes de dépérissement chez le thuya de Berbérie

Les principaux symptômes du dépérissement reposent sur des critères visuels. Décris par Hartman *et al.* (1991), ces indicateurs sont aisément mesurables et capables de renseigner sur la gravité du dépérissement. Il s'agit du brunissement du feuillage, de la mortalité des branches supérieures, des branches latérales et de la cime. Le premier symptôme observable sur un arbre de thuya stressé est souvent le brunissement du feuillage (figure 3 : photo 3). Seuls quelques rameaux brunissent au début de l'altération avant que le brunissement ne se généralise sur l'ensemble du houppier. Dans certains cas, le brunissement du feuillage est concomitant avec la mortalité de la cime (figure 3 : photo 4). D'autres arbres présentent un dépérissement descendant caractérisé par la mortalité de la cime et celle des branches latérales (figure 3 : photo 5). Des cas de dépérissement ascendant ont été également observés, se traduisant d'abord par la mortalité des branches inférieures, puis celle des branches latérales. Ce type de dépérissement finit par tuer la cime, puis l'arbre tout entier (figure 3 : photo 6).

Ces symptômes sont des indicateurs très pertinents. Ils ont été utilisés pour différentes essences (conifères et feuillus) afin d'évaluer l'état de santé des peuplements forestiers (Bouvarel 1984 ; Hartman *et al.* 1991 ; Nageleisen 2005 ; Flot *et al.* 2007).

Ces indicateurs ont été repris et appliqués par différents chercheurs pour les forêts nord-africaines, notamment Belahbib (2004), Ben Jamaa (2004), Et-Tobi *et al.* (2009), Ghaioule & Lieutier (2008), Ghailoule (2013), Delgado (2014), Nichane & Khelil (2014).

Principaux facteurs de dépérissement du thuya de Berbérie

Le dépérissement résulte généralement d'interactions multiples entre facteurs biotiques et/ou abiotiques (Hartman *et al.* 1991). Déterminer les causes exactes du dépérissement d'une forêt nécessite des observations fines des symptômes spécifiques au cours de la phase initiale, ce qui permet souvent de bien identifier et différencier les facteurs en cause. D'une manière générale, les insectes ravageurs jouent souvent un rôle important dans le phénomène, en association avec des facteurs liés au climat, à l'homme et aux incendies.

Les insectes ravageurs

Les forêts de conifères connaissent depuis longtemps d'importants problèmes phytosanitaires en Afrique du Nord. Le facteur causal est le manque d'une sylviculture appropriée et le non-respect des méthodes de reboisement. Dans ce type de forêts, les insectes ravageurs constituent les principales sources de perturbations forestières (Bouvarel 1984 ; Hartman *et al.* 1991 ; Ghaioule 1994, 2007 ; Ghaioule *et al.* 1998 ; Khous & Gachi 1996). Les pululations de ces ravageurs entraînent souvent des dégâts phytosanitaires considérables.

Pour les peuplements de thuya, on ne dispose que de peu d'informations sur les relations insectes-arbres. Les quelques travaux de recherches réalisés au Maroc (Arahou 1982, 1986 ; Mouna & Arahou 1986), en Algérie (Nichane *et al.* 2013) et en Tunisie (Belahbib

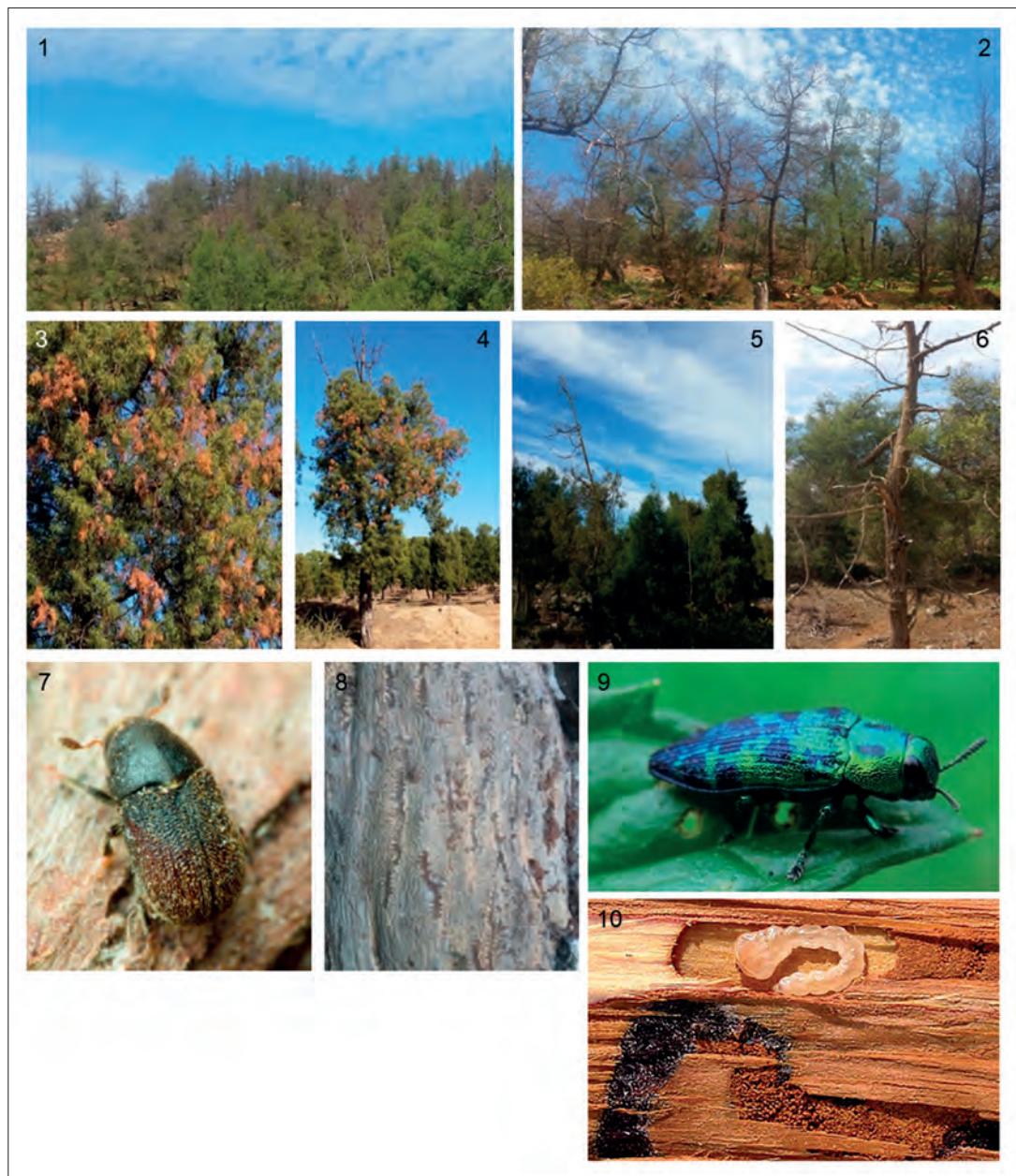


Figure 3 – Photos 1 et 2 : dépérissement du thuya de Berbérie dans la forêt d'Ain Lkheil (province de Benslimane) (photos D. Ghailoule) ; photos 3 à 6 : différentes phases de dépérissement chez le thuya de Berbérie (forêt d'Ain Lkheil, province de Benslimane) (photos D. Ghailoule) ; photos 7 et 8 : *Phloeosinus aubei* (Col. Scolytinae) et ses galeries (photos D. Ghailoule) ; photos 9 et 10 : *Lamprodila festiva* (Col. Buprestidae) et galeries creusées par ses larves (photos P. Mioutane, 2015).

Figure 3 – Photos 1 and 2: dieback phenomenon of the Barbary thuja in the Ain Lkheil forest (Benslimane province) (photos D. Ghailoule); photos 3 to 6: successive phases of dieback in the Barbary thuja (Ain Lkheil forest, Benslimane province) (photos D. Ghailoule); photos 7 and 8: *Phloeosinus aubei* (Col. Scolytinae) and its galleries in the wood (photos D. Ghailoule); photos 9 and 10: *Lamprodila festiva* (Col. Buprestidae) and the galleries made by its larvae (photos P. Mioutane, 2015).

2004 ; Ben Jamaa & Roques 1999 ; Ben Jamaa 2004) ont été consacrés essentiellement à l'inventaire des espèces d'insectes présents dans l'écosystème tétraclinaie, avec la détermination de leur statut (frondicoles, gallicoles, défoliateurs, xylophages...) et leur abondance relative.

Les travaux de recherche pionniers réalisés par le Centre de recherche forestière du Maroc (CRF-Rabat) dans la forêt de Benslimane en 2015 ont permis d'aller plus loin en matière de relations insecte-arbre dans les tétraclinaies marocaines. Ces recherches ont contribué à l'évaluation du rôle du ravageur principal et de son cycle biologique dans la compréhension

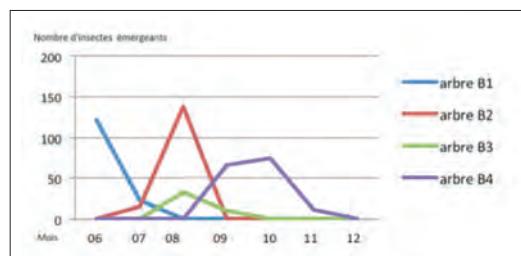
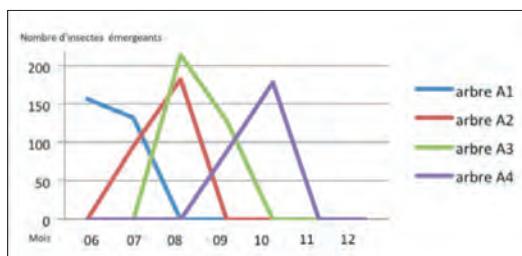


Figure 4 et 5 – Périodes de vols de *Phloeosinus aubei* en 2015 dans les placettes n° 30 (fig. 4) et n° 97 (fig. 5) (tétraclinaie de Benslimane).

Figures 4 and 5 – Flight periods of *Phloeosinus aubei* in 2015 in plots number 30 (Fig. 4) and number 97 (Fig. 5) (Benslimane Tetraclinis forest).

du phénomène de dépérissement chez le thuya de Berbérie. Dans cette région, le principal ravageur de cette essence est un scolytide, *Phloeosinus aubei* (Perris 1855) (figure 3 : photo 7). Ses attaques affectent entre 18 % et 39 % des arbres selon le niveau d'exposition des placettes à la pollution atmosphérique (placettes n° 30 et n° 97) (Ghailoule 2016a). Les arbres touchés par l'attaque de ce ravageur perdent rapidement leur houppier par flétrissement du feuillage. La durée du cycle biologique de *P. aubei* est de 45 jours à 26 °C en laboratoire. Ses nombreuses galeries, de type longitudinal, sont creusées entre l'écorce et l'aubier (figure 3 : photos 7 et 8). Ce scolyte effectue sa nutrition de maturation sur les jeunes pousses du thuya. Les adultes matures attaquent par la suite le tronc des arbres pour se reproduire. Le suivi de ce xylophage sous-cortical sur les arbres a permis de déterminer trois périodes de vol (juin, août et octobre), correspondant à au moins trois générations successives entre les mois de mai et novembre (figures 4 et 5). Les effectifs de ce ravageur sont nettement plus importants dans les zones affectées par la pollution atmosphérique et soumises à une plus forte pression anthropozoogène (placette n° 30) (Ghailoule 2016a).

Dans une autre étude effectuée en Algérie, la pullulation du bupreste xylophage *Lamprodila festiva* (L. 1767) (syn. *Ovalisia festiva* (L.)) (figure 3 : photos 9 et 10) a été la principale cause reconnue du dépérissement et de la mortalité des thuyas dans la région des Traras occidentaux (Nichane & Khelil 2014). Ce bupreste a également été rencontré mais à bas niveaux de populations sur le genévrier rouge dans le Haut Atlas (Ghailoule 2016b). Les arbres attaqués sont condamnés par le développement des larves dans le bois, où elles forment de grosses galeries longitudinales (figure 3 : photo 10).

Le climat

Tetraclinis articulata est considéré comme une espèce forestière nettement xérothermophile. Elle supporte une amplitude de précipitations annuelles comprise entre 250 et 900 mm, mais son optimum pluviométrique est plutôt situé entre 300 et 500 mm (Benabid 1985 ; Esteve-Selma *et al.* 2017). C'est une essence indifférente au substrat, très peu exigeante sur la composition chimique du sol et son humidité, bien qu'elle évite les terrains très humides et/ou salins (Quézel & Médail 2003 ; Abdelouafi 2014 ; Esteve-Selma *et al.* 2017). Le thuya de Berbérie craint le froid (Benabid 1985) et les fortes gelées perturbent cette essence (Esteve-Selma *et al.* 2013), ce qui limite sa distribution en altitude (Emberger 1939). Des gelées inhabituelles dans certaines régions de l'aire naturelle du thuya occasionnent des dégâts considérables, comme cela a été le cas dans la tétraclinaie d'El Aderj (district forestier de Séfrou) où cette essence est depuis dans un état de dépérissement très avancé (Delgado 2014). Selon Delgado, le dépérissement du thuya à El Aderj a commencé après la forte gelée de janvier 2005. Le caroubier et l'olivier avaient également été touchés à cette occasion, en plus des dégâts énormes occasionnés aux cultures au Maroc. Les gelées provoquent des blessures sur les différents organes des arbres (Differt 2001 ; Poirier 2008). Les dégâts dépendent de l'intensité du gel qui gêne la circulation de la sève, entraînant une décoloration des aiguilles, des nécroses des bourgeons et un noircissement du xylème (Poirier 2008). C'est ainsi que de nombreux peuplements forestiers ont été affectés par les grands froids de 1929, 1956 et 1985 dans le sud de la France (Vennetier 2012).

Les sécheresses extrêmes peuvent également affecter les essences les plus résistantes comme *Tetraclinis articulata*, *Quercus*

Tableau 2 – Situation phytosanitaire et causes associées au dépérissement des principales forêts de thuya de Berbérie.**Table 2 – Phytosanitary situation and causes associated with the dieback in the most important Barbary thuja forests.**

Pays	Régions du thuya de Berbérie	État phytosanitaire des peuplements	Causes associées au dépérissement
Tunisie	Golfe de Tunis	Dégradés (matorral arboré)	Sècheresses répétées
	Cap Bon		
Algérie	Monts des Traras	Dépérissement généralisé des arbres	Surpâturage Incendies répétés Sécheresse Insecte xylophage buprestide
Maroc	Séfrou (El Adrej)	Dépérissement des trois quarts des arbres	Fortes gelées Sécheresse extrême Pâturage et coupes illicites
	Benslimane	70 % d'arbres dépréssants	Sécheresse Pollution atmosphérique Insectes scolytides
	Khémisset	Dépérissement entre 30 % et 70 % selon les peuplements	Sécheresse Surpâturage

rotundifolia et *Juniperus phoenicea* L. Les sécheresses enregistrées au cours des années 1980, 1990 et 2000 au Maroc ont causé d'importants dégâts sur les peuplements à base de ces essences (Zine El Abidine 2003).

L'anthropisation

L'aire du thuya de Berbérie a fortement régressé sous l'effet de facteurs anthropozoogènes (HCEFLCD 2005). Les populations humaines vivant dans les forêts ou à proximité immédiate pratiquent l'élevage de caprins et ovins en terrain forestier, et effectuent des défrichements et des déboisements pour satisfaire notamment leurs besoins croissants en bois de feu, en bois de construction, en branchages pour les troupeaux, en terres agricoles ou en terrains de parcours (Benabid 1985). La réduction de la surface des terres de parcours et l'abandon des pratiques pastorales traditionnelles ont favorisé l'allongement de la durée de séjour des troupeaux en forêt, avec une présence des animaux dépassant de trois à cinq fois le potentiel réel de leur accueil en forêt (Hanane & M'hirit 1999). Cette situation de déséquilibre conduit au surpâturage, au tassemement du sol, à l'absence de régénération naturelle, au vieillissement des boisements et à la disparition à terme de ces forêts. Le parcours et les agressions permanentes par des coupes illicites que subit le thuya augmentent sensiblement la vulnérabilité des peuplements et contribuent à leur disparition. Ces pratiques réduisent la vitalité des sujets endommagés (Dubé 2007). Dans la tétraclinaie d'El Aderj, l'état de dégradation des arbres est très avancé en raison de la gelée de 2005, mais aussi du pâturage, de l'écimage, de l'émondage et de

l'ébranchage (Delgado 2014). Le surpâturage limite le développement des semis et cause un déséquilibre de la structure des peuplements de thuya (Esteve-Selma *et al.* 2010). Par ailleurs, les défrichements, les mutilations graves, avec en particulier la récolte de la gomme sandaraque par gemmage, sont aussi responsables de la disparition de certaines tétraclinaies (Abdelouafi 2014).

Les incendies

Le feu est un redoutable ennemi des forêts, et le thuya est particulièrement menacé par ce facteur. Les pluies abondantes des années 2009 et 2010 ont permis à l'Alfa (*Stipa tenacissima* L.), plante très combustible, de se développer un peu partout dans le Nord et l'Oriental du Maroc. Le rôle indirect de l'homme dans le développement de l'Alfa n'est également pas négligeable dans ce phénomène, dans la mesure où l'ouverture des forêts par des éclaircies et la coupe des arbres et arbustes favorisent l'Alfa qui aide à la propagation du feu en forêt. De grandes surfaces de thuya de Berbérie ont ainsi été exposées à des incendies répétitifs (UICN-Med et AGIR 2011). Le bois du thuya est très combustible et quand il prend feu, l'incendie se propage très rapidement. Cette essence a cependant la capacité de rejeter de souche après les incendies grâce à un réservoir racinaire riche en amidon qui permet le recépage (Moya Pérez *et al.* 2012 ; Terras *et al.* 2008 ; UICN-Med 2005 ; Benabdelli 1992). La régénération après un incendie peut être rapide, bien que l'on estime qu'il faille entre 10 et 20 ans pour que les zones brûlées se régénèrent (López Hernández *et al.* 1995 ; Terras *et al.* 2008). Un incendie sérieux

peut cependant éradiquer jusqu'à 80 % d'une population de thuya (Sánchez Gómez *et al.* 2011).

