

ecologia *mediterranea*

Vol. 46 (2) – 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

Éditrices en chef : D^r Élise Buisson
et D^r Brigitte Talon

UMR CNRS IRD IMBE
Université d'Avignon, IUT
Site Agroparc, BP 1207
84911 Avignon cedex 09
France

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, Université
Western, 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 VÉLA, 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

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* privilégie 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, écophysologie, 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.

Articles

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: Cherret 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 (Savi) 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, prêtes 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 €	66 €	
Europe	60 €	12 €	72 €	
Monde	60 €	16 €	76 €	

Abonnement à adresser à :	Code banque	Code guichet	numéro de compte	clé RIB
SARL Transfaire	19106	00839	13995626000	62
Avenue Maréchal Leclerc	Domiciliation : CA SISTERON			
F-04250 TURRIERS	IBAN : FR76 1910 6008 3913 9956 2600 062			
	BIC : AGRIFRPP891			

ecologia mediterranea

Revue internationale d'écologie méditerranéenne
International Journal of Mediterranean Ecology

Vol. 46 (2) – 2020

Sommaire/Contents

<i>Editorial</i> – Éditorial	3
First check-list with the occurrence of new records of Agaricomycetes (Fungi, Basidiomycota) in Babors Kabylia (Northern Algeria) L. YOUCEF KHODJA, F. RAHMANIA, R. COURTECUISSÉ, P.-A. MOREAU	5
Floristic composition correlates with bioclimatic condition; Occurrence of several Mediterranean elements in southeast of Iran M. DOOSTMOHAMMADI, F. BORDBAR, M. MIRTADZADINI	27
Ecosystem services in salt lakes: An ethnobotanic case study of halophytes from Algeria <i>Services écosystémiques des lacs salés: étude de cas ethnobotanique des plantes halophytes d'Algérie</i> F. DEMNATI, Z. BOUBAKER, F. ALLACHE, L. ERNOUL	35
Spécificité et flexibilité dans la ponte de <i>Zerynthia polyxena</i> sur différentes espèces du genre <i>Aristolochia</i> en région méditerranéenne française <i>Specificity and flexibility of egg laying by Zerynthia polyxena on different species of Aristolochia in Mediterranean France</i> P. GAUTHIER, N. DE MANINCOR, M. PICQUENOT, V. PONS, U. SCHUMPP, J. D. THOMPSON	47
Évolution des caractéristiques pluviométriques entre 1979 et 2009 dans le micro-bassin versant de l'oued Rhiou (bassin de Cheliff) Algérie <i>Recent trends in Oued Rhiou micro watershed rainfall (1979-2009)</i> M. KACI, A. M'HAMED	65
Are Mediterranean trees well known? "Juniperus turbinata" (Cupressaceae), a common but misunderstood taxon <i>Les arbres de Méditerranée sont-ils bien connus ?</i> « Juniperus turbinata » (Cupressaceae), un taxon commun mais incompris D. PAVON, E. VÉLA, F. MÉDAIL	77

Résumés de thèses – *Ph. D summaries*

E. ORMENO LAFUENTE, A. MILLION, A. AUPIC-SAMAIN, L. ROPART, M. HESS, J. VIROS,
S. TARABON, M. HELLUY, T. DE ALMEIDA, M. POURKERMAN 105

Jacques Lepart (25 juillet 1947 - 4 juillet 2020)

DR. PASCAL MARTY 117

Revue indexée dans Pascal-CNRS et Biosis

Journal indexed in PASCAL-CBRS and Biosis

<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

Editorial – Éditorial

Élise BUISSON
et Brigitte TALON

Éditrices en chef
Editors-in-Chief

2020 will be remembered for a long time as the year of the COVID-19 pandemic, and this decade will also be remembered as the hottest on record so far. However, 2020 is also the year of the demise of Professor Marcel Barbero (1940-2020), five years after that of Professor Pierre Quézel (1926-2015). Together, they had undertaken the study and mapping of forest vegetation in the main massifs of the eastern Mediterranean (in Greece, Crete, Turkey, Cyprus, Lebanon and Syria) and in the western Mediterranean (mainly Morocco). Marcel Barbero was also one of the first to take an interest in desertification and aridification issues resulting from human activities in the Mediterranean region. The issues of water resources and the aridification are more than ever at the heart of our scientific concerns, as shown by this work on the rainfall characteristics recorded between 1979 and 2009 in the Cheliff basin in Algeria and their consequences on soil erosion (Kaci & M'hamed). Marcel Barbero was able to show to what extent the anthropization of nature had organized most of our landscapes, from moist coastal meadows to shrublands and dry grasslands, which today still shelter several protected lepidoptera, including the Southern Festoon (*Zerynthia polyxena*) and the Spanish Festoon (*Zerynthia rumina*), both threatened by the destruction of their habitat (Gauthier *et al.*). He would undoubtedly have appreciated the circum-Mediterranean synthesis on the red juniper *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) written by three of his former students (Pavon *et al.*). He would have enjoyed participating in the description of the xero-continental Mediterranean bioclimate enclaves defined by Doostmohammadi *et al.* in the Iranian mountain range of Jebal-e Barez, or in the mycological inventory of cork groves in northern Algeria (Youcef Khodja *et al.*). With this latest issue of *ecologia mediterranea*, we are also taking you to the shores of the salt lake Chott Merouane in southeastern Algeria, where Demnati *et al.* are publishing the result of a sociological survey, which highlights the importance of ethnobotanical studies to rate the ecological interest of a site concerning its conservation and management. Professor Marcel Barbero always liked to recall that the current evolution of plant biodiversity and ecosystems in the Mediterranean Basin is determined by the nature of current and past uses (and non-uses) by humans and encouraged this ethnobotanist approach.

*L'année 2020 restera longtemps gravée dans les mémoires comme étant l'année de la pandémie de COVID-19, et cette décennie qui s'achève sera également retenue comme la plus chaude jamais enregistrée. Mais 2020 est aussi l'année de la disparition du professeur Marcel Barbero (1940-2020), cinq ans après celle du professeur Pierre Quézel (1926-2015). Ensemble, ils avaient entrepris l'étude et la cartographie de la végétation forestière des principaux massifs de Méditerranée orientale (notamment Grèce, Crète, Turquie, Chypre, Liban, Syrie) et de Méditerranée occidentale (Maroc principalement). Marcel Barbero fut aussi l'un des premiers à s'intéresser aux problèmes de désertification et d'aridification consécutifs aux activités de l'homme en région méditerranéenne. Les questions de la ressource en eau et de l'aridification du climat sont plus que jamais au cœur de nos préoccupations scientifiques, comme le montre ce travail sur les caractéristiques pluviométriques enregistrées entre 1979 et 2009 dans le bassin du Cheliff en Algérie et leurs conséquences sur l'érosion des sols (Kaci & M'hamed). Marcel Barbero a su montrer à quel point l'anthropisation de la nature avait organisé la plupart de nos paysages, comme l'ont été les prairies humides littorales ou les garrigues et pelouses sèches, qui abritent aujourd'hui encore plusieurs lépidoptères protégés, dont la Diane (*Zerynthia polyxena*) et la Proserpine (*Z. rumina*), menacées toutes deux par la destruction de leur habitat (Gauthier *et al.*). Il aurait sans aucun doute loué ce travail de synthèse circumméditerranéen sur le genévrier rouge *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) réalisé par trois de ses anciens étudiants (Pavon *et al.*), et aimé participer à la découverte de ces enclaves du*

bioclimat méditerranéen xéro-continentale défini par Doostmohammadi et coll. dans la chaîne de montagnes iranienne du Jebal-e Barez, ou à l'inventaire mycologique des suberaies de la Kabylie des Babors, dans le nord de l'Algérie (Youcef Khodja et al.). Avec ce dernier numéro d'ecologia mediterranea, nous vous entraînent aussi sur les rives du lac salé Chott Merouane dans le sud-est de l'Algérie, où Demnati et al. publient le résultat d'une enquête sociologique qui met en évidence l'importance des études ethnobotaniques dans la prise en compte de l'intérêt écologique d'un site en vue de sa conservation et de sa gestion. Le professeur Marcel Barbero n'hésitait jamais à rappeler que l'évolution actuelle de la biodiversité végétale des écosystèmes du pourtour méditerranéen était déterminée par la nature des usages (et non-usages) actuels et passés de l'homme et encourageait cette approche ethnobotaniste.

First check-list with the occurrence of new records of Agaricomycetes (Fungi, Basidiomycota) in Babors Kabylia (Northern Algeria)

Lounis YUCEF KHODJA^{*1,2}, Fatma RAHMANIA¹, Régis COURTECUISSÉ³ & Pierre-Arthur MOREAU³

1. Laboratoire de recherche sur les zones arides (LRZA), Université des sciences et de technologies de Houari Boumediene (USTHB) – BP 32, El Alia, Bab Ezzouar, 16111 Alger, Algérie

2. Département de biologie et d'écologie végétales, Université de Sétif 1, Algérie

3. Laboratoire de botanique, faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques, BP 57, 59006 Lille

* Corresponding author: lounisyoucefkhodja@yahoo.fr

Received: 4 April, 2020; First decision: 4 June, 2020; Revised: 28 July, 2020; Final decision: 22 Sept., 2020

Abstract

The aim of this study is to propose the first checklist of Agaricomycetes in the Babors Kabylia (Northern Algeria), thus consisting in a contribution to the national Algerian checklist. Data come from personal mycological researches carried out in the area, especially in cork oak forests. A total of 110 fungal species, belonging into 72 genera, 31 families, 8 orders and 3 groups of Agaricomycetes were identified. Among these, 12 taxa are new to Algeria and some others are considered as rare or rarely seen in the Mediterranean basin. Among the 98 species already known in Algeria, 54 (55%) are members of the hardwood forest ecosystems and 44 (45%) of mixed forests environments. The ecological status of interesting species within the Mediterranean basin is discussed, taking into account the novelties to Algeria, which might change the chorological knowledge of the concerned species.

Keywords: Fungal checklist, Agaricomycetes, cork oak forest, Mediterranean basin, Algeria, Babors Kabylia.

Introduction

The Agaricomycetes, clade of Basidiomycota, comprises one-fifth of all known Fungi (Hibbett *et al.* 2014). It contains three groups of mycetes: two groups are very well established (Agaricomycetidae, Phallomycetidae) but, the third group, known as the sister group of Agaricomycetidae (*Incertae sedis*) (Hibbett *et al.* 2014), seems to be poorly established (Courtecuisse & Duhem 2013). A large number of new taxa belonging to these taxonomic groups is appearing for the first time in several regions of the world (Heitman *et al.* 2017). The macro-fungal flora of North Africa was mainly explored by Bory de Saint-Vincent & Durieu de Maisonneuve (1848), Patouillard (1897, 1902, 1903, 1905, 1906), Maire (1906), Maire & Werner (1937) and Malençon & Bertault (1970, 1975). In Algeria, Nezzar-Hocine *et al.* (1998) discovered 40 new fungal species; this discovery increases the taxonomic richness of Algerian mushrooms and updates the ecological status of these new records.

In Algeria, the majority of mycological inventories focused on coniferous forests: Blideen Atlas cedar forest (Maire 1914, 1916), (Dorleans 1972) and Djurdjura cedar

forest (Lanier 1994), (Nezzar-Hocine *et al.* 1996, 1998). However, *Quercus suber* L. cork oak forests lack inventory since the surveys of René Maire around the Tlemcen region (Maire 1906), in the Réghaïa forest (Maire 1927a, b). Recently, Chakireb *et al.* (2013) studied the mycological status of cork oak forest in El-Kala National Park.

Babors Kabylia area (north of Algeria) is one of the most diversified Forests of Algeria, with more than 500 species of vascular plants, including a significant number of woody species (Gharzouli & Djellouli 2005) and more than 50 lichen species in the National Park of Gouraya (North of Babors Kabylia) (Rebbas *et al.* 2011). Coniferous forests largely occupy it with *Abies numidica* Carrière, and *Cedrus*

atlantica (Endl.) Carrière, deciduous forests with *Quercus ilex* L. and sclerophyllous forests with *Quercus suber* L.

Until now, the macromycetes of Babors Forests are not yet known and according to all known data, this area lacks a mycological inventory, so the purpose of this study is to elaborate the first mycological inventory focusing only on Agaricomycetes species as they are the most abundant in the Babors Cork oak Forest (Kabylia, North East of Algeria), thus consisting in a contribution to the national Algerian Fungal checklist, which currently has 2,105 species (Kedad & Bouznad 2018). Consequently, this might change the chorological knowledge of the concerned species in the Mediterranean area.



Figure 1 – Location of the study area.

Material & Methods

Study area

Our study site is conducted in a low altitude part of the Babors Kabylia, located in the middle of the Babors mountain range (N36° 45' E5°4') northeastern Algeria (Figure 1). At low altitudes (350m), cork oak trees dominate, and humid climate characterizes the forest. The average annual precipitation and temperature are 1000mm and 17°C, respectively (ANRH1993).

Collection, determination, nomenclature and storage of the fungal samples

Our study focused on the Agaricomycetes class. Random sampling is chosen to collect the carpophores. The period of the collection ranges from May 2012 to April 2019, five to six times a year. Most sampling is carried out during the peak of the fruiting period (October, November, December, January and March) (Maire 1906, 1927; Maublanc & Bourgin 1982) but some are carried out in September or April for early and late fruiting species.

Each specimen was identified based on macro and micromorphological features according to the following literature: Courtecuisse & Duhem (2013), Eyssartier & Roux (2011), Parra Sánchez (2008), Roux (2006), Bernicchia (2005), Noordeloos (1982, 1992, 2004), Bon (1988, 1993, 1991, 1997a, 1997b). Besides, the nomenclature was updated using as references, the Index Fungorum (Index Fungorum 2020) and MycoBank (Robert *et al.* 2005).

Moreover, many identified species are kept in exsiccate at the Laboratory of Plant and Fungal Sciences at the University of Lille (LIP Herbarium, France).

The identified specimens in Kabylia Babors Forest are compared with those reported in other district of Algeria. Table 1 summarizes the reported occurrence of Agaricomycotina in Algeria (District name, geo-localization, type of forests). In our survey, the records are organized in alphabetical species (Table in appendix). When a taxon is not clearly established in terms of its taxonomic position, it is identified as *Incertae sedis*. The numbers within brackets, following the authors of each species or their synonym taxa, refer to

Table 1 – Localities where Agaricomycetes are reported in Algeria.

N°	Localities	Abbreviations of Wilayas	Coordinates	Types of forests
01	Algiers	Alg.	N 36° 45' E 3° 3'	Mixed
02	Annaba	Bôn.	N 36° 53' E 7° 42'	Hardwood
03	Blida	Bli.	N 36° 28' E 2° 49'	Mixed
04	Boufarik	Bou.	N 36° 35' E 2° 54'	Hardwood
05	Constantine	Cnt.	N 36° 21' E 6° 38'	Coniferous
06	Djurdjura	Dju.	N 36° 45' E 4° 22'	Mixed
07	El-Kala	Cal.	N 36° 53' E 8° 26'	Hardwood
08	Babors Kabylia	Bab.	N 36° 45' E 5° 4'	Hardwood
09	Mascara	Mas.	N 35° 23' E 0° 8'	Hardwood
10	Réghaïa	Rég.	N 36° 44' E 3° 20'	Hardwood
11	Tiaret	Tia.	N 35° 22' E 1° 19'	Mixed
12	Tipaza	Tip.	N 36° 37' E 2° 23'	Hardwood
13	Thenièt el Had	Tha.	N 35° 52' E 2° 0'	Mixed
14	Tlemcen	Tle.	N 31° 47' E 7° 5'	Hardwood

the reference(s) where the taxon is reported. The species indicated with the mark “✱” are newly recorded fungi in Algeria. The nomenclature of plant species associated with the fungal flora is given according to the African Plant Database (African Plant Database (version 3.4.0) 2020).

The plant species listed in Table in appendix are as follows:

Abies numidica Carrière, *Arbutus unedo* L., *Calicotome spinosa* (L.) Link, *Cedrus atlantica* (Endl.) Carrière, *Eucalyptus globulus* Labill., *Ilex aquifolium* L., *Genista tricuspidata* Desf., *Olea europaea* L., *Quercus afares* Pomel, *Quercus canariensis* Willd., *Quercus coccifera* L., *Quercus ilex* L., *Quercus lusitanica* Lam., *Quercus suber* L., *Pinus halepensis* Mill., *Populus alba* L. and *Salix alba* L.

Results and discussion

We collected 495 specimens of Agaricomycetes. We found a total of 110 species belonging to 72 genera, 32 families, eight orders, and three groups of Agaricomycetes in two well-established subclasses (Agaricomycetidae, Phallomycetidae) and a third sister group of Agaricomycetidae (*Incertae sedis*) (Table in appendix).

Taxonomic richness

The analysis of the taxonomic richness shows that the group (subclass) of Agaricomycetidae (93 species) is richer than the sister group of Agaricomycetidae (16 species) and then-Phallomycetidae (one species) (Table 2). This difference in the level of richness is due to the large number of species of two in Agaricomycetidae orders; Agaricales and Boletales (Kirk *et al.* 2008; Hibbett *et al.* 2014).

Indeed, in Agaricomycetidae, the order of the Agaricales is the richest with 80 species (73%), 46 genera (64%) and 18 families (56%) followed by the order Boletales with 13 species (12%), 11 genera (15%) and four families (12%). These results are explained by the fact that these orders are the most diversified in the phylum Basidiomycota (Kirk *et al.* 2001, 2008). Its species can live in all terrestrial ecosystems of the world (Rosa & Capelari 2009). Moreover, in the sister group of Agaricomycetidae, the order of Polyporales contains seven species (6%), six genera (8%) and three families (9%) followed by the order of Russulales with four species (3%), three genera (4%) and two families (6%) (Table 2). The comparison of our results with the checklists of Agaricomycetes found elsewhere in Algerian cork oak forests shows that the Réghaia forest (50 hectares; Maire 1927a, b) is the richest in terms of Agaricomycetes (12 orders, 49 families, 122 genera and 249 species) (Figure 2),

followed by the forest of Babors Kabylia (9,000 hectares; 8 orders, 32 families, 72 genera and 110 species). The cork oak forest of Tlemcen (2,579 hectares; Maire 1906) is less rich in Agaricomycetes than the formerly mentioned forests (5 orders, 15 families, 22 genera and 24 species).

The low number of fungi reported in Algeria's cork oak forests of Algeria could be due to the limited number of studies that have dealt with mycobiota associated with *Quercus suber* (Maire 1906, 1927a, b). However, these ecosystems were found to be a source of several new species of Agaricomycetes including eight species of the world's mycological flora (8W) (Figure 2) [e.g. *Xerocoprinus arenarius*, *Boletus tlemcenensis*, *Mycena lenta*, *Mycena maura*, *Nolanea africanan*, *Pholiota suberis*] (Maire 1906, 1927a, b, 1928). It is also worth mentioning that this study allowed the recording 12 species of Agaricomycetes for the first time in Algeria (12 A) (Figure 2). With these new records, the number of Algerian fungi reaches 2117 species.

Figure 2 does not reflect the real fungal diversity in Algeria because its Mediterranean climate is a favorable climate for macrofungi to fructify (Ortega & Navarro 2006). Previous data, regarding the mycobiota of cork oak forests (e.g. Ortega & Lorite 2007; Azul *et al.* 2009; Ortega *et al.* 2010), suggest that there are many species of Agaricomycetes that grow in association with *Quercus suber*. For example, in southern Spain Ortega & Lorite (2007) and in the Iberian Peninsula (Ortega *et al.* 2010) reported respectively 640 and 411 species of Agaricomycetes. In southern Portugal (Mediterranean ecosystem), Azul *et al.* (2009) and Santos-Silva *et al.* (2011) reported respectively 166 and 81 mycorrhizal species of Agaricomycetes. In oak forests of Morocco, Malençon & Bertault (1970, 1975) reported 168 species of Agaricales, Maire & Werner (1937) reported 38 species of Polyporales and Boletales. Finally, Nounsi *et al.* (2014) reported 51 species of Russulales. These findings should encourage further mycological investigations in Algerian cork oak forests.

Distribution and ecological analysis

The newly recorded data in Babors Kabylia area are presented below with brief chorological and ecological data in the Mediterranean basin area.

Table 2 – Distribution of taxa according to the subclasses identified in the cork oak forest of Babors Kabylia (Algeria).

Taxa	Number of taxa	Number of families	Number of genera	Number of species
GROUP I: AGARICOMYCETIDAE	22		57	93
Agaricales	18		46	80
Boletales	4		11	13
GROUP II: PHALLOMYCETIDAE	1		1	1
Geastrales	1		1	1
GROUP III: SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>)	9		14	16
Hymenochaetales	1		2	2
Polyporales	3		6	7
Russulales	2		3	4
Auriculariales	1		1	1
Cantharellales	2		2	2
TOTAL	32		72	110

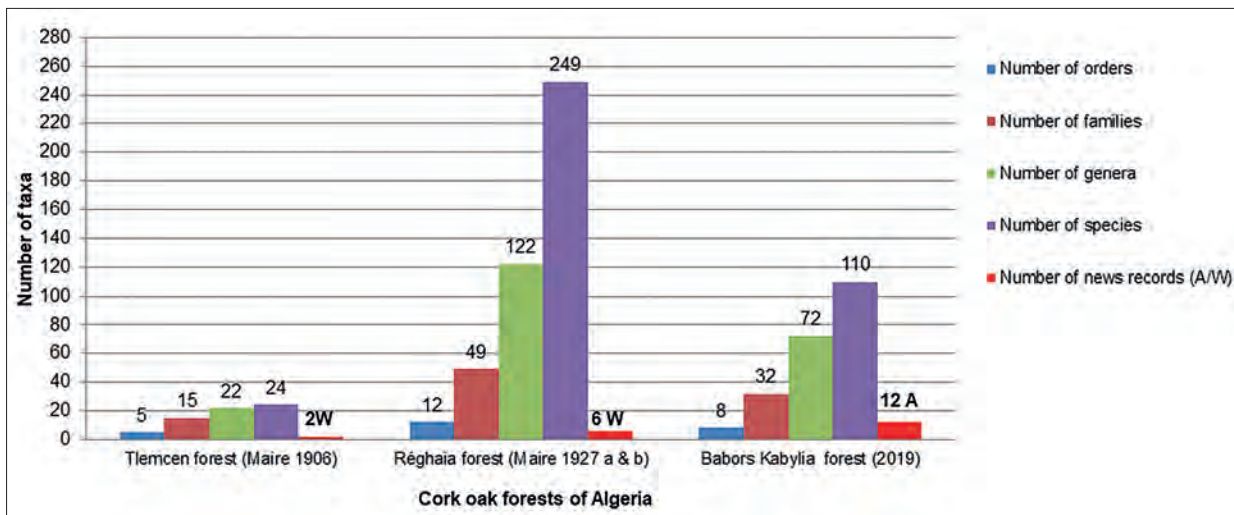


Figure 2 – Taxonomic richness of Agaricomycetes in three cork oak forests from Algeria. New records for: Algeria (A), for World's mycomogical flora (W).

Lepiota oreadiformis

(Velenovský 1920: page 215) **Figure 3a**

This species was identified (November 2012) as variety of *laevigata* (J.E. Lange) Bon and conserved in exsiccata at the *LIP herbarium* (LIP LYK13111504). In Europe, the species is already reported as a vulnerable or endangered species (Vellinga 2004), a moderately common (Roux 2006) or quite rare species (Louro *et al.* 2009; Gierczyk *et al.* 2011; Courtecuisse & Duhem 2013). It grows in grasslands (Bon 1993; Eyssartier & Roux 2011) and under *Syringa vulgaris* L. (Gierczyk *et al.* 2011). Eyssartier & Roux (2011) reported that this species is very similar to *Lepiota rocaburunae* Consiglio & Migl.

Agaricus pseudoprattensis (Bohus)

Wasser *et al.* (1976: page 250) **Figure 3b**

This species was identified (November 2013) under *Olea europaea* L. and *Calycotum spinosa* L. and conserved in exsiccata at *LIP herbarium* (LIP LYK13112202). In Mediterranean Europe, the species is reported as rare species in North Sicily (Italia), (Venturella & La Rocca 2001) under *Cupressus sempervirens* and *Cistus* sp. (Cyprus) (Loizides 2016) and under *Populus nigra* (Lacheva 2014, 2015).

Amanita lactea Malençon *et al.*

(1968: page 408) **Figure 3c**

This species was identified (September 2013, 2014 and 2018) under *Q. suber* and *Olea europaea* L. and conserved in exsiccata at *LIP herbarium* (LIP LYK19101101). This fungus is circum-Mediterranean Amanite, abundant in

France (Malençon & Bertault 1970). Several studies found the occurrence of the species in several countries and forest ecosystems: in Morocco under *Quercus* (Malençon 1955; Malençon *et al.* 1968; Malençon & Bertault 1970; Tulloss & Gminder 2000), in France under *Q. ilex* L., in Italy under *Q. ilex* and in Greece under *Q. pubescens* Willd. (Tulloss & Gminder 2000). In Spain and Portugal, it was reported under *Q. coccifera* L., *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* and *Q. suber* L. (Ortega *et al.* 2010). However, Malençon & Bertault (1970) noted that Moroccan specimens of *Amanita lactea* are slightly different from those in Europe by their more consistent rings. Apart from this slight difference, the harvests made in southern Europe coincide perfectly with the Moroccan material (Malençon & Bertault 1970; Neville & Poumarat 2009).

Cortinarius confirmatus Henry

(1983: page 67) **Figure 3d**

This fungus was identified (January 2012) under *Quercus suber* (specimen not conserved). In Mediterranean Europe, the first report of this species was in Spain as *Cortinarius assidus* (Mahiques *et al.* 2001), Turkey (Uzun *et al.* 2013) and France (Liimatainen *et al.* 2017). The species occurs in several forest ecosystems (*Q. coccifera*, *Quercus ilex* subsp. *ballota*, *Q. pyrenaica* Willd. and *Q. suber*, *Cistus laurifolius* L., *Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Aiton) (Mahiques *et al.* 2001). A review of the literature shows that the species has two synonyms: *Cortinarius assiduus* var. *pleisociustus* A. Ortega, Vila & Bidaud (Ortega & Lorite 2007) and *Cortinarius confirmatus*





Figure 3 – New records of Agaricomycetes (Basidiomycota) in Babors Kabylia

(a) *Lepiota oreadiformis*; (b) *Agaricus pseudopratenensis*; (c) *Amanita lactea*; (d) *Cortinarius confirmatus*; (e) *Cortinarius trivialis*; (f) *Entoloma caeruleum*; (g) *Hebeloma leucosarx*; (h) *Clitocybe lituus*; (i) *Clitocybe mediterranea*; (j) *Alessioporus ichnusanus*; (k) *Rubroboletus legaliae*; (l) *Rheubarbariboletus persicolor*.

var. *pleiocistus* (Ortega A., Vila & Bidaud) Carteret, Bidaud, Reumaux & Bellanger (Liimatainen *et al.* 2017).

Cortinarius trivialis Lange (1938: page 24)

Figure 3e

This species was identified (December 2012 and 2018) under *Quercus suber* and conserved in exsiccata at LIP herbarium (LIP LYK19122802). The species occurs commonly in North Africa and Europe (Courtecuisse & Duhem 2013). In Morocco, it has been reported by Malençon & Bertault (1970) under *Q. ilex* and *Q. suber*. In Mediterranean Europe, this fungus develops under oak (*Quercus*) and aspens (*Populus*) (Eyssartier & Roux 2011); in Italy, several studies report its occurrence under *Abies alba* Mill. (Pecoraro *et al.* 2007) and under *Q. ilex* (Zotti & Pautasso 2013); in Greece, Zervakis *et al.* (2002) report its under *Q. frainetto* Dix., *Q. pubescens* forests and beech forests.

Entoloma caeruleum (PD Orton)

Noordeloos (1982: page 470) **Figure 3f**

This species was identified (January 2015) under *Q. suber* and *Cistus monspeliensis* L., surrounded by *Sphagnum* (moss), and conserved in exsiccata at the LIP herbarium (LIP LYK13112203). A review of the literature reports only one synonym for this species: *Leptonia caerulea* P.D. Orton. This species spreads across Europe and flourishes with grass and moss, in grasslands on peaty, acid soil in coastal sand-dunes among *Salix repens* L., and in peat bogs (Noordeloos 1992).

Hebeloma leucosarx P.D. Orton

(1960: page 244) **Figure 3g**

This species was identified (November 2013) under *Quercus suber* (specimen not conserved). It is considered one of the most common and abundant members of the ectomycorrhizal basidiomycetes genus (Grilli *et al.* 2016). It grows under *Salix* sp

(Courtecuisse & Duhem 2013). This fungus of mostly northern (France, Italy, Germany, Great Britain) distribution flourishes best on moss, *Sphagnum* in particular, and in damp ground under willows, pines or birches (Orton 1960; Courtecuisse & Duhem 2013; Grilli *et al.* 2016).

Clitocybe lituus (Fr.) Métrod
(1946: page 42)

Figure 3h

This species was identified (November 2013, January 2015) under *Pinus halepensis* and *Quercus suber*, and conserved in exsiccata in LIP herbarium (LIP LYK13112505), (LIP LYK15013001), respectively. Malençon & Bertault (1975) reported its occurrence in Morocco as a rare species under *Q. ilex*, *Q. suber* and *Pinus pinea* L. In Europe, this fungus is more abundant, specifically in Mediterranean Europe under coniferous plants (Eyssartier & Roux 2011); *Abies alba* Mill. (Ambrosio *et al.* 2014) and under *Cedrus atlantica* (Fin.) Manetti ex Carrière (Cavet & Martin 1998). Also, Métrod (1946) found it, as *Clitocybe litua* Fr. and *Omphalia litua* (Fr.) Gillet, under *Larix* sp. This species is similar to *Omphalia hydrogramma* (Bull.) Gillet (Romagnesi 1942) and to *Clitocybe pruniadora* (Mair) Singer (Roux 2006).

Clitocybe mediterranea
(Vizzini, Contu & Musumeci)
Ludwig (2012: page 112)

Figure 3i

This species was identified (December 2012) under *Q. suber* (specimen not conserved). The old nomenclature of this species was *Infundibulicybe mediterranea* Vizzini, Contu & Musumeci. In Morocco and Europe (Italy and France), the species has been found as *Clitocybe gibba* var. *mediterranea* (nomen nudum) (Roux 2006; Moreau 2009; Vizzini *et al.* 2011). This fungus flourishes under broadleaf trees (*Quercus suber* and *Q. ilex*) that grow on granitic acid soil (Vizzini *et al.* 2011), and under *Pinus halepensis* and *Q. ilex* on granitic soil as well (Roux 2006).

Alessioporus ichnusanus
(Alessio, Galli et Littini) Gelardi,
Vizzini & Simonini, in Gelardi *et al.*
(2014: page 1171)

Figure 3j

This species was identified (November 2012) under *Olea europaea* and *Q. suber* (specimen not conserved). In Mediterranean Europe (France, Italy, Spain and Greece), several studies reveal its occurrence as uncommon to rare species (Gelardi 2007; Gelardi *et al.* 2014). This fungus

grows in association with oak species (*Q. ilex*, *Q. suber*, *Q. coccifera*, *Q. cerris* L., *Q. robur* L., *Q. pubescens*, *Q. petraea* (Matt.) Liebl., *Q. pyrenaica*, *Q. frainetto*) and less often *Cistus* species (Gelardi 2007; Gelardi *et al.* 2014). It grows less frequently with *Castanea sativa* and possibly with *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. and *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn (Gelardi *et al.* 2014).

Rubroboletus legaliae (Pilát & Dermek)
Della Maggiora & Trassinelli
(2015: page 246)

Figure 3k

This species was identified (November 2012) under *Olea europaea* (specimen not conserved). The species is distributed across Europe, especially in European Mediterranean (France, Italy, Spain and Turkey) where its occurrence is common (Halama 2016). This fungus flourishes in rich (acid, neutral or calcareous) soils, under oak species (*Q. petraea*, *Q. robur*, *Q. pyrenaica*, and rarely under *Q. ilex*), *Fagus* (*F. sylvatica* L.), and even more rarely under *Castanea* (*C. sativa* Mill.) and *Carpinus* (*C. betulus* L.) (Courtecuisse & Duhem 2013; Halama 2016). Several studies report the species as *Boletus legaliae* Pilát & Dermek (Roux 2006; Eyssartier & Roux 2011; Janda *et al.* 2017), which might be confused with five other species: *Rubroboletus satanas* (Lenz) Kuan Zhao & Zhu L. Yang (as *B. satanas* Lenz), *Rubroboletus rhodoxanthus* (Krombh.) Kuan Zhao and Zhu L. Yang (as *B. rhodoxanthus* (Krombh.) Kallenb.), *Suillellus pulchrotinctus* (Alessio) Blanco-Dios (as *B. pulchrotinctus* Alessio) (Roux 2006), *Suillellus rubrosanguineus* (Cheype) Blanco-Dios (as *R. rubrosanguineus* (Cheype) and *Butyriboletus regius* (Krombh.), D. Arora & JL Frank.

Rheubarbariboletus persicolor
(H. Engel, Klofac, H. Grünert & R. Grünert)
Vizzini, Simonini & Gelardi,
in Vizzini (2015: page 244)

Figure 3l

This species was identified (November 2012) under *Q. suber* (specimen not conserved). This fungus is only Mediterranean (Eyssartier & Roux 2011). It flourishes under oak species (*Quercus ilex* L., *Q. robur* L.), *Castanea sativa* Mill., *Corylus avellana* L., *Fagus sylvatica* L. on calcareous soil (Roux 2006; Gelardi 2007). The distinction is difficult from two other species: the pink and red forms of *Xerocomus rubellus* (Krombh.) Quél. and *R. armeniacus* (Quél.) Vizzini, Simonini & Gelardi (as *X. armeniacus* Quél.) (Roux 2006).

In summary, the ecological analysis of these newly recorded fungi in Algeriareveals that mosttaxa arethermophilic. Certain species grow under hardwood forests especially under Mediterranean oak forests [e.g. *Amanita lactea*, *Alessioporus ichnusanus*, *Rubroboletus legaliae*, *Rheubarbariboletus persicolor...*], whileother species flourish in mixed Mediterranean forests [e.g. *Clitocybe mediterranea*, *Clitocybe lituus*, *Cortinarius confirmatus...*]. The frequency of these species in the Mediterranean basin varies between rarity [*Agaricus pseudopratenensis*, *Cortinarius confirmatus*, *Clitocybe mediterranea*] and abundance [e.g. *Amanita lactea*, *Cortinarius trivialis*, *Hebeloma leucosarx*, *Clitocybe lituus*].

Among the 110 species collected in Babors Kabylia, 98 species hadalready been found in Algeria in two habitats: hardwood forest (sclerophyll / deciduous) and mixed forest (hardwood / coniferous) (Table 2). Fifty-four (54) of the 98 species (55%) (Figure 4) were also found under hardwood forests (mostly oak forest) in other studies [e.g. *Cellulariella warnieri*, *Cyclocybe cylindracea*, *Gymnopilus suberis*, *Boletus aereus*, *Gymnopus fusipes*, *Hebeloma cistophilum*, *Hemileccinum impolitum*, *Hygrophorus arbustivus*] (Montagne 1860; De Laplanche 1894; Maire 1927a, b; Maire & Werner 1937; Malençon & Bertault 1970, 1975). Forty-four (44) of them (45%) (Figure 4) were found under mixed forests in other studies (Figure 4) [e.g. *Lepiota erminea*, *Agaricus campestris*, *Agaricus dulcidulus*, *Lycoperdon perlatum*, *Mycenastrum corium*, *Macrolepiota*

procera, *Chlorophyllum rhacodes*, *Laccaria laccata...* etc.] (De Laplanche 1894; Rolland 1906; Maire 1927a, b; Maire & Werner 1937; Dorleans 1972; Malençon & Bertault 1970, 1975; Nezzar-Hocine *et al.* 1996).

Some thermophilous species of Mediterranean hardwood forests, found in Babors Kabylia area, are illustrated below:

Cellulariella warnieri (Durieu & Mont.) Zmitrovich & Malysheva (2014: page 180)

This thermophilous species (Bernicchia 2005; Courtecuisse & Duhem 2013) was found for the first time in Tipaza (West of Algeria) by Durieu & Montagne (Montagne 1860) (as *Lenzites warnieri* DR. et Montag.) on the trunk of elm trees (*Ulmus* sp). Currently it is reported as: *Lenzites warnieri* Durieu and Mont. by Mycobank database, *C. warnieri* by Index Fungorum database and *Trametes warnieri* (Durieu and Mont.) Zmitr., Wasser and Ezhov (Justo & Hibbett 2011). In Babors Kabylia, it is consideredas a rare species, which was collected on the trunk of *Quercus suber* in December 2012. In Mediterranean Europe, this fungus is reported (as *L. faventina*) especially in *Quercus*, *Populus*, *Ailanthus*, *Robinia* (Bernicchia 2005), *Ulmus minor* (Cacialli *et al.* 2015) and in *Fagus sylvatica* (Ribes *et al.* 2016). Several studies reportsits occurrence in the Central Europe as a rare species (Bernicchia 2005; Courtecuisse & Duhem 2013; Girometta *et al.* 2020). The growth of *Cellulariella warnieri* on hardwood trees and not on conifer trees (Courtecuisse & Duhem 2013) can be explained by the effect of resin substance on the trunk of conifers (Parret 1996).

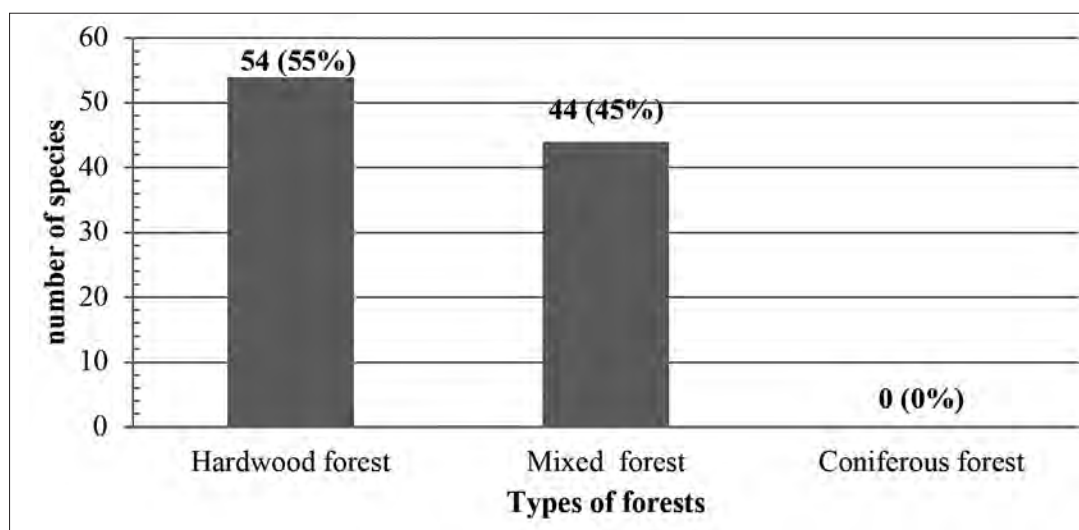


Figure 4 – Distribution of Agaricomycetes collected in Babors Kabylia area and reported in different woodlands of Algeria.

***Gymnopilus suberis* (Maire)**

Singer (1949: page 561)

This thermophilous species (Malençon & Bertault 1970) has been described for the first time by Maire (1928) as *Pholiota suberis* in the cork oak forest of Réghaia (Algeria). It usually flourishes on dead wood of *Q. suber* (Maire 1928; Roux 2006, 2009; Eyssartier & Roux 2011; Santos-Silva *et al.* 2011; Holec *et al.* 2016) and is a distinctive Mediterranean fungus that grows rarely under *Q. lusitanica* (Malençon & Bertault 1970; Haimed *et al.* 2011). Recently, Holec *et al.* (2016) reported its occurrence in the Central Europe.

***Cyclocybe cylindracea* (DC.)**

Vizzini & Angelini, in Vizzini,

Index Fungorum (Vizzini 2014: page 154)

This thermophilous species (Roux 2006) mainly grows on *Populus* and *Salix* and rarely on other hardwoods (Eyssartier & Roux 2011). The species has been reported from Algeria by De Laplanche (1894), Maire (1927a, b) and Maire & Werner (1937) as *Pholiota cylindracea* Gill., Malençon & Bertault (1970) as *Agaricus cylindraceus* DC and *Agrocybe aegerita* (Brig.) Singer and Moreau (2009) as *Agrocybe cylindracea* (Fr.) Maire and *A. aegerita* (Brig.) Singer. Courtecuisse & Duhem (2013) reported its occurrence in North Africa and Europe as a quite rare species.

***Boletus aereus* Bulliard**

(1789: page 385)

This thermophilous species grows under hardwood, especially under oak forests (Lannoy & Estades 2001; Roux 2006). The species has been reported, under *Quercus suber*, from Algeria by Maire (1927a, b) and Maire & Werner (1937) as *Tubiporus edulis* (Fr.) Karst. ssp. *aereus* (Fr.) Maire.

The chorology of fungal species is related to the types of plant formations and their floristic composition (Neuenschwander *et al.* 2011). For example, in Mediterranean forest ecosystems, *Cellulariella warnieri*, *Cyclocybe cylindracea*, *Boletus aereus*, *Hygrophorus arbustivus* are indifferent to the nature of hardwood forests. In contrast, several studies (Maire 1928; Roux 2006, 2009; Eyssartier & Roux 2011; Santos-Silva *et al.* 2011; Holec *et al.* 2016) show that the *Gymnopilus suberis* has rather more affinity to oaks (*Quercus* sp.) than to other hardwood forests (Malençon & Bertault 1970; Haimed *et al.* 2011).

Acknowledgements

We express our thanks, recognitions and gratitude to Pr. Pierre ROUX, pharmacist-mycologist, at Ste Sigolène, for sharing his scientific knowledge with us and for providing us with bibliographic references. Additionally, Mouna Khaznadar, PhD and Yacine Louadj at Department of Biology and Plant Ecology and Laboratory for Valorization of Natural Biological Resources – Faculty of Natural and Life Sciences – University Ferhat Abbas Setif respectively, for their advice during the writing.

References

- African Plant Database (version 3.4.0) (2020). *African Plant Database*. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria. Available at <http://africanplantdatabase.ch> Last accessed 21.9.2020.
- Agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH). (1993). Carte pluviométrique de l'Algérie du Nord au 1/500 000. Notice explicative. Alger, Algérie.
- Alvarado, P., Moreau, P.-A., Sesli, E., Youcef Khodja, L., Contu, M. & Vizzini, A. (2018). Phylogenetic Studies on Bonomyces (Tricholomatineae, Agaricales) and Two New Combinations from Clitocybe. *Cryptogamie Mycologie* 39, 149-168.
- Ambrosio, E., Brotzu, R., Lancellotti, E., Franceschini, A. & Zotti, M. (2014). Macrofungi in *Abies alba* Miller plantation in North-western Sardinia, Italy. *Micologia Italiana* XLIII, 3-24.
- Azul, A.M., Castro, P., Sousa, J.P. & Freitas, H. (2009). Diversity and fruiting patterns of ectomycorrhizal and saprobic fungi as indicators of land-use severity in managed woodlands dominated by *Quercus suber* – a case study from southern Portugal. *Can. J. Forest Res.* 39 2404-2417.
- Bernicchia, A. (2005). *Polyporaceae s.l.* Fungi Europaei. Edizioni Candusso, Alassio Italy.
- Bon, M. (1988). *Flore mycologique d'Europe : Hygrophoraceae lotsy*. Documents mycologiques 1 : mémoire hors série. Arthaud, Paris.
- Bon, M. (1991). *Flore mycologique d'Europe : Tricholomataceae*. Documents mycologiques 2 : Mémoire hors série. Arthaud, Paris.
- Bon, M. (1993). *Flore mycologique d'Europe : Lepiotaceae roze*. Documents mycologiques 3 : Mémoire hors série. Arthaud, Paris.
- Bon, M. (1997a). Clé monographique du genre. *Inocybe* (1^{re} partie : généralités et espèces acystidées = Ss.-g. Inosperma).
- Bon, M. (1997b). *Flore mycologique d'Europe – Les clitocybes, omphales et ressemblants*. Documents mycologiques 4, mémoire hors série. Arthaud, Paris.
- Bory de Saint-Vincent, M.M. & Durieu de Maisonneuve, M. (1846). *Exploration scientifique de l'Algérie : pendant les années 1840, 1841, 1842*. Imprimerie royale.
- Bulliard, J.B.F. (1789). *Herbier de la France, ou Collection complète des plantes indigènes de ce*

- royaume. avec leurs détails anatomiques, leurs propriétés, et leurs usages en Médecine. Chez l'auteur, Didot, Debure, Belin, France.
- Cacialli, G., Garzella, C. & Bernicchia, A. (2015). Cellulariella warnieri, prima segnalazione per il territorio livornese. *Mycologia Montenegrina* 18, 89-99.
- Cavet, J. & Martin, M. (1998). Première contribution à la connaissance de la flore mycologique du Parc départemental de Bron-Parilly (Rhône). Première partie. *Bulletin mensuel de la Société linnéenne Lyon* 67 (4), 103-112.
- Chekireb, D., Moreau, P.-A. & Courtecuisse, R. (2013). *Russula* from Algerian cork-oak forests. *Documents mycologiques* 35, 325-347.
- Courtecuisse, R. & Duhem, B. (2013). *Champignons de France et d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Paris.
- De Laplanche, M.C. (1894). *Dictionnaire iconographique des champignons supérieurs (hyménomycètes) qui croissent en Europe, Algérie et Tunisie*. Librairie des sciences naturelles, Paris.
- Della Maggiora, M. & Trassinelli, A. (2015). Nomenclatural novelties. *Index Fungorum*, 246. Available at: <http://www.indexfungorum.org/Publications/Index%20Fungorum%20no.246.pdf>. Last accessed 20.06.2019.
- Djelloul, R. (2014). Cartographie des champignons au niveau du Parc national d'El Kala (Nord-Est Algérien). Badji Mokhtar – Annaba, Algérie.
- Djelloul, R., Samraoui, B. & Sellami, N.L. (2010). Inventory and distribution of higher fungi (macrofungi) at the bog Ain Khia (El Kala National Park, north east of Algeria). *Ann. Biol. Res.* 1, 95-105.
- Dorleans, G. (1972). Étude mycologique – Région de Chréa. *Annales de l'Institut national agronomique El Harrach, Algérie*. Available at: <http://dspace.ensa.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/657/1/ia00p126.pdf> Last accessed 03.03.2017.
- Eyssartier, G. & Roux, P. (2011). *Le guide des champignons – France et Europe*. Belin, Paris.
- Gelardi, M. (2007). Interessanti Boletaceae mediterranee rinvenute nel Lazio: *Xerocomus ichnusanus* e *X. persicolor*. *Bollettino Del Gruppo Micologico G. Bresadola-nuova serie BGMB* 50 (1-3), 141-160.
- Gelardi, M., Simonini, G., Ercole, E. & Vizzini, A. (2014). *Alessioporus* and *Pulchroboletus* (Boletaceae, Boletineae), two novel genera for *Xerocomus ichnusanus* and *X. roseoalbidus* from the European Mediterranean basin: Molecular and morphological evidence. *Mycologia* 106, 1168-1187.
- Gharzouli, R. & Djellouli, Y. (2005). Diversité floristique de la Kabylie des Babors (Algérie). *Science et changements planétaires / Sécheresse* 16, 217-223.
- Gierczyk, B., Kujawa, A., Szczepkowski, A. & Chachuła, P. (2011). Rare species of *Lepiota* and other genera. *Acta Mycologica* 46 (2), 137-178.
- Girometta, C.E., Bernicchia, A., Baiguera, R.M., Bracco, F., Buratti, S., Cartabia, M. et al. (2020). An Italian Research Culture Collection of Wood Decay Fungi. *Diversity* 12, 58.
- Grilli, E., Beker, H.J., Eberhardt, U., Schütz, N., Leonardi, M. & Vizzini, A. (2016). Unexpected species diversity and contrasting evolutionary hypotheses in *Hebeloma* (Agaricales) sections *Sinapizantia* and *Velutipes* in Europe. *Mycol. Prog.* 15, 1-46.
- Haimed, M., El-assfour, A., Ouazzani Touhami, A., Benkirane, R. & Douira, A. (2011). First report of *Gymnopilus norfolkensis* B. J. Rees & Lepp, (2000) on *Quercus suber* in Morocco. *Revue marocaine de protection des plantes*, 51-54.
- Halama, M. (2016). *Rubroboletus le-galiae* (Boletales, Basidiomycota), a species new for Poland. *Acta Mycologica* 50(2): 1066.
- Heitman, Howlett, Crous, Stukenbrock, James & Gow (Eds.). (2017). Fungal Diversity Revisited: 2.2 to 3.8 Million Species. In: *The Fungal Kingdom*. American Society of Microbiology, pp. 79-95.
- Henry, R. (1983). Cortinaires rares ou nouveaux. *Bulletin de la Société mycologique de France*, 5-92.
- Hibbett, D.S., Bauer, R., Binder, M., Giachini, A.J., Hosaka, K., Justo, A. et al. (2014). Agaricomycetes. In: *Systematics and Evolution* (eds. McLaughlin, D.J. & Spatafora, J.W.). Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 373-429.
- Holec, J., Kříž, M., Kolarik, M. & Zak, M. (2016). Mediterranean fungus *Gymnopilus suberis* discovered in Central Europe – a consequence of global warming? *Sydowia An International Journal of Mycology* 69-85.
- Index Fungorum (2020). *Index Fungorum*. Available at <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> Last accessed 21.9.2020
- Janda V., Kříž M., Konvalinková T. & Borovička J. (2017). Macroscopic variability of *Rubroboletus legaliae* with special regard to *Boletus spinarii*. *Czech Mycology* 69 (1), 31-50.
- Justo, A. & Hibbett, D.S. (2011). Phylogenetic classification of *Trametes* (Basidiomycota, Polyporales) based on a five-marker dataset. *Taxon* 60, 1567-1583.
- Kedad, A. & Bouznad, Z. (2018). *Catalogue des champignons d'Algérie*. Tarzalt M. Arts graphiques. Algiers – Algeria.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., David, J.C. & Stalpers, J.A. (2001). *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. 9th edn. Wallingford, UK.
- Kirk, P.M., Cannon, P.F., Minter, D.W. & Stalpers, J.A. (2008). *Ainsworth & Bisby's dictionary of the fungi*. 10th edn. Wallingford, UK.
- Kühner, R. & Romagnesi, H. (1953). *Flore analytique des champignons supérieurs*. Masson, Paris.
- Lacheva, M. (2014). *Agaricus pseudopratensis* (Agaricaceae) in the Bulgarian mycota: Diversity, distribution, morphology and ecology. *International Journal of Biosciences* 4(8), 175-182.
- Lacheva, M. (2015). Fungal diversity in mediterranean sub-mediterranean plant communities of Sakar mountain. *Trakia Journal of Sciences* 13, 18-26.
- Lange, J.E. (1938). *Flora agaricina danica*. Copenhagen, printed by Recato A/S Copenhagen. Available at: <http://bibdigital.rjb.csic.es/ing/Libro.php?Libro=8155&Pagina=1> Last accessed 21.09.2018.
- Lanier, L. (1994). Les champignons des cédraies en Algérie (étude comparative). In: *Protection des cédraies*. Available at: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/009/AH003F/AH003F03.pdf>. Last accessed 21.09.2018.
- Lannoy, G. & Estades, A. (2001). *Flore mycologique d'Europe – Les Bolets*. Documents mycologiques 6, mémoire hors série. Lille, France.
- Liimatainen, K., Carteret, X., Dima, B., Kytövuori, I., Bidaud, A., Reumaux, P. et al. (2017). *Cortinarius* section *Bicolores* and section *Saturnini* (Basidiomycota, Agaricales), a morphogenetic

- overview of European and north American species. *Persoonia – Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* 39, 175-200.
- Loizides, M. (2016). Macromycetes within Cistaceae-dominated ecosystems in Cyprus. *Mycotaxon* 131, 255-256.
- Louro, R., Calado, M., Pinto, B. & Santos-Silva, C. (2009). Epigeous macrofungi of the Parque de Natureza de Noudar in Alentejo (Portugal). *Mycotaxon* 107, 49-52.
- Ludwig, E. (2012). *Pilzkompedium, Band 3 – Die übrigen Gattungen der Agaricales mit weißem Sporenpulver*. Fungicon-Verlag, Berlin.
- Mahiques, A., Ortega, A. & Bidaud, A. (2001). *Cortinarius assiduus* (Telamonia, Firomoiros), nouvelle espèce de la zone méditerranéenne de la péninsule ibérique. *Bulletin mycologique Dauphiné-Savoie* 162, 41-47.
- Maire, R. (1906). Contributions à l'étude de la flore mycologique de l'Afrique du Nord. *B Soc Bot Fr* 53(7), 180-215.
- Maire, R. (1914). La flore mycologique des forêts de cèdres de l'Atlas. *Bulletin de la Société mycologique de France* 30, 199-220.
- Maire, R. (1916). Les Champignons vénéneux d'Algérie. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord* 7, 131-302.
- Maire, R. (1927a). Compte-rendu de la session extraordinaire de la Société mycologique de France, à Alger (novembre 1926). *B Soc Bot Fr* 43, XVIII-XXXVI.
- Maire, R. (1927b). Excursions mycologiques de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord dans la forêt de la Réghaïa les 18 novembre 1923 et 23 novembre 1924. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord* 18, 121-124.
- Maire, R. (1928). Diagnoses de champignons inédits de l'Afrique du Nord. *Bulletin de la Société mycologique de France* 44, 37-56.
- Maire, R. (1931). Sur la nocivité de l'*Entoloma rhodopolium* (Fr.) Quél. *Bulletin de la Société mycologique de France* 47, 87-88.
- Maire, R. (1945). Études mycologiques. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de l'Afrique du Nord* 36, 26-42.
- Maire, R. & Werner, R.G. (1937). *Fungi Maroccani. Catalogue raisonné des champignons connus jusqu'ici au Maroc*. Mémoires de la Société des sciences naturelles du Maroc. Maroc.
- Malençon, G. (1955). Prodrôme d'une flore mycologique du Moyen-Atlas. 3^e contribution. *Bulletin de la Société mycologique de France*, 265-311.
- Malençon, G. & Bertault, R. (1970). *Flore des champignons supérieurs du Maroc*. Tome I. Institut scientifique chérifien et de la Faculté des sciences de Rabat, Maroc.
- Malençon, G. & Bertault, R. (1975). *Flore des champignons supérieurs du Maroc*. Tome II. Institut scientifique chérifien et de la Faculté des sciences de Rabat, Maroc.
- Malençon, G., Romagnesi, H. & Reid, D.A. (1968). Une nouvelle Amanite méridionale, *Amanita lactea*. *Revue mycologique* 32, 408-413.
- Métrod, G. (1946). Révision des Clitocybes. *Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France* 62, 42-49.
- Montagne, D.M. (1860). Neuvième centurie de plantes cellulaires nouvelles. In: *Annales des sciences naturelles botanique*. Librairie Victor Masson et fils, pp. 167-185.
- Moreau, P.-A. (2009). Révision des Tricholomataceae clitocyboïdes et omphaloïdes. In: *Compléments à la flore des champignons supérieurs du Maroc de G. Malençon et R. Bertault*. Confédération européenne de mycologie méditerranéenne, pp. 447-492.
- Moreau, P.-A., Courtecuisse, R. & Bellanger, J.-M. (2015). Les noms qui changent Agaricales, Boletales et Tricholomatales. *Documents mycologiques* 36, 85-101.
- Neuenschwander, P., Sinsin, B. & Goergen, G. (2011). *Protection de la nature en Afrique de l'Ouest : une liste rouge pour le Bénin*. International Institute of Tropical Agriculture, Nigeria.
- Neville, P. & Poumarat, S. (2009). Révision des Amaniteae : genres Amanita et Limacella. Flore des champignons supérieurs du Maroc. Tome I. In: *Compléments à la flore des champignons supérieurs du Maroc de G. Malençon et R. Bertault*. Confédération européenne de mycologie méditerranéenne, pp. 39-72.
- Nezzar-Hocine, H., Bouteville, R.J., Guinberteau, J., Perrin, R. & Chevalier, G. (1998). La macroflore fongique de *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière. II- Les champignons ectomycorhiziens d'une cédraie du massif du Djurdjura (Algérie). *Cryptogamie Mycologie* 19(1-2), 139-161.
- Nezzar-Hocine, H., Bouteville, R.J., Halli-Hargas, R. & Chevalier, G. (1996). La macroflore fongique de *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière. I- Inventaire des espèces d'une cédraie du massif du Djurdjura (Algérie) et connaissances actuelles sur les champignons des cédraies. *Cryptogamie Mycologie* 17(2), 85-103.
- Noordeloos, M.E. (1982). *Entoloma* subgenus *Leptonia* in northwestern Europe-I. Introduction and a revision of its section *Leptonia*. *Persoonia* 11, 451-471.
- Noordeloos, M.E. (1992). *Entoloma s.l.: Supplemento. Fungi europaei*. Giovanna Biella, Saronno, Italy.
- Noordeloos, M.E. (2004). *Entoloma s.l.: Supplemento. Fungi europaei*. Edizioni Candusso, Alassio, Italy.
- Nounsi, A., Outcoumit, A., Selmaoui, K., Ouazzani Touham, A., Benkirane, R. & Douira, A. (2014). Inventaire des champignons ectomycorhiziens du Maroc. *Journal of Applied Biosciences* 79, 6826-6854.
- Ortega, A. & Lorite, J. (2007). Macrofungi diversity in cork-oak and holm-oak forests in Andalusia (southern Spain); an efficient parameter for establishing priorities for its evaluation and conservation. *Central European Journal of Biology* 2(2), 276-296.
- Ortega, A., Lorite, J. & Valle, F. (2010). Mycorrhizal macrofungi diversity (Agaricomycetes) from Mediterranean Quercus forests; a compilation for the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Nova Hedwigia* 91, 1-31.
- Ortega, A. & Navarro, F.B. (2006). The mycobiota (Agaricales, Boletales, Russulales) from Andalusia (southern Spain): chorological and biogeographical analysis. *Nova Hedwigia* 83, 233-247.
- Orton, P.D. (1960). New check list of British Agarics and Boleti. *Br Mycol Soc Trans.* 43(2), 159-439.
- Parra Sánchez, L.A. (2008). *Agaricus L.: Allopsalliota Nauta & Bas: Tribu Agariceae S. Imai*. Candusso, Alassio.
- Parret, J. (1996). *L'Arbre*. Actes sud, Arles. 93p.
- Patouillard, N.T. (1897). Additions au catalogue des champignons de la Tunisie. *Bulletin de la Société mycologique de France* 13, 197-217.

- Patouillard, N.T. (1902). Champignons algéro-tunisiens nouveaux ou peu connus (suite). *Bulletin de la Société mycologique de France* 18, 46-53.
- Patouillard, N.T. (1903). Additions au catalogue des champignons de la Tunisie (suite). *Bulletin de la Société mycologique de France* 19, 254-261.
- Patouillard, N.T. (1905). Champignons algéro-tunisiens nouveaux ou peu connus (suite). *Bulletin de la Société mycologique de France* 21, 117-122.
- Patouillard, N.T. (1906). Champignons algéro-tunisiens nouveaux ou peu connus (suite). *Bulletin de la Société mycologique de France* 22, 195-201.
- Pecoraro, L., Perini, C., Salerni, E. & De Dominicis, V. (2007). Contribution to the knowledge of the mycological flora of the Pigelleto Nature Reserve, Mt. Amiata (Italy). *Flora Mediterranea* 17, 143-163.
- Rebbas, K., Boutabia, L., Touazi, Y., Gharzouli, R., Djellouli, Y. & Alatou, D. (2011). Inventaire des lichens du Parc national de Gouraya (Béjaïa, Algérie). *Phytothérapie* 9, 225-233.
- Ribes, M.A., Hernanz, J., Tello, S., Campos, J.C., Paz, I., Sánchez, G., et al. (2016). Contribución al conocimiento de la biodiversidad fúngica del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido I. *Pirineos* 171, e021.
- Robert, V., Stegehuis, G., & Stalpers, J. (2005). *The MycoBank engine and related databases*. Available at <http://www.mycobank.org>. Last accessed 21.9.2020.
- Rolland, M.L. (1906). Observations sur le *Mycenastrum Corium* Dcsv. et sur le *Bovista plumbea* Pers. *Bulletin de la Société mycologique de France* 22, 109-115.
- Romagnesi, H. (1942). Quelques points de taxonomie. *Bulletin trimestriel de la Société mycologique de France* 58, 81-89.
- Rosa, L.H. & Capelari, M. (2009). Agaricales Fungi from Atlantic rain forest fragments in Minas Gerais, Brazil. *Braz J Microbiol.* 40, 846-851.
- Roumeguère, C. (1880). Bouquet de champignons nouveaux observés dans le Midi de France et en Algérie. *Revue mycologique* 2, 187-191.
- Roumeguère, C. & Saccardo, P.A. (1881). Fungi Algerienses Trabutiani – Sertulum II. *Revue mycologique* 3, 26-32.
- Roux, P. (2006). *Mille et un champignons*. Éd. Roux, Sainte-Sigolène (Haute-Loire), France.
- Roux, P. (2009). Révision du genre *Gymnopilus* P. Karst. In: *Compléments à la flore des champignons supérieurs du Maroc de G. Malençon et R. Bertault*. Confédération européenne de mycologie méditerranéenne, pp. 339-340.
- Santos-Silva, C., Gonçalves, A. & Louro, R. (2011). Canopy cover influence on macrofungal richness and sporocarp production in montado ecosystems. *Agroforest Syst.* 82, 149-159.
- Singer, R. (1949/1951). The Agaricales in modern Taxonomy. *Lilloa* 22, 1-832
- Tulloss, R. & Gminder, A. (2000). *Amanita lactea*: stato attuale delle conoscenze su una specie relativamente isolata della sezione *Vaginatae*. *Bollettino Del Gruppo Micologico G. Bresadola- Nuova Serie BGMB* 43(2), 279-285.
- Uzun, Y., Acar, I., Akata, I. & akçay, M. (2013). Three new records for Turkish *Cortinari* from Bingöl province. *Biological Diversity and Conservation* 6(3), 160-163.
- Velenovský, J. (1920). *eské houby*. České Botanické Společnosti, Praha, Dil 2, 201-424. Available at: <https://biodiversitylibrary.org/page/2970759>
- Vellinga, E.C. (2004). Ecology and Distribution of Leptotaceous Fungi (Agaricaceae) – A Review –. *Nova Hedwigia* 78, 273-299.
- Venturella, G. & La Rocca, S. (2001). Strategies for conservation of fungi in the Madonie Park, North Sicily. In: *Fungal Conservation Issues and Solutions*. British Mycological Society, UK, pp. 156-161.
- Vizzini, A. (2014). Nomenclatural novelties. *Index Fungorum*, n° 154, 1-1. Available at: <http://www.indexfungorum.org/Publications/Index%20Fungorum%20no.244.pdf>. Last accessed 13.05.2019
- Vizzini, A. (2015). Nomenclatural novelties. *Index Fungorum*, no. 244. Available at: <http://www.indexfungorum.org/Publications/Index%20Fungorum%20no.244.pdf>. Last accessed 13.05.2019.
- Vizzini, A., Contu, M., Musumeci, E. & Ercole, E. (2011). A new taxon in the *Infundibulicybe gibba* complex (Basidiomycota, Agaricales, Tricholomataceae) from Sardinia (Italy). *Mycologia* 103, 203-208.
- Wasser, S.P., Garibova, L.V. & Mokeeva, V.L. (1976). Morphometry and taxonomy of genus *Agaricus* Fr. Emend. Karst. *Ukrains'kii Botanichnii Zhurnal* 33, 246-251.
- Zervakis, G., Polemis, E. & Dimou, D. (2002). Mycodiversity studies in selected ecosystems of Greece: III. Macrofungi recorded in *Quercus* forests in southern Peloponnese. *Mycotaxon* 84, 141-162.
- Zmitrovich, I.V. & Malysheva, V.F. (2014). Nomenclatural novelties. *Index Fungorum* n° 180. Available at: <http://www.indexfungorum.org/Publications/Index%20Fungorum%20no.180.pdf>. Last accessed 25.03.2019.
- Zotti, M. & Pautasso, M. (2013). Macrofungi in Mediterranean *Quercus ilex* woodlands: relations to vegetation structure, ecological gradients and higher-taxon approach. *Czech Mycology* 65, 193-218. Available at: http://www.czechmycology.org/_cmo/CM65205.pdf. Last accessed 22.03.2019.

Appendix (Annexe)

Table – List of Agaricomycetes reported from Babors Kabylia (north of Algeria).

