

Etat des connaissances sur la sapinière endémique du Maroc (*Abies marocana* Trab.): acquis, lacunes et nouveaux axes de recherche

Knowledge status of the endemic Moroccan fir forest (Abies marocana Trab.): achievements, gaps, and new research axes

Mariem BEN-SAÏD^{1*}, Nabila EL AICH², Farida BERRAD², Abdelilah GHALLAB^{1,2}

1. Laboratoire de Biologie, Ecologie et Santé, Département de Biologie, Faculté des Sciences, 93002, Université Abdelmalek Essaâdi, Tétouan, Maroc. mariembensaid20@gmail.com

2. Direction régionale de l'Agence Nationale des Eaux et Forêts de Tanger Tétouan Al Hoceima, B.P 93000, Tétouan, Maroc.

Résumé. Le Rif occidental (nord du Maroc) abrite des forêts caractérisées par une phytodiversité particulière, notamment en espèces ligneuses. Parmi les plus remarquables, on trouve la sapinière du Maroc (*Abies marocana* Trab. ≡ *Abies pinsapo* subsp. *marocana* (Trab.) Emb. & Maire). Ce travail ambitionne, pour la première fois, d'exposer une synthèse bibliographique compréhensive de toutes les connaissances disponibles sur la distribution géographique, milieu physique et environnement humain, les menaces et les lacunes dans les travaux actuels portant sur la sapinière du Maroc. Cette sapinière occupe une superficie ne dépassant pas 4000 ha confinés à certains reliefs de la dorsale calcaire au niveau du Parc National de Talassemtane entre 1500 m et 2100 m d'altitude sous des bioclimats allant de l'humide au per-humide à variantes fraîche et froide. Parmi les menaces auxquelles fait face la sapinière, on compte l'extension des cultures du *Cannabis spp.*, les feux de forêt et le récent commerce électronique par «la sécheresse récurrente. Les changements climatiques risquent également d'affecter la capacité des écosystèmes forestiers à remplir leurs fonctions vitales. Les prédictions récentes prévoient la réduction de l'aire de distribution de la sapinière à l'horizon de 2050 et voire même une disparition totale à l'horizon de 2070. Nous soulignons la nécessité de multiplier les études sur différents aspects de la sapinière dont la capacité de régénération et les approches efficaces de conservation. Les espèces y sont liées, étant pour la plupart endémiques, rares et/ou en danger d'extinction, devraient recevoir plus d'attention en raison de leur endémisme et leur statut de conservation.

Mots clés : *Abies marocana*, sapin du Maroc, parc national de Talassemtane, sapinière de Tazaout, Rif occidental.

Abstract. The western Rif (northern Morocco) holds forests characterized by a particular phyto-diversity, particularly in terms of woody species. Among the most remarkable is Moroccan fir forest ecosystems (*Abies marocana* Trab.). The objective of this study is to provide, for the first time, a critical review of all the available knowledge on the geographical distribution, physical and human environment, threats and gaps in the current studies on Moroccan fir forest. The area occupied by this fir forest does not exceed 4000 ha confined to certain reliefs of the limestone ridge within the Talassemtane National Park between 1500 m and 2100 m of altitude under cool and cold variants of humid to per-humid bioclimates. Among the threats facing the fir forest are the extension of *Cannabis spp.* cultivation, forest fires, and recurrent drought. Climate change is also likely to strongly affect the ability of forest ecosystems to perform their vital functions. Recent predictions expect a reduction in the distribution range of Moroccan fir forest by 2050 and even a total disappearance by 2070. We highlight the necessity of multiplying studies on various aspects of fir forest, especially regeneration capacity and efficient conservation approaches. Its species, being mostly endemic, rare and/or endangered, should receive more attention due to their endemism and conservation status.

Keywords: *Abies marocana*, Moroccan fir, Talassemtane national park, Tazaout fir, western Rif.

ABRIDGED ENGLISH VERSION

Introduction

The Moroccan fir forest (*Abies marocana* Trab. ≡ *Abies pinsapo* subsp. *marocana* (Trab.) Emb. & Maire.) constitutes an original forest testifying to a remarkable component of the ancient Mediterranean flora. Compared to other Mediterranean fir forests, the Moroccan fir forest has been the subject of limited scientific studies. It is during the last decade that studies have multiplied on different aspects that have made it possible to value this endemic Rifian Forest better.