Conclusion et recommandations

Le dépérissement du thuya de Berbérie est très fréquent au Maroc et dans les autres pays du Maghreb. Des peuplements entiers ont disparu et d'autres sont en voie de régression ou même de disparition. La pérennité de cette essence dans une telle situation repose sur l'élaboration de plans de gestion adaptés à chaque type géographique de peuplement. L'une des opérations de recherche qu'il serait souhaitable de lancer en priorité au Maroc serait la détermination précise du niveau de dépérissement réel des tétraclinaies et la distribution spatiale locale et nationale de ce phénomène. Une description exhaustive des niveaux de dépérissement par un échantillonnage systématique devrait être effectuée pour chaque étage bioclimatique, en coordination avec les directions régionales des forêts. Le premier résultat pourrait être l'élaboration d'une carte des risques de dépérissement de *Tetraclinis articulata*, avec par la suite l'installation de dispositifs expérimentaux de suivi dans les zones à risques afin d'analyser et hiérarchiser les facteurs biotiques et abiotiques responsables de la dégradation du thuya. Au-delà du problème particulier du dépérissement, une attention toute particulière devrait aussi être portée sur les conséquences du pâturage en forêt qui participe au tassemement du sol, les animaux empêchant les jeunes repousses et les rejets de se développer (Hadjadj & Letreuch Belaroui 2017). La présence des populations humaines en forêt se traduit par des coupes souvent illicites et/ou des défrichements, tandis que la demande croissante en bois de loupe entraîne la destruction des thuyas qui sont dans l'impossibilité de rejeter. Enfin la protection des tétraclinaies contre l'incendie devrait être l'une des priorités de tels plans de gestion.

En parallèle, des recherches plus poussées devraient être effectuées dans les peuplements connus pour leur dépérissement dynamique, particulièrement la forêt d'El Aderj (région de Sefrou) ainsi que les peuplements de la région de Khémisset et de Benslimane, afin d'analyser finement les processus de dépérissement.

Remerciements

Ce travail a été réalisé avec la contribution des différents services des directions régionales des eaux et forêts de Casablanca, de Khémisset et de Fès. Nous tenons à exprimer notre gratitude à tous les ingénieurs et techniciens forestiers qui nous ont aidés pendant le déroulement des différentes missions d'étude, d'évaluation et de diagnostic de dépérissement des tétraclinaies marocaines. Nous remercions également le personnel de la bibliothèque du Centre de recherche forestière de Rabat qui a mis à notre disposition toute la documentation nécessaire.

Bibliographie

- Abdelouafi, D. (2014). Les étages de végétation au Maroc. In: *La forêt marocaine* (eds Abdelouafi, D.). <http://foretmaroc.blogspot.com/2014/04/les-etages-de-vegetations-au-maroc.html> (consulté 22/06/2016).
- Abgrall, J.F. & Soutrenon, A. (1991). *La forêt et ses ennemis*. Cemagref, Grenoble.
- Abi-Ayad, F.Z. (2009). *Analyse de l'huile essentielle du thuya de Berbérie (Tetraclinis articulata) de la région de Tlemcen et étude de son pouvoir antimicrobien*. Diplôme de Magister, option Substances naturelles activités biologiques et synthèse. Faculté des sciences, université Aboubekr Belkaïd Tlemcen (Algérie). 124 p.
- Achhal, A., Barbero, M. & Ech-Chamikh, S. (1985). Productivity of the thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters) in the N'Fis catchment area. *Ecologia Mediterranea* 11(2-3), 201-212.
- Alcaraz, C. (1982). *La végétation de l'ouest algérien*. Thèse de Doctorat ès Sciences, université de Perpignan, Perpignan, 415 p. + 2 vol. annexes.
- Alcaraz, C. (1983). La tétraclinae sur terra rossa en sous-étage subhumide inférieur chaud en Oranie (Ouest algérien). *Ecologia Mediterranea* 15, 15-32.
- Arahou, M. (1982). *Contribution à l'étude écologique des arthropodes frondicoles du thuya, Tetraclinis articulata (Vahl.) Benth dans le plateau central marocain*. Thèse de Doctorat de spécialité, université Aix-Marseille III, 109 p.
- Arahou, M. (1986). Bioécologie du peuplement de psocoptères frondicoles du thuya, *Tetraclinis articulata* (Vahl.) Benth. dans le plateau central marocain. *Bull. Inst. Sci. (Rabat)* 10, 121-132.
- Assali, F. (2009). *Études de cas sur l'évaluation de la dégradation des forêts. Surveillance et suivi de la santé des forêts au Maroc*. Programme d'évaluation des ressources forestières, FAO Département des forêts, Rome, Italie. Document de travail 170, 27 p. <http://www.fao.org/3/k8271f/k8271f00.pdf>
- Azémard, C., Ménager, M. & Vieillescazes, C. (2017). On the tracks of sandarac, review and chemical analysis. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24(36), 27746-27754.

- Belahbib, R. (2004). *Contribution à l'étude de la biocéologie du scolyte Phloeosinus sp. (Coleoptera, Scolytidae)*. DÉA-FST, faculté des sciences de Tunis, Tunisie. 55 p.
- Benabdeli, K. (1992). Le thuya : une essence noble en voie de disparition. *El Ardh* 20, 38-42.
- Benabid, A. (1985). Les écosystèmes forestiers, périforestiers et présteppiques du Maroc : diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt Médit.* 7(1), 53-64.
- Ben Jamaa, M.L. & Roques, A. (1999). Survey of insect impact on seeds and cones of two species of *Cupressaceae*, *Cupressus sempervirens* L. and *Tetraclinis articulata* Mast. in Tunisia. *Arab J. Plant Prot.* 17(2), 107-112.
- Ben Jamaa, M.L. (2004). *Dépérissage d'arbres forestiers (cyprès, eucalyptus, pins) dans le golfe de Carthage*. Rapport de tournée, Tunisie, 3 p.
- Boudy, P. (1952). Guide du forestier en Afrique du Nord. La maison rustique, Paris. xi + 505 p.
- Bouvarel, P. (1984). Le dépérissement des forêts attribué aux dépôts atmosphériques acides. *Rev. For. Fr.* 36(3), 173-180.
- CRPF-ONF (Centre régional de la propriété forestière/Office national des forêts) (2007). *Dépérissage des reboisements des résineux du sud du Massif central. État des lieux et propositions d'analyse*. Toulouse, ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 53 p.
- Delgado, E.M. (2014). *Étude exploratoire du dépérissement du thuya de Berbérie (Tetraclinis articulata) dans la forêt d'El Aderj (Maroc)*. Maîtrise en biologie, faculté des sciences, université de Sherbrooke, Québec. Rapport de stage. 60 p.
- Differt, J. (2001). *Phénologie des espèces arborées. Synthèse bibliographique. Analyse des données du Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers (RENECOFOR)*. ENGREF, Écosystèmes forestiers et dynamique du paysage, Nancy. 224 p.
- Dubé, F. (2007). *Étude sur la dynamique de succession et de régénération du cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica (Endl.) Carrière) et du chêne vert (Quercus rotundifolia Lam.) dans le Parc national d'Ifrane au Maroc*. Maîtrise en écologie internationale, université de Sherbrooke, Québec. Rapport de stage. 98 p.
- El Hassani, A. & Messaoudi, J. (1987). Les ravageurs des cônes et graines des conifères et leur distribution au Maroc. In: *Proceedings of the 2nd Cone and Seed Insects IUFRO Working Party Conference 1987* (eds Roques, A.). INRA, Versailles, France, pp. 5-14.
- El Mouridi, M., Laurent, T., Famiri, A., Kabouchi, B., Almérás, T., Calchéra, G., El Abid, A., Ziani, M., Gril, J. & Hakam, A. (2011). Caractérisation physique du bois de la loupe de thuya (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters). *Phys. Chem. News* 59, 57-64.
- Emberger, L. (1939). Aperçu général sur la végétation du Maroc. Commentaire de la carte phytogéographique du Maroc 1 : 1500000. *Veröff. Geobot. Inst. Rübel Zürich* 14, 69-85.
- Esteve-Selma, M.A., Hernández Garcia, I., Moya Pérez, J.M., Miñano Martínez, J., Calvo, J.F., Martínez-Fernandez, J., Robledano, F., López, J.J., Nicolás, M.J. & Farinós, P. (2013). *Bases ecológicas para la conservación de Tetraclinis articulata (Vahl) Masters en la región de Murcia*. IV Congreso de Biodiversidad, Bilbao, 6-8 de Febrero, España. Poster.
- Esteve-Selma, M., Martínez-Fernández, J., Hernández, I., Montávez, J.P., Lopez, J.J., Calvo, J.F. & Robledano, F. (2010). Effects of climatic change on the distribution and conservation of Mediterranean forests: The case of *Tetraclinis articulata* in the Iberian Peninsula. *Biodiversity & Conservation* 19, 3809-3825.
- Esteve-Selma, M.A., Montoya, P., Moya, J.M., Miñano, J., Hernández, I., Carrión, J.S., Charco, J., Fernández, S., Munuera, M. & Ochando, J. (2017). *Tetraclinis articulata: biogéographie, écologie, menaces et conservation*. Direction générale du milieu naturel, Projet LIFE13 NAT/ES/000436, "Conservation of Habitat '9570' Tetraclinis articulata Forest in the European Continent". 247 p.
- Et-Tobi, M., M'hirit, O. & Benziane, M. (2009). Changements climatiques, dégradations et déperissements : arguments et nouveaux outils pour une réforme de la sylviculture des cédrées du Maroc. Actes des 3^{es} Assises de la recherche forestière « L'écosystème cédraie : un enjeu stratégique pour le développement régional », 16 et 17 octobre 2008, Khénifra (Maroc). *Ann. Rech. For. Maroc* 41, 27-47.
- FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture) & Plan Bleu (2013). *État des forêts méditerranéennes 2013*. Rome. 205 p. <http://www.fao.org/3/i3226f/i3226f.pdf>
- Fennane, M. (1987). *Étude phytoécologique des tétraclinaies marocaines*. Thèse de Doctorat ès Sciences, université Droit, Sci. écon, Sciences, Aix-Marseille III, 147 p. + annexes.
- Fennane, M. (1988). Phytosociologie des tétraclinaies marocaines. *Bull. Inst. Sci. (Rabat)* 12, 99-148.
- Fennane, M., Barbero, M. & Quézel, P. (1984). Le thuya de Berbérie au Maroc : aperçu phytogéographique et écologique. *Bull. Inst. Sci. (Rabat)* 8, 115-134.
- Fennane, M. (2017). *Élément pour un livre rouge de la flore vasculaire du Maroc*. Fasc. 2. *Gymnospermae, Dicotyledonae (Acanthaceae – Aristolochiaceae)* (version 1, janvier 2017). Édit. Tela-Botanica. Licence CC6BY NC ND.
- Flot, J.-L., Caroulle, F. & Lucas, S. (2007). Dépérissement et mortalité : un éclairage de la situation en France. *L'IF* 16(3), 1-8.
- Franchimont, J. & El Saadaoui, M. (1998). *Étude nationale sur la biodiversité. Rapport de synthèse*. Observatoire national de l'environnement du Maroc (ONEM), Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). 160 p.
- Ghailoule, D. (2013). *Diagnostic de dépérissement de Tetraclinis articulata dans la forêt d'El Aderj (Province de Séfrou)*. Rapport de mission diagnostic, Centre de recherche forestière au Maroc, Rabat. 3 p.
- Ghailoule, D. (2016a). *Évaluation de l'état phytosanitaire du thuya de Berbérie dans la forêt de Ben Slimane*. Rapport d'activité 2015, Centre de recherche forestière au Maroc, Rabat. 5 p.
- Ghailoule, D. (2016b). *Diagnostic de dépérissement du genévrier rouge de la forêt de Talat N'os, secteur d'Ijoukake (Amizmiz)*. Rapport de mission diagnostic, Centre de recherche forestière au Maroc, Rabat.
- Ghailoule, D., Rossi, J.P. & Lieutier, F. (2012a). *Cedar dieback and tree competition in the Moroccan Middle Atlas: a spatio-temporal approach at the plot scale*. IUFRO WP 7.03.14, 3rd International Symposium

- Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems (MEDINSECT 3), Hammamet, Tunisia, May 8-11. Poster.
- Ghailoule, D., Rossi, J.P. & Lieutier, F. (2012b). Caractérisation spatio-temporelle du dépérissement du cèdre (*Cedrus atlantica* Manetti) dans deux peuplements du Moyen Atlas marocain : résultats préliminaires. Actes MEDINSECT 3 Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems. *Ann. INRGREF* 17 (n° spécial), 145-156.
- Ghaioule, D. (1994). *Étude biologique et écologique des insectes Scolytidae (Coleoptera) ravageurs des principales essences des reboisements résineux au Maroc*. Thèse de 3^e cycle, faculté des sciences, université Mohamed V, Rabat, 223 p.
- Ghaioule, D. (2007). *Mécanismes d'installation sur l'hôte et structure des populations de deux espèces de scolytides au Maroc : liaison avec l'espèce hôte et divers paramètres climatiques*. Thèse de Doctorat, Biologie des populations, université Mohamed V, Rabat, 172 p.
- Ghaioule, D., Abourouh, M., Bakry, M. & Haddan, M. (1998). Insectes ravageurs des forêts. *Ann. Rech. For. Maroc* 31, 129-156.
- Ghaioule, D. & Lieutier, F. (2008). *Étude du dépérissement de la cédraie du Moyen Atlas* (*Cedrus atlantica* Manetti). 2nd International Symposium Entomological Research in Mediterranean Forest Ecosystems (MEDINSECT 2), Estoril, Portugal, May 5-8. Présentation orale.
- Ghaioule, D. & Lieutier, F. (2009). *Dépérissement du cèdre et relations avec les facteurs biologiques dans le Moyen Atlas*. Actes des 3^{es} Assises de la recherche forestière « L'écosystème cédraie : un enjeu stratégique pour le développement régional », 16 et 17 octobre 2008, Khénifra (Maroc). *Ann. Rech. For. Maroc* 41 (n° spécial), pp. 69-77.
- Hadjadj, K. (2016). *Étude de la productivité du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata* Vahl Mast.) dans l'ouest algérien dans la perspective de développement durable*. Thèse de Doctorat en Foresterie, université de Tlemcen, 185 p.
- Hadjadj, K. & Letreuch Belaroui, A. (2017). Synthèse bibliographique sur le thuya de Berbérie [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.]. *Geo-Eco-Trop.* 41(1), 13-27.
- Hadjadj-Aoul, S. (1991). Les peuplements de *Tetraclinis articulata* sur le littoral d'Oran (Algérie). *Ecologia Mediterranea* 17, 63-78.
- Hadjadj-Aoul, S. (1995). *Les peuplements du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*, Vahl, Master) en Algérie : phytocécologie, syntaxonomie, potentialités sylvicoles*. Thèse en Biologie des organismes et population, université Aix-Marseille III, 159 p.
- Hanane, A., M'hirit, O. (1999). La forêt est-elle menacée ? In: *Le grand livre de la forêt marocaine* (eds M'hirit, O. & Blérot, P.). Éditions Mardaga, Sprimont, Belgique.
- Hartman, G., Gunz, F. & Butin, H. (1991). *Les symptômes de dépérissement des arbres forestiers*. Institut pour le développement forestier, IDF Diffusion, 256 p.
- HCEFLCD (Haut-Commissariat aux eaux et forêts et à la lutte contre la désertification) (2005). *Le Maroc forestier. Carte de répartition du thuya de Berbérie*. Royaume du Maroc. <http://www.eauxetforets.gov.ma/fr/text.aspx?id=1061&uid=74>
- Jurskis, V. (2005). Eucalypt decline in Australia, and a general concept of tree decline and dieback. *For. Ecol. Manage.* 215, 1-20.
- Khous, M.G. & Gachi M. (1996). Les problèmes entomologiques de nos forêts. La Forêt algérienne, NRF, 1, 11-13.
- Lachance, D. (1985). Répartition géographique et intensité de dépérissement de l'érable à sucre dans les érablières au Québec. *Phytoprotection* 66, 83-90.
- López Hernández, J.J., Calvo, J.F., Esteve-Selma, M.A. & Ramírez Díaz, L. (1995). Respuesta de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters al fuego. *Ecología* (Madrid) 9, 213-221.
- Lugo, L.S., Mora, A.C., Suárez, C. & Montarulio, M. (2006). Relación entre la mortalidad y los suelos en las plantaciones de Pino Caribe del Oriente de Venezuela. *Rev. Forest. Latinoamericana* 36, 57-83.
- Malaisse, F., Burgeon, D., Degreef, J., Deom, B., Van Doren, B. (1993). Le dépérissement des chênes indigènes en Europe occidentale. Note 1. Symptômes de pertes de vitalité. *Belg. J. Bot.* 126 (2), 191-205.
- M'hirit, O. & Blérot, P. (1999). *Le grand livre de la forêt marocaine*. Éditions Mardaga, Sprimont, Belgique.
- Mouna, M. & Arahou, M. (1986). Comparaison des peuplements de coléoptères frondicoles de deux essences forestières résineuses au Maroc : cèdre (*Cedrus atlantica* Man) et thuya (*Tetraclinis articulata* Vahl et Benth). *Bull. Inst. Sci. (Rabat)* 1, 133-142.
- Moore, B. & Allard, G. (2008). *Les impacts du changement climatique sur la santé des forêts*. Service du développement des ressources forestières, document de travail FBS/34F, FAO, Rome, Italie. [http://www.fao.org/temprep/docrep/fao/011/k3837f/k3837f00.pdf](http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/011/k3837f/k3837f00.pdf)
- Moya Pérez, J.M., Hernández, I. & Esteve, M.A. (2012). Respuesta al fuego de *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters (Incendio Peña del Águila 2011). 11^o Congreso nacional del medio ambiente (Conama 2012), 26-30 Nov. 2012, Madrid. 16 p.
- Nageleisen, L. (2005). Dépérissement du hêtre : présentation d'une méthode symptomatologique de suivi. *Rev. for. Fr.* 57(2), 255-262.
- Nichane, M. (2015). *Contribution à l'étude du dépérissement du cyprès vert (*Cupressus sempervirens* L.) dans les monts des Traras occidentaux (Wilaya de Tlemcen)*. Thèse de Doctorat, université de Tlemcen (Algérie), 247 p.
- Nichane M. & Khelil M.A. (2014). Notes sur l'attaque du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. par un buprestide (*Ovalisia festiva* Linnaeus) dans les monts des Traras occidentaux (Nord Occidental algérien). *Rev. Bioressources* 4(1), 21-28.
- Nichane, M., Bouchikhi, Z.T. & Khelil, M.A. (2013). Contribution à l'étude de l'entomofaune de quelques espèces résineuses de la région des Traras occidentaux (Tlemcen – Algérie). *Leban. Sci. J.* 14(2), 25-39.
- OTEDD (Observatoire tunisien de l'environnement et du développement durable) (2005). *Guide forêts durables*. PICTURA (216), 71-77.
- Poirier, M. (2008). *Étude écophysiologique de l'endurcissement au gel des arbres : Impact des conditions estivales de croissance sur la résistance au gel des arbres*. Thèse de Doctorat, université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand II, université d'Auvergne, France, 314 p.