(n): the number in parentheses indicates the species name cited in the reference

*: New species from Algeria

Algeria UL: Unreported locality

Groupes, Orders, Families	Synonyms reported in references	Habitats	Localities	References
Current species names				
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Agaricaceae				
1. <i>Agaricus campestris</i> L.	<i>Psalliota campestris</i> (L.) Fr. ss J. Lange (1) <i>Psalliota campestris</i> Sec ex Schaeff. (Vitt) (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Quercus suber</i>	Bli. Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a,b) (1) Malençon & Bertault (1970) (1) Dorleans (1972)(2).
2. <i>Agaricus dulcidulus</i> Schulzer in Kalchbrenner	<i>Pratella rubella</i> Gill. (1) <i>Psalliota semota</i> Fr. (2) <i>Psalliota amethystea</i> Quél. (3) <i>Psalliota rubella</i> Gill. (4)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Quercus</i> sp <i>Pinus</i> sp	Algeria UL	De Laplanche (1894) (4) Malençon & Bertault (1970)(1)(2) (3)
3. <i>Agaricus pseudopratenensis</i> (Bohus) Wasser *	-----	<i>Calicotome spinosa</i> <i>Olea europaea</i>	Bab.	-----
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Boletaceae				
4. <i>Alessiopus ichnusanus</i> (Alessio, Galli & Littini) Gelardi, Vizzini & Simonini *	-----	<i>Olea europaea</i> <i>Q. suber</i>	Bab.	-----
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Amanitaceae				
5. <i>Amanita lactea</i> Malençon, Romagn. & D.A. Reid *	-----	<i>Olea europaea</i>	Bab.	-----
6. <i>Amanita vaginata</i> (Bull.) Lam. (1)	<i>Amanita vaginata</i> ssp <i>lividopallscens</i> Fr.Scop. (2) <i>Amanita vaginata</i> Var. <i>grisea</i> (3)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Dju. Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (3) Malençon & Bertault (1970) (1) Dorleans (1972) (1) Lanier (1994)(1) (2) Nezzar-Hocine et al. (1996, 1998) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Physalacriaceae				
7. <i>Armillaria mellea</i> (Vahl.) Kumm. (1)	<i>Clitocybe mellea</i> (Fr. ex Vahl) Maire (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Pinus halepensis</i> , <i>Populus alba</i> , <i>Q. suber</i>	Bli. Cal. Dju. Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (1) Maire & Werner (1937)(2) Malençon & Bertault (1975) (1) Lanier (1994) (1) Djelloul et al. (2010)(1) Nezzar-Hocine et al. (1996) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Diplocystidiaceae				
8. <i>Astraeus hygrometricus</i> (Pers.) Morgan (1)	<i>Geaster hygrometricus</i> (Pers.) Morg. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. Suber</i>	Bli. Rég.	Bory de Saint-Vincent & Durieu de Maisonneuve (1848) (2) Roumeguère & Saccardo (1881) (2) Maire (1927a) (1) Maire & Werner (1937) (1) Dorleans (1972) (2)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Auriculariales, Auriculariaceae				
9. <i>Auricularia auricula-judae</i> (Bull.) Quél.	-----	trunk of <i>Q. suber</i>	Cal. Rég.	Patouillard (1897) Maire (1927a, 1927b) Maire & Werner (1937) Djelloul et al. (2010)

AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Boletaceae					
10.	<i>Boletus aereus</i> Bull. (1)	Fr. <i>Tubiporus edulis</i> (Fr.) Karst. ssp. <i>aereus</i> (Fr.) Maire (2)	<i>Q. suber</i>	Rég.	Maire (1927a, 1927b) (1) Maire & Werner (1937) (2)
11.	<i>Boletus subtomentosus</i> L. (1)	<i>Xerocomus subtomentosus</i> (L.: Fr.) Quél. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Dju. Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (1) Maire & Werner (1937) (2) Nezzar-Hocine (1998) (2)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Polyporales, Polyporaceae					
12.	<i>Cellulariella warnieri</i> (Durieu & Mont.) & Malysheva	<i>Lenzites warnieri</i> Durieu & Mont. (1) <i>Lenzites (Suberosae) warnieri</i> (2)	trunk of <i>Ulmus</i> sp <i>Q. suber</i>	Tip.	De Laplanche (1894) (1) Montagne (1860) (1) (2)
13.	<i>Cerrena unicolor</i> (Bull. Fr.) Murrill	<i>Daedalea unicolor</i> (Bull.) Fr. (1) <i>Coriolus unicolor</i> (Fr. ex Bull.) Pat.(2)	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) (1) Maire & Werner (1937) (1) Patouillard (1897) (1) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Agaricaceae					
14.	<i>Chlorophyllum rhacodes</i> (Vittad.) villigna	<i>Lepiota rhacodes</i> (Vitt.) Fr.)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli.	De Laplanche (1894) Lanier (1994) Malençon & Bertault (1970) Nezzar-Hocine et al. (1996)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Cantharellales, Clavulinaceae					
15.	<i>Clavulina coralloides</i> (L.: Fr.) J. Schröt. in Cohn	<i>Clavaria coralloides</i> L. (1) <i>Ramaria cristata</i> Holmsk (2) <i>Clavaria cristata</i> Fr. ex Pers. (3)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a) (3) Maire & Werner (1937) (3) Lanier (1994) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Tricholomataceae					
16.	<i>Clitocybe afrosinopica</i> P.-A. Moreau (1)	<i>Bonomyces afrosinopicus</i> (P.-A. Moreau) P. Alvarado, P.-A. Moreau, Youcef Khodja & Contu (2)	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Pinus halepensis</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Cnt.	Alvarado et al.(2018) (1) (2)
17.	<i>Clitocybe costata</i> Kühner & Romagnesi (1)	<i>Clitocybe squamulosa</i> pers.) (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Dju.	Kühner & Romagnesi (1953)(1) Malençon & Bertault (1975) (1) (2) Nezzar-Hocine et al. (1996) (1)
18.	<i>Clitocybe gibba</i> (Pers.) Kumm.(1)	<i>Omphalia gibba</i> (Pers.) Gray (2)	<i>Q. ilex</i> <i>Q. canariensis</i> <i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) (2) Malençon & Bertault (1975) (1)
19.	<i>Clitocybe lituus</i> (Fr.) Métrod. ☼	-----	<i>Pinus halepensis</i> <i>Q. suber</i>	Bab.	-----
20.	<i>Clitocybe mediterranea</i> (Vizzini, Contu & Musumeci) E. Ludw. ☼	-----	<i>Q.suber</i>	Bab.	-----
21.	<i>Clitocybe rivulosa</i> (Pers.: Fr.) Kumm. (1)	<i>Clitocybe dealbata</i> (Sowerby) Kumm.(1871) (2)	<i>Q. suber</i>	Rég.	De Laplanche (1894) (1) (2) Maire (1927b) (2) Maire & Werner (1937) (1) Malençon & Bertault (1975) (1) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Marasmiaceae					
22.	<i>Clitocybula lenta</i> (Maire) Malençon & Bertault (1)	<i>Mycena lenta</i> Maire (2)	<i>Eucalyptus</i> sp <i>Q. suber</i> . <i>Pinus halepensis</i>	Rég.	Maire (1927a, 1927b) (1) Maire & Werner (1937) (1) Malençon & Bertault (1975) (1) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales Entolomataceae					
23.	<i>Clitopilus geminus</i> (Paulet) Noordel. & Co-David	<i>Tricholoma geminum</i> (Paulet) Sacc.	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales Psathyrellaceae					
24.	<i>Coprinellus micaceus</i> (Bull.) Vilgalys & Jacq. Johnson	<i>Coprinus micaceus</i> (Bull.) Fr.	<i>Q. suber</i>	Rég.	De Laplanche (1894) Maire (1927a, 1927b)
25.	<i>Coprinopsis lagopus</i> (Fr.) Redhead, Vilgalys & Moncalvo, in Vilgalys, Moncalvo, Johnson & Hopple	<i>Agaricus lagopus</i> Fr.	<i>Q. afares</i> , <i>Q. faginea</i> <i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) Maire & Werner (1937) Malençon & Bertault (1970)

AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Agaricaceae					
26.	<i>Coprinus comatus</i> (O.F. Müller :Fr.) Pers. (2)	<i>Coprinus ovatus</i> (Schaeff.) Fr. (1)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Dju. Rég.	De Laplanche (1894) (2) Maire & Werner (1937) (2) Maire (1927b) (1) Malençon & Bertault (1970) (2) Nezzar-Hocine et al. (1996) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Cortinariaceae					
27.	<i>Cortinarius castaneus</i> var. <i>monspeliensis</i> Bidaud & Fillion	<i>Agaricus castaneus</i> Bull. (1) <i>Cortinarius castaneus</i> Fr. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Rég. Dju.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (2) Maire & Werner (1937) (2) Nezzar-Hocine et al. (1996,1998) (2)
28.	<i>Cortinarius confirmatus</i> Rob. Henry. ☼	-----	<i>Q. suber</i>	Bab.	-----
29.	<i>Cortinarius fulvescens</i> Fr.	-----	<i>Arbutus unedo</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894)
30.	<i>Cortinarius trivialis</i> J.E. Lange ☼	-----	<i>Q. suber</i>	Bab.	
31.	<i>Cortinarius variformis</i> Malençon	-----	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	Malençon & Bertault (1970)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE Cantharellales Cantharellaceae					
32.	<i>Craterellus cornucopioides</i> (L.: Fr.) Pers. (1)	<i>Pleurotus cornucopioides</i> (L.) Gillet (2)	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) (2) Maire & Werner (1937) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Marasmiaceae					
33.	<i>Crinipellis subtomentosa</i> (Peck) Singer	<i>Crinipellis mauretanicus</i> Maire (1) <i>Delicatula mauretanicus</i> (Maire) Kühner & Romagnesi (2)	on twigs and rotten of <i>Genista tricuspidata</i> <i>Ilex aquifolium</i> <i>Q. coccifera</i>	Rég.	Maire (1927b, 1928) (2) Malençon & Bertault (1975) (1) Kühner & Romagnesi (1953) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Hygrophoraceae					
34.	<i>Cuphophyllus virgineus</i> (Wulfen: Fr.) Kovalenko (3)	<i>Hygrophorus virgineus</i> (Fr. ex wulf (1) <i>Hygrophorus niveus</i> (Scop.) Fr. (2)	<i>Cerdu atlantica</i> <i>Q. ilex</i>	Bli. Dju.	De Laplanche (1894) (1) (2) Dorleans (1972) (1) Malençon & Bertault (1975) (2) Nezzar-Hocine et al. (1998) (1) (2) (3)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales Hymenogasteraceae					
35.	<i>Cyclocybe cylindracea</i> (DC. : Fr.) Vizzini & Angelini	<i>Agaricus cylindraceus</i> DC. (1) <i>Pholiota cylindracea</i> Gill. (2) <i>Agrocybe aegerita</i> (Brig.) Singer (3) <i>Agrocybe cylindracea</i> (Fr.) Maire (4)	<i>Fraxinus</i> sp <i>Q. suber</i> <i>Salix alba</i>	Rég.	De Laplanche (1894) (2) Maire (1927a, 1927b) (2) Maire & Werner (1937) (2) Malençon & Bertault (1970) (1) (3) Moreau (2009) (3) (4)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales Strophariaceae					
36.	<i>Deconica coprophila</i> (Bull.) P. Karst. (1)	<i>Psilocybe coprophila</i> (Bull.: Fr.) Kumm. 1871) (2) <i>Geophila coprophila</i> (Bull.) Qué. (3)	<i>Q. suber</i>	Rég.	De Laplanche (1894) (2) Maire & Werner (1937) (1) Maire (1927b) (3) Malençon & Bertault (1970) (2) (3)
AGARICOMYCETIDAE Agaricales Entolomataceae					
37.	<i>Entoloma caeruleum</i> (P.D. Orton) Noordel. ☼	-----	<i>Q. suber</i> in Sphagnum (Moss) near <i>Cistus</i> sp	Bab.	-----
38.	<i>Entoloma conferendum</i> (Britzelm.) Noordel.	<i>Nolanea staurospora</i> Bres. (1) <i>Rhodophyllus staurosporus</i> (Bers.) J. Lange (2)	Lawn, Moss	Algeria UL	De Laplanche (1894) (1) Malençon & Bertault (1970) (2)
39.	<i>Entoloma hebes</i> (Romagn.) Trimbach	<i>Nolanea mammosa</i> (Fr.) Qué. (1) <i>Rhodophyllus mammosus</i> (L. ex Fr.) Qué. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Rég. Bli	De Laplanche (1894) (1) Maire (1914, 1927b) (1) Malençon & Bertault (1970) (2)
40.	<i>Entoloma papillatum</i> (Bres.) Dennis	<i>Nolanea papillata</i> Bres.	<i>Q. suber</i>	Rég.	De Laplanche (1894) Maire (1927b)
41.	<i>Entoloma rhodopolium</i> (Fr.: Fr.) Kumm. (1)	<i>Rhodophyllus nidorosus</i> (Fr.) Qué. (2) <i>Rhodophyllus rhodopolium</i> (Fr.) Qué. (3) <i>Entoloma nidorosum</i> (Fr.) Qué. (4)	<i>Q. suber</i> <i>Q. ilex</i>	Alg. Bli.	De Laplanche (1894) (1) Dorleans (1972) (3) (4) Maire (1931) (1) Maire & Werner (1937) (4) Malençon & Bertault (1970) (2)
42.	<i>Entoloma turci</i> (Bres.) M.M. Moser (1)	<i>Leptonia turci</i> Bres. (2)	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) (2) Kühner & Romagnesi (1953) (1)
43.	<i>Entoloma undatum</i> (Gillet) M.M. Moser	<i>Clitopilus undatus</i> Gillet (1) <i>Rhodophyllus undatus</i> var. <i>odorosus</i> J. Favre (2) <i>Eccilia undata</i> Bers. (3)	<i>Pinus</i> sp <i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) (1) Kühner & Romagnesi (1953) (2) Malençon & Bertault (1970, 1975) (2) (3).

44.	<i>Fomes fomentarius</i> (L.) Fr.	-----	<i>Q. Suber</i> <i>Fraxinus sp</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) Maire & Werner (1937)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (Incertae sedis), Hymenochaetales, Hymenochaetaceae					
45.	<i>Fusoporia torulosa</i> (Pers.: Fr.) T. Wagner & M. Fisch.	<i>Phellinus torulosus</i> (Pers.) Bourdot & Galzin (1) <i>P. fuscopurpureus</i> Boudier (2) <i>P. rubriporus</i> Quél. (3)	<i>Q. suber</i>	Cal.	Maire (1927b) (3) Malençon (1952) (1) (2) (3) Maire & Werner (1937) (1) (3)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Hymenogastraceae					
46.	<i>Galerina badipes</i> (Pers.: Fr.) Kühner (1)	<i>Galerina cedretorum</i> (Maire) Singer 1950 (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Abies numidica</i> <i>Q. canariensis</i>	Algeria UL	Malençon & Bertault (1970) (1) (2)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (Incertae sedis), Polyporales, Ganodermataceae					
47.	<i>Ganoderma applanatum</i> (Pers.: Fr.) Pat. (1)	<i>Fomes applanatus</i> Bull. (2) <i>Polyporus applanatus</i> (Pers.) Wallr. (3)	<i>Citrus sp</i> <i>Q. suber</i>	Rég.	De Laplanche (1894) (2) Maire (1927b) (3) Maire & Werner (1937) (1)
48.	<i>Ganoderma lucidum</i> (Curtis : Fr.) P. Karst. 1881 (1)	<i>Fomes lucidus</i> Bull. (2) <i>Polyporus lucidus</i> (Curtis) Fr.(3)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i> <i>Salix sp</i>	Bli. Bou. Rég.	De Laplanche (1894) (2) Patouillard (1903) (1) Maire (1927b) (3) Maire & Werner (1937) (1) Dorleans (1972) (1) Lanier (1994) (1)
PHALLOMYCETIDAE, Geastrales, Geastraceae					
49.	<i>Geastrum elegans</i> Vittad.	-----	Lawn	Algeria UL	Bory de Saint-Vincent & Durieu de Maisonneuve (1848)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Hymenogastraceae					
50.	<i>Gymnopilus penetrans</i> (Fr.: Fr.) Murrill (1)	<i>Flammula penetrans</i> (Fr.) Quél. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. Suber</i>	Bli.	De Laplanche (1894) (2) Malençon & Bertault (1970) (1) Lanier (1994) (1)
51.	<i>Gymnopilus suberis</i> (Maire) Singer (2)	<i>Pholiota suberis</i> Maire (1)	<i>Q. lusitanica</i> <i>Q. suber</i>	Rég.	Maire (1927a, 1927b, 1928) (1) Malençon & Bertault (1970) (1) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Omphalotaceae					
52.	<i>Gymnopus dryophilus</i> (Bull.: Fr.) Murrill	<i>Collybia dryophila</i> (Bull.: Fr.) Kumm. (1) <i>Marasmius dryophilus</i> (Bull. ex Fr.) Karsten (2)	<i>Q. suber.</i>	Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (1) Maire & Werner (1937) (1) (2) Malençon & Bertault (1975) (1)
53.	<i>Gymnopus fusipes</i> (Bull.: Fr.) Gray	<i>Collybia fusipes</i> (Bull. ex Fr.) Quél.	<i>Q. ilex</i> <i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) Malençon & Bertault (1975)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Hymenogastraceae					
54.	<i>Hebeloma cistophilum</i> Maire	-----	<i>Q. suber</i> <i>Cistus sp</i>	Rég.	Maire (1927a, 1927b) Maire & Werner (1937) Malençon & Bertault (1970) Courtecuisse & Duhem (2013)
55.	<i>Hebeloma leucosarx</i> PDOrton ☼	-----	<i>Q. suber</i>	Bab.	-----
56.	<i>Hebeloma mesophaeum</i> (Pers.) Quél.	-----	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Cal. Dju.	De Laplanche (1894) Malençon & Bertault (1970) Nezzar-Hocine (1998) Djelloul et al. (2010) Nezzar-Hocine et al. (1996)
57.	<i>Hebeloma sinapizans</i> (Paulet) Gillet	-----	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. Suber</i>	Bli. Dju.	De Laplanche (1894) Maire & Werner (1937) Malençon & Bertault (1970) Lanier (1994) Nezzar-Hocine (1996; 1998)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Boletaceae					
58.	<i>Hemileccinum impolitum</i> (Fr.) Šutara	<i>Boletus impolitus</i> Fr.	<i>Q. suber</i>	Rég.	Maire (1927a, 1927b) Courtecuisse & Duhem (2013)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Pleurotaceae					
59.	<i>Hohenbuehelia petaloides</i> (Bull.: Fr.) Schulzer	<i>Pleurotus geogenius</i> Bres. (1) <i>Acanthocystis petaloides</i> (Fr. ex Bull.) Kuhn. var. <i>geogenius</i> (Pers. ex D.C.) Konrd. & Maubl. (2)	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) (1) Maire & Werner (1937) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Boletaceae					
60.	<i>Hortiboletus rubellus</i> (Krombh.) Simonini, Vizzini & Gelardi.	<i>Boletus rubellus</i> Krombh. (1) <i>Boletus rubellus</i> Quél. Bat. (2)	<i>Q. suber</i>	Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (2).

AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Hygrophoraceae						
61.	<i>Hygrocybe chlorophana</i> (Fr.: Fr.) Wünsche	<i>Hygrophorus chlorophanus</i> Fr.	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli.		De Laplanche (1894) Dorleans (1972)
62.	<i>Hygrocybe conica</i> (Schaeff.: Fr.) Kumm.	(1) <i>Hygrophorus conicus</i> Scop. in Fr. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Dju.		De Laplanche (1894)(2) Maire & Werner (1937) (2) Dorleans (1972) (2) Nezzar-Hocine et al. (1998) (1)
63.	<i>Hygrophorus arbustivus</i> Fr.	-----	<i>Q. canariensis</i> <i>Q. suber</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894) Maire & Werner (1937) Malençon & Bertault (1975)
64.	<i>Hygrophorus cossus</i> (Sowerby: Fr.) Fr.	<i>Hygrophorus cossus</i> (Fr. ex. Sowerby) Quél.(1) <i>Hygrophorus eburneus</i> Fr. var. <i>Cossus</i> (Fr.) Quél. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Dju.		De Laplanche (1894) (1) Maire & Werner (1937) (2) Dorleans (1972) (1) Nezzar-Hocine et al. (1996) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Strophariaceae						
65.	<i>Hypholoma fasciculare</i> (Huds.: Fr.) Kumm. (1)	<i>Nematoloma fasciculare</i> (Huds.) P. Karst. (2) <i>Geophila fascicularis</i> (Huds. ex Fr.) Kühner & Romagnesi (3)	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Q. afares, ilex</i> ...	Bli., Cal. Rég.		De Laplanche (1894) (1) Maire (1916) (1) (2) Maire (1927a, 1927b) (2) Malençon & Bertault (1970) (3) Lanier (1994) (2) Djelloul et al. (2010) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Inocybaceae						
66.	<i>Inocybe grammata</i> Quél.	-----	<i>Q. suber</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894)
67.	<i>Inocybe praetervisa</i> Quél.	-----	<i>Q. suber</i> <i>Pinus halepensis</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894) Malençon & Bertault (1970)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Hydnangiaceae						
68.	<i>Laccaria laccata</i> (Scop.: Fr.) Cooke. (1)	<i>Clitocybe laccata</i> Bull. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Dju. Rég. Tel. Tha		De Laplanche (1894) (2) (Maire 1906, 1914, 1927b, a) (1) Maire & Werner (1937) (1) Dorleans (1972) (1) Nezzar-Hocine (1996, 1998) (1) (2)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Russulales, Russulaceae						
69.	<i>Lactarius atlanticus</i> (1)	Bon <i>Lactarius serifluus</i> (DC. ex Fr.) Fr. (2)	<i>Q. suber</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894) (1) Malençon & Bertault (1975) (2)
70.	<i>Lactarius zonarius</i> (Bull.) Fr.	-----	<i>Q. suber</i>	Rég.		De Laplanche (1894) Maire (1927a, 1927b) Maire & Werner (1937)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Polyporales, Fomitopsidaceae						
71.	<i>Laetiporus sulphureus</i> (Bull.:Fr.) Murrill	<i>Boletus sulphureus</i> Bull. (1) <i>Polyporus sulphureus</i> Fr. ex Bull. (2)	<i>Ceratonia siliqua</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894) (1) Maire & Werner (1937) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Boletaceae						
72.	<i>Lanmaoa fragrans</i> (Vittad.) Vizzini, Gelardi & Simonini	<i>Boletus fragrans</i> Vittad.	<i>Q. suber</i>	Rég.		De Laplanche (1894) Maire (1927a, 1927b) Courtecuisse & Duhem (2013)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Agaricaceae						
73.	<i>Lepiota echinella</i> & G.E. Bernard	Quél. -----	<i>Quercus ilex</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894)
74.	<i>Lepiota erminea</i> (Fr.) Kumm. (1)	<i>Lepiota clypeolaria</i> var. <i>alba</i> Bres.(2); <i>Lepiota alba</i> (Bull.ex Fr.) (3)	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Quercus</i> sp, <i>Pinus</i> sp	Bli.		De Laplanche (1894) (1) (2) Malençon & Bertault (1970) (3) Dorleans (1972) (3)
75.	<i>Lepiota forquignonii</i> Quél.	-----	<i>Olea europaea</i> Lawn	Algeria UL		De Laplanche (1894)
76.	<i>Lepiota oreadiformis</i> Velen. ☼	-----	Lawn	Bab.		-----
77.	<i>Leucogarricus pilatianus</i> (Demoulin) Bon & Boiffard (1)	<i>Lepiota rufovelutina</i> Velen. (1) (2)	<i>Q. suber</i>	Alg.		Courtecuisse & Duhem (2013) (1) Malençon & Bertault (1970) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Amanitaceae						
78.	<i>Limacella ochraceorosea</i> (Béguet & Bon) Neville & Poumarat	<i>Limacella illinita</i> var. <i>ochraceorosea</i> Béguet & Bon	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. ilex</i>	Algeria UL		Malençon & Bertault (1970)

AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Agaricaceae					
79.	<i>Lycoperdon perlatum</i> Pers.: Pers.	-----	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Dju.	Bory de Saint-Vincent & Durieu de Maisonneuve (1848) Maire & Werner (1937) Dorleans (1972) Nezzar-Hocine et al. (1996)
80.	<i>Macrolepiota procera</i> (Scop.) Singer (2)	<i>Lepiota procera</i> (Scop. ex Fr.) Quél. (1)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Dju. Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (1) Malençon & Bertault (1970) (1) Dorleans (1972) (1) Lanier (1994) (1) Maire & Werner (1937) (1) Nezzar-Hocine et al. (1996) (1) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Marasmiaceae					
81.	<i>Marasmius oreades</i> (Bolton) Fr.	-----	<i>Q. suber.</i>	Rég.	De Laplanche (1894) Maire (1927a, 1927b) Maire & Werner (1937) Malençon & Bertault (1975)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Tricholomataceae					
82.	<i>Melanoleuca excissa</i> (Fr.) Singer	<i>Tricholoma excissum</i> (Fr.) Quél. (1) <i>Melanoleuca grammopodia</i> (Fr. ex Bull.) Pat. (2)	<i>Olea europaea</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) (1) Maire & Werner (1937) (2) Malençon & Bertault (1975) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Mycenaceae					
83.	<i>Mycena haematopus</i> (Pers.: Fr.) Kumm. (1)	<i>Mycena haematopoda</i> (Fr.) Quél. (2)	<i>Eucalyptus globulus</i> <i>Q. ilex, afares, suber</i>	Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a, 1927b) (2) Malençon & Bertault (1975) (2)
84.	<i>Mycena pura</i> (Pers.: Fr.) Kumm. (1)	<i>Mycena pura</i> var. <i>alba</i> (Gillet) Arnolds (2)	<i>Cedrus atlantica</i> , <i>Q. canariensis</i> , <i>ilex, suber.</i>	Bli. Rég. Tha.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1914 ; 1927a, 1927 b) (1) Maire & Werner (1937) (1) Malençon & Bertault (1975) (2) Lanier (1994) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Agaricaceae					
85.	<i>Mycenastrum corium</i> (Guers.) Desv.	<i>Mycenastrum splulosum</i> Peck.	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Mas. Tia.	Bory de Saint-Vincent & Durieu de Maisonneuve (1848) Rolland (1906)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Omphalotaceae					
86.	<i>Omphalotus olearius</i> (DC.) : Fr.) Singer (1)	<i>Clitocybe olearia</i> (Fr. ex DC.) Maire (2) <i>Pleurotus olearius</i> Gill. (3)	<i>Eucalyptus globulus</i> <i>Q. ilex, coccifera, suber</i>	Alg. Rég.	De Laplanche (1894) (3) Maire (1916) (2) Maire (1927a, 1927b) (2) (3) Maire & Werner (1937) (2) Malençon & Bertault (1975) (1) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Psathyrellaceae					
87.	<i>Parasola auricoma</i> (Pat.) Redhead, Vilgalys & Hoppole, in Redhead, Vilgalys, Moncalvo, Johnson & Hoppole	<i>Coprinus auricomus</i> Pat.	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	De Laplanche (1894) Malençon & Bertault (1970)
88.	<i>Parasola conopilus</i> (Fr.) Örstadius & E. Larss.	<i>Psathyrella subatrata</i> (Batsch. ex Fr.) Quél. (1) <i>Drosophila subatrata</i> Fr. (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. Suber</i>	Bli. Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire & Werner (1937) (1) Maire (1927b) (1) Malençon & Bertault (1970) (2) Dorleans (1972) (2)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Hymenochaetales, Hymenochaetaeae					
89.	<i>Phellinus pomaceus</i> (Pers.) : Fr.) Maire	<i>Polyporus pomaceus</i> Fr. ex Pers.)	<i>Q. suber</i>	Algeria UL	Maire & Werner (1937)
AGARICOMYCETIDAE Agaricales Strophariaceae					
90.	<i>Pholiota carbonaria</i> (Fr.) Singer	<i>Dryophila carbonaria</i> (Fr.) Quél. (2) <i>Pholiota highlandensis</i> (Peck) Quadr. & Lunghini (1) <i>Flammula carbonaria</i> (Fr.) Kumm. (3)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Rég.	De Laplanche (1894) (3) Maire (1927b) (3) Malençon & Bertault (1970) (2) Djelloul (2014) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Sclerodermataceae					
91.	<i>Pisolithus arhizus</i> (Scop.: Fr.) Rauschert (3)	<i>Polysaccum pisocarpium</i> Fr. Vittad. (1) <i>Pisolithus tinctorius</i> (Pers.) Coker & Couch (2) <i>Polysaccum crassipes</i> DC. (3)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bôn. Dju. Rég.	Bory de Saint-Vincent & Durieu de Maisonneuve (1848) (1) Maire (1927b) Maire & Werner (1937) (2). Nezzar-Hocine (1996; 1998) (2) (3)

AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Pleurotaceae					
92. <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. : <i>Agaricus ostreatus</i> Jacq. (2) Fr.) Kumm. (1)		<i>Ilex aquifolium</i> <i>Q. suber</i>	Rég.		Roumeuguère & Saccardo (1881) (1) (2) De Laplanche (1894) (1) Maire & Werner (1937) (1) Maire (1927a,b) (1) Patouillard (1897) (1) Malençon & Bertault (1975) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Psathyrellaceae					
93. <i>Psathyrella bipellis</i> (Quél.) A.H. Sm.	<i>Psathyra bipellis</i> Quél. (1) <i>Drosophila bipellis</i> Quél. (2)	<i>Q. suber</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894) (1) Malençon & Bertault (1970) (2)
94. <i>Psathyrella candolleana</i> (Fr. : Fr.) Maire (1)	<i>Agaricus appendiculatus</i> Bull. (2) <i>Hypholoma appendiculatum</i> (Bull.) Quél. (3) <i>Psathyrella appendicula</i> (Fr.) Kühner & Romagnesi. (4) <i>Drosophila candolleana</i> (Bull. ex Fr.) Quél. (5)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Lawn, Grass</i>	Bli.		Roumeuguère (1880) (2) De Laplanche (1894) (3) Maire & Werner (1937) (3) Maire (1927 b) (3) Kühner & Romagnesi (1953) (3) Malençon & Bertault (1970) (5) Lanier (1994) (1)
95. <i>Psathyrella microrhiza</i> (Lasch) Konrad & Maubl.	<i>Psathyra microrhiza</i> Cook et Br.	<i>Lawn</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894)
96. <i>Psathyrella spadiceogrisea</i> (Schaeff) Maire	<i>Psathyrella spadiceogrisea</i> (Schaeff. Richen) Quél. (1) <i>Psathyra spadiceogrisea</i> (Schaeff.) Karst. (2)	<i>Q. suber</i>	Rég. Tle.		De Laplanche (1894) (2) Maire (1906; 1927b) (2) Malençon & Bertault (1970) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Tricholomataceae					
97. <i>Pseudoomphalina umbrinopurascens</i> (Maire) Contu (1)	<i>Clitocybe umbrino-purpurascens</i> Maire (2)	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Olea europaea</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Rég.		Maire (1945) (2) (Moreau et al. 2015) (1)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Hymenogastraceae					
98. <i>Psilocybe coronilla</i> (Bull.) Noordel.	<i>Stropharia coronilla</i> (Bull.) Quél. (1) <i>Stropharia coronilla</i> (Bull.: Fr.) W. Saunders & W.G. Sm. (2) <i>Geophila coronilla</i> (Bull.) Quél. (3)	<i>Q. suber</i>	Rég.		De Laplanche (1894) (1) Maire (1927a,b) (2) (3) Maire & Werner (1937) (2) Malençon & Bertault (1970) (3)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Clavariaceae					
99. <i>Ramariopsis kunzei</i> (Fr.: Fr.) Corner	<i>Clavaria kunzei</i> Fr.	<i>Q. suber</i>	Algeria UL		De Laplanche (1894)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Boletaceae					
100. <i>Rheubarbariboletus persicolor</i> (H. Engel, Klofac, H. Grünert & R. Grünert) Vizzini, Simonini & Gelardi in Vizzini ☼	-----	<i>Q. suber</i>	Bab.		-----
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Omphalotaceae					
101. <i>Rhodocollybia butyracea</i> (Bull.) Lennox	<i>Collybia butyracea</i> (Bull.: Fr.) Kumm.	<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Rég.		De Laplanche (1894) Maire (1927a,b) Maire & Werner (1937) Malençon & Bertault (1975) Lanier (1994)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Boletaceae					
102. <i>Rubroboletus legaliae</i> (Pilát & Dermek) Della Magg. & Trassin. ☼	-----	<i>Olea europaea.</i>	Bab.		-----
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Russulales, Russulaceae					
103. <i>Russula praetervisa</i> Samari.	-----	<i>Q. suber</i>	Cal.		Chekireb et al. (2013)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Schizophyllaceae					
104. <i>Schizophyllum commun</i> Fr.: Fr.	-----	<i>Alnus sp</i> <i>Cedrus atlantica</i> <i>Eucalyptus sp</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Cal. Rég.		Roumeuguère & Saccardo (1881) De Laplanche (1894) Maire & Werner (1937) Maire (1927b) Malençon & Bertault (1975) Lanier (1994) Djelloul et al. (2010)

AGARICOMYCETIDAE Boletales Sclerodermataceae						
105.	<i>Scleroderma polyrhizum</i> (J.F. Gmel.) Pers.	<i>Scleroderma geaster</i> Fr.(1) <i>Sclerangium polyrhizum</i> (Gm.) Lév.(2)		<i>Q. suber</i> (Gm.)	Rég.	Maire (1927a,b) (1) Maire & Werner (1937) (2)
106.	<i>Scleroderma verrucosum</i> (Bull.) Pers.	-----		<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Rég. Dju.	Bory de Saint-Vincent & Durieu de Maisonneuve (1848) Maire (1927a,b) Maire & Werner (1937) Nezzar-Hocine (1996, 1998)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Russulales, Stereaceae						
107.	<i>Stereum hirsutum</i> (Willd.) Pers.	-----		<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Rég. Tle.	De Laplanche (1894) Maire (1906, 1914, 1927a, 1927 b) Maire & Werner (1937)
AGARICOMYCETIDAE, Boletales, Suillaceae						
108.	<i>Suillus collinitus</i> (Fr.) Kuntze(1)	<i>Boletus collinitus</i> Fr. (2)		<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Dju. Rég.	De Laplanche (1894) (2) Nezzar-Hocine (1998) (1) (2) Maire (1927b) (2)
SISTER GROUP OF AGARICOMYCETIDAE (<i>Incertae sedis</i>), Polyporales, Polyporaceae						
109.	<i>Trametes versicolor</i> (L.) Lloyd	<i>Boletus versicolor</i> L. (1) <i>Coriolus versicolor</i> (Fr. ex L.) Quél (2)		<i>Cedrus atlantica</i> <i>Q. suber</i>	Bli. Rég.	De Laplanche (1894) (1) Maire (1914, 1927a, 1927 b) (2) Maire & Werner (1937) (2) Dorleans (1972) (2)
AGARICOMYCETIDAE, Agaricales, Inocybaceae						
110.	<i>Tubaria conspersa</i> (Pers.) Fr.) Fayod	<i>Naucoria conspersa</i> (Pers. ex Fr.) Quél.		<i>Q. suber</i>	Algeria UL	De La planche (1894)

Floristic composition correlates with bioclimatic condition; Occurrence of several Mediterranean elements in southeast of Iran

Moslem DOOSTMOHAMMADI¹, Firouzeh BORDBAR¹ & Mansour MIRTADZADINI^{1*}

1. Department of Biology, Faculty of Science, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

* Corresponding author: mirtadz@uk.ac.ir

Received: 10 May, 2020; First decision: 27 June, 2020; Revised: 13 Sept., 2020; Second decision: 22 Oct., 2020; Revised: 29 Oct., 2020; Final decision: 10 Nov., 2020

Abstract

*Iran lies within three major phytogeographical regions including the Euro-Siberian, Irano-Turanian and Saharo-Sindian regions. There are many microclimates and ecological niches in different parts of the country especially along the transitional and ecotone zones. The Mediterranean xeric oceanic (Mxo) microbioclimate is a noteworthy climatic condition which covers the lowland areas of the Mediterranean basin and surprisingly occurs also in three small patches in Iran, including the Sefid-Rud valley, southern foothills of Khabr Mountain and several valleys of western Jebal-e Barez Mountain range. The latter region is the subject of the present study. Unexpected occurrences of several Mediterranean species such as *Cercis siliquastrum*, *Myrtus communis*, *Linaria iranica* and *Melissa officinalis* are confirmed from this region and their distributions are briefly discussed in relation to climatic conditions.*

Keywords: bioclimates, endemics, Iran, Mediterranean flora, microhabitats, relict elements.

Introduction

Iran is phytogeographically divided into three major regions that are well differentiated by their endemic elements (Zohary 1973, Noroozi *et al.* 2019). Major parts of Iran are covered by the floristically rich Irano-Turanian region (Zohary 1973, Leonard 1988-1989). The Hyrcanian forests of northern Iran belongs to the Euro-Siberian region which penetrates to the northern sides of Alborz mountain range and creates mixed temperate forests (Zohary 1973, Browicz 1989). Southern lowlands of Iran are part of the Saharo-Sindian regional zone characterized by widespread species and relatively low endemism (Léonard 1988-1989, Doostmohammadi *et al.* 2018). In a large scale, the current vegetation of Iran is the result of a long term plant-habitat interaction and diversification under various climatic conditions together with dispersal and migration of several species groups. The large size of the area, complex orography and wide elevational amplitudes in Iran has resulted in several microclimates and different ecological niches, especially in the Irano-Turanian region, supporting specific biological properties. The relationship between climatic factors and floristic composition and

distribution is an important aspect in phytogeography and ecology, however little attention has been paid to this area of research in Iran. Djamali *et al.* (2011) applied the global bioclimatic classification system (GBC) to Iran and recognized three macrobioclimates including Temperate, Mediterranean and Tropical, correlating, to a large extent, to the major phytogeographical regions of Iran (*i.e.* Euro-Siberian, Irano-Turanian and Saharo-Sindian regions, respectively). Since the continentality and seasonality of the Mediterranean macrobioclimate of Iran is higher than that of the oceanic bioclimate of the circum-Mediterranean region, Djamali *et al.* (2011, 2012) proposed a separate macrobioclimate for the Irano-Turanian region namely “xerostival-continental” or the “Irano-Turanian” zone which approximately encompasses all three Mediterranean continental climates (*i.e.* Mediterranean pulviseasonal-continental (Mpc), Mediterranean xeric-continental (Mxc), Mediterranean desertic-continental (Mdc)). The Mediterranean xeric oceanic (Mxo) bioclimate is among the most interesting bioclimatic zones occurring in Iran. Main distribution zone of this bioclimate is the lowland areas around the Mediterranean basin, (SE Iberian Peninsula, small parts of Greece, eastern Cyprus, western Syria and northwestern Jordan: Rivas-Martinez *et al.* 2004) but also occurs in three small patches in Iran (Figure 1: Djamali *et al.* 2011). One of them is located on the upper part of the

Sefid-Rud valley around Manjil and Rudbar (North of Iran). The two others are in south of country, in south of Khabr Mountain and western valleys of Jebal-e Barez mountain range. The last region (west of Jebal-e Barez Mountain) is one of the least known areas in Iran in terms of flora and phytogeography. Here we try to present some biogeographical aspects about the flora of this region and briefly explain and discuss the relationships between habitat and vegetation.

Material and methods

During long time field studies in south of Iran, particularly in mountains and valleys of Kerman Province, we have collected many plant species some of which were unexpected to exist in this area, including *Cercis siliquastrum* L., *Hypericum perforatum* L. and *Melissa officinalis* L. We decided to report them here and discuss their distribution in a phytogeographical and climatic context.

Our main focus is on the deep and narrow valley of Dalfard on southern side of the Bahr-Aseman Mountain, extending southeastwards along the western valleys and foothills of Jebal-e Barez Mountain range (Figure 2). This area is a transitional zone and a kind of ecotone between the southern Saharo-Sindian (SS) and northern Irano-Turanian (IT) regions and extends from around 1000 m a.s.l. to about 2000 m a.s.l. According to Léonard (1988-1989) the turnover elevation in this area is located at about 1150-1200 m, where the Saharo-Sindian formation changes to the Irano-Turanian dominant vegetation. Climate diagram of Saghder, located in west of Jebal-e Barez (Figure 2) is a representative of the Mediterranean xeric oceanic (Mxo) bioclimate and shows a long dry season, low amount of precipitation and rather high winter temperature minima, resulting in a relatively low continentality index. The Mountains located on the north of the area belong to the Mediterranean xeric continental (Mxc) bioclimate (represented by climatic diagram of Rayen, Figure 2), characterized by high continentality, low amount of annual precipitation and long summer drought. Southern lowland deserts on the other hand, are part of the Tropical desertic (Trd) bioclimate with low annual precipitation and temperature minima that never drop below zero (Climatic diagram of Jiroft: Djamali *et al.* 2011).

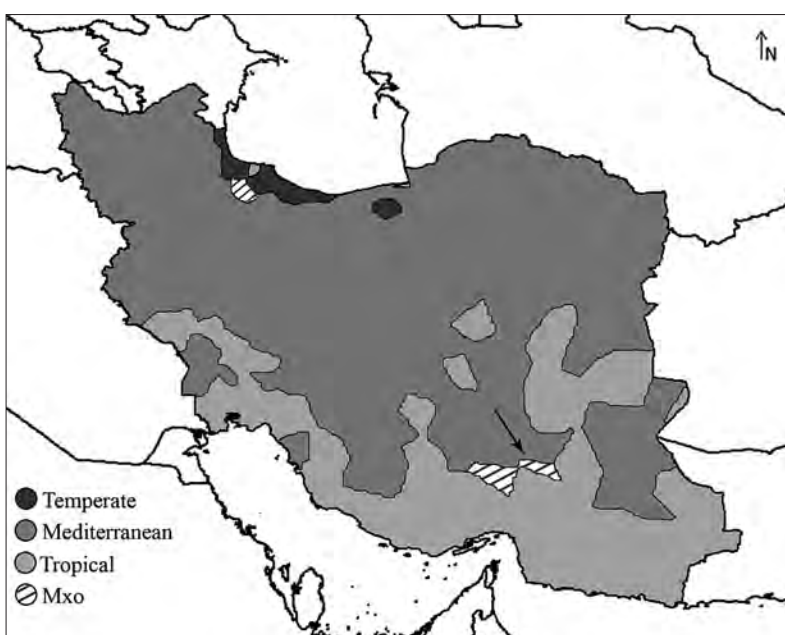


Figure 1 – Bioclimatic areas of Iran. Arrow shows the studied area. Mxo = Mediterranean xeric oceanic. Adopted from Djamali *et al.* (2011).

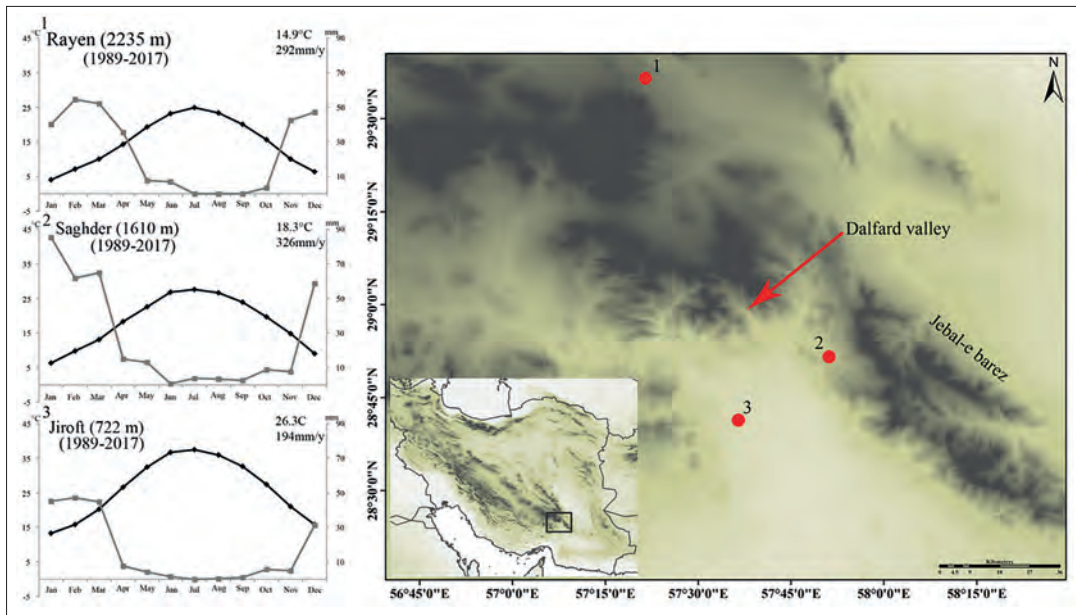


Figure 2 – Geographical location of the studied area and Climatic diagrams of three stations.

Results and Discussion

The Irano-Turanian vegetation of Dalfard and Jebal-e barez highlands are mainly composed of *Juniperus polycarpus* K.Koch-*Amygdalus elaeagnifolia* Spach and at lower elevations (lower than c. 2500 m) are dominated by *Pistacia atlantica* Desf. –*Amygdalus scoparia* Spach steppe forests accompanied by a wide range of herbaceous and woody species. The Irano-Turanian phytogeographic region gradually converts to the lowland deserts of the Saharo-Sindian region through a rather wide ecotone-like zone. The transitional zone between the Irano-Turanian and Saharo-Sindian regions in the area under investigation starts from about 2000 m with the first occurrence of scattered stands of *Ziziphus nummularia* (Burm.f.) Wight & Arn. The Irano-Turanian species, *Amygdalus scoparia*, vanishes somewhere around 1450 m. Diversity and density of the Irano-Turanian elements continue to decline by decreasing the elevation, until around 1150 m, where is the upper altitudinal limit of the Saharo-Sindian regional zone according to Léonard (1991). Figure 3 represents a schematic profile of different vegetation types and phytogeographical regions from sea level up to the sub-alpine elevations in the area.

The transitional regions in Dalfard valley and western foothills of Jebal-e Barez Mountain are climatically distinct from their surrounding regions. They have a long dry

season and receive most of their precipitations during relatively mild winters. Compared to the Mediterranean xeric continental (or Irano-Turanian) conditions of the northern areas they have a lower continentality, and receive higher precipitations than the Tropical desertic conditions of the southern regions (Djamali *et al.* 2011). The warm and northward winds that blow over the Oman Sea and Indian Ocean, penetrate efficiently to the Dalfard valley, as it is facing south, and play an important role on establishment of such moderate climate.

Apart from the IT and SS species, several Mediterranean species also benefits from the oceanic environments of this transitional region. Here we briefly discuss the most important species.

Melissa officinalis (Figure 4b): This Aromatic medicinal plant is native to the eastern section of the Mediterranean region extending eastwards to the north and west of Iran. Specifically, the temperate condition of the Hyrcanian forests with moderate winters provides a suitable habitat for this Mediterranean species (Zohary 1973). According to Flora Iranica (Rechinger 1982) and Flora of Iran (Jamzad 2012) *M. officinalis* is found in N (Gorgan, Mazandaran and Tehran), NW (Azerbaijan) and W (Kermanshah and Lorestan) of Iran. Therefore, this is the first report of this species in Southern Iran, far away from other populations (Figure 5). The new population is most likely wild, since based on the local community there is no history of cultivation of

Figure 3 – A schematic profile representing different vegetation types in the area.

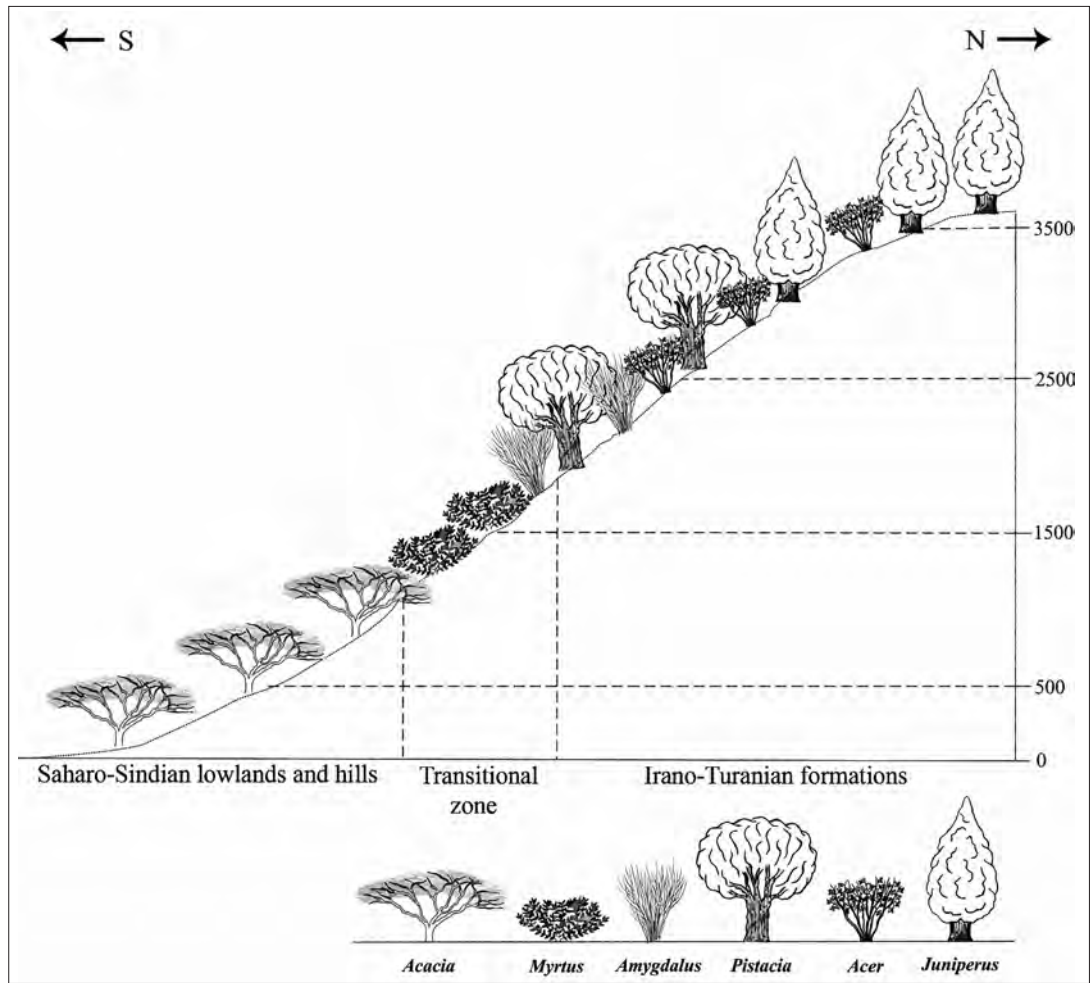
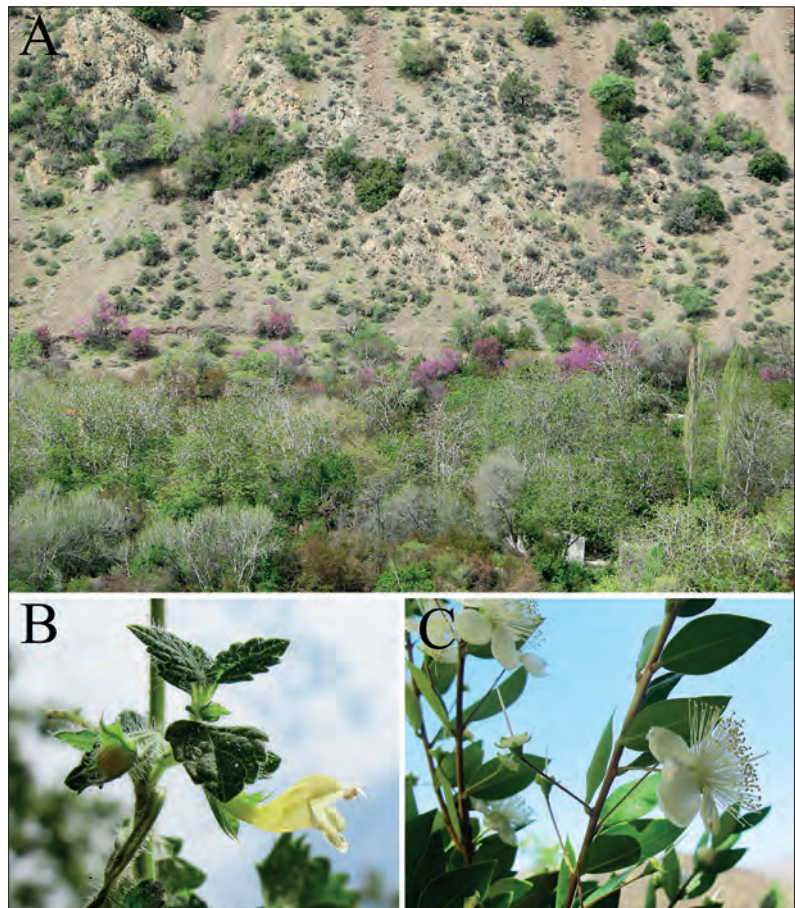


Figure 4 – A) A view of Dalfard valley (eastern slopes) with several stands of *Cercis siliquastrum*, B) *Melissa officinalis*, C) *Myrtus communis*
 (Photos: A by M. Mirtadzadini, B & C by F. Bordbar).



Melissa in Kerman Province. We were not able to determine considerable morphological differences between populations of Northern Iran and the newly collected specimens from southern Iran.

Cercis siliquastrum: It is mainly a Mediterranean shrub or small tree extending eastwards to northern and western Iran in several disjunct populations in areas with milder climatic conditions (see distribution map in Sales & Hedge 1996). We found a population of *C. siliquastrum* in Dalfard valley which in fact represents its southeastern-most range of distribution (Figure 4a).

Linaria iranica Hamdi & Assadi: It is an inconspicuous annual plant that is different from other species of Iranian *Linaria* Mill. by its divided stigma (Hamdi *et al.* 2008). In fact, it is the only species of *Linaria* sect. *Versicolores* in Iran, a Mediterranean section with a center of diversity in the western Mediterranean region, particularly the Iberian Peninsula and Morocco (Sutton 1988). *L. iranica* is closely related to *Linaria tenuis* (Hamdi *et al.* 2008) from central and eastern Mediterranean basin, disjunctively occurs in western foothills of Jebal-e Barez Mountain (Figure 6).

Myrtus communis L.: It is an evergreen sclerophyllous shrub which is probably native only to the circum-Mediterranean region. It has a high ecological plasticity and a wide range of habitat preferences which makes it able to grow in several places outside the Mediterranean region (Ahmad and Vardar 1973). However, its occurrence beyond the Mediterranean basin, including several places in Iran is a matter of debate. We suggest that its presence in Iran is probably due to the long



Figure 5 – Distribution map of *Melissa officinalis* L. in Iran. The map is provided based on the literature and herbarium specimens deposited at MIR.

time cultivation of this aromatic and ornamental shrub. An evidence for this suggestion is that although *M. communis* is used as an aromatic and medicinal plant by the local people, it doesn't have vernacular names in different parts of Iran and is known as "Murd" all over the country, whilst native remedy plants usually have local names among every tribes and ethnic groups of Iran. Nevertheless, it is now become naturalized in places with mild winter conditions, like Dalfard valley and western Jebal-e Barez mountain (see distribution map in Browicz 1984, Figure 4c).

Olea europaea L.: Olive (*Olea europaea* subsp. *europaea*) is a typical member of the

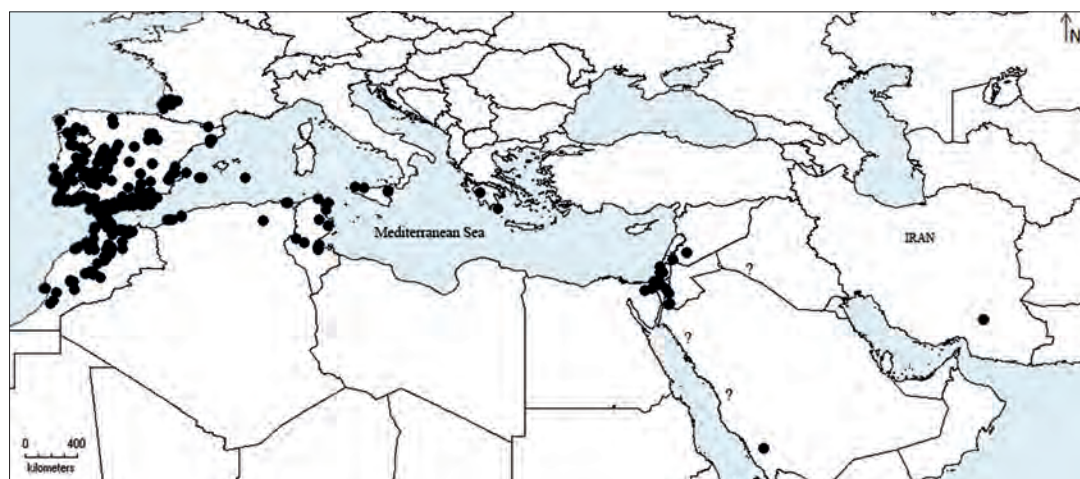


Figure 6 – General distribution of *Linaria* sect. *Versicolores*.

sclerophyllous vegetation of the Mediterranean area. The Sefid-Rud valley of northern Iran is one of the most important Olive cultivation centers in Iran, which also sheltering some other Mediterranean shrubs and trees such as: *Cupressus sempervirens* L., *Myrtus communis*, *Cercis siliquastrum* and *Jasminum fruticans* L. (Djamali *et al.* 2011). There are some other ancient populations of *Olea europaea* in north of Iran around Maraveh Tapeh, that seems to be wild. In south of Iran, however the widely distributed and mostly Afro-mountain subspecies (*Olea europaea* subsp. *cuspidata*, Green 2002) grows on foothills and mountains together with *Amygdalus scoparia*, *Pistacia atlantica*, *Acer monspesulanum* and *Juniperus polycarpus*.

Another unexpected species is *Hypericum perforatum* which grows in a small population in Dalfard valley far away from other populations of Iran (Robson 1968).

In addition to the Mediterranean outpost elements in the area, there are some local endemic species almost confined to this region including: *Pycnocycla musiformis* Hedge & Lamond and *Ducrosia assadii* Alava.

The climatic conditions of the area provide also a suitable habitat for some tropical species. The widespread paleotropical fern, *Pteris vittata* L., occurs sporadically in our studied area, in some wet places. The largest population of *Tecomella undulata* (Sm.) Seem. in Iran together with relatively big populations of *Dalbergia sissoo* DC. are present in the region, implying the appropriate conditions for the tropical trees. The Western valleys of Jebal-e Barez are in fact the only habitat of the tropical *Ficus salicifolia* Vahl in Iran (Bordbar & Mirtadzadini 2019).

Cultivated plants are also worth mentioning. The temperate trees such as Walnut (*Juglans regia* L.) and Hazelnut (*Corylus avellana* L.) are cultivated intermixed or in vicinity of the tropical trees like date palm (*Phoenix dactylifera* L.) and *Citrus* trees in Dalfard valley, which implies the intermediate climatic conditions favoring both kind of gardening. Pomegranate (*Punica granatum* L.) is nowadays cultivated in many regions in Asia, Africa and Europe; however, it is native from Iran to Himalayas (Morton 1987). The pomegranate stands in the studied area are of those with low quality and doesn't have a high economic importance and assume to be wild in our opinion. Fig trees (*Ficus carica* L.) are yet attractive. They are ubiquitous in the area

with very large trunks and reach to eight meters height.

The Irano-Turanian and Mediterranean phytogeographical regions have had an ancient floristic connection and there are several examples of source-sink relationships between these neighboring regions. Different Mediterranean species of *Pistacia*, *Amygdalus*, *Verbascum*, *Artemisia* (Malik *et al.* 2017), *Gagea* (Peterson *et al.* 2018) and *Heliotropium* have an Irano-Turanian origin (Zohary 1973). Manafzadeh *et al.* (2014) demonstrated an east to west pattern of migration in the genus *Haplophyllum* from Central Asia to western Mediterranean region. On the other hand, there are several Irano-Turanian species that trace their origins to the Mediterranean region, such as several species of *Medicago* and *Trifolium* (Rechinger 1951) together with *Quercus*, *Cupressus*, *Jasminum* and *Linum* species (Zohary 1973). However, since the migration route of lowland species between the eastern Mediterranean basin and western Iran is currently blocked by the huge mountain range of the Zagros and mountains of the Caucasus, the few Mediterranean species of Iran are most probably relict fragments of once widely distributed populations. Several Mediterranean sclerophyllous taxa like *Quercus* sect. *Ilex* are stopped behind these high mountain barriers and are restricted to lowlands of the Mediterranean basin (Denk *et al.* 2017). Therefore, the small regions in Iran with similar environment of the Mediterranean lowlands don't represent high diversity of the Mediterranean flora but establish their own Irano-Turanian vegetation adapted to this Mediterranean-like climate. The historical biogeography of SW Asia is not well studied and it is still early to give a clear view about the evolution and development of flora of Iran.

Although the bioclimatic zonation of Iran strikingly correlates with the major phytogeographical regions of Iran, but due to the lack of enough climatic data, some regional microclimates and microbiomes have not been distinguished. The Mxo microbioclimate was recognized in three separate patches in Iran (Djamali *et al.* 2011). We propose some other regions with similar floristic composition and vegetation structures to be added to the Mxo microbioclimate. In fact, the transitional border between the Irano-Turanian and the Saharo-Sindian regions of southern Iran in several locations represent the same climatic condition and vegetation structures.

One prominent area is the northern slopes of Homag Mountain in Bokhon and Fareghan Valleys. *Mentha mozaffarianii* Jamzad, *Verbascum scoparium* Mozaffarian and *Nepeta bokhonica* Jamzad are remarkable endemic species in this area in addition to *Myrtus communis* and *Olea europaea* subsp. *cuspidata*. Other potential regions include: plains in north of Faryab, northern Fasa and surrounding regions extending to Darab, southern Sarvestan, southern foothills of Farashband towards Firouzabad, around Kazerun and Noorabad extending in a narrow belt to Dogonbadan.

Conclusion

The Irano-Turanian region is often known by its “donor” characteristics, which acts as a species (gene) source for its neighboring regions, specifically the Mediterranean zone. However, this relationship has never been one-way and geographical ranges of several Mediterranean species extend to the Irano-Turanian region. The Mediterranean species, out of the Mediterranean region are usually restricted to some small areas with moderate climatic conditions. These small areas with Mediterranean oceanic conditions are specifically along the transitional zones. Hence, the studied area in southeast of Iran is a key region to understand the biogeographical relationships between Mediterranean and Irano-Turanian regions. In fact, this kind of climate in Iran is created when the Irano-Turanian mountainous region contacts either Saharo-Sindian deserts or Euro-Siberian lowlands. These small patches in Iran represent an oceanic condition similar to that of the circum-Mediterranean area, however with a mostly Irano-Turanian floristic composition. They provide a suitable habitat for several Mediterranean species and harbor a considerable number of endemic species. However, autochthony of many of these Mediterranean species in Iran is dubious and should be verified by the future phylogeographical analyses. Since the geographical areas of these phytogeographically important regions are rather small, several species are facing threat and we recommend protecting these microhabitats in Iran.

References

- Ahmad, M. & Vardar, Y. (1973). Distribution and plasticity of *Myrtus communis*. *Phyton* 15, 145-150.
- Bordbar, F. & Mirtadzadini, M. (2019). A new record of *Ficus* (Moraceae) for the flora of Iran. *Iran J Bot.* 25(2), 115-119.
- Browicz, K. (1984). *Chorology of trees and shrubs in South-West Asia and adjacent regions, vol. 3*. Polish Academy of Sciences, Institute of Dendrology, Poznan.
- Browicz, K. 1989. Chorology of the Euxinian and Hyrcanian elements in the woody flora of Asia. *Plant Syst Evol.* 162, 305-314.
- Davis, P.H. (1982). *Melissa* L. In: *Flora of Turkey and the East Aegean Islands* (eds Davis P.H.). Edinburgh University Press. pp. 262-264.
- Denk T., Grimm G.W., Manos P.S., Deng M., Hipp A.L. (2017) An Updated Infrageneric Classification of the Oaks: Review of Previous Taxonomic Schemes and Synthesis of Evolutionary Patterns. In: Gil-Peegrín E., Peguero-Pina J., Sancho-Knapik D. (eds) *Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus Quercus L. Tree Physiology, vol. 7*. Springer, Cham.
- Djamali, M., Akhiani, H., Khoshravesh, R., Andrieu-Ponel, V., Ponel, V. & Brewer, S. (2011). Application of the global bioclimatic classification to Iran: implications for understanding the modern vegetation and biogeography. *Ecologia Mediterranea* 37, 91-114.
- Djamali, M., Brewer, S., Breckle, S. & Jackson, S. (2012). Climatic determinism in phytogeographic regionalization: A test from the Irano-Turanian region, SW and Central Asia. *Flora*. 207, 237-249.
- Doostmohammadi, M., Samadi, N. & Ghorbanalizadeh, A. (2018). Phytogeography of Genu and Homag; two mountains with an Irano-Turanian flora in the Saharo-Sindian regional zone, S. Iran. *Nord J Bot.* 36(8), e01808
- Green, P.S. (2002). A Revision of *Olea* L. (Oleaceae). *Kew Bull.* 57(1), 91-140.
- Hamdi, S.M., Assadi, M., Vaezi, G. & Mirtadzadini, M. (2008). A New Species of *Linaria* Sect. *Versicolores* (Scrophulariaceae) from Iran. *Novon* 18(3), 340-343.
- Jamzad, Z. (2012). *Melissa* L. In: *Flora of Iran*, vol. 76. (eds Assadi, M., Maassoumi, A.A. & Mozaffarian, V.): Research Institute of Forests and Rangelands. Tehran. Iran. pp.788-790.
- Léonard, J. (1988-1989). *Contribution à l'étude de la flore et de la végétation des déserts d'Iran ; Fascicule 8 (étude des aires de distribution les phytochories; les chorotypes) and Fascicule 9 (Considérations phytogéographiques sur les phytochories irano-touranienne, saharo-sindienne et de la Somalie-pays Masai)*. Jardin botanique national de Belgique, Meise.
- Léonard, J. (1991). *Contribution à l'étude de la flore et de la végétation des déserts d'Iran (Dasht-e-Kavir, Dasht-e-Lut, Jaz Murian). Étude de la végétation : analyse phytosociologique et phytochorologique des groupements végétaux (fascicule 10, 1^{re} partie)*. Jardin botanique national de Belgique, Meise.
- Malik, S., Vitales, D., Hayat, M. Q., Korobkov, A. A., Garnatje, T., & Vallès, J. (2017). Phylogeny and biogeography of *Artemisia* subgenus *Seriphidium* (Asteraceae: Anthemideae). *Taxon* 66(4), 934-952.
- Manafzadeh, S., Salvo, G. & Conti, E. (2014). A tale of migrations from east to west: the Irano-Turanian

- foristic region as a source of Mediterranean xerophytes. *J Biogeogr.* 41, 366-379.
- Morton, J. (1987). *Fruits of warm climates*. Technology & Engineering.
- Noroozi, J., Talebi, A., Doostmohammadi, M., Manafzadeh, S., Asgarpour, Z. & Schneeweiss. 2019. Endemic diversity and distribution of the Iranian vascular flora across phytogeographical regions, biodiversity hotspots and areas of endemism. *Sci. Rep.* 9, 12991.
- Peterson, A., Harpke, D., Peterson, J., Harpke, A. & Peruzzi, A. 2019. A pre-Miocene Irano-Turanian cradle: Origin and diversification of the species-rich monocot genus *Gagea* (Liliaceae). *Ecology and Evolution* ece3.5170
- Rechinger, K.H. (1951). Grundzüge der Pflanzenverbreitung im Iran. *Zool Bot Ges. Wein.* 92, 181-188.
- Rechinger, K.H. (1982). *Melissa* L. In: *Flora Iranica*, vol. 150. (eds Rechinger, K.H.). Akademische Druck-und Verlagsanstalt, Graz. pp. 494-495.
- Rivas-Martinez, S., Penas, A. & Diaz, T.E. (2004). *Bioclimatic map of Europe: bioclimates*. Leon: Cartographic Service, University of Leon.
- Robson, N.K.B. (1968). Guttiferae. In: *Flora Iranica*, vol. 49. (Rechinger, K.H.) Akademische Druck-und Verlagsanstalt, Graz.
- Sales, F. & Hedge, I.C. (1996). Biogeographical aspects of selected SW Asiatic woody taxa. *Ann Nat Hist Mus Wien ser B* 149-161.
- Sutton, D.A. (1988). *A Revision of the Tribe Antirrhineae*. Oxford University Press, Oxford.
- Zohary, M. (1973). *Geobotanical foundations of the Middle East. 2 volumes*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Ecosystem services in salt lakes: An ethnobotanic case study of halophytes from Algeria

Services écosystémiques des lacs salés: étude de cas ethnobotanique des plantes halophytes d'Algérie

Fatma DEMNATI^{1, 2, *}, Zoubir BOUBAKER³,
Farid ALLACHE¹, Lisa ERNOUL⁴

1. University of Biskra, Department of Agricultural Sciences, BP 145 RP, 07000 Biskra, Algeria

2. Laboratory of Ecosystems Diversity and Agricultural Production Systems Dynamics
in Arid Zones (DESPAZA), University of Biskra, BP 145 RP, 07000 Biskra, Algeria

3. Higher National Agricultural School, El Harrach, Algiers, Algeria

4. Tour du Valat Research Institute for the Conservation of Mediterranean Wetlands,
Le Sambuc, 13200 Arles, France

* Corresponding author: fat_demnati@yahoo.fr, f.demnati@univ-biskra.dz

Received: 2 July, 2020; First decision: 7 July, 2020; Revised: 29 July, 2020;
Second decision: 30 Aug., 2020; Revised: 7 Oct., 2020; Final decision: 10 Oct., 2020.

Abstract

Ecosystem services are well recognized in wetlands; however, less attention is given to the services provided in salty wetland habitats. There are numerous salt lakes of international importance located in the northern Sahara region of Algeria.

An ethnobotanical survey was conducted among the local population surrounding Chott Merouane. This survey was implemented to determine plant diversity and possible ecosystem services and improve conservation in these sensitive wetland habitats. Chott Merouane is a Ramsar site located in the southeast of Algeria in the Mediterranean bioclimatic Sahara. Based on a literature review of halophytic plants in the study area. The botanical inventory identified 22 plant species belonging to 20 genera and 16 families. Amongst these plants, Amaranthaceae, Zygophyllaceae, Nitrariaceae and Asteraceae dominated. A total of 48 participants were randomly selected and interviewed from three villages. The semi-directed interviews revealed that 77% of the plant species were used for traditional medicine, 65% for fodder, 41% for

wood-fuel, 14% for crafts and 5% for food and other uses. The three endemic species identified (*Tetraena geslinii* (Coss.) Beier & Thulin, *Limoniastrum guyonianum* Boiss. and *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.) had the highest values of relative frequency of citation and use value. Local knowledge was unevenly distributed and showed significant differences by gender and education level.

This study highlights the importance of provisioning and cultural ecosystem values attributed to plants in salty wetlands and demonstrates the importance of ethno-botanical studies as a basic tool to contribute to the management and conservation of wetland plant resources in salty wetland environments.

Résumé

Les services écosystémiques des zones humides sont bien reconnus, cependant, moins d'attention est accordée aux services fournis par les zones humides salées. Il existe de nombreux lacs salés d'importance internationale situés dans la région nord du Sahara, en Algérie.

Keywords: Chott, cultural services, ethnobotanical survey, provisioning services, salt lakes.

Mots-clés : Chott, services culturels, étude ethnobotanique, services d'approvisionnement, lacs salés.

*Une enquête ethnobotanique a été menée auprès de la population locale autour du Chott Merouane. Cette enquête a été mise en œuvre pour déterminer la diversité végétale et les services écosystémiques possibles et améliorer la conservation dans ces habitats humides sensibles. Le Chott Merouane est un site Ramsar situé au sud-est d'Algérie dans l'étage bioclimatique méditerranéen saharien. En se basant sur une revue de la littérature sur les plantes halophytes dans la zone d'étude. L'inventaire botanique a identifié 22 espèces végétales appartenant à 20 genres et 16 familles. Parmi ces plantes, les Amaranthaceae, Zygophyllaceae, Nitrariaceae et Asteraceae dominaient. Un total de 48 participants a été sélectionné au hasard et interrogés dans trois villages. Les entretiens semi-dirigés ont révélé que 77 % des espèces végétales étaient utilisées pour la médecine traditionnelle, 65 % pour le fourrage, 41 % pour le bois de chauffage, 14 % pour l'artisanat et 5 % pour l'alimentation et d'autres usages. Les trois espèces endémiques identifiées (*Tetraena geslinii* (Coss.) Beier & Thulin, *Limoniastrum guyonianum* Boiss. et *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut.) sont les plus citées avec les plus fortes valeurs d'utilisation. Les connaissances locales sont inégalement réparties et présentent des différences importantes selon le sexe et le niveau d'éducation.*

Cette étude souligne l'importance de la valeur des services écosystémiques et culturels attribuée aux plantes dans les zones humides salées et démontre l'importance des études ethnobotaniques comme outil de base pour contribuer à la gestion et à la conservation des ressources végétales dans les zones humides salées.

Introduction

Ecosystem services (ESS) represent the benefits human populations derive, directly or indirectly, from ecosystem functions (Costanza *et al.* 1997) and are categorized into four categories: supporting, regulating, provisioning and cultural services (de Groot *et al.* 2010). ESS vary greatly depending on ecosystem type and are specific to each type of habitat (Sieben *et al.* 2018). Provisioning services are often the most recognized for the direct benefits that they provide such as food, fuel, water... etc. (Euliss *et al.* 2013). Given the provisioning services, plant biodiversity is often recognized as an economic resource (Sop *et al.* 2012). There has been a push to recognize ESS by the scientific community (Seppelt *et al.* 2011) with important work dedicated to ESS in wetland ecosystems (He *et al.* 2015; Mitsch *et al.* 2015). Despite this trend, wetland ESS are not often recognized (Bouahim *et al.* 2011), contributing

to wetland conversion and degradation (de Groot *et al.* 2018). Salty wetland habitats host a relatively low number of living species, but often contain a relatively high degree of endemism (Le Berre & Ramousse 2003), creating a unique biodiversity (Mouat *et al.* 1992). Despite the rich biodiversity, the goods and services provided by these habitats are not often recognized (Demnati *et al.* 2017) leading to over-exploitation and ecosystem degradation (Kaplowitz 1999).