- Quézel, P. (1980). Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. In: *Actualités d'écologie forestière* (eds Pesson, P.). Gauthiers-Villars, Paris, pp. 205-255.
- Quézel, P. & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Collection : Environnement. Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS, Paris.
- Sánchez Gómez, P., Stevens, D., Fennane, M., Gardner, M. & Thomas, P. (2011). *Tetraclinis articulata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T30318A9534227. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T30318A9534227.en>
- Terras, M., Labani, A., Benabdeli, K. & Adda-Hanifi, N. (2008). Dynamique phytoécologique du thuya de Berbérie face à l'incendie. *Forêt Médit.* 29(1), 33-40.
- Tremblay, V. (1999). *Dendroécologie du dépérissement du bouleau blanc (Betula papyfera Marsh.) après coupe forestière dans la réserve faunistique des Laurentides*. Mémoire de maîtrise, université de Laval, Québec. 58 p.
- IUCN-Med (2005). *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters. Cupressaceae. In: *A guide to medicinal plants in North Africa*. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation (publ.), Malaga, Spain, pp. 235-238.
- UICN-Med et AGIR (2011). *Découvre la biodiversité du Parc national d'Al Hoceima – Le thuya de Berbérie*. Gland (Suisse) et Malaga (Espagne). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2011-077.pdf>
- van Mantgem, P.J. & Stephensen, N.L. (2004). Does coring contribute to tree mortality? *Can. J. Forest Res.* 34(11), 2394-2398.
- Varela, C. (2008). Dépérissement des peuplements de chênes lièges et changement climatique. *Forêt Médit.* 29(2), 209-212.
- Vázquez Silva, L., Tamarit Urias, J.C., Quintanar Olgún, J. & Varela Fregoso, L. (2004). Caracterización de la declinación de bosques de encinos en Sierra de Lobos Guanajuato, México. *Polibotanica* 17, 1-14.
- Vennetier, M. (2012). Changement climatique et dépeuplement forestier : causes et conséquences. In: *Changement climatique et modification forestière* (ed Corvol A.). *Cah. Etud. Forêt, Environnement et Société* 22, 50-60. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00756083/document>
- Zine El Abidine, A. 2003. Le dépérissement des forêts au Maroc : analyse des causes et stratégie de lutte. *Sécheresse* 14(4), 209-218.

Diversité phytosociologique et séries dynamiques de la végétation de l'Atlas tellien occidental de Tiaret (N-O Algérie)

Phytosociological diversity and dynamic series of the vegetation in the Western Tell Atlas of Tiaret (NW Algeria)

Mohamed Djamel MIARA¹, Seghir HADJADJ-AOUL² & Guillaume DECOCQ³

1. Département et faculté SNV. Université Ibn Khaldoun, Tiaret, 14000. Algérie

2. Laboratoire d'écologie végétale. Département de biologie. Université d'Oran 1 Ahmed-Benbella. Algérie

3. Écologie et dynamique des systèmes anthropisés (FRE 3498 CNRS). Université de Picardie Jules-Verne,
1, rue des Louvels, 80037 Amiens cedex 1

Auteur correspondant : miara14130@yahoo.fr

Received: 7 Nov., 2019 ; First decision: 13 Feb., 2020 ; Revised: 13 March, 2020 ; Accepted: 22 June, 2020.

Résumé

Ce travail est une approche descriptive et analytique qui a pour objet la connaissance de la structure et de la dynamique de la végétation des massifs atlasiques boisés de la région de Tiaret. Cette étude a été basée sur la réalisation de 287 relevés phytocologiques à travers le secteur étudié suivant un échantillonnage mixte. Ces relevés ont été rassemblés dans des matrices de données puis traités par des analyses statistiques (CH, AEI, DCA). L'approche phytosociologique met en évidence une grande richesse phytocénotique (19 groupements décrits dont 4 associations nouvelles). Les résultats obtenus montrent que les principaux gradients selon lesquels ces groupements s'agencent sont le type physionomique et la nature chimique du substrat. Il apparaît que la succession dynamique au niveau des différentes séries de végétation échantillonées, notamment celle

post-matorral, se retrouve le plus souvent dans des états de blocage ou de dégradation, sinon évolue vers des systèmes artificiels suite à l'invasion par des essences opportunistes caractéristiques du modèle « expansionniste ». Ces états de dynamiques semblent avoir comme origine les contraintes de nature anthropique, notamment le feu et le pâturage.

Abstract

This work is a descriptive and analytical approach, which aims to improve the knowledge of the structure and the dynamics of the wooded Atlas Mountains vegetation in the region of Tiaret. This study was based on 287 phytocological surveys across the study area following a mixed sampling. These surveys were collected in data matrices and then processed by statistical analyzes (CH, AEI, DCA). The phytosociological

Mots clés : forêts, groupements, Guezoul, matorrals, pelouses, série de relevés, Tiaret, végétation.

Keywords: forests, groups, Guezoul, lawns, matorrals, survey series, Tiaret, vegetation.

approach highlights a great phytocoenotic richness (19 plant groups described including 4 new associations). The results obtained show that the main gradients according to which these plant groups are organized are the physiognomic type and the chemical nature of the substrate. The dynamic succession of the different series of vegetation sampled, in particular the post-matorral one, is often blocked or degraded, or evolves towards artificial systems following the invasion by some opportunistic species characteristic of the "expansionist" model. These states seem to be the consequence of anthropogenic constraints, in particular fire and grazing.

Introduction

En Algérie, les connaissances sur la structure et la dynamique des végétations forestières et préforestières ne sont toujours pas complètes (Meddour 2010). Les premières recherches phytogéographiques datent de l'époque coloniale, avec les travaux pionniers de Lapie (1909) et de Maire (1926) sur les écosystèmes forestiers, qui ont permis de préciser les grandes unités de végétation structurant ces formations. Ce n'est qu'au début des années 1980 que l'on a commencé à s'intéresser à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers de l'Algérie septentrionale, comme le montre la multitude de travaux publiés (Zeraïa 1981 ; Kadik 1983 ; Khelifi 1987 ; Quézel & Barbero 1989 ; de Bélair 1990 ; Mediouni & Azira 1992 ; Mediouni et Yahi 1993 ; Djebaili 1994 ; Mediouni & Yahi 1994 ; Bensettiti 1995 ; Hadjadj-Aoul 1995 ; Kaabeche 1995 ; Sadki 1995 ; Yahi 1995 ; Dahmani 1997 ; Yahi & Mediouni 1997 ; Géhu *et al.* 1998 ; Meddour & Géhu 1998 ; Hadjadj-Aoul & Loisel 1999 ; Laribi 1999 ; Gharzouli 2007 ; Yahi 2007 ; Meddour 2010 ; Rebbas 2013 ; Beghami 2013).

Ces recherches intenses des décennies 1980-1990 ont considérablement ralenti et, malgré leur importance, n'ont pas encore couvert tout le territoire algérien. Malgré quelques travaux récents, Meddour (2010) remarque que la connaissance des syntaxons forestiers et pré-forestiers de l'Algérie n'est encore que très fragmentaire. De plus, les connaissances sur la dynamique des groupements restent très limitées et reposent souvent sur des généralisations et des extrapolations à partir d'études réalisées dans d'autres pays méditerranéens.

Dans ce contexte, la présente étude vise dans un premier temps à accroître nos

connaissances sur la structure et la dynamique des groupements forestiers et pré-forestiers, les matorrals et les pelouses et clairières structurant la végétation forestière et préforestière des régions montagneuses boisées de l'Atlas tellien occidental de Tiaret. En effet, bien que cette région ait été visitée par plusieurs chercheurs dans le cadre de réalisation de thèses (Kadik 1983 ; Hadjadj-Aoul 1995 ; Dahmani 1997), elle reste encore largement méconnue et aucune synthèse n'a été réalisée à l'échelle régionale, qui permette de bien comprendre l'état et l'évolution spatio-temporelle de ces végétations.

À priori, la région de Tiaret, par sa position géographique de charnière entre l'Atlas tellien et les hautes plaines steppiques, est susceptible de renfermer une grande diversité floristique et phytocénétique au niveau de ses massifs atlasiques forestiers. Toutefois, nous avons remarqué durant nos sorties de prospection de terrain une certaine hétérogénéité paysagère au niveau de ces peuplements forestiers originels. De plus, les seules parcelles bénéficiant d'une ambiance forestière sont souvent constituées de peuplements de pins d'Alep (essence ubiquiste expansionniste) qui dominent souvent ceux de chênesverts et de thuyas de Berbérie (essences originales). En réalité, l'accentuation des facteurs anthropiques (incendies et pâturage essentiellement) ainsi que les conditions climatiques régressives (Miara *et al.* 2013) semblent avoir un effet considérable sur le paysage actuel des milieux forestiers et préforestiers dans l'Atlas tellien occidental de Tiaret. Boudy (1954), a dressé un bilan détaillé de l'état de ces espaces notamment ceux de la région de Tiaret. Plusieurs secteurs forestiers ont été signalés dégradés notamment les forêts domaniales de Tiaret et de Tagdempt. Il a également signalé plusieurs zones incendiées, à l'image du boisement communal de chêne-liège d'Azouania (127 ha) incendié en 1950, du massif des Sdamas Chergui, parcouru par le feu entre 1919 et 1922, où 7 700 ha avaient été détruits, ou encore des Sdamas Gharbi où les feux ont également parcouru ces massifs entre 1920 et 1931 (2 000 ha détruits). D'après l'administration de conservation des forêts de Tiaret (2019), plus de 1 493 846 ha d'espaces forestiers et préforestiers ont été ruinés par les feux entre 1964 et 2008 dans la région de Tiaret. Plus récemment, Duvignaud (1992) parle des nombreuses surfaces qui ont été défrichées de part et d'autre de l'Oued Medroussa dans les Sdamas Chergui. Il

souligne également la fréquence décroissante du pâturage en précisant que ces espaces forestiers et préforestiers de la région de Tiaret servent souvent de fournisseur de bois et fonctionnent aussi comme pâtures, alors qu'un nombre croissant d'enclaves forestières est soumis aux labours céréaliers.

C'est ainsi que dans un deuxième temps, nous tenterons de comprendre la dynamique et la succession des groupements forestiers et pré-forestiers occupant les zones de montagnes atlasiques de Tiaret au niveau de chaque série de végétation identifiée. Et cela à la lumière de l'évolution passée et actuelle des conditions anthropiques, notamment les incendies et le pâturage ainsi que des conditions écologiques, notamment le climat local. Par la reconstitution de la succession des groupements végétaux selon les 3 principaux types physionomiques (forêts, matorrals et pelouses) au sein des principales séries de végétation existantes dans la région, nous testerons l'hypothèse de l'existence de véritables climax

forestiers au niveau de ces communautés. À défaut, ce sera certainement l'accentuation des facteurs anthropiques et écologiques déjà existants dans la région depuis plus d'un siècle qui sera à l'origine de l'entrave et/ou la dérive du processus de dynamique progressive de ces groupements.

Matériel et méthodes

Zone d'étude

L'Atlas tellien occidental de Tiaret appartient au domaine biogéographique O3, sous-secteur de l'Atlas tellien oranais *sensu* Quézel et Santa (1962-1963), district atlasique Tiareti-Tlemcenien *sensu* Meddour (2010). Il comprend : les monts de Tiaret, avec le massif forestier de Guezoul sur les hauteurs de la ville de Tiaret, qui se prolonge vers les Sdamas au niveau des communes de Mechraa

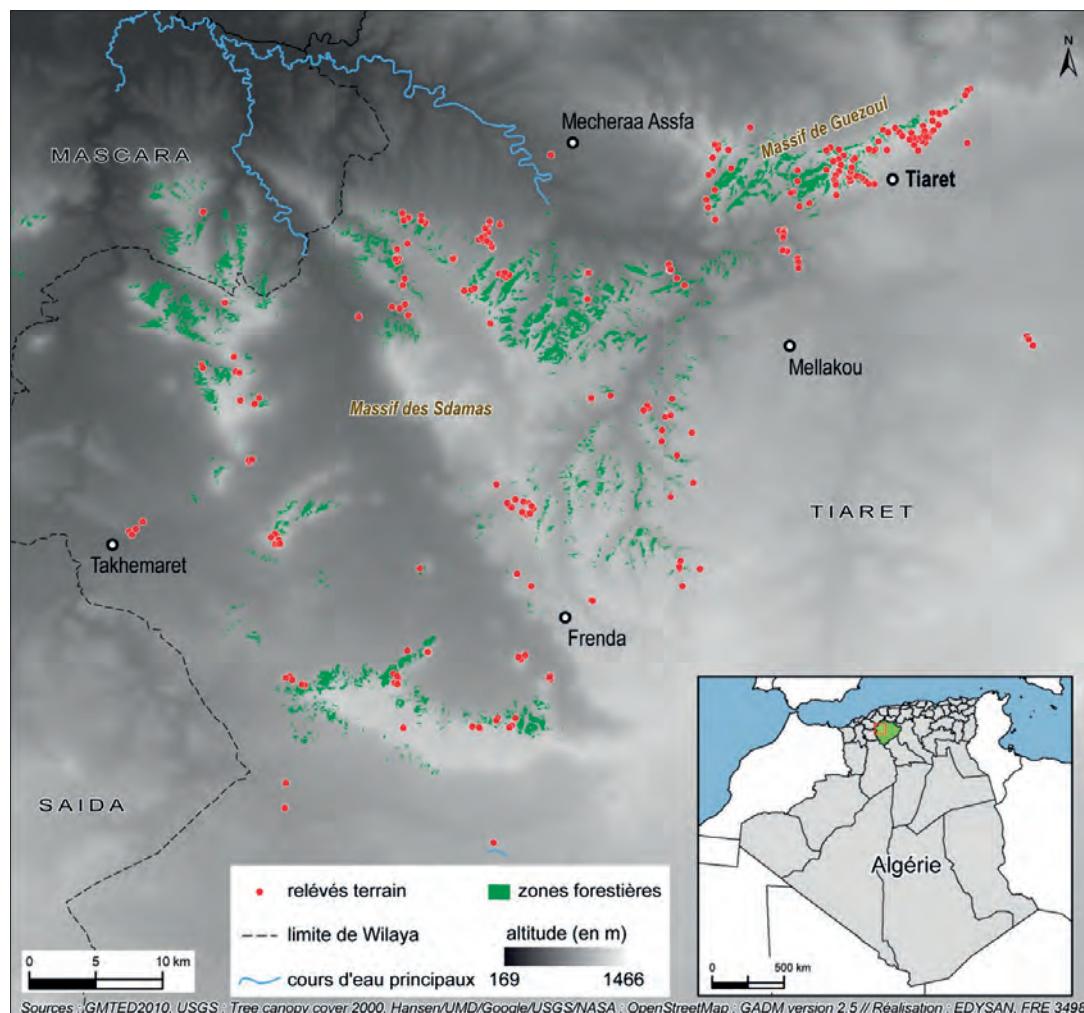


Figure 1 – Carte de localisation des relevés dans la zone d'étude.

Sfa et Medroussa ; les monts de Frenda qui représentent la partie orientale des monts de Saida regroupant la vallée de Gaada au sud-ouest de Frenda, les montagnes de Ain el Hdid et ceux de Takhmaret à l'ouest sur les limites avec les wilayas de Saida et de Mascara (figure 1).

Cette région assure la transition entre l'Atlas tellien occidental et les hautes plaines steppiques, ce qui lui confère une originalité floristique et écologique particulière (Miara *et al.* 2014). Elle est composée essentiellement de massifs montagneux avec des altitudes variant entre 700 et 1 200 m.

Les sols sont de nature calcaire dans la majorité de l'aire d'étude (Sdamas, Gaada, monts de Frenda), avec des textures variables (Durand 1954 ; Kabir 2001). Cependant, le massif de Guezoul est dominé par des sols décarbonatés de nature sableuse (Miara 2011).

L'étude réalisée par Miara *et al.* (2013) sur les données de la station de référence (Tiaret-Ain Boucahkif), située à 20 km au sud-est de la ville de Tiaret, à une altitude de 923 m, pour la période entre 1985 et 2010, révèle que le bioclimat actuellement dominant est du type semi-aride dans sa variante d'hiver fraîche au niveau du mésoméditerranéen. La somme des moyennes mensuelles des précipitations est de 358,37 mm. La moyenne des températures maximales du mois le plus chaud (juillet) est de 34,85 °C, alors que celle des minima du mois le plus froid (janvier) est de 1,05 °C (tableau 1).

La végétation est constituée essentiellement par des formations forestières, préforestières et des matorrals, dominés par *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Tetraclinis articulata*, *Pistacia atlantica*, *Quercus suber* et *Pinus halepensis*. Ces formations relèvent de la série du chêne vert dans le massif de Guezoul (Miara 2011 ; Miara *et al.* 2012), et de celle du thuya de Berbérie sur les Sdamas et les monts de Frenda (Duvignaud 1992). Elles appartiennent aux *Quercetea ilicis* (*Quercetalia ilicis* et *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*).

Échantillonnage

Étant donné l'étendue du territoire étudié, nous avons suivi une stratégie d'échantillonnage mixte au sens de Gounot (1969). Au départ (à petite échelle) nous avons réalisé une stratification basée sur l'utilisation de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques, feuille d'Alger 1/1000000 (Barry *et al.* 1974), qui a orienté une prospection préliminaire sur le terrain pour localiser les principaux peuplements et séries de végétation à échantillonner, à savoir : chêne vert, thuya de Berbérie et le pistachier de l'Atlas.

Par la suite les cartes topographiques au 1/50000 de la région de Tiaret ont été utilisées pour une stratification altitudinale suivant 5 strates de 100 m d'altitude à partir de 700 m jusqu'à 1 200 m.

Au niveau des zones ainsi définies, nous avons essayé d'inventorier d'une manière dirigée (Guinochet 1954) les principaux types phytosynomiques de végétation existant dans la région. Ainsi, nous avons échantillonné les 3 principales strates nécessaires à la distinction des différents types rencontrés :

- les forêts : végétation arborée de plus de 5 m de hauteur ;
- les matorrals « bas, moyens et denses (pré-forêts) » : végétation arbustive entre 0,30 m et 5 m ;
- les pelouses et clairières forestières : végétation herbacée de moins de 0,30 m de hauteur.

Nous avons également noté les paramètres écologiques au niveau de chaque relevé (exposition, pente, nature du substrat).

L'emplacement des relevés a été choisi selon des critères de représentativité et d'homogénéité structurale, floristique et écologique (Géhu & Rivas Martinez 1981 ; Géhu 1987 in Dahmani 1997).

Les relevés ont été effectués suivant la méthode phytosociologique classique (Guinochet 1973 ; Long 1974 ; Godron *et al.* 1983).

Tableau 1 – Bioclimats et étages de végétation de la station de Tiaret entre 1913-1938 et 1985-2010.

Station	Période	m (°C)	Q2	Niveau Bioclimatique	Variante thermique	Étage de végétation
Tiaret (Ain Bouchakif 923 m)	1913-1938	1.7	65.31	Subhumide	Fraîche	Mésoméditerranéen
Tiaret (Ain Bouchakif 923 m)	1985-2010	1.05	36.39	Semi-aride	Fraîche	Mésoméditerranéen

La surface des relevés était de 100 m² pour les groupements forestiers, 50 m² pour les matorrals et 1 m² pour les pelouses et clairières des massifs forestiers (Benabid 1984 ; Hadjadj-Aoul 1995 ; Dahmani 1997). Toutes les espèces présentes dans la surface du relevé ont été inventoriées, en affectant à chacune d'elles un coefficient d'abondance-dominance.

Identification et collection des plantes

L'identification des taxons a été faite sur le terrain pour ceux facilement reconnaissables et au laboratoire pour les taxons méconnus et/ou douteux. Un herbier a été conçu sur la base des spécimens récoltés sur le terrain et une collection de photographies a été constituée. Les flores suivantes ont servi aux identifications : flores d'Algérie (Battandier & Trabut 1888-1890 ; Battandier & Trabut 1895 ; Maire 1952-1987 ; Quézel & Santa 1962-1963) et des pays voisins : Valdés *et al.* (2002) et Fennane *et al.* (2007) pour le Maroc ; Cuénod *et al.* (1954) pour la Tunisie et Valdés *et al.* (1987) et Blanca *et al.* (2009) pour l'Andalousie. La nomenclature des taxons a été mise à jour à l'aide de la base de données de l'Afrique du Nord (Dobignard & Chatelain 2010-2013).

Traitements statistiques

Les relevés ont tout d'abord servi à la construction d'une matrice globale d'abondance-dominance (287 relevés × 490 taxons).

Les coefficients d'abondance-dominance de Braun-Blanquet ont été transformés en valeurs ordinaires conformément aux suggestions de van der Maarel (1979).

Cette matrice a fait l'objet d'une classification hiérarchique CH globale qui avait pour objet de distinguer les principaux lots de relevés floristiquement et physionomiquement homogènes.

Le dendrogramme obtenu a été coupé à un niveau d'information permettant à chaque branche de contenir au moins une espèce exclusive ; une analyse des espèces indicatrices (Dufrêne & Legendre 1997) a été conduite afin de caractériser (espèces caractéristiques) et de différencier des autres (espèces différentielles) chaque groupe de relevés issu de la CH.

Les résultats de ces différentes analyses ont permis la construction des tableaux phytosociologiques définitifs pour chaque syntaxon élémentaire reconnu (voir annexes électroniques). Enfin, un tableau synthétique (annexes électroniques : tableau S1) contenant les classes de fréquence de chacune des espèces au sein de chacun des syntaxons élémentaires individualisés a été réalisé. Ce tableau synthétique a lui-même été soumis à une CH suivie d'une analyse des correspondances détendancée (DCA), d'une part pour aider à la hiérarchisation des syntaxons et à la typologie des unités synsystématiques et, d'autre part, pour mettre en évidence les principaux gradients écologiques selon lesquels ces unités s'organisent et apprécier leurs relations syndynamiques.

Les analyses numériques ont été réalisées à l'aide du logiciel PC-Ord v.5.

Résultats et discussion

Approche phytosociologique

Les résultats obtenus de la CH globale nous ont conduits à distinguer 3 gros lots de relevés. L'analyse primaire des résultats de cette classification, notamment les caractéristiques de chacun des 3 lots, permet d'avancer qu'il s'agit des trois principaux types physionomiques : les pelouses (62 relevés), les matorrals (97 relevés) et un troisième lot contenant un mélange de relevés de forêts et de matorrals (128 relevés, figure 2).

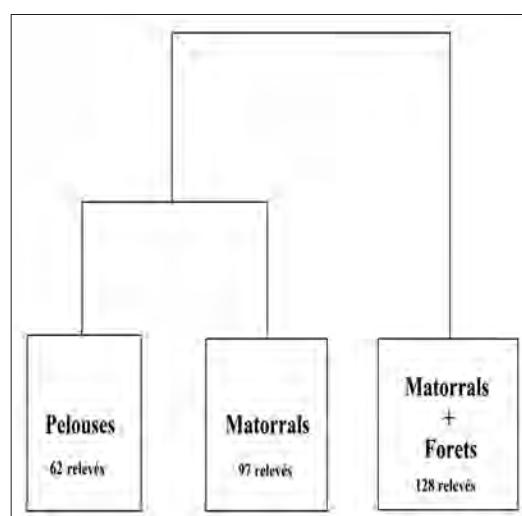


Figure 2 – Dendrogramme simplifié de la classification ascendante hiérarchique globale.

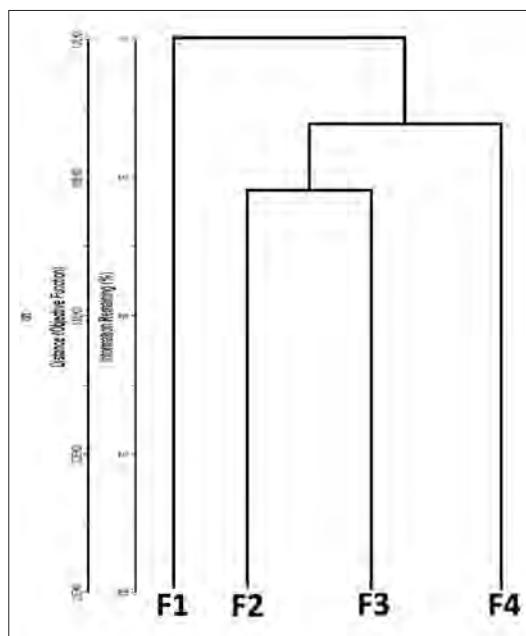


Figure 3 – Dendrogramme simplifié de la classification ascendante hiérarchique des relevés de forêts et matorrals et pré-forestiers.

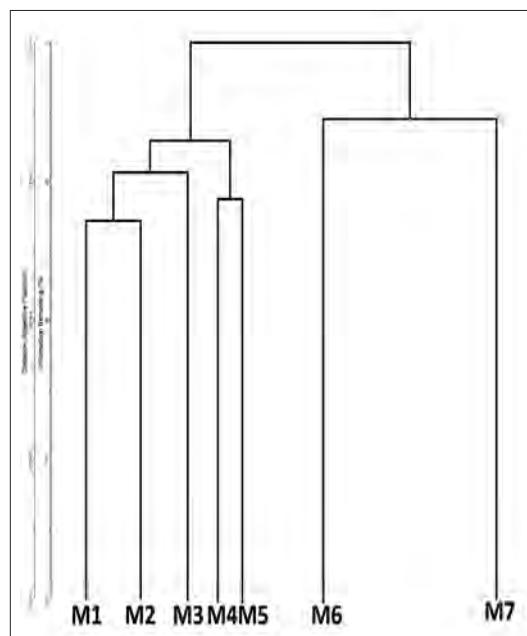


Figure 4 – Dendrogramme simplifié de la classification ascendante hiérarchique des relevés de matorrals.

Une analyse plus fine nous a permis de distinguer 19 groupements végétaux : 4 groupements forestiers (49 relevés ; figure 3), 7 groupements pré-forestiers et de matorral (170 relevés ; figure 4) et 8 groupements de pelouses et clairières forestières (62 relevés ; figure 5).

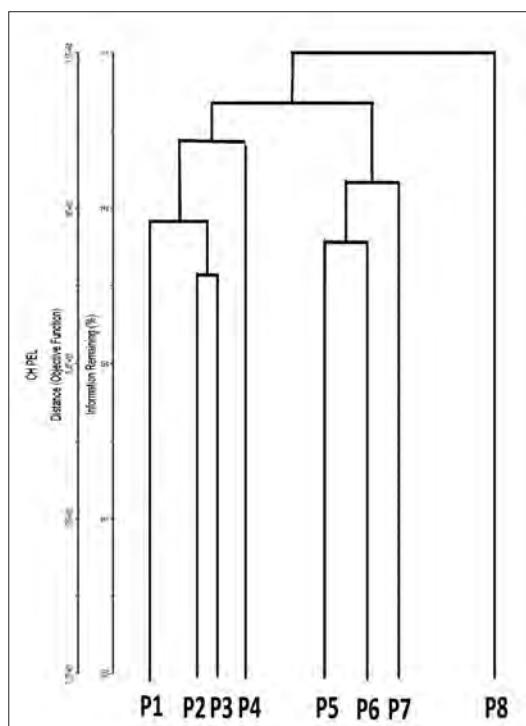


Figure 5 – Dendrogramme simplifié de la classification ascendante hiérarchique des relevés de pelouses.

Les communautés végétales « forestières »

GROUPEMENT À *PISTACIA ATLANTICA* ET *FRAXINUS ANGUSTIFOLIA* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU F1)

Ce groupement forestier a été exclusivement rencontré sur les bords des cours d'eau permanents de l'oued Mina, dans les régions de Tagdempt et Sidi Wadeh, à des altitudes moyennes (800-1 000 m), sur calcaire, surtout aux expositions nord.

Bien que ce groupement présente plusieurs caractéristiques des *Querco-Fagetea sylvatica* Braun-Blanquet & Vlieger (1937) et des *Populetalia albae* Br-B1 (1931), comme *Fraxinus angustifolia*, *Dioscorea communis*, *Vitis vinifera*, *Geranium robertianum* et *Populus alba*, nous le rattacherons plutôt à la classe des *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947) et, plus précisément, à l'ordre des *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975) du fait de la dominance des caractéristiques de ces syntaxons au niveau des relevés. En effet, les taxons de *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947), comme *Rubia peregrina*, *Asparagus acutifolius* et *Clematis flammula*, peuvent trouver un développement optimal dans les forêts riveraines (Dierschke 1980 ; Bensettini & Lacoste 1999 in Meddour 2010).

GROUPEMENT À *QUERCUS CANARIENSIS* ET *CRATAEGUS MONOGYNA* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU F2)

Il s'agit d'un autre type de ripisylve, rencontré sur les bords des oueds dans les régions de Mechraa Sfa et à l'est de Frenda, à des altitudes variant de 800 à plus de 1 000 m, sur calcaire, en exposition nord.

Malgré la présence de plusieurs taxons des *Querco-Fagetea* et *Populetalia albae*, c'est plutôt les taxons des *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947) et des *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975) qui dominent également ici, ce qui nous pousse à affilier notre groupement à ces derniers. Parmi les espèces qui dominent ce groupement, nous relevons plusieurs essences sclérophylles, comme le chêne vert et le chêne kermès, mais aussi plusieurs lianes, dénotant l'ambiance humide de ces formations.

GROUPEMENT À *QUERCUS COCCIFERA* ET *PISTACIA LENTISCUS* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU F3)

Cette cocciféraie se présente comme un haut taillis de chêne kermès et de lentisque, souvent dominé par le pin d'Alep, d'où l'aspect forestier. Ce groupement se situe au niveau des massifs de Sdamas et des monts de Frenda, à des altitudes variant entre 800 et 1 170 m, sur calcaire.

L'analyse floristique et syntaxonomique révèle que ce groupement ne représente en effet qu'une variation « d'allure forestière » d'un groupement typicum de matorral (groupement à *Rosmarinus eriocalyx* et *Cistus creticus*. M7). Cette forte similarité floristique constatée entre ces deux groupements a été également confirmée à travers le dendrogramme de la classification hiérarchique des syntaxons (figure 5). Donc, nous le rattachons au *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947), ordre des *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975) vu l'abondance des taxons caractéristiques de ces unités, notamment : *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea angustifolia* et *Ampelodesmos mauritanicus*.

La présence de nombreuses espèces des *Cisto-Rosmarinetea* indique la dégradation de ces communautés. En effet, l'abondance des espèces de cette classe de matorrals en niveau d'une formation forestière dénote une certaine ouverture du milieu résultant de la dégradation de cette sylve.

D'autre part, nous avons identifié plusieurs vestiges de la classe des *Quercetea pubescens* (Oberdorfer 1948) Doing-Kraft (1955), qui suggèrent des antécédents forestiers.

GROUPEMENT À *QUERCUS ILEX* SUBSP. *BALLOTA* ET *JUNIPERUS OXYCEDRUS* SUBSP. *OXYCEDRUS* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU F4)

Ce groupement est une chênaie verte originelle, plus ou moins dégradée, correspondant à des hauts taillis de chêne vert et de genévrier oxycèdre, avec diverses variations reflétant les conditions écologiques et anthropiques. Il est essentiellement inféodé aux substrats siliceux et occupe une grande partie du massif de Guezoul, sur les sables décarbonatés, à des altitudes souvent élevées, pouvant atteindre 1 200 m.

La chênaie verte préforestière proprement dite se manifeste à travers une variation à *Lavandula stoechas*, tandis qu'une variation à *Quercus suber* correspond plutôt à une forme de dégradation qui peut avoir comme origine des facteurs anthropiques comme le feu ou le pâturage extensif. Une variation à *Pinus halepensis*, dans laquelle le pin d'Alep domine le chêne vert, constitue un paraclimax forestier, ayant pu subir des reboisements (*Pinus pinea*, *Cupressus sempervirens*).

Sur le plan syntaxonomique, le rattachement de ce groupement aux *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947) et aux *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975) semble évident du fait de l'abondance des espèces caractéristiques de ces unités notamment : *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* et *Phillyrea angustifolia*.

La présence de caractéristiques des *Genista tricuspidatae-Calicotomion spinosi* Dahmani (1997) comme : *Ampelodesmos mauritanicus*, *Calicotome spinosa* subsp. *spinosa* et *Genista tricuspidata*, nous le fait rattacher à cette alliance.

Au niveau de l'association, ce groupement correspond au *Cisto salvifolii-Quercetum rotundifoliae* décrit par Dahmani (1997) dans les secteurs algérois et kabyles sur silice, par la présence de toutes les espèces caractéristiques de cette association, à savoir : *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Cistus salvifolius*, *Lavandula stoechas* et *Cistus monspeliensis* ; il s'en distingue toutefois par l'absence de *Phillyrea angustifolia*, très abondant dans notre groupement, ainsi qu'au niveau des variations qui peuvent changer en fonction des conditions écologiques et anthropiques locales. Cela confirme nos observations antérieures quant à l'étendue de l'aire de répartition de cette association jusqu'à l'ouest du pays (Miara *et al.* 2012).

Les communautés végétales préforestières et de matorrals

GROUPEMENT À *QUERCUS ILEX* SUBSP. *BALLOTA* ET *AEGILOPS NEGLETA* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU M1)

Ce groupement représente des matorrals denses ou pré-forêts de chêne vert, plus ou moins dégradés, avec un sous-bois à genévrier oxycèdre et à diss (*Ampelodesmos mauritanicus*). Il est localisé dans la région de Guezoul sur substrat sableux décarbonaté, à des altitudes relativement élevées (1 000-1 200 m). Cette chênaie verte s'intègre dans les communautés préforestières des *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947), ordre des *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975), alliance des *Genisto tricuspidatae-Calicotomion spinosi* Dahmani (1997), du fait de la présence de nombreuses espèces caractéristiques de ces unités.

La forte similarité floristique de ce groupement avec l'association précédente permet de le considérer plutôt comme une variation de cette association typicum (F4. Groupement à *Quercus ilex* subsp. *ballota* et *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus* = *Cisto salvifolii-Quercetum rotundifoliae* Dahmani 1997). La présence plus ou moins importante des taxons des *Cisto-Rosmarinetea* indique la dynamique régressive de ces communautés.

GROUPEMENT À *QUERCUS ILEX* SUBSP. *BALLOTA* ET *ARBUTUS UNEDO* (ASS. NOV., ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU M2)

Il s'agit de hauts taillis de chêne vert, d'arbousier, de pistachiers lentisque et térébinthe, pouvant présenter un faciès plus dégradé à *Asphodelus ramosus* et *Cistus halimifolius*. Ces taillis constituent des formations préforestières denses, sur sables décarbonatés, dans le massif de Guezoul, à des altitudes relativement élevées (880-1 200 m) et souvent en exposition nord.

Le faciès dégradé, déjà observé par Dahmani (1997) puis Miara *et al.* (2012), a été affilié aux *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947) dans les *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975) et à l'alliance du *Genisto tricuspidate-Calycotomion spinosi* Dahmani (1997). Cependant, une analyse plus fine permet de plutôt rattacher ce groupement à l'*Ericion arborea* Rivas-Martinez (1975) 1987, malgré l'absence d'*Erica arborea*, qui semble être remplacée ici par *Cistus halimifolius*.