Ethnobotany is the science that studies the relationships between plant and cultural diversity as well as perceptions, uses and managements of plants (de Albuquerque & Hanazaki 2009). This emerging science includes aspects of biodiversity conservation, genetics, ethno pharmacology, ecology and anthropology (Houéhanou *et al.* 2016). Ethnobotany is recognized by the scientific community as a potential tool that can be used to develop conservation strategies at a local and regional level (de Albuquerque *et al.* 2009).

There are many local terms for salt lakes in Algeria: Sebkhass, Chotts and Garaetes are just a few. In this paper, we will use the local term Chott to designate salt lakes. Algerian chotts constitute prime habitat for many species of wintering and migrating birds (Houhamdi *et al.* 2008; Samraoui & Samraoui 2008) and offer a range of activities and uses to the local populations including agriculture, hunting, tourism and salt production (Demnati *et al.* 2017). Despite the protected status of chotts, these environments are often ignored and are subject to very few conservation measures (Bouldjedri *et al.* 2011). Today Algerian chotts continue to be threatened or affected by human activities including the diversion of surface water inflow for agriculture which may constitute a potential danger, especially for the region of Oued Righ (Khadraoui 2010). Chott Merouane and Chott Melghir create the largest chott complex in Algeria (figure 1). This complex has been degraded over the last 30 years caused by an extension of agricultural surface area, agricultural intensification and changes in salt mining practices (Demnati *et al.* 2017). The study area has harsh climatic conditions with a reduced amount of rainfall and a drought that lasts almost throughout most of the year; despite these conditions sparse halophyte vegetation exists.

In order to determine the possible ESS locally provided by plant diversity we implemented an ethnobotanic study based on semi-directive interviews.

Methods

Description of the Study Area

Chott Merouane (34°10.63' N, 6°17.32' E) is a Ramsar site located in the southeast of Algeria (figure 1). The chott is considered the lowest in northern Africa as it reaches 40 m below sea level. Chott Merouane is located in the Mediterranean bioclimatic Sahara and is characterized by mean temperatures over 30°C with average high temperatures in summer over 40°C. Daily variations are extreme ranging between 37.5 to 5°C, with average precipitation limited to < 100 mm/year. These harsh conditions are intolerable for most plant species (Demnati 2014); however, the biodiversity and localization create unique conditions for migratory and nesting birds (Samraroui *et al.* 2011). The population in the study area is c. 25,000 with an annual growth rate of 3% per year (Direction of agricultural services, unpublished data). The majority of the population is concentrated in the commune capitals, which were developed principally at trading and administrative centers. The region's economy is based on agriculture and salt production (Demnati 2014).

Methodology

The first phase of this research was based on a literature review of halophilic plants in general and in particular that of the study area. We then proceeded to conduct an exploratory survey based on semi-structured interviews with the local population known to possess a strong knowledge on local plant and their uses. This qualitative research tool was organized around a set of predetermined open-ended questions, stimulating dialogue between interviewer and interviewee (Di Cicco-Bloom & Crabtree 2006). A total of 48 participants were randomly selected. The questionnaire was addressed to the residents from three villages (Hamraia, Nessigha and OumThiour) surrounding the chotts. The age, gender, education level and commune were noted. The semi-structured interviews were conducted between 2015-2016 and each interview lasted on average 90 minutes. During the interview, the participants were asked to identify local plant species and discuss how, when and why the species are used. The questionnaire consisted of three sections: 1) Personal participant information 2) Plant use knowledge and 3)

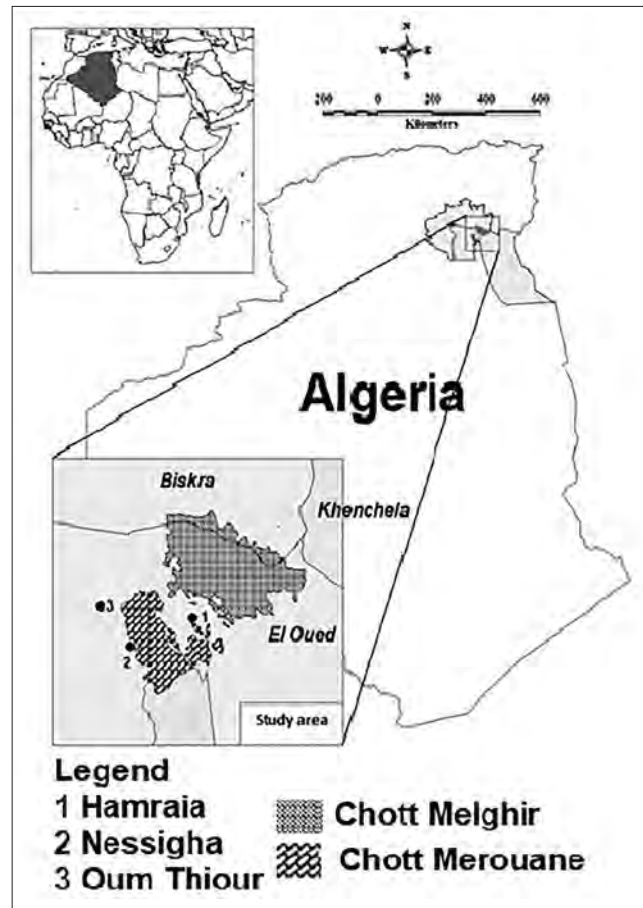


Figure 1 – Location of the study area in the complex of the chotts Merouane and Melghir.

Knowledge and Perception of the local population (Supplementary material Appendix 1). These surveys were supplemented by direct observation in the field and the information concerning the plant species was validated based on previous botanical inventories by Ozenda (1958, 1991), Quezel & Santa (1963), Chenchouni (2012) and Halis *et al.* (2012).

Quantitative analysis

Relative frequency of citation

We calculated the relative frequency of citation (RFC), as defined by Vitalini *et al.* (2013) by using the frequency of citation (FC: number of informants mentioning the use of the species) and the total number of informants participating in the survey (N). RFC varies from zero to one.

$$\text{RFC} = \text{FC} / \text{N}$$

Use value

Use value is a way of expressing the relative importance of each species for the population in the provisioning services (Ayantunde *et al.* 2009; Sop *et al.* 2012). This index was calculated as follows:

$$UV_T = \sum^P U_i / N$$

UV_T : represents the total use value of the species

U_i : the number of uses mentioned by each informant for a given species

P : the number of use categories

N : the total number of informants

Organ response rates

We calculated organ response rate (F) in order to determine which parts of the plants are the most utilized. This was calculated using the number of people who gave a positive answer (Yes) for each of the different organs concerned (S), divided by the total number of informants (N) (Dossou *et al.* 2012).

$$F = (S/N) 100$$

Statistical analysis

With StatPlus 6.9.1 software a descriptive statistics analysis (ANOVA) was conducted to compare the use of resources by category in each site according to the age, gender and education level of the surveyed population.

Results

Species diversity

A total of 22 species belonging to 16 families and 21 genres were identified in Chott Merouane. The most dominant families for all identified halophytes species was Amaranthaceae followed by Nitrariaceae, Zygophyllaceae and Asteraceae. According to the work of Ozenda (1958, 1991), this flora was dominated by Saharo-Sindian species, followed by Saharan, Saharan Endemic and Mediterranean cosmopolitan species. The Irano-Turanian and Tropical species were poorly represented. Out of the total species diversity, 18% are endemic to the Sahara and North African regions (table 1).

Table 1 – Global list of plant species recorded and distribution.

Families	Species	Distribution
Thyphaceae	<i>Typha domingensis</i> (Pers.) Steud.	Cosmopolitan
Juncaceae	<i>Juncus maritimus</i> Lam.	Cosmopolitan
Poaceae	<i>Phragmites communis</i> Trin.	Cosmopolitan
Rutaceae	<i>Haplophyllum tuberculatum</i> (Forssk.) A. Juss.	Saharo-Sindian
Zygophyllaceae	<i>Tetraena alba</i> (L.f.) Beier & Thulin	Saharo-Sindian (Endemic North Africa)
	<i>Tetraena geslinii</i> (Coss.) Beier & Thulin	Endemic Saharian
Nitrariaceae	<i>Peganum harmala</i> L.	Irano-Turanian
	<i>Nitraria retusa</i> (Forssk.) Asch.	Saharo-Sindian
Asteraceae	<i>Otoglyphis pubescens</i> (Desf.) Pomel	Saharian
	<i>Cotula cinerea</i> Delile	Saharian
Amaranthaceae	<i>Traganum nudatum</i> Delile	Saharo-Sindian
	<i>Suaeda mollis</i> Delile	Saharo-Sindian
	<i>Salsola sieberi</i> C. Presl	Saharo-Sindian
	<i>Halocnemum strobilaceum</i> (Pall.) M. Bieb.	Mediterranean
Cucurbitaceae	<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Schrad.	Mediterranean
Lamiaceae	<i>Salvia aegyptiaca</i> L.	Saharo-Sindian
Plombaginaceae	<i>Limoniastrum guyonianum</i> Boiss.	Endemic Saharian
Tamaricaceae	<i>Tamarix gallica</i> L.	Tropical
Fabaceae	<i>Retama reatam</i> (Forssk.) Webb	Saharo-Sindian
Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i> subsp. <i>alenda</i> (Stapf) Trab.	Saharian
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus tenuifolius</i> Cav.	Mediterranean
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i> Boiss. & Reut.	Endemic Saharian

Provisioning service

The local population identified twenty-two plant species that were harvested and utilized. The most common provisioning service (77%) was traditional medicine, followed by 65% for fodder, 41% for wood-fuel and 14% for local crafts. Other uses (5%) included food products and fencing (*Z'riba*) for livestock. The most commonly used plant organs were leaves (67%), followed by roots (29%), stems (29%) and seeds (24%). All of the plants are traditionally manually harvested (Supplementary material Appendix 2).

Local knowledge and relative importance of halophyte plants

According to the relative frequency of citation (RFC), the most cited species were *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut., *Peganum harmala* L., *Ephedra alata* Decne., *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) M. Bieb., *Tetraena geslinii* (Coss.) Beier & Thulin, *Tetraena alba* (L.f.) Beier & Thulin, *Limoniastrum guyonianum* Boiss., while *Asphodelus tenuifolius* Cav., *Retama raetam* (Forssk.) Webb, *Juncus maritimus* Lam. showed fairly low RFC (table 2). The importance of each plant

species was determined by the use value within each category, ranging between 0.00-0.97 for different provisioning services. There was a strong correlation between RFC and use value. *Euphorbia guyoniana* Boiss. & Reut., *Peganum harmala*, *Ephedra alata*, *Halocnemum strobilaceum*, *Tetraena alba*, *Limoniastrum guyonianum*, *Nitraria retusa* (Forssk.) Asch., *Otoglyphis pubescens* (Desf.) Pomel, *Tamarix gallica* L. and *Salsola sieberi* C. Preslall had high total use values (2.94 and 1.64) (Supplementary material Appendix 3). There was a highly significant difference ($p < 0.0001$) for the average use of the different species.

Effects of personal characteristics on local knowledge

Age and gender

There was no significant difference in knowledge about local plants and their uses according to age. There was a slight correlation of elders (> 50 years old) having more knowledge about plants being used for fodder than their younger counterparts (table 3). There was a significant difference ($p < 0.01$) in local knowledge about halophytic plant

Table 2 – The different plant species identified, their uses value and the relative frequency of citation in Chott Merouane.

Family	Species	Uses values (UV)	Relative Frequency of Citation (RFC) in percentage
Thyphaceae	<i>Typha domingensis</i>	0.44	0.44
Juncaceae	<i>Juncus maritimus</i>	0.44	0.40
Poaceae	<i>Phragmites communis</i>	1.04	0.52
Rutaceae	<i>Haplophyllum tuberculatum</i>	0.79	0.94
Zygophyllaceae	<i>Tetraena alba</i>	1.75	0.88
	<i>Tetraena geslinii</i>	0.88	0.88
Nitrariaceae	<i>Peganum harmala</i>	1.92	0.96
	<i>Nitraria retusa</i>	2.63	0.88
Asteraceae	<i>Otoglyphis pubescens</i>	0.79	0.79
	<i>Cotula cinerea</i>	0.75	0.75
Amaranthaceae	<i>Traganum nudatum</i>	1.04	0.52
	<i>Suaeda mollis</i>	0.83	0.42
	<i>Salsola sieberi</i>	1.83	0.92
	<i>Halocnemum strobilaceum</i>	1.88	0.94
Cucurbitaceae	<i>Citrullus colocynthis</i>	1.79	0.90
Lamiaceae	<i>Salvia aegyptiaca</i>	1.33	0.67
Plombaginaceae	<i>Limoniastrum guyonianum</i>	2.44	0.81
Tamaricaceae	<i>Tamarix gallica</i>	1.69	0.56
Fabaceae	<i>Retama raetam</i>	1.23	0.38
Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i> subsp. <i>alenda</i>	2.88	0.96
Xanthorrhoeaceae	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	1.25	0.42
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i>	2.94	0.98

Table 3 – Mean number of halophyte plant species and their ecosystem services (medicinal wood fuel, crafts, food, fodder) as reported by the participants of Chott Merouane.

	N°	Medicinal	Wood fuel	Crafts	Food	Fodder	Other
Sites							
Hamraia	18	17 ± 0	9 ± 0	3 ± 0	1 ± 0	14 ± 0	1 ± 0
Nessigha	12	13.67 ± 0.39	7.75 ± 0.13	0.92 ± 0.29	0.17 ± 0.11	10.67 ± 0.41	0.58 ± 0.15
OumThiour	18	7.28 ± 0.94	4.72 ± 0.48	0	0	6.89 ± 0.710	0
<i>p</i>		< 0.000	< 0.000	< 0.000	< 0.000	< 0.000	< 0.000
Age							
> 55	12	12.55 ± 0.74	7.10 ± 0.33	1.27 ± 0.22	0.40 ± 0.08	10.53 ± 0.54	0.50 ± 0.08
< 55	36	12.38 ± 2.36	7 ± 1.16	1.75 ± 0.53	0.50 ± 0.19	10.38 ± 1.79	0.63 ± 0.18
<i>p</i>		< 0.930	< 0.910	< 0.390	< 0.610	< 0.011	< 0.530
Gender							
Female	6	16.67 ± 0.21	8.67 ± 0.21	2.83 ± 0.17	1 ± 0	13.67 ± 0.21	1 ± 0
Male	42	11.93 ± 0.78	6.86 ± 0.36	1.14 ± 0.21	0.33 ± 0.07	10.05 ± 0.57	0.45 ± 0.08
<i>p</i>		< 0.030	< 0.070	< 0.010	< 0.001	< 0.022	< 0.010
Education level							
Illiterate	16	13.75 ± 0.83	7.81 ± 0.33	1.38 ± 0.35	0.38 ± 0.13	11.25 ± 0.61	0.56 ± 0.13
Elementary	21	9.95 ± 1.28	5.86 ± 0.60	0.90 ± 0.30	0.29 ± 0.10	8.81 ± 0.96	0.33 ± 0.11
Secondary	07	15.43 ± 0.90	8.29 ± 0.36	2.14 ± 0.55	0.71 ± 0.18	12.43 ± 0.90	0.71 ± 0.18
University	04	16 ± 0.71	8.50 ± 0.29	2.25 ± 0.48	0.75 ± 0.25	13 ± 0.71	1 ± 0
<i>p</i>		< 0.008	< 0.007	< 0.116	< 0.116	< 0.024	< 0.048

species according to gender. Women generally had more knowledge about all plant uses (other than fodder) compared to men. On the contrary, men declared to use the plants (87%) more frequently than women (12%).

Education level

There was a significant difference ($p < 0.01$) of local knowledge about plant species according to education level. The primary differences were seen in the local provisioning services (including wood fuel, medicine and fodder) provided by plants in the chotts (table 3). Participants with higher education levels (secondary school and university education) showed higher levels of plant and plant use knowledge compared to those participants with lower levels of formal education.

Village location

There was a very highly significant difference ($p < 0.00001$) in plant knowledge according to the domicile of the participants. The autochthon participants from Hamraia and Nessigha villages (adjacent to the chotts) had higher levels of knowledge about the uses of different plant species originating from the chotts. The knowledge of the participants from Oum Thiour was mostly limited to species used for fuel and the craft industry.

Perception of the local population

All of the participants declared that there was a general deterioration in plant cover over the last two decades. The participants attributed this primarily to climate change with increased temperatures and decreased rainfall. However, 40% of the participants from Hamraia and Nessigha explained that this loss was also attributed to anthropic pressures, concerning mainly intensive livestock breeding and agricultural extension around the Chott.

Discussion

Ethnobotanical studies can effectively be used to gain knowledge and understanding of the ecosystem service provided in a given location. In this ethnobotanical study of a chott complex in Algeria, we identified a total of 22 plant species belonging to 16 families, with an endemism rate of 18%. This plant diversity is richer than previous studies carried out by Chenchouni (2012) and Koull & Chehma (2013) in other Saharan wetlands. Endemism and scarcity of plants are important criteria for determining the biological and socio-cultural importance of a biogeographic area within a global framework for conservation and sustainable development

(Miara *et al.* 2017). The results of this study demonstrate that the region is important for both plant biodiversity and ecosystem services. Given this value, it is important to avoid heavy pressure including grazing, erosion, fire (Verlaque *et al.* 1997) and other anthropogenic impacts (Miara *et al.* 2017) in order to maintain the halophilic biodiversity (Neffar *et al.* 2013).

The plant species found in the chotts offer a variety of provisioning services for the local population. The halophytes provide medicinal resources, wood-fuel and fodder for the local population, creating important ecosystem services (Ricaurte *et al.* 2014). Similar to previous work by Etong *et al.* (2017), over half of the identified species were used in traditional medicine, maintaining an important cultural heritage. In this study, leaves remain the most used organ compared to other parts of the plant; this could be explained by the various services rendered by halophytic species especially in the field of medicine, fodder and crafts. Considering that the leaves are the most accessible organs, they are also the most solicited (Traoré *et al.* 2011; Telli *et al.* 2016). This intensive solicitation could have important impacts of vegetative cover especially in the context of climate change.

The RFC had a direct correlation with the total use value. It is important to note that some of the species that ranked highest for RFC and total use value were also endemic species (*Euphorbia guyoniana*, *Limoniastrum guyonianum*, *Tetraena alba*). Given the importance of these endemic plant species and given the perceived risks attributed to the site, it is important to put in place sustainable management practices that permit the local population to procure the services from the wetlands while maintaining the potential for future generations.

Previous work by Demnati (2014) has described the system of intensive livestock management in the area. The ecosystem services for fodder as seen in this study contribute greatly to this system and could be put at risk due to the increasing herd numbers (Thevs *et al.* 2017). Additionally, secondary grazing in the salt lakes could increase the salinity of the soil and cause shifts in flora composition as already seen in other salty environments, such as the case of Lake Samborombon Bay in Argentina (Di Bella *et al.* 2014), reinforcing the need for appropriate management strategies.

If new management strategies are to be proposed, it is important to understand the dynamics and practices of the local population in order to promote local buy in (Young *et al.* 2013). In this case study, there were significant differences in knowledge level and perception based on education level, gender, age and locality, supporting previous work by Sop & Oldeland (2011) and Etong *et al.* (2017). Understanding these differences is the first step to creating awareness raising campaigns and management actions that support better conservation practices and the protection of biodiversity. As Vodouhê *et al.* (2010) report, understanding local residents' perceptions and using them as a starting point could improve conservation efficiency and effectiveness.

Using the population's perception of plant species is a means of accessing vegetation cover distribution and species scarcity over time (Lykke *et al.* 2004; Sop *et al.* 2012). This study found that the participants perceived a continual degradation of the plant cover, with causes most likely attributed to climate change and anthropogenic activities. According Talbi (1997), the anthropogenic factor remains the biggest threat for desertification, while the climatic and physical constraints are contributing factors. Given the continued trends in climate change, it is important to work on the other contributing factors to promote sustainable management of the area.

Conclusion

Despite the constraining conditions for the development of plant species in salty wetland habitats, this ethnobotanical research highlighted how wild plants provide important ecosystem services and remain an important resource pool for rural communities. Based on use values and frequency of citation indexes, this study showed the importance of certain endemic species that must be managed in order to maintain the biodiversity functions in the future. These species should be considered a priority for conservation.

New management strategies are needed to ensure the sustainable management of the chotts and this ethnobotanical study could be a starting point to work in collaboration with the local population to put in place these changes. Local knowledge of plant species is important not only for livelihood improvement, but also

for biodiversity protection. This holds true not only in vulnerable wetland habitats in the Sahara, but could be useful for the conservation of other habitats as well. As a result of this study, we encourage the use of ethnobotanical studies to increase local participation and knowledge of biodiversity conservation. The use of ethnobotanical studies could create a platform that might help to focus future research efforts and improve conservation strategies based on increased understanding of ecosystem services in different sites around the world.

Acknowledgments

The authors thank the population of Hamraria, Nessigha and Oum Thiour municipalities for their participation in the survey. We express our thanks to the director of the 'Direction des Services Agricoles (DSA)' who provided us unpublished data on population size and growth rate/ year. The study was supported by the Algerian Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (DGRSDT/M.E.S.R.S.) and Foundation Tour du Valat.

References

- Ayantunde, A.A., Hiernaux, P., Briejer, M., Udo, H. & Tabo, R. (2009). Uses of local plant species by agropastoralists in south-western Niger. *Ethnobot. Res. Appl.* 7, 53-66. <https://doi.org/10.17348/era.7.0.53-66>
- Bouahim, S., Rhazi, L., Mathevet, R., Ernoul, L., Amami, B., Saber, E., Muller, S.D. & Grillas, P. (2011). Analysis of perception of temporary pools in western of Morocco by the local stakeholders and the interest of sustainable development. *J. Mater. Environ. Sci.* 2, 451-454.
- Bouldjedri, M., de Bélair, G., Mayache, B. & Muler, S.D. (2011). Menaces et conservation des zones humides d'Afrique du nord : le cas du site Ramsar de Beni-Belaid. *C R Biologies* 334, 757-772. <https://doi.org/10.1016/j.crvi.2011.06.009>
- Chenchouni, H. (2012). Diversité floristique d'un lac du bas-sahara algérien. *Acta Botanica Malacitana* 37, 33-44.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260. <https://doi.org/10.1038/387253a0>
- de Albuquerque, U.P. & Hanazaki, N. (2009). Five problems in current ethnobotanical research –and some suggestions for strengthening them. *Hum. Ecol.* 37, 653-661. <https://doi.org/10.1007/s10745-009-9259-9>
- de Albuquerque, U.P., Araújo, T.A.S., Ramos, M.A., Nascimento, V.T., Lucena, R.F.P., Monteiro, J.M., Alencar, N.L. & Araújo, E.L. (2009). How ethnobotany can aid biodiversity: Reflections on investigations in the semi arid region NE Brazil. *Biodivers. Conserv.* 18, 127-150. <https://doi.org/10.1007/s10531-008-9463-8>
- de Groot, D., Brander, L. & Finlayson, C. (2018). Wetland Ecosystem Services. In: *The Wetland Book: Structure and Function, Management, and Methods* (eds Finlayson C.M., Everard M., Irvine K., McInnes R.J., Middleton B.A., van Dam A.A., Davidson N.C.). Springer, Dordrecht, pp. 323-333.
- de Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L. & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol. Complex.* 7, 260-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2009.10.006>
- Demnati, F. (2014). *Biodiversité et enjeux socio-économiques des lacs salés (Chotts et Sebkhass) d'Algérie. Cas du Chott Merouane et Melghir*. Thèse de doctorat de l'Université de Biskra d'Algérie.
- Demnati, F., Samraoui, B., Allache, F., Sandoz, A. & Ernoul, L. (2017). A literature review of Algerian salt lakes: Values, threats and implications. *Environ. Earth Sci.* 76, 127. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6443-x>
- Di Bella, C.E., Jacobo, E., Golluscio, R.A. & Rodriguez, A.M. (2014). Effect of cattle grazing on soil salinity and vegetation composition along an elevation gradient in a temperate coastal salt marsh of Samborombon Bay (Argentina). *Wetlands Ecol. Manage.* 22, 1-13. <https://doi.org/10.1007/s11273-013-9317-3>
- DiCicco-Bloom, B. & Crabtree, B.F. (2006). The qualitative research interview. *Med. Educ.* 40, 314-321. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2929.2006.02418.x>
- Dossou, M.E., Houessou, G.L., Loughbégnon, O.T., Tenté, A.H.B. & Codjia, J.T.C. (2012). Étude ethnobotanique des ressources forestières ligneuses de la forêt marécageuse d'Agonvé et terroirs connexes au Bénin. *Tropicultura* 30, 41-48.
- Etongo, D., Djenontin, I.N.S., Kanninen, M. & Glover, E.K. (2017). Assessing use-values and relative importance of trees for livelihood values and their potentials for environmental protection in Southern Burkina Faso. *Environ. Dev. Sustain.* 19, 1141-1166. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9787-6>
- Euliss, N.H.J., Brinson, M.M., Mushet, D.M., Smith, L.M., Conner, W.H., Burkett, V.R., Wilcox, D.A., Hester & M.W., Zheng, H. (2013). Ecosystem services: developing sustainable management paradigms based on wetland functions and processes. In: *Wetland techniques* (eds Anderson J.T., Davis C.A.). Springer Science + Business Media, Dordrecht, pp. 121-227.
- Halis, Y., Benhaddya, M.L., Bensaha, H., Mayou, F.R., Lahcini, A. & Belhamra, M. (2012). Diversity of halophyte desert vegetation of the different saline habitats in the valley of Oued Righ, low Sahara basin, Algeria. *Res. J. Environ. Earth. Sci.* 4, 308-315.
- He, J., Moffette, F., Fournier, R., Revéret, J.P., Théau, J., Dupras, J., Boyer, J.P. & Varin, M. (2015). Meta-analysis for the transfer of economic benefits of ecosystem services provided by wetlands within two watersheds in Quebec, Canada. *Wetlands Ecol.*

- Manage.* 23, 707-725. <https://doi.org/10.1007/s11273-015-9414-6>
- Houéhanou, D.T., Assogbadjo, A.E., Chadare, F.J., Zanvo, S. & Sinsin, B. (2016). Approches méthodologiques synthétisées des études d'ethnobotanique quantitative en milieu tropical. *Annales des sciences agronomiques* 20, 187-205.
- Houhamdi, M., Bensaci, T., Nouidjem, N., Bouzegag, A., Saheb, M. & Samraoui, B. (2008). Éco-éthologie du Flamant rose (*Phoenicopterus roseus*) hivernant dans les oasis de la vallée de l'oued Righ (Sahara algérien). *Aves* 45, 15-27.
- Kaplowitz, M.D. (1999). Identifying ecosystem services using multiple methods: Lessons from the mangrove wetlands of Yucatan, Mexico. *Agric. Hum. Values* 17, 169-179. <https://doi.org/10.1023/A:1007669404425>
- Khadraoui, A. (2010). *Sols et hydraulique agricole dans les oasis algériennes : caractérisation, contraintes et propositions d'aménagement*. Office des publications universitaires, Alger.
- Koull, N. & Chehma, A. (2013). Diversité floristique des zones humides de la vallée de l'oued Righ, (Sahara septentrional algérien). *Revue des BioRessources* 3, 72-81.
- Le Berre, M. & Ramousse, R. (2003). Les enjeux de la conservation de la biodiversité en milieu saharien. Sociécologie et conservation. Claude Bernard University (Lyon), France
- Lykke, A.M., Kristensen, M.K. & Ganaba, S. (2004). Valuation of local use and dynamics of 56 woody species in the Sahel. *Biodivers. Conserv.* 13, 1961-1990. <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000035876.39587.1a>
- Miara, M.D., Ait Hammou, M., Rebbas, K. & Bendif, H. (2017). Flore endémique, rare et menacée de l'Atlas tellien occidental de Tiaret (Algérie). *Acta Botanica Malacitana* 42, 271-285. <http://dx.doi.org/10.24310/abm.v42i2.3590>
- Mitsch, W.J., Bernal, B. & Hernandez, M.E. (2015). Ecosystem services of wetlands. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 11, 1-4. <https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1006250>
- Mouat, D.A., Fox, C.A. & Rose, M.R. (1992). Ecological indicators strategy for monitoring arid ecosystems. In: *Ecological indicators* (eds McKenzie D.H., Hyatt D.E., McDonald V.J.). Springer, Boston, pp. 717-737.
- Neffar, S., Chenchouni, H. & Si Bachir, A. (2013). Floristic composition and analysis of spontaneous vegetation of Sabkha Djendli in north-east Algeria. *Plant Biosystems* 150, 396-403. <https://doi.org/10.1080/11263504.2013.810181>
- Ozenda, P. (1958). *Flore du Sahara septentrional et central*. CNRS Éditions, Paris.
- Ozenda, P. (1991). *Flore et végétation du Sahara (nouvelle édition)*. CNRS Éditions, Paris.
- Quezel, P. & Santa, S. (1963). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. CNRS Éditions, Paris.
- Ricaurte, L.F., Wantzen, K.M., Agudelo, E., Betancourt, B. & Jokela, J. (2014). Participatory rural appraisal of ecosystem services of wetlands in the Amazonian Piedmont of Colombia: elements for a sustainable management concept. *Wetlands Ecol. Manage.* 22, 343-361. <https://doi.org/10.1007/s11273-013-9333-3>
- Samraoui, B. & Samraoui, F. (2008). An ornithological survey of Algerian wetlands: Important bird areas, Ramsar sites and threatened species. *Wildfowl* 58, 71-96.
- Samraoui, F., Alfarhan, A.H., Al-Rasheid, K.A. & Samraoui, B. (2011). An appraisal of the status and distribution of waterbirds of Algeria: Indicators of global changes? *Ardeola* 58, 137-163. <https://doi.org/10.13157/arla.58.1.2011.137>
- Seppelt, R., Dormann, C., Eppink, F., Lautenbach, S. & Schmidt, S. (2011). A quantitative review of ecosystem service studies: Approaches, shortcomings and the road ahead. *J. Appl. Ecol.* 48, 630-636. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01952.x>
- Sieben, E.J.J., Khubeka, S.P., Sithole, S., Job, N.M. & Kotze, D.C. (2018). The classification of wetlands: Integration of top-down and bottom-up approaches and their significance for ecosystem service determination. *Wetlands Ecol. Manage.* 26, 441-458. <https://doi.org/10.1007/s11273-017-9585-4>
- Sop, T.K. & Oldeland, J. (2011). Local perceptions of woody vegetation dynamics in the context of a greening Sahel: A case study from Burkina Faso. *Land Degrad. Dev.* 24, 511-527. <https://doi.org/10.1002/ldr.1144>
- Sop, T.K., Oldeland, J., Bognounou, F., Schmiedel, U. & Thiombiano, A. (2012). Ethnobotanical knowledge and valuation of woody plants species: A comparative analysis of three ethnic groups from the sub-Sahel of Burkina Faso. *Environ. Dev. Sustain.* 14, 627-649. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9345-9>
- Talbi, M. (1997). Action anthropique et dégradation de l'environnement aride : la désertification en Tunisie du Sud-Est. *Méditerranée* 86, 25-31.
- Telli, A., Esnault, M.A. & Ould El Hadj-Khelil, A. (2016). An ethnopharmacological survey of plants used in traditional diabetes treatment in south-eastern Algeria (Ouargla province). *J. Arid Environ.* 127, 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.11.005>
- Thevs, N., Beckmann, V., Akimalieva, A., Köbbing, J.F., Nurtazin, S., Hirschelmann, S., Piechotka, T., Salmurzauli, R. & Baibagysov, A. (2017). Assessment of ecosystem services of the wetlands in the Ili River Delta, Kazakhstan. *Environ. Earth Sci.* 76, 30. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6346-2>
- Traoré, L., Ouedraogo, I., Ouedraogo, A. & Thiombiano, A. (2011). Perceptions, usages et vulnérabilité des ressources végétales ligneuses dans le Sud-Ouest du Burkina Faso. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 5, 258-278. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v5i1.68103>
- Verlaque, R., Médail, F., Quézel, P. & Babinot, J.F. (1997). Endémisme végétal et paléogéographie dans le bassin méditerranéen. *Geobios* 21, 59-166. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(97\)80083-6](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(97)80083-6)
- Vitalini, S., Iriti, M., Puricelli, C., Ciuchi, D., Segale, A. & Fico G. (2013). Traditional knowledge on medicinal and food plants used in Val San Giacomo (Sondrio, Italy) – An alpine ethnobotanical study. *J. Ethnopharmacol.* 145, 517-529. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.11.024>
- Vodouhè, F.G., Coulibaly, O., Adégbidi, A. & Sinsin, B. (2010). Community perception of biodiversity conservation within protected areas in Benin. *Forest Policy Econ.* 12, 505-512. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2010.06.008>
- Young, J., Jordan, A., Searle, K., Butler, A., Chapman, D., Simmons, P. & Watt, A. (2013). Does stakeholder involvement really benefit biodiversity conservation? *Biol. Conserv.* 158, 359-370. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.08.018>

Supplementary material Appendix 1

Survey

District Village Locality Date

I. Personal participant information

Q1 Respondent age: Sex:

Q2 Origin of the respondent:

- District name

Q3 Educational level:

- None - Primary - Middle School - Secondary - University

Plant use knowledge

Q1 Plant vernacular name:

Q2 plant botanical name:

Q3 Which purpose collection:

a) Medicine b) Fodder c) Crafts d) Woodfuel e) Food f) Other

Q5 Collection time:

Q6 Plant parts used:

Q7 Utilization methods:

Q8 Collection and preparation methods:

Knowledge and Perception of the local population

Q1 Do you or somebody in your family produce handy crafts? Yes..... No.....

- If yes, what type of craft:

- Pottery - Tapestry - Basketwork - Other

Q2 In this case, who practices this activity? (Women, men, both)

Q3 What is the source of your raw material?

Q4 What is the destination of your product?

Q5 Do you think the vegetation cover is threatened? Yes No

- If so, what kind of threat?

Q2 Does the population use much the plants of the Chott? Yes No

- If yes, type of vegetation

- For what purpose

Supplementary material Appendix 2

Family	Plant species	Common name in Algerian dialect	Organs used	Response rate (%)
Thyphaceae	<i>Typha domingensis</i>	Barbeta	Leaves	21.33
Juncaceae	<i>Juncus maritimus</i>	E'smara	Leaves	18.66
Poaceae	<i>Phragmites communis</i>	Gu'ssab	Leaves	10.66
Rutaceae	<i>Haplophyllum tuberculatum</i>	El Fidjel	Leaves	100
Zygophyllacées	<i>Tetraena alba</i>	Agga	Leaves	66.66
	<i>Tetraena geslinii</i>	Bougriba	Leaves	100
Nitrariaceae	<i>Peganum harmala</i>	El Harmel	Leaves, seeds	100
	<i>Nitraria retusa</i>	El Gherdegue	Leaves, seeds	42
Asteraceae	<i>Otoglyphis pubescens</i>	El Guertaifa	Leaves, roots	83.33
	<i>Cotula cinerea</i>	El Guertoufa beida	Leaves	83.33
Amaranthaceae	<i>Traganum nudatum</i>	El Dhamrane	Leaves	83.33
	<i>Suaeda mollis</i>	E'Ssouda	Whole Plant	20
	<i>Salsola sieberi</i>	El Adjram	Stems, Roots	86.66
	<i>Haloctenium strobilaceum</i>	El Guerina	Roots, Whole plant	86.66
Cucurbitaceae	<i>Citrullus colocynthis</i>	El Hdjedj	Fruits	100
Lamiaceae	<i>Salvia aegyptiaca</i>	El Khayata	Leaves	100
Plombaginaceae	<i>Limoniastrum guyonianum</i>	Zeita	Leaves, Roots	66.66
Tamaricaceae	<i>Tamarix gallica</i>	E'Tarfa	Stems	66.66
Fabaceae	<i>Retama raetama</i>	R'tem	Stems	80
Ephedraceae	<i>Ephedra alata</i> subsp. <i>alenda</i>	El Alinda	Stems, Roots, Leaves	86.66
Xanthonoaceae	<i>Asphodelus tenuifolius</i>	E'Tazia	Bulbs	20
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia guyoniana</i>	L'bina	Leaves, roots	100

Supplementary material Appendix 3

Use Category	Medicinal uses	Fuel	Crafts	Food	Fodder	Other	Total Use Value
<i>Typha domingensis</i>	0.000	0.000	0.438	0.000	0.000	0.000	0.438
<i>Juncus maritimus</i>	0.000	0.000	0.396	0.000	0.000	0.000	0.396
<i>Phragmites communis</i>	0.000	0.000	0.521	0.000	0.000	0.521	1.042
<i>Haplophyllum tuberculatum</i>	0.792	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.792
<i>Tetraena alba</i>	0.875	0.000	0.000	0.000	0.875	0.000	1.750
<i>Tetraena geslinii</i>	0.875	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.875
<i>Peganum harmala</i>	0.958	0.000	0.000	0.000	0.958	0.000	1.917
<i>Nitraria retusa</i>	0.875	0.875	0.000	0.000	0.875	0.000	2.625
<i>Otoglyphis pubescens</i>	0.792	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.792
<i>Cotula cinerea</i>	0.750	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.750
<i>Traganum nudatum</i>	0.521	0.000	0.000	0.000	0.521	0.000	1.042
<i>Suaeda mollis</i>	0.417	0.000	0.000	0.000	0.417	0.000	0.833
<i>Salsola sieberi</i>	0.000	0.917	0.000	0.000	0.917	0.000	1.833
<i>Haloctenium strobilaceum</i>	0.000	0.938	0.000	0.000	0.938	0.000	1.875
<i>Citrullus colocynthis</i>	0.896	0.000	0.000	0.000	0.896	0.000	1.792
<i>Salvia aegyptiaca</i>	0.667	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	1.333
<i>Limoniastrum guyonianum</i>	0.813	0.813	0.000	0.000	0.813	0.000	2.438
<i>Tamarix gallica</i>	0.563	0.563	0.000	0.000	0.563	0.000	1.688
<i>Retama raetama</i>	0.375	0.375	0.000	0.000	0.375	0.000	1.125
<i>Ephedra alata</i> subsp. <i>alenda</i>	0.958	0.958	0.000	0.000	0.958	0.000	2.875
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	0.417	0.000	0.000	0.417	0.417	0.000	1.250
<i>Euphorbia guyoniana</i>	0.979	0.979	0.000	0.000	0.979	0.000	2.938

Spécificité et flexibilité dans la ponte de *Zerynthia polyxena* sur différentes espèces du genre *Aristolochia* en région méditerranéenne française

Specificity and flexibility of egg laying by Zerynthia polyxena on different species of Aristolochia in Mediterranean France

Perrine GAUTHIER, Natasha DE MANINCOR¹, Manon PICQUENOT¹,
Virginie PONS¹, Ugo SCHUMPP¹ & John D. THOMPSON¹

1. CEFÉ, CNRS, Univ. Montpellier, EPHE, IRD, Univ. Paul Valéry Montpellier 3, Montpellier, France
Auteur correspondant : perrine.gauthier@cefe.cnrs.fr

Received: 4 Aug., 2020; First decision: 6 Oct., 2020; Revised: 22 Oct., 2020; Final decision: 27 Oct., 2020

Résumé

Dans leurs différentes aires de distribution, les papillons du genre *Zerynthia* présentent des plantes-hôtes diverses au sein du genre *Aristolochia*. En France méditerranéenne, où *Z. polyxena*, la Diane, est en limite nord-ouest de distribution, elle pond généralement sur *A. rotunda* qui pousse à la fois dans les prairies humides littorales et certaines garrigues d'arrière-pays. Dans la zone d'étude (départements de l'Hérault et du Gard), son aire de distribution chevauche celle de *Z. rumina*, la Proserpine, dans sa limite orientale. Cette dernière pond sur *A. pistolochia* qui pousse dans les garrigues sèches d'arrière-pays. Trois axes d'observations de terrain ont été définis afin de voir (1) si la fréquence de ponte de *Z. polyxena* varie dans ses différents habitats, (2) dans quelle mesure *A. rotunda* est réellement la plante-hôte préférentielle de *Z. polyxena* et (3) si *Z. polyxena* et *Z. rumina* demeurent spécialistes lorsqu'elles partagent le même habitat avec leurs deux plantes-hôtes en mélange ou en étroite proximité. L'ensemble de ces travaux a bien conforté qu'*A. rotunda* est l'hôte privilégié de *Z. polyxena* dans ses deux grands habitats de

France méditerranéenne bien que des pontes puissent être observées sur *A. clematitis* et plus rarement sur *A. paucinervis* sur les sites littoraux. En parapatric, *Z. polyxena* et *Z. rumina* peuvent ponctuellement changer de plante-hôte même si elles conservent une préférence pour la leur. Malgré leur statut de protection, ces papillons spécialistes sont principalement menacés par la destruction de leurs habitats par l'urbanisation et l'implantation d'infrastructures.

Abstract

Butterflies of the genus *Zerynthia* often have different host plants in the genus *Aristolochia* in the different parts of their distribution range. In Mediterranean France the Southern Festoon reaches its North Western distribution limit, where it generally lays eggs on *A. rotunda* in either coastal wet meadows or riparian and garrigue habitats in the backcountry. In the study area (Hérault and Gard departments), its distribution range overlaps with that of the Spanish Festoon *Zerynthia rumina* at its north-eastern limits. The Spanish Festoon lays its eggs on *A. pistolochia* plants growing in dry garrigues

Mots-clés : Diane, Proserpine, plantes-hôtes, prairies littorales, garrigue, interactions biotiques.

Keywords: Southern Festoon, Spanish Festoon, host-plant, coastal meadows, garrigue, biotic interactions.

in the backcountry. Three types of field observations were conducted to determine: (1) whether habitat variation influences the rates of egg deposition by the Southern Festoon, (2) the extent to which *A. rotunda* is the preferential host plant and (3) if both Southern and Spanish Festoons are specialised if they co-occur with both their host plants in proximity. We found that *A. rotunda* is the main host plant of the Southern Festoon in both habitats where it grows in Mediterranean France although egg laying was observed on *A. clematitis* and more rarely on *A. paucinervis* in coastal sites. Finally, in parapatry, Southern and Spanish Festoons exchange their host plants but remain both more specialised on a different host. Despite their protection status, destruction of their habitats by urbanisation and infrastructures are a major threat to these specialised butterflies.

Version abrégée

Butterflies of the genus *Zerynthia* often have different host plants in the genus *Aristolochia* in the different parts of their distribution range. In Mediterranean France the Southern Festoon *Zerynthia polyxena* reaches its North Western distribution limit, where it generally lays eggs on *A. rotunda* in either coastal wet meadows or riparian and garrigue habitats in the backcountry. In the study area (Hérault and Gard departments), its distribution range overlaps with that of the Spanish Festoon *Zerynthia rumina* at its North Eastern limits. *Zerynthia rumina* lays its eggs on *A. pistolochia* plants growing in dry garrigues in the backcountry.

In this study, three types of field observations were conducted to determine: (1) whether habitat variation influences the rates of egg deposition by the Southern Festoon, (2) the extent to which *A. rotunda* is the preferential host plant and (3) if both Southern and Spanish Festoons are specialised if they co-occur with both their host plants in proximity. To examine these questions we studied egg laying in 1m² quadrats placed along transects through a range of populations of *A. rotunda*, including some coastal sites where it co-occurs with *A. clematitis* and *A. paucinervis* and in two back-country sites where it grows in close proximity with *A. pistolochia*. In each quadrat egg deposition was recorded in 100 (10cm × 10cm) or 25 (20cm × 20cm) grid cells.

We studied the rates of egg laid by *Z. polyxena* in two main ecological contexts, (i) coastal wetlands and (ii) riparian or garrigue habitats

in the backcountry of Mediterranean France. *A. rotunda* is significantly more abundant in quadrats in the coastal wetland sites than in quadrats studied in riparian habitats in the backcountry. As a consequence, the absolute number of grid cells with egg presence is lower in the backcountry than in coastal wetland habitats. However, when only grid cells containing *A. rotunda* are analysed, the proportion of cells with egg presence is significantly higher in backcountry sites. In both ecological contexts, there is significant variation among sites, primarily because of a high proportion of grid cells with eggs in one population. In both contexts egg deposition is primarily on the underside of leaves and the majority of eggs are laid singly, i.e. one egg per leaf and per grid cell. Clearly, *Z. polyxena* does not saturate its host plant in terms of egg deposition in both types of habitat but may choose to spread out its egg laying in sites of high abundance of the host plant.

A. rotunda is the main host plant of the *Z. polyxena* in both habitats where it grows in Mediterranean France. In a three year study of three coastal wetland sites, when the frequency of grid cell occupation by three *Aristolochia* species, *A. rotunda* plus *A. clematitis* and *A. paucinervis*, is compared with the frequency of grid cells with eggs laid on each species, the number of grid cells with eggs on *A. clematitis* and *A. paucinervis* is significantly less than expected based on their frequency of presence. Hence, although egg laying was observed on *A. clematitis* and more rarely on *A. paucinervis* in coastal sites, *Z. polyxena* is clearly specialised on *A. rotunda* in sites with the different potential hosts.

Finally, in two sites where *Z. polyxena* and *Z. rumina* both occur (but are temporally distinct in their phenology) with their principal host plants, *A. rotunda* and *A. pistolochia* respectively, the two festoons lay eggs on both species. However, they have a distinct preference for one host plant species: *Z. polyxena* on *A. rotunda* and *Z. rumina* on *A. pistolochia*. That said, in on one site *Z. polyxena* appeared to be more specialised than *Z. rumina* whereas in the second site the two butterfly species tend to lay eggs more evenly on the two host plant species.

The two butterfly species may thus adjust their egg laying to differences in the abundance of host plant species. Despite their protection status, destruction of their habitats by urbanisation and infrastructures are a major threat to

these specialised butterflies due to loss of the habitat of the host plants. Given our results, the conservation of sites where the two principal host plants occur is a clear priority for the maintenance of populations of the two protected butterfly species.

Introduction

Pour certains papillons, la plante-hôte peut être unique ou inclure un petit nombre d'espèces du même genre (Lafranchis 2000 ; Bence 2020 ; Dozières *et al.* 2017). Le comportement de ces papillons, lors de la ponte, peut présenter une structuration spatiale assez forte en lien avec la densité, la morphologie, la taille et la composition chimique de leurs plantes-hôtes ainsi qu'avec le milieu, ce qui peut mener à leur spécialisation (Rausher 1979 ; 1983 ; Ehrlich 1989 ; Chew & Robbins 1989 ; Singer 1989 ; Vovlas *et al.* 2014). Dans bien des cas, une spécialisation pour des plantes-hôtes dont les habitats ne sont non seulement pas protégés mais aussi situés dans des zones soumises à de fortes fragmentations pourrait influencer la ponte et la dynamique des populations du papillon et donc leur conservation (Thomas *et al.* 2001 ; Dennis 2004 ; Vovlas *et al.* 2014). La conservation du papillon dépend donc d'une protection de l'habitat de sa plante-hôte et d'une connaissance précise de son interaction avec cette dernière.

Un cas particulier ici concerne *Zerynthia polyxena* (Denis & Schiffermüller, 1775)

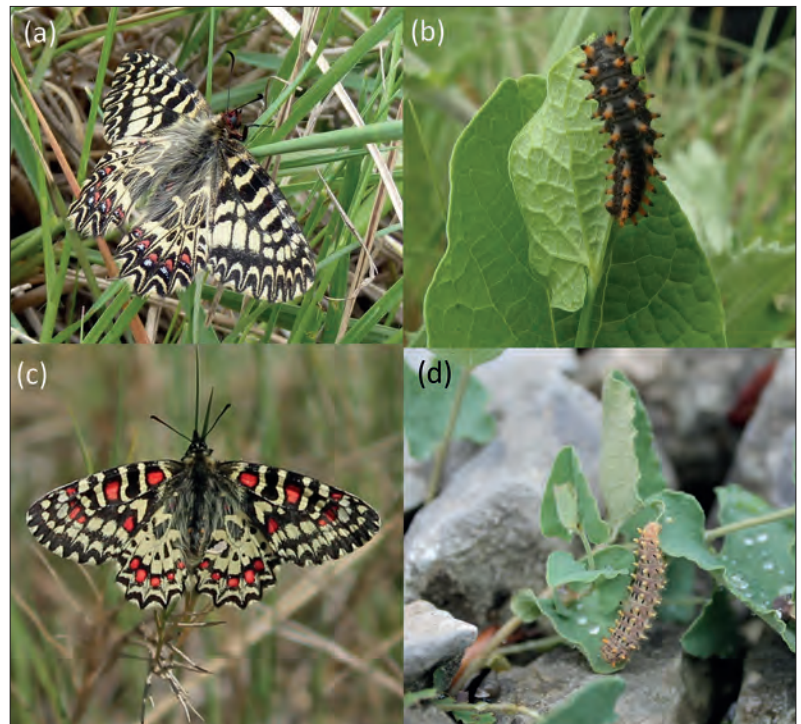


Figure 1 – *Zerynthia polyxena* (a) imago (© F. Linhart) et (b) chenille (© P. Gauthier) et *Z. rumina* (c) imago (© N. De Manincor) et (d) chenille (© P. Gauthier).

Figure 1 – Photos of (a) imago (© F. Linhart) and (b) caterpillar (© P. Gauthier) of *Zerynthia polyxena*, and (c) imago (© N. De Manincor) and (d) caterpillar (© P. Gauthier) of *Z. rumina*.

(figures 1a et b), la Diane, un papillon diurne qui, en France, pond sur quatre espèces du genre *Aristolochia* (figure 2 ; tableaux 1 et 2). *Z. polyxena* est observée depuis le sud de la France vers l'Italie à l'est (Sicile comprise) et une grande partie du sud-est de l'Europe (de l'Autriche à la Grèce et à la Roumanie) ainsi qu'au sud-ouest du Caucase et de la Turquie,

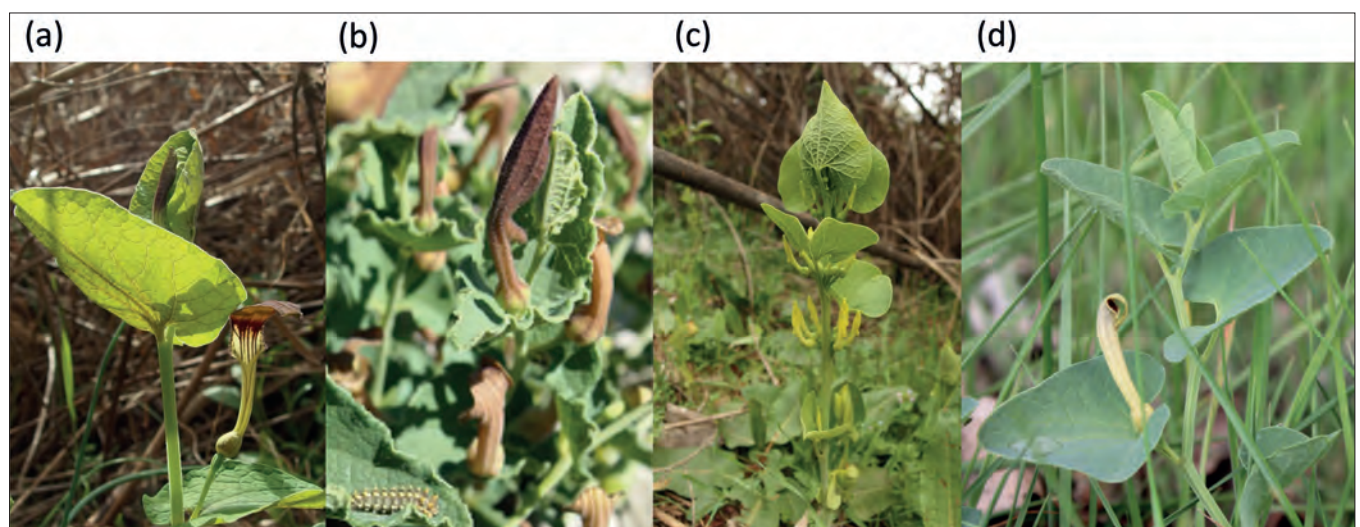


Figure 2 – Les quatre espèces d'*Aristolochia* du sud de la France (a) *Aristolochia rotunda*, (b) *A. pistolochia*, (c) *A. clematidis* (© P. Gauthier) et (d) *A. paucinervis* (© N. De Manincor).

Figure 2 – The four species of *Aristolochia* in the South of France: (a) *Aristolochia rotunda*, (b) *A. pistolochia*, (c) *A. clematidis* (© P. Gauthier) and (d) *A. paucinervis* (© N. De Manincor).

Tableau 1 – Bilan de connaissances de la spécificité des lépidoptères du genre *Zerynthia* pour les espèces du genre *Aristolochia*.**Table 1 – A bibliographic survey of Lepidoptera in the genus *Zerynthia* that use host-plant species in the genus *Aristolochia*.**

Espèce	Observation de plantes-hôtes	Zone d'étude	Référence
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i> (principalement), <i>A. clematitis</i> (occasionnellement)	Alpes-Maritimes, Var	Boireau & Braconnot (1995)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i>	Ariège	Demergès & Delvine (2009)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i> (principalement), <i>A. clematitis</i> et <i>A. paucinervis</i> (occasionnellement)	France méditerranéenne	Lafranchis (2000)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. clematitis</i>	Provence	Braud (2012)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i>	Gard	Puissauve (2009)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. clematitis</i>	Hongrie – Csévharaszt	Batary <i>et al.</i> (2008)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. clematitis</i>	Hongrie – Csévharaszt	Örvössy <i>et al.</i> (2005; 2014)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. pallida</i>	Sud-ouest de la Slovénie	Čelik (2012)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i> et <i>A. clematitis</i> (principalement), <i>A. paucinervis</i> et <i>A. pistolochia</i> (occasionnellement)	Sud de la France	Baliteau & Denise (2008)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i> (principalement), <i>A. pistolochia</i> (occasionnellement)	Aveyron	Baliteau <i>et al.</i> (2013)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i> (principalement), <i>A. paucinervis</i> , <i>A. clematitis</i> et <i>A. pistolochia</i> (occasionnellement)	Gard	Hentz <i>et al.</i> (2014)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. pistolochia</i>	Sud de la France	Baliteau & Denise (2008)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. pistolochia</i>	Aveyron	Baliteau <i>et al.</i> (2013)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. pistolochia</i> (principalement), <i>A. rotunda</i> (occasionnellement)	Gard	Hentz <i>et al.</i> (2014)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. pistolochia</i>	Provence	Commerçon <i>et al.</i> (2013)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. pistolochia</i>	Alpes-Maritimes	Bourgon (2009)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. pistolochia</i> sur calcaire, <i>A. paucinervis</i> sur silice	Sud-est de l'Espagne	Stefanescu (2005)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. pistolochia</i>	Centre de l'Espagne	Ochoa-Hueso <i>et al.</i> (2014)
<i>Z. rumina</i>	<i>A. paucinervis</i> (principalement), <i>A. baetica</i> (occasionnellement)	Sud de l'Espagne	Jordano & Gomariz (1994)
<i>Z. cassandra</i>	<i>A. rotunda</i>	Italie du Nord	Ghesini <i>et al.</i> (2019)
<i>Z. cassandra</i>	<i>A. rotunda</i>	Italie du Nord	Camerini <i>et al.</i> (2018)
<i>Z. cassandra</i>	<i>A. rotunda</i> (principalement), <i>A. pallida</i> (occasionnellement)	Italie, île d'Elbe	Cini <i>et al.</i> (2019)
<i>Z. cassandra</i>	<i>A. rotunda</i>	Italie	Vovlas <i>et al.</i> (2014)
<i>Z. polyxena</i>	<i>A. rotunda</i> , <i>A. pallida</i>	Grèce	Slancarova <i>et al.</i> (2015)
<i>Z. cerisy</i>	<i>A. clematitis</i>	Grèce	Slancarova <i>et al.</i> (2015)
<i>Z. cerisy</i>	<i>A. clematitis</i>	Sud de la Roumanie	Barka (2018)
<i>Z. cretica</i>	<i>A. cretica</i>	Crète	Dennis (1996)

au sud de l'Oural et du Kazakhstan et de l'est au sud-ouest de la Russie (Nazari & Carbonell 2006; Van Swaay *et al.* 2010). En France sa présence est signalée à travers la Provence depuis les Alpes-Maritimes (Bence 2020), le Gard, l'Hérault et l'Aude (<https://atlas.libellules-et-papillons-lr.org/atlas/>) jusqu'aux contreforts du Massif central dans l'Aveyron (Baliteau *et al.* 2013) et l'Ariège dans le Sud (Demergès & Delvine 2009). Elle n'a pas encore colonisé

les Pyrénées-Orientales. Elle figure sur la liste des espèces protégées en France (liste des insectes protégés sur le territoire national du 22 juillet 1993) mais est évaluée comme « préoccupation mineure » sur la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN (van Swaay *et al.* 2010). Elle figure aussi sur la convention de Berne (annexe 2) et sur la directive Habitats (annexe 4, directive 92/43/CEE du conseil du 21 mai 1992 concernant la conservation des

Tableau 2 – Caractéristiques morphologiques des principales espèces d'*Aristolochia* du sud de la France, d'après Bernier & Hentz (2006), Hentz (2008) et Tison et al. (2014).

Table 2 – Morphological characteristics of *Aristolochia* species in the South of France, from Bernier & Hentz (2006), Hentz (2008) and Tison et al. (2014).

Espèces	Fleurs	Feuilles	Pilosité	Port	Rhizome	Taille (cm)
<i>A. rotunda</i> L.	Solitaires, tube verdâtre et à large languette sombre	Sessiles, vert tendre	Glabre	Dressé ou prostré, touffes lâches, ramifiées	Tubercule arrondi	15-80
<i>A. pistolochia</i> L.	Solitaires, à tube beige crème et à languette brune aux bords enroulés	Petites, sessiles, vert glauque	Poils courts, raides	Touffes compactes	Racine tubérisée	15-50
<i>A. clematitis</i> L.	Nombreuses, jaunes et verticillées	Pédonculées, vert tendre	Glabre	Dressé	Rhizome stolonifère	20-120
<i>A. paucinervis</i> Pomel	Solitaires, tube jaune avec tache sombre limitée à l'intérieur du tube	Pédonculées, vert glauque	Glabre	Rampant	Tubercule ovoïde	15-80
<i>A. pallida</i> Willd	Solitaires, tube jaune avec tache sombre limitée à l'intérieur du tube	Pédonculées, vert glauque	Glabre	Rampant	Tubercule globuleux	10-50

habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages).

En France, la plante-hôte principale de *Z. polyxena* est *Aristolochia rotunda* L. même si des pontes et/ou des chenilles peuvent être observées, de manière occasionnelle, sur *Aristolochia paucinervis* Pomel dans l'Hérault, *Aristolochia pallida* Willd en Provence, *Aristolochia pistolochia* L. en Haute-Provence et *Aristolochia clematitis* L. un peu partout (tableau 1). Dans d'autres pays où sa plante-hôte privilégiée peut être *A. clematitis* ou *A. pallida*, elle présente un comportement similaire en pondant aussi, ponctuellement, sur d'autres espèces d'Aristoloches.

Z. polyxena fréquente des habitats diversifiés, depuis les zones humides (bords d'étangs, ripisylves), les prairies humides, les bords de chemins et les clairières de garrigues jusqu'aux pelouses calcaires sèches (van Swaay et al. 2006) mais rarement à une altitude de plus de 900 m (Dapporto 2010; Lafranchis et al. 2014). En région méditerranéenne française, *A. rotunda* pousse dans ces habitats très contrastés en termes d'écologie. On la trouve d'une part dans l'arrière-pays, depuis les ripisylves jusqu'aux bordures de chemins et garrigues ouvertes et sèches, d'autre part sur le littoral, dans de vastes espaces de pelouses humides et en bordure de lagunes.

Aucune étude ne porte sur des différences de pontes de *Z. polyxena* (taille, nombre...) dans ces contextes écologiques et milieux contrastés et nous ne disposons pas d'information sur la nature de ses préférences. Il reste donc à déterminer si *Z. polyxena* pond moins,

en France, sur certaines Aristoloches parce que ces dernières sont plus rares ou parce qu'elle manifeste une véritable préférence pour *A. rotunda* en tant que plante-hôte.

Enfin, dans certaines situations *Z. polyxena* se retrouve en mélange avec, *Zerynthia rumina* (Linnaeus, 1758) (figures 1c et d), la Proserpine, qui figure aussi sur la liste des espèces protégées en France (liste des insectes protégés sur le territoire national du 22 juillet 1993). *Z. rumina* est présente dans le nord-ouest de l'Afrique, dans la péninsule Ibérique, où deux générations peuvent se succéder sur une année, et en France méditerranéenne (Stefanescu 2005). En France, elle est plus commune dans les garrigues et les milieux calcaires, depuis le niveau de la mer jusqu'en moyenne montagne (1 000-1 300 m) (Lafranchis et al. 2014) où sa principale plante-hôte est *A. pistolochia*, même si certaines études décrivent aussi des pontes sur *A. rotunda*. Dans le sud de l'Espagne, sur substrat siliceux, *A. paucinervis* devient la plante-hôte privilégiée de *Z. rumina* et *A. baetica* y est décrite comme une plante-hôte potentielle mais moins favorable au développement de la chenille (tableau 1).

En France, où les deux espèces sont en limite d'aire, sud-ouest pour *Z. polyxena* et nord-est pour *Z. rumina*, elles ont une distribution restreinte à la région méditerranéenne. Dans le département de l'Hérault, où leurs distributions se chevauchent, elles ne réalisent qu'un cycle annuel – un point important ici concerne leurs périodes de vol et donc de ponte qui présentent des différences marquées : *Z. polyxena* a une période de vol d'environ un mois, de

mi/fin mars à mi/fin avril selon les conditions météorologiques de l'année (Carrière 1987 ; Lafranchis 2000), alors que *Z. rumina* apparaît fin avril avec une abondance maximale mi-mai (Lafranchis 2000).

L'ensemble de ces observations nous a incités à étudier plus finement l'utilisation, par *Z. polyxena*, des espèces du genre *Aristolochia* pour sa ponte dans plusieurs contextes. Cette étude s'articule autour de quatre objectifs principaux :

- Quantifier s'il existe une variation de la ponte de *Z. polyxena* en fonction de l'abondance d'*A. rotunda* dans les deux grands contextes écologiques du littoral et de l'arrière-pays.
- Élaborer et tester un protocole pour quantifier, en milieu naturel, la spécificité et la préférence de *Z. polyxena* lorsque deux ou plusieurs espèces du genre *Aristolochia* sont présentes sur un site.
- Analyser la spécificité de *Z. polyxena* pour *A. rotunda* en présence d'*A. pistolochia* et de *Z. rumina*.
- Fournir des connaissances pour éclairer la problématique de la conservation des deux espèces protégées de papillons en lien avec la ponte sur leurs plantes-hôtes qui sont l'essence même de leurs habitats.

Méthodes

Sites d'études

Notre étude couvre un ensemble de sites au sein des deux contextes écologiques (tableau 3). Les premiers, dans les pelouses humides du littoral, sont localisés au Petit-Saint-Jean (L1), à Candillargues (L2), sur la Réserve naturelle nationale de l'Estagnol (L3) et sur les salines de Villeneuve (L4). Les seconds, sur les lisières entre ripisylves/chemins et pelouses ou garrigues de l'arrière-pays, sont localisés à Guzargues (G1), Notre-Dame-de-Londres (G2), Pompignan (G3), aux sources du Lamalou (G4 et P1) et dans le bois des Lens (G5 et P2). Les sites du Lamalou et du bois des Lens correspondent à des sites d'interface entre milieux humides (G4 et G5, respectivement) où *Z. polyxena* est présente et garrigues sèches (P1 et P2, respectivement) où *Z. rumina* la remplace.

Tableau 3 – Code des sites, principaux types de milieux, dates des observations et espèces d'*Aristolochia* présentes dans chaque site. Dans les codes des sites : G indique un contexte paysager de garrigues en arrière-pays, L des pelouses en zone littorale et P des sites avec *A. pistolochia*.

Table 3 – Site codes, dominant habitats, dates of observations and species of *Aristolochia* present in each site. Site codes are as follows: G – a landscape context of garrigue in the backcountry, L – coastal wet meadows, P – sites with *A. pistolochia*.

Code	Milieu	Observations	Dates	A. <i>rotunda</i>	A. <i>clematitis</i>	A. <i>paucinervis</i>	A. <i>pistolochia</i>
G1	Ripisylve, garrigues	Axes 1 & 2 (i)	2014 : 31/03, 11/04, 24/04	x	x		
G2	Ripisylve, pelouse	Axe 1	2014 : 07/04, 15/04, 02/05	x			
G3	Lisière, garrigues	Axe 1 Axe 3 (i)	2014 : 06/04, 15/04, 02/05 2014 : 15/04, 02/05, 20/05	x			x
G4	Ripisylve, garrigues, pelouse	Axe 1 Axe 3 (ii)	2014 : 08/04, 17/04, 02/05 2016 : 19/04, 26/04, 09/05, 17/05	x			
P1	Garrigues	Axe 3 (i) Axe 3 (ii)	2014 : 17/04, 05/05, 20/05 2016 : 19/04, 26/04, 09/05, 17/05	x			x
G5	Ripisylve, pelouse	Axe 3	2016 : 22/04, 29/04, 10/05, 18/05	x			
P2	Pelouse, garrigues	Axe 3	2016 : 22/04, 29/04, 10/05, 18/05	x			x
L1	Pelouse humide	Axe 1	2014 : 01/04, 10/04, 22/04	x			
L2	Pelouse humide	Axes 1 & 2 (i) Axe 2 (ii)	2014 : 01/04, 10/04, 22/04 ; 24/04/2015, 28/04/2016, 02/05/2019	x	x		
L3	Pelouse humide, lisière	Axes 1 & 2 (i) Axe 2 (ii)	2014 : 04/04, 14/04, 28/04 ; 23/04/2015, 25/04/2016, 29/04/2019	x	x	x	
L4	Pelouse humide	Axes 1 & 2 (i) Axe 2 (ii)	2014 : 04/04, 14/04, 28/04 ; 23/04/2015, 21/04/2016, 30/04/2019	x	x	x	

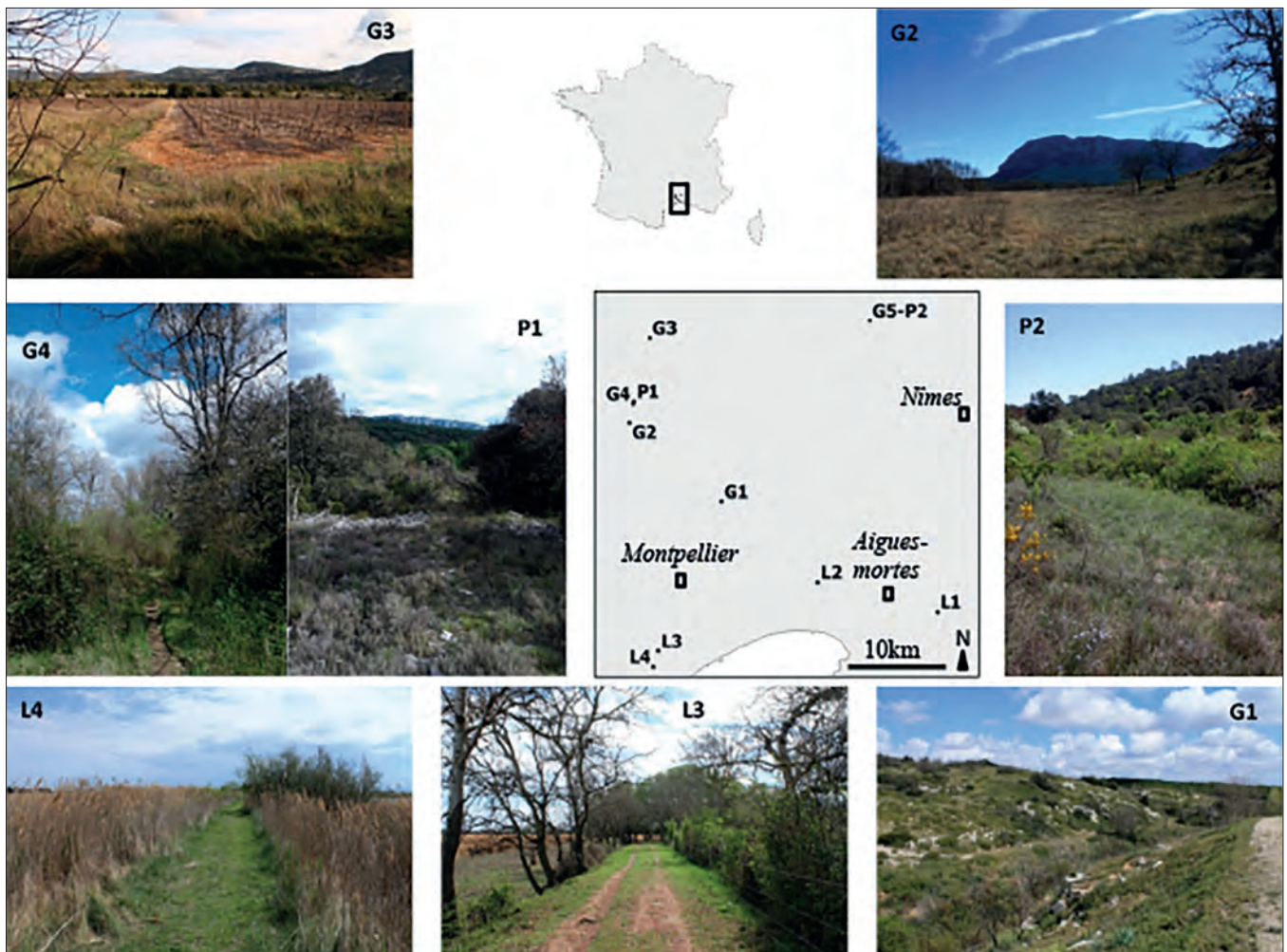


Figure 3 – Localisation des sites d'étude dans le sud de la France et illustrations de certains milieux G3, G4-P1, L4, L3, G1, G2 (© N. De Manincor) et G5 (© M. Piquenot). Voir tableau 3 pour l'explication des codes des sites.