GROUPEMENT À *CISTUS HALIMIFOLIUS* ET *COLEOSTEPHUS MULTICAULIS* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU M3)

Ce groupement de matorral moyen est apparemment issu de la dégradation du groupement précédent ; il est dominé par *Cistus halimifolius*, associé à *Coleostephus multicaulis*, une espèce endémique répandue en Algérie occidentale. Il s'installe dans des ouvertures au niveau des formations préforestières de chêne vert, sur sables décarbonatés, dans la région de Guezoul, suite à des perturbations (incendies, pâturage). Ce groupement a été observé par plusieurs auteurs (Dahmani 1997 ; Miara *et al.* 2012), mais reste mal décrit à cause du faible nombre de relevés effectués. Il présente les espèces caractéristiques de la classe des *Cisto-Lavanduletea stochaedis* Braun-Blanquet (1940-1952) à laquelle nous le rattachons. La présence de reliques des *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947) confirme qu'il s'agit d'un stade de dégradation de la chênaie verte.

GROUPEMENT À *AMPELODES莫斯 MAURITANICUS* ET *QUERCUS SUBER* (ASS. NOV., ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU M4)

Il s'agit d'un matorral de diss (*Ampelodesmos mauritanicus*) et de chêne-liège, auxquels sont associés le calicotome et le chêne zén et, ponctuellement, le chêne vert.

Visiblement, nous sommes ici en présence d'un stade de dégradation de la chênaie verte préforestière, qui se développe dans l'ambiance méditerranéenne sub-humide des hauteurs du massif de Guezoul, en exposition nord, sur substrat sableux décarbonaté.

Sur le plan syntaxonomique, ce groupement peut être rattaché aux *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947) et aux *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975) ; la présence notable de taxons des classes des *Cisto-Lavanduletea stochaedis* Braun-Blanquet (1940-1952) et des *Rosmarinetea officinalis* Braun-Blanquet (1947) *in* Rivas-Martinez *et al.* (1991) révèle les tendances dynamiques.

GROUPEMENT À *PISTACIA ATLANTICA* ET *ASPARAGUS ALBUS* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU M5)

Il s'agit d'une pistacheraie préforestière naturelle localisée dans les régions de Sidi Wadeh et de Tagdempt, sur les falaises rocheuses en bioclimat semi-aride supérieur. Elle forme des peuplements pré-forestiers plus ou moins dégradés, à base de pistachier de l'Atlas et d'asperge blanche, avec en sous-bois le

genévrier oxycèdre et le doum (*Chamaerops humilis*).

Ce groupement trouve sa place dans la sous-alliance *Pistaciion atlanticae* Barbero, Quézel et Rivas-Martinez (1981) de l'*Asparago-Rhamnion oleoidis* Rivas Goday (1964) in Rivas-Martinez (1975) constituée le plus souvent par des formations à *Tetraclinis articulata* (Achhal El Kadmiri *et al.* 1980). L'analyse syntaxonomique en demeure délicate, notamment du fait de la présence de *Quercus ilex* subsp. *ballota* et de l'absence de *Tetraclinis articulata*. L'abondance d'*Asphodelus ramosus* indique la fréquence du pâturage.

GROUPEMENT À *FUMANA THYMIFOLIA* SUBSP. *LAEVIS* ET *TRIPODION TETRAPHYLLUM* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU M6)

Ce groupement correspond à des matorrals de thuya de Berbérie et de filaire, caractérisés par des espèces héliophiles témoignant d'une ambiance chaude et sèche. Les relevés sont en effet localisés dans les régions de l'extrême ouest du massif de Guezoul, en exposition sud et sud-ouest dominantes.

Ce groupement a été rattaché à la classe des *Rosmarinetea officinalis* Braun-Blanquet (1947) in Rivas-Martinez *et al.* (1991) du fait de la présence de nombreuses caractéristiques de cette dernière, dont *Rosmarinus officinalis*. La présence de tout un cortège floristique des *Quercetea ilicis* Braun-Blanquet (1936-1947) et des *Pistacio-Rhamnetalia alaterni* Rivas-Martinez (1975) semble indiquer qu'il s'agit d'un stade de dégradation plus ou moins avancé de la tétraclinaie préforestière, auquel succède vraisemblablement un matorral pré-steppique fortement appauvri, sous la pression des activités anthropiques en conditions éco-économiques défavorables.

GROUPEMENT À *ROSMARINUS ERIOCALYX* ET *CISTUS RETICUS* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU M7)

Ce groupement pour lequel nous disposons d'un grand nombre de relevés (98) représente les matorrals à *Tetraclinis articulata*, où *Quercus coccifera* et *Pistacia lentiscus* sont constants. Ces matorrals sont caractérisés par *Rosmarinus eriocalyx* et *Cistus creticus*, mais le typicum présente plusieurs variations :

- une variation à *Eryngium tricuspidatum*, appauvrie en *Rosmarinus eriocalyx* mais plus riche en *Tetraclinis articulata*, correspond à un matorral dense, presque pré-forestier. Les espèces qui différencient cette variation indiquent des ambiances

préforestières voire forestières (e.g. *Eryngium tricuspidatum*, *Brachypodium sylvaticum*, *Ruta montana*) ;

- une variation à *Erodium cicutarium*, où *Tetraclinis articulata* se développe d'une manière appréciable, différenciée par des espèces de géophytes relativement exigeantes sur le plan édaphique et bioclimatique comme : *Tulipa sylvestris* subsp. *australis*, *Gagea algeriensis* et *Fritillaria lusitanica* subsp. *oranensis*. Elle indique un aspect plus ou moins pré-forestier de ce matorral ;
- une variation à *Pinus halepensis*, qui représente un groupement pré-forestier « artificiel » dans lequel le pin d'Alep domine le thuya de Berbérie ;
- une variation à *Cistus clusii*, différenciée par *Ebenus pinnata* et *Sixalix atropurpurea*, où *Rosmarinus eriocalyx*, *Cistus creticus* et *Phillyrea angustifolia* dominent *Tetraclinis articulata*. Elle représente l'aspect plus ou moins dégradé (matorrals moyens) du typicum ;
- une variation à *Torilis nodosa*, qui représente l'aspect le plus dégradé, où *Tetraclinis articulata* fait presque défaut, tout comme *Rosmarinus eriocalyx* et *Cistus creticus* qui sont largement dominés par *Quercus coccifera* et *Pistacia lentiscus*.

D'un point de vue syntaxonomique, Fennane (1987) a décrit au Maroc le *Rosmarino tournefortii-Tetraclinetum articulatae* qui a d'abord été rattaché à la classe des *Rosmarinetea officinalis* au niveau de l'ordre des *Tetraclino-Stipion* (Fennane 1982), puis aux *Quercetea ilicis*, ordre des *Pistacio-Rhamnetalia*, alliance de l'*Asparago-Rhamnion oleoidis* Rivas Goday (1964) in Rivas-Martinez (1975) par Achhal El Kadmiri *et al.* (2004). Cette association a été également observée en Algérie par Hadjadj-Aoul (1988) dans l'arrière-pays semi-continentale des monts de Tlemcen.

Vraisemblablement, notre groupement correspond au *Rosmarino tournefortii-Tetraclinetum articulatae* (Fennane 1988) avec quelques différences floristiques et écologiques pouvant être justifiées par des considérations biogéographiques. Le nombre important des relevés réalisés nous a permis de cerner un maximum de variations liées essentiellement aux facteurs anthropiques.

Les communautés végétales des pelouses et clairières forestières

GROUPEMENT À *AEGILOPS NEGLETA ET ERYNGIUM TRIQUETRUM* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P1)

Ce groupement a été observé essentiellement sur sables décarbonatés dans la région du massif de Guezoul.

Il inclut des espèces des *Tuberarietea guttatae* Braun-Blanquet (1952) *in Rivas-Martinez (1978)* et des *Stellarietea mediae* Tüxen, Lohmeyer & Preising *in R. Tüxen (1950)*; cette dernière classe étant dominante, c'est à celle-ci que nous rattachons notre groupement, et plus précisément à l'ordre des *Brometalia tubenti-tectori* Rivas-Godoy & Rivas-Martinez (1963) *in Rivas-Martinez & Izco (1977)*. Ces communautés annuelles d'aventices nitrophiles et subnitrophiles (Dahmani 1997) semblent coloniser puis dominer des communautés initiales des *Tuberarietea guttatae*, par suite d'une eutrophisation. La présence d'espèces des *Cisto-Rosmarinetea* confirme cette hypothèse.

GROUPEMENT À *LAGURUS OVATUS ET GLEBIONIS SEGETUM* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P2)

Ce groupement est très proche du précédent sur le plan écologique, avec encore une fois une dominance des taxons des *Stellarietea mediae* Tüxen, Lohmeyer et Preising *in R. Tüxen (1950)* sur ceux des *Tuberarietea guttatae* Braun-Blanquet (1952) *in Rivas-Martinez (1978)*. Nous le rattachons également à l'ordre des *Brometalia tubenti-tectori*, sans que nous puissions être plus précis avec seulement 3 relevés. Il semble s'agir d'un groupement de dégradation de communautés des *Tuberarietea guttatae* par suite de surpâturage et d'incendies.

GROUPEMENT À *AEGILOPS VENTRICOSA ET LOMELOSIA STELLATA* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P3)

Ce groupement représente les pelouses à *Aegilops ventricosa* et *Lomelosia stellata*, dont les relevés sont issus de différentes séries de végétation (chêne vert, thuya de Berbérie). Elles occupent des clairières forestières issues de la dégradation des matorrals des *Cisto-Rosmarinetea* et se rattachent aux *Tuberarietea guttatae* Braun-Blanquet (1952) *in Rivas-Martinez (1978)*, ordre des *Brachypodietalia distachyae* Rivas-Martinez (1978) *in Kaabeche (1990)*, alliance de l'*Atractylo-Stipion Guinochet (1978)*, par la présence de plusieurs espèces caractéristiques de ces syntaxons, notamment *Atractylis cancellata*, *Linum strictum* et *Neatostema apulum*.

GROUPEMENT À *HEDYSARUM GLOMERATUM ET ALLIUM PANICULATUM* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P4)

Ce groupement de pelouses dominé par *Hedysarum glomeratum* forme de larges taches rouge-rosé dans les matorrals dégradés à *Tetraclinis articulata* des *Cisto-Rosmarinetea*. Comme le précédent, ce groupement se rattache aux *Tuberarietea guttatae* Braun-Blanquet (1952) *in Rivas-Martinez (1978)*, *Brachypodietalia distachyae* Rivas-Martinez (1978) *in Kaabeche (1990)*, *Atractylo-Stipion Guinochet (1978)* par la présence de *Trachynia distachya*, *Bupleurum semicompositum*, *Atractylis cancellata*, *Linum strictum* et *Neatostema apulum*.

GROUPEMENT À *PALLENIS SPINOSA SUBSP. SPINOSA ET ASTRAGALUS SESAMEUS* (ASS. NOV., ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P5)

Ce lot de relevés correspond à des pelouses forestières sur calcaire très riches en espèces nitrophiles. Les espèces des *Tuberarietea guttatae* Braun-Blanquet (1952) *in Rivas-Martinez (1978)* restent mieux représentées que celles des *Stellarietea mediae*. Ainsi, c'est à cette première classe que nous rattachons ces pelouses et, plus précisément, aux *Brachypodietalia distachyae* Rivas-Martinez (1978) *in Kaabeche (1990)*, alliance de l'*Atractylo-Stipion Guinochet (1978)* du fait de l'abondance des caractéristiques de ces syntaxons, comme *Astragalus sesameus*, *Bombycilaena discolor*, *Micropus supinus*, *Bupleureum semicompositum*, *Echinaria capitata*, *Linum strictum*, *Medicago laciniata*, *Trachynia distachya*, *Xeranthemum inapertum*, *Valerianella discoidea* et *Melilotus sulcatus*.

GROUPEMENT À *HYPOMCHAERIS ACYRPHORUS ET STIPA CAPENSIS* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P6)

Ce groupement de pelouse occupe les clairières au sein des communautés préforestières et des matorrals à *Pistacia atlantica*. Il est caractérisé par l'abondance des espèces des *Tuberarietea guttatae* Braun-Blanquet (1952) *in Rivas-Martinez (1978)*. Ce groupement est à rattacher aux *Brachypodietalia distachyae* Rivas-Martinez (1978) *in Kaabeche (1990)* et à l'*Atractylo-Stipion Guinochet (1978)* par la présence de plusieurs caractéristiques de ces unités : *Stipa capensis*, *Medicago laciniata*, *Linum strictum*, *Trachynia distachya*, *Echinaria capitata*, *Bombycilaena discolor*. D'autre part, l'abondance des taxons des *Stellarietea mediae* révèle le degré d'anthropisation important de ce groupement.

GROUPEMENT À *ANISANTHA MADRITENSIS* ET *BELLARDIA LATIFOLIA* (ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P7)

Ces pelouses de montagne se localisent dans les régions de Frenda et de Ain el Hdid, sur des sols calcaires et des expositions sud. Elles se rattachent facilement aux *Stellarietea mediae* Tüxen, Lohmeyer & Preising in R. Tüxen (1950) et aux *Brometalia tubenti-tectori* Rivas-Goday & Rivas-Martinez (1963) in Rivas-Martinez & Izco (1977), vu la présence de *Stellaria media*, *Plantago lagopus* et *Hypochaeris achyrophorus*.

GROUPEMENT À *NEATOSTEMA APULUM* ET *CLEONIA LUSITANICA* (ASS. NOV., ANNEXES ÉLECTRONIQUES : TABLEAU P8)

Ce groupement, assez bien individualisé par 19 relevés, correspond à des pelouses sur substrats calcaires rencontrées au niveau des clairières dans les milieux forestiers et pré-forestiers à thuya de Berbérie, qui se caractérisent surtout par la présence de *Cleonia lusitanica*. Malgré l'abondance des taxons nitrophiles des *Stellarietea mediae*, ce groupement est plus riche en espèces des *Tuberarietea guttatae* Braun-Blanquet (1952) in Rivas-Martinez (1978), auxquels nous rattachons ce syntaxon et, plus précisément, à l'ordre des *Brachypodietalia distachyae* Rivas-Martinez (1978) in Kaabeche (1990) et à l'alliance de l'*Atractylo-Stipion* Guinochet (1978). La présence relictuelle d'espèces des *Cisto-Rosmarinetea* indique que ces pelouses sont des stades de dégradation des matorrals.

Diversité phytosociologique

Les résultats que nous avons obtenus à la suite de cette étude montrent une diversité importante sur le plan phytosociologique. Bien qu'ils proviennent de plusieurs séries de végétation, ces groupements sont sur le plan syntaxonomique assez diversifiés. Les 19 synataxons issus de notre analyse relèvent de 5 classes phytosociologiques (1 classe forestière, 2 classes de matorrals et 2 classes de pelouses). Ces groupements, dont 4 nouvelles associations, sont présentés dans le schéma syntaxonomique suivant :

QUERCETEA ILICIS Braun-Blanquet (1936-1947)

PISTACIO-RHAMNETALIA ALATERNI RIVAS-MARTINEZ (1975)

Groupement à *Pistacia atlantica* et *Fraxinus angustifolia*

Groupement à *Quercus canariensis* et *Crataegus monogyna*
 Groupement à *Quercus coccifera* et *Pistacia lentiscus*
 Groupement à *Quercus ilex* subsp. *ballota* et *Aegilops neglecta*
 * Groupement à *Ampelodesmos mauritanicus* et *Quercus suber*. Ass Nov
 Groupement à *Rosmarinus eriocalyx* et *Cistus creticus*

GENISTO TRICUSPIDATAE-CALICOTOMION SPINOSI DAHMANI (1997)

Groupement à *Quercus ilex* subsp. *ballota* et *Juniperus oxycedrus* subsp. *oxycedrus*

ASPARAGO-RHAMNION RIVAS GODAY (1964)
 IN RIVAS-MARTINEZ (1975)

Groupement à *Pistacia atlantica* et *Asparagus albus*

ERICION ARBOREA RIVAS-MARTINEZ (1975-1987)

* Groupement à *Quercus ilex* subsp. *ballota* et *Arbutus unedo*. Ass Nov

CISTO-LAVANDULETEA STOCHAEDIS
 Braun-Blanquet (1940-1952)

Groupement à *Cistus halimifolius* et *Coleostephus multicaulis*

ROSMARINETEA OFFICINALIS Braun-Blanquet (1947) in Rivas-Martinez et al. (1991)

Groupement à *Fumana thymifolia* subsp. *laevis* et *Tripodium tetraphyllum*

STELLARIETEA MEDIAE Tüxen, Lohmeyer & Preising in R. Tüxen (1950)

BROMETALIA TUBENTI-TECTORI RIVAS-GODAY ET RIVAS-MARTINEZ (1963) IN RIVAS-MARTINEZ & IZCO (1977)

Groupement à *Aegilops neglecta* et *Eryngium triquetrum*
 Groupement à *Lagurus ovatus* et *Glebionis segetum*
 Groupement à *Anisantha madritensis* et *Bellardia latifolia*

TUBERARIETEA GUTTATAE Braun-Blanquet (1952) in Rivas-Martinez (1978)

BRACHYPODIETALIA DISTACHYAE RIVAS-MARTINEZ (1978) IN KAAEBEHE (1990)

TRACTYLO-STIPION GUINOCHET (1978)

Groupement à *Aegilops ventricosa* et *Lomelosia stellata*

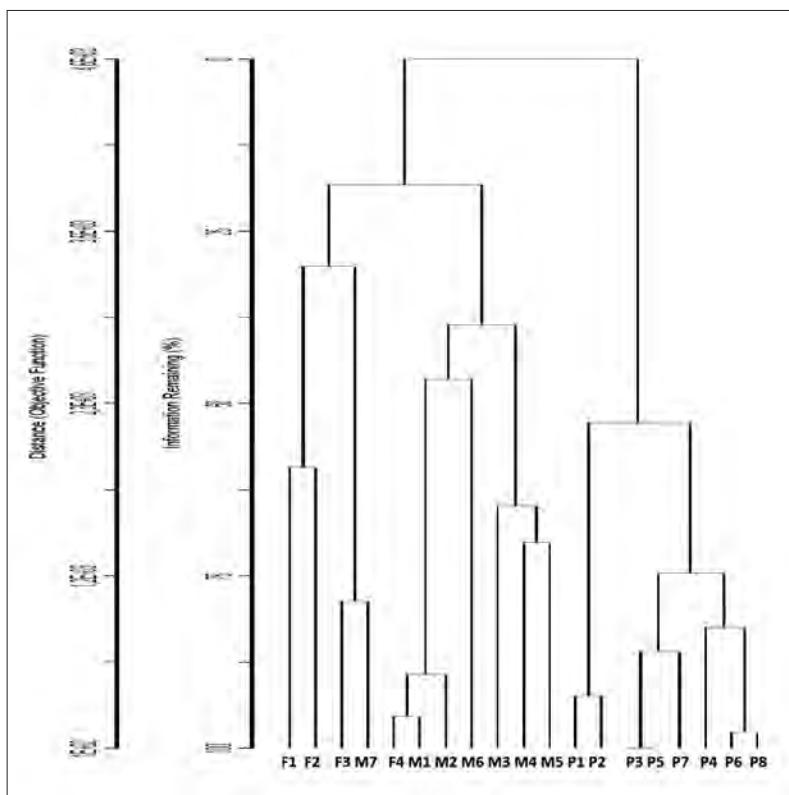


Figure 6 – Dendrogramme de la classification hiérarchique des syntaxons (19 syntaxons/468 taxons. 22 taxons ont été supprimés suite à l'élimination de 6 relevés avant les traitements).

Groupement à *Hedysarum glomeratum* et *Allium paniculatum*
 * Groupement à *Pallenis spinosa* subsp. *spinosa* et *Astragalus sesameus*. Ass Nov
 Groupement à *Hypochaeris achyrophorus* et *Stipa capensis*
 * Groupement à *Neatostema apulum* et *Cleonia lusitanica*. Ass Nov

Relations entre les différents groupements végétaux

Le dendrogramme issu de la CH appliquée sur le tableau synthétique sépare d'abord les syntaxons de pelouses (P1-P8) de tous les autres (F1-F4 et M1-M7). Cette seconde branche se divise elle-même assez rapidement en deux, avec d'un côté 3 des 4 pré-forêts (F1-F3) et un matorral (M7) et, de l'autre côté, tous les matorrals et la dernière forêt (F4) (figure 6).

Les groupements forestiers de ripisylves (F1 et F2) sont relativement proches sur les plans floristiques et écologiques ; ils sont assez proches également des formations d'allure forestière (F3) et de matorrals (M7) à *Tetraclinis articulata*. Cela confirme le caractère synfloristique pré-forestier des groupements qui, structurellement, s'apparentent à des groupements forestiers lorsqu'il existe une strate arborescente. Ainsi, le groupement F4 représente-t-il en réalité la chênaie verte préforestière, comme en témoigne son positionnement aux côtés des véritables groupements pré-forestiers et des matorrals (M1-M5).

Les groupements de pelouse se singularisent nettement, leur différenciation synfloristique étant beaucoup plus accentuée que celle des formations arbustives ou arborescentes qui possèdent en effet un noyau d'espèces communes plus important (Bonin *et al.* 1983).

Le diagramme de la DCA met en évidence les principaux gradients écologiques suivant lesquels s'agencent ces groupements (figure 7). L'axe 1 avec 48 % de variance expliquée (tableau 2) sépare très nettement les 3 types de végétation, mettant en exergue un gradient successionnel depuis les pelouses vers les « forêts » en passant par les matorrals. L'axe 2 (11,2 %) représente un gradient de carboneation décroissante du substrat. En effet, au niveau du côté positif de cet axe, les matorrals et les pelouses sur sables décarbonatés (M2, M3, P2...) s'opposent aux syntaxons des substrats calcaires (M6, M7, P4, P8, F3...).

Essai de reconstitution des séries dynamiques de la végétation

Bien qu'une approche systémique qualitative (de Foucault 1984 ; Decocq 1999, 2000) n'était pas envisageable ici au vu de la méthodologie adoptée, nous avons tenté de reconstituer schématiquement d'une manière synchronique la succession des groupements analysés en s'appuyant sur les différents résultats statistiques (CH, DCA, tableau synthétique tableau S1), les observations de terrain, et sur le concept de « série de végétation » *sensu* Ozenda (1964). La série de végétation constitue « l'ensemble d'un climax, des groupements qui y conduisent par évolution et de ceux qui en dérivent par dégradation » (Bonin *et al.* 1983).

Tableau 2 – Les pourcentages d'inertie des premiers axes factoriels de la DCA.

Axes	% d'inertie	% d'inertie cumulée
1	48,8	48,8
2	11,2	60,1
3	0,9	61,0

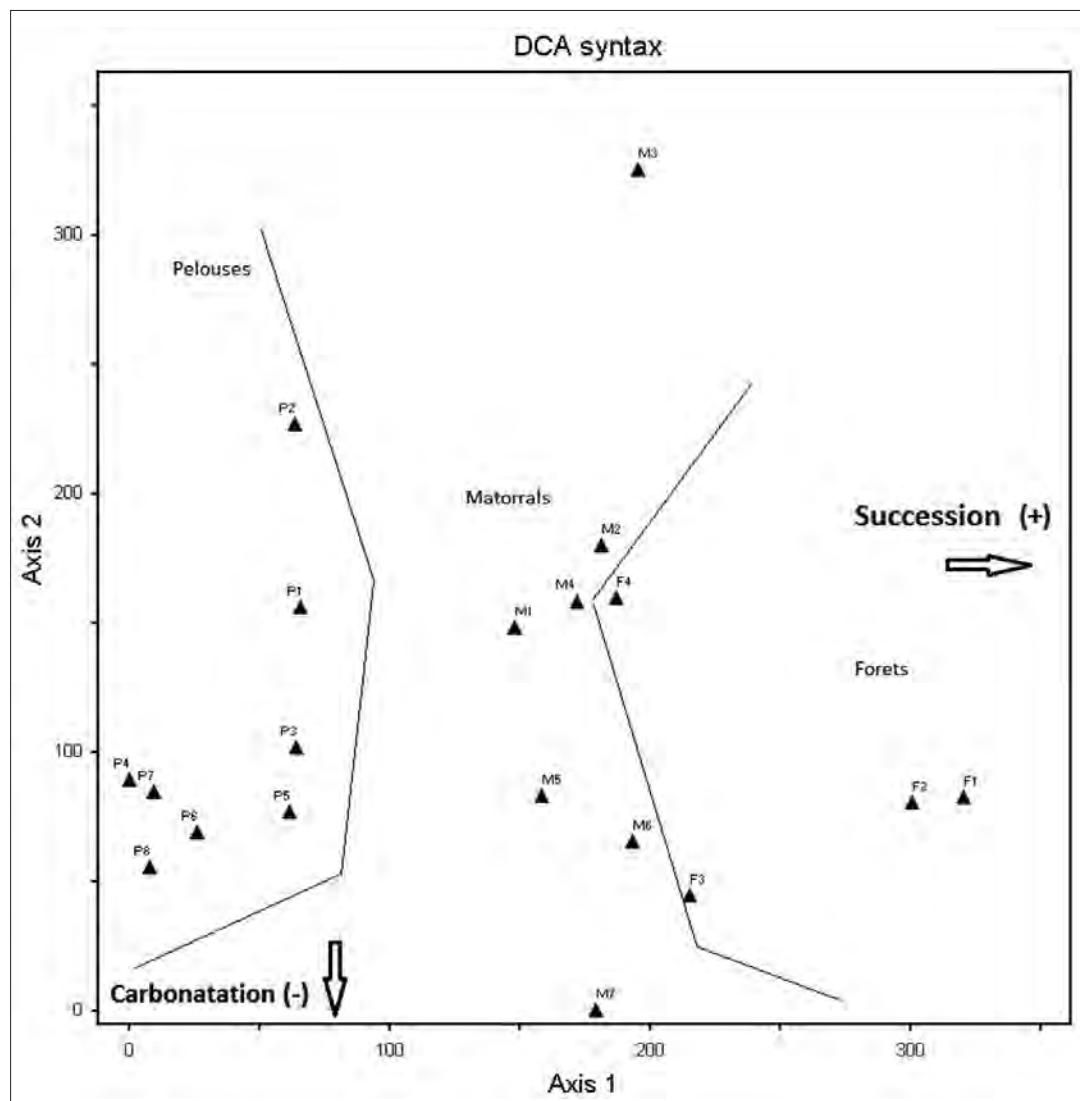


Figure 7 – Diagramme de la DCA (axes 1-2).

La série du chêne vert

Au niveau de la série de *Quercus ilex* subsp. *ballota*, les pelouses forestières à *Glebionis segetum*-*Lagurus ovatus* et *Eryngium triquetrum*-*Aegilops neglecta* évoluent vers différents types de matorrals constituant des phases transitoires, souvent instables, de la succession. Certaines de ces formations (*Coleostephus multicaulis*-*Cistus halimifolius*, *Aegilops neglecta*-*Quercus ballota*) peuvent voir leur dynamique progressive bloquée (pâturage, incendies), voire déviée vers d'autres types de matorrals. Par ailleurs, le climat dans la période actuelle joue un facteur limitant dans le déficit de régénération et le bon développement des essences originelles (Duvignaud 1992). En conditions favorables, ces matorrals évoluent normalement vers des formations préforestières à *Quercus ilex* subsp. *ballota* et *Juniperus*

oxycedrus, qui peuvent parfois évoluer vers des variations « d'aspect forestier » suite à la colonisation spontanée ou la plantation artificielle d'essences arborescentes comme *Pinus halepensis* (figure 8).

La série du thuya de Berbérie

Au niveau de la série de *Tetraclinis articulata*, les différents types de pelouses que nous avons identifiés évoluent vers un seul type de matorral à *Cistus creticus* et *Rosmarinus eriocalyx*, mais qui présente plusieurs variations, dont certaines illustrent des états de dégradation plus ou moins importants, induits le plus souvent par le pâturage. D'autres variations correspondent à des pré-forêts artificielles à *Pinus halepensis*. En conditions optimales, ce type de matorral évolue progressivement vers des communautés préforestières à *Pistacia lentiscus* et

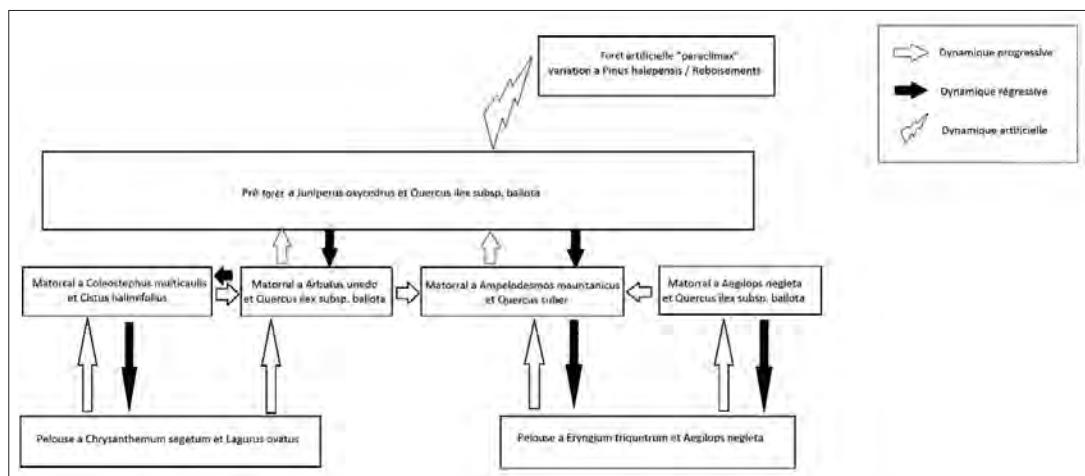


Figure 8 – Dynamique et succession des groupements végétaux de la série du chêne vert (*Quercus ilex* subsp. *ballota*)

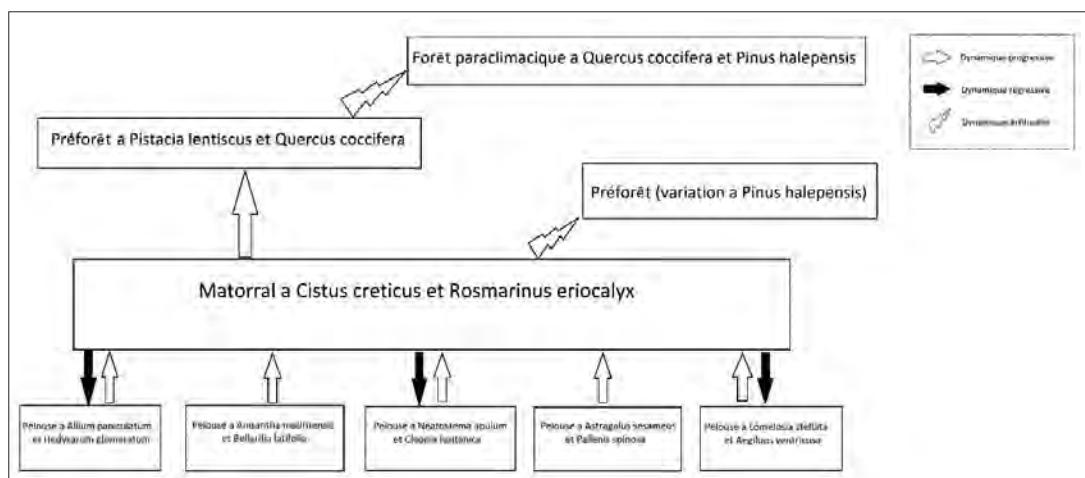


Figure 9 – Dynamique et succession des groupements végétaux de la série du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*).

Quercus coccifera, l'installation de la cocciféraie préforestière se faisant au détriment de *Tetraclinis articulata*, qui se retrouve réduit, voire éliminé et remplacé par une pineraie à pins d'Alep, qui forme un paraclimax artificiel en association avec le chêne kermès. Le thuya de Berbérie est en effet un conifère aux capacités de compétition et de résistance aux perturbations, comme le pâturage, limitées, notamment pendant les premiers stades de régénération (Hadjadj-Aoul *et al.* 2009). Par ailleurs, dans la région de Tiaret, la période estivale est caractérisée par le sirocco, facteur de propagation des incendies ; il augmente le taux d'inflammabilité, surtout des résineux (Duvignaud 1992). Comme dans la série du chêne vert, nous assistons à une succession « déviante » où l'essence pionnière *Pinus halepensis* conditionne la dynamique progressive du matorral vers des pré-forêts puis des « forêts artificielles » (figure 9).

La série du pistachier de l'Atlas

Au niveau de la série de *Pistacia atlantica*, les pelouses à *Stipa capensis* et *Hypochaeris achyrophorus* évoluent vers des matorrals à *Asparagus albus* et *Pistacia atlantica*, plus ou moins stables (figure 10).

Lorsque ces formations sont traversées par des cours d'eau permanents, des communautés de ripisylves relevant théoriquement des *Querco-Fagetea* et des *Populeto-albae* forment une galerie forestière sur les rives du cours d'eau ; toutefois, la proximité spatiale des matorrals et l'étroitesse des cours d'eau font que la composition floristique de ces ripisylves est dominée par les taxons des *Quercetea ilicis*, avec plusieurs essences sclérophylles (chêne vert, chêne zén, chêne kermès, pistachier de l'Atlas...) qui, apparemment, se réfugient au niveau de ces milieux pour échapper aux perturbations d'origine anthropique.

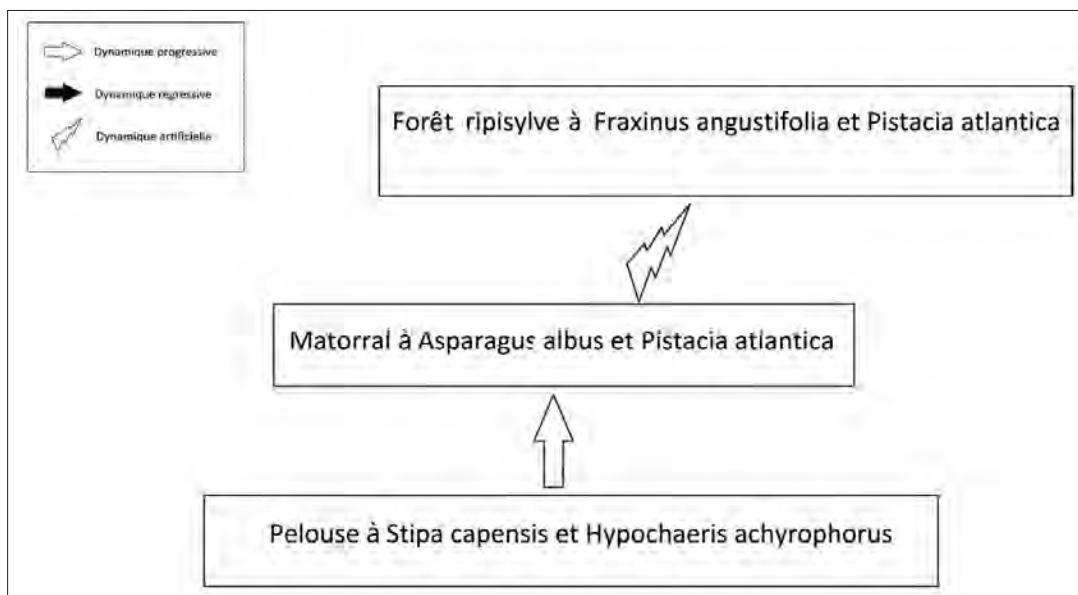


Figure 10 – Dynamique et succession des groupements végétaux de la série du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica*).

Structurellement et fonctionnellement, nous sommes en présence d'authentiques forêts riveraines formant un climax stationnel, mais syntaxonomiquement, elles doivent être rattachées aux pré-forêts des *Quercetea ilicis*, avec un sous-bois riche en taxons des *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*.

La succession des groupements au niveau des séries de végétation

Bien que notre approche synchronique consistant à replacer nos groupements au niveau d'un schéma classique de séries de végétation a été souvent utilisée par plusieurs phytoécologues dans la région méditerranéenne (Quézel & Médail 2003), les résultats obtenus ici mettent en exergue plusieurs problèmes observés au niveau de cette succession dynamique, à savoir les groupements « d'allure forestière » ou encore les formations de ripisylves atypiques dominées par les espèces préforestières.

Les groupements « d'allure forestière »

Plusieurs auteurs dans différentes régions du globe dont Koechlin (1961) ont remarqué que la végétation de savane qui semble forestière ne constitue qu'un équilibre artificiel maintenu à la valeur d'un paraclimax sous l'effet des nombreux brûlis. D'autres situations ont été également observées par plusieurs chercheurs pour la végétation méditerranéenne (Quézel & Médail 2003).