Figure 3 – Location of the study sites in the South of France and illustrations of sites G3, G4-P1, L4, L3, G1, G2 (© N. De Manincor) and G5 (© M. Piquenot). See Table 3 for site codes.

Les trois grands axes d'étude

Axe 1. Quantification de la ponte de *Zerynthia polyxena* sur *Aristolochia rotunda* dans deux grands contextes écologiques

Huit sites ont été choisis au sein des deux contextes écologiques typiques de *Z. polyxena* : quatre sites localisés dans des ripisylves ou bordures de chemin dans un paysage de garrigues et de cultures de l'arrière-pays au nord de Montpellier (G1 à G4) et quatre sites dans les pelouses humides du littoral au sud et sud-est de Montpellier (figure 3, tableau 3). Ces sites ont été choisis sur la base d'une présence vérifiée d'*Aristolochia rotunda*. Ils sont distants, au minimum, de 2 km et, au maximum, de 53 km les uns des autres. Enfin, les sites du littoral (L1 à L4) sont situés dans des espaces protégés et/ou gérés afin de limiter tout risque de perturbation anthropique.

Dans chaque site, cinq placettes de 1 m² ont été implantées en avril 2014 (après observation de *Z. polyxena* en vol sur les sites). Ces placettes étaient subdivisées en 100 cellules de 10 cm × 10 cm, marquées à l'aide de bâtonnets et géoréférencées individuellement de manière à réaliser les observations exactement au même endroit lors des passages successifs. Dans chaque placette à chaque date étaient relevés : le nombre de cellules où *A. rotunda* ou d'autres espèces d'*Aristoloches* étaient présentes ; le nombre de cellules où au moins un œuf de *Z. polyxena* (une ponte) était observé sur une feuille, une fleur ou une tige d'*Aristoloches* ; et le nombre d'œufs par cellule. Chaque site a été visité à trois dates entre le 31/03/2014 et le 20/05/2014 à 8 à 15 jours d'intervalle (détail dans tableau 3) afin de couvrir la période du vol de *Z. polyxena* ainsi que la période végétative et la floraison d'*A. rotunda*. À chaque passage, la présence

d'œufs était marquée à l'aide de petites pinces de couleur attachées à la tige de l'Aristolochie juste en dessous de l'organe portant la ponte. Lors des deuxième et troisième visites les cellules avec des chenilles sur les Aristoloches et leur nombre ont aussi été notés.

Axe 2. Quantification de la spécificité de *Z. polyxena* en présence de différentes espèces d'Aristolochie

Deux études ont été conduites pour préciser la préférence de *Z. polyxena* pour *A. rotunda*.

(i) Une campagne d'observations exploratoires a été menée en 2014 dans les huit sites étudiés en phase 1 : lorsqu'une autre espèce d'Aristolochie était observée (*A. clematitidis* ou *A. paucinervis*), une placette supplémentaire était installée sur celle-ci puis suivie selon le même protocole et aux mêmes dates que pour *A. rotunda*.

(ii) Suite à cette première campagne, un protocole d'observations plus important a été conduit dans trois des sites littoraux étudiés en phase 1, L2, L3 et L4 (tableau 3), où *A. clematitidis* et/ou *A. paucinervis* sont aussi présentes. Cette étude avait également pour objectif de rechercher s'il existe une différence de ponte lorsque les différentes espèces du genre *Aristolochia* sont localement isolées ou en mélange.

Dans chacun des trois sites, nous avons défini un transect (1 km pour L2, 750 m pour L3 et 500 m pour L4) le long duquel des placettes de 1 m² subdivisées en 25 cellules de 20 cm × 20 cm ont été positionnées. La première placette était posée sur la première tache observée d'une des espèces d'Aristolochie sous condition qu'au moins trois des 25 cellules de cette placette soient occupées par la plante. Cellule par cellule, la présence ou l'absence des trois espèces (*A. rotunda*, *A. clematitidis* et *A. paucinervis*) étaient alors notées. Ensuite, dans chaque cellule avec des Aristoloches, les œufs présents sur les feuilles, les fruits et les fleurs étaient comptés. Puis la placette était déplacée le long du transect vers la première tache d'Aristolochie localisée à au moins 5 m de distance sous les mêmes conditions de présence que précédemment. Au total 30 placettes par station ont été posées en 2015 et 2016, et 50 en 2019. Cette étude a été conduite lors d'une seule visite à la fin du mois d'avril ou tout début mai chaque année (tableau 3).

Axe 3. Quantification de la préférence de *Z. polyxena* pour *A. rotunda* en présence d'*A. pistolochia* et de *Z. rumina*

Que ce soit à l'état d'imagos ou de chenilles, les deux papillons se distinguent par des caractéristiques morphologiques (figure 1). *Z. polyxena* arbore une série de points rouges et bleus, et une tache en forme de ballon de rugby sur les ailes postérieures, alors que *Z. rumina* ne présente que de nombreux points rouges sur fond crème même sur les ailes antérieures. La chenille de *Z. polyxena* initialement noire devient plus jaune avec quatre rangs de scoli orange et noir sur le corps alors que celle de *Z. rumina* est jaune avec quatre rangs de scoli clairs.

Afin de quantifier la préférence de *Z. polyxena* pour *Aristolochia rotunda* lorsque cette espèce coexiste avec *A. pistolochia*, la plante-hôte principale de *Z. rumina*, deux études ont été menées, respectivement en 2014 et en 2016. Comme décrit précédemment, il existe un décalage entre les périodes de vol des deux papillons, *Z. polyxena* prenant son envol entre mi et fin mars et *Z. rumina* début mai avec un chevauchement potentiel au cours des derniers jours d'avril et des premiers jours de mai.

(i) En 2014, dans deux sites, G3 et P1 où quelques plantes d'*A. rotunda* et d'*A. pistolochia* sont en mélange, nous avons marqué toutes les plantes des deux espèces présentes de part et d'autre d'un transect de 20 m de long et 15 m de large. Il s'agissait, pour *A. rotunda* et *A. pistolochia* respectivement, de 12 et 14 plantes dans le site G3, et de 15 et 17 plantes dans le site P1. Des dénombrements de pontes ont alors été réalisés sur chaque plante à trois dates (tableau 3) sans discriminer les pontes des deux papillons.

(ii) En 2016, une seconde étude a été menée sur deux couples de sites qui se caractérisent par l'existence d'une ripisylve où *Z. polyxena* et *A. rotunda* sont présentes en interface avec une garrigue sèche avec *Z. rumina*, *A. pistolochia* et *A. rotunda*. Il s'agit des sites G4 et P1 aux sources du Lamalou et des sites G5 et P2 au bois des Lens (tableau 3). Dans chacun des deux couples de sites, 30 placettes ont été marquées à l'aide de bâtonnets ou de peinture, selon les mêmes conditions d'espacement qu'en phase 2, le long d'un transect traversant les deux milieux et leur interface. Dans les deux couples de sites, *A. rotunda* était présente sur 23 des 30 placettes et *A. pistolochia* était présente sur au moins 12 placettes.

Ces sites ont été visités à quatre dates, à 8 à 13 jours d'intervalle, couvrant les cycles des deux papillons et de leurs plantes-hôtes de mi-avril à mi-mai en 2016 (tableau 3). Comme en phase 1 mais sur des placettes divisées en seulement 25 cellules de 20 cm × 20 cm, à chaque date, dans chaque cellule, la présence ou l'absence d'*Aristolochia* étaient notées ainsi que la présence d'au moins un œuf de *Z. polyxena* ou de *Z. rumina* et, enfin, le nombre d'œufs par feuille, tige ou fleur et par cellule. Là encore, à chaque date, l'emplacement des œufs sur chaque plante était marqué par une bague de couleur sous la ponte. Compte tenu du décalage phénologique entre les deux papillons, les œufs observés aux deux premières dates étaient attribués à *Z. polyxena* alors que ceux dénombrés aux deux dernières dates l'étaient à *Z. rumina*. Nous avons d'ailleurs constaté des colorations différentes des œufs des deux espèces de papillons, comme Hentz *et al.* (2014).

Analyse des données

Pour analyser les résultats, nous avons réalisé des tests d'homogénéité du χ^2 entre les différents sites et les différentes dates. Toutes les autres analyses ont été réalisées avec R3.1.1. (R Development Core Team 2010).

Afin d'étudier les variations entre sites et dans les deux contextes écologiques en termes d'occupation par les plantes et les pontes nous avons utilisé des tests de *G* répliqués et des χ^2 de Pearson avec corrections de Yates, des tests exacts de Fisher et des tests de Wilcoxon-Mann-Whitney pour comparer les différences de présence de pontes et leur nombre entre les deux contextes écologiques. Nous avons réalisé un test de corrélation (Pearson) pour examiner s'il existe une corrélation entre le nombre de cellules occupées par *A. rotunda* et la ponte de *Z. polyxena*.

Résultats

Axe 1. Ponte de *Zerynthia polyxena* sur *A. rotunda* dans deux contextes écologiques

L'occupation d'*A. rotunda* a été étudiée dans cinq placettes, soit 500 cellules par site, dans quatre sites du littoral et quatre sites

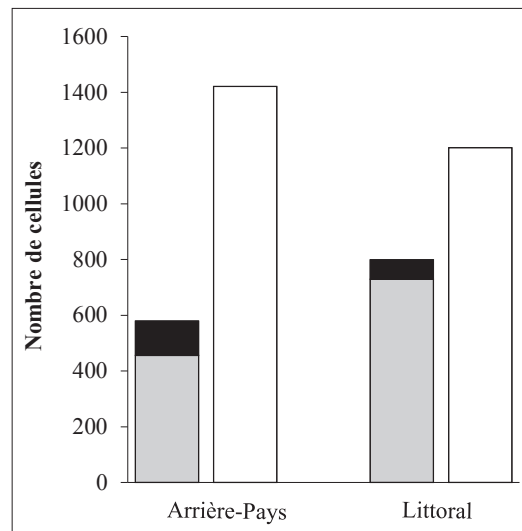


Figure 4 – Nombre de cellules occupées par *Aristolochia rotunda* seulement (en gris), par *A. rotunda* et au moins une ponte (en noir), et vides (en blanc).

Figure 4: Number of cells occupied by *Aristolochia rotunda* with no eggs (grey), by *A. rotunda* and at least one egg (black), and empty (in white).

à l'intérieur des terres (soit 2000 cellules pour chaque zone). Lorsque l'on regroupe l'ensemble des sites des deux contextes écologiques (figure 4), on observe un nombre de cellules significativement plus important avec *A. rotunda* sur le littoral que dans l'arrière-pays (test du χ^2 de Pearson avec correction de continuité de Yates = 53.10, $df = 1$, $p < 0,001$). Le nombre de cellules occupées par *A. rotunda* est significativement plus faible que le nombre de cellules non occupées sur l'ensemble des sites de l'arrière-pays (*G* groupé = 365.8, $df = 1$, $p < 0,001$) et dans les sites littoraux (*G* groupé = 81.3, $df = 1$, $p < 0,001$) (figure 5). Il varie de manière significative entre les quatre sites de l'arrière-pays (*G* Hétérogénéité = 31.04, $df = 3$, $p < 0,01$) et entre les quatre sites du littoral (*G* Hétérogénéité = 192.5, $df = 3$, $p < 0,01$) avec une variabilité qui est néanmoins plus marquée sur le littoral (figure 5) où la proportion de cellules occupées par *A. rotunda* varie de 20 % dans le site L1 à 50 % dans le site L4.

Dans tous les sites, le nombre de cellules avec des pontes a été estimé pour toutes les cellules où *A. rotunda* était présente et les œufs ont été comptés dans ces cellules. Les pontes ont ainsi été dénombrées dans 579 cellules dans l'arrière-pays et 799 sur le littoral (figure 4). À l'inverse des résultats concernant l'occupation des cellules par la plante-hôte,

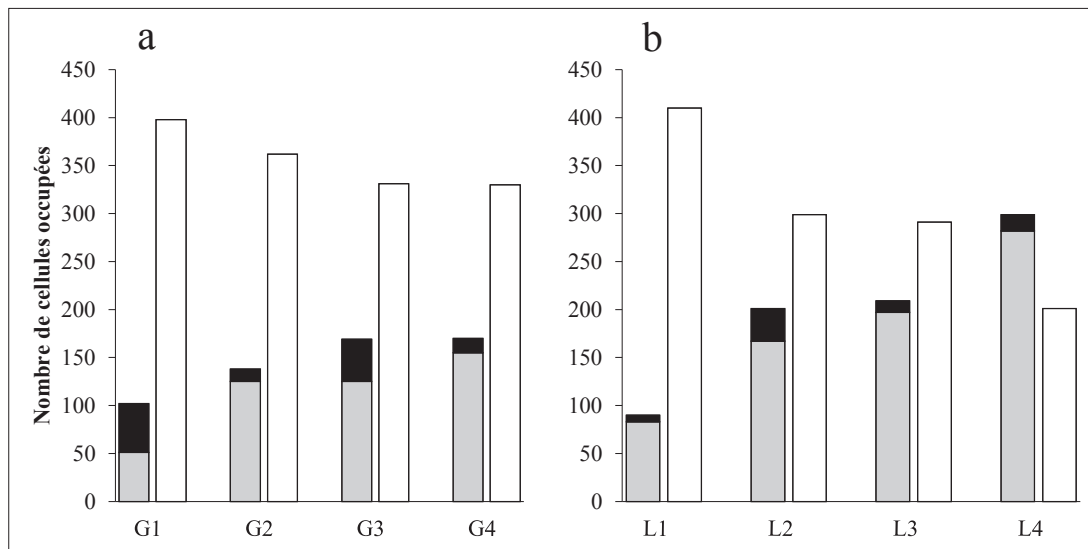


Figure 5 – Nombre de cellules occupées par *Aristolochia rotunda* seulement (en gris), par *A. rotunda* et au moins une ponte (en noir), et vides (en blanc) sur 500 au total pour les 5 placettes, (a) dans les quatre sites d'arrière-pays: G1, G2, G3 et G4 et (b) dans les quatre sites littoraux: L1, L2, L3 et L4.

Figure 5 – Number of cells occupied by *Aristolochia rotunda* with no eggs (in grey), by *A. rotunda* and at least one egg (in black), and empty (in white) in 500 quadrat cells: (a) in the four backcountry sites – G1, G2, G3 and G4; (b) in the four coastal sites: L1, L2, L3 and L4.

lorsqu'on regroupe tous les sites des deux contextes écologiques, le nombre de cellules avec des pontes sur *A. rotunda* est significativement plus important dans l'arrière-pays (test du χ^2 de Pearson avec correction de continuité de Yates = 30.28, $df = 1$, $p < 0,001$) que sur le littoral (figure 4). Le nombre de cellules avec *A. rotunda* sans pontes est plus élevé que le nombre de cellules avec des pontes sur *A. rotunda* dans l'ensemble des sites d'arrière-pays (G groupé = 203.8, $df = 1$, $p < 0.001$) et des sites littoraux (G groupé = 514.1, $df = 1$, $p < 0.001$) (figure 5). La proportion de cellules

avec des pontes est aussi variable entre sites dans l'arrière-pays (G Hétérogénéité = 76.03, $df = 3$, $p < 0.01$) et, plus modestement, dans les sites littoraux (G Hétérogénéité = 14.9, $df = 3$, $p < 0.01$). Dans l'arrière-pays, dans le site de G1, 50 % des cellules avec *A. rotunda* contiennent des pontes alors que cette proportion ne dépasse pas 30 % pour les trois autres sites. Dans les sites littoraux l'hétérogénéité entre sites est principalement liée à une plus forte présence d'œufs dans le site L2 (figure 5).

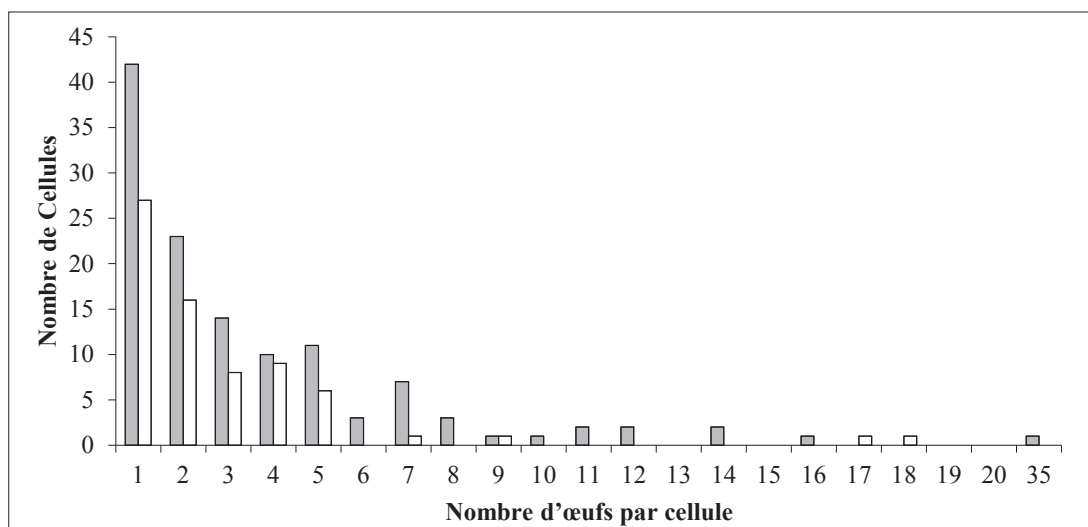


Figure 6 – Nombre de cellules contenant 1 à 35 œufs dans les sites d'arrière-pays (en gris foncé) et dans les sites littoraux (en blanc).

Figure 6 – Number of cells with 1 to 35 eggs in the backcountry (grey) and coastal (white) sites.

Le nombre moyen d'œufs par placette varie entre 5 à 21 dans tous les sites sauf à G1 où il s'élève à 55. Le nombre d'œufs par placette ne présente pas de différence significative entre les deux contextes écologiques (test de rang de Wilcoxon, $W = 11$, $p > 0.1$). La plupart des cellules (56 %) présentent un faible nombre d'œufs (1 ou 2) même si on constate quelques rares cas d'agrégation, pouvant aller jusqu'à 35 œufs dans une cellule (figure 6). La majorité des pontes sont constituées d'un œuf unique et 87 % des œufs sont pondus sur la face inférieure des feuilles d'Aristoloches. Dans chaque placette, le nombre de cellules occupées par *A. rotunda* n'est pas corrélé avec le nombre de cellules avec des pontes, ni dans l'arrière-pays ($r = 0.12$, $t = 0.51$, $df = 18$, $p > 0.619$) ni sur le littoral ($r = 0.41$, $t = 1.90$, $df = 18$, $p > 0.050$).

Axe 2: Spécificité de *Z. polyxena* en présence de différentes espèces d'Aristolochie

(i) En 2014, sur huit sites étudiés, quatre présentent une ou deux autres espèces d'Aristolochie sur lesquelles des placettes supplémentaires ont été étudiées. Il s'agit d'*A. clematitidis* et *A. paucinervis* dans les sites L3 et L4, et *A. clematitidis* seulement dans les sites G1 et L2. Le nombre de cellules occupées par ces espèces dans les placettes supplémentaires est comparable à celui occupé par *A. rotunda* dans les mêmes sites. Des pontes sont observées uniquement sur *A. clematitidis* dans les sites G1 et L2. Dans le site G1, où la proportion de cellules avec pontes sur *A. rotunda* est élevée (50 %), la proportion de pontes sur *A. clematitidis* est faible (16 %). En revanche, dans le site L2, où la proportion de cellules avec des pontes sur *A. rotunda* est faible (< 10 %), la

proportion de ponte sur *A. clematitidis* est du même ordre (5 %).

(ii) Lors de l'étude de la ponte en fonction de la fréquence, sur un même site, des différentes espèces d'*Aristolochia*, à l'exception du site L3 en 2016, on observe une ponte préférentielle de *Z. polyxena* sur *A. rotunda* que ce soit à l'échelle des placettes ou des cellules (tableau 4). La proportion de plantes avec des pontes est toujours plus importante pour *A. rotunda*, quelle que soit l'abondance relative des espèces. En ce qui concerne les pontes (et quelques rares observations de chenilles) sur *A. clematitidis* ou *A. paucinervis*, elles ne sont pas plus fréquentes dans les placettes ou dans les cellules où *A. rotunda* est aussi présente qu'en son absence, sauf dans le site L4 en 2016 et seulement à l'échelle des cellules ($df = 1$, $\chi^2 = 7.93$). Globalement, la présence d'*A. rotunda* dans une placette ou une cellule n'incite pas *Z. polyxena* à pondre plus sur les autres espèces d'Aristoloches présentes. En 2019, dans le site L3 à l'échelle des placettes, on constate même que les pontes sont significativement plus fréquentes sur les autres espèces d'Aristoloches en l'absence d'*A. rotunda* ($df = 1$, $\chi^2 = 4.03$). Ces résultats confirment que *Z. polyxena* pond moins qu'attendu sur les autres espèces au vu de leur abondance : elle marque bien une préférence pour *A. rotunda* en présence d'autres espèces.

Axe 3: Préférence de *Z. polyxena* pour *A. rotunda* en présence d'*A. pistolochia* et de *Z. rumina*

(i) Lors des observations de 2014, sur le transect du site P1, le nombre de plantes avec des pontes est plus élevé que le nombre de plantes sans ponte à partir de la deuxième date de suivi pour les deux espèces. À la dernière

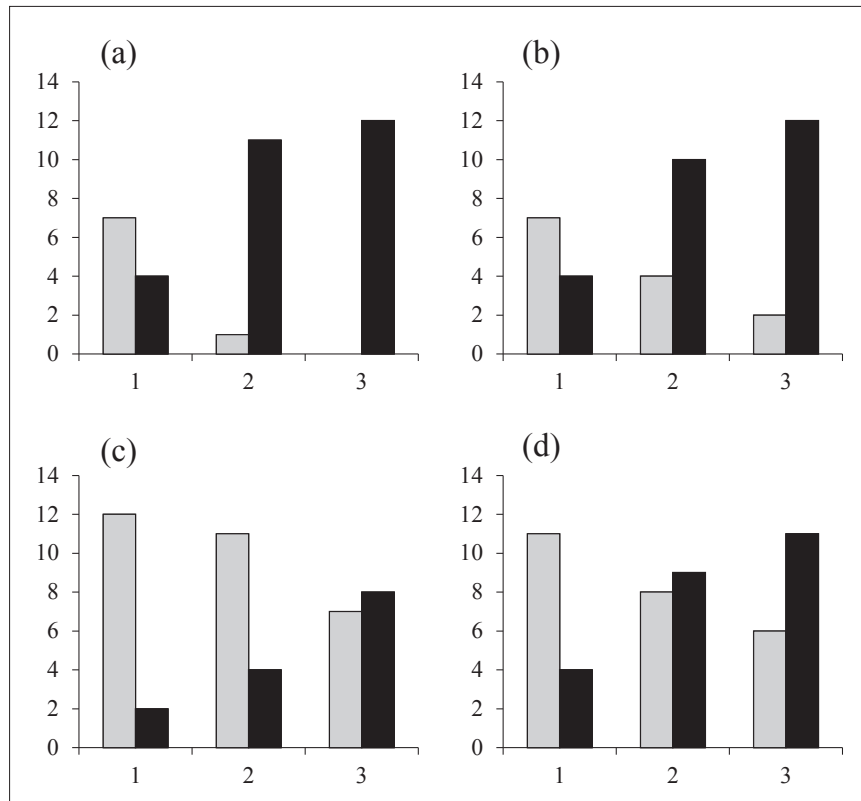
Tableau 4 – Valeurs des χ^2 ($df = 1$; ns – non significatif; $p^* < 0.05$; $p^{**} < 0.01$; $p^{***} < 0.001$) réalisés pour comparer le nombre de pontes (ou de chenilles) de *Zerynthia polyxena* sur *Aristolochia rotunda* avec le nombre de pontes sur *A. clematitidis* et *A. paucinervis* relativement à leurs abondances respectives dans (a) les 30 ou 50 placettes et (b) les 750 ou 1250 cellules, dans les sites L2, L3 et L4 en 2015, 2016 et 2019.

Table 4 – χ^2 values ($df = 1$; ns – non significant; $p^* < 0.05$; $p^{**} < 0.01$; $p^{***} < 0.001$) calculated to compare the number of egg-laying events (or caterpillars) for *Zerynthia polyxena* on *Aristolochia rotunda*, *A. clematitidis* and *A. paucinervis* with respect to the respective abundance of plants of each species in either (a) the 30 or 50 quadrats or (b) 750 or 1250 grid-cells. Data are for sites L2, L3 and L4 in 2015, 2016 and 2019.

Site	(a)						(b)					
	2015		2016		2019		2015		2016		2019	
L2	12,62	***	14,06	***	14,56	***	6,95	**	27,72	***	31,42	***
L3	14,73	***	3,53	ns	8,88	**	16,6	***	1,79	ns	18,14	***
L4	11,55	***	6,03	*	16,11	***	14,73	***	5,17	*	82,05	***
Total	40,61	***	23,13	***	35,79	***	40,37	***	35,00	***	94,70	***

Figure 7 – Nombre de plantes d'*Aristolochia rotunda* (a et c) et d'*A. pistolochia* (b et d) sans pontes (gris) et avec des pontes (noir) aux trois dates sur les transects des sites P1 (a, b) et G3 (c, d).

Figure 7 – Number of *Aristolochia rotunda* (a & c) and *A. pistolochia* (b & d) plants with no eggs (grey) and with at least one egg (black) for three dates in sites P1 (a & b) and G3 (c & d).



date, 100 % des *A. rotunda* et 86 % des *A. pistolochia* présentent des pontes (figures 7a et b), c'est-à-dire 12 plantes de chacune des deux espèces. Sur le transect du site G3, le nombre de plantes avec des pontes dépasse celui de plantes sans pontes à partir de la troisième date pour *A. rotunda* et dès la deuxième date pour *A. pistolochia* (figures 7c et d). À la dernière date, 53 % des *A. rotunda* et 64 % des *A. pistolochia* présentent des pontes. Ces résultats semblent indiquer que les deux

espèces d'Aristoloches fournissent un service de plante-hôte à chacun des deux papillons à des moments différents.

(ii) À travers quatre dates d'observation en 2016 (tableau 3) dans le site du couple G4-P1 (sources du Lamalou) aucune hétérogénéité n'a été constatée dans la ponte sur *A. rotunda* au niveau des placettes, on observe le même patron pour chacune des quatre dates (tableau 5; figure 8a). En revanche, dans les placettes avec *A. pistolochia*, on observe une

Tableau 5 – Valeurs des X² réalisés pour comparer le nombre de pontes (et chenilles) de *Zerynthia polyxena* et / ou *Z. rumina* sur *Aristolochia rotunda* (AR) et *A. pistolochia* (AP) entre quatre dates sur 30 placettes et 750 cellules (df = 1; ns – non significatif; p* < 0.05; p** < 0.01; p*** < 0.001): (a) pour le couple G4-P1 sur le site de Lamalou et (b) pour le couple G5-P2 sur le site du bois des Lens.

Table 5 – X² values calculated to compare egg-laying events (or caterpillars) of *Zerynthia polyxena* and / or *Z. rumina* on *Aristolochia rotunda* (AR) and *A. pistolochia* (AP) at four dates in 30 quadrats and 750 grid-cells (df = 1; ns – non significant; p* < 0.05; p** < 0.01; p*** < 0.001): (a) for the G4 & P1 sites at the "Lamalou" zone and (b) for the G5 & P2 sites in the "Bois des Lens" zone.

Entre dates	(a)				(b)			
	30 placettes		750 cellules		30 placettes		750 cellules	
	AR	AP	AR	AP	AR	AP	AR	AP
1 et 2	2,79 ns	0,97 ns	10,95 ***	3,72 ns	0,23 ns	0,28 ns	1,49 ns	0,10 ns
1 et 3	3,25 ns	5,10 *	18,45 ***	10,49 **	0,23 ns	0,28 ns	2,55 ns	1,47 ns
1 et 4	3,25 ns	5,83 *	18,19 ***	11,91 ***	0,23 ns	0,18 ns	2,15 ns	0,87 ns
2 et 3	0,02 ns	2,92 ns	1,08 ns	3,6 ns	0,00 ns	0,00 ns	0,14 ns	0,89 ns
2 et 4	0,02 ns	3,60 ns	0,99 ns	4,83 *	0,00 ns	0,01 ns	0,06 ns	0,41 ns
3 et 4	0,00 ns	0,05 ns	0,00 ns	0,12 ns	0,00 ns	0,01 ns	0,02 ns	0,11 ns

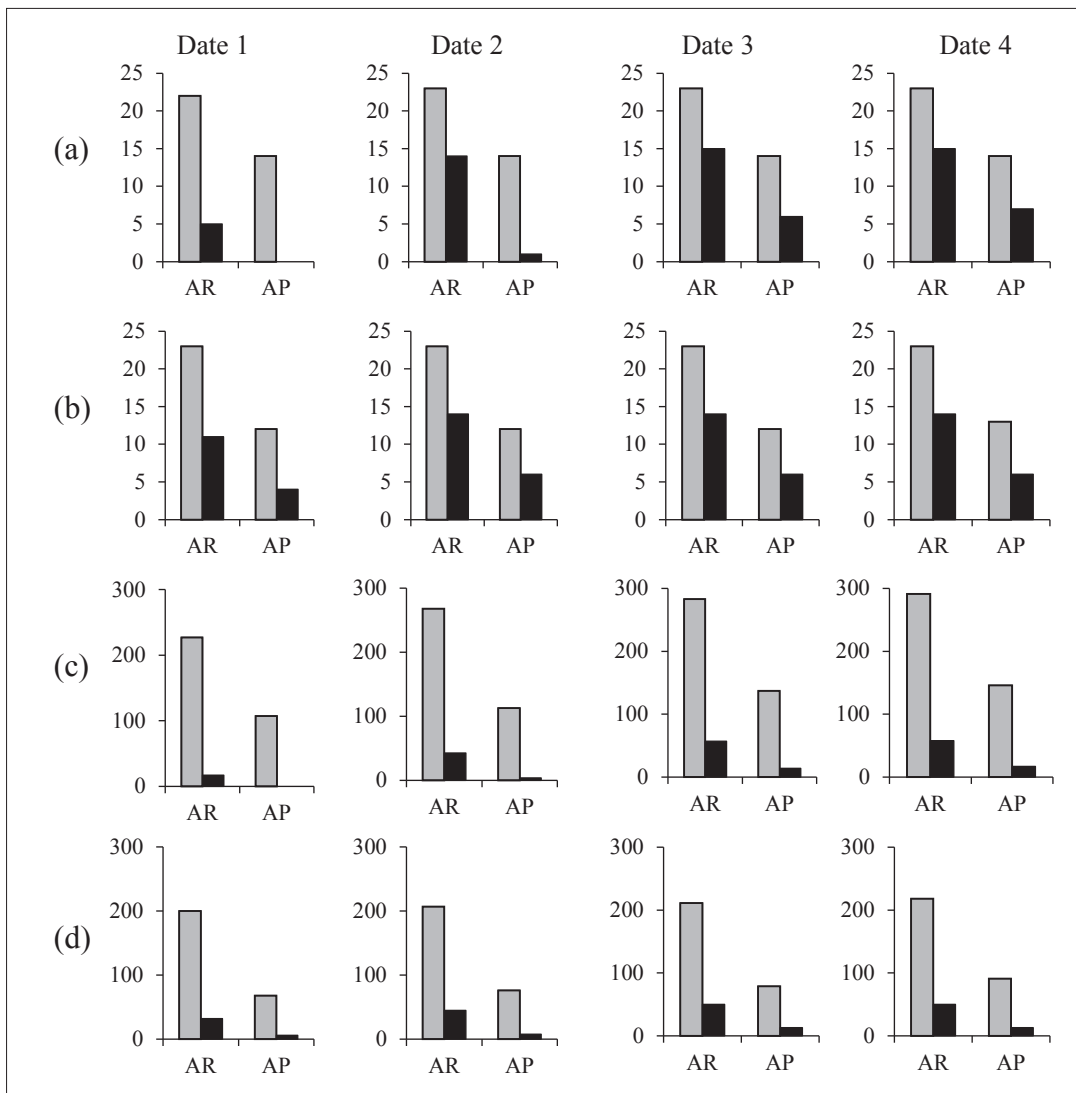


Figure 8 – Nombre de placettes (a et b) et de cellules (c et d) contenant *Aristolochia rotunda* (AR) et *A. pistolochia* (AP) (en gris) et nombre de placettes contenant des pontes sur les deux espèces (en noir), dans le couple G4-P1 aux sources du Lamalou (a et c) et G5-P2 au bois des Lens (b et d) pour quatre dates en 2016 (Tableau 3).

Figure 8 – Number of quadrats (a & b) and cells (c & d) with *Aristolochia rotunda* (AR) and *A. pistolochia* (AP) with no eggs (grey) or at least one egg (black) for each of the two species in sites G4 & P1 in the Lamalou zone (a et c) and sites G5 & P2 in the Bois des Lens (b et d) zone on each of four dates in 2016 (Table 3).

différence significative entre les dates 1 et 3 et les dates 1 et 4, indiquant une augmentation significative des pontes entre la première date de l'étude (pas de ponte) et les dates de mai (42 et 50 % de placettes avec des pontes). Au niveau des cellules (figure 8c), une différence significative apparaît pour la ponte sur *A. rotunda* entre la première date (7 % de cellules avec des pontes) et les trois suivantes (16 %, 20 % et 20 %), indiquant une augmentation du nombre de pontes dans le temps. Cette augmentation significative des pontes au niveau des cellules est aussi visible sur *A. pistolochia* entre la première date (pas de ponte) et les deux dernières (10 et 11 % de cellules avec des pontes) ainsi qu'entre les dates 2 et 4 (3.5 % et 11 %).

Que ce soit sur *A. rotunda* ou *A. pistolochia*, ces augmentations « tardives » de pontes, en particulier au niveau des dates 3 et 4 sont probablement pour la plupart liées à l'envol de *Z. rumina* qui commence début mai alors que *Z. polyxena* ne vole plus. L'observation de la morphologie des « nouveaux œufs » confirme cette interprétation. Ainsi, et sachant que les dates 1 et 2 coïncident avec le vol de *Z. polyxena* et les dates 3 et 4 avec celui de *Z. rumina*, il apparaît que *Z. polyxena* pond principalement sur *A. rotunda* et très rarement sur *A. pistolochia* alors que, même si *Z. rumina* pond principalement sur *A. pistolochia*, elle pond aussi sur *A. rotunda* de manière non

négligeable. Dans ce site, *Z. polyxena* paraît donc plus spécialisée que *Z. rumina*.

Pour le site du bois des Lens (couple G5-P2), on n'observe aucune différence significative dans le nombre de placettes ou de cellules avec des œufs entre les quatre dates sur *A. rotunda* et *A. pistolochia* (tableau 5; figures 8b et d). À partir de la première date, le nombre de nouvelles pontes sur *A. rotunda* n'augmente pas dans les placettes et presque plus dans les cellules et ne diminue pas en fin de saison. En parallèle, les pontes augmentent seulement très légèrement sur *A. pistolochia* au niveau des cellules pour les deux dernières dates de suivi (de six pontes pour 68 cellules en date 1 à 13 pontes pour 91 cellules en date 4). Au vu du décalage des périodes de vol des deux papillons, ces résultats suggèrent que *Z. polyxena* pond principalement sur *A. rotunda* mais proportionnellement, elle pond presque autant sur *A. pistolochia* durant sa période de vol. Ensuite *Z. rumina* va la remplacer et pondre en proportion encore plus équilibrée sur *A. pistolochia* et *A. rotunda*. Dans ce site, les deux papillons semblent utiliser plus ou moins également les deux plantes-hôtes.

Discussion

Préférence et flexibilité des *Zerynthia* pour les *Aristoloches*

Les références du tableau 1 présentent les papillons du genre *Zerynthia* avant tout comme des spécialistes pour leurs plantes-hôtes. Dans chacune des régions où ils sont étudiés, ils montrent une préférence marquée pour une espèce d'*Aristoloches* : *Z. polyxena* privilégie *A. rotunda* dans le sud de la France et *A. clematitidis* en Hongrie. Partout, *Z. rumina* pond préférentiellement sur *A. pistolochia*, sauf dans le sud de l'Espagne où elle choisit *A. paucinervis*. *Z. cassandra* pond sur *A. rotunda* en Italie, *Z. cretica* sur *A. cretica* en Crète et *Z. cerizy* sur *A. clematitidis* en Grèce et en Roumanie. Certaines références mentionnent néanmoins le caractère opportuniste d'une partie de ces espèces. Dans le sud de la France, *Z. polyxena* pond occasionnellement sur *A. clematitidis*, *A. pistolochia* et *A. paucinervis*, et *Z. rumina* sur *A. rotunda*. Dans le sud de l'Espagne *Z. rumina* peut parfois se développer sur *A. baetica* et *Z. cassandra* pond ponctuellement sur *A. lutea* sur l'île

d'Elbe. Le présent travail corrobore ces observations ponctuelles de pontes sur l'ensemble des autres *Aristoloches* en présence dans le cas de *Z. polyxena* et sur *A. rotunda* dans le cas de *Z. rumina*.

Z. polyxena comme sa plante-hôte sont décrites dans deux grands contextes écologiques où nous les avons étudiées. Si la densité d'*Aristolochia rotunda* est plus importante sur les sites littoraux, le nombre de pontes de *Z. polyxena* est proportionnellement plus important dans les sites d'arrière-pays. Plusieurs caractéristiques de la plante et du papillon peuvent expliquer ces différences entre contextes. Dans l'arrière-pays, les papillons bénéficient peut-être de conditions météorologiques plus favorables leur permettant de concentrer leurs pontes (moins de vent). La distribution des taches d'*Aristoloches* y est aussi plus discontinue et, *Z. polyxena* étant très peu mobile (Puissauve 2009; Dapporto 2010; Çelik 2012), elle concentre peut-être ses pontes sur un faible nombre de plantes. À l'inverse l'étalement spatial des pontes sur le littoral où la ressource est plus importante peut limiter les dégâts en cas d'impacts localisés sur les *Aristoloches* et accroître les ressources locales disponibles pour les chenilles qui peuvent, localement, consommer une fraction importante des parties aériennes des plantes.

Notre étude confirme certaines caractéristiques de la ponte observées pour d'autres espèces de *Zerynthia* et même d'autres genres de papillons qui sont spécialisés sur le genre *Aristolochia* avec, notamment, une structuration spatiale marquée de la ponte, une majorité de pontes avec un seul œuf, une localisation préférentielle des pontes sur la face inférieure des feuilles et une proportion importante de plantes-hôtes qui ne sont pas utilisées pour la ponte (Rausher 1979; 1983; Vovlas *et al.* 2014). Ainsi *Z. polyxena* semble être assez sélective pour la ponte et cette sélectivité pourrait augmenter avec la densité de la plante-hôte. Dans notre étude la proportion de plantes occupées par des œufs est significativement plus importante lorsque l'occupation de l'espace par la plante est plus faible (sites de l'arrière-pays). Ce résultat est similaire à d'autres études qui montrent qu'à partir d'une certaine densité de plantes-hôtes le taux d'occupation par des pontes diminue (Rausher 1983). Ces résultats suggèrent une tendance accrue à l'agrégation spatiale des pontes au sein des petites populations de plantes-hôtes par rapport aux grandes populations.

En situation de parapatricité, *Z. polyxena* et *Z. rumina* maintiennent une préférence marquée pour leurs propres plantes-hôtes mais utilisent chacune l'hôte de l'autre comme hôte secondaire. Cependant, *Z. polyxena* semble rester plus spécialisée que *Z. rumina* et cette spécialisation paraît même varier entre sites. En 2016, aux sources du Lamalou (site G4-P1), aucune ponte de *Z. polyxena* n'a été observée sur *A. pistolochia* lors des premières dates de suivi alors qu'au bois des Lens (site G5-P2) des pontes ont été dénombrées sur *A. pistolochia* alors que *Z. rumina* ne volait pas encore. Cette différence entre sites peut reposer sur leur configuration spatiale encore associée à la faible mobilité des papillons. Alors qu'au bois des Lens les placettes sont localisées à plat, dans une bande de 30 m de large longeant un ruisseau sur 500 m de long, aux sources du Lamalou elles s'échelonnent perpendiculairement au ruisseau sur 300 m de long avec une cinquantaine de mètres de dénivelé. Dans ce second site, les plantes d'*A. pistolochia* sont au moins à une centaine de mètres de la ripisylve, comme une partie des *A. rotunda* qui poussent en garrigue sèche dans l'habitat classique d'*A. pistolochia* et de *Z. rumina*, à l'extrémité du transect (600 m de long).

Implications pour la conservation

Les habitats d'*A. rotunda* sont régulièrement détruits par divers types de programmes d'aménagement sur le littoral et à travers la plaine méditerranéenne. Dès 1995, Boireau et Braconnot désignent l'urbanisation liée à l'extension des villes côtières, l'aménagement d'infrastructures routières et de complexes touristiques comme étant à l'origine de l'éradication de nombreuses populations de *Z. polyxena* (23 % des populations connues à ce moment-là) dans les Alpes-Maritimes et le Var entre 1960 et 1990.

Si la fragmentation des habitats en lien avec les nombreux aménagements du littoral méditerranéen fragilise beaucoup d'espèces animales comme végétales en limitant les échanges entre les populations, elle peut aussi favoriser d'autres espèces en augmentant les surfaces de lisières. Dans le cas de *Z. polyxena*, qui vole sur de très faibles distances, nous avons pu observer que les pontes sont moins concentrées sur le littoral que sur les taches plus restreintes d'*Aristolochia* de l'arrière-pays. Ce contraste soulève l'importance qu'il y a à maintenir l'unité et

l'intégrité des grandes pelouses littorales où le papillon ne va pas saturer sa ressource mais distribuer ses pontes sur un plus grand nombre de plantes, limitant ainsi les risques inhérents à un impact environnemental.

Dans l'arrière-pays, *Z. polyxena* peut coloniser des taches d'*Aristolochia* de taille restreinte. Il est donc fondamental de maintenir, voire de favoriser ces taches de plantes-hôtes, même dans des habitats éphémères et artificiels (digue, bords de fossés, de routes ou de train, friches...). En effet, elles pourraient permettre la persistance de *Z. polyxena* dans des habitats fragmentés (Čelik 2012) en remplissant le rôle de tremplin ou de ponts entre taches plus importantes lorsque les corridors sont limités aux éléments linéaires du paysage qui sont supposés faciliter la dispersion des imagos.

Il est généralement considéré que les espèces généralistes, avec une niche écologique large, supportent mieux la fragmentation des habitats que les espèces spécialistes en raison de leur capacité à se satisfaire de ressources trophiques diversifiées et de besoins en habitats plus larges (Steffan-Dewenter & Tschirntke 2000). Cependant, plusieurs études récentes montrent que la dégradation des habitats a un effet plus négatif que leur fragmentation sur les communautés de lépidoptères (Thomas *et al.* 2001 ; van Halder *et al.* 2015 ; Harmonis & Saud 2017 ; MacDonald *et al.* 2018). Au printemps, il semble fondamental d'éviter l'utilisation des fertilisants et des pesticides, de limiter le nombre de fauches et de ne pas gérer les bordures de champs par le feu ni le défrichage. Une gestion du milieu adaptée à la croissance et à la reproduction de la plante-hôte est un élément nécessaire de la gestion des habitats du papillon. La préservation de la population de la plante-hôte est fondamentale pour le papillon et l'identification d'un agencement spatial favorable des taches de plantes pour la ponte du papillon constitue aussi un élément clé pour la persistance locale des espèces du genre *Zerynthia*.

Enfin, les sites mixtes, où les *A. rotunda* et *A. pistolochia*, hôtes respectives de *Z. polyxena* et de *Z. rumina* se retrouvent en mélange ou en proximité étroite, présentent un intérêt fondamental pour la conservation des deux papillons. En effet, même si les échanges de plantes-hôtes sont rares, ils restent possibles et pourraient permettre à chacun des deux papillons de limiter les risques en cas de déclin dans l'abondance d'une des espèces de plante-hôte une année donnée.

Remerciements

Nous remercions ASF qui a financé cette étude (convention de coopération n° 093034), les Écologistes de l'Euzière, qui nous y ont initialement impliqués, et la Réserve naturelle nationale de l'Estagnol, le Conservatoire d'espace naturels Languedoc-Roussillon, le Conservatoire du littoral et la Tour du Valat qui nous ont gentiment permis d'accéder à leurs sites. Nous remercions aussi tout spécialement Françoise Lienhart qui nous a accompagnés à plusieurs reprises et fait découvrir le délicieux site du bois des Lens.

Bibliographie

- Baliteau, L. & Denise, C. (2008). Les Thaïs: la Proserpine et la Diane. Fiches insectes protégés. *Insectes* 149, 11-13.
- Baliteau, L., Deschamps, P., Denise, C. & Legal, L. (2013). Répartition et contribution à l'écologie des Papilionidae de l'Aveyron (Lepidoptera, Rhopalocera). *Lépidoptères – Revue des lépidoptéristes de France* 22(55), 54-70.
- Barka V. (2018). Natural historic distribution of *Aristolochia clematitis* l in Romanian southern Dobrogea, implications for conservation. *Proc. Rom. Acad. Series B* 20(1), 13-22.
- Batary, P., Orvossy, N., Korosi, A. & Peregovits, L. (2008). Egg distribution of the Southern Festoon (*Zerynthia polyxena*) (Lepidoptera, Papilionidae). *Acta Zool. Acad. Sci. Hung.* 54, 401-410.
- Bence, S. (2020). Atlas des papillons de jour et zygènes : Provence-Alpes-Côte d'Azur. Naturographe, Gap.
- Bernier, C. & Hentz, J.L. (2006). *Avis de recherche n° 4 : Diane, Proserpine et Aristoloches. Enquêtez sur deux papillons protégés et neuf plantes méditerranéennes*. Observatoire naturaliste des écosystèmes méditerranéens, Prades-le-Lez.
- Boireau, P. & Braconnot, S. (1995). Régression de *Zerynthia polyxena* dans le département des Alpes-Maritimes. *Riviera Scientifique*, 7-14.
- Bourgon, A. (2009). Contribution à l'étude de la répartition de *Zerynthia rumina* (Linnaeus, 1758), espèce en limite d'aire dans les Alpes-Maritimes (Lépidoptères Papilionidae). *Riviera scientifique* 92, 23-24.
- Braud, Y. (2012). Quelques observations notables de lépidoptères diurnes dans les régions Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur (Lep. Papilionidae, Lycaenidae, Nymphalidae, Zygaenidae, Arctiidae). *Oreina* 17, 35-37.
- Camerini, G., Groppali, R. & Minerbi, T. (2018). Observations on the ecology of the endangered butterfly *Zerynthia cassandra* in a protected area of Northern Italy. *J. Insect. Conserv.* 22, 41-49. <https://doi.org/10.1007/s10841-017-0036-6>
- Carrière, J. (1987) Quelques considérations sur un biotope à *Zerynthia polyxena* (Schiffermüller & Denis, 1775) en zone littorale languedocienne (Lepidoptera Papilionidae). *Sciences Nat.* 53 : 1-12.
- Čelik, T. (2012). Adult demography, spatial distribution and movements of *Zerynthia polyxena* (Lepidoptera: Papilionidae) in a dense network of permanent habitats. *Eur. J. Entomol.* 109, 217-227.
- Chew, F.S. & Robbins, R.K. (1989). Egg-laying in butterflies. In: *The biology of butterflies*. (eds Ackery, P.R. & Vane-Wright, R.I.). Princeton University Press, Princeton, pp. 65-79.
- Cini, A., Bordoni, A., Ghisolfi, G., Lazzaro, L., Platania, L., Pasquali, L., Negroni, R., Benetello, F., Coppi, A., Zanichelli, F. & Dapporto, L. (2019) Host plant selection and differential survival on two *Aristolochia* L. species in an insular population of *Zerynthia cassandra*. *J. Insect Conserv.* 23(2), 239-246.
- Commerçon, R., Longieras, A. & Maurel, N. (2013). La Proserpine en Haute-Provence : un lycée agricole entreprend de restaurer l'habitat de cette espèce menacée. *Le Courrier de la nature* 274, 27-33.
- Dapporto, L. (2010). Speciation in Mediterranean refugia and post-glacial expansion of *Zerynthia polyxena* (Lepidoptera, Papilionidae). *J. Zool. Syst. Evol. Res.* 48, 229-237
- Demergès, D. (2002). *Le peuplement des lépidoptères de la Réserve naturelle de l'Estagnol*. OPIE, Montferrier-sur-Lez.
- Demergès, D. & Delvigne, A. (2009). La Diane (*Zerynthia polyxena* D. & S.) en Ariège. Un scoop ! (Lep. Papilionidae). *Oreina* 9, 12-13.
- Dennis, R.L.H. (1996). Oviposition in *Zerynthia cretica* (Rebel, 1904): loading on leaves, shoots and plant patches (Lepidoptera, Papilionidae). *Nota Lepidopterologica*, 18(1), 3-15.
- Dennis, R.L.H. (2004). Just how important are structural elements as habitat components? Indications from a declining lycaenid butterfly with priority conservation status. *Journal of Insect Conservation* 8, 37-45.
- Dozières, A., Varlacher, J. & Clément, Z. (2017). Papillons des jardins, des prairies et de champs. Guide de terrain pour les observatoires de sciences participatives. <https://www.sciences-participatives-au-jardin.org/pdf/Guide-papillons.pdf>
- Ehrlich, P.R. (1989). The structure and dynamics of butterfly populations. In: *The biology of butterflies* (eds Ackery, P.R. & Vane-Wright, R.I.). Princeton University Press, Princeton, pp. 25-40;
- Ghesini, S., Magagnoli, S. & Marini, M. (2019) Biology and conservation of *Zerynthia cassandra* (Lepidoptera, Papilionidae) in semi-natural environments and agricultural landscapes. *J. Insect Conserv.* 22, 151-161. doi: 10.1007/s10841-018-0049-9
- Harmonis, H. & Saud, O.R. (2017) Effects of habitat degradation and fragmentation on butterfly biodiversity in West Kotawaringin, Central Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas* 18(2), 500-506.
- Hentz, J.L. (2008). Les Aristoloches de Diane et Proserpine. *La Garance voyageuse* 83, 43-45.
- Hentz, J.L., Bernier, C. & Herry, C. (2010). *Compléments d'étude sur la Diane concernant le projet de doublement de la RD 61 dans le site Natura 2000 FR 9101408 « Étang de Manguio », sur la commune de Marsillargues (34)*. Gard Nature, Beaucaire.
- Hentz, J.L., Bernier, C., Puissauve, R., Lebeau, E. & Hozelle, B. (2014). *La Diane Zerynthia polyxena à Pompignan (Gard). Étude de population 2008-2010*. Gard Nature, Beaucaire.
- Janz, N. (2002) Evolutionary ecology of oviposition strategies. In: *Chemoecology of insect eggs and*

- egg deposition (eds Hilker, M. & Meiners, T.). Blackwell, Berlin, pp. 349-376.
- Jordano, D. & Gomariz, G. (1994). Variation in phenology and nutritional quality between host plants and its effect on larval performance in a specialist butterfly, *Zerynthia rumina*. *Entomol. Exp. Appl.* 71, 271-277.
- Lafranchis, T. (2000). *Les papillons de jour de France, Belgique et Luxembourg et leurs chenilles*. Biotope, Mèze.
- Lafranchis, T., Jutzeler, D., Guilloson J.Y., Kan, P. & Kan B. (2014). *La vie des papillons : écologie, biologie et comportement des Ropalocères de France*. Diatheo, Paris.
- MacDonald, Z.G., Anderson, I.D., Acorn, J.H. & Nielsen, S.E. (2018). Decoupling habitat fragmentation from habitat loss: butterfly species mobility obscures fragmentation effects in a naturally fragmented landscape of lake islands. *Oecologia* 186, 11-27.
- Nazari, V. & Carbonell, F. (2006). *Zerynthia polyxena* (Denis and Schiffermueller, 1775). Version 07 July 2006 (under construction). http://tolweb.org/Zerynthia_polyxena.
- Ochoa-Hueso, R., Ranea, D.D.L.P. & Viejo, J.L. (2014). Comparison of trends in habitat and resource selection by the Spanish Festoon, *Zerynthia rumina*, and the whole butterfly community in a semi-arid Mediterranean ecosystem. *J. Insect Sci.* 14(51).
- Örvössy, N., Körösi, A., Batáry, P., Vozár, A. & Peregovits, L. (2014). Habitat requirements of the protected Southern Festoon (*Zerynthia polyxena*); adult, egg and larval distribution in a highly degraded habitat complex. *Acta Zool. Acad. Sci. H.* 60(4), 371-387.
- Örvössy, N., Körösi, A., Vozar, A., Batary, P. & Peregovits, L. (2005). Microhabitat preference of the Southern Festoon (*Zerynthia polyxena*). In: *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe* (eds Kühn, E., Feldmann, R., Thomas, J.A. & Settele, J.). Pensoft Publishers, Sofia, pp. 24.
- Puissauve, R. (2009). *La Diane (Zerynthia polyxena) [Lepidoptera, Papilionidae] et son habitat dans la plaine de Pompignan (France, Gard), définition d'un protocole d'étude*. MASTER 1 IEGB, Montpellier.
- R Development Core Team 2010. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rausher, M.D. (1979). Larval habitat suitability and oviposition preference in three related butterflies. *Ecology* 60, 503-511.
- Rausher, M.D. (1983). Alteration of oviposition behavior by *Battus philenor* butterflies in response to variation in host plant density. *Ecology* 64, 1028-1034.
- Singer, M. (1989). Butterfly-hostplant relationships: host quality, adult choice and larval success. In: *The biology of butterflies*. (eds Ackery, P.R. & Vane-Wright, R.I.). Princeton University Press, Princeton, pp. 81-88.
- Slancarova, J., Vrba, P., Platek, M., Platek, M., Zapletal, M., Spitzer, L. & Konvicka, M. (2015). Co-occurrence of three *Aristolochia*-feeding Papilionids (*Archon apollinus*, *Zerynthia polyxena* and *Zerynthia cerisy*) in Greek Thrace. *J. Nat. Hist.* 49, 1825-1848. doi: 10.1080/00222933.2015.1006281
- Stefanescu, C. (2005). The Spanish Festoon *Zerynthia rumina*, a burst of spring colour. *Cynthia, Bull. Catalan Butterfly Monitoring Scheme* 5, 6-7.
- Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. (2000). Butterfly community structure in fragmented habitats. *Ecol. Lett.* 3, 449-456. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2000.00175.x>.
- Thomas, J.A., Bourn, N.A.D., Clarke, R.T., Stewart, K.E., Simcox, D.J., Pearman, G.S., et al. (2001). The quality and isolation of habitat patches both determine where butterflies persist in fragmented landscapes. *P. Roy. Soc. B-Biological Science* 268, 1791-1796.
- Tison, J.M., Jauzein, P. & Michaud, H. (2014). *Flore de la France méditerranéenne continentale*. Naturalia Publications, Turriers.
- Van Halder, I., Barnagaud, J.Y., Jactel, H. & Barbaro, L. (2015). Woodland habitat quality prevails over fragmentation for shaping butterfly diversity in deciduous forest remnants. *For. Ecol. Manag.* 357, 171-180.
- Van Swaay, C., Warren, M., & Loï, G. (2006). Biotope use and trends of European butterflies. *J. Insect Conserv.* 10, 189-209.
- Van Swaay, C., Cuttelod, A., Collins, S., Maes, D., Lopez Munguira, M., Šašić, M., Settele, J., Verovnik, R., Verstrael, T., Warren, M., Wiemers, M. & Wynhof, I. (2010). *European Red List of Butterflies*. Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Vovlas, A., Balletto, E., Altini, E., Clemente, D. & Bonelli, S. (2014). Mobility and oviposition site-selection in *Zerynthia cassandra* (Lepidoptera, Papilionidae): implications for its conservation. *J. Insect Conserv.* 18, 587-597.

Évolution des caractéristiques pluviométriques entre 1979 et 2009 dans le micro-bassin versant de l'oued Rhiou (bassin de Cheliff) Algérie

Recent trends in Oued Rhiou micro watershed rainfall (1979-2009)

Malik KACI¹ et Arouss M'HAMED²

1. Faculté des sciences de la nature et de la vie, département des sciences agronomiques et biotechnologie, université Hassiba Benbouali de Chlef, m.kaci@univhb-chlef.dz

2. Conservation des forêts de Chlef, mhamedarouss71@gmail.com

Auteur correspondant : m.kaci@univhb-chlef.dz

Received: 26 March, 2020; First decision: 4 June, 2020; Revised: 18 June, 2020; Second decision: 7 Sept., 2020; Revised: 21 Oct., 2020; Third decision: 23 Nov., 2020; Revised: 26 Nov., 2020; Final decision: 9 Dec., 2020

Résumé

Le barrage de Gargar est un ouvrage hydraulique de grande envergure mis en service dès 1989 avec une capacité initiale de 450 millions de mètres cubes. Il est destiné à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable. Sur la base du premier levé bathymétrique effectué en 2004 par l'Agence nationale des barrages et transferts, il se trouve amputé d'un volume de 92 millions de mètres cubes en quinze ans d'exploitation suite à un envasement accéléré. Cette étude a pour objectif d'analyser les variations pluviométriques enregistrées à la station météorologique du barrage Gargar de l'oued Rhiou, situé à 5 km de la ville d'Oued Rhiou, wilaya de Relizane, entre 1979 et 2009. Les précipitations et leur répartition sont à la baisse durant la période d'analyse. Les tendances linéaires à la baisse sont observées sur la lame d'eau moyenne précipitée par jour humide (Simple day intensity index, SDII) ainsi que sur le nombre total de jours caractérisés par des précipitations ≥ 10 mm (P10), la précipitation totale annuelle (PTOT), le nombre total de jours humides (pluie ≥ 1 mm) (JP), le nombre total de jours caractérisés par des précipitations ≥ 20 mm (P20), la pluie maximale quotidienne (Px1J), la fréquence des pluies intenses (P95p), extrêmes (P99p). De plus,

les tendances linéaires (exprimées en % par décennie) calculées pour les huit indices pluviométriques de 1979 à 2009 baissent significativement ($P(t) < 0,05$). L'application des tests statistiques de la série chronologique de la station météorologique du barrage Gargar (tests de vérification du caractère aléatoire, méthode bayésienne de Lee et Heghinian) a permis de déterminer la période de rupture ainsi que la densité de probabilité a posteriori de la position de la variabilité climatique. Ces éléments nous ont permis de vérifier que la diminution des précipitations annuelles n'engendre pas une diminution du ruissellement. En effet, nous observons que le ruissellement et l'érosion ont significativement augmenté entre 1985 et 2014. Un diagnostic plus poussé est nécessaire afin de comprendre cette dynamique érosive.

Abstract

The Gargar Dam is a large-scale hydraulic structure commissioned in 1989 with an initial capacity of 450 million cubic meters. It is intended for irrigation and drinking water supply. On the basis of its first bathymetric survey carried out in 2004 by the National Agency of Dams and Transfers, the dam was reduced by a volume

Mots-clés: Indice pluviométrique, ruissellement, érosion hydrique, barrage Gargar, Algérie.

Keywords: rainfall index, runoff, fluid erosion, Gargar dam, Algeria.

of 92 million cubic meters in fifteen years of operation due to an accelerated siltation. This study thus aims to analyze the rainfall variations recorded at the meteorological station of the Gargar dam (Oued Rhiou) between 1979 and 2009, located 5 km from the town of Oued Rhiou, wilaya of Relizane. It appears that precipitation and their characteristics are decreasing during the period that we analyzed. Linear decreasing trends were observed on the average rainfall from wet days (SDII) as well as on the total number of days with rainfall > 10 mm (P10), total precipitation annual (PTOT), total number of wet days (rain ≥ 1 mm) (JP), total number of days with rainfall > 20 mm (P20), maximum daily rainfall (Px1J), rainfall frequency intense (P95p), extreme (P99p). Moreover, the linear trends (expressed in % per decade) calculated for the eight rainfall indices from 1979 to 2009 significantly decrease significant downward ($P(t) < 0.05$). The application of statistical tests on the metrological series of the Gargar Dam metrological station (randomness verification tests, Normality method, Lee and Heghinian Bayesian method) allowed to determine the breakup period so the posterior probability density of the position of climate variability. This allowed us to verify that the decrease in annual precipitation does not lead to a decrease in runoff. Indeed, we observed that runoff and erosion significantly increased between 1985 and 2014 in the watershed of Oued Rhiou. Further studies are thus needed to understand this erosive dynamic.

Introduction

Les ressources en eau et en sols de l'Algérie subissent aujourd'hui les effets d'un climat de plus en plus contraignant, avec des séquences sèches prolongées et des pluies torrentielles qui surviennent à des périodes où les jachères sont nues ou peu couvrantes, ou bien lorsque les sols sont encroûtés par les labours, mais également fragilisés par une pression anthropique croissante (Kaci *et al.* 2014). Le produit de l'érosion hydrique des sols et de la dégradation des terrains agricoles alimente un transport solide dans les oueds conduisant à la sédimentation dans les retenues de barrage, ce qui pose d'énormes problèmes d'envasement. Actuellement, parmi les 113 barrages d'Algérie, 52 grands barrages d'une capacité totale évaluée à $5,2 \text{ km}^3$ reçoivent annuellement une quantité de vase estimée à 32 hm^3 (Remini & Hallouche 2004).

Le barrage de Gargar, classé comme troisième grand barrage d'Algérie avec une capacité initiale qui avoisine 450 millions de mètres cubes, après ceux de Beni Haroun et de

Koudiat Acerdoune, est aujourd'hui menacé après uniquement quinze années d'exploitation, le taux de comblement atteignant en 2014 27 % de la capacité totale (Remini & Benfetta 2015). Avec une telle vitesse d'envasement, l'exploitation du barrage de Gargar ne pourra pas se poursuivre après 2060.

Il s'avère donc nécessaire d'analyser minutieusement l'évolution des caractéristiques pluviométriques du bassin versant de l'oued Rhiou (barrage Gargar). En effet, l'intérêt de ce type d'étude réside dans le fait que les événements extrêmes pourraient devenir plus fréquents suite au changement climatique (Houghton *et al.* 2001) et qu'il convient de s'y pencher dès maintenant. Il existe actuellement un fort intérêt scientifique pour le domaine de l'analyse des extrêmes climatiques parce qu'ils témoignent de certaines non-linéarités importantes et que leurs conséquences économiques et sociales sur l'activité humaine sont potentiellement énormes (Naveau *et al.* 2005; IPCC, 2012).

Malgré les conséquences souvent dramatiques de la fluctuation pluviométrique sur l'agriculture et l'environnement à Oued Rhiou (problème de salinité des sols et érosion hydrique), sa variabilité reste mal connue de même que les valeurs extrêmes dans sa série chronologique. D'une part, la série pluviométrique quotidienne du barrage Gargar n'était pas bien analysée entre 1979 et 2009. D'autre part, il faut noter que la forte anthropisation dans la région de l'oued Rhiou, suivie d'une dégradation notable des ressources naturelles, ne ferait qu'accentuer les impacts de cette variabilité climatique (Kaci 2019) dans la région. Les conséquences de cette situation sur le bassin versant amont se font nettement sentir en aval et la capacité de rétention du barrage Gargar (source d'eau potable de la ville de Relizane) ne cesse de diminuer. L'envasement annuel du barrage est de 3 % soit $4,50 \text{ hm}^3/\text{an}$ (Kaci *et al.* 2017). L'étude de Remini et Benfetta (2015) a permis d'établir un suivi de l'envasement du barrage sur cinq périodes successives de 1989 à 2014. Les périodes récentes (1989-1999, 1989-2004 et 1989-2014) sont caractérisées par des taux d'envasement nettement plus forts que les périodes antérieures (1989-1991, 1989-1995). Le présent travail a pour objectif de vérifier si cette tendance d'accélération d'envasement est corrélée à l'évolution des caractéristiques pluviométriques entre 1979 et 2009 dans le bassin versant de l'oued Rhiou.

Données et méthodes

Pour réaliser cette étude, les données pluviométriques quotidiennes complètes enregistrées de 1979 à 2009 de la station pluviométrique du barrage Gargar ont été exploitées (figure 1). Huit indices ont été utilisés dans l'analyse des événements pluviométriques extrêmes (tableau 1) : le total pluviométrique (PTOT), le nombre total de jours humides (avec pluies journalières ≥ 1 mm, JP), la lame d'eau moyenne précipitée par jour humide (SDII), le nombre total de jours caractérisés par des précipitations ≥ 10 mm et ≥ 20 mm (P10 et P20) ainsi que la pluviométrie maximale enregistrée en un jour (Px1J). Trois autres indices sont calculés, basés sur les 95^e, 99^e percentiles. Cette méthode d'analyse est communément utilisée pour l'étude des événements extrêmes (Manton *et al.* 2001 ; Griffiths *et al.* 2003 ; Haylock *et al.* 2006 ; New *et al.* 2006 ; Aguilar *et al.* 2005 ; Hountondji *et al.* 2011). Cette méthode d'analyse est utilisée dans

notre cas pour explorer cette série chronologique des précipitations entre 1979 et 2009 dans la zone d'étude. Ces percentiles sont calculés à partir des données journalières sur une période de trente ans (1979-2009). Cette exigence permet de se conformer aux normes de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). Le 95^e percentile correspond à un événement pluviométrique intense. Le 99^e percentile correspond à un événement pluviométrique extrême. La fréquence de ces événements pluviométriques intenses (P95p), extrêmes (P99p), est exprimée en jours par an. L'analyse des tendances a été réalisée de 1979 à 2009 par régression linéaire entre les différents indices pluviométriques et le temps (en années) sur l'ensemble de la série. Les pentes estimées ont été regroupées en trois classes (non significatif [$p > 0,05$], significatif [$0,01 < p < 0,05$] et très significatif [$p < 0,01$]) indiquant des tendances à la hausse ou à la baisse. La limite des trois classes considérées est définie à partir de la statistique t

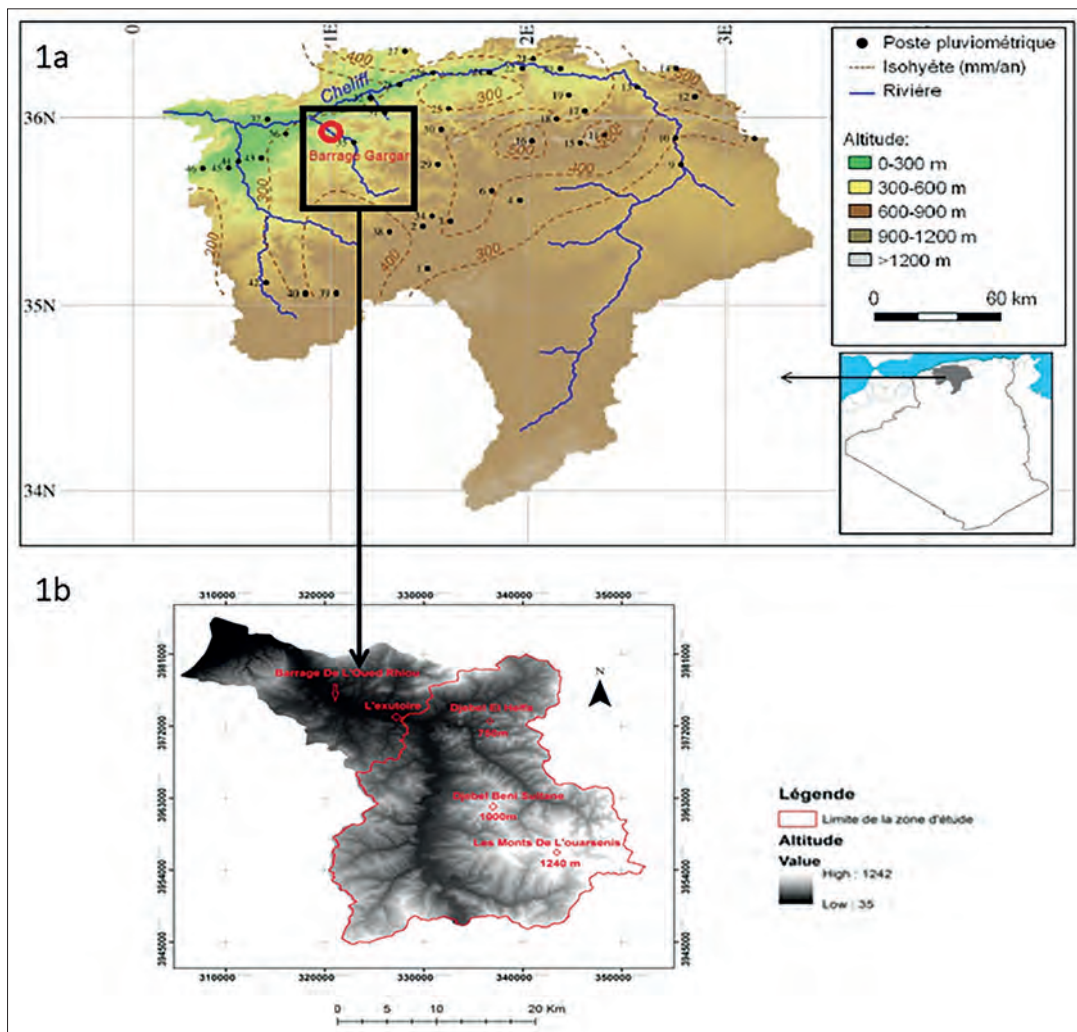


Figure 1 – Situation géographique de la zone d'étude 1a (Benhattab *et al.* 2014) et 1b.

Tableau 1 – Liste de huit indices utilisés dans l'analyse des événements extrêmes

Acronyme	Nom de l'indice	Définition	Unité
PTOT	Précipitation annuelle	Précipitation totale annuelle	[mm]
JP	Jour de pluie	Nombre total de jours humides (≥ 1 mm)	[jours]
SDII	<i>Simple day intensity index</i>	Lame d'eau moyenne précipitée par jour de pluie	[mm/jour]
P10	Fréquence des pluies ≥ 10 mm	Nombre de jours avec des précipitations ≥ 10 mm	[jours]
P20	Fréquence des pluies ≥ 20 mm	Nombre de jours avec des précipitations ≥ 20 mm	[jours]
Px1J	Pluie maximale quotidienne	Précipitation maximale quotidienne	[mm]
P95p	Fréquence des pluies intenses	Nombre de jours avec des précipitations $\geq 95^{\text{e}}$ percentile calculé sur la période de 30 ans	[jours]
P99p	Fréquence des pluies extrêmes	Nombre de jours avec des précipitations $\geq 99^{\text{e}}$ percentile calculé sur la période de 30 ans	[jours]

de Student utilisée pour tester l'hypothèse d'une pente égale à 0. La tendance est qualifiée comme significative si la probabilité p du test t appliquée à la pente de régression est inférieure à 0,05.

En outre, une analyse des ruptures potentielles de la série considérée a été réalisée en appliquant la méthode bayésienne de Lee et Heghinian (1977); une rupture étant considérée significative lorsque la valeur de p du test associé est inférieure à 0,05.

Résultats et discussion

Les caractéristiques typiques de la station météorologique du bassin versant de l'oued Rhiou sont présentées dans le tableau 2. Il ressort de l'analyse des tendances des huit indices pluviométriques (tableau 3) que tous les indices sont à la baisse (pente négative de

la droite de régression). Il apparaît que ces tendances sont statistiquement significatives à la baisse ($P(t) < 0,05$). Cette évolution est liée au climat, probablement à la variabilité climatique.

Application des tests statistiques de la série chronologique de la station météorologique du barrage Gargar

Les tests de vérification du caractère aléatoire, test de normalité et la méthode bayésienne de Lee et Heghinian, ont permis de déterminer la période de rupture ainsi que la densité de probabilité *a posteriori* de la position de la variabilité climatique.

Tous les indices présentent au moins une rupture de stationnarité, le plus souvent à la fin des années 1990 lors du début de la grande sécheresse de décennie entre 1990 et 2000 (tableau 4). Le nombre annuel de jours de pluie (JP) qui, d'une moyenne de 88,7 jours

Tableau 2 – Caractéristiques des précipitations. Moyennes \pm écart-type calculées sur la période 1979-2009; (PTOT) précipitations annuelles; (JP): nombre total de jours humides (≥ 1 mm); (SDII): lame d'eau moyenne précipitée par jour humide; (P10 et P20): nombre total des jours caractérisés par des précipitations ≥ 10 mm et ≥ 20 mm; (P95p, P99p): valeurs limites caractérisant les événements pluviométriques quotidiens intenses, extrêmes.

Indices pluviométriques	Valeurs Gargar	Unités
PTOT	510,93 \pm 140	[mm]
JP	80 \pm 17	[jours]
SDII	1,4 \pm 0,38	[mm]
P10	13,45 \pm 5,70	[jours]
P20	3,32 \pm 1,83	[jours]
Px1J	35,71 \pm 11,72	[mm]
P95p	20	[mm]
P99p	33	[mm]

Tableau 3 – Tendances linéaires (exprimées en % par décennie) calculées pour les huit indices pluviométriques (période 1979-2009). Voir annexe 1 pour les détails.

Indices pluviométriques	1979-2009	P-value (t)
PTOT	- 13	0,002
JP	- 9,92	0,003
SDII	- 13,05	0,002
P10	- 17,38	0,003
P20	- 13,13	0,027
Px1J	- 10,56	0,040
P95p	- 9,02	0,003
P99p	- 16,97	0,004

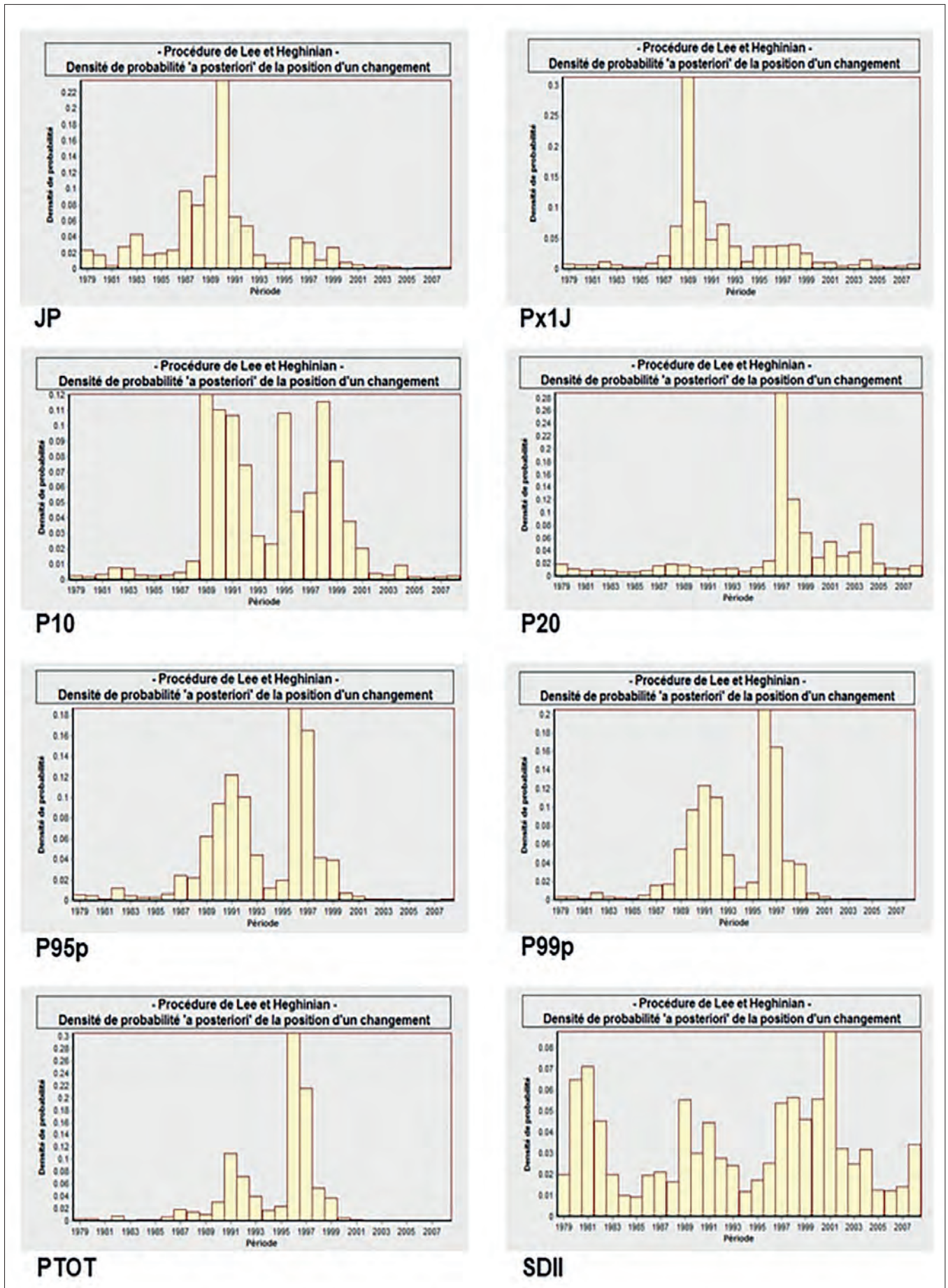


Figure 2 – Densité de probabilité *a posteriori* de la position d'une variabilité climatique selon la méthode bayésienne de Lee et Heghinian.

Tableau 4 – Période de rupture selon la méthode bayésienne de Lee et Heghinian.

Acronyme	Période de rupture
PTOT	1989
JP	1997
SDII	1996
P10	1990
P20	1989
Px1J	1996
P95p	1996
P99p	2001

de 1979 à 1996, est passé à 68,69 jours en moyenne de 1997 à 2009. Les indices PTOT et SDII ont ensuite connu une rupture vers la sécheresse dès 1996. Par exemple, les précipitations totales annuelles (PTOT) sont passées de 579,02 mm (1979-1996) à 416,65 mm en 1997-2009 avec un taux d'évolution de -28,15 %.

Analyse des données pluviométriques quotidiennes et annuelles

L'analyse des données pluviométriques sur trente ans (1979-2009) montre une tendance à la baisse des précipitations annuelles (figure 3).

La détection de la persistance des périodes sèches ou humides a été opérée en recourant à la méthode de la moyenne glissante de sept ans centrée sur la quatrième année. Ainsi, la figure 3 montre le tracé de cette moyenne et celui de la variation annuelle pour la station de Gargar de 1979 à 2009. L'histogramme présente les précipitations annuelles exprimées

en écarts-types (indice d'anomalie pluviométrique) et met l'accent sur les variations interannuelles très fortes alors que la courbe lissée sur sept ans constitue un indicateur des grandes fluctuations pluriannuelles. Ainsi, les années les plus arrosées sont notamment : 1982 (exceptionnellement humide puisque s'écartant de plus de 2 écarts-types), 1979, 1987 à 1989, 1996 et 2009. À l'opposé, les années les plus sèches sont celles de 1983, 1993, 1994, 1998, 1999, 2000, 2002 et 2005.

La diminution des précipitations annuelles engendre-t-elle une diminution du ruissellement ? Ce n'est pas ce qu'on observe : les résultats obtenus montrent que le ruissellement et l'érosion ont significativement augmenté depuis trente-quatre ans (Kaci 2019) dans le bassin de l'oued Rhiou. L'estimation de l'érosion par le modèle MUSLE couplé au modèle SWAT a donné une valeur moyenne de 12,16 t/ha/an en 2014, alors qu'en 1985 elle n'était que de 7 t/ha/an soit une augmentation de 71,43 % de 1985 à 2014.

Les zones de sensibilité élevée à très élevée sont passées de 2 493 à 4 704 ha de 1985 à 2014, d'où la nécessité d'un diagnostic plus poussé.

Morsli (2015) a trouvé des résultats significatifs entre les événements extrêmes et l'érosion. Il montre que l'érosion moyenne annuelle à l'échelle des micro-bassins versants ne traduit pas l'effet des pluies journalières mensuelles ou annuelles mais celles des extrêmes qui se traduisent à l'échelle de quelques événements pluvieux. Ceci nous a menés à étudier ces événements exceptionnels.

Dans une première étape, nous avons analysé les grands événements pluviométriques qui

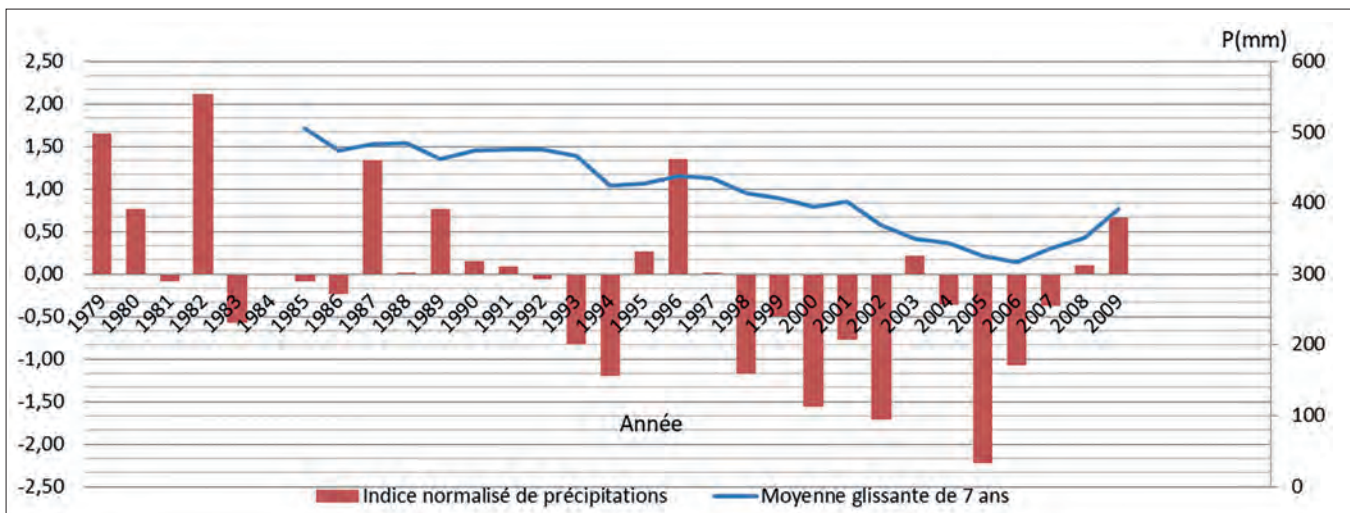


Figure 3 – Indice normalisé de précipitations (1979-2009).

ont marqué le Nord-Ouest algérien et spécifiquement le bassin versant de l'oued Rhiou. Ces grands événements pluviométriques sont à l'origine d'importants ruissellements et d'inondations dans les bassins versants du Nord-Ouest algérien. L'étude de ces crues et inondations permet de nous informer sur la période et la fréquence de ces événements pluviométriques.

D'une manière générale, les causes des inondations survenues en Algérie peuvent être classées en deux types (Lahlah 2004):

- les inondations liées à des situations météorologiques remarquables se traduisant par une forte pluviosité (pluies intenses et importantes, orages violents);
- les inondations provoquées par des facteurs liés à l'homme: défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, gonflement des oueds par les décombres et les détritiques. Le cas de la ville de Ténès en 2001 et celui de la plaine de Mzab où des inondations se produisent tous les deux ou trois ans illustrent parfaitement l'influence de ces facteurs dans l'apparition du phénomène d'inondation.

En se basant sur les travaux de Lahlah (2004), on peut répertorier par ordre chronologique les principales inondations survenues dans le Nord-Ouest algérien au cours de ces trente dernières années.

– **15 octobre 1989**: orage très intense, localisé à la ville d'Aïn Defla.

Dégâts: 1 mort et une centaine de familles sinistrées.

– **20 octobre 1993**: pluies orageuses intenses à la ville d'Oued Rhiou causant des crues violentes de l'oued Grigra, petit cours d'eau situé en amont de la ville d'Oued Rhiou.

Dégâts: 22 morts, 20 blessés et plusieurs disparus, des dizaines de familles sinistrées et d'importants dégâts matériels. Les débits de crues (Q_{max}) de l'oued Rhiou mesurés aux deux stations hydrométriques sont de $296 \text{ m}^3/\text{s}$ à la station d'Ammi Moussa et de $164 \text{ m}^3/\text{s}$ à Djidiouia.

– **23 septembre 1994**: inondations catastrophiques dans plusieurs régions du pays; les régions les plus touchées sont: Djelfa, Médéa, Aïn Defla et Tiaret.

Dégâts: 27 morts, 84 blessés et 941 familles sinistrées.

– **29 septembre au 2 octobre 1994**: inondations catastrophiques dans plusieurs régions du pays (Mascara, Tissemsilt, Sidi Bel Abbès).

Dégâts: Mascara: 2 morts et importants dégâts matériels; Tissemsilt: 9 morts; Sidi Bel Abbès: 2 morts.

– **14 octobre 2000**: fortes pluies (56 mm en quatre heures) dans la wilaya d'Aïn Temouchent et crues catastrophiques de l'oued El Maleh.

Dégâts: 4 morts et plusieurs disparus, plusieurs habitations démolies et immenses dégâts matériels.

– **23 octobre 2000**: pluies torrentielles à la wilaya de Naâma engendrant des inondations catastrophiques dans les régions de Aïn Sefra et Mechria.

Dégâts: 5 morts et une douzaine de personnes portées disparues; pertes importantes en cheptel, infrastructures endommagées.

– **24 octobre 2000**: inondations catastrophiques à Sidi Bel Abbès (oued Mekerra), Tissemsilt (Theniet El Had – Oued Mesloub), Chlef et Aïn Defla.

Dégâts: 2 personnes emportées par l'oued Mekerra, 1 mort et importants dégâts matériels à Theniet El Had.

Ces inondations catastrophiques, liées aux événements exceptionnels, sont enregistrées toujours en septembre et octobre. Ce sont ces deux mois pour lesquels nous avons donc analysé les événements pluviométriques dans le bassin versant de l'oued Rhiou.

L'analyse de la pluviométrie journalière maximale enregistrée en trente jours (P_{x30J}) pour les mois de septembre et octobre (début

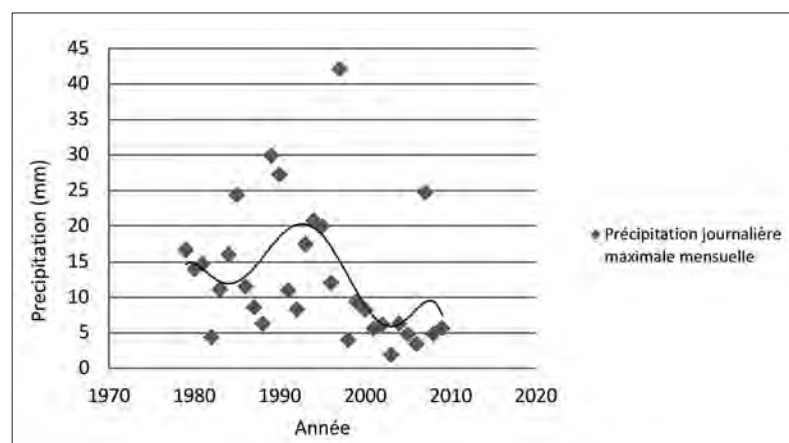


Figure 4 – Précipitations journalières maximales mensuelles en (◆ mm) du mois de septembre entre 1979 et 2009.

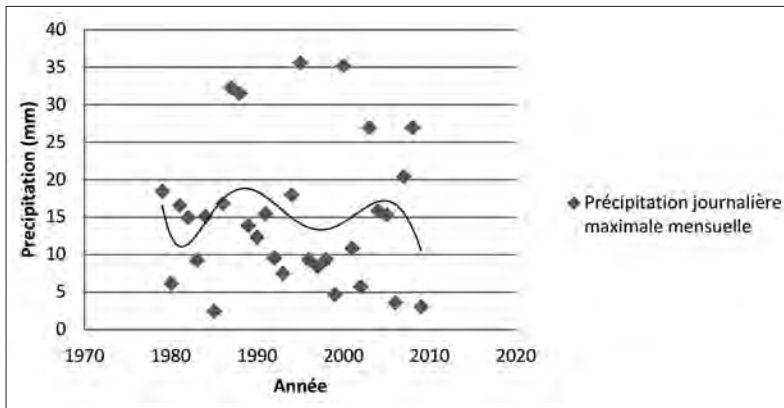


Figure 5 – Précipitations journalières maximales mensuelles en (◆ mm) du mois d'octobre entre 1979 et 2009.

de la saison pluviale) entre 1979 et 2009 (figures 4 et 5) a montré des pics de précipitations (≥ 20 mm) supérieurs à la moyenne 12,31 mm. Deux indices basés sur les 95^e et 99^e percentiles communément utilisés pour l'étude des événements extrêmes (Manton *et al.* 2001 ; Griffiths *et al.* 2003 ; Hountondji *et al.* 2011) sont calculés à partir des données journalières sur une période de trente ans (1979-2009) (tableau 2). Le résultat de l'analyse montre que le 95^e percentile est de l'ordre de 20 mm/jour ainsi que le 99^e percentile est de l'ordre de 33 mm/jour. Ce dernier explique probablement que le mois de septembre est le plus redoutable pour le ruissellement et l'érosion hydrique suite à la coïncidence des événements intenses (20 mm/jour) et d'événements extrêmes (33 mm/jour) avec l'état de surface du bassin versant à cette période de l'année (jachère d'été et tassement du sol par le pâturage).

Conformément aux suppositions de Kaci *et al.* (2017), nos résultats montrent donc une baisse significative des conditions pluviométriques totales annuelles au niveau du bassin versant de l'oued Rhiou dès 1996 soit - 13 % par décennie (tableau 4). Cette baisse globale des précipitations s'est accompagnée d'une accélération sensible du ruissellement et de l'érosion du barrage Gargar.

Cependant, les résultats obtenus pour l'évolution des précipitations maximales quotidiennes (Px1J) au bassin versant de l'oued Rhiou montrent que celles-ci sont au même niveau entre 1979 et 2000 puis une rupture avec la sécheresse dès l'année 2001 (annexe – figure 5). Ainsi les indices PTOT, SDII, JP ont connu une rupture vers la sécheresse dès 1996 (annexe – figures 1, 4, 6). Ces résultats s'accordent parfaitement avec ceux de Taibi

et al. (2013) qui ont trouvé que les années 1987, 1988, 1992 et 1993 étaient déficitaires sur l'ensemble du pays, signalant que cette sécheresse se poursuivit jusqu'à 2001 (1996-2001) au centre et à l'Ouest de l'Algérie. Les années 1998 et 1999 ont été très sèches à l'ouest avec un indice pluviométrique standardisé (SPI) $< -1,5$.

Il est donc probable que l'augmentation du ruissellement et l'érosion observées sur les périodes 1989-1999, 1989-2004 et 1989-2014 au niveau du barrage Gargar sont liées au changement de l'occupation du sol au niveau du bassin versant de l'oued Rhiou comme l'ont déjà suggéré diverses études (Rémy et Le Bissonnais 1998 ; Maillo 1999 ; Morsli 2015 ; Kaci 2019) et que le phénomène de l'érosion hydrique s'est aggravé avec l'action anthropique.

Cependant, le bassin versant de l'oued Rhiou reste, sur le long terme, sur une trajectoire d'aridification continue (- 13 % de précipitations par décennie entre 1979 et 2009). Ces conditions pluviométriques difficiles expliquent en partie les faibles rendements des cultures pluviales, et par conséquent la fragilité des agro-écosystèmes, combinées avec l'augmentation des températures et les pressions anthropiques, amplifiant le nombre de feux de forêts.

Ces incendies très liés à l'homme ont beaucoup réduit le couvert végétal et en particulier le couvert forestier. On assiste actuellement au recul de la forêt du fait des incendies et des défrichements. Le tapis végétal entier a subi des modifications importantes dans le sens parfois d'une dégradation irréversible (Kaci 2014).

Cela pourrait avoir des conséquences directes sur l'exode rural et la sécurité alimentaire, précarisée par les conditions climatiques et environnementales, conséquences auxquelles les autorités locales d'Oued Rhiou ne semblent pas actuellement préparées.

Conclusion

L'analyse des grands événements pluviométriques dans le bassin versant de l'oued Rhiou montre que les événements extrêmes (P99p) et intenses (P95p) sont en régression, respectivement de - 9,02 % et - 7,21 % par décennie (annexe – figures 7, 8). Le déficit pluviométrique persistant par la diminution

des précipitations totales annuelles (PTOT) et le nombre total de jours humides (pluie ≥ 1 mm) (JP), soit respectivement de -13% et -9% par décennie, a modifié le faciès environnemental (dégradation du couvert naturel) ainsi que le comportement des populations locales dans la région (modes d'utilisation des terres et pratiques culturelles inappropriées). Les effets combinés de ces deux actions (climatique et humaine) sur les états de surface sont à l'origine de la variabilité hydrologique. La coïncidence d'événements intenses (20 mm/jour) et d'événements extrêmes (33 mm/jour) avec l'état de surface du bassin versant (jachère d'été et tassement du sol par le pâturage) aux mois de septembre et octobre affecte la dynamique des processus d'infiltration et de ruissellement, provoquant des crues et des inondations importantes. Il est donc probable que l'augmentation des inondations soit liée à l'aggravation de la vulnérabilité, comme l'ont déjà suggéré diverses études (notamment Sene & Ozer 2002; Ould Sidi Cheikh *et al.* 2007; Descroix *et al.* 2013; Ozer 2014; Hangnon *et al.* 2015). L'analyse des précipitations annuelles et quotidiennes basée sur huit indices pluviométriques a aussi montré que tous les indices sont à la baisse. Ceci montre que le climat n'a qu'une faible influence directe sur l'augmentation de l'envasement mais peut sûrement avoir une influence indirecte, en augmentant la vulnérabilité des sols à l'érosion. Ces résultats confirment les travaux de Remini & Benfetta, (2015) : l'augmentation de l'érosion et l'envasement du barrage Gargar se sont accélérés pendant les périodes 1989-1999, 1989-2004 et 1989-2014, ceci étant lié principalement au changement de l'occupation du sol, dans un sens de diminution des facteurs de résistance (réduction des couvertures naturelles).

Bibliographie

- Aguilar, E., Peterson, T.C. & Ramirez Obando, P. (2005). Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and Northern South America, 1961-2003. *J. Geophys. Res.* 110, D23107.
- Benhattab, K., Bouvier, C. & Meddi, M. (2014). Analyse fréquentielle régionale des précipitations journalières maximales annuelles dans le bassin hydrographique – Cheliff, Algérie. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science* 27(3), 189-203.
- Descroix, L., Moussa, I.B.N., Genthon, P., Sighomnou, D., Mahé, G., Mamadou I., Vandervaere, J.P., Gautier, E., Maiga, O.F., Rajot, J.L., Abdou, M.M., Dessay, N., Ingatan, A., Noma, I., Yéro, K.S., Karambiri, H., Fensholt, R., Albergel, J. & Olivry, J.C. (2013). Impact of drought and land-use changes on surface-water quality and quantity: the Sahelian paradox. In: Bradley, P. (Ed.), Current perspectives in contaminant hydrology and water resources sustainability. InTech.
- Griffiths, G.M., Salinger, M.J. & Leleu, I. (2003). Trends in extreme daily rainfall across the South Pacific and relationship to the South Pacific Convergence Zone. *International Journal of Climatology* 23, 847-869.
- Hangnon, H., De Longueville, F., Ozer, P. (2015). Précipitations « extrêmes » et inondations à Ouagadougou ; quand le développement urbain est mal maîtrisé. In: *Actes du 28^e Colloque international de l'association internationale de climatologie de Liège*, Belgique, Université de Liège. Erpicum, M., pp. 497-502.
- Haylock, M.R., Cawley, G.C., Harpham, C., Wilby, R.L. & Goodess, C. (2006). Downscaling heavy precipitation over the UK: A comparison of dynamical and statistical methods and their future scenarios. *Int. J. Climatol.*, 26, 1397-1415.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., Vander, L.P.J., Dai, X., Maskell, K. & Johnson, C.A. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Hountondji, Y.C., De Longueville, F. & Ozer, P. (2011). Trends in extreme rainfall events in Benin (West Africa), 1960-2000. *Proceedings of the 1st International Conference on Energy, Environment and Climate Change*, 6-27 August 2011, Ho Chi Min City, Vietnam. <http://orbi.ulg.ac.be>
- I.P.C.C. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Kaci, M. (2014). *L'application des images LSA SAF pour la détection des causes et feux de forêts dans la wilaya d'Aïn Defla Algérie*. Travaux de fin d'études, Liège, Belgique.
- Kaci, M. (2019). *Impact de l'occupation du sol sur l'érosion et le ruissellement dans les micros-bassins versants de l'oued Chlef*. Thèse de doctorat en foresterie, université de Tlemcen, Algérie.
- Kaci, M., Morsli, B., Habi, M. (2014). Dynamique de l'érosion sous différentes utilisations du sol au niveau d'un versant en zone méditerranéenne subhumide : influence des cultures, des aménagements de gestion conservatoire des eaux et des sols (GCES) et des couvertures forestières en Algérie. *Geo-Eco-Trop.* 38, 111-118.
- Kaci, M., Habi M., Morsli, B. (2017). Estimation de l'érosion hydrique par l'application de l'équation universelle de pertes en sol (USLE). Cas du bassin versant non jaugeé de l'oued Rhiou (Bassin de Cheliff) Algérie. *Geo-Eco-Trop.* 41, 503-518.
- Lahlah, S. (2004). Les inondations en Algérie. *Actes des journées techniques/Risques naturels : inondation, prévision, protection*. Batna, pp. 43-57.
- Lee, A.F.S. & Heghinian, S.M. (1977). A shift of the mean level in sequence of independent normal random variables: a Bayesian approach. *Technometrics* 19(4),503-506.

- Maillo, L. (1999). *Influence des pratiques culturales sur le ruissellement et l'érosion sur les coteaux viticoles du Bas-Vivarais (Ardèche)*. Thèse de 3^e cycle, Institut de géographie alpine, université Joseph Fourier, Grenoble 1, France.
- Manton, M.J., Della-Marta, P.M., Haylock, M.R. (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pasific: 1961-1998. *International Journal of Climatology* 21, 269-284.
- Morsli, B. (2015). *Ruissellement et érosion en zone de montagne : analyse des facteurs conditionnels, cas des monts de Beni Chougrane*. Thèse en sciences, université Tlemcen, Algérie.
- Naveau, P., Nogaj, M., Ammann, C., Yiou, P., Cooley, D. & Jomelli, V. (2005). Statistical methods for the analysis of climate extremes. *C. R. Geoscience* 337, 1013-1022.
- New, M., Hewiston, B., David, B., Tsiga, S.A., Kruger, A., Manhinsue, A., Gomez, B., Coelho, C.A.S., Masisi, D.N., Kalulanga, E., Bulane, E., Fortunata, L., Mdoka, M.L. & Lajoie, R. (2006). Evidence of trends in daily climate extremes over Southern and West Africa. *Journal of Geophysical Research* 111, D14102.
- Ould Sidi Cheikh, M.A., Ozer, P. & Ozer, A. (2007). Risques d'inondation dans la ville de Nouakchott (Mauritanie). *Geo-Eco-Trop.* 31, 19-42.
- Ozer P. (2014). Catastrophes naturelles et aménagement du territoire: de l'intérêt des images Google Earth dans les pays en développement. *Geo-Eco-Trop.* 38, 209-220.
- Remini, B. & Hallouche, O. (2004). Le dragage des barrages. Quelques exemples algériens. *Revue internationale de la houille blanche* 3, 103-108.
- Remini, B. & Benfetta, H. (2015). Le barrage réservoir de Gargar est-il menacé par l'envasement ? *Larhys Journal* 24, 175-192.
- Remy, J.-C. et Le Bissonnais, Y. (1998). Comparaison des phénomènes d'érosion entre le nord et le sud de l'Europe : ampleur des problèmes et nature des mécanismes. *L'eau et la fertilité des sols : deux ressources à gérer ensemble. Bulletin – Réseau Érosion* 18, 15-32.
- Sene, S. & Ozer, P. (2002). Évolution pluviométrique et relation inondations – événements pluvieux au Sénégal. *Bulletin de la Société géographique de Liège* 42, 27-33.
- Taibi, S., Meddi, M., Souag, D. & Mahe, G. (2013). Évolution et régionalisation des précipitations au nord de l'Algérie (1936-2009). In: *Climate and land surface changes in hydrology : proceedings of H01, IAHS-IAPSO-IASPEI assembly* (eds Boegh E., Blyth E., Hannah D.M., Hisdal H., Kunstmann H., Su B., Yilmaz K.K.). IAHS, Wallingford, pp. 191-197.

Annexe

Évolution des indices de précipitations entre 1979 et 2009

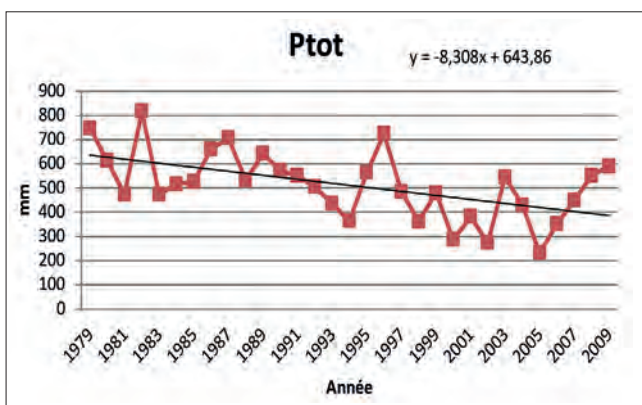


Figure 1 – Évolution de la pluviométrie annuelle dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

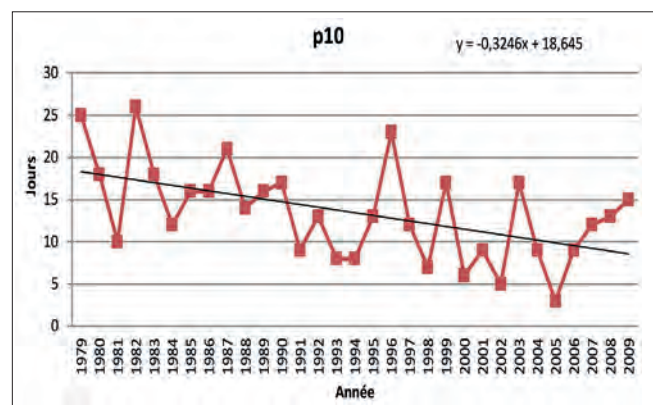


Figure 2 – Évolution du nombre annuel de jours avec des précipitations ≥ 10 mm dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

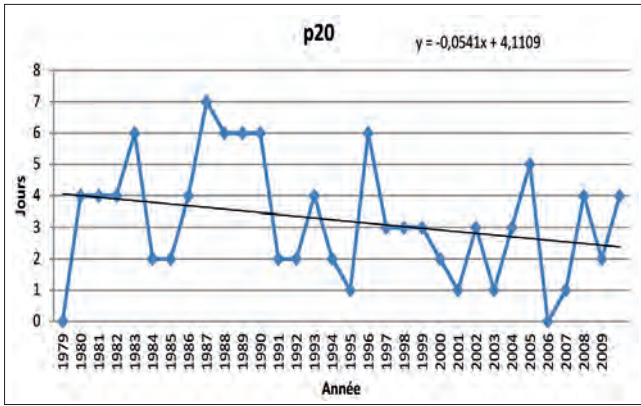


Figure 3 – Évolution du nombre annuel de jours avec des précipitations ≥ 20 mm dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

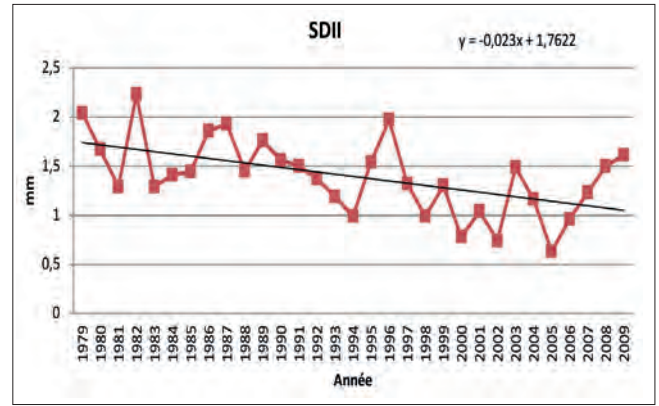


Figure 4 – Évolution de la lame d'eau moyenne précipitée par jour de pluie dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

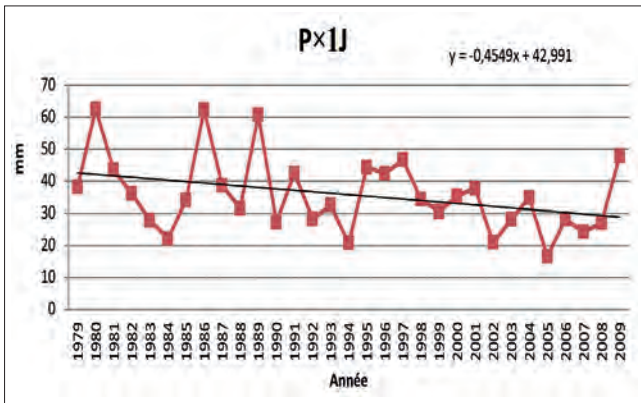


Figure 5 – Évolution des précipitations maximales quotidiennes dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

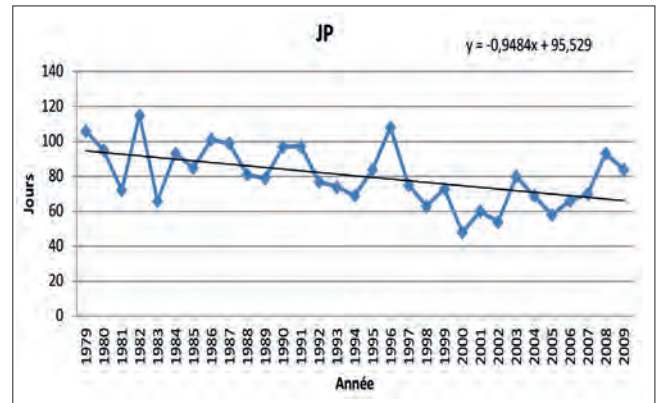


Figure 6 – Évolution du nombre total de jours humides (≥ 1 mm) dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

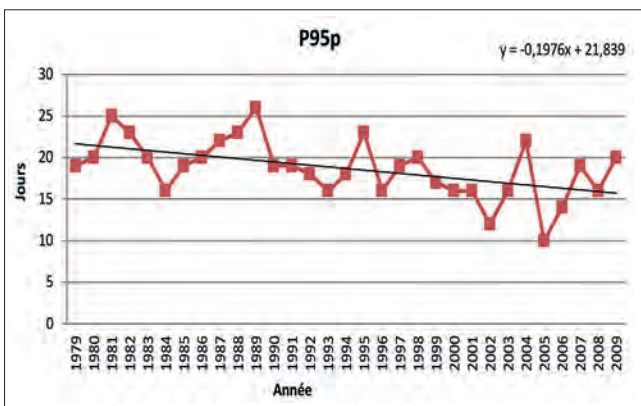


Figure 7 – Évolution du nombre de jours avec des précipitations $\geq 95^{\circ}$ percentile dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

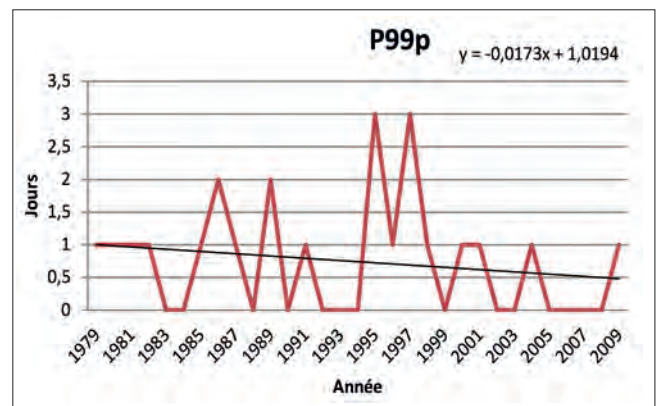


Figure 8 – Évolution du nombre de jours avec des précipitations $\geq 99^{\circ}$ percentile dans le bassin versant de l'oued Rhiou (1979-2009).

Are Mediterranean trees well known? “*Juniperus turbinata*” (Cupressaceae), a common but misunderstood taxon

*Les arbres de Méditerranée sont-ils bien connus ?
« Juniperus turbinata » (Cupressaceae),
un taxon commun mais incompris*

Daniel PAVON^{1,*}, Errol VÉLA², Frédéric MÉDAIL¹

1. Aix-Marseille Université, Avignon Université, CNRS, IRD, UMR IMBE, Marseille, France

2. Unité mixte de recherche AMAP (botanique et Modélisation de l'Architecture des Plantes et des végétations), Univ. Montpellier, CIRAD, CNRD, INRAE, IRD, Montpellier, France

* Corresponding author: daniel.pavon@imbe.fr

Received: 26 Nov., 2020; First decision: 8 Dec., 2020; Revised: 12 Dec., 2020; Final decision: 12 Dec., 2020

Abstract

Among Mediterranean trees, “*Juniperus turbinata*” remains a little-known taxon. Described in 1844 (*J. turbinata* Guss.) it was ignored in many floras and checklists until very recently despite the fact that since the 1980s morphology and phytochemistry studies have confirmed its taxonomic individuality. The conclusions of recent molecular studies also point in this direction. The present work specifies its chorology by country or geographical sectors, allowing an updated world distribution map. Another map illustrates the distribution of the other two taxa in this group (“*J. phoenicea*” and “*J. canariensis*”). Aspects concerning karyology, reproductive biology and biological interactions are discussed, as well as its ecology: we thus present a summary table of the main phytosociological groups up to the level of alliance in which this taxon is characteristic or in which it just fits. Another focus concerns threats and conservation. Finally, a discussion on the complex taxonomy of red junipers (*J. phoenicea sensu lato*) allows us to justify our taxonomic treatment for the taxa of this group. Three subspecies (subsp.) are recognized here, a new nomenclatural combination is proposed and an identification key of infraspecific taxa is provided. Thus, *Juniperus*

phoenicea L. subsp. turbinata (Guss.) Nyman should be considered as a remarkable circum-Mediterranean taxon often endangered or declining in its range which stretches along the Mediterranean coast from southern Portugal and Morocco to the eastern Mediterranean (large islands included), including the high continental mountains of North Africa, then ending to Middle-East in Saudi Arabia. Various pictures illustrate this juniper in different landscapes, ecological and geographical situations.

Résumé

Parmi les arbres de Méditerranée, « *Juniperus turbinata* » reste un taxon méconnu qui fait ici l'objet d'une synthèse des connaissances. Décrit en 1844 (*J. turbinata* Guss.), il sera longtemps oublié de nombreuses flores et checklists jusqu'à une date très récente malgré des travaux de morphologie et de phytochimie qui, dès les années 1980, vont confirmer son individualité taxonomique. Les conclusions des études moléculaires récentes vont aussi dans ce sens. Le présent travail précise sa chorologie, aussi bien dans sa globalité que par pays ou secteurs géographiques, permettant de dresser une carte de répartition mondiale actualisée. Une

Keywords: Mediterranean region, Middle-East, coastal regions, steppic mountains, islands, refugia, cryptic taxa, taxonomy, chorology, biotic interactions, ecology, threats.

Mots-clés: bassin méditerranéen, Moyen-Orient, littoral, montagnes steppiques, îles, refuges, taxon cryptique, taxinomie, chorologie, interactions biologiques, écologie, menaces.

carte supplémentaire illustre la répartition des deux autres taxons du groupe (« *J. phoenicea* » et « *J. canariensis* »). Les aspects concernant la Caryologie, la biologie de la reproduction et les interactions biologiques sont abordés, de même que son écologie, ce qui permet de dresser un tableau récapitulatif des principaux groupements phytosociologiques jusqu'au niveau de l'alliance dans lesquels il s'insère ou intervient. Un focus particulier permet de s'intéresser aux menaces et à sa conservation. Enfin, une rapide discussion sur la taxonomie complexe des genévriers rouges permet de justifier le traitement retenu dans ce travail pour les taxons du groupe de *J. phoenicea* selon trois sous-espèces, en validant une nouvelle combinaison nomenclaturale et en proposant une clé de détermination des taxons infraspécifiques. Ainsi, *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman doit être considéré comme un taxon circum-méditerranéen remarquable souvent en danger ou en régression dans son aire de répartition, qui s'étend le long du littoral méditerranéen depuis le sud du Portugal et le Maroc jusqu'en Méditerranée orientale (grandes îles comprises), en passant par les hautes montagnes continentales d'Afrique du Nord, puis débordant jusqu'en Arabie Saoudite. Des photographies permettent d'illustrer ce genévrier dans diverses situations paysagères, écologiques et géographiques.

Introduction

The Mediterranean basin constitutes a biodiversity hotspot (Médail & Quézel 1997; Myers 1990; Myers *et al.* 2000) in which a recent census of trees confirms the presence of nearly 290 taxa (species and subspecies), 245 of which are present in Mediterranean Europe (Quézel & Médail 2003; Médail *et al.* 2019). These first reports reveal a lack of knowledge in a large number of them, both in terms of taxonomy and distribution. Some of them only lack a fine chorological knowledge but other taxa present problems of taxonomic delimitation distorting some work and limiting many potential subjects of study. This is the case of gymnosperms of the genus *Juniperus* L. in which for example a new species, *Juniperus deltoides* R.P. Adams (sect. *Juniperus*), has recently been described (Adams 2004a) in a Euro-Mediterranean floristic region that has been studied for a long time and was apparently well known.

This genus constitutes a monophyletic group of probably very ancient origin from the Oligocene with a diversification in the Pleistocene (Fernández Palacios *et al.* 2011; Little 2006; Mao *et al.* 2010). Its recent

monograph is now in its fourth edition (Adams 2004b, 2008, 2011, 2014) and it includes nearly 100 taxa, constituting the most diverse genus in its family and the second most common genus of conifers on Earth after *Pinus* L. (Adams & Schwarzbach 2013). Mediterranean species are divided into the 3 currently recognized sections:

- Sect. *Caryocedrus* Endlicher: acicular leaves only, three seeds fused into a false nut (only one species, *Juniperus drupacea* Labill., in the eastern Mediterranean).
- Sect. *Juniperus* (= sect. *Oxycedrus* Spach): acicular leaves only, free seeds (*Juniperus communis* L. sensu lato, *Juniperus oxycedrus* L. sensu lato).
- Sect. *Sabina* (Miller) Spach: young leaves acicular but adult leaves squamiform (*Juniperus excelsa* M. Bieb. sensu lato, *Juniperus foetidissima* Willd., *Juniperus phoenicea* L. sensu lato, *Juniperus sabina* L., *Juniperus thurifera* L. sensu lato).

Despite their abundances, easy access to many populations and the large amount of samples available in herbarium collections, errors in identification and taxonomic approximations are recurrent. This is particularly the case of red junipers, *Juniperus phoenicea* sensu lato, because of their tenuous morphological characters often not much decisive on herbaria (De Coincy 1898) arising from cryptic speciation phenomena (Adams *et al.* 2005). Red junipers constitute a complex, which generated various descriptions of taxa with taxonomic and nomenclatural wanderings due to the various treatments according to authors and periods (species, subspecies or varieties, or even simple synonyms for unrecognized entities).

The objective of this work is to constitute a multi-disciplinary synthesis of knowledge relating to “*Juniperus turbinata* Guss.”, a circum-Mediterranean taxon still often overlooked, although it was described in the middle of the 19th century.

Methodology

Bibliographical analysis

This brief bibliographical review concerns red junipers in the broad sense and more specifically “*Juniperus turbinata*”, focusing on its taxonomy, general and regional chorology, biology, ecology and conservation.



Young specimen showing typical leaf dimorphism in the “Calanques National Park”, Marseille, south-east France (© D. Pavon).



Specimen with autumn mature cones in the acid rocky coast the “Scandola Nature Reserve”, west Corsica (© D. Pavon).



*Atlantic coast of Portugal at Cabo da Roca with invasive *Carpobrotus* sp. (© D. Pavon).*

The literature being very important we limited ourselves to the articles, flora and other checklists which seemed the most relevant to carry out this synthesis. We did not scour the abundant literature on chemical compounds and uses (pharmacopoeia, ethnobotany, etc.), limiting mentions to rare studies presenting an added value to the general understanding of the specific themes concerned here.

Online databases: nomenclature and maps

Euro+Med Plantbase (<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp>) currently constitutes an essential taxonomic repository for the Mediterranean region and allows the visualization of presence maps by country for each taxon. However, many other nomenclatural databases are available on the Internet. These are mainly the French “Inventaire National du Patrimoine Naturel” (<https://inpn.mnhn.fr/>), Tela Botanica (www.tela-botanica.org), Plants of the World Online ([\[powo.science.kew.org/\]\(http://powo.science.kew.org/\)\) or the African Plant Database \(<https://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php>\). The latter also offers mapping possibility, however, maps are of heterogeneous quality in terms of precision.](http://</p>
</div>
<div data-bbox=)

In addition, various cartographic tools now offer the visualization of more or less precise distribution maps, which must sometimes be interpreted with caution, in particular those of the “Global Biodiversity Information Facility” (<https://www.gbif.org/fr/>) as well as those of the collaborative platform “iNaturalist” (<https://www.inaturalist.org/home>). The most robust for France are the “SILENE-Flore” (www.flore.silene.eu) and “SiFlores” (<http://siflores.fcba.fr/>) databases, for the Iberian Peninsula the “Anthos” project (www.anthos.es), for Portugal “Flora.On” (<https://flora-on.pt/>), for Croatia “Flora Croatica Database” (<https://hirc.botanic.hr/fcd/>) and for Greece “The Flora of Greece Web” (<http://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/intro>). This same type of base is being developed for North Africa (<https://efloramaghreb.org/>). In Italy, various regional databases are also being used and compiled in the “Wikipantbase #Italia” meta-site (<http://bot.biologia.uniipi.it/wpb/italia/index.html>) while in Spain there are also regional plant bases for Catalonia (<http://biodiver.bio.ub.es/biocat/index.jsp>), Aragon (<http://floragon.ipe.csic.es/>) or the Valencia region (<http://www.bdb.gva.es/va/>). Finally, note that we find on Internet a database exclusively devoted to gymnosperms (<https://www.conifers.org/>).

Results

Taxonomy and nomenclature: contributions of morphology, phytochemistry and genetics

The individualization and description of *Juniperus turbinata*, a new species closely related to *J. phoenicea*, was carried out by the Sicilian botanist Giovanni Gussone (1787-1866) in his *Florae Siciliae Synopsis* (Gussone 1844). However, its description remains succinct and with only one discriminating character according to him: the «turbinated» shape of its young cones or galbulus (in form of spinning-top or cone). More disturbing, he recognizes that this new species shares in Sicily the same locations and the same habitats

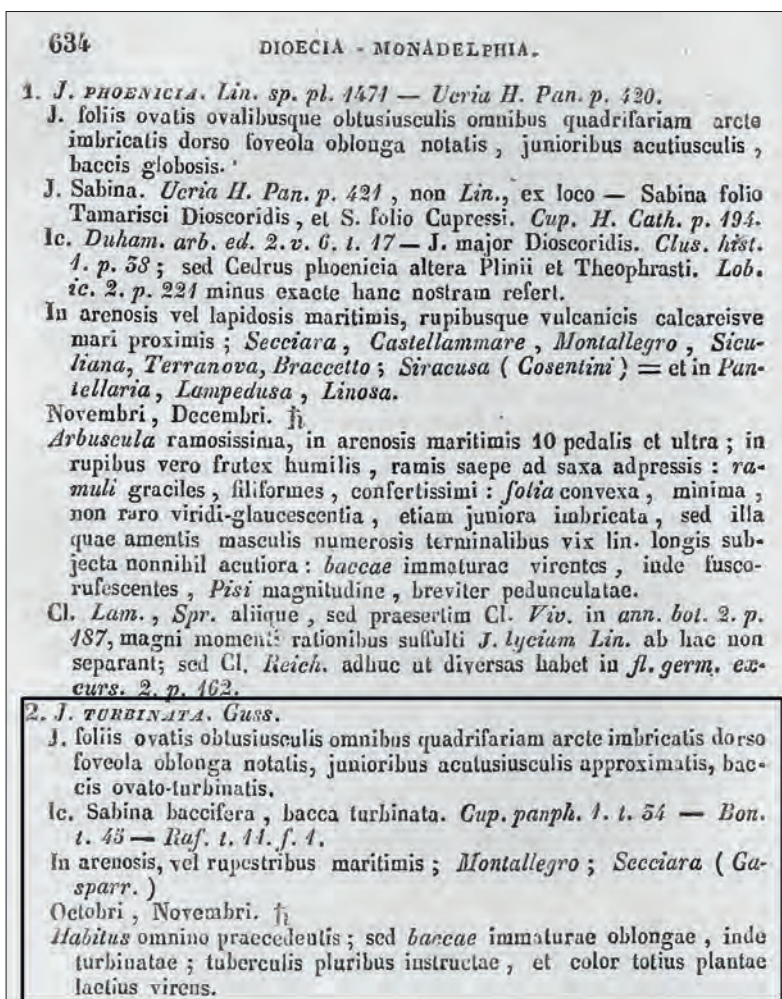


Figure 1 – Gussone's description of *Juniperus turbinata*.



as *J. phoenicea* (Figure 1). Two years later, Kunze (1846) describe *Juniperus oophora*, a later taxonomic synonym, from coastal sand dune populations of southwestern Spain (near Doñana). Thus, *J. turbinata* will be very often ignored thereafter, remaining for a very long time cited under the name of *J. phoenicea* in many later reference or work (Battandier & Trabut 1902; Bonnet & Barratte 1896; Briquet 1910; Cuénod *et al.* 1954; Fiori 1923-1925; Fournier 1946; Munby 1847). However, some work mention the existence of *J. turbinata* in a note or remark, even as a variety and under the ambiguous name of “*J. phoenicea* var. *lycia*” (Coste 1937; Rouy 1913) or at best “*J. phoenicea* var. *turbinata*” (Boissier 1884; Fiori & Paoletti 1896-1898; Maire 1952). In addition, forms with larger or smaller cones that were not turbinated were described as new under *J. phoenicea* var. *phoenicea*, namely “f. *mollis* Maire & Weiller” and “f. *megalocarpa* Maire” (Maire 1952). Only few ancient floras cite it as a well-individualized species, like Willkomm & Lange (1861) and Willkomm (1893) for Spain under the name of *J. oophora*. In this last work, the synonymy between *J. oophora* and *J. phoenicea* var. *turbinata* is confirmed by Mauritius Willkomm.

It was not until the end of the 20th century and the 1980s that various phytochemical and morphological studies confirmed the high taxonomic value of *J. turbinata* after a certain

nomenclatural wandering and in particular the creation of *J. phoenicea* subsp. *eumediterranea* P. Lebreton & Thivend, another posterior synonym (Lebreton & Thivend 1981; Lebreton 1983; Lebreton & Rivera 1988; Rivas Martinez *et al.* 1993; Lebreton & Pérez de Paz 2001; Mazur *et al.* 2010, 2016, 2018; Adams *et al.* 2014). Subsequently, molecular biology work also concluded that it is a distinct taxon from *J. phoenicea* sensu stricto (Adams *et al.* 2002, 2010, 2013; Adams & Schwarzbach 2013; Boratyński *et al.* 2009; Dzialuk *et al.* 2011; Sánchez Gómez *et al.* 2018). Finally, the Macaronesian populations (*J. canariensis* Guyot) were also considered as deserving a high taxonomic rank by Romo *et al.* (2019), contrary to previous opinions (Adams *et al.* 2010). These island populations seem morphologically, chemically and genetically closer to *J. turbinata* than to *J. phoenicea* (Lebreton & Pérez de Paz 2001; Sánchez Gómez *et al.* 2018). To this we can add for *J. turbinata* three “microtaxa” (invalid names) proposed by Lebreton & Pérez de Paz (2001) also supported by results of Mazur *et al.* (2018):

- “var. *occidentalis*” in the western coastal Mediterranean;
- “var. *orientalis*” in the eastern Mediterranean and characterized by a very low number of seeds per cone;

With *Rosmarinus officinalis*, *Erica multiflora* and *Coronilla juncea* on basic rocky coast of the “Calanques National Park”, Marseille, south-east France (© D. Pavon).



Sand dunes at Rondinara bay, south-east Corsica
(© D. Pavon).

– “chemovar. *montana*” in the continental mountains of the Maghreb where populations present specific chemical compounds that differ significantly from coastal populations (see also Bekhechi *et al.* 2012; Mansouri *et al.* 2011).

This juniper is rarely mentioned at the species rank under the name of *Juniperus turbinata* in more or less recent floras and checklists (Arrigoni 2006; Bartolucci *et al.* 2018; Cabezudo 2011) because it is most often treated as a subspecies of *J. phoenicea* (African Plant Database, consulted in November 2020; Amaral Franco 1986, 1993; Bolòs & Vigo 1984 sub “subsp. *lycia*”; Dobignard & Chatelain 2010; Euro+Med Plantbase, consulted in November 2020; Jeanmonod & Gamisans 2013; Le Floc’h & Boulos 2008; Pignatti 2017; Tison & De Foucault 2014; Tison *et al.* 2014; Valdés *et al.* 1987). Sometimes it is not even separated from *J. phoenicea* (Barina *et al.* 2018; Boulos 2009; Fennane *et al.* 1999; Pignatti 1982; Sherif & El-Taife 1986; Turland *et al.* 1993; Valdés *et al.* 2002).

Its typification is very recent (Ferrer-Gallego *et al.* 2017).

Chorology

Despite the numerous studies carried out on these junipers, the geographical distributions of the taxa of the group *Juniperus phoenicea* s.l. remain blurred by the difficulties of identification in the field, the heterogeneous taxonomic treatments as well as by the repetition of the erroneous citations contained in various floras or reference indexes.

Juniperus turbinata is considered as a strictly West Mediterranean entity by Amaral Franco (1986, 1993), an erroneous chorology but taken up by most of the later authors, even in recent work. Lebreton & Pérez de Paz (2001) as well as Adams *et al.* (2013) and Mazur *et al.* (2016) confirm the wide distribution of *J. turbinata*, which they consider to be present from the Macaronesian islands to Sinai. On the other hand, *J. phoenicea* s.s. becomes a strictly northwestern Mediterranean taxon present only from the south of Spain to the north-west of Italy (Liguria and the Apuan Alps) with interesting and disjointed locations in some islands. To this must be added the conclusions of the work of Lebreton & Pérez de Paz (2001) then of Romo *et al.* (2019) which adopt and reinforce the positions taken by Rivas-Martinez *et al.* (1993) and Asensi *et al.* (2007), and recognize the Macaronesian taxon respectively as a subspecies of *J. turbinata* or as an autonomous species under the name of *J. canariensis* Guyot.

Thus, in the strict sense *J. turbinata* should be considered as a circum-Mediterranean taxon with a wide distribution, occurring from the Atlantic coasts of southern Portugal and Morocco to the Middle-East. The global map of *J. phoenicea* s.l. illustrated by Bolòs & Vigo (1984) is more or less the one accepted today for *J. turbinata*, except for the Iberian Peninsula and the south of France where it remains fairly localized on the coast. It is also interesting to specify that the respective biogeographical types of *J. phoenicea* s.s. and *J. turbinata* were completely reversed in Flora Europaea (Amaral Franco 1993).

Using more specifically regional literature but also cartographic databases available on the Internet, we attempted to summarize the distribution of *J. turbinata* by country and sector:

- Portugal (mainland): *J. turbinata* is not mentioned for this country in Flora Iberica (Amaral Franco 1986), probably due to ignorance although it is the only representative of the scaly junipers (sect. *Sabina*). Thus, according to the online atlases like Flora of Portugal Online (<https://flora-on.pt>, sub “*J. turbinata* subsp. *turbinata*”) and Anthos (www.anthos.es/, sub. *J. phoenicea* subsp. *turbinata*) this taxon is present from the Figueira da Fos sector in the north to the Spanish border in the south, showing here and there continental and more or less isolated locations (see for example Costa *et al.* 1993).

- Spain (mainland): the taxon is present in the south and east of the country (Amaral Franco 1986; Anthos: www.anthos.es), not only on the coast but also inland, in particular on sectors which correspond at the margins of the ancient Pliocene Sea (Hidalgo *et al.* 2014). It is fairly well represented on the coast of western Andalusia in the provinces of Huelva and Cádiz (Galiano 1987) as well as in eastern Andalusia in the province of Málaga. Towards the east, *J. turbinata* seems to disappear on the coast of Andalusia where it becomes very rare or localized in the province of Almería (Cabezudo 2011). It is also very rare in Murcia at the Mar Menor near the northern regional limit of this region (Sánchez-Gómez & Guerra 2011) and therefore also in the province of Alicante (Valencia county), occasionally or historically present in the municipalities of Elche, Guardamar del Segura and Santa Pola (Mateo Sanz *et al.* 2011; Mateo Sanz & Crespo 2014; Banco des datos de Biodiversidad: <http://www.bdb.gva.es/va/>). It seems a little more abundant but located in Catalonia on the coast of Tarragona between Hospitalet and Torredembarra (Bolòs & Vigo 1984). Finally, a population located in a continental position very far from the coast was recently detected in the region of Extremadura (Orellana & Galán de Mera 2019). Let us recall that elsewhere in the eastern half of the country, in the rocky limestone hills generally inland but sometimes closed to the coast (Cabo Cope in the region of Murcia for example), it is replaced by *J. phoenicea* s.s. which remains the most widely represented taxon in this country. It is naturally in Spain that there are many chorological problems due to the long historical confusion between these entities. Thus, *J. turbinata* must be systematically searched for throughout the Iberian Peninsula, in particular on the coast (eastern Andalusia or Alicante) but also in continental locations.
- Balearic Islands: this juniper seems exclusively coastal, present and mentioned on the five main islands, Ibiza, Formentera, Mallorca, Menorca and Cabrera (see for example: Bolòs & Vigo 1984; Rivas-Martínez *et al.* 1992; Fraga i Arguimbau *et al.* 2004; Asensi *et al.* 2007; Llorens & Gil 2017; Anthos: www.anthos.es). Note that on Mallorca, the presence of *J. phoenicea* s.s. is also confirmed but in the Sierra Tramuntana and at least at its western part (L. Sáez Gonyalons pers. com.).



- France (mainland): the presence of *J. turbinata* is confirmed only on the Mediterranean coast (Tison & De Foucault 2014). This juniper forms more or less large and localized populations, currently located between Sète in Hérault province and Saint-Tropez in Var province (SILENE-Flore: www.flore.silene.eu). It was already listed under the name "*J. phoenicea* var. *lycia*" in the catalogs of Var (Albert & Jahandiez 1908) and Bouches-du-Rhône (Molinier, 1981) provinces. Despite vague quotes by Roux (1881), «it can be seen in the Var, from the beach of Saint-Cyr to Monaco, Èze, Menton», its historical or current presence is not confirmed for the Alps-Maritimes province (see also Charpin & Salanon 1985) nor even for Pyrénées-Orientales (Tison *et al.* 2014) where it should be sought more actively on the coast. On the other hand, and elsewhere in the whole Mediterranean region, *J. phoenicea* s.s. abounds in the internal massifs but sometimes also near the sea from the Pyrénées-Orientales to the Italian border, going up the lower Rhône valley to the north-central Drôme province (Garraud 2003).
- Corsica: in this island *J. turbinata* is fairly common but mainly present on the coast and small islands, in particular in the thermomediterranean bioclimatic belt (Paradis 1993; Jeanmonod & Gamisans 2013).
- Italy (mainland): the taxon is only reported in Puglia, Basilicata and Calabria by Conti *et al.* (2005) who did not include its presence in Tuscany and Campania. Mazur *et al.* (2018) did not include the sector of the promontory of Gargano on the Adriatic coast however

Fixed dunes with *Phillyrea angustifolia*, *Lotus creticus* and *Helichrysum stoechas* matorral in south Mallorca, Balearic Islands (© D. Pavon).

illustrated in the map of Lebreton & Pérez de Paz (2001) and where its very localized presence is confirmed by Galié *et al.* (2015). Thus, this juniper seems to be present and scattered on the western coasts of the country from Tuscany to Campania, then in eastern Calabria, Basilicata and Puglia (see for example Bombino *et al.* 1997; Forte *et al.* 2002; Biondi *et al.* 2010; Mazur *et al.* 2016). Consequently, *J. turbinata* is the most widely represented red juniper in Italy while the presence of *J. phoenicea* s.s. is only confirmed in a few locations in the north-west (Liguria near the French border and disjuncted populations in the Apuan Alps). Many confusions persist in Flora d'Italia (Pignati, 1982, 2017) as well as online atlases.

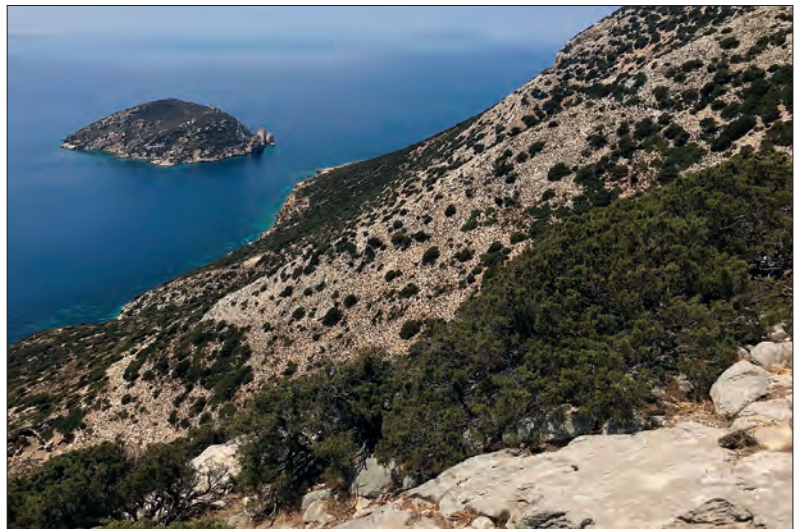
- Sardinia: the presence of *J. turbinata* is confirmed in this island by numerous recent authors (see for example: Bartolo *et al.* 1992; Conti *et al.* 2005; Bacchetta 2006; etc.). An overview of its geographic distribution can be found on the Wikiplantbase Sardegna website (<http://bot.biologia.unipi.it/wpb/sardegna/index.html>). According to Arrigoni (2006) the species is mainly found on the coast both in dunes and rocky habitats then becomes «rarer inland where it is found more specifically on limestone mountains». This last statement should be verified for all inland hills because *J. phoenicea* s.s. is also present, at least on Monte Albo where its presence has only recently been confirmed which explains why it does not appear in the most recent indexes (G. Bacchetta pers. com. December 2020).
- Sicily: it is on this island that *J. turbinata* was first described. Its presence is still confirmed (Conti *et al.* 2005; Giardina *et al.* 2007; Raimondo *et al.* 2010) but the taxon currently seems rare and scarcely present, mainly in the west, south and east of the island (Brullo *et al.* 2009; Minisale & Sciandrello 2013; Mazur *et al.* 2016). This juniper is also present on the islands of Lampedusa (Bartolo *et al.* 1988), Linosa and Pantelleria (Gianguzzi 1999) while its absence on many other islands and peri-Sicilian small islands and islets is surprising (Aegadian Islands, Aeolian Islands, etc.).
- Malta: in this country, *J. turbinata* is naturally and curiously absent but was introduced and seems to be in the process of naturalization (<http://www.maltawildplants.com/>). Conversely, another rare species of the same family, *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters, is present in this island (Haslam *et al.* 1977).
- Croatia: the taxon is well represented on the whole Croatian coast and its islands according to Flora Croatica Database (<https://hirc.botanic.hr/fcd/>) where it is mentioned under the name «*J. phoenicea*» (consultation in October 2020). See also Kovačić *et al.* (2001).
- Bosnia-Herzegovina and Montenegro: this juniper seems very rare there and located in a few coastal areas and islands of the Adriatic coast, in continuity with the Croatian populations and locations (Jasprica *et al.* 2016; Operta *et al.* 2018). It was seen, for example, in northern Montenegro in a coastal scrub near Herceg-Novci (F. Médail & A.C. Monnet unpublished obs. VI.2018).
- Albania: its occurrence is reported with a recent citation in the checklist of Barina *et al.* (2018) under the name “*J. phoenicea*”. The map in Browicz (1982) illustrates various points along the coast. It was recently seen for example on the small island of Sazani (Strait of Otranto), in the south of the country (F. Médail *et al.* unpublished obs. IX.2012).
- Greece (mainland) and the Aegean islands: its presence is reported as “*J. phoenicea*” by Dimopoulos *et al.* (2013). This error was corrected and the name changed to «*J. turbinata*» three years later (Dimopoulos *et al.* 2016). Likewise, this juniper appears under the name “*J. phoenicea*” in Flora Hellenica (Strid & Tan 1997) where the authors specify in a note that the Greek taxon corresponds to subsp. *eumediterranea* Lebreton & Thivend (synonym of *J. turbinata*). Thus, in this country this taxon is found in most of the large regions of the south, seeming rarer or even absent in its northern part or in the high mountains of the Peloponnese. A distribution map by sector can be found in the consulted online database (<http://portal.cybertaxonomy.org/flora-greece/>). Furthermore, Strid (2016) illustrates a map of locations specifically focusing on the Aegean Islands and where the species appears once again as “*J. phoenicea*”. See also the map of Browicz (1982).
- Crete: its presence is confirmed by Turland *et al.* (1993) under the name «*J. phoenicea*». They indicate that it usually grows in the coast but can go up to 750m of altitude. The map shown by Strid (2016) also confirms its presence on this island. According to Zaffran (1990), this juniper «participates in the plant

groups that extend behind the coastal communities, both on the south coast and on the north coast of Crete».