Dans la région de Tiaret, malgré l'ambiance forestière « artificielle » au niveau du groupement à *Quercus coccifera* et *Pistacia lentiscus* qu'impose cette combinaison de chêne kermès plus ou moins arborescent dominé par le pin d'Alep, il s'agit en réalité d'une communauté préforestière dont la colonisation par le pin d'Alep, essence « ubiquiste et opportuniste » (Quézel 1979), provoque l'évolution vers un paraclimax artificiel, d'aspect forestier, dont la mise en évidence nécessite une analyse floristico-dynamique scrupuleuse.

C'est également le cas pour la variation à *Pinus halepensis* au niveau du groupement à *Quercus ilex* subsp. *ballota* et *Juniperus oxycedrus* ou encore le groupement à *Ampelodesmos mauritanicus* et *Quercus suber*. Comme le suggère Dahmani (1997), c'est surtout l'action anthropique, notamment via le pâturage et les incendies, qui bloque la dynamique progressive de ces groupements autrement relativement instables, susceptibles d'évoluer vers des chênaies vertes climatiques en l'absence d'intervention humaine. D'après Kadik (1983), les incendies de forêt restent le facteur limitant dans l'application des études d'aménagement. De fait, les peuplements qui arrivent à maturité sont rares et la dominance des peuplements jeunes (stade de régénération) confirme bien la fréquence élevée des incendies.

Les groupements de ripisylves « atypiques »

En région méditerranéenne française, Tamisier (2010) remarque l'existence de formations de ripisylves atypiques possédant des attributs de forêts riveraines des milieux plus tempérés, qui s'explique par des caractéristiques hydrogéologiques, morphologiques et anthropiques du cours d'eau sur les rives duquel elles se développent.

Dans notre région, au niveau du groupement à *Pistacia atlantica* et *Fraxinus angustifolia*, le pistachier de l'Atlas se retrouve en position de ripisylve, où il est associé au frêne et au laurier rose (espèce exotique). Cette position inhabituelle pour une essence plutôt liée aux ambiances arides et semi-arides (Monjauze 1968), peut s'expliquer, d'une part, par l'amplitude écologique remarquable de cet arbre (Achhal El Kadmiri *et al.* 1980) et, d'autre part, par les perturbations naturelles et anthropiques (feu et pâturage) qui l'obligerait à se réfugier au niveau des ripisylves.

Il en est de même pour le groupement à *Quercus canariensis* et *Crataegus monogyna* où le chêne zén est en position de ripisylve, alors que, d'après Achhal El Kadmiri *et al.* (1980), c'est surtout entre 1 300 et 1 600 m d'altitude que cette essence constitue des peuplements importants. Au Maroc, à basse altitude, le chêne zén se rencontre essentiellement dans des conditions stationnelles semblables à celles rencontrées dans notre aire d'étude. Dans le nord-ouest de la Tunisie, Dimanche et Schoeneberger (1970) *in* Ferchichi-Ben Jamaa *et al.* (2010) ont observé *Quercus canariensis* en situation de ripisylve, en association avec *Alnus glutinosa* et *Fraxinus angustifolia*. Comme notre groupement, il renferme plusieurs taxons des *Querco-Fagetea* et *Populetalia albae*, notamment le peuplier blanc et l'aubépine, mais aussi *Dioscorea communis* et *Geranium robertianum*.

Dynamique globale de la végétation et facteurs de dégradation

L'analyse des résultats obtenus a permis d'expliquer les caractères dynamiques de la végétation, à travers la mise en évidence des relations synfloristiques et syndynamiques existant entre les groupements analysés, puis de reconstituer les séries dynamiques de cette végétation.

Cette analyse apporte plusieurs informations sur la dynamique de la végétation de l'Atlas tellien occidental algérien, qui pourront permettre une interprétation selon les modèles dynamiques proposés par plusieurs auteurs.

Suivant la conception méditerranéenne de Barbero & Quézel (1989) et Barbero *et al.* (1990), la dynamique des groupements que nous avons décrits suit un modèle de « résistance », caractérisé par l'évolution de la végétation des chênaies vertes, des tétraclinaies et des pistacheraines vers des états dynamiques relativement stables, proches ou susceptibles d'atteindre des climax potentiels. Les contraintes naturelles (aridité) et les perturbations anthropiques (incendies, pâturage), voire les boisements artificiels, provoquent souvent un virage vers un modèle « expansioniste », caractérisé par l'envahissement des peuplements originels par des essences pionnières opportunistes, qui favorisent la mise en place de nouveaux systèmes. Ce type de succession en cours dans les massifs forestiers semi-arides d'Algérie occidentale est dû essentiellement aux incendies et aux changements climatiques (Borsali *et al.* 2014).

Les incendies, devenus très fréquents dans la région, favorisent certaines espèces comme le pin d'Alep, qualifié de « pyrophyte actif » par Kuhnholtz-Lordat (1938), dont la régénération post-incendie est très rapide et efficace (Karschon 1973 ; Le Houerou 1980).

Si l'on considère la conception plus générale de Decocq (2005) sur la dynamique naturelle des végétations de montagne, nous sommes vraisemblablement en présence d'une situation intermédiaire entre le modèle de « régénération », impliquant une évolution cyclique selon des phases dynamiques au sein d'un climax, et le modèle de « Sisyphe » où la récurrence des perturbations d'origine anthropique ou naturelle induit l'installation de groupements secondaires métastables dont la nature dépend du stade dynamique initial à partir duquel la succession déviante (*sensu* Decocq 2000) se met en place.

D'après Quézel & Médail (2003) ce type de formation à l'étage mésoméditerranéen représente le plus souvent des structures paraclimaciques nécessaires à l'installation de la forêt sclérophylle ou caducifoliée.

Toutefois, nous n'avons pas pu observer sur le terrain une telle évolution, mais uniquement des stades dynamiques de blocage.

Par ailleurs, ces végétations paraclimaciques de matorrals et préforestières sont susceptibles

d'évoluer rapidement, de manière catastrophique, vers des pelouses, à la suite de perturbations majeures comme des incendies (Barbero *et al.* 1990 ; Quézel & Médail 2003). Replacées dans l'espace du paysage, ces différentes trajectoires dynamiques sont responsables des discontinuités observées entre les milieux forestiers, pré-forestiers, de matorral et de pelouse ; comme dans les autres régions méditerranéennes, c'est surtout le feu qui est la perturbation motrice de cette dynamique, même si le rôle du pâturage ne doit pas être sous-estimé.

Conclusion

Cette étude a permis de caractériser les richesses, d'abord floristiques, que renferme le secteur atlasique de Tiaret avec les 490 taxons identifiés, mais aussi phytocénotiques à travers les 19 groupements décrits dont 4 syntaxons nouveaux.

Ces groupements ont été affiliés à 5 classes phytosociologiques différentes (*Quercetea ilicis*, *Cisto-Lavanduletea stochaedis*, *Rosmarinetea officinalis*, *Tuberarietea guttatae* et *Stellarietea mediae*).

Ces communautés ont été analysées suivant les principaux types physionomiques (forêts, matorrals et pelouses) ainsi que les principales séries de végétation régionales, ce qui a permis de mettre en évidence la succession des groupements végétaux au niveau de ces séries ainsi que certains problèmes de dynamique paysagère.

C'est ainsi qu'il s'avère qu'une véritable végétation forestière fait défaut dans la zone d'étude, à l'exception des communautés de ripisylves atypiques ou bien celles d'allure forestière « paraclimax ».

Cette situation alarmante, semble avoir comme origine essentiellement les feux récurrents dans la région ainsi que le pâturage. Par ailleurs, l'aridité climatique semble jouer également un rôle important dans cette situation. Cela implique la mise en place rapide et efficace de mesures de protection et de conservation afin de maintenir ces richesses biologiques et sauvegarder cette diversité des habitats naturels. Il s'agit d'abord d'intensifier la recherche sur les mécanismes de prévention et de lutte contre les incendies ; de limiter le pâturage au niveau des zones forestières naturelles et/ou reboisées par la sensibilisation de

la population locale ainsi que l'application réelle de la réglementation contre ses voleurs ; enfin, en tenant compte du contexte actuel de réchauffement climatique, de favoriser les essences originelles les plus adaptées aux conditions climatiques « actuelles » dans les programmes de reboisement et de reforestation, au lieu des espèces exogènes opportunistes et colonisatrices, dont la valeur écologique demeure assez discutable.

Remerciements

Le premier auteur tient à remercier ses fidèles compagnons de terrain (M. Ait Hammou M. et M. Dahmani W.), les gardes forestiers des circonscriptions de Tiaret, Frenda, Mellakou, Ain el Hdid, Medroussa et Mechraa Sfa, ainsi que les membres de l'équipe EDYSAN (UPJV) pour leur chaleureux accueil pendant son séjour à Amiens.

Les auteurs tiennent à remercier également le Dr Errol Véla (UMR (AMAP), univ. Montpellier 2) pour sa contribution dans la vérification des identifications de nos spécimens d'herbier ainsi que le professeur Rachid Meddour (université de Tizi Ouzzou) pour ses conseils et orientations.

Ce travail a bénéficié d'un stage à l'unité EDYSAN (CNRS), UPJV Amiens, financé par l'université de Msila.

Annexes électroniques/ Electronic appendices

Lien : http://ecologia-mediterranea.univ-avignon.fr/wp-content/uploads/sites/25/2020/07/electronic-app_2020-46-1_Miara.xlsx

Tab. S1. Tableau synthétique des syntaxons.

Les communautés végétales « forestières » : Tab. F1, Tab. F2, Tab. F3, Tab. F4.

Les communautés végétales préforestières et de matorrals : Tab. M1, Tab. M2, Tab. M3, Tab. M4, Tab. M5, Tab. M6, Tab. M7.

Les communautés végétales des pelouses et clairières forestières : Tab. P1, Tab. P2, Tab. P3, Tab. P4, Tab. P5, Tab. P6, Tab. P7, Tab. P8.

Références bibliographiques

- Achhal El Kadmiri, A., Barbero, M., Benabid, A., Mhirit, O., Peyere, C., Quézel, P. & Rivas-Martinez, S. (1980). À propos de la valeur bioclimatique et dynamique de quelques essences forestières du Maroc. *Ecologia Mediterranea* 5, 211-249.
- Achhal El Kadmiri, A., Ziri, R. & Khattabi, A. (2004). Analyse phytosociologique des formations de matorral du massif des Béni-Snassène (Maroc oriental). *Act. Bot. Mal.* 29, 67-87.
- Barbero, M. & Quézel, P. (1989). Structures, architectures forestières à sclérophyllles et prévention des incendies. *Bull. Ecol.* 20 (1), 7-14.
- Barbero, M., Quézel, P. & Loisel, R. (1990). Les apports de la phytoécologie dans l'interprétation des changements et perturbations induits par l'homme sur les écosystèmes forestiers méditerranéens. *Forêt Méditerranéenne* XII (3), 194-216.
- Barry, J.P., Celles, J.C. & Faurel, L. (1974). Notice de la carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Feuille d'Alger au 1/1.000.000. C.R.B.T., Alger, 42 p.
- Battandier, J.A. & Trabut, L. (1888-1890). *Flore d'Algérie (dicotylédones)*. Typographie Adolphe Jourdan, Alger, 860 p.
- Battandier, J.A. & Trabut, L. (1895). *Flore d'Algérie (monocotylédones)*. Typographie Adolphe Jourdan, Alger, 256 p.
- Beghami, Y. (2013). *Écologie et dynamique de la végétation de l'Aurès : analyse spatio-temporelle et étude de la flore forestière et montagnarde*. Thèse de Doctorat de l'université de Batna, 193p.
- Bensettini, F. (1995). *Contribution à l'étude phytosociologique des ripisylves du Nord de l'Algérie. Essai de synthèse à l'échelle de la Méditerranée occidentale*. Thèse de Doctorat en sciences de l'université de Paris Sud (ORSAY), 141 p. + annexe.
- Bensettini, F. & Lacoste, A. (1999). Les ripisylves du nord de l'Algérie : essai de synthèse synsystématique à l'échelle de la Méditerranée occidentale. *Ecologia Mediterranea* 25, 13-39.
- Benabid, A. (1984). Étude phytoécologique des peuplements forestiers et préforestiers du Rif centro-occidental (Maroc). *Trav. Inst. Sci. Séer. Bot. Rabat* 34, 64.
- Blanca, G., Cabezudo, B., Cueto, M., Fernandez Lopez, C. & Morales Torres, C. (2009). *Flora Vascular de Andalucía Oriental*. 4 vols. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, Sevilla.
- Bonin, G., Aubert, G., Barbero, M., Gamisans, J., Gruber, M., Loisel, R., Quézel, P., Sandoz, H., Thinon, M. & Vedrenne, G. (1983). Mise en évidence de la dynamique de quelques écosystèmes forestiers et préforestiers provençaux aux étages méditerranéens S.L. à l'aide des taxons indicateurs. *Végétation* 54, 79-96.
- Borsali, A.H., Benabdeli, K. & Gros, R. (2014). Dynamique structurelle de la végétation en zone semi-aride : cas de la forêt de Fénouane (monts de Saida, Algérie occidentale). *Afrique science* 10(2), 419-433.
- Cuenod, A., Pottier-Alapetite, G. & Labbe, A. (1954). *Flore analytique et synoptique de Tunisie : cryptogames vasculaires, gymnospermes et monocotylédones*. Office de l'expérimentation et de la vulgarisation agricoles de Tunisie. Imprimerie S.E.F.A.N., Tunis, 287 p.
- Dahmani, M. (1997). *Le chêne vert en Algérie. Syntaxonomie, phytoécologie et dynamique des peuplements*. Thèse de Doctorat de l'université des sciences et technologies H. Boumediene, Alger, 383 p.
- de Béclair, G. (1990). *Structure, fonctionnement et perspectives de gestion de quatre écocomplexes lacustres et marécageux (El Kala, Est algérien)*. Thèse de Doctorat de spécialité de l'université des sciences et technologies, Languedoc, Montpellier, 193 p.
- Decocq, G. (1999). La dynamique de recolonisation végétale des anciennes carrières de craies phosphatées du Nord de la France : analyse phytosociologique et systémique. *Belgian Journal of Botany* 132, 77-94.
- Decocq, G. (2000). Apports de l'approche systémique des phénomènes phytodynamiques en phytosociologie forestière. In: *Les données de la phytosociologie sigmatiste : structure, gestion, utilisation* (eds Géhu J.M.). J. Cramer, Berlin, pp. 767-788.
- Decocq, G. (2005). Mécanisme de la dynamique naturelle des végétations forestières de montagne : essai de synthèse et conséquences en phytosociologie. *Act. Bot. Gal.* 152(4), 581-594.
- Djebaili, S. (1994). Les groupements forestiers de l'Algérie humide et subhumide (synthèse mettant en relief la répartition des unités syntaxonomiques dans les étages de végétation). Anais do instituto superior do agronomia. *Lisboa* 44 (1), 57-73.
- de Foucault, B. (1984). *Systémique, structuralisme et synsystématique des prairies hydrophiles des plaines atlantiques françaises*. Thèse de Doctorat de l'université de Rouen, 675 p.
- Dierschke, H. (1980). Zur syntaxonomischen Stellung und Gliederung der Ufer und Auenwalder Südeuropas. *Coll. Phytosoc* 9. *Les forêts alluviales*. Strasbourg, 115-129.
- Dimanche, P. & Schoeneberger, A. (1970). *Description des milieux des Mogods et de Kroumirie*. Institut national de recherche forestière, Tunis.
- Dobignard, A. & Chatelain, C. (2010, 2011, 2012, et 2013). *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève (CH), vol. 1, 2, 3, 4 et 5.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67, 345-366.
- Durand, J. (1954). Carte des sols d'Algérie. Gouvernement général de l'Algérie. Inspection générale de l'Agriculture. Alger.
- Duvignaud, P. (1992). *Aménagement et gestion du territoire. Application en Algérie (région de Tiaret et Alger)*. Université de Nice-Sophia Antipolis, 253 p.
- Fennane, M. (1987). *Étude phytoécologique des tétraclinaies marocaines*. Thèse de Doctorat ès Sciences de l'université Aix-Marseille III, Saint-Jérôme, 147 p.
- Fennane, M. (1988). Phytosociologie des tétraclinaies marocaines. *Bull. Inst. Sci. Rabat* 12, 99-148.
- Fennane, M., Ibn Tattou, M., Ouyahya, A. & El Oualidi, J. (2007). *Flore pratique du Maroc*. Institut scientifique, université Mohammed V-Agdal, Rabat. Volume 1 : *Angiospermae (Leguminosae-Lentibulariaceae)*, 558 p.
- Perchichi-Ben Jamaa, H., Muller, S.D., Daoud-Bouattour, A., Gharbi-Gammar, Z., Rhazi, L., Soulie-Marsche, I., Ouali, M. & Ben Saad-Limam, S. (2010). Structures de végétation et conservation