- Turkey: its scattered presence is confirmed by Davis (1965) under the name “*J. phoenicea*” (west coast of the country and various islands).
- Cyprus: it is mentioned on this island under the name «*J. phoenicea*» in the flora of Meikle (1977). This juniper is widespread and sometimes abundant there, in particular in coastal areas, and is lacking only in large high inland mountains.
- Morocco: the presence of *J. turbinata* is confirmed by Fennane *et al.* (1999) as well as Valdés *et al.* (2002) under the name “*J. phoenicea*”. More recently, Fennane & Ibn Tatou (2005) only mention for Morocco “*J. phoenicea* subsp. *mediterranea* [sic!]” (incorrect name referring to *J. turbinata*). In this country, this juniper is found on the Atlantic and Mediterranean coastlines but also in inland mountains where it colonizes exposed slopes of the Middle Atlas and more especially of the High Atlas and the Anti-Atlas (Benabid 2000 sub *J. turbinata*). It probably presents in this country its most important areas of occurrence. The presence of the other taxon, *J. phoenicea* s.s., should be confirmed (to be sought for example in the limestone reliefs of the Rif where the two taxa could rub shoulders at short distances as it is the case elsewhere in Spain, France, Mallorca or Sardinia).
- Algeria: this taxon is cited in the flora of Quézel & Santa (1962) under the name “*J. phoenicea*”. These authors consider it like a common species in this country from the Mediterranean coast to the Saharan Atlas but does not go beyond towards the South. Important confusion reigns in the *Flora of North Africa* in which Maire (1952) lists several forms and varieties that do not allow this author to formally rule out *J. phoenicea* s.s. for this country. The latter is nowadays presumed absent (E. Véla pers. obs. 2002–2020) but deserve to be sought (Babors mountains for example).
- Tunisia: it is formerly cited under the name “*J. phoenicea*” by Cuénod *et al.* (1954) who considered it as widespread throughout the country but rarer in central Tunisia. More recently, Le Floc’h & Boulos (2008) only cite for this country “*J. phoenicea* subsp. *turbinata*” based on the work of Lebreton & Pérez de Paz (2001). Unfortunately, the



North coast of Montenegro (© F. Médail).



Nikouria island near Amorgos in the Cyclades, Greece (© F. Médail).

confusion came back later when Le Floc’h *et al.* (2010) repeated a probable erroneous mention for this country (Farjon 2005). In southern Tunisia, *J. turbinata* reaches the Matmata mountains which host very punctual and degraded populations, located on the slopes exposed to the north, above 500m altitude and where the average annual precipitation is between 200 and 300 mm / year (Le Houérou 1962; Chaieb & Boukhris 1998).

- Libya: the presence of *J. turbinata* is first reported in this country by Viviani (1824) under the name «*J. lycia*». It is reported in Cyrenaica under the name “*J. phoenicea*” by Durand & Baratte (1910), Pampanini (1931) and El-Barasi *et al.* (2011). Its first mention in Tripolitania seems have been made by Pampanini (1914). Its exact identity was



Anemo-morphosed matorral with Pistacia lentiscus and Corydorthymus capitatus, north-west Cyprus (© F. Médail).

confirmed recently in Cyrenaica (Brullo & Guglielmo 2001 sub *J. turbinata*). See also the African Plant Database (<https://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/recherche.php>), where the errors made in volume 1 (Dobignard & Chatelain 2010) were only partially corrected in the “Supplements and Corrigenda” in volume 5 (Dobignard & Chatelain 2013). Others potential populations should be sought between southern Tunisia and Tripoli region.

- Egypt: its presence is confirmed by Boulos (1999, 2009) under the name “*J. phoenicea*”. In this country, *J. turbinata* represents the only species of juniper and occurs exclusively in the north of Sinai (El-Halal, El-Maghara and Yelleq mountains) where its relictual presence is very interesting (El-Bana *et al.* 2010; Farahat 2020).
- Israel: this juniper is mentioned under the name “*J. phoenicea*” in *Flora Palaestina* by Zohary (1966) who specifies “S. Edom, NW Arabia and Sinai”. The region of Edom is in fact located in the southwest of Jordan and we could not conclude to the presence of this juniper in this country.
- Jordan: its presence is confirmed by Al-Eisawi (1982) under the name “*J. phoenicea*”. More recently, it is still the “subsp. *phoenicea*” which is mentioned in this country by Euro+Med Plantbase (<http://ww2.bgbm.org/EuroPlusMed/query.asp/>, consulted in November 2020). *Juniperus turbinata* is therefore not considered by Abu-Darwish *et al.* (2014) who argue that only *J. phoenicea* s.s. is present. This is also the opinion of Ar-Ramamneir *et al.* (2012), whose work shows however that the cones of the Jordanian taxon contain only about

5 seeds which is in contradiction with the data of European authors for *J. phoenicea* sensu stricto. Thus, *J. turbinata* is found in the mountains of the southwest of the country where it is rare because in decline. Beautiful individuals still exist, for example near the edge of the wadis in the Dana Natural Reserve (F. Médail pers. obs. I.2019).

- Saudi Arabia: its presence was announced by Zohary (1966). It is represented by a single point on the map of Browicz (1982) and recently confirmed in the same sector (sub “*J. phoenicea* subsp. *phoenicea*”) by a photograph taken *in situ* in El Figrah, west of Medina, by Ali Mohammed Alzahrani (pers. obs. 2019, <https://www.inaturalist.org/observations/59413151>, accessed 25/11/2020). In this country, *J. turbinata* should be sought in all or parts of the mountains of the Hedjaz.

Following this chorologic synthesis it is now possible to draw a global and updated distribution map for *J. turbinata* (Figure 2). Some distribution patches are deliberately enlarged to allow good readability, especially on the coast where the taxon occupies a thin strip most often fragmented. In North Africa, the distribution of *J. turbinata* overlaps with the great mountain ranges, avoiding wide steppic or desertic plains. This taxon deserves to be sought because finding new locations is not to be excluded (Spain, Libya, Saudi Arabia).

To clarify the situation, we also present here an updated distribution map for the two other taxa of this group, *J. phoenicea* s.s. and *J. canariensis* (Figure 3).

We hope that the distributions presented in this work will evolve soon thanks to the improved knowledge and corrections of many atlas projects.

Caryology

The different species of junipers are generally diploid with a base number equal to 11 ($2n = 2x = 22$ chromosomes), although some tetraploid taxa ($2n = 4x = 44$) were reported, such as *Juniperus thurifera* or even *J. chinensis*. In reality, polyploidy seems to have been underestimated in this genus (for more information see Vallès *et al.* 2015, Farhat *et al.* 2019).

For *J. turbinata*, Valdés *et al.* (1987) report $2n = 22$ chromosomes, most certainly according to the count carried out by Valdés-Bermejo (1979) on «*J. oophora*» from Huelva (Andalusia, Spain).

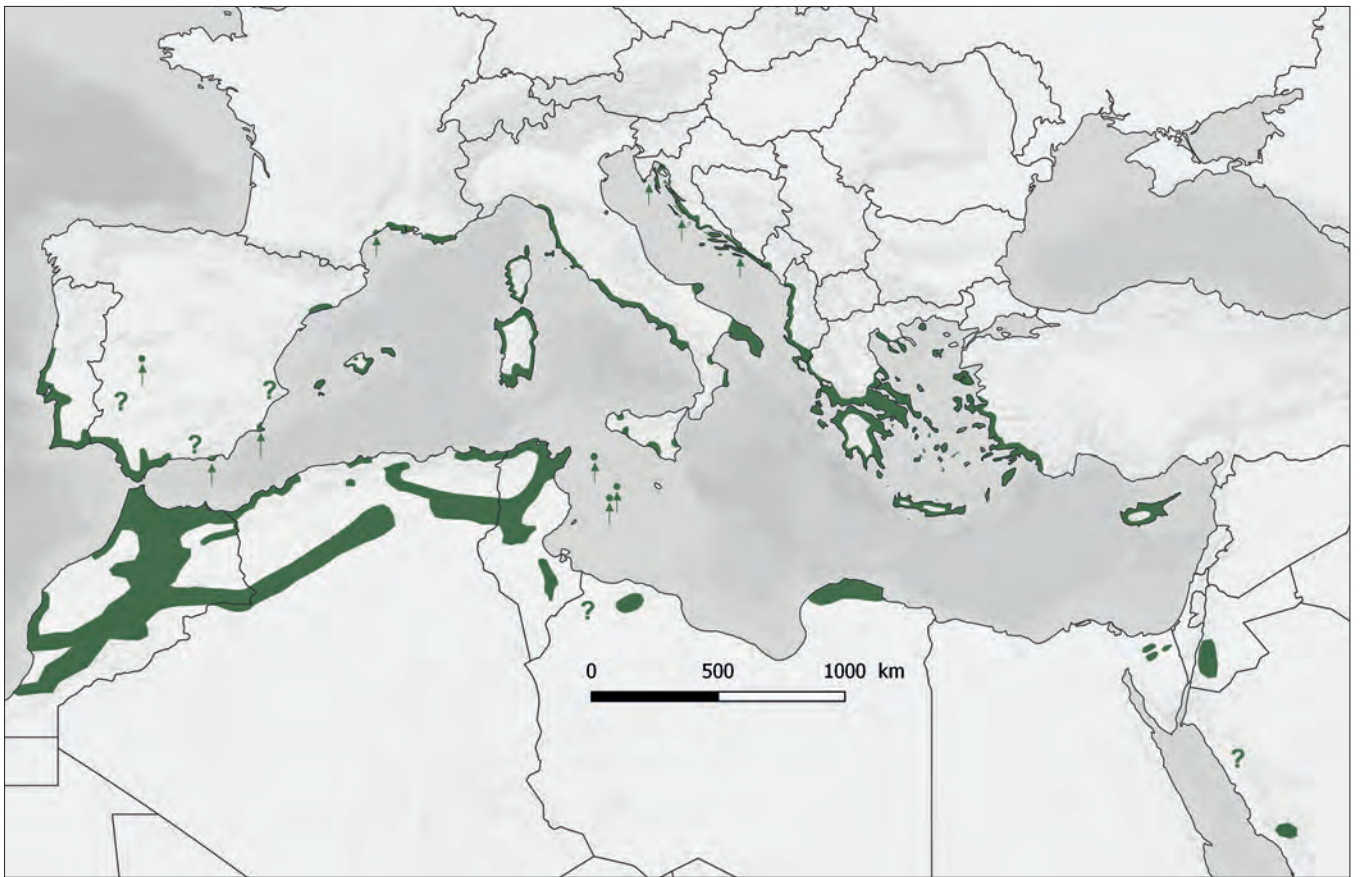


Figure 2 – Distribution map of *Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*.

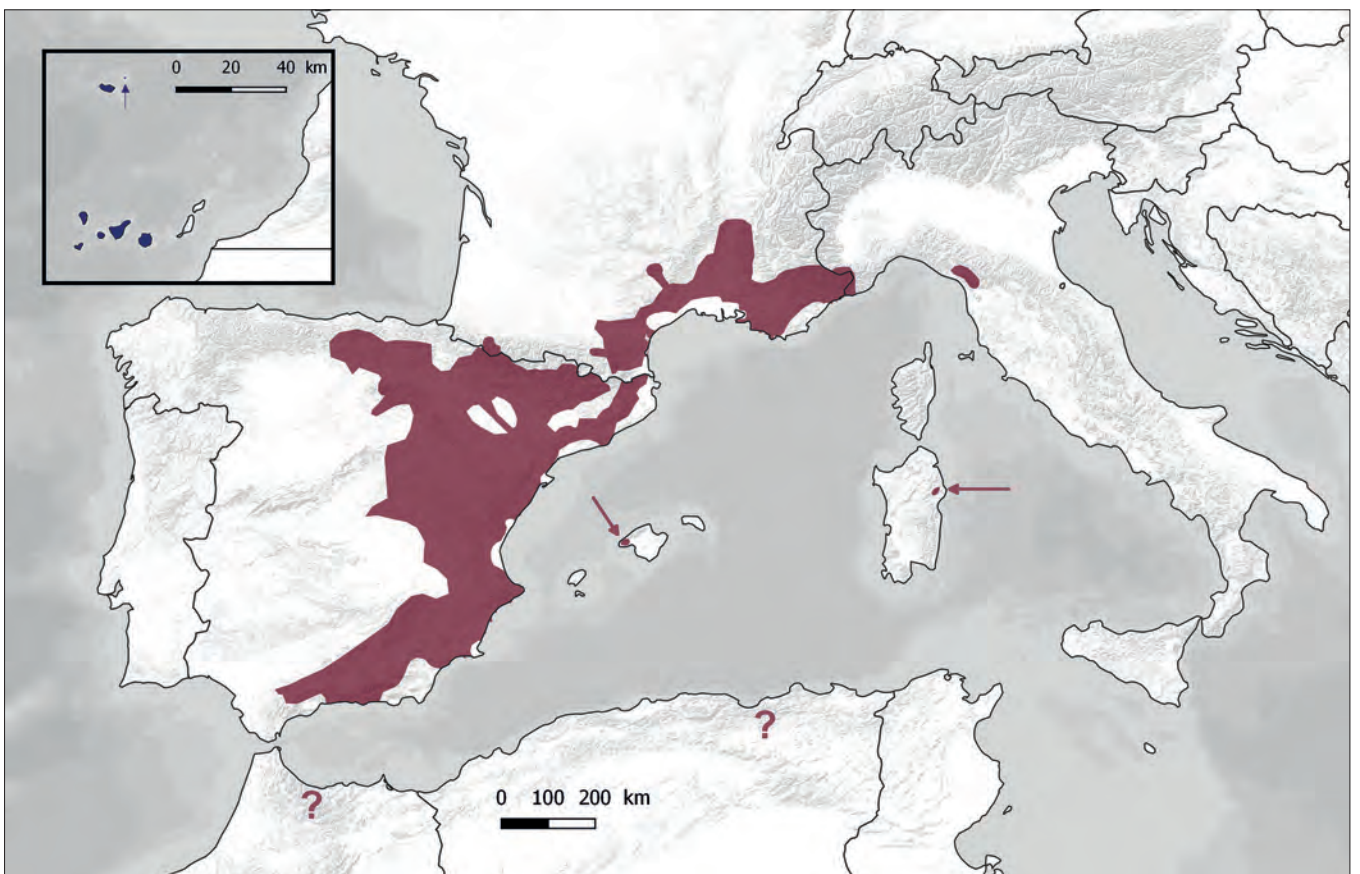


Figure 3 – Distribution map of *Juniperus phoenicea* subsp. *phoenicea* and subsp. *canariensis*.

Reproduction biology

The majority of junipers is dioecious while *J. phoenicea* s.l. is usually considered monoecious (De Coincy 1898; Lemoine-Sebastian 1968). However, the sexuality of the group seems complex and depends largely on the geographical origin of populations and maybe also on the various taxonomical entities, some populations appearing functionally «sub-dioecious» (Jordano 1991; Mandin 2013).

Pollen production is typically autumnal in *J. turbinata* (Adams *et al.* 2013), its dissemination and pollination being ensured by the wind (anemogamy). This divergent phenology with *J. phoenicea* s.s., of which the pollen is dispersed at the end of winter and in spring, would largely explain their reproductive isolation and, to date, the absence of presumed hybrids according to Arista *et al.* (1997).

The maximum size of juniperus cones (galbulus) seems to be reached in the first year, but full maturation takes place over two years in the case of *J. turbinata* (Arista *et al.* 1997). These fleshy cones have the same functionalities as some fruits and berries of angiosperms (Herrera 1992) thus their dispersal seems to be largely ensured by vertebrates (endozoochory) especially mammals and birds (see for example García 2001; Herrera 1989; Nogales *et al.* 1999; Santos *et al.* 1999). In the case of mountains regions and mountains juniper species, dispersal is almost entirely provided by birds of the Turdidae family (Jordano 1993). In the case of *J. turbinata*, the rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) plays an important role for dispersal in southern Spain (Doñana) in autumn and winter, optimum fruiting season for this taxon (Muñoz Reinoso 1993). Conversely and according to Tallon (1955) this lagomorph could be a limiting factor for the regeneration of this juniper in Camargue's dunes (SE France) by consuming young plants. Furthermore, two vertebrates introduced in Mediterranean islands currently play a notable role (case of the black rat, *Rattus rattus*, in the Hyères archipelago in south-eastern France: Cassaing *et al.* 2005) or a primordial one (case of the red fox, *Vulpes vulpes*, in Sardinia: Farris *et al.* 2017) in the dispersal of *J. turbinata*. Nowadays, these allochthonous mammals probably play the dispersal role formerly played by the vertebrate native island fauna now extinct, such as the Sardinian pika, *Prolagus sardus* in Corsica and Sardinia (Vigne 1987, 1992). Finally, other vertebrates like lizards could also serve

dispersal, or even secondarily the raptors that feed on these reptiles as it is the case of the junipers of the Canary Islands (Padilla *et al.* 2012).

Biotic interactions

We here only mention a few examples of interactions, such as the parasitism of junipers by dwarf mistletoes (*Arceuthobium spp.*), plant-arthropod relationships (predation, host plant, etc.) or some remarkable associated lichens.

Within the Santalaceae family, the genus *Arceuthobium* M. Bieb. is an hemiparasite mistletoe specialize on the genus *Juniperus*. In the Mediterranean only one species is generally accepted, *Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb. (see Euro+Med Plantbase, consultation in October 2020), but molecular studies showed that this name clearly applies to several cryptic taxa genetically that are well distinct (Nickrent *et al.* 2004). Thus, *Arceuthobium gambyi* Fridl. is a recently described species which seems to specifically parasitize *J. phoenicea* s.s. and that we only find in Spain and France according to his descriptor (Fridlender 2015). Despite rare and vague mentions of dwarf mistletoe on scaled junipers in various sectors of the Mediterranean, the synthesis carried out by the latter author shows that parasitism on *J. turbinata* by the genus *Arceuthobium* does not seem to be confirmed to date. In Morocco for example, only *Arceuthobium oxycedri* seems present and only parasiting *J. oxycedrus* despite the frequent cohabitation of these two species of junipers (Rhanem 2019). An occasional infestation by *Arceuthobium oxycedri* on an individual of *J. turbinata* growing in the immediate vicinity of an individual of *J. oxycedrus* cannot therefore be ruled out but remains to be proven.

Many arthropods (mites, hemiptera, coleoptera, diptera, lepidoptera, etc.) attack the cones (galbulus) of various species of junipers consuming the pulp or the seeds (see for example El Alaoui El Fels *et al.* 1999; Moraiti *et al.* 2019; Traveset & Sans 1994). These animals are qualified as “stenonobionts” when all or part of their cycle is strictly dependent on conifer cones. Roques *et al.* (1984) showed that the ecological and distribution preferences of different species of junipers generate the existence of distinct arthropod communities, while the impact of these «pests» seems to limit the regeneration



capacities of populations. Thus, junipers represent more or less specific “host plants” or “preferential plants” for various mites (ex. *Trisetacus quadrisetus*), diptera (ex. *Arceuthomyia valerii*, *Oligotrophus spp.*, *Schmidtella gemmarum*), lepidoptera (ex. *Archips oporana*, *Argyresthia spp.*, *Chionodes electella*, *Cydia duplicana*, *Dichomeris marginella*, *Lobesia reliquana*, *Sesia cephi-formis*, etc.), hymenoptera (ex. *Megastigmus amicornum*) or beetles (ex. *Auletes tubicen*, *Nanodiscus transversus*, *Pachyrhinus lethierryi*, *Phloeosinusites spp.*, etc.) (Plant Parasites of Europe: <https://bladmineerders.nl>; Balachowsky, 1949; Hoffmann 1950, 1954, 1958; Dauphin & Anlotsbehere 1993; Boivin & Auger-Rozenberg 2016; Lieutier *et al.* 2016). The list of invertebrates presented here is clearly not exhaustive nor specific to *J. turbinata* for which there is little information on this subject. It is interesting to note that the work of Ribera & Blasco-Zumeta (1998) showed that arthropod communities in NE Spain steppes present biogeographical relationships with those of the eastern Mediterranean and Asia, in particular when they relate to species specifically associated with junipers.

Finally, the coastal juniper woodlands (*J. turbinata* or *J. oxycedrus* subsp. *macrocarpa* (Sm.) Ball) represent specific habitats for some rare lichens like *Thelopsis isiaca* Stizenb. [= *Thelopsis subporinella* Nyl.] (Dughi 1950) or the threatened species *Seirophora villosa* (Ach.) Frödén (Benesperi *et al.* 2013).

Ecology and phytosociology

In the north of the Mediterranean, *J. turbinata* is generally considered as a bioindicator of the thermomediterranean bioclimatic belt (Quézel & Gast 1998; Gamisans 1999). Its overall distribution is indeed largely superimposed on this bioclimatic belt as defined by Quézel & Médail (2003). However, it has a more extensive ecological niche, since it is present from the coast and the thermomediterranean to the supramediterranean belt and under various bioclimates, from arid to sub-humid (Asensi *et al.* 2007). In North Africa, despite an important extension, from the thermophilous coasts to the rather cold and steppic continental mountains, this juniper does not penetrate the Saharan domain (Ozenda 2004). At the eastern part of its range it leaves the Mediterranean domain to be found in the

With *Pinus halepensis* in central saharian Atlas, Djelfa, Algeria
(© E. Véla).



On rocky coast (sandstone) at "Zembra island National Park", Tunisia
(© D. Pavon).

Iranian-Turanian or Saharo-Arabian regions *sensu* Danin & Plitmann (1987), as in Egypt (Sinai), in Israel, in central Jordan and obviously in Saudi Arabia. Finally, it seems indifferent to the chemical nature of the substrate although it is more common and abundant on siliceous regions (pers. obs.).

In Mediterranean Europe, this taxon is found on coastal regions with a clear preference for fixed dune ecosystems while also scrublands of rocky coasts (Molinier 1954, 1981; Molinier & Tallon 1965ab, 1970; Rivas-Martínez *et al.* 1980; Gamisans & Murracchiole 1984; Paradis 1993; Gamisans 1999). In the Balearic and in the Tyrrhenian Islands, its ecological amplitude seems quite large (Rivas-Martínez *et al.* 1992; Gianguzzi *et al.* 2012; Minisale & Sciandrello 2013) while in the south of Spain it penetrates inland in particular on gypsum substrate (Cabezudo 2011). Finally, in more arid sectors of the rest of the Mediterranean (Africa, Middle-East, etc.) it is often found in mountains where aridity seems to be compensated either by its location on the edge of wadis and thalwegs as in Jordan (F. Médail pers. obs.) or by lower temperatures (Mazur *et al.* 2016). Thus, it can rise to an altitude of 2000 m for example in Morocco ("chemovar. *montana*" *sensu* Lebreton & Pérez de Paz 2001). Let's not forget that in the south of Europe the *J. turbinata* matorrals are more or less localized and are not a dominant forest type, whereas they constitute (mixed with pines) the main part of the pre-forest or forest vegetations of North Africa (Quézel 2000) or the eastern Mediterranean (Quézel 1979).

Due to its wide distribution and ecological preferences, *J. turbinata* contributes to many

phytosociological groups. The literature on this subject is very abundant: it was specifically compiled in a first synthesis proposed in Lebreton & Pérez de Paz (2001) and then in the exhaustive work of Asensi *et al.* (2007). However, we can cite here various work, such as those of Costa *et al.* (2000) for Portugal, Diez-Carretas *et al.* (1996) for the Iberian Peninsula, Gianguzzi *et al.* (2012) for the Tyrrhenian region, Reymann *et al.* (2016) for Corsica, Tsioulis *et al.* (2016) for Greece as well as those of Quézel (1979) for Crete and Cyprus. For North Africa, various studies were carried out in Morocco (Quézel & Barbero 1981; Quézel *et al.* 1987, 1988, 1992), Algeria (Dahmani-Megrerouche 1996; Djebaili 1990; Meddour 2010; Zaffran 1960) and Tunisia (Gounot & Schoenenberger 1966, 1967; El Hamrouni *et al.* 2020). Finally, the work of Danin (1972) concerns Egypt and the Middle-East.

We present a simplified table (Appendix Table 1) of phytosociological groups for the level of alliance, largely based on the work of Asensi *et al.* (2007) and Quézel & Médail (2003). The realization of this synthesis remains delicate because opinions differ according to specialists. In general, the species is only considered in forest habitats whereas we think that it is representative of various shrub communities. In this table, some remarks allow us to justify our choices and positions.

Threats, conservation and restoration

Throughout its current range, *J. turbinata* presents many populations each resulting from ancient and local processes of biogeography and plant dynamics. Indeed, its populations often seem to be located in refuge areas (Danin 1999; Médail & Diadema 2009; Ivanov *et al.* 2011; Hidalgo *et al.* 2014). Taking into account these characteristics is crucial to achieve a relevant conservation for this taxon and its various specific phylogenetic units (Moritz 1994; Waples & Gaggiotti 2006).

For Europe, this juniper is a remarkable taxon as an indicator of three habitats classified under the Habitats Directive 92/43/EEC (Natura 2000):

- Code 2250* – Coastal dunes with *Juniperus* spp. (priority habitat);
- Code 5210 – Arborescent matorral with *Juniperus* spp.;

– Code 5330 – Thermo-Mediterranean and pre-desert scrub.

We find in the example of “Coastal dunes with *Juniperus*” a synthesis of the main threats as well as various proposals for the evaluation of the conservation state and some conservation measures (Picchi 2008; Antoine 2014; Gómez-Zotano *et al.* 2017). We develop some of these aspects below.

Fires constitute a major and common ecological disturbance of Mediterranean ecosystems but hardly affect the vegetation in place in the medium and long term (Pausas & Vallejo 1999; Capitanio & Carcaillet 2008; Pausas *et al.* 2008). Indeed, the regeneration of woody species is rapid after fire because of two main mechanisms: resprouting and seeding (Le Houérou 1973; Keeley 1986; Lloret & Vilà 1997; Pausas & Verdù 2005). Conversely, many authors consider that Mediterranean scaled junipers (sect. *Sabina*) show very little resistance to fire (Alcahud *et al.* 1997; Riera & Castell 1997; Quevedo *et al.* 2007). Their presence would therefore be associated with a low incidence and low recurrence of this disturbance (Fernández-González *et al.* 2005). The post-fire regeneration of the various juniper species is reported to be poor (Moreno 2012) or even null (Martínez-Sánchez *et al.* 1997) with almost no germination and no sprouting (except very rarely in the case of young individuals). Only the work of Ayache *et al.* (2020) concerning a portion of the Algerian coast disagree with these results and conclude that moderate fire and moderate grazing pressure would rather be favorable to *J. turbinata*. In addition, Roques & Auger-Rozenberg (2006) showed that for *J. thurifera* the impact of fire could counterbalance the dominance of seed pests and therefore promote its regeneration in the short term. Faced with all these uncertainties, the impacts of this disturbance should be studied more specifically on *J. turbinata* in different socio-economic, bioclimatic and biogeographical contexts. In fact, most of the work cited above concerned *J. phoenicea* sensu stricto. From a paleoecological point of view, some studies suggest notable regressions of coastal junipers (*J. turbinata*?) because of historical anthropogenic impacts including the use of fire (Noti *et al.* 2009). An extreme situation exists on the Tunisian island of Djerba from where *J. turbinata* completely disappeared while macro remains dating from around 4200 years BP were found (Damblon & Vanden Berghen 1993). In this

North African island, it is not sure that fire is the unique responsible of its local extinction. Inland, in mountainous regions or on the high Spanish plateaus, anthropization seems to have played an opposite and more beneficial effect historically on local junipers, in particular *J. thurifera* (Carrión *et al.* 2004).

The *J. turbinata* habitats are strongly threatened today by many other anthropogenic pressures throughout its range. We can cite in the first place the simple destruction of natural habitats by urbanization and intensive agriculture (in particular on the coast), but also overgrazing, logging, invasive species (*Agave spp.*, *Carpobrotus spp.*, etc.), tree plantation and human overcrowding (Mota *et al.* 1996; Zaafour & Chaïeb 1999; Khaldi *et al.* 2000; Lebreton & Pérez de Paz 2001; Auclair & Saïdi 2002; Badano & Pugnaire 2004; Spanu *et al.* 2006; El-Barasi & Barrani 2013; Martinis *et al.* 2018; Farahat 2020; Mostari *et al.* 2020). The threats largely differ according to the sectors and especially between the southern and northern parts of the Mediterranean. Finally, climate changes also represent a major threat, particularly in North Africa according to Arar *et al.* (2020).

To conclude, many populations of *J. turbinata*, whether continental or coastal, are currently threatened and endangered except when they are located in inaccessible or strictly protected areas (Natural Reserves or National Parks). According to the IUCN criteria, this species appears in many red lists at national levels as in Jordan where it is “EN” (Taifour & El-Oqlah 2014 sub *J. phoenicea*) or at regional level: “VU” in eastern Andalusia (Cabezudo 2011), “EW” in the region of Valencia (Laguna Lumbreras 1998), “VU” in Sicily (Conti *et al.* 1997), etc.. It strangely appears “NT” in the world red list (Farjon 2020) whereas in North Africa, a region which constituted its bastion (Maire 1952), the continental steppe communities with *J. turbinata* seem to have almost disappeared in less of a century according to Le Houérou (1995) or Quézel (2000). This last statement does not yet seem to apply to Morocco where this juniper occupies the most important areas in the world and still present beautiful populations in its high steppic mountains.

To our knowledge, there are no other large-scale conservation plan for *J. turbinata* than this of the Pyrenean thuriferous juniper (Cambecèdes *et al.* 2005). However, some localized ecological restoration projects

are run, for example in southern Spain in Andalusia (García-Novo *et al.* 2007; Muñoz-Reinoso *et al.* 2013). Also in Spain, this presumed extinct species from the Comunidad Valenciana was reintroduced in the province of Alicante (dunes of Guardamar and Marina d'Elche) where more than 200 planted individuals showed a very low survival rate after only 2 years (E. Laguna Lumbreras, per. com.).

Taxonomic position and identification key of *Juniperus phoenicea* complex

Despite a current good taxonomic knowledge, taxa of the *J. phoenicea* group are difficult to identify. To distinguish the different taxa, it is necessary to combine several morphological characters according to Mazur *et al.* (2016) and we argue that it is relevant to associate geographical origin, local ecological parameters or even the habit of the plants. Our own observations across the western Mediterranean Basin show that the “turbinated” character of young cones is not always met and their size at maturity seems variable and rarely exceeds 12mm (to 14mm in the literature). Thus, the number of seeds per cone remains the best criterion but requires several counts per population because is variable, in particular in the western Mediterranean where we exceptionally observed cones containing up to 9 seeds in *J. turbinata* (Corsica and SE France, D. Pavon pers. obs.). In addition, genetic distances between populations of the same taxon are sometimes important because of isolation and very old local persistence (Mazur *et al.* 2010; Dzialuk *et al.* 2011) even though the three taxa of the group remain very close (Lebreton & Pérez de Paz 2001; Adams *et al.* 2010).

The overlapping morphological characters, the vicariance of geographical areas and the genetic proximity encourages us to adopt a taxonomic treatment at the subspecies level (subsp.) for the three taxa of the group despite the actual “splitter” approach (Adams 2014; Mazur *et al.* 2016; Romo *et al.* 2019).

Juniperus phoenicea* L. subsp. *phoenicea [1753, Species Plantarum, 2: 1040]

Lectotype: designed by Christensen in Strid & Kit Tan (eds.) (1997), *Flora Hellenica*, 1: 13 (“Herb. Burser XXV: 61, UPS”).

Note: chosen lectotype was collected by Burser at “Monspelii in littore” (S France),

where subsp. *phoenicea* does not exist, replaced by the subsp. *turbinata*. In the Montpellier area, subsp. *phoenicea* is only present inland, far from the coast. This problem deserves to be fixed.

Biogeographic type: W Medit.

Chorology: from south Spain to NW Italy, Mallorca (Balearic Islands) and Sardinia.

Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata (Guss.) Nyman [1881, Consp. Fl. Eur., 676]

var. *turbinata*

Basionym: *Juniperus turbinata* Gussone [1844, Fl. Sicula Syn., 2: 634] “In arenosis vel rupestribus maritimis, Montallegre (Gussone); Seccia (Gasparrini)” (Sicily, Italy)

Lectotype: designed by Ferrer-Gallego *et al.* (2017) “Gussone’s specimen at NAP (NAP_2: the lectotype is the larger fragment, on the left of the sheet)”.

≡ *Sabina turbinata* (Guss.) Antoine [1857, Die Cupressineen-Gattungen: Arceuthos, Juniperus und Sabina, 41, planche 56]

≡ *Juniperus phoenicea* L. var. *turbinata* (Guss.) Parl. [1867, Flora Italiana, vol. 4, p. 91]

≡ *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Arcangeli [1882, Comp. Fl. Ital., 637]

≡ *Juniperus oophora* Kunze [1846, Flora, 40: 637] “in pineto proper la Bonanza regni Sevillani” (Doñana, Spain)

≡ *Juniperus phoenicea* L. f. *megalocarpa* Maire [1941, Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord, 32(7): 224] “Dunes de Mogador” (Essaouira, Morocco)

≡ *Juniperus phoenicea* L. subsp. *eumediterranea* Lebreton & Thivend [1981, Naturalia Monspel., Sér. Bot., 47: 8] “Capo Caccia, Alghero, Sardinia” (Valsecchi in Herbar Rouy, Lyon)

≡ *Juniperus phoenicea* L. var. *macrocarpa* St.-Lag. [1889, in Cariot, Étude Fl., éd. 8, 2: 762]

≡ *Juniperus lycia* var. *tarraconensis* Sennen [1936, Diagn. Nouv.: 272] “Plage la Sabinosa, Tarragona” (Catalunya, Spain)

= ? *Juniperus lycia* L. (*nom. ambig.*)

Incl.: var. *occidentalis* Lebreton & Pérez de Paz (*nom. inval.*)

Incl.: var. *orientalis* Lebreton & Pérez de Paz (*nom. inval.*)

Biogeographic type: Medit.

Chorology: from Portugal and Morocco Atlantic coasts to eastern Mediterranean and Middle-East, and in large Mediterranean islands.

var. *galbulis-mollibus* Ball

Basionym: *J. phoenicea* L. var. *galbulis mollibus* Ball [1878, *Spicilegium Florae Maroccae*, Journ. linn. Soc. (Bot.), 16(94): 671] “Tasseremout. In convalle Ait Messan usque 1500m” (Forteresse Tasghimout et near Djebel Toubka, Marrakech, Morocco)

Type: not designated.

= chimiovar. *montana* Lebreton & Pérez de Paz (*nom. inval.*)

Biogeographic type: SW Medit.?

Chorology: Northern African mountains (exact range to be delineated).

Juniperus phoenicea* L. subsp. *canariensis (Guyot) D. Pavon, E. Véla & F. Médail comb. nov.

Basionym: *Juniperus canariensis* Guyot in Mathou & Guyot [1942, *Trav. Lab. Forest. Toulouse*, Tome 1, volume 3, article 20: 7-8]

Lectotype: designated by Farjon (2005: 337) (E. Bourgeau, *Plantae Canariensis* n° 439/ *Juniperus phoenicea* Linn. / ins. Gomera: Barranco de Hermigua / April 1846. / Kew 000075180).

= *J. phoenicea* L. subsp. *canariensis* (Guyot) Romo *et al.* [2019, *Phytotaxa*, 406(1): 64-70], *nom. inval.* (cf. art. 36.1a of the 2018 International Code of Nomenclature / see International Plant Name Index: <https://www.ipni.org/>).

= *J. canariensis* Knight [1850, *Syn. Conif.*: 13] (*nomen nudum*)

Biogeographic type: Macaron.

Chorology: Canary Islands (Grán Canaria, Tenerife, La Gomera, La Palma, El Hierro) and Madeira (Madeira island and Porto Santo island).

According to this concept, the north-western populations of subsp. *turbinata* could have been introgressed by subsp. *phoenicea* which would explain the difficulty of detection and identification in this region (this is not the opinion of Adams *et al.* 2013). In addition, the “chemovar. *montana*” deserves individualization in our opinion because it has all the characteristics of a “good ecotype” (chemical and ecological signatures) and can be treated in the taxonomic rank of variety. The only name currently available appears to be var.



At “Bou Hedma National Park” in central Tunisia (© D. Pavon).



Threatened population in “El-Kouf National Park”, Cyrenaica, Lybia (© E. Véla).

galbulis-mollibus Ball (= var. *mollis* Maire & Weiller). A map makes it possible to visualize the topotypes of the main taxa described in this group of red junipers (Figure 4).

We propose below an identification key to distinguish the infraspecific taxa of *J. phoenicea*. For its realization we used the keys proposed by Lebreton & Pérez de Paz (2001) and Romo *et al.* (2019) by amending them with morphological, ecological and geographic data from the literature consulted as well as by personal observations.

1. Mature cones 5-9(10) mm and with (3) 7-10(13) seeds; pollen of male cones dispersed in late winter and spring (Feb-March); scaled leaves obtuse to subacute; young branchlet rather short, not or slightly bent and with regular obtuse

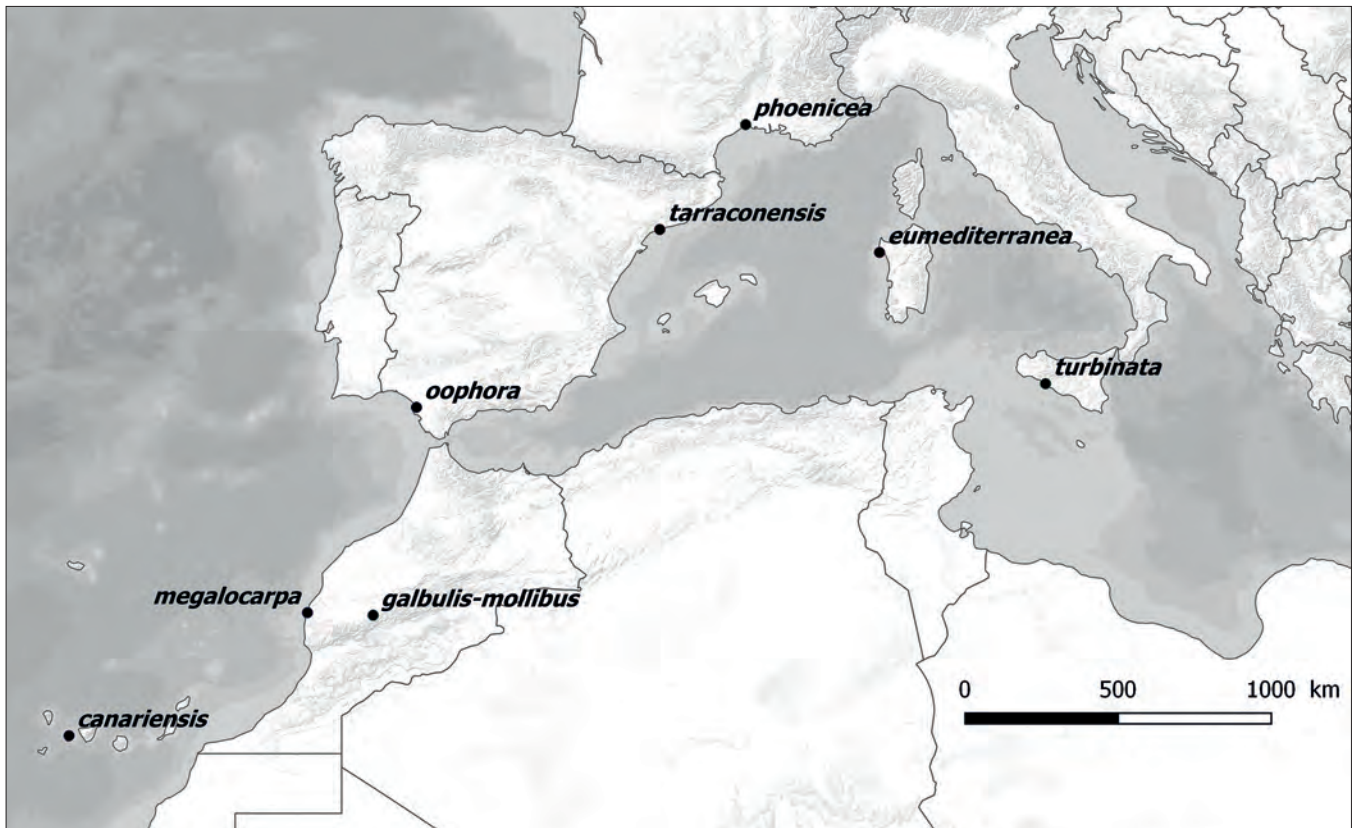


Figure 4 – Map of the main topotypes.

- apex; shrubby habit generally low (± 2 m high) and dense (beware of old individuals with sparse habit, very frequent in cliffs); rocky scrubland, ridges and limestone cliffs (especially in dolomitic limestones) ; leaves without prodelphinidin; west Mediterranean taxa subsp. *phoenicea*
- 1'. Mature cones (7) 8-12(14) mm and with 3-7(9) seeds; pollen dispersed in autumn (Oct-Nov); scaly leaves markedly acute to acuminate; young branchlet with truncated apices, frequently elongated and curved downwards; potentially tree habit, sometimes high (up to 8-12m) and sparse (beware of small individuals, more or less prostrate and dense because of anemomorphosis, very common or even predominant in coastal areas exposed to sea spray as well as in overgrazed continental areas); leaves with prodelphinidin 2
2. Mature cones with 3(4) seeds; scaly leaves with rather hard and thorny tips; branchlet bark brown; macaronesian taxa subsp. *canariensis*
- 2'. Mature cones with 4-7(9) seeds; scaly leaves without hard and thorny tips; branchlet bark reddish; circum-mediterranean taxa subsp. *turbinata*

- a. Low altitude and island taxon; high-level of prodelphinidin (6-9mg/g) var. *turbinata*
- a'. Mountain steppic taxon; low-level of prodelphinidin (4-5mg/g) var. *galbulis-mollibus*

Conclusion and perspectives

The taxonomic and chorological knowledges of *J. phoenicea* subsp. *turbinata* have improved significantly since the 1980s, in particular thanks to the remarkable work of Philippe Lebreton and his collaborators. It is curious that most botanists have ignored this research during such a long time. Despite this, it is still necessary to intensify the field surveys in order to improve distribution maps. We have to focus on problematic areas where the two Mediterranean taxa coexist at short distances (Andalusia, Balearic Islands, Catalonia, Provence, Sardinia) or where the presence of one or the other of the two subspecies is not confirmed but need to be sought (coast of the province of Alicante and mainland Spain for subsp. *turbinata*; northern Morocco and Algeria for subsp. *phoenicea*).



Currently, *J. phoenicea* subsp. *turbinata* is either a rare taxon or a formerly common taxon now in sharp decline, the populations of which deserve special attention.

Thanks to a better understanding of its taxonomic delimitation we can now propose many study perspectives for this taxon:

- Update and refine its chorology, population dynamics and conservation status in many countries;
- Reassess the global IUCN status, which currently appears underestimated due to its significant decline and threats;
- Refine and multiply specific work on the impact of fires on populations;
- Improve knowledge on biologic interactions in different biogeographical and ecological contexts;
- Develop conservation and restoration programs for populations and habitats in threatened or degraded sites.

Finally, several personal pictures illustrate *J. phoenicea* subsp. *turbinata* in various landscape, ecological and geographical contexts, from the Atlantic coast of Portugal to Jordan.

Acknowledgements

The authors thank all the people who made this synthesis possible and in particular Ali Mohammed Alzahrani, Gianluigi Bacchetta, Pablo Ferrer-Gallego, Emilio Laguna Lumbreras, Andrés V. Perez Latorre, Philippe Ponel, Llorenç Sáez Gonyalons and Pedro Sánchez Gómez. We would also like to thank Thierry Gauquelin and Elise Buisson for their editorial work.

References

- Abu-Darwish, M.S., Cabral, C. & Salgueiro, L. (2014). *Juniperus phoenicea* from Jordan. In: Yaniv, Z. & Dudai, N. (eds.), *Medicinal and Aromatic Plants of the Middle-East*, pp. 241-252.
- Adams, R.P. (2004a). *Juniperus deltooides*, a new species, and nomenclatural notes on *Juniperus polycarpus* and *J. turcomanica* (Cupressaceae). *Phytologia*, 86, 49-53
- Adams, R.P. (2004b). *Junipers of the World: the genus Juniperus*. Trafford Publishing, 275 p.
- Adams, R.P. (2008). *Junipers of the World: the genus Juniperus*, 2nd ed. Trafford Publishing, 402 p.

At “Dana National Reserve”, Jordan
(© F. Médail).

- Adams, R.P. (2011). *Junipers of the World: the genus Juniperus*, 3rd ed. Trafford Publishing, 426 p.
- Adams, R.P. (2014). *Junipers of the World: the genus Juniperus*, 4th ed. Trafford Publishing, 422 p.
- Adams, R.P., Arista, M., Boratynsk, A., Habib Houari, H., Leschner, H., Liber, Z., Minissale, P., Sciandrello, S. & Mataraci, T. (2014). Geographic variation in the leaf essential oil of *Juniperus turbinata* from throughout its range in the Mediterranean. *Phytologia*, 96(3): 149-158.
- Adams, R.P., Boratynsk, A., Arista, M., Schwarzbac, A.E., Leschner, H., Liber, Z., Minissale, P., Mataraci, T & Manolis, A. (2013). Analysis of *Juniperus phoenicea* from throughout its range in the Mediterranean using DNA sequence data from nrDNA and petN-psbM: The case for the recognition of *J. turbinata* Guss. *Phytologia*, 95(2): 202-209.
- Adams, R.P., Morris, J.A., Pandey, R.N. & Schwarzbach, E.E. (2005). Cryptic speciation between *Juniperus deltoides* and *Juniperus oxycedrus* (Cupressaceae) in the Mediterranean. *Biochemical Systematics and Ecology*, 33, 777-787.
- Adams, R.P., Padney, N., Rezzi, S. & Casanova, J. (2002). Geographic variation in the random amplified polymorphic DNAs (RAPDs) of *Juniperus phoenicea*, *J. p.* var. *canariensis*, *J. p.* subsp. *eumediterranea* and *J. p.* var. *turbinata*. *Biochem. Syst. Ecol.*, 30, 223-229.
- Adams, R.P., Rumeu, B.R., Nogales, M. & Fontinha, S.S. (2010). Geographic variation and systematic of *Juniperus phoenicea* L. Madeira and the Canary Islands: Analyses of SNPs from nrDNA and petNpsbM DNA. *Phytologia*, 92 (1), 59-67.
- Adams, R.P. & Schwarzbach, A.E. (2013). Phylogeny of *Juniperus* using nrDNA and four cpDNA regions. *Phytologia*, 95, 179-187.
- Al-Eisawi, D.M. (1982). List of Jordan vascular plants. *Mitt. Bot. München*, 18, 79-182.
- Al-Ramamneh, E., Dura, S. & Daradkeh, N. (2012). Propagation physiology of *Juniperus phoenicea* L. from Jordan using seeds and in vitro culture techniques: baseline information for a conservation perspective. *Afr. Journ. Biotechnol.*, 11 (30), 7684-7692.
- Albert, A. & Jahandiez, E. (1908). *Catalogue des plantes vasculaires du Var*. Muséum d'histoire naturelle de Toulon, 614 p.
- Alcahud, M., Martínez, J.J. & Orozco, E. (1997). Influencia de los incendios forestales sobre la regeneración y distribución de la sabina negral (*Juniperus phoenicea* L.) en las provincias de Albacete y Murcia. *Actas del II Congreso Forestal Español*, 5, 27-29.
- Amaral Franco do, J. (1986). *Juniperus* L. In: Castroviejo et al. (eds), *Flora Iberica*, vol. 1, pp. 181-188.
- Amaral Franco do, J. (1993). *Juniperus* L. In: Tutin et al. (eds), *Flora Europaea*, second edition, vol. 1, pp. 46-48.
- Antoine, M. (2014). *Éléments pour l'évaluation de l'état de conservation de l'habitat « Dunes littorales à Juniperus spp. » (2250)*. Mémoire de Master FAGE, biologie et écologie pour la forêt, l'agronomie et l'environnement, Université de Lorraine/AgroParisTech, 63 p.
- Arar, A., Nouidjem, Y., Bounar, R., Tabet, S. & Kouba, Y. (2020). Potential future changes of the geographic range size of *Juniperus phoenicea* in Algeria based on present and future climate change projections. *Contemporary Problems of Ecology*, 13(4), 429-441.
- Arista, M., Ortiz, P.L. & Talavera, S. (1997). Reproductive isolation of two sympatric subspecies of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in southern Spain. *Plant Systematics and Evolution*, 208, 225-237.
- Arrigoni, P.V. (2006). *Flora dell'isola di Sardegna*. Vol. 1. Società Botanica Italiana/Carlo Delfino (Sassari), 448 p.
- Asensi, A., Díez-Garretas, B. & Quézel, P. (2007). Plant communities of *Juniperus turbinata* Guss. subsp. *turbinata* in the Mediterranean Region. A biogeographical, bioclimatical and syntaxonomical survey. *Phytocoenologia*, 37 (3-4), 599-623.
- Auclair, L. & Saïdi, M.R. (2002). Charbonnage en Tunisie. Les filières informelles révélatrices de la crise du monde rural. *Forêt Méditerranéenne*, 23(2), 133-148.
- Ayache, F., Santana, V.M. & Baeza, M.J. (2020). Environmental and anthropogenic drivers of coniferous species distribution in Mediterranean drylands from North West Algeria. *Folia Geobotanica*, 55, 15-27.
- Bacchetta, G. (2006). *Flora vascolare del Sulcis (Sardegna Sud-Occidentale, Italia)*. Guineana, 12, 1-369.
- Badano, E.I. & Pugnaire, F.I. (2004). Invasion of *Agave* species (Agavaceae) in south-east Spain: invader demographic parameters and impacts on native species. *Diversity and Distributions*, 10, 493-500.
- Balachowsky A. (1949). *Coléoptères scolytides. Faune de France n°50*. Librairie de la faculté des sciences (Paris), 320 p.
- Barina, Z., Somogyi, G., Pifkó, D. & Rakaj, M. (2018). Checklist of vascular plants of Albania. *Phytotaxa*, 378 (1), 1-339.
- Bartolo, G., Brullo, S., De Marco, G., Dinelli, A., Signorello, P. & Spampinato, G. (1992). Studio fitosociologico sulla vegetazione psammofila della Sardegna meridionale. *Colloques Phytosociologiques*, 19, 251-273.
- Bartolo, G., Brullo, S., Minissale, P. & Spampinato, G. (1988). Flora e vegetazione dell'Isola di Lampedusa. *Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali*, 21 (334), 119-255.
- Bartolucci, F., Peruzzi, L., Galasso, G., Albano, A., Alessandrini, A., Ardenghi, N.M.G., Astuti, G., Bacchetta, G., Ballelli, S., Banfi, E., Barberis, G., Bernardo, L., Bouvet, D., Bovio, M., Cecchi, L., Di Pietro, R., Domina, G., Fascetti, S., Fenu, G., Festi, F., Foggi, B., Gallo, L., Gottschlich, G., Gubellini, L., Iamonico, D., Iberite, M., Jiménez-Mejías, P., Lattanzi, E., Marchetti, D., Martinetto, E., Masin, R.R., Medagli, P., Passalacqua, N.G., Peccenini, S., Pennesi, R., Pierini, B., Poldini, L., Prosser, F., Raimondo, F.M., Roma-Marzio, F., Rosati, L., Santangelo, A., Scoppola, A., Scortegagna, S., Selvaggi, A., Selvi, F., Soldano, A., Stinca, A., Wagensommer, R.P., Wilhelm, T. & Conti, F. (2018). An updated checklist of the vascular flora native to Italy. *Plant Biosystems*, 152 (2), 179-303.
- Battandier, J.A. & Trabut, L. (1902). *Flore analytique et synoptique de l'Algérie et de la Tunisie*. Veuve Giralt, imprimeur-éditeur, 398 p.
- Bekhechi, C., Bekkaraa, F.A., Consiglio, D., Bighelli, A. & Tomi, F. (2012). Chemical variability of the essential oil of *Juniperus phoenicea* var. *turbinata* from Algeria. *Chemistry & Biodiversity*, 9, 2742-2753.

- Benabid, A. (2000). *Flore et écosystèmes du Maroc. Évaluation et préservation de la biodiversité*. Ibis Press (Paris) et Librairies et éditions Kalila Wa Dimna (Rabat), 359 p.
- Benesperi, R., Lastrucci, L. & Nascimbene, J. (2013). Human disturbance threatens the red-listed macrolichen *Seiophora villosa* (Ach.) Frödén in coastal *Juniperus* Habitats: Evidence from western peninsular Italy. *Environmental Management*, 52, 939-945
- Biondi, E., Casavecchia, S., Beccarisi, L., Marchiori, S., Medagli, P. & Zuccarello, V. (2010). Le serie di vegetazione della regione Puglia. In: Blasi, C. (ed.), *La Vegetazione d'Italia* (Palombi Editori), pp. 421-442.
- Boivin, T. & Auger-Rozenberg, M.-A. (2016). Native Fruit, Cone and Seed Insects in the Mediterranean Basin. In: Paine, T.D. & Lieutier, F. (eds.), *Insects and Diseases of Mediterranean Forest*, Springer, pp. 47-88.
- Boissier, E. (1884). *Flora Orientalis*. Vol. 5. Genève, pp. 710-711.
- Bolòs, O. de & Vigo, J. (1984). *Flora del paísos Catalans*. Volume 1. Editorial Barcino (Barcelona), 736 p.
- Bombino, G., Cannavò, S., Mercurio, R., Picone Chiodo, A. & Spampinato, G. (1997). Un popolamento di *Juniperus turbinata* Guss. da salvaguardare nella Calabria meridionale. *Uomo & Natura*, 1 (2-4), 18-21.
- Bonnet, E. & Barratte, G. (1896). *Catalogue raisonné des plantes vasculaires de la Tunisie*. Imprimerie nationale, Paris, pp. 495.
- Boratyński, A., Lewandowski, A., Boratyńska, K., Montserrat, J.M. & Romo, A. (2009). High level of genetic differentiation of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in the Mediterranean region: geographic implications. *Plant Systematics and Evolution*, 277 (3), 163-172.
- Boulos, L. (1999). *Flora of Egypt Checklist. Vol. 1*. Al Hadara Publishing, p. 10.
- Boulos, L. (2009). *Flora of Egypt Checklist. Revised annotated edition*. Al Hadara Publishing, 410 p.
- Briquet, J. (1910). *Prodrome de la flore Corse*. Vol. 1. Georg & co, Libraires-Éditeurs (Genève, Bale, Lyon), pp. 47.
- Browicz, K. (1982). *Chorology of tress and shrubs in south-west Asia and adjacent regions. Volume one*. Polish Scientific Publisher, Warszawa-Poznań, map. 7.
- Brullo, S., Gianguzzi, L., La Mantia, A. & Siracusa, G. (2009). La classe *Quercetea ilicis* in Sicilia. *Bollettino dell'Accademia Gioenia di Scienze Naturali*, 41 (369), 1-77.
- Brullo, S. & Guglielmo, A. (2001). Phytogeographic considerations on N Cyrenaica. *Boccone*, 13, 209-222.
- Cabezudo, B. (2011). *Juniperus* L. in: Blanca et al. (eds.), *Flora Vasculare de Andalucía Oriental. 2a edición corregida y aumentada*, Universidades de Almería, Granada, Jaén y Málaga, Granada, pp. 87-90.
- Cambecèdes, J., Gauquelin, T., Roques, A., Thébaut, C., Burrus, M., Gardes, M., Gryta, H., Joachim, J., Bertaudière, V., Renaux, T. & Largier, G. (2005). Approche intégrée de la conservation des populations pyrénéennes de genévrier thurifère (*Juniperus thurifera* L.). *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 141 (2), 189-195
- Capitaino, R. & Carcaillet, C. (2008). Post-fire Mediterranean vegetation dynamics and diversity: A discussion of succession models. *Forest Ecology and Management*, 255, 431-439.
- Carrión, J.S., Yll, E.I., Willis, K.J. & Sánchez, P. (2004). Holocene forest history of the eastern plateaux in the Segura Mountains (Murcia, southeastern Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 132, 219-236.
- Cassaing, J., Cerré, C., Moussa, I., Parghentanian, T., Bocherens, H. & Cheylan, G. (2005). Le régime alimentaire du rat noir *Rattus rattus* dans les îles d'Hyères analysé par la biochimie isotopique et les contenus stomacaux. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.*, 21, 89-115.
- Chaieb, M. & Boukhris, M. (1998). *Flore succincte et illustrée des zones arides et sahariennes de Tunisie*. ATPNE, Sfax, 290 p.
- Charpin, A. & Salanon, R. (1985). *Matériaux pour la Flore des Alpes-Maritimes. Catalogue de l'herbier d'Émile Burnat* déposé au Conservatoire botanique de la ville de Genève, I. *Lycopodiaceae – Lentibulariaceae*. Boissieria, 36, pp. 28-29.
- Conti, F., Abbate, G., Alessandrini, A. & Blasi, C. (eds.) (2005). *An annotated checklist of the Italian vascular flora*. Palombi, Roma, 420 p.
- Conti, F., Manzi, A. & Pedrotti, F. (1997). *Liste rosse Regionali delle Piante d'Italia*. Camerino: WWF-SBI.
- Coste, H. (1937). *Flore descriptive et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes*. Volume 3. Librairie des Sciences et des Arts, Paris, pp. 282.
- Costa, J.C., Capelo, J.H., Lousã, M.F. & Aguiar, C. (1993). Comunautés de *Juniperus* au Portugal. *Colloq. Phytosociol.*, 12, 499-526.
- Costa, J.C., Lousã, M., Capelo, J., Espírito Santo, M.D., Izco Sevillano, J. & Arsénio, P. (2000). The coastal vegetation of the Portuguese divisory sector: dunes cliffs and low-scrub communities. *Finisterra*, XXXV, 69, 69-93.
- Cuenod, A., Pottier-Alapetite, G. & Labbe, A. (1954). *Flore analytique et synoptique de Tunisie : cryptogames vasculaires, gymnospermes et monocotylédones*, 287 p.
- Damblon, F. & Vanden Berghen, C. (1993). Étude paléo-écologique (pollen et macrorestes) d'un dépôt tourbeux dans l'île de Djerba, Tunisie méridionale. *Palynosciences*, 2, 157-172.
- Dahmani-Megrerouche, M. (1996). Diversité biologique et phytogéographique des chênaies vertes d'Algérie. *Ecologia Mediterranea*, 22(3-4), 19-38
- Danin, A. (1972). Mediterranean elements in rocks of the Negev and Sinai desert. *Notes from the Royal Botanic Garden Edinburgh*, 31, 437-440.
- Danin, A. (1999). Desert Rocks as Plant Refugia in the Near East. *The Botanical Review*, 65(2): 93-170
- Danin, A. & Plitmann, U. (1987). Revision of the plant geographical territories of Israel and Sinai. *Plant. Syst. Evol.*, 156, 43-53.
- Dauphin, P. & Anlotsbehère, J.-C. (1993). *Les galles de France*. Mém. Soc. Linn. Bordeaux, tome 2, 316 p.
- Davis, P.H. (ed.) (1965). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Volume one. Edinburgh University Press, 567 p.
- De Coincy, M. (1898). Remarques sur le *Juniperus thurifera* L. et les espèces voisines du bassin de la Méditerranée. *Bull. Soc. Bot. France*, 45 (5), 429-433.

- Diez-Carretas, B., Asensi, A. & Martín Osorio, V.E. (1996) Comportamiento fitosociológico de *Juniperus phoenicea* L. s.l. en el sur de la Península Ibérica. *Lazaroa*, 16, 159-167.
- Dimopoulos, P., Raus, T., Bergmeier, E., Constantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., Strid, A. & Tzanoudakis, D. (2013). Vascular plants of Greece: an annotated checklist. *Englera*, 31, 1-372.
- Dimopoulos, P., Raus, T., Bergmeier, E., Constantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., Strid, A. & Tzanoudakis, D. (2016). Vascular plants of Greece: an annotated checklist. Supplement. *Willdenowia*, 46, 301-347.
- Djebaili, S. (1990). Syntaxonomie des groupements préforestiers et steppiques de l'Algérie aride. *Ecologia Mediterranea*, 16, 231-244
- Dobignard, A. & Chatelain, C. (2010). *Index synonymique. Flore d'Afrique du nord*. Volume 1. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève/ECWP edit., 455 p.
- Dobignard, A. & Chatelain, C. (2013). Suppléments et corrigenda aux volumes 1 à 4. In : Dobignard, A. & Chatelain, C., *Index synonymique. Flore d'Afrique du nord*. Volume 5. Conservatoire et jardin botaniques de la ville de Genève/ECWP edit., p. 381.
- Dughi, R. (1950). Une interessante espece de la flore lichenique de la Camargue, le *Thelopsis subporinella* Nyl. *La Terre et la Vie*, 5, 279-285.
- Durand, E. & Barratte, G. (1910). *Catalogue raisonné des plantes de Tripolitaine*. Imprimerie Romet, Genève, 330 p. + XX planches.
- Dzialuk, A., Mazur, M., Boratyńska, K., Montserrat, J.M., Romo, A. & Boratyński, A. (2011). Population genetic structure of *Juniperus phoenicea* (Cupressaceae) in the western Mediterranean Basin: gradient of diversity on a broad geographical scale. *Annals of Forest Science*, 68 (8), 1341-1350.
- El Alaoui, El Fels, M.A., Roques, A. & Boumezzough, A. (1999). Les arthropodes liés aux galbules et aux graines du genévrier thurifère, *Juniperus thurifera* L., dans les Atlas marocains. *Ecologia Mediterranea*, 25 (1), 95-110.
- El-Bana, M., Shaltout, K., Khalafallah, A. & Mosallam, H. (2010). Ecological status of the Mediterranean *Juniperus phoenicea* L. Relicts in the desert mountains of North Sinai, Egypt. *Flora*, 205, 171-178.
- El-Barasi, M. & Barrani, M.W. (2013). Threats to Plant Diversity in the North Eastern Part of Libya (El-Jabal El-Akahdar and Marmarica Plateau). *Journal of Environmental Science and Engineering*, A2, 41-58
- El-Barasi, Y.M., Barrani, M.W., El-Amrouni, A.O. & Mohamad, N.F. (2011). Check list of flora and vegetation on south Elmarj zone: south El-Jabal El-Akhadar, Libya. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara*, 9 (3), 141-146.
- El Hamrouni, A., El Hamrouni-Aschi K. & El Korchani, A. (2020). Les groupements végétaux du pin d'Alep et leur dynamique en Tunisie. In: Khouja, M.L. (ed), *Le Pin d'Alep en Tunisie : écologie, gestion et usages*, ministère de l'Agriculture de la Pêche et des Ressources hydroliques, Institution de la Recherche et de l'Enseignement superieur agricoles, Institut national de recherche en génie rural, eaux et forêts, pp. 85-114.
- Farahat, E.A. (2020). Age structure and static life tables of the endangered *Juniperus phoenicea* L. in North Sinai Mountains, Egypt: implication for conservation. *Journal of Mountain Science*, 17(9). <https://doi.org/10.1007/s11629-020-6123-2>
- Farhat, P., Hidalgo, O., Robert, T., Siljak-Yakovlev, S., Leitch, I.J., Adams, R.P. & Bou Dagher-Kharrat, M. (2019). Polyploidy in the Conifer Genus *Juniperus*: An Unexpectedly High Rate. *Frontiers in Plant Science*, 10: 676.
- Farjon, A. (2005). *A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*. Kew, Royal Botanic Gardens, 648 p.
- Farjon, A. (2020). *Juniperus turbinata* (amended version of 2013 assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2020: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-1.RLTS.T16349692A168119952.en>. Downloaded on 06 November 2020.
- Farris, E., Canopoli, L., Cucca, E., Landi, S., Maccioni, A. & Filigheddu, R. (2017). Foxes provide a direct dispersal service to Phoenician junipers in Mediterranean coastal environments: ecological and evolutionary implications. *Plant Ecology and Evolution*, 150 (2), 117-128.
- Fennane, M. & Ibn Tattou, M. (2005). *Flore vasculaire du Maroc. Inventaire et chorologie*. Volume 1. Institut scientifique, Université Mohammed V – Agdal, Rabat, 483 p.
- Fennane, M., Ibn Tattou, M., Mathez, J., Ouyahya, A. & El Oualidi, J. (1999). *Flore pratique du Maroc*. Vol. 1. Institut scientifique, Université Mohammed V – Agdal, Rabat, 558 p.
- Fernandéz-González, F., Loidi, J. & Moreno, J.M. (2005). Impacts on plant biodiversity. In: Moreno J.M. (ed.), *Impacts on climatic change in Spain*. OCCE, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, pp. 179-242.
- Fernández Palacios, J.M., de Nascimento, L., Otto, R., Delgado, J.D., García del Rey, E., Arévalo, J.R., & Whittaker, R.J. (2011). A reconstruction of PalaeoMacaronesia, with particular reference to the longterm biogeography of the Atlantic island laurel forests. *Journal of Biogeography*, 38 (2), 226-246. DOI:10.1111/j.1365-2699.2010.02427.x
- Ferrer-Gallego, P.P., Nazzaro, R., Ferrando, I. & Laguna Lumberas, E. (2017). Typification of the Mediterranean endemic conifer *Juniperus turbinata* (Cupressaceae). *Phytotaxa*, 302 (2), 165-173.
- Fiori, A. (1923-1925). *Nuova flora Analitica d'Italia*. Volume 1. Tipografia di M. Ricci, Firenze, pp. 55-57.
- Fiori, A. & Paoletti, G. (1896-1898). *Flora Analitica d'Italia*. Volume 1. Tipografia del Seminario, Padova, pp. 30-31.
- Forte, L., Cavallaro, V., Pantaleo, F., D'Amico, F.S. & Macchia, F. (2002). The vascular Flora of the "Bosco Isola" at Lesina (Foggia-Apulia). *Flora Mediterranea*, 12, 33-92.
- Fournier, P. (1946). *Les quatre flores de France*. Deuxième tirage. Paul Lechevalier ed., Paris, 1091 p.
- Fraga i Arguimbau, P., Mascaró Sintes, C., Carreras Martí, D., García Febrero, O., Pallicer Alles, X., Pons Gomila, M., Seoane Barber, M. & Truyol Olives, M. (2004). *Cataleg de la flora vascular de Menorca*. Institut Menorquí d'Estudis, 367 p.
- Fridlender, A. (2015). Taxons nouveaux dans le genre *Arceuthobium* M. Bieb. (Viscaceae, Santalales). *Bull. Mens. Soc. Linn. Lyon*, 84, 269-292.
- Galiano, E.F. (1987). *Juniperus* L. In: Valdés et al. (eds.), *Flora Vasculare de Andalucía Occidental*. Vol. 1. Ketres editora (Barcelona), pp. 85-86.
- Galié, M., Gasparri, R., Perta, R.M., Biondi, E., Biscotti, N., Pesaresi, S. & Casavecchia, S. (2015). Post-fire regeneration of *Calicotome villosa* (Poiret) Link.