- des zones humides temporaires méditerranéennes : la région des Mogods (Tunisie septentrionale). *C. R. Biologies* 333, 265-279.
- Géhu, J.M. (1987). Des complexes de groupements végétaux à la phytosociologie paysagère contemporaine. *Inf. bot. Ital. Firenze* 18(1-3), 53-83.
- Géhu, J.M & Rivas-Martinez, S. (1981). Notions fondamentales de phytosociologie. In: H Dierschke (ed.), Ber. der intern. Symp. Der intern. Verein. Fur vegetationsk. Syntaxonomie, Rinteln, 5-33.
- Géhu, J.M., Meddour, R., Kaabeche, M. & Sadki, N. (1998). Typologie hiérarchisée des principales unités phytosociologiques d'Algérie ou diversité des habitats biologiques d'Algérie. Annexe n° 4. FEMI/PNUD, Alger/Bailleul, n.p.
- Gharzouli, R. (2007). *Flore et végétation de la Kabylie des Babors. Étude floristique et phytosociologique des groupements forestiers et post-forestiers des Djebels Takoucht, Adrar Ou Mellal, Tababort et Babor*. Thèse de Doctorat d'État de l'université de Sétif (Algérie), 253 p. + annexe.
- Godron, M., Daget, P., Emberger, L., Long, G., Le Floc'h, E., Poissonet, J., Sauvage, C. & Wacquant, J.P. (1983). *Code pour le relevé méthodologique de la végétation et du milieu*. C.E.P.E.-C.N.R.S., Montpellier, 292 p.
- Gounot, M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson, Paris, 314 p.
- Guinochet, M. (1954). Sur les fondements statistiques de la phytosociologie et quelques-unes de leurs conséquences. *Verooff. Geobot. Inst. Rubel* 29, 41-67.
- Guinochet, M. (1973). *Phytosociologie*. Masson, Paris, 227 p.
- Hadjadj-Aoul, S. (1988). *Analyse phytoécologique du thuya de Berbérie (Tetraclinis articulata Vahl, Master) en Oranie*. Thèse de Magister de l'université d'Oran Es-Sénia. Algérie, 148 p.
- Hadjadj-Aoul, S. (1995). *Les peuplements du thuya de Berbérie (Tetraclinis articulata, Vahl, Master) en Algérie : phytoécologie, syntaxonomie, potentialités forestières*. Thèse de Doctorat de l'université Paul-Cézanne, Aix-Marseille III, 250 p.
- Hadjadj-Aoul, S. & Loisel, R. (1999). Syntaxonomie des peuplements algériens du thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*, Vahl, Masters). Les peuplements forestiers et préforestiers. *Doc. Phytosoc.* XIX, 230-283.
- Hadjadj-Aoul, S., Chouieb, M. & Loisel, R. (2009). Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* (Vahl, Master) en Oranie. *Ecologia Mediterranea* 35, 19-30.
- Kaabeche, M. (1995). Flore et végétation dans le Chott El-Hodna (Algérie). *Doc. Phytosoc.* XV, 393-402.
- Kabir, F. (2001). *Diagnostic agro-écologique et application d'une méthode de zonage pour l'aménagement agricole d'une région céréalière (cas de la partie nord de la wilaya de Tiaret)*. Thèse de Magister de l'université de Tiaret, 90 p.
- Kadik, B. (1983). *Contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie : écologie, dendrométrie, morphologie*. Thèse de Doctorat d'État, Aix-Marseille III, 313 p. + annexes.
- Karschon, R. (1973). Natural regeneration after fire of Aleppo pine. Forestry direction agricultural research organisation. *La-Yaaran* 23, 36-38.
- Khelifi, H. (1987). *Contribution à l'étude phytoécologique et phytosociologique des formations à chêne-liège dans le Nord-Est algérien*. Thèse de Magister de l'USTHB, Alger, 151 p.
- Koechlin, J. (1961). La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo. Mémoire n° 1, ORSTOM, Paris, 310 p.
- Kuhnholz-Lordat, G. (1938). *La terre incendiée. Essai d'agronomie comparée*. La Maison carrée, Nîmes, 361 p.
- Lapie, G. (1909). Les divisions phytogéographiques de l'Algérie. *C. R. Acad. Sci.* 148 (7), 433-435.
- Laribi, M. (1999). *Contribution à l'étude phytosociologique des formations caducifoliées à Quercus canariensis Willd. et Quercus afrares Pom. du massif forestier d'Ath Ghobri-Akfadou (Grande Kabylie)*. Thèse de Magister de l'université de Tizi Ouzou, 156 p.
- Le Houerou, H.N. (1980). L'impact de l'homme et de ses animaux sur la forêt méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne* 2 (1), 31-44.
- Long, G. (1974). *Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire*. Masson, Paris, tome 1, 252 p.
- Maire, R. (1926). Carte phytogéographique de cœur Algérie et de la Tunisie. Gouv. Gén. Algérie, vol. 1, 78 p, 1 carte h. t., Alger.
- Maire, R. (1952-1987). *Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaique et Sahara)*. Paris, éditions Le Chevalier, 16 vol. parus.
- Meddour, R. (2010). *Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjuriène*. Thèse de Doctorat de l'université de Tizi Ouzou, 461p.
- Meddour, R. & Géhu, J.M. (1998). Observations sur le synsystème des communautés forestières et préforestières en Algérie. *Doc. Phytosocio.* 19, 385-400.
- Mediouni, K. & Azira, F. (1992). Contribution à l'étude de la dynamique des formations à érables (*Acer*) d'Aït Ouabane (Djurdjura). *Forêt méditerranéenne* 13 (2), 109-114.
- Mediouni, K. & Yahi, N. (1993). Phytodynamique et autoécologie de *Cedrus atlantica* dans le Djurdjura. In: Sémin. intern. sur le cèdre de l'Atlas, Maroc.
- Mediouni, K. & Yahi, N. (1994). Phytodynamique et autoécologie du *Cedrus atlantica* dans le Djurdjura. *Ann. Rech. Forest. Maroc* 27(1-36), 77-104.
- Miara, M.D. (2011). Contribution à l'étude de la végétation du massif de Guezoul (Tiaret). Thèse de Magister de l'université d'Oran-Sénia, 126 p.
- Miara, M.D., Hadjadj-Aoul, S. & Ait Hammou, M. (2012). Analyse phytoécologique et syntaxonomique des groupements végétaux dans le massif de Guezoul-Tiaret (N-O Algérie). *Bull. Soc. Bot. C-O* 43, 279-316.
- Miara, M.D., Ait Hammou, M., Hadjadj-Aoul, S. & Hamerlain, A.S. (2013). Bioclimats, étages de végétation et zonation altitudinale des groupements végétaux dans la région de Tiaret. *Rev. Ecol. Env* 9.
- Miara, M.D., Ait Hammou, M., Hadjadj Aoul, S. & Rebbas K. (2014). Redécouverte d'*Otocarpus virgatus* Durieu (Brassicaceae) dans la région de Tiaret (nord-ouest de l'Algérie). *Bulletin Société Linnéenne Provence* 65, 31-35.
- Monjauze, A. (1968). Répartition et écologie de *Pistacia atlantica* Desf. en Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. du Nord*, 56 (2), 5-128, 1 tab. h.t, 1 carte h.t.
- Ozenda, P. (1964). *Biogéographie végétale*. Doin (ed.), 374 p.

- Quézel, P. (1979). La région méditerranéenne française et ses essences forestières. Signification écologique dans le contexte circumméditerranéen. *Forêt méditerranéenne* 1, 7-18.
- Quézel, P. & Santa, S. (1962, 1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionale*. CNRS, Paris, 2 vol., 1170 p.
- Quézel, P. & Barbero, M. (1989). Les formations à genévriers rampants du Djurdjura (Algérie). Leur signification écologique, dynamique et syntaxonomique dans une approche globale des cédraies kabyles. *Lazaroa* 11, 85-99.
- Quézel, P. & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris, 571 p.
- Rebbas, K. (2013). *Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc national de Gouraya et des sites d'intérêt biologique et écologique de la région de Béjaïa*. Thèse de Doctorat de l'université de Sétif, 191p.
- Sadki, N. (1995). Étude des groupements à olivier et lentisque de la région d'Annaba (Nord-Est algérien). Essai phytosociologique. *Doc. Phytosoc.* XV, 253-271.
- Tamisier, V. (2010). Évaluation de la dynamique d'une ripisylve après perturbation : cas de l'éradication de *Platanus acerifolia* sur les sorgues. *CBNM de Porquerolles*, 57 p.
- Valdés, B., Talavera, S. & Fernandez-Galiano, E. (1987). *Flora vascular de Andalucía Occidental*. Ketres (Ed.), Barcelona, vol. 1: 487 p., vol. 2: 640 p., vol. 3: 557 p.
- Valdés, B., Rejdali, M., Kadmiri, A. A.E., Jury, S.L. & Montserrat, J.M. (2002). *Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc incluant des clés d'identification*. Vol. I et II, Consejo superior d'investigaciones científicas, Madrid, 1007 p.
- van der Maarel, E. (1979). Transformation of cover-abundance values in phytosociology and its effect on community similarity. *Vegetatio* 38, 97-114.
- Yahi, N. (1995). *Contribution à l'étude phytosociologique des formations de cèdre (Cedrus atlantica Manetti) de l'Atlas tellien (Ouarsenis, Djurdjura, Babors)*. Thèse de Magister de l'USTHB Alger, 150 p.
- Yahi, N. (2007). *Les cédraies d'Algérie : phytocéologie, phytosociologie, dynamique et conservation des peuplements*. Thèse de Doctorat ès Sciences, USTHB, Alger, 265 p.
- Yahi, N. & Mediouni, K. (1997). Phytosociologie des groupements de cèdre (*Cedrus atlantica Manetti*) du massif de Téniet El Had (Algérie). *Coll. Phytosoc.*, 27, *Données de la phytosociologie stigmatiste*, Bailleul, 479-490.
- Zeraïa, L. (1981). *Essai d'interprétation comparative des données écologiques, phénologiques et de production subéro-ligneuse dans les forêts de chêne-liège de Provence cristalline (France méditerranéenne et d'Algérie)*. Thèse de Doctorat de l'université d'Aix-Marseille III, 370 p.

ecología mediterránea

Editors-in-Chief: Dr Élise Buisson
et Dr Brigitte Talon
UMR CNRS IRD IMBE
Université d'Avignon, IUT
Site Agroparc, BP 1207
84911 Avignon cedex 09
France

Editorial Board

Dr Pierre CHEVALLONNÉ, CNRS, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Dr Marc CHEYLAN, EPHE, Montpellier, France
Dr Cécile CLARET, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Dr Bruno FADY, INRA, Avignon, France
Pr Thierry GAUQUELIN, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Dr Grant WARDELL-JOHNSON, Université Western, Australia
Dr Raphaël GROS, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Dr Frédéric GUITER, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Pr Serge KREITER, SupAgro, Montpellier, France
Dr Audrey MARCO, École nationale supérieure du paysage, Marseille, France
Pr Frédéric MÉDAIL, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Pr François MESLÉARD, Université Avignon-Tour du Valat, France
Dr Tom PARKER, San Francisco State University, USA
Dr Philippe PONEL, CNRS, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Dr Roger PRODON, EPHE, Montpellier, France
Dr Sandra SAURA-MAS, Autonomous University of Barcelona, Spain
Dr Isabelle SCHWOB, Université Aix-Marseille, Marseille, France
Dr Thekla K. TSIRSONI, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
Dr Errol VÉLA, Université de Montpellier, France
Dr Éric VIDAL, IRD, Nouvelle-Calédonie
Dr Mercedes VIVAS, Universidad de Concepción, Chile
Dr Ioannis VOGIATZAKIS, Open University of Cyprus, Cyprus

ISSN 0153-8756

<http://ecologia-mediterranea.univ-avignon.fr>

Guidelines for authors

ecología mediterránea publishes original research reports and syntheses in the fields of fundamental and applied ecology of Mediterranean areas, except for descriptive articles or articles about systematic. The editors of *ecología mediterránea* invite original contributions in the fields of: bioclimatology, biogeography, conservation biology, marine biology, population biology, community ecology, forest ecology, marine ecology, genetic ecology, landscape ecology, microbial ecology, restoration ecology, plant and animal ecology, ecophysiology, palaeoecology, palaeoclimatology. The journal also publishes reviews, short communications, book reviews, Ph. D. thesis abstracts and comments on papers recently published in the journal. *ecología mediterránea* invite conference organizers to get in touch with the editors for special issues as part of conference/symposium proceedings. Manuscripts are peer-reviewed by appropriate referees. The final decision to accept or reject the manuscript is made by the editors. To submit a paper, please send an electronic version of your paper to ecologia.mediterranea@imbe.fr (doc(x) or rtf). Please read the following guidelines to prepare your manuscript. When the article is accepted, the authors should take reviewer's comments into consideration. They will send back to the journal Editorial Office, within 2 months. After this deadline, the manuscript will be considered as a new submission.

TYPES OF MANUSCRIPTS

Please, mention the type of manuscript you are submitting on the first page of your submission.

Research article: research report of broad scope that is an original contribution to science. The typical length of research papers is about 6,000 to 8,000 words.

Short communication: brief report of new observations or of important findings that deserve publication before broader studies are completed. The typical length of short communications is about 3,000 to 4,000 words.

Reviews: critical appraisal of broad areas of investigation or research in Mediterranean ecology. The typical length of reviews is about 6,000 to 8,000 words.

Commentaries: opinion on topics recently published in *ecología mediterránea* or essays on topics of general interest in Mediterranean ecology. The typical length of short communications is about 1,000 to 3,000 words.

Book review: critical appraisal of a Book interesting to the readers of *ecología mediterránea*. Editors who wish to see their book reviewed in *ecología mediterránea* should get in touch with the editors of the journal.

Ph. D. thesis abstracts: abstract of the Ph. D. thesis recently defended in the fields covered by *ecología mediterránea*. Author, Year, Title, University (e.g. Ph. D. thesis defended on April, 4th 2014 at University of California, Irwin, USA, Lab xxx), Composition of board, Keywords, Abstract (1,000 words max.).

MANUSCRIPT PREPARATION

Manuscripts (typewritten Times 12, with double line spacing) must be written in English or in French. If the language is not English, you should join an English short version and English titles of figures and tables. The manuscript must be complete: e.g. title in English and French, author(s) and address(es), abstract in English and French, an English short version (if English is not the language used in the article), keywords in English and French, text, acknowledgements, references, figures and tables (one / page). For the submission, figures and tables are integrated in the

word document and not sent separately. For research papers, the text should normally consist of 4 sections: introduction, methods, results, discussion which are not numbered. Subtitles are not be numbered either:

- Introduction
- Methods
- Study site
- Experimental design
- Statistical analyses

Results

Discussion

Use lower-case letter type for names in the text and in the reference section. Do not underline any word. In English, there is one blank after any punctuation, never before. Copy editing of manuscripts is performed by the journal.

FIRST PAGE

The first page contains:

- 1) the type of manuscript (research paper, short communication, etc.);
- 2) the title of the article;
- 3) the names of the authors;
- 4) the address of each author + an email at least of the corresponding author;
- 5) the total number of words from the introduction to the references included.

ABSTRACTS, KEYWORDS AND SHORT VERSION

Abstracts should be no longer than 300 words. The English short version should not exceed one page long (1,000 words). Do not use more than six keywords. Keywords should not be present in the title.

REFERENCES

All publications cited in the text should be presented in a list of references following the text of the manuscript. The list of references should be arranged alphabetically on author's names, and chronologically for each author. You should abbreviate the titles of periodicals mentioned in the list of references (except if you are not sure of it; ISI Journal Abbreviations Index). Check the manuscript to make sure that all references are cited and that all citations in the text are included in the references. Use following system to write the references:

Journal article

Andow D.A., Karieva P., Levin S.A. & Okubo A., 1990. Spread of invading organisms. *J. Ecol.* 4: 177-188.

Book

Harper J.L., 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, London, 300 p.

Book chapters

May R.M., 1989. Levels of organisation in ecology. In: Chretet J.M. (ed.), *Ecological concepts*. Blackwell Scientific Public, Oxford: 339-363.

Conference proceedings

Grootaert P., 1984. Biodiversity in insects, speciation and behaviour in Diptera. In: Hoffmann M. & Van der Veken P. (eds.), *Proceedings of the symposium on "Biodiversity: study, exploration, conservation"*. Ghent, 18 November 1992: 121-141.

IN-TEXT CITATIONS

The words "figure" and "table" announced in-text should be written in extenso and with lower-case letter type. In the text refer to the author's name and year of publication (followed by pages only if it is a quotation). If a publication is written by more than two authors, the name of the first author should be used followed by "et al." (this indication, however, should never be used in the list of references: first author and co-authors should be mentioned in it). Examples: "Since Dupont (1962) has shown that...", or "This is in agreement with previous results (Durand et al. 1990; Dupond & Dupont 1997)...".

ABBREVIAVES, NOMENCLATURE AND LATIN WORDS

Explanation of a technical abbreviate is required when the first use. International convention codes for nomenclature should be used. Latin words should be in italic (et al., a priori, etc.), particularly for plants or animals' denomination (the first time, please precise author's name: for example, *Olea europaea* L.).

FIGURES AND TABLES

All illustrations should be included in the word document after the section "References". Once the paper is accepted for publication, illustrations should be sent separately (3,000 dpi). All the illustrations should be cited and should have a legend.

REPRINTS

A pdf version will be supplied free of charge for each paper.

SUBSCRIPTION (contact : ecologia@naturalia-publications.com)

1 year = 2 issues

	Subscription	Postage	Total
France	60 €	6 €	66 €
Europe	60 €	12 €	72 €
World	60 €	16 €	76 €

Mail this subscription to:

SARL Transfaire
Avenue Maréchal Leclerc
F-04250 TURRIERS

Bank: CA SISTERON
IBAN: FR76 1910 6008 3913 9956 2600 062
BIC: AGRIFRPP891

Sommaire – Contents

<i>Editorial – Éditorial</i>	3
Biometrical parameters and biological indices of the migratory species <i>Conger conger</i> (Linnaeus, 1758) from the northern coastal waters of Tunisia (Mediterranean Sea)	
B. SALLAMI, A. BEN IBRAHIM, M. BEN SALEM, N. CHAKROUN-MARZOUK	5
Vegetation types with <i>Quercus ithaburensis</i> subsp. <i>macrolepis</i> in Greece	
M. THEOCHAROPOULOS, A. PANTERA, G. FOTIADIS, A. PAPADOPOULOS	17
New data on the distribution area of the Atlas foxglove <i>Digitalis atlantica</i> (Pomel)	
D. CHELLI-TABTI, S. MARKHOUF, S. DERRADJI, S. HAMITOUCHE, A. BOUCHAREB, A. FRANCK BOUGAHAM	41
Les erreurs d'identification des espèces du genre <i>Tamarix</i> L. au Maroc : clés non uniformes et espèces polymorphes	
A. BIHAOUI, A. HADDIOUI, S. HAMMADA	49
Distribution géographique des espèces du genre <i>Tamarix</i> L. (<i>Tamaricaceae</i>) au Maroc	
A. BIHAOUI, A. HADDIOUI, S. HAMMADA	63
Common Swifts (<i>Apus apus</i>) nesting in mature pine forests in Corsica	
J.-C. THIBAULT, T. ARMAND, G. BEUNEUX, A. CIBOIS, J.-Y. COURTOIS, J.-F. SEGUIN	75
État des connaissances sur le dépérissement des peuplements de Thuya de Berbérie, <i>Tetraclinis articulata</i> (Vahl) Mast.	
D. GHAILOULE, J.-P. LUMARET	83
Diversité phytosociologique et séries dynamiques de la végétation de l'Atlas tellien occidental de Tiaret (N-O Algérie)	
M. D. MIARA, S. HADJADJ-AOUL, G. DECOCQ	97

Revue indexée dans Pascal-Cnrs, Biosis, Scientific Journal Rankings,
Google Scholar et Scopus