- and vegetation analysis. *Plant Sociology*, 52 (2), 101-120.
- Gamisans J. (1999). *La végétation de la Corse*. Édusud, Aix-en-Provence, 391 p.
- Gamisans, J. & Murracchiole, M. (1984). La végétation de la Réserve naturelle de la presqu'île de Scandola (Corse). Étude phytosociologique et cartographie au 1/10 000^e. *Ecologia Mediterranea*, 10 (3-4), 159-205.
- García, D. (2001). Effects of seed dispersal on *Juniperus communis* recruitment on a Mediterranean mountain. *Journal of Vegetation Science*, 12, 839-848.
- García-Novo, F., Fernandez Lo Faso, R. & Garcia Sevilla, D. (2007). Restoration of an ancient dune system enhancing landscape perception. In: Isermann M. & Kiehl K. (eds.), Restoration of coastal ecosystems, Coastline Reports 7, pp. 61-67.
- Garraud, L. (2003). *Flore de la Drôme. Atlas écologique et floristique*. Conservatoire botanique national alpin de Gap-Charance, 925 p.
- Gianguzzi, L. (1999). Vegetazione e bioclimatologia dell'Isola di Pantelleria (Canale di Sicilia). *Braun-Blanquetia*, 22, 1-70 + 1 carta (1:20.000).
- Gianguzzi, L., Ilardi, V., Caldarella, O., Cusimano, D., Cuttonaro, P. & Romano, S. (2012). Phytosociological characterization of the *Juniperus phoenicea* L. subsp. *turbinata* (Guss.) Nyman formations in the Italo-Tyrrhenian Province (Mediterranean Region). *Plant Sociology*, 49 (2), 3-28.
- Giardina, G., Raimondo, F.M. & Spadaro, V. (2007). A catalogue of plants growing in Sicily. *Bocconea*, 20, 5-582.
- Gómez-Zotano, J., Olmedo-Cobo, J.A. & Arias-García, J. (2017). Mediterranean dune vegetation: conservation of a threatened ecosystem in southern Spain. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 117 (1), 36-52.
- Gounot, M. & Schoenenberger, A. (coord.) (1966). Notice détaillée de la carte phytocéologique de la Tunisie septentrionale. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr. de Tunisie*, 39, fasc. 5.
- Gounot, M. & Schoenenberger, A. (coord.) (1967). Notice détaillée de la carte phytocéologique de la Tunisie septentrionale. *Ann. Inst. Nat. Rech. Agr. de Tunisie*, vol. 40, fasc. 1 et 2.
- Gussone, G. (1844). *Florae Siculae Synopsis. Vol. 2*. Tramater, Napoli, p. 634.
- Haslam, S.M., Sell, P.D. & Wolseley, P.A. (1977). *A flora of the Maltese Islands*. Malta University Press, 560 p.
- Herrera, C.M. (1989). Frugivory and seed dispersal by carnivorous mammals, and associated fruit characteristics, in undisturbed Mediterranean habitats. *Oikos*, 55, 250-262.
- Herrera, C.M. (1992). Interspecific variation in fruit shape: allometry, phylogeny, and adaptation to dispersal agents. *Ecology*, 73, 1832-1841.
- Hidalgo, N., Pérez, A.V. & Cabezudo, B. (2014). Las poblaciones de *Juniperus turbinata* en el valle del río Guadalhorce (Málaga, España) como indicadores de territorios relictos paleobiogeográficos. In: Cámara Artigas et al. (eds), *Biogeografía de Sistemas Litorales. Dinámica y Conservación*, pp. 377-380.
- Hoffmann, A. (1950). *Faune de France, 52, coléoptères Curculionides I*. Lechevalier (Paris), 486 p.
- Hoffmann, A. (1954). *Faune de France, 59, coléoptères Curculionides II*. Lechevalier (Paris), 720 p.
- Hoffmann, A. (1958). *Faune de France, 62, coléoptères Curculionides III*. Lechevalier (Paris), 632 p.
- Ivanov, D., Utescher, T., Mosbrugger, V., Syabryaj, S., Djordjević-Milutinović, D., & Molchanoff, S. (2011). Miocene vegetation and climate dynamics in Eastern and Central Paratethys (Southeastern Europe). *Palaeogeography, Palaeoclimatology and Palaeoecology*, 304, 262-275. DOI: 10.1016/j.palaeo.2010.07.006
- Jasprica, N., Škvorc, Ž., Dolina, K., Ruščić, M., Kovačić, S. & Franjič, J. (2016). Composition and ecology of the *Quercus coccifera* L. communities along the eastern Adriatic coast (NE Mediterranean). *Plant Biosystems*, 150 (6), 1140-1155.
- Jeanmonod, D. & Gamisans, J. (2013). *Flora Corsica*. 2^e édition. Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, num. spéc. 39, 1074 p.
- Jordano, P. (1991). Gender variation and expression of monoecy in *Juniperus phoenicea* L. (Cupressaceae). *Botanical Gazette*, 152 (4), 476-485.
- Jordano, P. (1993). Geographical ecology and variation of plant-seed dispersers interactions: southern Spanish junipers and frugivores trushes. *Vegetatio*, 107-108, 85-104.
- Keeley, J.E., Fotheringham, C.J. & Morais, M. (1999). Reexamining fire suppression impacts on brushland fire regimes. *Science*, 284, 1829-1832.
- Khaldi, A., Khouja, M.L., Abdelmoula, K. & Khouaja, A. (2000). The situation of *Juniperus phoenicea* and *J. oxycedrus* in Tunisia: degradation and traditional uses of multipurpose species. Paper presented at the International Symposium Problems of Juniper Forests: Looking for Solutions, Methods, Techniques. Osh, Kyrgystan. 6-10 August 2000.
- Kovačić, S., Jasprica, N. & Ruščić, M. (2001). Floristic characteristics of phoenician juniper macchia (Ass. *Pistacio lentisci* – *Juniperetum phoeniceae* Trinajstić 1987) in central and southern Dalmatia (Croatia). *Nat. Croat.*, 10 (2), 73-81.
- Kunze, G. (1846). *Chloris austro-hispanica: E collectionibus Willkommianis. Flora (oder botanische Zeitung)*, Regensburg, 40, 637-638.
- Laguna Lumbreras, E. (coord.) (1998). *Flora endémica rara o amenazada de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana, Conselleria de medio ambiente édit., 443 p.
- Lebreton, P. (1983). Nouvelles données sur la distribution au Portugal et en Espagne des sous-espèces du genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.). *Agron. Lusit.*, 42, 55-62.
- Lebreton, P. & Pérez de Paz, P.L. (2001). Définition du genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), reconsidéré à ses limites biogéographiques : Méditerranée orientale (Crète et Chypre) et Atlantiques (Îles Canaries). *Bull. mens. Soc. linn. Lyon.*, 70 (4), 73-92.
- Lebreton, P. & Rivera, D. (1988). Analyse du taxon *Juniperus phoenicea* L. sur des bases biochimiques et biométriques. *Natur. Monsp.*, sér. Bot. 53, 17-41.
- Lebreton, P. & Thivend, S. (1981). Sur une sous-espèce du genévrier de Phénicie, *Juniperus phoenicea* L., définie à partir de critères biochimiques. *Natur. Monsp.*, sér. Bot. 45, 1-12.
- Le Floc'h E., & Boulos, L. (2008). *Flore de Tunisie. Catalogue synonymique commenté*. Montpellier (France), 461 p.
- Le Floc'h E., Boulos, L. & Véla, E. (2010). *Flore de Tunisie. Catalogue synonymique commenté*. Montpellier (France), 500 p + Errata.

- Le Houérou, H.N. (1962). Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. *Mémoire hors-série de l'Institut de recherches sahariennes*, 6. Première partie, les milieux naturels, la végétation : 281 p. Seconde partie, la flore : 229 p. + 3 cartes et tableaux h.-t.
- Le Houérou, H.N. (1973). Fire and vegetation in the Mediterranean basin. Paper presented at the Proc. 13th Ann. Tall Timbers Fire Ecol. Conf., Tallahassee, Florida, 1973.
- Le Houérou, H.N. (1995). *Bioclimatologie et biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation*. Options méditerranéennes, série B, n° 10. CIHEAM / ACCT eds., Montpellier, 396 p.
- Lemoine-Sebastian, C. (1968). L'inflorescence femelle des *Juniperaceae*. Ontogénèse, structure, phylogénèse. *Travaux du laboratoire forestier de Toulouse*, 1, 1-456.
- Lieutier, F., Mendel, Z. & Faccoli, M. (2016). Bark beetles of mediterranean conifers. In: Paine, T.D. & Lieutier, F. (eds.), *Insects and Diseases of Mediterranean Forest*, Springer, pp. 105-197.
- Little, D.P. (2006). Evolution and circumscription of the true Cypresses (Cupressaceae: Cupressus). *Systematic Botany*, 31, 461-480.
- Llorens, L. & Gil, L. (2017). The Balearic Islands. In: Loidi, J. (eds.), *The Vegetation of the Iberian Peninsula*, vol. 2, Plant and Vegetation book series vol. 13 (Springer), pp. 3-33.
- Lloret, F. & Vilà, M. (1997). Clearing of vegetation in Mediterranean garrigue: response after a wildfire. *Forest Ecology and Management*, 93, 227-234.
- Mandin, J.-P. (2013). Plasticité phénotypique de l'expression sexuelle de *Juniperus phoenicea* L. dans les gorges de l'Ardèche (France). *Ecologia Mediterranea*, 31(1), 155-168.
- Maire, R. (1952). *Flore de l'Afrique du nord*. Volume 1. Paul Lechevalier ed., p. 114-115.
- Mansouri, N., Satrani, B., Ghanmi, M., El Ghadraoui, L. & Aaf, A. (2011). Étude chimique et biologique des huiles essentielles de *Juniperus phoenicea* ssp. *lycia* et *Juniperus phoenicea* ssp. *turbinata* du Maroc. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 15 (3), 415-424.
- Mao, K., Hao, G., Liu, J., Adams, R.P. & Milne, R.I. (2010). Diversification and biogeography of *Juniperus* (Cupressaceae): variable diversification rates and multiple intercontinental dispersals. *New Phytologist*, 188, 254-272.
- Martínez-Sánchez, J.J., Herranz, J.M., Guerra, J. & Trabaud, L. (1997). Influence of fire on plant regeneration in a *Stipa tenacissima* L. community in the Sierra Larga mountain range (SE Spain). *Israel Journal of Plant Sciences*, 45 (4), 309-316.
- Martinis, A., Chaideftou, E., Minotou, C. & Poirazidis, K. (2018). Ecological assessment of *Juniperus turbinata* Guss. forest on the Strofades Islands, Ionian Sea, Greece. *Journal of Forest Science*, 64 (8), 345-352.
- Mateo Sanz, G. & Crespo, M.B. (2014). *Claves ilustradas para la flora valenciana*. Monografías de Flora Montiberica, 501 p.
- Mateo Sanz, G., Crespo, M.B. & Laguna Lumbreras, E. (eds.) (2011). *Flora Valentina. Vol. 1*. Fundació de la Comunitat Valenciana per al Medi Ambient, p. 237.
- Mazur, M., Klajbor, K., Kielich, M., Sowińska, M., Romo, A., Montserrat, J.M. & Boratyński, A. (2010). Intra-specific differentiation of *Juniperus phoenicea* in the western Mediterranean region revealed in morphological multivariate analysis. *Dendrobiology*, 63, 21-31.
- Mazur, M., Minissale, P., Sciandrello, S. & Boratyński, A. (2016). Morphological and ecological comparison of populations of *Juniperus turbinata* Guss. and *J. phoenicea* L. from the Mediterranean region. *Plant Biosystems*, 150 (2), 313-322.
- Mazur, M., Zielińska, M., Boratyńska, K., Romo, A., Salva-Catarineu, M., Marcysiak, K. & Boratyński, A. (2018). Taxonomic and geographic differentiation of *Juniperus phoenicea* agg. based on cone, seed, and needle characteristics. *Systematics and Biodiversity*, 16 (5), 469-482.
- Médail, F., & Diadema, K. (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36, 1333-1345.
- Médail, F., Monnet, A.-C., Pavon, D., Nikolic, T., Dimopoulos, P., Bacchetta, G., Arroyo, J., Barina, Z., Cheikh Albassatneh, M., Domina, G., Fady, B., Matevski, V., Mifsud, S. & Leriche, A. 2019. What is a tree in the Mediterranean Basin hotspot? A critical analysis. *Forest Ecosystems*, 6, 17. <https://doi.org/10.1186/s40663-019-0170-6>.
- 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.
- Meddour, R. (2010). *Bioclimatologie, phytogéographie et phytosociologie en Algérie. Exemple des groupements forestiers et préforestiers de la Kabylie Djurdjurenne*. PhD, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, 461 p.
- Meikle, R.D. (1977). *Flora of Cyprus. Volume one*. The Bentham-Moxon Trust / Royal Botanic Gardens, Kew eds., 832 p.
- Minissale, P. & Sciandrello, S. (2013). A relic wood of *Juniperus turbinata* Guss. (Cupressaceae) in Sicily: Structural and ecological features, conservation perspectives. *Plant Biosystems*, 147 (1), 145-157.
- Molinier, R. (1954). Les climax cotiers de la Méditerranée occidentale. *Vegetatio*, 4, 284-308.
- Molinier, R. (1981). *Catalogue des plantes vasculaires des Bouches-du-Rhône*. Imprimerie municipale, Marseille, 375 p.
- Molinier, R. & Tallon, G. (1965a). Études botaniques en Camargue. I. La Camargue pays de dunes. *La Terre et la Vie*, 1-2, 6-127.
- Molinier, R. & Tallon, G. (1965b). Études botaniques en Camargue. II. Vers la forêt en Camargue. *La Terre et la Vie*, 1-2, 135-185.
- Molinier, R. & Tallon, G. (1970). Prodrôme des unités phytosociologiques observées en Camargue. *Bull. Museum Hist. Nat. Marseille*, 30, 5-110.
- Moraiti, A.C., Kadis, C., Papayiannis, L.C. & Stavrinides, M.C. (2019). Insects and mites feeding on berries of *Juniperus foetidissima* Willd. on the Mediterranean island of Cyprus. *Phytoparasitica*, 47, 71-77.
- Moreno, J.M. (2012). *Climate change, wildland fires and biodiversity in Europe*. In: Council of Europe (eds.), *Biodiversity and climate change: Reports and guidance developed under the Bern Convention, volume II*. Nature and Environment, 160, 285-351.
- Moritz, C. (1994). Defining "Evolutionarily Significant Units" for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 9, 373-375.

- Mostari, A., Benabdeli, K., & Vela, E. (2020). Le littoral de Mostaganem (Algérie), une « zone importante pour les plantes » (ZIP) autant négligée que menacée. *Fl. Médit.*, 30, 207-233.
- Mota, J.F., Peñas, J., Castro, H., Cabello, J. & Guirado, S.J. (1996). Agricultural development vs biodiversity conservation: the mediterranean semi-arid vegetation in El Ejido (Almería, SE Spain). *Biodiversity and Conservation*, 5, 1597-1617.
- Munby, G. (1847). *Flore de l'Algérie ou catalogue des plantes indigènes du Royaume d'Alger*. Baillière, Paris, 120 p. + VII planches.
- Muñoz Reinoso, J.C. (1993). Consumo de galbulos de sabina (*Juniperus phoenicea* subsp. *turbinata*) y dispersión de semillas por el conejo (*Oryctolagus cuniculus* L.) en el Parque Nacional de Doñana. *Doñana Acta Vertebrata*, 20 (1), 49-58.
- Muñoz-Reinoso, J.C., Saavedra Azqueta, C. & Redondo Morales, I. (2013). Restoration of andalusian coastal juniper woodlands. In: Martínez M., Gallego-Fernández J., Hesp P. (eds), *Restoration of Coastal Dunes*. Springer Series on Environmental Management (Berlin, Heidelberg), p. 145-158.
- Myers, N. (1990) The biodiversity challenge: Expanded Hot-Spots analysis. *The Environmentalist*, 10, 243-256.
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., Da Fonseca, G.A.B. & Kent, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 (6772), 853-858.
- Nickrent, D.L., Garcia, M.A., Martin, M.P. & Mathiasen, R.L. (2004). A phylogeny of all species of *Arceuthobium* (Viscaceae) using nuclear and chloroplast DNA sequences. *American Journal of Botany*, 91, 125-138.
- Nogales, M., Hernández, C.E. & Valdés, F. (1999). Seed dispersal by common ravens *Corvus corax* among island habitats (Canarian Archipelago). *Écoscience*, 6 (1), 56-61.
- Noti, R., van Leeuwen, J.F.N., Colombaroli, D., Vescovi, E., Pasta, S., La Mantia, T. & Tinner, W. (2009). Mid- and late-Holocene vegetation and fire history at Biviere di Gela, a coastal lake in southern Sicily, Italy. *Veget Hist Archaeobot.*, 18, 371-387.
- Operta, A., Hasanović, M. & Mahmutović-Dizdarević, I. (2018). Geographic monitoring of forest biodiversity in Bosnia and Herzegovina. Conference Proceedings EnE18: Nature protection – Nature-Responsive Development, Belgrade, Serbia, p. 11-18.
- Orellana, J.A.V. & Galán de Mera, A. (2019). *Juniperus turbinata* Guss. (Cupressaceae), novedad para la flora de Extremadura (España). *Acta Botanica Malacitana*, 44, 79-81.
- Ozenda, P. (2004). *Flore et végétation du Sahara*. 3^e édition. CNRS Éditions, 662 p.
- Padilla, D.P., González-Castro, A. & Nogales, M. (2012). Significance and extent of secondary seed dispersal by predatory birds on oceanic islands: the case of the Canary archipelago. *Journal of Ecology*, 100, 416-427.
- Pampanini, R. (1914). *Plantae Tripolitanae*. Firenze, 334 p.
- Pampanini, R. (1931). *Prodromo della Flora Cirenaica*. Tipografia Valbonesi, Forlì, 577 p. + 6 tav.
- Paradis, G. (1993). Les formations à *Juniperus phoenicea* et à *Juniperus oxycedrus* subsp. *macrocarpa* sur le littoral de la Corse. *Coll. Phytosoc.*, 20, 345-358.
- Pausas, J.G., Llovet, J., Rodrigo, A. & Vallejo, R. (2008). Are wildfires a disaster in the Mediterranean basin? A review. *International Journal of Wildland Fire*, 17, 713-723.
- Pausas, J.G. & Vallejo, R. (1999). The role of fire in European Mediterranean Ecosystems. In: Chuvieco, E. (ed.), *Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean basin*, Springer-Verlag, pp. 3-16.
- Pausas, J.G. & Verdu, M. (2005). Plant persistence traits in fire-prone ecosystems of Mediterranean basin: a phylogenetic approach. *Oikos*, 109, 196-202.
- Picchi, S. (2008). *Management of Natura 2000 habitats. 2250 *Coastal dunes with Juniperus spp.* European Commission, 24 p.
- Pignatti, S. (1982). *Flora d'Italia*. Vol. 1. Edagricole, Bologna, 780 p.
- Pignatti, S. (2017). *Flora d'Italia*. Ed.2. Vol. 1. Edagricol, Milano, 1064 p.
- Quevedo, L., Rodrigo, A. & Espelta, J.M. (2007). Post-fire resprouting ability of 15 non-dominant shrub and tree species in Mediterranean areas of NE Spain. *Ann. For. Sci.*, 64, 883-890.
- Quézel, P. (1979). Les écosystèmes forestiers crétois et chypriotes. Essai de comparaison et d'interprétation phyto-écologique. *Revue forestière française*, 31 (5), 440-450.
- Quézel, P. (2000). *Réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen*. Ibis Press, Paris, 117 p.
- Quézel, P. & Barbero, M. (1981). Contribution à l'étude des formations présteppiques à genévriers au Maroc. *Bol. Soc. Brot.*, sér. 2, 53, 1137-1160.
- Quézel, P., Barbero, M. & Benabid, A. (1987). Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Haut Atlas (Maroc). *Ecologia Mediterranea*, 13, 103-117.
- Quézel, P., Barbero, M., Benabid, A., Loisel R. & Rivas-Martínez, S. (1988). Contribution à l'étude des groupements pré-forestiers et des matorrals rifains. *Ecologia Mediterranea*, 14, 77-122.
- Quézel, P., Barbero, M., Benabid, A. & Rivas-Martínez, S. (1992). Contribution à l'étude des groupements forestiers et pré-forestiers du Maroc oriental. *Studia Botanica*, 10, 57-90.
- Quézel, P. & Gast, M. (1998). Genévriers. In: *Encyclopédie berbère*, 20 [En ligne]. DOI : <https://doi.org/10.4000/encyclopedieberbere.1863>
- Quézel, P. & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Éditions scientifiques Elsevier, collection environnement, 574 p.
- Quézel, P. & Santa, S. (1962). *Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales*. Tome 1. Éditions du Centre national de la recherche scientifique (Paris), 1 090 p.
- Reymann, J., Panaiotis, C. & Bioret, F. (2016). *Prodrome des végétations de Corse*. Documents phytosociologiques, Série 3, vol. 4, 175 p.
- Rhanem, M. (2019). Une localisation inconnue d'une Phanérogame parasite méconnue de *Juniperus oxycedrus* L., *Arceuthobium oxycedri* (DC.) M. Bieb, sur les collines marno-calcaires attenantes au djebel Tadrart (Maroc). *Evaxiana*, 5, 5-17.
- Ribera, I. & Blasco-Zumeta, J. (1998). Biogeographical links between steppe insects in the Monegros region (Aragón, NE Spain), the eastern Mediterranean, and central Asia. *Journal of Biogeography*, 25, 969-986.

- Riera, J. & Castell, C. (1997). Efectes dels incendis forestals recurrents sobre la distribució de dues espècies del Parc Natural del Garraf: el pi blanc (*Pinus halepensis*) i la savina (*Juniperus phoenicea*). *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 65, 105-116.
- Rivas-Martínez S., Costa, M., Castroviejo, S. & Valdes, E. (1980). Vegetacion de Doñana (Huelva, Espana). *Lazaroa*, 2, 5-189.
- Rivas-Martínez, S., Costa, M. & Loidi, J. (1992). La vegetación de las islas de Ibiza y Formentera (Islas Baleares, España). *Itinera Geobotanica*, 6, 99-236.
- Rivas-Martínez, S., Wildpret, W. & Perez de Paz, P.L. (1993). Datos sobre *Juniperus phoenicea* aggr. (Cupressaceae). *Itinera Geobot.*, 7, 509-512.
- Romo, A., Mazur, M., Salvà-Catarineu, M. & Boraty ski, A. (2019). A re-evaluated taxon: genetic values and morphological characters support the recognition of the Canary Island juniper of the phoenicea group at a specific level. *Phytotaxa*, 406 (1), 64-70.
- Roques, A. & Auger-Rozenberg, M.-A. (2016). L'incendie pourrait-il constituer un mécanisme de régénération naturelle du genévrier thurifère par échappement aux ravageurs des graines ? L'exemple de la montagne de Rié (France). Colloque international sur le genévrier thurifère et autres *Juniperus* : écologie et gestion forestière durable, Cabrejas del Pinar (Soria), Espagne, may 2006.
- Roques, A., Raimbault, J.-P. & Goussard, F. (1984). La colonisation des cônes et galbules des genévriers méditerranéens par les insectes et acariens et son influence sur les possibilités de régénération naturelle de ces essences. *Ecologia Mediterranea*, 10 (1-2), 147-169.
- Roux, H., (1881). *Catalogue des plantes de Provence spontanées ou généralement cultivées*. Marius Olive édit. (Marseille), 654 p.
- Rouy, G. (1913). *Flore de France ou description des plantes qui croissent spontanément en France, Corse et en Alsace-Lorraine*. Vol. XIV. Soc. Sc. Nat. Charente-Inférieure ed., pp. 372-373.
- Sánchez-Gómez, P. & Guerra, J. (2011). *Nueva flora de Murcia. Plantas vasculares. Tercera edición*. DM édit. (Murcia), 516 p.
- Sánchez-Gómez, P., Jiménez, J.F., Cánovas, J.L., Vera, J.B., Hensen, I. & Aouissat, M. (2018). Genetic structure and phylogeography of *Juniperus phoenicea* complex throughout Mediterranean and Macaronesian regions: different stories in one. *Annals of Forest Science*, 75 (3), article 75.
- Santos, T., Telleria, J. L. & Virgos, E. (1999). Dispersal of Spanish *Juniperus thurifera* by birds and mammals in a fragmented landscape. *Ecography*, 22, 193-204.
- Sherif, A.S. & El-Taife, A. (1986). *Flora of Lybia. Gymnosperms*. Department of Botany. Faculty of Science Tripoli University (formerly Al-Fateh University), 30 p.
- Spanou, S., Verroios, G., Dimitrellos, G., Tiniakou, A. & Georgiadis, T. (2006). Notes on flora and vegetation of the sand dunes of western Greece. *Willdenowia*, 36 (Special Issue), 235-246.
- Strid, A. (2016). *Atlas of the Aegean Flora*. Part 1: Text & Plates (700 p. and 48 colour plates). Part 2: Maps (878 p. and 3362 colour distribution maps). Botanic Garden and Botanical Museum Berlin, Freie Universität Berlin.
- Strid, A. & Tan, K. (eds.) (1997). *Flora Hellenica. Volume 1*. Koeltz Scientific Books (Königstein, Germany), 547 p.
- Taifour, H. & El-Oqlah, A., (2014). *Jordan Plant Red List*. Volume I. Royal Botanic Garden, Jordan, 1256 p.
- Tallon, G. (1955). Nouvelles observations au bois des Rièges. *La Terre et la Vie*, 4, 225-232.
- Traveset, A. & Sans, A. (1994). Insect frugivory in *Juniperus phoenicea* (L.) (Cupressaceae) in Cabrera island (Balearic Archipelago). *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 37, 143-149.
- Tsiourlis, G., Konstantinidis, P. & Xofis, P. (2016). Syntaxonomy and synecology of *Juniperus phoenicea* L. shrublands in Greece. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 17 (1), 182-190.
- Turland, N.J., Chilton, L. & Press, J.R. (1993). *Flora of the Cretan area. Annotated checklist & atlas*. The Natural History Museum, 439 p.
- Valdés, B., Rejdali, M., El Kadmiri, A.A., Jury, J.L. & Montserrat, J.M. (2002). *Catalogue des plantes vasculaires du nord du Maroc, incluant des clés d'identification*. Vol. 1. Consejo Superior de Investigaciones, 497 p.
- Valdés, B., Talavera, S., & Fernández-Galiano, E. (1987). *Flora Vasculare de Andalucía Occidental* Vol. 1. Ketres editor (Barcelona), pp. 85-86.
- Valdés-Bermejo, E. (1979). Números cromosómicos de plantas occidentales, 1-34. *Anales Jard. Bot. Madrid*, 36, 373-389.
- Vallès, J., Garnatje, T., Robin, O. & Siljak-Yakovlev, S. (2015). Molecular cytogenetic studies in western Mediterranean *Juniperus* (Cupressaceae): a constant model of GC-rich chromosomal regions and rDNA loci with evidences for paleopolyploidy. *Tree Genetics & Genomes*, 11, 43
- Vigne, J.-D. (1987). L'extinction holocène du fond de peuplement mammalien indigène des îles de Méditerranée occidentale. *Mém. Soc. Géol. France*, N. S., 150, 167-177.
- Vigne, J.-D. (1992). Zooarchaeology and the biogeographical history of the mammals of Corsica and Sardinia since the last ice age. *Mammal Rev.*, 22 (2), 87-96.
- Viviani, D. (1824). *Florae Ilybae specimen*. Genova.
- Waples, R.S., & Gaggiotti, O. (2006). What is a population? An empirical evaluation of some genetic methods for identifying the number of gene pools and their degree of connectivity. *Molecular Ecology*, 15, 1419-1439.
- Willkomm, M., & Lange, J. (1861). *Florae Hispanicae. Vol. 1*. Schweizerbart E., Stuttgartiae, p. 21.
- Willkomm, M. (1893). *Supplementum Prodrromi Florae Hispanicae*. Schweizerbart E., Stuttgartiae, p. 4.
- Zaafouri, M.S., & Chaïeb, M. (1999). Arbres et arbustes de la Tunisie méridionale menacés de disparition. *Acta Bot. Gallica*, 146 (4), 361-373.
- Zaffran, J. (1960). Les formations à *Juniperus phoenicea* L. du littoral algérois. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. N.*, 46 (1-2), 48-80.
- Zaffran, J. (1990). *Contributions à la flore et à la végétation de la Crète*. Publications de l'Université de Provence, Aix-en-Provence, 615 p.
- Zohary, M. (1966). *Flora Palaestina. Volume one*. Israel Academy of Sciences and Humanity, Jerusalem, 364 p. + II maps.

Appendix (Annexe)

Table 1 – Phytosociological groups

		Short description – Characteristic species – Notes
Class QUERCETEA ILCIS Braun-Blanq. in Braun-Blanq. et al. 1952		
Forest or pre-forest groups		
Ord. Pinetalia halepensis Biondi et al. in Biondi et al. 2014	All. Pistacio lentisci-Pinion halepensis Biondi et al. in Biondi et al. 2014	Shrub to small tree communities of the NW Mediterranean (from the Spanish Levant to the Adriatic), on coastal limestone rocks with shallow soils, in the semi-arid to sub-humid mesomediterranean bioclimatic belt. <i>Erica multiflora</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Lotus hirsutus</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Rhamnus alaternus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Smilax aspera</i> .
Ord. Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni Rivas-Martínez 1975	All. Juniperion turbinatae Rivas-Martínez 1975 corr. 1987	Shrub to small tree circum-Mediterranean communities dominated by junipers and developed on fixed sand, most often coastal but sometimes in continental locations (fossil dunes). <i>Cistus halimifolius</i> , <i>Corema album</i> , <i>Ephedra distachya</i> and <i>E. fragilis</i> , <i>Helichrysum</i> spp., <i>Juniperus oxycedrus</i> subsp. <i>macrocarpa</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Lotus creticus</i> , <i>Matthiola sinuata</i> , <i>Phillyrea angustifolia</i> , <i>Pinus pinea</i> . Currently, many phytosociological groups with the subsp. <i>turbinata</i> but concerning rocky substrates (slopes and coastal cliffs) are included in this alliance. We think on the contrary that they should be included in the <i>Oleo-Ceratonion siliquae</i> .
	All. Ericion arboreae Rivas-Martínez (1975) 1987	Shrub to small tree circum-Mediterranean communities on acid substrates, in thermomediterranean to supramediterranean bioclimatic belts. <i>Arbutus unedo</i> , <i>Cistus</i> spp., <i>Erica arborea</i> , <i>Lavandula stoechas</i> , <i>Quercus ilex</i> sensu lato, <i>Q. suber</i> Some authors currently link communities of this juniper on siliceous rock to the alliance of <i>Juniperion turbinatae</i> in a specific association (<i>Erico arboreae-Juniperetum turbinatae</i>)
	All. Asparago albi-Rhamnio oleoidis Rivas-Martínez 1975	Shrub to small tree Ibero-Maghrebian communities in semi-arid to sub-humid thermomediterranean bioclimatic belt. <i>Aristolochia baetica</i> , <i>Asparagus aphyllus</i> , <i>Bupleurum gibraltarium</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Chamaerops humilis</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Osyris quadripartita</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Quercus coccifera</i> , <i>Rhamnus oleoides</i> This alliance could be included in the <i>Oleo-Ceratonion siliquae</i> .
	All. Oleo sylvestris-Ceratonion siliquae Braun-Blanq. ex Guin. & Drouineau 1944	Shrub to small tree circum-Mediterranean communities on rocky substrates in semi-arid to sub-humid thermomediterranean and mesomediterranean belt. <i>Arisarum vulgare</i> , <i>Ceratonia siliqua</i> , <i>Chamaerops humilis</i> , <i>Clematis cirrhosa</i> , <i>Euphorbia dendroides</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Myrtus communis</i> , <i>Olea europaea</i> subsp. <i>sylvestris</i> , <i>Periploca angustifolia</i> , <i>Pinus brutia</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Pistacia lentiscus</i> , <i>Prasium majus</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> Some authors currently link thermomediterranean juniper communities on limestone rock to the alliance of <i>Juniperion turbinatae</i> . We consider that the latter is specific to sandy substrates.
	All. Rhamno graeca-Ceratonion siliquae Barbero & Quézel in Asensi et al. 2007	Shrub to small tree eastern Mediterranean communities of semi-arid to sub-humid thermomediterranean bioclimatic belt and on various substrates. <i>Ephedra foeminea</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Pistacia terebinthus</i> subsp. <i>palaestina</i> , <i>Quercus calliprinos</i> , <i>Rhamnus</i> spp. Could be included in the alliance <i>Oleo-Ceratonion siliquae</i> .
	All. Aro cyrenaici-Rhamnion libyci Brullo & Furnani 1994	Shrub to small tree communities of Cyrenaica on rocky substrates, in the arid thermomediterranean bioclimatic belt. <i>Arbutus pavarii</i> , <i>Arum cyrenaicum</i> , <i>Cyclamen rohlifianum</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Olea europaea</i> subsp. <i>sylvestris</i> , <i>Periploca angustifolia</i> , <i>Rhus tripartita</i> . This alliance only seems to constitute a geographic and arid variant of <i>Oleo-Ceratonion siliquae</i> .

		Short description – Characteristic species – Notes
Pre-steppic groups		
Ord. Ephedro-Juniperetalia africanae Quézel & Barbero 1981 ex Quézel et al. 1988	All. Periplocion angustifoliae Rivas-Martínez 1975	Pre-steppic shrub to small tree communities of SW Mediterranean at low and medium altitude in coastal environments, in the arid or semi-arid thermomediterranean bioclimatic belt. <i>Chamaerops humilis</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Launaea</i> spp., <i>Lycium intricatum</i> , <i>Lygeum spartum</i> , <i>Macrochloa tenacissima</i> , <i>Maytenus senegalensis</i> , <i>Periploca angustifolia</i> , <i>Retama</i> spp., <i>Withania</i> spp., <i>Ziziphus lotus</i> Because of its distinctly steppic affinities we placed this alliance here whereas it is generally classified in the order of <i>Pistacio lentisci-Rhamnnetalia alaterni</i> .
	All. Tetraclino articulatae-Pistacion atlanticae Rivas-Martínez et al. 1986	Steppic and continental communities of North Africa (and Middle-East?), in arid and semi-arid thermo- to mesomediterranean bioclimatic belt. <i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Pistacia atlantica</i> , <i>Rhus pentaphylla</i> , <i>Tetraclinis articulata</i> Because of its distinctly steppic affinities, we placed this alliance here whereas it is generally classified in the order of <i>Pistacio lentisci-Rhamnnetalia alaterni</i> .
	All. Junipero africanae-Quercion rotundifoliae Quézel et Barbero 1981 ex Quézel et al. 1988 corr. Barbero et al. 1994	Shrub to small tree continental pre-steppic communities of the high plateaus and internal mountains of North Africa on rocky substrates at mesomediterranean and supramediterranean bioclimatic belt. <i>Bupleurum frutescens</i> subsp. <i>spinosum</i> , <i>Buxus balearica</i> , <i>Diploaxis harra</i> , <i>Hedysarum coronarium</i> , <i>Genista microcephala</i> , <i>Globularia alypum</i> , <i>Juniperus oxycedrus</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Macrochloa tenacissima</i> , <i>Pinus halepensis</i> , <i>Quercus ilex</i> subsp. <i>ballota</i> , <i>Rosmarinus</i> spp. This alliance could be treated in a distinct class: EPHEURO-JUNIPERETEA Barbero & Quézel 1981
	All. Ephedro nebrodensis-Juniperion turbinatae Quézel & Barbero in Asensi et al. 2007	Pre-steppic communities of the Moroccan High Atlas developed in arid and semi-arid areas with endemic elements or Macaronesian affinities. <i>Bupleurum dumosum</i> , <i>Coronilla ramosissima</i> , <i>Cupressus atlantica</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> , <i>Retama dasycarpa</i> , <i>Rhus tripartita</i> , <i>Warionia saharae</i> This alliance could be treated in a distinct class: EPHEURO-JUNIPERETEA Barbero & Quézel 1981
Class CISTO LADANIFERI-LAVANDULETEA STOECHADIS Braun-Blanq. in Braun-Blanq. et al. 1940 (Shrub communities on acid substrate)		
Ord. Lavanduletalia stoechadis Braun-Blanq. in Braun-Blanq. et al. 1940	All. Cistion ladaniferi Braun-Blanq. in Braun-Blanq. et al. 1940	Shrub communities dominated by <i>Cistus</i> spp. on rocky acid substrates in thermo- and mesomediterranean bioclimatic belts. <i>Cistus creticus</i> , <i>Cistus monspeliensis</i> , <i>Cistus salvifolius</i> , <i>Cytisus laniger</i> , <i>Erica arborea</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> (shrub), <i>Helichrysum italicum</i> , <i>Lavandula stoechas</i> . Possible evolution to the <i>Oleo-Ceratonion siliquae</i> or <i>Ericion arboreae</i> .
Ord. Stauracantho genistoidis-Halimietalia commutati Rivas-Martínez et al. 1990	All. Stauracantho genistoidis-Halimion halimifolii Rivas-Martínez 1979	Shrub communities of sand dunes in thermo- and mesomediterranean bioclimatic belts. <i>Cistus halimifolius</i> , <i>Helichrysum italicum</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> (shrub) Possible evolution to the <i>Juniperion turbinatae</i> .
Class ROSMARINETEA OFFICINALIS Rivas-Martínez et al. 2002 (Shrub communities on limestone substrate)		
Ord. Rosmarinetalia officinalis Braun-Blanq. ex Molinier 1934	All. Rosmarinion officinalis Molinier 1934	Shrub communities of the NW Mediterranean in thermo- to supramediterranean bioclimatic belts. <i>Cistus albidus</i> , <i>Coronilla juncea</i> , <i>Erica multiflora</i> , <i>Helichrysum stoechas</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> subsp. <i>turbinata</i> (shrub), <i>Lotus dorycnium</i> , <i>Globularia alypum</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Thymus vulgaris</i> . Possible evolution to the <i>Pistacio lentisci-Pinion halepensis</i> .

Résumés de thèses

Elena ORMENO LAFUENTE 2020

Implications environnementales des métabolites spécialisés des végétaux : approche interdisciplinaire

Environmental implications of vegetation specialized metabolites: interdisciplinary approach

Habilitation à diriger les recherches d'Aix-Marseille Université, soutenue le 4 décembre 2020.

Jury – Valérie SIMON (MCH, HDR, INPT), Benjamin LOUBET (D^r INRAE), Christiane GALLET (P^r Univ. Savoie-Mont Blanc), rapporteurs ; Josep PEÑUELAS (P^r CSIC), Catherine FERNANDEZ (P^r AMU), examinateurs.

Mots-clés: stress abiotiques, adaptation du végétal, traits chimiques, métabolome, volatilome.

Keywords: abiotic stress, plant adaptation, chemical traits, metabolome, volatilome.

La végétation méditerranéenne est particulièrement riche en métabolites spécialisés (e.g. terpènes, composés phénoliques, dérivés d'acides gras) qui jouent de nombreux rôles écosystémiques (défense contre les contraintes environnementales, médiateurs de la communication plantes-organismes, risque de feu) et dans l'atmosphère (concentration de polluants secondaires). La production de ces métabolites par le végétal constitue donc un élément clé dans son adaptation aux changements globaux rapides dans la région méditerranéenne (stress hydrique accru, fréquence et sévérité des feux de forêt et pollution de l'air aggravée). Cette Habilitation à diriger des recherches (HDR) décrit l'ensemble de ces aspects à travers des travaux interdisciplinaires faisant appel à des connaissances issues de l'écologie chimique, l'écophysiologie, l'écologie du feu, la chimie atmosphérique et la chimie analytique.

Mediterranean vegetation is particularly rich in specialized metabolites (e.g. terpenes, phenolic compounds, fatty acid derivatives) which play numerous roles in the ecosystem (defense against environmental constraints, mediators of plant-organism communication, risk of fire) and in

the atmosphere (concentration of secondary pollutants). Production of these metabolites by plants is therefore a key element in their adaptation to rapid global changes in the Mediterranean region (increased water stress, frequency and severity of forest fires and aggravated air pollution).

This Habilitation to Direct Research studies (HDR) describes all of these aspects through interdisciplinary works drawing on knowledge from chemical ecology, ecophysiology, fire ecology, atmospheric chemistry and analytical chemistry.

Alexandre MILLION

2020

De la contribution de l'immigration à la dynamique des populations animales

Habilitation à diriger les recherches d'Aix-Marseille Université, soutenue le 8 décembre 2020

Jury – Anne LOISON (D^r CNRS LECA – Université Savoie Mont-Blanc), Aurélie COULON (MCF MNHN & CEFE Montpellier), Simon CHAMAILLE-JAMMES (D^r CNRS CEFE Montpellier), rapporteurs ; Jean Christophe POGGIALE (P^r AMU-MIO), Frédéric MÉDAIL (P^r AMU-IMBE), Aurélien BESNARD (MCF HDR EPHE CEFE Montpellier), examinateurs ; Joël CHADOEUF (D^r INRAE Avignon), membre invité.

Mots-clés: dynamique de population, biologie de la conservation, oiseaux, mammifères, dynamique source-puits, immigration, émigration, processus spatiaux.

Keywords: population dynamics, conservation biology, birds, mammals, source-sink dynamics, immigration, emigration, spatial processes.

La démographie d'une population est souvent réduite à la survie apparente (ou locale) des individus et à leur fécondité réalisée au sein d'une zone d'étude définie en fonction de contraintes logistiques plutôt que de caractéristiques du paysage. Ces données démographiques sont ensuite utilisées pour déterminer si une population locale contribue positivement à la dynamique de la population globale dans un contexte paysager plus large. Une approche aussi simpliste ignore un processus fondamental qui sous-tend la dynamique des populations : la dispersion. En effet, il est depuis longtemps admis que l'immigration apportée par les disperseurs qui ont émigré des populations voisines peut fortement influencer la croissance nette d'une population locale. Toutefois, à ce jour, nous n'avons pas une idée précise

de l'ampleur des variations du taux d'immigration à la fois entre les populations et au sein de celles-ci, en fonction des conditions écologiques extrinsèques et intrinsèques, même pour les populations d'oiseaux et de mammifères les mieux étudiées. Cette lacune dans les connaissances empiriques empêche l'émergence d'un cadre conceptuel solide qui pourrait éclairer la conservation et l'écologie des populations. Cette synthèse, menée à la fois sur les oiseaux et les mammifères, a donc trois objectifs complémentaires. Premièrement, je décris et évalue les mérites relatifs des méthodes utilisées pour quantifier l'immigration et la façon dont elles sont liées à des mesures largement applicables. J'identifie deux paramètres simples et unificateurs pour mesurer l'immigration : le taux d'immigration qu'il définit comme le rapport entre le nombre d'immigrants présents dans la population au moment $t + 1$ et la population reproductrice totale au cours de l'année t , et ϖ_t , la proportion d'immigrants parmi les nouvelles recrues (c'est-à-dire les nouveaux reproducteurs). Deux méthodes récemment mises au point sont susceptibles de fournir les données les plus précieuses sur l'immigration à l'avenir : l'attribution de filiation individuelle (plutôt que de population) basée sur l'échantillonnage génétique, et des modèles de population intégrés spatialement explicites combinant plusieurs sources de données démographiques (survie, fécondité et dénombrements de population). Deuxièmement, nous faisons état d'une analyse documentaire systématique des études fournissant une mesure quantitative de l'immigration. Bien que la diversité des méthodes employées empêche des analyses détaillées, il semble que le nombre d'immigrants dépasse celui des individus nés localement en matière de recrutement pour la plupart des populations aviaires (médiane $\varpi t = 0,57$, $N = 45$ estimations issues de 37 études), un chiffre deux fois plus élevé que celui estimé pour les populations de mammifères (médiane $\varpi_t = 0,26$, $N = 33$ estimations issues de 11 études). Troisièmement, des études quantitatives récentes révèlent que l'immigration peut être le principal facteur de variation temporelle des taux de croissance de la population, dans un large éventail de contextes démographiques et spatiaux. La mesure dans laquelle l'immigration agit comme un processus réglementaire n'a cependant été que rarement prise en compte jusqu'à présent et mérite une plus grande attention. Dans l'ensemble, il est probable que la plupart des populations tirent profit des immigrants sans être nécessairement des populations de puits. En outre, je suggère que les estimations quantitatives de l'immigration soient au cœur des futures études démographiques et je plaide en faveur d'un plus grand nombre de preuves empiriques sur la manière dont l'immigration interagit avec les processus démographiques locaux pour façonner la dynamique des populations. Enfin, j'examine comment aborder la dynamique spatiale de la population en explorant, au-delà du cadre classique source-puits, la mesure dans laquelle les populations échangent des individus selon l'échelle spatiale et le type de répartition de la population dans le paysage.

The demography of a population is often reduced to the apparent (or local) survival of individuals and their realised fecundity within a study area defined according to logistical constraints rather than landscape features. Such demographics are then used to infer whether a local population contributes positively to population dynamics across a wider landscape context. Such a simplistic approach ignores a fundamental process underpinning population dynamics: dispersal. Indeed, it has long been accepted that immigration contributed by dispersers that emigrated from neighbouring populations may strongly influence the net growth of a local population. To date however, we lack a clear picture of how widely immigration rate varies both among and within populations, in relation to extrinsic and intrinsic ecological conditions, even for the best-studied avian and mammalian populations. This empirical knowledge gap precludes the emergence of a sound conceptual framework that ought to inform conservation and population ecology. This review, conducted on both birds and mammals, has thus three complementary objectives. First, we describe and evaluate the relative merits of methods used to quantify immigration and how they relate to widely applicable metrics. We identify two simple and unifying metrics to measure immigration: the immigration rate it defined as the ratio of the number of immigrants present in the population at time $t+1$ and the total breeding population in year t , and ϖt , the proportion of immigrants among new recruits (i.e. new breeders). Two recently developed methods are likely to provide the most valuable data on immigration in the near future: individual parentage (rather than population) assignments based on genetic sampling, and spatially explicit integrated population models combining multiple sources of demographic data (survival, fecundity and population counts). Second, we report on a systematic literature review of studies providing a quantitative measure of immigration. Although the diversity of methods employed precludes detailed analyses, it appears that the number of immigrants exceeds locally born individuals in recruitment for most avian populations (median $\varpi t = 0.57$, $N = 45$ estimates from 37 studies), a figure twofold higher than estimated for mammalian populations (median $\varpi t = 0.26$, $N = 33$ estimates from 11 studies). Third, recent quantitative studies reveal that immigration can be the main driver of temporal variation in population growth rates, across a wide array of demographic and spatial contexts. To what extent immigration acts as a regulatory process has however been considered only rarely to date and deserves more attention. Overall, it is likely that most populations benefit from immigrants without necessarily being sink populations. Furthermore, we suggest that quantitative estimates of immigration should be core to future demographic studies and plead for more empirical evidence about the ways in which immigration interacts with local demographic processes to shape population dynamics. Finally, we discuss how to tackle spatial population dynamics by exploring, beyond the classical source–sink framework, the extent to which populations exchange individuals according to spatial scale and type of population distribution throughout the landscape.

Adriane AUPIC-SAMAIN

2020

Importance du réseau trophique du sol dans la stabilité du fonctionnement des écosystèmes forestiers méditerranéens soumis au changement climatique

Importance of soil food web in stability on functioning of Mediterranean forests to climate change

Thèse de doctorat d'Aix-Marseille Université, soutenue le 9 juillet 2020.

Jury – Antoine LECERF (EcoLab, Université Paul Sabatier de Toulouse), Agnès RICHAUME (LEM, Université Claude Bernard Lyon I) rapporteurs; Jean-Christophe CLÉMENT (CARRTEL, Université de Savoie Mont-Blanc), Estelle FOREY (Laboratoire Ecodiv, Université de Rouen Normandie), Thierry GAUQUELIN (IMBE, Université Aix-Marseille) examinateurs; Mathieu SANTONJA (IMBE, Université Aix-Marseille) invité; Virginie BALDY (IMBE, Université Aix-Marseille), Catherine FERNANDEZ (IMBE, Université Aix-Marseille), co-directrices

Mots-clés: Changement climatique, Forêt méditerranéenne, Interaction plante-sol, Litière, Réseau trophique.

Keywords: Climate change, Mediterranean forest, Plant-soil interaction, Litter, Soil food web.

Les réseaux trophiques du sol sont les moteurs des cycles des éléments nutritifs et des flux d'énergie dont dépend étroitement le fonctionnement des écosystèmes terrestres. Malgré leur importance dans le processus de décomposition des litières, peu d'études se sont focalisées sur les réseaux trophiques en forêt méditerranéenne. Pourtant, les espèces végétales méditerranéennes, adaptées à la sécheresse et aux fortes températures, ont une identité physico-chimique particulière, susceptible de contrôler fortement le réseau trophique du sol. De plus, parmi les biomes terrestres, cet écosystème figure comme l'un des plus sensibles au changement climatique. Un stress hydrique plus intense pourrait impacter directement les organismes du réseau trophique du sol, mais aussi indirectement en modifiant la qualité des litières produites.

Afin d'étudier les mécanismes par lesquels le changement climatique peut altérer la structure des réseaux trophiques et leurs fonctions, nous avons utilisé des sites instrumentés dans trois forêts méditerranéennes : chênaie à *Quercus pubescens* Willd. (O₃HP), chênaie à *Quercus ilex* L. (Puéchabon) et pinède à *Pinus halepensis* Mill. (Font-Blanche). Ces forêts sont soumises expérimentalement à une sécheresse amplifiée

prévue par les modèles climatiques en Méditerranée à l'aide de systèmes d'exclusion de pluie (– 30 % de précipitation annuelle). La première expérience *in situ* met en évidence que la forêt de *Q. ilex* présente une abondance et une biomasse d'arthropodes du sol plus faibles et des flux d'énergie entre groupes trophiques réduits comparés aux deux autres forêts. Ces résultats suggèrent que les différences de propriétés physico-chimiques du sol entre forêts conduisent à un fort contrôle ascendant sur la structure et l'architecture énergétique du réseau trophique du sol. Si l'abondance et la biomasse des détritivores et des omnivores sont réduites en condition de sécheresse amplifiée, les flux d'énergie ne sont pas affectés suggérant une forte stabilité du réseau trophique du sol. Une seconde expérience *in situ* visant à évaluer l'impact direct (*via* le manque d'eau) et indirect (*via* une modification de la qualité des litières) de la sécheresse sur les communautés microbiennes et mésofauniques a été effectuée grâce à des transplants de litières (litterbags) dans les trois forêts. Après deux ans de décomposition, la biomasse microbienne et l'abondance mésofaunique sont plus élevées avec la litière de *Q. pubescens* par rapport aux deux autres litières. Ces résultats mettent en évidence l'importance de certains traits foliaires pour les organismes consommant la litière. Bien que la sécheresse amplifiée ait induit une modification de la qualité des litières, aucun changement n'est observé sur les groupes d'organismes. En revanche, l'effet direct de la sécheresse amplifiée sur les paramètres microbiens et mésofauniques dépend du type de forêt suggérant que dans une même région méditerranéenne, le changement climatique pourrait modifier distinctement les organismes et leur contribution au processus de décomposition.

En laboratoire, la qualité de la litière et notamment sa structure physique (feuille *vs.* aiguille) a eu des effets distincts sur les organismes du réseau trophique (champignons-collemboles-acariens prédateurs). La seconde expérience en mésocosmes visant à analyser les effets interactifs de l'augmentation de la température et de la réduction de l'humidité du sol sur une communauté de collemboles en présence ou non d'acariens prédateurs, met en évidence que la sécheresse affecte différemment les espèces de collemboles mais réduit l'abondance de la communauté i) en supprimant l'effet positif de l'augmentation de la température et ii) en renforçant le contrôle du prédateur sur leur abondance. Finalement, ce travail de thèse souligne l'importance des caractéristiques physico-chimiques du sol et de la litière comme contrôle ascendant et des conditions hydriques sur la structure des réseaux trophiques du sol en forêt méditerranéenne.

Soil food web plays a key role in nutrient cycles and energetic fluxes essential for ecosystem functioning. Despite the relative importance of these organisms in plant litter decomposition, only few studies have focused on soil food webs in Mediterranean forests. However, Mediterranean plant species, adapted to drought and high temperature conditions, exhibit distinct litter physico-chemical characteristics likely to strongly control soil food web. In addition,

among terrestrial biomes, Mediterranean ecosystems appear as the most sensitive to climate change. More intense water stress could directly affect soil organisms but also indirectly through shifts in litter quality.

In order to understand how climate change could alter the structure and functions of soil food web in Mediterranean forest, we used three forested equipped sites: deciduous *Quercus pubescens* Willd. forest (O₃HP), evergreen *Quercus ilex* L. forest (Puéchabon) and *Pinus halepensis* Mill. forest (Font-Blanche), experimentally subjected to an aggravated drought predicted by climatic models in the Mediterranean thanks to a rain exclusion device (−30% of annual precipitation). Firstly, results of a field experiment evidenced that *Q. ilex* exhibits lower abundance and biomass of arthropod communities as well as reduced energy fluxes between trophic groups compared to the two other forests. These results suggest that differences in physico-chemical soil properties among forests lead to strong bottom-up control on the structure and energetic architecture of soil food webs. While abundance and biomass of detritivores and omnivores are reduced with amplified drought, energy fluxes are similar between the precipitation treatments suggesting a strong stability of soil food webs in Mediterranean forest.

Secondly, a litterbag transplant experiment was performed to understand the direct and indirect (*via* shifts in litter quality) drought effects on microbial and mesofaunal communities associated with the litter of the three tree species in the three forests. After two years of decomposition, microbial biomasses and mesofaunal abundances are higher with *Q. pubescens* litter compared to *Q. ilex* and *P. halepensis* litters highlighting the importance of some litter traits for soil organisms. Amplified drought induces shifts in litter quality, but no change is reported for soil organisms. In addition, microbial and mesofaunal parameters differently respond to the direct drought effect according to the forest type. These results suggest that in a same Mediterranean region, climate change could distinctly modify soil organisms and their contribution to the decomposition process.

In a laboratory experiment, we evidenced that litter quality and especially its physical structure (leaf *vs.* needle) controls soil food web organisms (fungi–Collembola–predatory Acari). À second mesocosm experiment aimed to evaluate the interactive effects of the increasing temperature and reducing soil moisture on a Collembola community, with or without predatory Acari. As provided by the *in-situ* experiment, laboratory results evidenced that drought differentially affects Collembola species but reduces collembolan community abundance i) by suppressing the positive effect of increasing temperature and ii) by strengthened the predatory control on collembolan abundance. Finally, this thesis highlights the importance of soil and litter physico-chemical characteristics acting as bottom-up driver and of the water availability on the soil food web structure in Mediterranean forests.

Lise ROPART

2020

Les communautés d'abeilles sauvages dans les habitats protégés méditerranéens : diversité, interactions et co-occurrence avec l'abeille domestique

Wild bee communities in Mediterranean protected habitats: diversity, interactions and co-occurrence with honey bee

Thèse de doctorat d'Aix-Marseille Université, soutenue le 4 septembre 2020.

Jury – Nathalie MACHON (Pr, Muséum national d'histoire naturelle), Bertrand SCHATZ (D^r CNRS, CEFE), rapporteurs ; Annie OUIN (MCF, HDR, ENSAT), Philippe PONEL (D^r CNRS, IMBE), examinateurs ; Lidwine LE MIRE PECHEUX (D^r, Parc national des Calanques), Denis MICHEZ (Pr, Université de Mons), invités ; Laurence AFFRE (MCF, HDR, Aix-Marseille Université), Benoît GESLIN (MCF, Aix-Marseille Université), directeurs de thèse.

Mots-clés : abeilles sauvages, abeille domestique, compétition, préservation, aires protégées méditerranéennes, réseaux de pollinisation, ressources florales.

Key words : wild bees, honeybee, competition, preservation, Mediterranean protected areas, pollination network, floral resources.

Le bassin méditerranéen français est constitué de territoires contrastés composés d'espaces urbains, de zones industrialisées et d'espaces naturels ou semi-naturels comprenant de nombreuses aires protégées à forts enjeux de conservation. Ces espaces protégés abritent une flore très diversifiée et attractive pour de nombreux insectes floricoles. Ainsi, de nombreux apiculteurs installent leurs colonies d'abeilles domestiques, *Apis mellifera* L., sur ces territoires. Confrontés aux demandes grandissantes d'installations de ruches, les gestionnaires d'aires protégées, notamment le Parc national des Calanques, s'interrogent sur les conséquences potentielles d'une densité élevée d'abeilles domestiques sur les communautés d'abeilles sauvages.

Dans un premier temps, il s'est avéré indispensable d'inventorier en amont la diversité des espèces de pollinisateurs, leurs traits écologiques, et leurs interactions avec la flore sauvage sur le territoire du Parc national des Calanques. Ainsi, à travers la compilation de campagnes de terrain sur une période de 10 ans, près de 250 espèces de pollinisateurs (Apoidea, Syrphidae et Bombyliidae) ont été répertoriées. Ces inventaires ont également fait état de la présence d'une espèce d'abeille encore jamais détectée en France, *Nomada*

rubricoxa (Hyménoptère : Apidae) et d'une nouvelle espèce de syrphé encore non décrite – *Pelecocera* sp. (Diptère : Syrphidae). Sur cette base, les facteurs pouvant structurer les communautés d'abeilles sauvages ont été explorés. Ainsi, les petites abeilles (taille du corps < 1,2 cm) étaient sensibles à la fois à la composition de la communauté végétale locale et à l'occupation du sol à l'échelle du paysage (à 1 km) tandis que les grandes abeilles (taille du corps > 1,2 cm) étaient sensibles à l'occupation du sol à l'échelle du paysage (à 1 km) et à la densité de colonies d'abeilles domestiques. En effet, la richesse spécifique et l'abondance des grandes abeilles sauvages diminuaient avec l'augmentation de la densité de colonies suggérant une compétition pour les ressources florales. Ce résultat a été confirmé à travers l'observation des comportements de butinage des abeilles domestiques et sauvages sur les trois espèces végétales dominantes de la garrigue : le ciste blanc, *Cistus albidus* L. ; le thym, *Thymus vulgaris* L. ; et le romarin, *Rosmarinus officinalis* L. La compétition pour les ressources florales s'est manifestée par une exclusion compétitive des grandes abeilles sauvages et un changement de régime alimentaire des petites abeilles sauvages et des bourdons. L'intensité de cette compétition était plus importante au début du printemps, lors de la floraison du romarin. Enfin, une première estimation de la quantité de ressources florales disponibles (nectar et pollen) à l'échelle du territoire du Parc national des Calanques, et en se focalisant sur le ciste blanc, le thym et le romarin a été réalisée. À ce jour, les résultats indiquent que les ressources produites par ces trois espèces ne sont pas suffisantes pour couvrir les besoins alimentaires des abeilles domestiques installées sur le territoire du parc.

Cette thèse met donc en évidence les conséquences de la pratique de l'apiculture – à des densités élevées – sur les communautés d'abeilles sauvages au sein d'habitats protégés méditerranéens. Au vu de l'importance de ces habitats pour les communautés de pollinisateurs sauvages, cette thèse propose également des préconisations de gestion visant à concilier la pratique de l'apiculture avec le maintien de la faune de pollinisateurs sauvages. Elle ouvre également de nouvelles perspectives quant à la nécessité d'approfondir les connaissances sur les traits écologiques des espèces de pollinisateurs sauvages, de développer de nouvelles méthodes de détection de la compétition entre pollinisateurs et de créer de nouveaux outils pour estimer les quantités de ressources florales disponibles à l'échelle d'un territoire.

The French Mediterranean basin is a mosaic of territories including urban and industrialized areas and natural or semi-natural habitats among which numerous protected areas such as National Parks. These Mediterranean protected areas shelter a very diverse flora which is attractive for many flower-visitors. Thereby, many beekeepers also install their honey bee colonies, *Apis mellifera* L. in these territories. Confronted with the growing demand to settle beehives, managers of protected areas question the consequences of the installations of high densities of honey bee colonies on wild bee communities.

To explore these consequences, it was essential to first estimate the diversity of pollinator species as well as their ecological traits, and their interactions with the local wild flora in the territory of the Calanques National Park. Thus, through the compilation of field campaigns on a 10-yr period, nearly 250 species of pollinators (Apoidea, Syrphidae and Bombyliidae) have been identified. These inventories also reported for the first time the existence of a bee species never previously detected in France, *Nomada rubricoxa* (Hymenoptera: Apidae) and a new hoverfly species, still not described – *Pelecocera* sp. (Diptera: Syrphidae). Then, the factors which could structure wild bee communities were explored. I showed that small bees (body length <1.2 cm) were sensitive to both the composition of the local plant community and to the land cover composition within a 1 km radius while large bees (body length > 1.2 cm) were sensitive to land cover composition within a 1 km radius and to the density of honey bee colonies. Indeed, specific richness and abundance of large wild bees decreased with the increase in the density of honey bee colonies suggesting a competition for floral resources. This result was confirmed by studying the foraging behavior of honey bees and wild bees on the three dominant plant species of the garrigue: grey-leaved cistus, *Cistus albidus* L.; thyme, *Thymus vulgaris* L.; and rosemary, *Rosmarinus officinalis* L. The competition for floral resources resulted in a competitive exclusion of large wild bees and a change in the floral diet of small wild bees and bumblebees. The intensity of this competition was greater in the early spring when rosemary was in bloom. Finally, a first estimation of the quantity of available floral resource (nectar and pollen) was provided across the territory of the Calanques National Park by focusing on grey-leaved cistus, thyme and rosemary. These results indicated that the resources produced by these three species are not sufficient to cover the food requirements of honey bees installed in the park's territory.

This thesis highlights the consequences of beekeeping activities – at high densities – on wild bee communities within Mediterranean protected habitats. Considering the importance of these habitats for the conservation of wild pollinator communities, this thesis also proposes management advices to allow the maintenance of beekeeping activities while preserving the wild pollinator fauna. It also exposes new perspectives relative to the needs to deepen knowledge on the ecological traits of pollinator species as well as to develop new methods to detect competition and to create new tools to estimate the quantities of floral resources available at a territory scale.

Manon HESS

2020

Early invasion resistance of plant communities established after a disturbance – Role of assembly history and priority effects

Résistance à l'invasion des communautés végétales établies après perturbation – Rôle de la dynamique de colonisation et des effets de priorité

Thèse de doctorat d'Avignon Université, soutenue le 6 novembre 2020.

Jury – Grégory MAHY (Pr, Université de Liège, Belgique), Vicky TEMPERTON (Pr, Université de Leuphana, Allemagne), rapporteurs ; Marie-Lise BENOT (Maître de conférences, Université de Bordeaux), Fanny DOMMANGET (Chargée de recherche, INRAE, Grenoble), Thierry DUTOIT (Directeur de recherche, UMR IMBE-CNRS, Avignon Université), examinateurs ; Anne SCHER (Directrice environnement adjointe, NGE, Saint-Étienne-du-Grès), membre invitée ; Élise BUISSON (Maître de conférences HDR, IMBE, Avignon Université), François MESLEARD (Directeur de recherche, Institut de recherche pour la conservation des zones humides Tour du Valat, Arles ; Professeur associé, IMBE, Avignon Université), co-directeurs.

Keywords: biological invasions, historical contingencies, timing, order of arrival, limiting similarity, revegetation, competition, composition, density, biomass, herbaceous community.

Mots-clés : invasions biologiques, contingences historiques, dynamique temporelle, ordre d'arrivée, limiting similarity, végétalisation, compétition, composition, densité, biomasse, communauté herbacée.

Invasive plant species cause serious environmental and sanitary issues and their control is today a major challenge. Disturbances involving vegetation removal and an increase in resource availability offer particularly favorable conditions for invasive plant colonization. Establishing a plant cover rapidly sequestering resources could be a relevant strategy to limit invasion. However, little is known about the characteristics enabling newly established communities to exert strong invasion resistance, especially in the early growth stages.

In this thesis, I focused on two potential determinants of invasion resistance of herbaceous plant communities in the early growth stages after a major disturbance, which are (1) the concept of limiting similarity, stating that the coexistence of species sharing the same ecological niche is limited by competitive exclusion, and (2) priority effects, which occur when the establishment of a species affects the performance or survival of later arriving species. The application of lim-

iting similarity to control invasive plants appears complex, ineffective and unsuitable for the most common situations. In contrast, integrating priority effects into invasive plant management strategies seems more promising. One strategy consists in restoring a plant cover exerting strong negative priority effects, decreasing the success of subsequent invasive plant establishment. In two greenhouse experiments, I explored the role of priority effects in early invasion resistance. In a first experiment, I manipulated species composition, sowing density and the elapsed time between community sowing and invasion by *Ambrosia artemisiifolia*, *Bothriochloa barbinodis* and *Cortaderia selloana*. A higher invasion resistance was observed when communities produced a high aboveground biomass, which was associated with the presence of productive species. Delaying invasive species arrival also decreased invasion success, but only if it allowed a sufficient increase in biomass production. A second experiment investigated how the identity of the first native colonizer (one of two grasses: *Dactylis glomerata* and *Lolium perenne*, or one of two legumes: *Onobrychis viciifolia* and *Trifolium repens*) and the timing of species establishment (synchronous vs. sequential sowing) influenced the structuration of the recipient community and its resistance to invasion by *A. artemisiifolia*. Small differences in assembly history of the recipient community substantially affected community structure, biomass production, soil nutrient content, as well as early invasion resistance. Sequential sowing generally decreased invasion resistance compared with a synchronous sowing. Early colonizers generated priority effects of variable strength most likely via belowground competition, which affected *A. artemisiifolia*'s invasion success. A prior establishment of the N-fixing legume *T. repens* particularly boosted *A. artemisiifolia*'s performance.

In conclusions, this thesis work highlights the inadequacy of revegetation strategies based on limiting similarity and reveals promising perspectives of manipulating assembly history and priority effects for designing invasion resistant communities. Assembly history significantly influenced early invasion success by inducing differences in biomass production and resource preemption by the recipient community. Priority effects of newly established communities and associated invasion resistance could be enhanced by (1) giving as much time advance as possible to the recipient community over invasives, (2) introducing species displaying an ability to rapidly produce biomass and preempt soil resources, or (3) avoiding sequential sowing especially when early colonizers are nitrogen-fixing, productive species.

Les plantes invasives posent d'importants problèmes environnementaux et de santé publique, et leur contrôle est aujourd'hui un défi majeur. Elles rencontrent des conditions particulièrement favorables après des perturbations conduisant à une suppression du couvert végétal et une remobilisation des ressources disponibles. La mise en place d'un couvert végétal séquestrant rapidement ces ressources paraît alors une réponse probante pour réduire l'invasion. Néan-

moins, les caractéristiques des communautés nécessaires pour exercer une résistance efficace, notamment dans les premières phases d'installation, sont encore peu connues.

Dans cette thèse, je me suis intéressée à deux mécanismes qui pourraient influencer la résistance à l'invasion des communautés végétales herbacées lors des premiers stades d'installation après une perturbation majeure, que sont : (1) la « limiting similarity », impliquant que la coexistence d'espèces partageant la même niche écologique est limitée par l'exclusion compétitive, et (2) les effets de priorité, qui surviennent lorsque l'installation d'une espèce affecte la performance ou la survie d'une espèce arrivant par la suite. L'examen de la littérature confirme que l'application de la « limiting similarity » pour lutter contre les plantes invasives est complexe et n'a, jusqu'à aujourd'hui, fait preuve d'efficacité. Elle apparaît inadaptée aux situations les plus communes. Intégrer les effets de priorité aux méthodes de contrôle des plantes invasives après une perturbation semble d'avantage prometteur. Une des stratégies consiste en la mise en place d'un couvert végétal exerçant de forts effets de priorité négatifs, diminuant le succès d'installation des plantes invasives. Deux expérimentations en serre ont été réalisées à cet effet. Elles visent à jouer sur les effets de priorité de la communauté native receveuse composée d'espèces classiquement utilisées en revégétalisation, afin d'en comprendre l'implication dans la résistance à l'invasion. Dans une première expérimentation, le temps d'avance de la communauté receveuse sur l'arrivée de trois espèces invasives (i.e. *Ambrosia artemisiifolia*, *Bothriochloa barbinodis* et *Cortaderia selloana*), la composition en espèces et la densité des semis ont été manipulés. Une meilleure résistance à l'invasion a été observée lorsque les communautés produisent une forte biomasse aérienne, cette dernière étant associée à la présence d'espèces productives. Retarder l'arrivée des espèces invasives a également réduit le succès d'invasion, mais ceci uniquement lorsque la production de biomasse était suffisamment importante. Une seconde expérimentation a porté sur l'influence de l'identité de la première espèce installée (deux poacées : *Dactylis glomerata* ou *Lolium perenne* et deux fabacées : *Onobrychis viciifolia* ou *Trifolium repens*) dans la communauté receveuse ainsi que l'ordre de semis des espèces (semis simultané de la communauté ou séquentiel) sur la structuration de la communauté et les conséquences sur sa résistance à l'invasion par *A. artemisiifolia*. Des différences minimales dans la dynamique de colonisation de la communauté receveuse ont substantiellement affecté sa structure, sa production de biomasse, la concentration du sol en nutriments, ainsi que sa résistance précoce à l'invasion. Le semis séquentiel a généralement diminué la résistance à l'invasion par rapport au semis simultané de l'ensemble de la communauté. Les espèces installées en premier ont généré des effets de priorité d'intensité variable, vraisemblablement par le biais de la compétition racinaire, impactant le succès d'invasion par *A. artemisiifolia*. L'introduction précoce de la fabacée fixatrice d'azote *T. repens* a particulièrement stimulé la performance de *A. artemisiifolia*.

En conclusion, tandis que l'application de la « limiting similarity » se révèle être incompatible avec la conception de

communautés résistantes à l'invasion précoce, manipuler la dynamique de colonisation et les effets de priorité semble d'avantage prometteur. La dynamique de colonisation a considérablement influencé le succès d'invasion en induisant, chez la communauté receveuse, des différences de production de biomasse et de préemption des ressources. Les effets de priorité des communautés récemment établies et la résistance à l'invasion associée pourraient être améliorés en (1) maximisant le temps d'avance à la communauté receveuse par rapport aux espèces invasives, (2) introduisant des espèces capables de produire rapidement de la biomasse et de préempter les ressources du sol, et (3) évitant le semis séquentiel, en particulier lorsque les premières espèces installées sont des espèces productives fixatrices d'azote.

Justine VIROS

2020

Émission de COVB de la litière d'espèces végétales en milieu forestier tempéré

Thèse de doctorat d'Aix-Marseille Université, soutenue le 26 novembre 2020.

Jury – Sandrine MOJA (Maître de conférences, Université Jean Monnet, Saint-Étienne), Thomas MICHEL (Maître de conférences, HDR, Université Côte d'Azur, Nice), rapporteurs ; Anne MONOD (Pr, LCE, Marseille), Benjamin LOUBET (Directeur de recherche, INRAE, Thiverval-Grignon), Martine HOSSAERT (Directeur de recherche CNRS, Montpellier), examinateurs ; Laurence GALSOMIES (Dr, ADEME, Paris), invitée ; Elena ORMENO LAFUENTE (Chargée de recherche, IMBE, Marseille), Catherine FERNANDEZ (Pr, IMBE, Marseille), co-directrices.

Mots-clés : COVB, litière, qualité de l'air, décomposition, température et humidité.

Les sources de composés organiques volatils d'origine biogénique (COVB) sont multiples (végétation terrestre, micro-organismes etc.). Parmi les compartiments susceptibles d'émettre des COVB, la litière n'a été que très peu étudiée, contrairement à la canopée. Pourtant, la caractérisation des différentes sources est nécessaire car l'émission de COVB dans l'atmosphère peut être à l'origine de la formation d'O₃ et d'aérosols organiques secondaires (SOA) impactant directement les écosystèmes, le climat et la santé humaine. Or la litière s'accumule fortement en climat tempéré et sa présence tout au long de l'année en fait une source permanente à l'inverse des émissions des arbres décidus liées à la présence de feuilles. L'objectif de ce travail a été de caractériser les émissions de COVB de la litière et d'analyser les facteurs qui les influencent quantitativement et qualitativement. Pour cela, nous avons mené des prélèvements in vitro et in situ de COVB. Par ailleurs, l'échantillonnage des COVB a été effectué offline (utilisation de cartouches et

analyses en chromatographie en phase gazeuse couplée à un spectromètre de masse, GC-MS) mais également online (via un Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry, PTR-MS).

Simon TARABON

2020

*La prise en compte
des fonctionnalités écologiques
dans l'aménagement du territoire
et l'application de la séquence
Éviter-Réduire-Compenser.
De l'échelle projet à la planification*

**Integrating a landscape
connectivity approach into
mitigation hierarchy, from
environmental impact assessment
to urban planning**

*Thèse de doctorat d'Avignon Université, soutenue le
26 novembre 2020.*

Jury – Foltête Jean-Christophe FOLTETE (ThéMA, Université de Bourgogne-Franche-Comté), Philip ROCHE (INRAE Aix-en-Provence), rapporteurs; Marthe LUCAS (IMBE, Avignon Université), Nathalie FRASCARIA-LACOSTE (ESE, Université AgroParis Tech), examinatrices; Fabienne THEURIAU (Soberco Environnement), Vullion Fabrice VULLION (Soberco Environnement), encadrants; Thierry DUTOIT (IMBE), Francis ISSELIN-NONDEDEU (IMBE et CITERES, Université de Tours), co-directeurs.

Mots-clés: biodiversité, séquence Éviter-Réduire-Compenser, aménagement du territoire, planification territoriale, compensation écologique, absence de perte nette, connectivité écologique, modélisation, théorie des graphes, Maxent, Graphab.

Keywords: biodiversity, mitigation hierarchy, urban development, land use planning, offsetting, no net loss, habitat connectivity, modeling, graph theory, Maxent, Graphab.

La biodiversité est confrontée à une érosion accélérée et est devenue une préoccupation environnementale mondiale ces dernières décennies. En France, la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC) est un des outils réglementaires mis en place dans un contexte de destruction et de fragmentation des habitats d'espèces. Elle permet le développement des territoires tout en visant une absence de perte nette de biodiversité. Cependant, malgré les récentes évolutions réglementaires européennes et françaises, le triptyque ERC présente de nombreuses limites et enjeux d'ordre opérationnel. En positionnant nos travaux à l'interface entre recherche et opérationnalité, nous proposons

un cadre méthodologique basé sur plusieurs approches de modélisation afin d'améliorer les processus d'évaluation et décisionnels aux différentes étapes d'aménagement, de la planification à l'opérationnel au moment de l'autorisation des projets. Dans une première partie du travail, nous intégrons les enjeux spatio-temporels de la biodiversité à l'ensemble de la séquence ERC, de l'évaluation des impacts potentiels au dimensionnement des mesures écologiques. À partir du cas précis de l'aménagement du Grand Stade de Lyon, nous montrons l'intérêt de combiner les modèles de distribution d'espèces et les graphes paysagers pour identifier les réseaux écologiques et poser un cadre de calcul de l'équivalence écologique basé sur le volet fonctionnel de la biodiversité. Intégrer les dimensions spatiales et temporelles permet d'accroître la connectivité des habitats et améliorer la conception des projets. Nous montrons ensuite qu'organiser la compensation à l'échelle des territoires en les intégrant aux réseaux écologiques améliore davantage les bénéfiques et réduit le risque d'échecs des mesures. Notre démarche est présentée dans le contexte périurbain de l'Ouest de Lyon. Enfin, nous démontrons les implications d'une démarche anticipée et planifiée de la séquence ERC dans la planification stratégique des territoires. Pour cela, nous montrons dans le cadre de la Métropole de Toulouse l'intérêt d'étudier conjointement les dynamiques urbaines et écologiques pour mettre en place une stratégie de conservation de la biodiversité à l'horizon 2040 en assurant l'absence de perte nette sur les habitats d'espèces et leur connectivité selon différentes trajectoires d'urbanisation et de ratio de compensation. Cette thèse offre une approche globale pour orienter les décideurs et améliorer la prise en compte des fonctionnalités écologiques à différentes échelles spatiales et temporelles dans l'aménagement des territoires et l'application de la séquence ERC. Ce travail est basé sur des logiciels novateurs et accessibles pour tous les acteurs et constitue une contribution intéressante à l'appui des maîtres d'ouvrage qui souhaitent s'assurer de l'absence d'effets significatifs ou irréversibles sur la biodiversité, et des autorités environnementales qui veillent à ce que l'ensemble des enjeux environnementaux soient bien pris en compte dans la conception des projets d'aménagement.

Over the past decades, biodiversity erosion has speeded up and become a global environmental concern since. Anthropization has led to. The mitigation hierarchy (avoidance, reduction and offsetting of impacts) is a regulatory tool implemented in a context of habitat destruction and fragmentation, disrupting species' life cycle. The objective is to achieve "no net loss" of biodiversity following urban development. Although biodiversity conservation regulations have recently better addressed ecosystem functioning, the mitigation hierarchy is still being implemented with little concern for the spatial configuration of ecosystems in the landscape. This thesis hypothesizes that the major difficulties encountered by stakeholders are, in part, methodological and technical. Situating our research at the knowledge-action interface, we propose a methodological framework

based on several modeling approaches, to respond to the different scientific and operational challenges. This thesis joins forces with other scientific projects and stakeholders' networks by exploring complementary axes. To this end, we first integrate spatio-temporal issues of biodiversity into overall mitigation hierarchy application, focusing on potential impacts and dimensioning at "territorial development project" scale through a case study on the new stadium in Lyon (Southern France). Combining species distributions models and spatial graphs improves habitat connectivity and therefore the design of the development projects. Next, we demonstrate the positive impacts on peri-urban habitat connectivity of pooling and anticipating offsets in the suburbs of Lyon. In the last part, we demonstrate the implications of an anticipated and planned approach to the mitigation hierarchy on a planning scale. We consider both ecological connectivity and urban dynamics, in an attempt to minimize the ecological impacts of urban sprawl by avoiding urbanization of areas of highest ecological value and then enhance the application of biodiversity offsetting. This method is tested on projections for the Toulouse conurbation (Southern France) by 2040. Thus, this thesis presents an overall approach that can help to increase habitat connectivity and to improve the design of territorial development projects at different spatial and temporal scales. This methodology is based on freeware available to all practitioners. It will serve planners, designers, and decision-makers needing to ensure that there are no significant or irreversible effects on biodiversity, and environmental authorities making sure that all environmental issues are taken into account in the design of development projects.

Manon HELLUY

2020

Adapter la gestion des forêts méditerranéennes au changement climatique

Thèse de doctorat d'Aix-Marseille Université, soutenue le 10 décembre 2020.

Jury – Lluís COLL (Associate Professor, Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, Lleida), Jean-Claude GEGOUT (Professeur des universités, AgroParisTech Nancy), rapporteurs; Virginie BALDY (Professeur des universités, IMBE Université Aix-Marseille), Philippe BALANDIER (Directeur de recherche, INRAE Clermont-Ferrand), examinateurs; Catherine FERNANDEZ (Professeur des universités, IMBE Université Aix-Marseille), Bernard PREVOSTO (Ingénieur de recherche, INRAE Aix-en Provence), co-directeurs.

Keywords: biological invasions, historical contingencies, timing, order of arrival, limiting similarity, revegetation, competition, composition, density, biomass, herbaceous community.

Mots-clés: invasions biologiques, contingences historiques, dynamique temporelle, ordre d'arrivée, limiting similarity, revégétalisation, compétition, composition, densité, biomasse, communauté herbacée.

La fréquence, la durée et l'intensité des épisodes de sécheresse devraient augmenter dans la région méditerranéenne en raison du changement climatique, impactant fortement les écosystèmes forestiers. En particulier, ces perturbations limitent la croissance annuelle des arbres ainsi que le renouvellement forestier, entraînant une perte de résilience des forêts méditerranéennes. Dans ce contexte, comprendre les processus qui conditionnent la réponse des arbres et des arbres juvéniles à la sécheresse est d'un grand intérêt pour la gestion forestière. Dans cette thèse, les interactions pour les ressources entre des pins d'Alep adultes (*Pinus halepensis*), des jeunes arbousiers (*Arbutus unedo*), de jeunes frênes à fleurs (*Fraxinus ornus*), de jeunes sorbiers domestiques (*Sorbus domestica*) et un sous-étage arbustif composé principalement de chênes kermès (*Quercus coccifera*) sont étudiées le long d'un gradient de couvert de pins d'Alep. Le stress hydrique s'est avéré être le principal facteur limitant la dynamique des peuplements à l'étude. Le couvert dense de pins a accru la compétition pour l'eau, induisant une croissance réduite pour les pins d'Alep, les arbousiers et les sorbiers domestiques ainsi qu'une faible survie pour les arbousiers et les sorbiers domestiques. Cependant, ce couvert dense s'est avéré bénéfique pour le frêne à fleur, décrit comme tolérant à l'ombre. Le couvert léger de pins d'Alep quant à lui a entraîné une diminution de la compétition pour l'eau, induisant une augmentation de la croissance des pins d'Alep, des jeunes arbres en général et du couvert végétal compétitif. Ces résultats mettent en évidence les effets positifs de l'éclaircie, mais également du sous-étage arbustif, en particulier pour atténuer le stress lié à la sécheresse et maximiser la survie et la croissance des jeunes arbres. Tous ces résultats ont été intégrés dans un modèle structure-fonction appelé RReShar (Resource and Regeneration Sharing), qui a été adapté dans le cadre de cette thèse aux peuplements de pins méditerranéens.

Tania DE ALMEIDA

2020

*Impact d'une espèce ingénieure de l'écosystème et son utilisation en restauration écologique – Le cas de *Messor barbarus* (L.) dans les pelouses méditerranéennes*

Impact of an ecological engineer on the ecosystem and its use in ecological restoration: the case of *Messor barbarus* (L.) in Mediterranean grasslands

Thèse de doctorat d'Avignon Université, soutenue le 11 décembre 2020.

Jury – Claire DETRAIN (D^r, FNRS, Université libre de Bruxelles, Belgique), Xim CERDA (D^r, Estación Biológica de Doñana, Espagne), rapporteurs; Estelle FOREY (MCF-HDR, ECODIV, Université de Rouen Normandie), Apolline AUCLERC (MCF, LSE, Université de Lorraine, ENSAIA), examinatrices; François MESLEARD (D^r, Tour du Valat, Professeur associé, IMBE, Avignon Université), Thierry DUTOIT (D^r, CNRS, IMBE, Avignon Université), co-directeurs; Olivier BLIGHT (MCF, IMBE, Avignon Université), co-encadrant.

Mots-clés: Ingénieur de l'écosystème, fourmis, pelouses méditerranéennes, restauration écologique, interactions, propriétés physico-chimiques du sol, communautés végétales, faune, traits fonctionnels et d'histoire de vie.

Keywords: Ecosystem engineer, ants, Mediterranean grasslands, ecological restoration, interactions, soil physico-chemical properties, plant communities, fauna, functional and life history traits.

L'objectif principal de cette thèse était double : (i) mesurer l'impact d'une espèce de fourmi sur son écosystème, afin (ii) d'en déduire des applications potentielles dans le domaine de la restauration écologique. Les fourmis sont parmi les organismes les plus abondants des écosystèmes terrestres et occupent des zones géographiques très variées. Elles jouent des rôles écologiques clés dans de nombreux écosystèmes comme ingénieurs du sol, prédateurs ou régulateurs de la croissance et de la reproduction des plantes. Cependant les données collectées localement sont souvent parcellaires et ne permettent pas d'avoir une vision complète de l'impact d'une espèce sur son milieu. *Messor barbarus* (L.), connue pour redistribuer les graines et pour modifier les propriétés physico-chimiques du sol, est largement répandue dans le sud-ouest de l'Europe notamment au sein des pelouses méditerranéennes. Elle pourrait donc jouer un rôle majeur dans la composition et structuration de ces pelouses caractérisées par une forte biodiversité mais dont le nombre et la superficie ont drastiquement diminué ces dernières

décennies. Dans un premier temps, par une étude multi-compartiments, nous avons confirmé l'hypothèse selon laquelle *M. barbarus* est une ingénieure de l'écosystème au sein des pelouses méditerranéennes. Elle transforme cet habitat en modifiant, comme attendu, les propriétés physico-chimiques du sol. Ces modifications sont associées à une augmentation de la biomasse et de l'hétérogénéité des communautés végétales ainsi qu'à des changements dans les faunes épigée et endogée (abondance, occurrence et structure des communautés). De plus, *M. barbarus* modifie profondément les relations trophiques et non trophiques interspécifiques et entre les espèces et leur habitat. L'hétérogénéité créée à l'échelle locale par l'activité de cette fourmi, entraîne une diversification des niches écologiques au sein de ces pelouses. Malgré leur rôle souvent majeur sur le fonctionnement des écosystèmes, les fourmis ne sont que très rarement considérées en restauration écologique. Sur notre site d'étude, un chantier de réhabilitation d'une pelouse sèche après une fuite d'hydrocarbures et un transfert de sol, *M. barbarus* a permis d'accélérer la restauration des propriétés physico-chimiques du sol mais aussi de la banque de graines à moyen terme - sept ans après la réhabilitation du site. Ces résultats font donc de cette espèce une bonne candidate en ingénierie écologique. Afin de généraliser l'utilisation des fourmis en restauration écologique, nous proposons une méthodologie à destination des gestionnaires basée sur l'utilisation de traits fonctionnels et d'histoire de vie. Pour cela nous avons évalué le potentiel des fourmis en écologie de la restauration, puis nous avons listé l'ensemble des traits connus pour affecter les compartiments abiotiques et biotiques et/ou pertinent pour effectuer un suivi du succès de la phase de restauration. La méthodologie proposée permet une première sélection des espèces potentiellement utilisables en fonction des objectifs de restauration.

The main objective of this thesis was double: (i) to assess the impact of an ant species on its ecosystem, in order to (ii) deduce potential applications in the field of ecological restoration.

Ants are among the most abundant organisms in terrestrial ecosystems and occupy a wide range of geographical areas. They play key ecological roles in many ecosystems as soil engineers, predators or regulators of plant growth and reproduction. However, the information collected locally is often fragmented and does not provide a complete overview of the impact of a species on its environment.

Messor barbarus (L.), known to redistribute seeds and to modify the soil physico-chemical properties, is widespread in South-Western Europe, particularly in Mediterranean grasslands. Therefore, it may play a major role in the composition and structuring of these ecosystems, which are characterised by high biodiversity but whose abundance and surface area have decreased drastically in recent decades.

Through a multi-compartment study, we confirmed the hypothesis that *M. barbarus* is an ecological engineer in

Mediterranean grasslands. This species changes this habitat by modifying, as expected, soil physico-chemical properties. These modifications are associated with an increase in both biomass and heterogeneity of plant communities, as well as changes in above- and belowground fauna (abundance, occurrence and structure of communities). *Messor barbarus* profoundly changes trophic and non-trophic relationships within and between species and their habitat. The heterogeneity created locally by the activity of *M. barbarus* leads to a diversification of ecological niches within these grasslands.

Despite their major role in the functioning of ecosystems, ants are rarely considered in restoration ecology. In our study site, corresponding to a dry grassland rehabilitated after an oil leak and a soil transfer, *M. barbarus* contributed to accelerate the restoration of the soil physico-chemical properties but also of the seed bank in the medium term - seven years after the rehabilitation. These results make this species a good candidate for ecological engineering.

In order to generalise the use of ants in restoration ecology, we propose a trait-based methodology for stakeholders. We evaluated the potential of ants in restoration ecology, then listed all the traits known to affect abiotic and biotic compartments and/or relevant to monitor the success of the restoration phase. The proposed methodology provides a first selection of potentially relevant species according to the restoration objectives

Majid POURKERMAN

2020

Geoarchaeology of some Persian Gulf ancient harbours

Géoarchéologie de quelques ports antiques du golfe Persique

Thèse de doctorat en géoarchéologie d'Aix-Marseille Université, soutenue le 11 décembre 2020.

Jury – Nick MARRINER (Directeur de recherches, CNRS, THEMA, Université de Franche-Comté), Giovanni SARTI (Professeur des Universités, Pisa University), rapporteurs; Hamid LAHIJANI (Professeur de Iranian National Institute for oceanography and atmospheric science, INIO-AS), Edward ANTHONY (Professeur des Universités, Université d'Aix-Marseille) et Marjan MASHKOUR (Dr CNRS : Archéozoologie et archéobotanique – Sociétés, pratiques et environnements UMR 7209 – AASPE), examinateurs; Christophe MORHANGE (Professeur des Universités, Université d'Aix-Marseille) et Morteza DJAMALI (Chargé de recherches, CNRS-IMBE, Université d'Aix-Marseille), co-directeurs.

Keywords: Persian Gulf, geoarchaeology, Siraf, Najirum, geomorphology, ancient harbours, Holocene, sea level.

Mots-clés: Golfe persique, ports antiques, géoarchéologie, Najirum, Siraf, Holocène, niveau marin.

The Persian Gulf is located south of Iran and it was an important theatre for the Persian Empires and Arab Caliphates. The present geomorphology of the Persian Gulf is controlled by both plate and salt tectonics. The impacts of relative sea-level (RSL) variations, climate changes, basin morphology and coastal uplift on the development of ancient harbours and navigation in the northern Persian Gulf are still unknown. Many questions remain unanswered regarding the changes in the location of important harbours by the Sassanids (Rishar to Apologus in the northwest) and Abbasid Caliphate (Apologus to Siraf and Najirum at central), in addition to the impacts of climate changes on maritime navigation in the Persian Gulf. Furthermore, there is a paucity of data regarding the interaction between regional sea-level rise and salt tectonics on the RSL oscillations and coastal uplift in the northern Persian Gulf. In this thesis, we employed a multidisciplinary methodology embracing geomorphology, archaeology, sedimentology, biostratigraphy, meteorology, physical oceanography, palaeoclimatology, remote sensing, geography information systems, sea-level modeling etc. to shed light on the history of maritime activities in the Persian Gulf, coastal dynamics and the reconstruction of RSL changes during the mid to late Holocene.

The principal aim of this study was to evaluate the risk of natural and anthropogenic processes on waterfront archaeological sites. The results demonstrate that RSL in the Persian Gulf is controlled by both regional sea-level changes and local salt tectonics. After the mid-Holocene RSL rise, two lowstands are recorded. 1- The first lowstand (1.7-1.5 kyr B.P.) was concurrent with increasing flow in the Shatt-al-Arab and a deeper fluvial water column. It led to a shortening of navigable water columns in shallow coastal areas and a shift in important Sassanian harbours from the coastal peninsula of Rishar to the fluvial context of Apologus. 2- The second RSL fall coincided with a reduction in the Shatt-al-Arab water column and the onset of the summer NW Shamal wind (1.4 kyr B.P.). The most significant impact of the summer Shamal wind was on Ras-e-Motaf and the second RSL fall led to the navigable water column becoming too shallow during low-tide in the Shatt-al-Arab estuary. Therefore, the risks of sinking and trapping for ocean-going vessels were increased. These environmental factors appear to have made Siraf the best alternative for seafarers. The last lowstand was concurrent with rapid coastal uplift at Bataneh (Najirum), following salt injection into the Darang salt dome. It caused a coastal uplift of ca. +3.7 m. With decreasing water column, RSL oscillation intervals were increased. RSL rise and increasing coastal erosion during the winter-time Shamal winds led to the degradation of harbour potentialities and was possibly at the origin of economic decline and poorly adapted harbour works at Siraf during a 150-year period between 850 and 1000 kyr B.P. The economic dependence of Bataneh on Siraf, led to Bataneh being abandoned with a shift in trade to Kish Island at around 1 kyr B.P.

Shoreline movements of Siraf's coastline were evaluated along 244 transects during the period 1973-2006. Since the 2000s, a decreasing sediment budget is the result of drought, increasing anthropogenic activities in the coastal

zone and local watershed modifications. 70% of the studied transects recorded erosion with worrying implications for the waterfront archaeological remains. It is suggested that coastal erosion is responsible for widespread archaeological damage to Siraf's waterfront. Meanwhile, oil and gas fields have led to the expansion of several petrochemical factories along the coast. They have had direct and indirect impacts on the destruction of ancient sites. For instance, 90% of the ancient site of Bataneh has been destroyed during last 20 years. Further geoarchaeological studies are required at waterfront sites of the

Persian Gulf because many sites are being quickly destroyed by modern developments, present RSL rise and coastal erosion.

Le golfe Persique se localise au sud de l'Iran. Il a joué un rôle important durant l'empire Perse et le Califat arabe. La géomorphologie actuelle du golfe Persique est principalement liée à la tectonique des plaques et à la néotectonique salifère. Les variations relatives du niveau de la mer, les changements climatiques et les forçages géomorphologiques ont eu des impacts sur la localisation des ports antiques et sur la navigation. De nombreuses interrogations subsistent concernant (1) les dynamiques portuaires, de Rishar vers Apologus plus au Nord-Ouest sous les Sassanides puis d'Apologus vers Siraf sous le Califat et (2) les impacts des changements climatiques sur la navigation dans le golfe Persique. De plus, les données sont rares concernant les variations relatives du niveau marin. Dans cette thèse, nous avons utilisé une méthodologie pluridisciplinaire associant géomorphologie, archéologie, sédimentologie, bio-stratigraphie, météorologie, océanographie, études des paléo-climats, analyse d'images, systèmes d'informations géographiques, etc. pour éclairer l'histoire des activités maritimes dans le golfe Persique, les dynamiques littorales et reconstruire les variations relatives du niveau marin depuis 2000 ans. Le deuxième objectif de cette thèse était d'évaluer les risques naturels et anthropogéniques sur les sites archéologiques côtiers. Nos résultats montrent que les

variations relatives du niveau marin dans le golfe Persique sont contrôlées à la fois par la mobilité globale, la tectonique du bassin et la tectonique salifère locale. Après la montée holocène du niveau marin, deux bas niveaux relatifs sont identifiés : (1) Le premier bas niveau (vers 1700-1500 ans BP) explique l'épaississement de la colonne d'eau du Shatt-al-Arab. Il explique partiellement la migration des activités portuaires de la péninsule de Rishar en direction du port fluvial d'Apologus à l'époque Sassanide. (2) Le deuxième bas niveau (vers 1200 ans BP) coïncide avec une réduction de la colonne d'eau du Shatt-at-Arab et le développement des vents de Shamal l'été. Les impacts d'origine éolienne les plus importants ont affecté Ras-e-Motaf; l'estuaire du Shatt-al-Arab ne devenant plus navigable et accroissant les risques de naufrage des navires de haute mer. Siraf est alors devenu le port le plus sûr. À la même époque, le port de Bataneh (Najirum), connaît un soulèvement rapide, de l'ordre de + 3,7 m, en relation avec la tectonique salifère. De plus, la montée relative du niveau de la mer a entraîné un accroissement de l'érosion côtière, principalement durant les périodes hivernales de Shamal. Tous ces facteurs sont possiblement à l'origine du déclin économique et de l'indatation progressive de Siraf vers 850-1000 après J.-C., avec un abandon de Bataneh et une migration des activités portuaires sur l'île de Kish il y a 1000 ans. La mobilité des rivages de Siraf a été mesurée grâce à l'établissement de 244 transects étudiées entre 1973 et 2006. Les années 2000 sont caractérisées par un budget sédimentaire déficitaire en relation avec une sécheresse accrue et des activités humaines accrues sur le littoral et dans les bassins-versants. 70 % des transects traduisent une érosion qui a des impacts sérieux sur la conservation des vestiges archéologiques littoraux. De même, l'exploitation du gaz et du pétrole a entraîné la localisation de compagnies pétrochimiques sur le littoral, à l'origine de la destruction directe et indirecte de nombreux sites archéologiques, comme à Bataneh, où 90 % de la surface du site a disparu en 20 ans. Dans le futur, des études géoarchéologiques seraient nécessaires car de nombreux sites côtiers du golfe Persique sont en voie de disparition du fait de l'urbanisation, des changements de l'occupation du sol, de la montée actuelle du niveau marin relative et de l'érosion des plages.

Jacques Lepart

(25 juillet 1947 - 4 juillet 2020)

Rédigé par Dr. Pascal MARTY

Maison française d'Oxford
USR 3129 CNRS
2-10 Norham Road, Oxford OX2 6SE

La liste de ses publications et le nombre de ses co-auteurs donnent une idée précise de la manière dont Jacques Lepart concevait le travail scientifique : son intérêt et sa joie à produire des connaissances tenaient beaucoup au fait de le faire avec d'autres et en particulier avec ses étudiantes et ses étudiants. La conversation scientifique avec lui était un plaisir et une stimulation intellectuelle dont tous ceux qui l'ont connu mesurent encore plus la valeur au moment de sa disparition.

Après ses études d'agronome à l'École nationale supérieure agronomique de Montpellier, études débutées juste après une formation scientifique complétée par l'éducation politique de terrain qu'a été mai 68 à Paris, Jacques Lepart a opté sans hésitation pour la liberté et la créativité du monde scientifique plutôt que pour celui de la mise en œuvre de la modernisation agricole. Après avoir effectué son service national de la coopération à Alger, où il rencontre celle qui deviendra son épouse et la mère de ses deux enfants, il débute son parcours scientifique au Centre d'études phytosociologiques et écologiques Louis Emberger (CNRS) à Montpellier.

Sa trajectoire scientifique en écologie se fonde avec plusieurs grandes évolutions de la discipline.

Au CEPE, qui deviendra en 1987 le CEFE (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive), on lui confie un travail d'analyse de données dans un projet, l'Écothèque Méditerranéenne, sous la direction de Gilbert Long. Il s'agit d'un centre pour l'acquisition, le stockage, la gestion, le traitement et la diffusion de données issues de la recherche sur les milieux terrestres méditerranéens. Ce projet, sans doute arrivé trop tôt, fait écho à tout le travail mené aujourd'hui sur le stockage, le partage et la synthèse des données de recherche.

Avec Gilbert Long, et c'est un des héritages de l'école d'écologie et de botanique de Montpellier, Jacques Lepart est dans un environnement où est très fort le souci d'insuffler de la science et de la connaissance dans l'aménagement du territoire. Jacques, et son engagement associatif dans la conservation de la biodiversité l'a prouvé, n'a cessé de réfléchir à la formalisation des liens entre les dynamiques des systèmes écologiques et les activités humaines. Conscient de la nécessité de mieux comprendre la variabilité spatio-temporelle de ces systèmes, il a constamment eu en tête l'importance de l'histoire. C'est donc très naturellement qu'il s'est engagé dans des travaux à l'échelle du paysage, avant même que les premiers manuels diffusent le terme d'« Écologie du paysage ». Il a réussi, avec ses collègues et co-auteurs du CEFE à rendre évident le lien entre des processus populationnels et la structuration des paysages. Armé d'un modèle théorique (la succession végétale ; l'article de synthèse publié avec José Escarré a été un quasi-manuel sur la question) et d'un modèle empirique (les ligneux et leur diffusion spatiale), Jacques a produit des contributions essentielles sur la complexité des interactions écologiques, la dynamique des processus et la mobilité des motifs paysagers, la transformation des habitats d'espèces.

Malgré son investissement dans la recherche, il a toujours été attentif à connecter les connaissances produites avec le monde social : convaincu que – c'était son expression – le paysage est « un déterminisme social tissé de naturel », il a été très engagé dans l'intégration des sciences humaines et sociales dans la recherche en écologie. Au CEFE, laboratoire dont il a été le directeur adjoint de 1992 à 2002, il est un de ceux qui ont donné de ce point de vue une impulsion fondamentale

pour cette intégration, répétée ensuite dans d'autres laboratoires.

Les travaux de Jacques Lepart illustrent aussi un autre versant de l'histoire de l'écologie et de l'histoire du CEPE-CEFE, celui de la montée en puissance de la scientificité, avec la publication des résultats dans les meilleurs supports internationaux, avec l'orientation vers la recherche de pointe. Il a en particulier mené des travaux sur les processus populationnels, les systèmes de reproduction des plantes et sur l'androdioécie, à partir d'un dispositif de long terme au terrain d'expériences du CEFE sur *Phyllirea angustifolia*.

Sur le plan de l'action, il s'est engagé auprès des acteurs du territoire en faveur de la conservation : il a participé à de nombreux conseils scientifiques (Parc national des Cévennes, ONF Méditerranée, CSRPN du Languedoc-Roussillon, CESE du Languedoc-Roussillon...) et surtout il a présidé pendant 23 ans le Conservatoire d'espaces naturels du Languedoc-Roussillon puis d'Occitanie. Le fait qu'il ait voulu maintenir une grande indépendance entre sa recherche et les activités du Conservatoire est typiquement caractéristique de sa discrétion et de son honnêteté intellectuelle.

Une fois retraité, il a davantage encore réfléchi aux enjeux territoriaux de la conservation. Il a théorisé les liens entre territoire et conservation, autour de réflexions sur l'intendance du territoire, les biens communs, l'éthique du *care* (i.e. éthique de la sollicitude) avec la conviction qu'une des solutions à l'érosion de la biodiversité résidait dans la mise en œuvre d'actions et d'initiatives d'écologisation du territoire par ceux qui le gèrent, agriculteurs, éleveurs, viticulteurs...

Derrière une certaine réserve, Jacques Lepart était doté d'un grand sens de l'humour et toutes et tous se souviennent de son rire discret comme de ses brèves observations pleines d'à-propos sur les façons de faire et les petits défauts du monde scientifique dont il était un fin observateur. Ce sens de l'humour était très lié sans doute au fait que Jacques Lepart a toujours pris beaucoup de bonheur à mener son travail de recherche et à le faire en lien avec un grand nombre de personnes avec qui il nouait des relations qui étaient à la fois professionnelles et amicales.

Jacques était aussi un chercheur qui enseignait régulièrement, avec goût et avec talent. Il a eu une profonde influence sur les doctorants qu'il a suivis. Plus que de les suivre, d'ailleurs, il

a travaillé avec eux, a partagé le travail de terrain, s'est impliqué dans leur recherche, s'est engagé dans la publication de leurs résultats. Et tout cela en leur laissant l'autonomie nécessaire pour qu'ils développent à leur tour leurs travaux.

Personnalité scientifique estimée, respectée, reconnue pour son indépendance et pour l'originalité de son esprit, Jacques Lepart n'a cherché ni les honneurs, ni la lumière. Il a eu la reconnaissance qui avait le plus de valeur pour le scientifique et l'intellectuel qu'il était : celle de tous ses co-auteurs écologues mais aussi historiens, juristes, philosophes, géographes ; celle de ses collègues, de ses étudiants, de ses amis.

Publications de Jacques Lepart

- Lepart, J. & Debussche, G. (2020). Le carnet de terrain du Voyage des Cévennes d'Augustin-Pyramus de Candolle (30 juin-7 juillet 1812). *Annales de la Société d'horticulture et d'histoire naturelle de l'Hérault* 159, 28-38.
- Lepart, J. & Marty, P. (2020). Charles Flahaut, science en société. *Annales du Midi* (accepté, en révision).
- Lepart, J. (2019). De la préservation de la nature à l'intendance du territoire, la difficile renaissance du commun. In: *Les biens communs. Un modèle alternatif pour habiter nos territoires au XXI^e siècle* (Michon P. dir.). Presses universitaires de Rennes, 2019
- Lepart J. (2018). Cartographie écologique et gestion du territoire, une résistible ascension. *Ecologia Mediterranea* 44, 45-51.
- Dérior, P., Houssard, C. & Lepart, J. (2017). Place du pastoralisme dans les territoires de demain. In: *Terres pastorales, diversité et valeurs des milieux ouverts méditerranéens* (ed Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (CEN L-R)), Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (CEN L-R); Rouergue, Montpellier; Arles, pp. 150-153.
- Léal, X. & Lepart, J. (2017). Le pastoralisme, un outil d'intendance du territoire en Corbières audoises. In: *Terres pastorales, diversité et valeurs des milieux ouverts méditerranéens* (ed Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (CEN L-R)), Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (CEN L-R); Rouergue, Montpellier; Arles, pp. 148-149.
- Lepart, J., Girardin, S. & Barrière, O. (2017). Introduction. In: *Terres pastorales, diversité et valeurs des milieux ouverts méditerranéens* (ed Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (CEN L-R)), Conservatoire d'espaces naturels Languedoc-Roussillon (CEN L-R); Rouergue, Montpellier; Arles, pp. 7-29.
- Vernet, P., Lepercq, P., Billiard, S., Bourceaux, A., Lepart, J., Dommée, B. & Saumitou-Laprade, P. (2016). Evidence for the long-term maintenance of

- a rare self-incompatibility system in Oleaceae. *New Phytologist* 210, 1408-1417.
- Vimal, R., Fonderflick, J., Thompson, J.D., Pluvinet, P., Debussche, M., Cheylan, M., Geniez, P., Mathevet, R., Acquarone, A. & Lepart, J. (2017). Integrating habitat diversity into species conservation in the Mediterranean mosaic landscape. *Basic and Applied Ecology* 22, 36-43.
- Billiard, S., Husse, L., Lepercq, P., Godé, C., Bourceaux, A., Lepart, J., Vernet, P. & Saumitou-Laprade, P. (2015). Selfish male-determining element favors the transition from hermaphroditism to androdioecy. *Evolution* 69, 683-693.
- Lepart, J. Ed. (2015). *L'eau des troupeaux en alpages et sur parcours, une ressource à gérer, aménager, partager*. Pastum num. hors-série. Association française de pastoralisme (Die); Cardère Édition (Avignon), 103 p.
- Lepart, J., Bonnel, C., Lhuillier, C. & Marty, P. (2015). Conservation de la nature et dynamiques agricoles dans le territoire d'un Parc national, difficile convergence. *Dynamiques environnementales-Journal international des géosciences et de l'environnement* 35, 125-140.
- Marty, P., Lepart, J., Mathevet, R., Lifran, R. (2015). The future of landscapes: the challenges of participation. In: *Landscape and sustainable development* (eds Luginbühl Y., Howard P., Terrasson D.). Ashgate, Farnham, pp. 173-184.
- Lepart, J., Fonderflick, J. & Marty, P. (2014). Histoire des interactions entre les changements d'usage des terres et la biodiversité. In: *Sciences de la Conservation* (eds Gauthier-Clerc M., Mesléard F., Blondel, J.). De Boeck Université, Bruxelles, pp.179-193.
- Lepart, J. & Marty, P. (2014). La résistible ascension de l'écologisation des politiques publiques (1870-1970). In: *Écologisation des politiques publiques et des pratiques agricoles, Dossiers de l'environnement de l'INRA, n° 34* (Napoléone C., Allaoua A.K. (coord.)). INRAE, Paris, pp. 51-58.
- Husse, L., Billiard, S., Lepart, J., Vernet, P. & Saumitou-Laprade, P. (2013). A one-locus model of androdioecy with two homomorphic self-incompatibility groups, expected vs. observed male frequencies. *Journal of Evolutionary Biology* 26, 1269-1280.
- Lepart, J. & Marty, P. (2013). Évaluer la durabilité des paysages. In: *L'évaluation de la durabilité* (eds Vivien F.-D., Lepart J., Marty P.). Quae, Versailles, pp. 113-134.
- Marty, P., Lepart, J., Mathevet, R., Lifran, R., Attonaty, J.-M., Cheylan, J.-C., Hadjem, N., Le Bars, M., Nespoulous, A., Said, S., Thoyer, S. & Westerberg, V. (2013). Le devenir des paysages, enjeux de la participation. In: *Paysage et développement durable* (eds Lubinbühl Y., Terrasson D.). Quae, Versailles, pp. 207-218.
- Mathevet, R., Lepart, J. & Marty, P. (2013). Du bon usage des ZNIEFF pour penser les territoires de la biodiversité. *Développement durable et territoires* 4(1). <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.9649>
- Vimal, R., Geniaux, G., Pluvinet, P., Napoleone, C. & Lepart, J. (2012). Detecting threatened biodiversity by urbanization at regional and local scales using an urban sprawl simulation approach, Application on the French Mediterranean region. *Landscape and Urban Planning* 104, 343-355.
- Vivien, F.-D., Lepart, J. & Marty, P. (eds.), (2013). *L'évaluation de la soutenabilité*. Quae, coll. « Indisciplines », Versailles, 268 p.
- Lepart, J., Marty, P. & Fonderflick, J. (2011). Landscape dynamics and biodiversity of agro-pastoral landscapes In: « Les Causses ». *Fourrages*, 343-352.
- Fonderflick, J., Lepart, J., Caplat, P., Debussche, M. & Marty, P. (2010). Managing agricultural change for biodiversity conservation in a Mediterranean upland. *Biological Conservation* 143, 737-746.
- Lepart, J., Marty, P. & Fonderflick, J. (2010). Naturalité et biodiversité ! Quels enjeux de conservation, quels modes de mise en œuvre ? In: *Biodiversité, naturalité, humanité, pour inspirer la gestion des forêts* (eds Vallauri D., André J., Génot J.-C., De Palma J.-P., Eynard-Machet R.). Tec. & Doc., Paris, pp. 73-80.
- Saumitou-Laprade, P., Vernet, P., Vassiliadis, C., Hoareau, Y., de Magny, G., Dommée, B. & Lepart, J. (2010). A self-incompatibility system explains high male frequencies in an androdioecious plant. *Science* 327, 1648-1650.
- Boulant, N., Garnier, A., Curt, T. & Lepart, J. (2009). Disentangling the effects of land use, shrub cover and climate on the invasion speed of native and introduced pines in grasslands. *Diversity and Distributions* 15, 1047-1059.
- Jaudon, B., Lepart, J., Marty, P. & Pélaquier, E. (2009). Hommes et arbres du Causse Méjan, histoire et environnement (xvi^e-xx^e siècle). *Histoire et Sociétés Rurales* 32, 7-47.
- Lepart, J. & Marty, P. (2009). Le sylvopastoralisme face aux dynamiques naturelles. *Rendez-vous techniques de l'ONF* 23-24, 39-46.
- Lepart, J. & Marty, P. (2009). Sortir des espaces protégés pour conserver la nature. *Géographie et Cultures* 69, 11-24.
- Lepart, J. & Marty, P. (2009). Causse Méjean, l'histoire des paysages depuis 1775. In: *Les grands Causses, terre d'expériences* (eds Chassany J.-P., Crosnier C.). Parc national des Cévennes, Florac, pp. 114-117.
- Lepart, J. & Marty, P. (2009). Représentations des paysages. Le tournant des années 1980. In: *Les grands Causses, terre d'expériences* (eds Chassany J.-P., Crosnier C.). Parc national des Cévennes, Florac, pp. 146-149.
- Marty, P. & Lepart, J. (2009). Le réseau Natura 2000. Vers une gestion intégrative de l'espace rural européen. *Géocarrefour* 84(3), 137-144.
- Marty, P., Lhuillier, C., Caplat, P., Lepart, J., Pagès, S. & Talhouk-Meiffren, O. (2009). Biodiversité, scénarios, espaces, agriculture. In: *Les grands Causses, terre d'expériences* (eds Chassany J.-P., Crosnier C.). Parc national des Cévennes, Florac, pp. 302-308.
- Boulant, N., Kunstler, G., Rambal, S. & Lepart, J. (2008). Seed supply, drought and grazing determine spatio-temporal patterns of recruitment for native and introduced invasive pines in grasslands. *Diversity & Distributions* 14, 862-874.
- Boulant, N., Navas, M.-L., Corcket, E. & Lepart, J. (2008). Habitat amelioration and associational defense as main facilitative mechanisms of pine seedling survival in Mediterranean grasslands grazed by domestic livestock. *Ecoscience* 15, 407-415.
- Debain, S., Chadoeuf, J., Curt, T., Kunstler, G. & Lepart, J. (2007). Comparing effective dispersal in

- expanding population of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* in calcareous grassland. *Canadian Journal of Forestry Research* 37, 705-718.
- Kunstler, G., Chadoeuf, J., Klein, E., Curt, T., Bouchaud, M. & Lepart, J. (2007). Tree colonization of sub-Mediterranean grasslands, effects of dispersal limitation and shrub facilitation. *Canadian Journal of Forest Research* 37, 103-115.
- Kunstler, G., Thuiller, W., Curt, T., Bouchaud, M., Jouvie, R., Deruette, F. & Lepart, J. (2007). *Fagus sylvatica* L. recruitment across a fragmented Mediterranean Landscape, importance of long distance effective dispersal, abiotic conditions and biotic interactions. *Diversity and Distributions* 13, 799-807.
- Lepart, J., Marty, P. & Kleszczewski, M. (2007). Faut-il prendre au sérieux les effets des changements du paysage sur la biodiversité? In: *Paysages, de la connaissance à l'action* (eds Berlan-Darqué M., Luginbühl Y., Terrasson D.). Quae, Versailles, pp. 29-40.
- Lepart, J., Marty, P. & Terraube, J. (2007). Les mesures agri-environnementales et la biodiversité, quel bilan? In: *Conservation de la biodiversité et Politique Agricole Commune (PAC) de l'Union Européenne, des mesures agro-environnementales à la conditionnalité environnementale* (eds Dubois & Doussan). La Documentation Française, Paris, pp.151-176.
- Marty, P., Aronson, J. & Lepart, J. (2007). Dynamics and restoration of abandoned farmland and other old fields in southern France. In: *Old fields. Dynamics and restoration of abandoned farmland* (eds Cramer V.A., Hobbs R.J.). Island Press, Washington, D.C. and Covelo, CA, pp. 202-224.
- Marty, P., Caplat, P. & Lepart, J. (2007). Modéliser la dynamique des paysages. *Espaces Naturels* 17, 24-25.
- Marty, P., Lepart, J. & Kunstler, G. (2007). Le paysage culturel rattrapé par sa dynamique. L'exemple des Grands Causses. In: *Histoire et agronomie. Entre ruptures et durée* (eds Robin P., Aeschlimann J.-P., Feller C.). IRD éditions, pp.415-438.
- Caplat, P., Lepart, J. & Marty, P. (2006). Landscape patterns and agriculture, modelling the long-term effects of human practices on *Pinus sylvestris* spatial dynamics (Causse Mejean, France). *Landscape Ecology* 21, 657-670.
- Jaudon, B., Lepart, J., Marty, P. & Pélaquier, E. (2006). Troupeaux et paysages sur le Causse Méjean (xvii^e-xx^e siècles). In: *Transhumance et estivage en Occident, des origines aux enjeux actuels* (ed Laffont P.-Y.). Presses universitaires du Mirail, Toulouse, pp. 275-289.
- Kunstler, G., Curt, T., Bouchaud, M. & Lepart, J. (2006). Indirect facilitation and competition in tree species colonization of sub-Mediterranean grasslands. *Journal of Vegetation Science* 17, 379-388.
- Lepart, J. & Marty, P. (2006). Des réserves de nature aux territoires de la biodiversité. L'exemple de la France. *Annales de Géographie* 651, 485-507.
- Lepart, J. & Marty, P. (2006). La nature, un antimonde? *Géographie et Cultures*, 57, 87-102.
- Marty, P., Lepart, J. & Caplat, P. (2006). Géographie et écologie des paysages, quelles relations? *Bulletin de l'Association des géographes français* 3, 355-367.
- Mure, V. & Lepart, J. (2006). L'École de Nîmes. Les conceptions de la gestion forestière en région méditerranéenne de Roger Ducamp, Conservateur des Eaux et Forêts (1861-1938). *Forêt Méditerranéenne* XXVII, 275-284.
- Debain, S., Curt, T. & Lepart, J. (2005). Indirect effects of grazing on the establishment of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* seedlings in calcareous grasslands in relation to resource level. *Ecoscience* 12, 192-201.
- Kunstler, G., Curt, T., Bouchaud, M. & Lepart, J. (2005). Growth, mortality, and morphological response of European beech and downy oak along a light gradient in sub-Mediterranean forest. *Canadian Journal of Forest Research* 35, 1657-1668.
- Larrère, R., Lepart, J., Marty, P. & Vivien, F.-D. (2005). Introduction. In: *Les biodiversités, objets, théories, pratiques* (eds Marty P., Vivien F.-D., Lepart J., Larrère R., eds.). CNRS Éditions, Paris, pp. 9-19.
- Lepart, J. (2005). Diversité et fonctionnement des écosystèmes et des paysages. In: *Les biodiversités, objets, théories, pratiques* (eds Marty P., Vivien F.-D., Lepart J., Larrère R., eds.). CNRS Éditions, Paris, pp. 83-96.
- Lepart, J. & Marty, P. (2005). La mise en oeuvre du réseau Natura 2000, question à l'écologie scientifique. In: *Natura 2000. De l'injonction européenne aux négociations locales* (eds Dubois J. & Maljean-Dubois S.). La Documentation française, Paris, pp. 7-44.
- Marty, P., Vivien, F.-D., Lepart, J. & Larrère, R. (eds.) (2005). *Les biodiversités, objets, théories, pratiques*. CNRS Éditions, Paris, 261 p.
- Mure, V. & Lepart, J. (2005). L'École de Nîmes, les conceptions de la gestion forestière en région méditerranéenne de Roger Ducamp, Conservateur des Eaux et Forêts (1861-1938). *Bulletin de la Société d'étude des sciences naturelles de Nîmes et du Gard* 65, 28-37.
- Quétier, F., Marty, P. & Lepart, J. (2005). Farmers' management strategies and land use in an agropastoral landscape, the Roquefort cheese production rules as a driver of change. *Agricultural Systems* 84, 171-193.
- Chadoeuf, J., Duvernoy, I., Rousset, O., Lardon, S., Triboulet, P., Lepart, J. & Osty, P.-L. (2004). Modèle d'embroussaillage par le buis et hiérarchie des différents paramètres de la diffusion. In: *Organisation spatiale des activités agricoles et processus environnementaux* (eds Monestiez P., Lardon S., Seguin B.). INRA Éditions, Paris, pp.241-257.
- Kunstler, G., Curt, T. & Lepart, J. (2004). Spatial pattern of beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus pubescens* Mill.) seedlings in natural pine (*Pinus sylvestris* L.) woodlands. *European Journal of Forest Research* 123, 331-337.
- Lardon, S., Triboulet, P., Chadoeuf, J., Duvernoy, I., Lepart, J., Monestiez, P., Osty, P.-L. & Rousset, O. (2004). Observation et simulation de la progression du buis entre 1948 et 1989, analyse critique. In: *Organisation spatiale des activités agricoles et processus environnementaux* (eds Monestiez P., Lardon S., Seguin B.). INRA Éditions, Paris, pp. 259-277.
- Lepart, J. & Chevalier, P. (2004). Synthèse, évaluer quoi? Les éléments du paysage face à l'évaluation. In: *L'évaluation du paysage, une utopie nécessaire? À la recherche d'indicateurs/marqueurs pluridisciplinaires*. Communications au colloque de Montpellier, 15-16 janvier 2004 (eds Puech D., Rivière Honegger A.). Presses de l'Université Paul Valéry, Montpellier, pp. 137-142.
- Lepart, J. & Marty, P. (2004). L'objet et son image? Science des représentations ou science des paysages,

- les enjeux du transfert vers les gestionnaires. In: *L'évaluation du paysage, une utopie nécessaire ? À la recherche d'indicateurs/marqueurs pluridisciplinaires*. Communications au colloque de Montpellier, 15-16 janvier 2004 (eds Puech D., Rivière Honegger A.). Presses de l'Université Paul Valéry, Montpellier, pp. 519-526.
- Rousset O., Chadoeuf J., Lepart J., Monestiez P. (2004). Embroussaillage des parcours, processus biologiques de la régénération du buis et patrons locaux de répartition spatiale. In: *Organisation spatiale des activités agricoles et processus environnementaux* (eds Monestiez P., Lardon S., Seguin B.). INRA Éditions, Paris, pp. 225-239.
- Curt, T., Prévosto, B., Kleszczewski, M. & Lepart, J. (2003). Post-grazing Scots pine colonization of mid-elevation heathlands, population structure, impact on vegetation composition and diversity. *Annals of Forest Science* 60, 711-724.
- Debain, S., Curt, T. & Lepart, J. (2003). Seed mass, seed dispersal capacity and seedling performance in a *Pinus sylvestris* population. *Ecoscience* 10, 168-175.
- Debain, S., Curt, T., Lepart, J. & Prévosto, B. (2003). Reproductive variability in *Pinus sylvestris* L. in southern France, implications for invasion. *Journal of Vegetation Science* 14, 509-516.
- Larrère, R., Lepart, J., Marty, P. & Vivien, F.-D. (2003). École thématique du CNRS, « Biodiversité, quelles interactions entre sciences de la vie et sciences de l'homme et de la société ? » *Natures Sciences Sociétés* 11, 304-314.
- Marty, P., Lepart, J., Pélaquier, E., Vernet, J.-L., Bazile, F., Bohbot, H., Debain, S., Jaudon, B., Jamet, M., Martin, A., Ogereau, P. & Vernet, M.-F. (2003). Espaces boisés et espaces ouverts, les temporalités d'une fluctuation. Le cas du Causse Méjan (Massif Central, France). In: *Des milieux et des hommes, fragments d'histoires croisées* (eds Muxart T., Vivien F.-D., Villalba B. & Burnouf J.), Collection environnement, Elsevier, Paris, pp. 103-114.
- Marty, P., Pélaquier, E., Jaudon, B. & Lepart, J. (2003). Spontaneous reforestation in a peri-Mediterranean landscape, history of agricultural systems and dynamics of woody species. In: *The Mediterranean world environment and history* (ed Fouache E.). Elsevier, Paris, pp.183-190.
- Cheptou, P.-O., Lepart, J. & Escarré, J. (2002). Mating system variation along a successional gradient in the allogamous and colonizing plant *Crepis sancta* (Asteraceae). *Journal of Evolutionary Biology* 15, 753-762.
- Curt, T., Balandier, P., Cochard, C., Coll, L., Debain, S., Frak, E., Lepart, J., Prévosto, B. & Sinoquet, H. (2002). *Gestion durable de la végétation dans les espaces de moyenne montagne en cours de colonisation par les ligneux*. CEMAGREF, Clermont-Ferrand, 67 p.
- Rousset, O. & Lepart, J. (2002). Neighbourhood effects on the risk of an unpalatable plant being grazed. *Plant Ecology* 165, 197-206.
- Sans, F.X., Escarré, J., Lepart, J. & Hopkins, F. (2002). Positive vs. negative interactions in *Picris hieracioides* L., a mid-successional species of Mediterranean secondary succession. *Plant Ecology* 162, 109-122.
- Vassiliadis, C., Saumitou-Laprade, P., Lepart, J. & Viard, F. (2002). High male reproductive success of hermaphrodites in the androdioecious *Phillyrea angustifolia*. *Evolution* 56, 1362-1373.
- Cheptou, P.-O., Lepart, J. & Escarré, J. (2001). Inbreeding depression under intraspecific competition in a highly outcrossing population of *Crepis sancta* (Asteraceae), evidence for frequency-dependent variation. *American Journal of Botany* 88, 1424-1429.
- Cheptou, P.-O., Lepart, J. & Escarré, J. (2001). Differential outcrossing rates in dispersing and non-dispersing achenes in the heterocarpic plant *Crepis sancta* (Asteraceae). *Evolutionary Ecology* 15, 1-13.
- Debussche, M., Debussche, G. & Lepart, J. (2001). Changes in the vegetation of *Quercus pubescens* woodland after cessation of coppicing and grazing. *Journal of Vegetation Science* 12, 81-92.
- Lepart, J., Martin, A., Marty, P. & Debain, S. (2001). La progression des pins sur les Causses, un phénomène difficilement contrôlable ? L'exemple du Causse Méjean. *Forêt Méditerranéenne* XXII, 23-28.
- Marty, P. & Lepart, J. (2001). Forêts et milieux ouverts. Anciennes et nouvelles légitimités. *Bulletin de l'Association des géographes français* 2, 177-189.
- Marty, P., Lepart, J. & Rousset, O. (2001). Contenir la forêt sur les Grands Causses, le rôle du pâturage ovin. In: « Environnement, forêt et sociétés, xv^e-xx^e siècles, forêts et troupeaux ». *Journées d'études du groupe d'histoire des forêts françaises* (Paris). CNRS - IHMC, pp. 65-72.
- Tonioli, M., Escarré, J., Lepart, J. & Speranza, M. (2001). Facilitation and competition affecting the regeneration of *Quercus pubescens* Willd. *Ecoscience* 8, 381-391.
- Cheptou, P.-O., Imbert, E., Lepart, J. & Escarré, J. (2000). Effects of competition on lifetime estimates of inbreeding depression in the outcrossing plant *Crepis sancta* (Asteraceae). *Journal of Evolutionary Biology* 13, 522-531.
- Escarré, J., Lefèbvre, C., Gruber, W., Leblanc, M., Lepart, J., Rivière, Y. & Delay B. (2000). Zinc and Cadmium hyperaccumulation by *Thlaspi caerulescens* J. et *C. Presl* from metalliferous and non- metalliferous sites in the Mediterranean area, implications for phyto- remediation. *New Phytologist* 145, 429-437.
- Lepart, J., Marty, P. & Rousset, O. (2000). Les conceptions normatives du paysage. Le cas des Grands Causses. *Natures Sciences Sociétés* 8, 16-25.
- Rousset, O. & Lepart, J. (2000). Positive and negative interactions at different life stages of a colonizing species. *Journal of Ecology* 88, 401-412.
- Vassiliadis, C., Lepart, J., Saumitou-Laprade, P. & Vernet P. (2000). Self incompatibility and male fertilization success in *Phillyrea angustifolia* (Oleaceae). *International Journal of Plant Sciences* 161, 393-402.
- Debussche, M., Lepart, J. & Dervieux, A. (1999). Mediterranean landscapes changes, evidence from old postcards. *Global Ecology and Biogeography* 8, 3-15.
- Escarré, J., Lepart, J., Sans, X., Sentuc, J.-J. & Gorse, V. (1999). Effects of herbivory on the growth and reproduction of *Picris hieracioides* in the Mediterranean region. *Journal of Vegetation Science* 10, 101-110.
- Imbert, E., Escarré, J. & Lepart, J. (1999). Local adaptation and non-genetic maternal effects among three populations of *Crepis sancta* (Asteraceae). *Ecoscience* 6, 223-229.
- Imbert, E., Escarré, J. & Lepart, J. (1999). Differentiation among populations for life history, morphology,

- head traits, and achene morph proportions in the heterocarpic species *Crepis sancta* (L.) Bornm. (Asteraceae). *International Journal of Plant Sciences* 160, 543-552.
- Lavorel, S., Lepart, J., Tatoni, T., Prodon, R., et al. (1999). *Changements des modes d'utilisation des terres et dynamique des systèmes écologiques en région méditerranéenne*. Rapport d'activité 1997-1999. Programme collaboratif entre Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive - UPR 9056, Institut méditerranéen d'écologie et de paléoécologie - ERS 6100, Laboratoire Arago, Université Paris 6 - URA 117. Montpellier, Marseille, Banyuls-sur-Mer, 78 p.
- Lepart, J., Rousset, O. & Marty, P. (1999). Les phénomènes d'accrués, analyser, comprendre et prévoir. *Ingénieries - EAT Numéro spécial « Boisements naturels des espaces agricoles »*, 59-66.
- Mesléard, F., Lepart, J., Grillas, P. & Mauchamp, A. (1999). Effects of seasonal flooding and grazing on the vegetation of former ricefields in the Rhône delta (Southern France). *Plant Ecology* 145, 101-114.
- Rousset, O. & Lepart, J. (1999). Shrub facilitation of *Quercus humilis* regeneration in succession on calcareous grasslands. *Journal of Vegetation Science* 10, 493-502.
- Rousset, O. & Lepart, J. (1999). Évaluer l'impact du pâturage sur le maintien des milieux ouverts. Le cas des pelouses sèches. *Fourrages* 159, 223-235.
- Debussche, M. & Lepart, J. (1998). Les changements de paysage, réalités et conséquences. *A, B, C... Environnement* 32, 4-7.
- Escarré, J., Debussche, M., Imbert, E., Lepart, J. & Thébaud, C. (1998). Traits biologiques de trois espèces de composées exotiques envahissantes, *Conyza canadensis*, *Conyza sumatrensis* et *Crepis sancta*. In: *6th Mediterranean Symposium EWRS (European Weed Research Society) (Montpellier, France)* (eds Darmency H., Fernandez-Quintanilla C., Maillot J., Navas M.L., Tei E., Zanin G., Zaragoza C.). INRA, pp.11-17.
- Sans, X., Escarré, J., Gorse, V. & Lepart, J. (1998). Persistence of *Picris hieracioides* populations in old fields. An example of facilitation. *Oikos* 83, 283-292.
- Imbert, E., Escarré, J. & Lepart, J. (1997). Seed heteromorphism in *Crepis sancta* (Asteraceae), performance of two morphs in different environments. *Oikos* 79, 325-332.
- Lepart, J. (1997). De la diversité spécifique à la biodiversité. Les raisons d'un succès. *Forêt Méditerranéenne* 28, 4-10.
- Lepart, J. (1997). La crise environnementale et les théories de l'équilibre en écologie. In: *La crise environnementale* (eds Larrère R. & Larrère C.). Les Colloques de l'INRA 80, INRA, pp.131-144.
- Bonis, A., Lepart, J. & Laloe, F. (1996). Effet de la température sur l'installation et la croissance des plantes annuelles de marais temporaires méditerranéens. *Canadian Journal of Botany* 74, 1086-1094.
- Debussche, M., Escarré, J. & Lepart, J. (1996). L'homme et les paysages en Languedoc. *Entrevues, Publication de la Photothèque* 4, 19-22.
- Debussche, M., Escarré, J., Lepart, J., Houssard, C. & Lavorel, S. (1996). Changes in Mediterranean plant succession, old-fields revisited. *Journal of Vegetation Science* 7, 519-526.
- Dervieux, A., Vakhnovsky, N., Lepart, J. & Debussche, M. (eds.) (1996). *Friche, garrigue ou forêt? Les changements du paysage dans la vallée de l'Hérault au cours du 20^e siècle*. Entrevues, Publication de la Photothèque 4. ODAC Montpellier, 45 p.
- Escarré, J., Lepart, J. & Sentuc, J.-J. (1996). Effects of simulated herbivory in three old field Compositae with different influorescence architectures. *Oecologia* 105, 501-508.
- Imbert, E., Escarré, J. & Lepart, J. (1996). Achene dimorphism and among-population variation in *Crepis sancta* (Asteraceae). *International Journal of Plant Sciences* 157, 309-315.
- Lepart, J., Dervieux, A. & Debussche, M. (1996). Photographie diachronique et changement des paysages. Un siècle de dynamique naturelle de la forêt à Saint-Bauzille-de-Putois, vallée de l'Hérault. *Forêt Méditerranéenne* 17, 63-80.
- Bonis, A., Lepart, J. & Grillas, P. (1995). Seed bank dynamics and coexistence of annual macrophytes in a temporary and variable habitat. *Oikos* 74, 81-92.
- Mesléard, F., Lepart, J. & Tan Ham, L. (1995). Impact of grazing on vegetation dynamics in former rice fields. *Journal of Vegetation Science* 6, 683-690.
- Strasberg, D., Faloya, V. & Lepart, J. (1995). Patterns of tree mortality in an island tropical rainforest subjected to recurrent windstorms. *Acta Oecologica* 16, 237-248.
- Bonis, A. & Lepart, J. (1994). Vertical structure of seed banks and the impact of depth of burial on recruitment in two temporary marshes. *Vegetatio* 112, 127-139.
- Lavorel, S., Lepart, J., Debussche, M., Lebreton, J.-D. & Beffy, J.-L. (1994). Small scale disturbances and the maintenance of species diversity in Mediterranean old fields. *Oikos* 70, 455-473.
- Lepart, J., Dervieux, A. & Debussche, M. (1994). Dynamique des paysages méditerranéens, un siècle de réinstallation naturelle de la forêt dans le bassin versant de l'Hérault. *Forêt Méditerranéenne* XV, 259-260.
- Mauchamp, A., Rambal, S. & Lepart, J. (1994). Simulating the dynamics of a vegetation mosaic, a spatialized functional model. *Ecological Modelling* 71, 107-130.
- Bonis, A., Grillas, P., Van Wijck, C. & Lepart, J. (1993). The effect of salinity on the reproduction of coastal submerged macrophytes in experimental communities. *Journal of Vegetation Science* 4, 461-468.
- Debussche, M., Escarré, J. & Lepart, J. (1993). La friche, un champ de recherche fertile pour les biologistes. *Pour la Science* 118, 12-13.
- Lavorel, S., Debussche, M., Lebreton, J.-D. & Lepart, J. (1993). Seasonal patterns in the seed bank of Mediterranean old-fields. *Oikos* 67, 114-128.
- Mauchamp, A., Montaña, C. & Lepart, J. (1993). Ecotone dependent recruitment of a desert shrub, *Flourensia cernua*, in vegetation stripes. *Oikos* 68, 107-116.
- Debussche, M. & Lepart, J. (1992). Establishment of woody plants in Mediterranean old fields, opportunity in space and time. *Landscape Ecology* 6, 133-145.
- Jollivet, M. & Lepart, J. (1992). Hétérogénéité, diversité, complexité, nuances et convergences. In: *Sciences de la nature, sciences de la société. Les passeurs de frontières* (ed Jollivet M.). C.N.R.S. pp. 373-380.
- Lepart, J. & Dommée, B. (1992). Is *Phillyrea angustifolia* L. (Oleaceae) an androdioecious species? *Botanical Journal of the Linnean Society* 108, 375-387.

- Ach  r, M., Rambal, S. & Lepart, J. (1991).   volution du potentiel hydrique foliaire et de la conductance stomatique de quatre Chênes méditerranéens lors d'une période de dess  chement. *Annales des sciences forestières* 48, 561-573.
- Lavorel, S., Lebreton, J.-D., Debussche, M. & Lepart, J. (1991). Nested spatial patterns in seed bank and vegetation of Mediterranean old-fields. *Journal of Vegetation Science* 2, 367-376.
- Lepart, J. & Debussche, M. (1991). Invasion processes as related to succession and disturbance. In: *Biogeography of Mediterranean Invasions* (eds Groves R.H. & Di Castri F.). Cambridge University Press, pp.159-177.
- Mesléard, F., Grillas, P. & Lepart, J. (1991). Plant community succession in a coastal wetland after abandonment of cultivation, the example of the Rhône delta. *Vegetatio* 94, 35-45.
- Mesléard, F. & Lepart, J. (1991). Germination and seedling dynamics of two Ericaceae (*Arbutus unedo* L. and *Erica arborea* L.) in Corsica (Western Mediterranean). *Journal of Vegetation Science* 2, 155-164.
- Zahoueh, S., Lepart, J., Mauchamp, A. & Rambal, S. (1991). Structure modulaire et intégration physiologique chez une espèce dioique, *Pistacia terebinthus* L. In: *Colloque international sur l'arbre II (Montpellier, France)*. Naturalia Monspelienia, h.s., pp.519-531.
- Debussche, M. & Lepart, J. (1990). L'homme et son environnement en Languedoc, une longue histoire, des changements récents, des enjeux écologiques. In: *Les perspectives de l'agriculture méditerranéenne*. Agropolis - ENSA-M, Montpellier.
- Lepart, J. & Mesléard, F. (1990). Répartition et dynamique de *Phillyrea angustifolia* L., *P. media* L. et *P. latifolia* L. dans la réserve de Scandola (Haute Corse). *Travaux scientifiques du parc naturel régional et réserves naturelles de Corse* 29, 35-43.
- Martin, J.-L. & Lepart, J. (1989). Impoverishment in the bird community of a Finnish archipelago, the role of island size, isolation and vegetation structure. *Journal of Biogeography* 16, 159-172.
- Mesléard, F. & Lepart, J. (1989). Continuous basal sprouting from a lignotuber, *Arbutus unedo* L. and *Erica arborea* L., as woody Mediterranean examples. *Oecologia* 80, 127-131.
- Debussche, M., Rambal, S. & Lepart, J. (1987). Les changements de l'occupation des terres en région méditerranéenne, évaluation des conséquences hydrologiques. *Acta Oecologica, Oecologia Applicata* 8, 317-332.
- Debussche, M., Lepart, J. & Molina, J. (1985). La dissémination des plantes à fruits charnus par les oiseaux, rôle de la structure de la végétation et impact sur la succession en région méditerranéenne. *Acta Oecologica, Oecologia Generalis* 6, 65-80.
- Ach  r, M., Lepart, J. & Debussche, M. (1984). La colonisation des friches par le pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Languedoc méditerranéen. *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum* 5, 179-189.
- Lanotte, G., Rioux, J.-A., Lepart, J., Maazoun, R. & Pratlong, F. (1984). Contribution de la cladistique numérique à la phylétique du genre *Leishmania* Ross, 1903. Utilisation des caractères enzymatiques. *Compte-rendus de l'Académie des Sciences S  r. III* 299, 769-772.
- Lepart, J. 1984. *Intérêt et limites de l'analyse écologique au niveau régional. Les peuplements de Chêne pubescent des Hautes-Garrigues du Montpelliérais*. Thèse 3   cycle (  cologie). Université des sciences et techniques du Languedoc, Montpellier, 160p.
- Rioux, J.-A., Lanotte, G., Rispaill, P. & Lepart, J. (1984). Relations Phlébotomes - bioclimat en épidémiologie des Leishmanioses. Corollaires   pid  miologiques. L'exemple du Maroc. *Bulletin de la Société botanique de France, Actualités botaniques* 131, 549-557.
- Escarré, J., Houssard, C., Debussche, M. & Lepart, J. (1983).   volution de la végétation et du sol après abandon cultural en région méditerranéenne, étude de succession dans la garrigue du Montpelliérais (France). *Acta Oecologica, Oecologia Plantarum* 4, 221-239.
- Lepart, J. & Escarré, J. (1983). La succession végétale, mécanismes et modèles, analyse bibliographique. *Bulletin d'  cologie* 14, 133-178.
- Debussche, M., Escarré, J. & Lepart, J. (1982). Ornithochory and plant succession in Mediterranean abandoned orchards. *Vegetatio* 48, 255-266.
- Lanotte, G., Rioux, J.-A., Pasteur, N., Pratlong, F. & Lepart, J. (1981). Application de la méthode numérique à la taxonomie du genre *Leishmania* Ross, 1903. *Annales de Parasitobiologie* 56, 575-592.
- Trabaud, L. & Lepart, J. (1981). Floristic changes in a *Quercus coccifera* L. garrigue according to different fire regimes. *Vegetatio* 46, 105-116.
- Debussche, M., Escarré, J. & Lepart, J. (1980). Changes in Mediterranean shrub communities with *Cytisus purgans* and *Genista scorpius*. *Vegetatio* 43, 73-82.
- Lepart J. & Debussche M. (1980). Information efficiency and regional constellation of environmental variables. *Vegetatio* 42, 85-92.
- Trabaud, L. & Lepart, J. (1980). Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio* 43, 49-58.

Réalisation, fabrication :

Transfaire / *naturalia*
PUBLICATIONS

04250 Turriers

www.transfaire.com

www.naturalia-publications.com

Achévé d'imprimer : janvier 2021

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 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, 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. TSITSONI, Aristotle University of Thessaloniki, Greece
- D' Errol VÉLA, Université de Montpellier, France
- Dr Éric VIDAL, IRD, Nouvelle-Calédonie
- Dr Mercedes VIVAS, Universidad of Concepción, Chili
- Dr Ioannis VOGIATZAKIS, Open University of Cyprus, Cyprus

ISSN 0153-8756

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

Guidelines for authors

ecologia mediterranea 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 *ecologia mediterranea* 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. *ecologia mediterranea* 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 *ecologia mediterranea* 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 *ecologia mediterranea*. Editors who wish to see their book reviewed in *ecologia mediterranea* 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 *ecologia mediterranea*. 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: Cherret 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; Dupont & Dupont 1997)..."

ABBREVIATES, 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
First check-list with the occurrence of new records of Agaricomycetes (Fungi, Basidiomycota) in Babors Kabylia (Northern Algeria) L. YOUCEF KHODJA, F. RAHMANIA, R. COURTECUISSÉ, P.-A. MOREAU	5
Floristic composition correlates with bioclimatic condition; Occurrence of several Mediterranean elements in southeast of Iran M. DOOSTMOHAMMADI, F. BORDBAR, M. MIRTADZADINI	27
Ecosystem services in salt lakes: An ethnobotanic case study of halophytes from Algeria F. DEMNATI, Z. BOUBAKER, F. ALLACHE, L. ERNOUL	35
Spécificité et flexibilité dans la ponte de <i>Zerynthia polyxena</i> sur différentes espèces du genre <i>Aristolochia</i> en région méditerranéenne française P. GAUTHIER, N. DE MANINCOR, M. PICQUENOT, V. PONS, U. SCHUMPP, J. D. THOMPSON	47
Évolution des caractéristiques pluviométriques entre 1979 et 2009 dans le micro-bassin versant de l’oued Rhiou (bassin de Cheliff) Algérie M. KACI, A. M’HAMED	65
Are Mediterranean trees well known? “<i>Juniperus turbinata</i>” (Cupressaceae), a common but misunderstood taxon J.-C. THIBAUT, T. ARMAND, G. BEUNEUX, A. CIBOIS, J.-Y. COURTOIS, J.-F. SEGUIN	77
Résumés de thèses – Ph. D summaries E. ORMENO LAFUENTE, A. MILLION, A. AUPIC-SAMAIN, L. ROPART, M. HESS, J. VIROS, S. TARABON, M. HELLUY, T. DE ALMEIDA, M. POURKERMAN	105
Jacques Lepart (25 juillet 1947 - 4 juillet 2020) DR. PASCAL MARTY	117

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