Objective

Until present, no review paper has been published on The Moroccan fir forest. For this reason, we critically synthesize, in this present work, all the existing knowledge on The Moroccan fir forest. Our work will allow researchers to recognize the efforts made and identify the gaps that could guide future research.

Material and Methods

A comprehensive bibliographic search was undertaken. The most reputable databases were consulted to collect the

existing work on The Moroccan fir forest, such as Scopus, Springer and Science-fiction. Old unpublished works such as doctoral theses and planning studies were also included. 92 papers have been included in this present review.

Results & Discussion

General description

Moroccan fir forest is located in the core of Talassemtane National Park, which is located in the central-western Rif region of Morocco, specifically in the Chefchaouen province. Spanning an altitudinal range of 1500 m to 2100 m (Fig. 1), this forest has a total area of just over 4000 ha. It is distributed among two distinct locations, namely the Talassemtane forest and the Tazaout forest. It exclusively develops on limestone and dolomitic substrates, with soils of Cambisol/Arenosol, Regosol, and Rendzic Leptosol/Luviosol (Alaoui *et al.*, 2021), under bioclimates ranging from humid to perhumid with fresh and cold variants. Pioneering phytosociological studies (Benabid, 1982; Mhirit, 1982; Melhaoui, 1990; Aafi, 1995) identified three associations formed by *Abies marocana* according to an altitudinal gradient (Fig. 2): 1) *Trifolium ochroleuci-Quercetum*

fagineae; 2) *Paeonio maroccanæ-Abietetum maroccanæ*; and 3) *Berberido hispanicæ-Cedretum atlanticæ*. Talassemrane fir forest thrives in the Mediterranean mountain belt, on the northern, eastern and western slopes, and that of Tazaout mainly extends on the northern slope of the supra-Mediterranean belt (Aafi, 2000). Generally, mixed stands are dominant, while pure stands cover a restricted area at the level of the fir forest.

Main achievements

The first studies carried out on the Moroccan fir forest were of a phytosociological nature (Benabid, 1982; Mhirit, 1982; Melhaoui, 1990; Aafi, 1995). To address the taxonomic challenges associated with the Moroccan fir, a series of investigations including genetic, morphological, anatomical, and biogeographical analyses have been undertaken. (Garcia *et al.*, 1993; Pascual *et al.*, 1993a, 1993b; Scaltsoyiannes *et al.*, 1999; Terrab *et al.*, 2007; Esteban *et al.*, 2007, 2009; Jaramillo-Correa *et al.*, 2010; Liepelt *et al.*, 2010; Linares, 2011; Sękiewicz *et al.*, 2013; Sánchez-Robles *et al.*, 2014; Dering *et al.*, 2014; Alba-Sánchez *et al.*, 2018, 2019; Lamrhari *et al.*, 2020; Balao *et al.*, 2020; Litkowiec *et al.*, 2021; Méndez-Cea *et al.* 2023a). The impact of human pressure on the Moroccan fir forest has been the subject of several studies. (Linares *et al.*, 2011; Castello *et al.*, 2016; Castro *et al.*, 2022). Recently, biotic interactions in this forest have attracted the interest of many researchers (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2020; Ben-Said *et al.*, 2020, 2022), in parallel with some pioneering studies on the germination needs of *Abies marocana* seeds and its potential for the species in economic sectors for sustainable use (Hatzilazarou *et al.*, 2021), and on the modelling of future distribution of the forest under different climate change scenarios (Moukrim *et al.*, 2022).

The economic importance of the Moroccan fir forest for the local population is indisputable thanks to the multiple goods and services it provides (Benabid, 1985, 2000; Benabid & Bellakhdar, 1987; Aafi *et al.*, 2009; Rhattas *et al.*, 2016; Lamrani-Alaoui and Hassikou, 2018). The importance of the fir forest has been highlighted in more recent studies that have demonstrated its potential in the agro-alimentary, ornamental, horticultural, medicinal and cosmetic fields (Libiad *et al.*, 2021; Krigas *et al.*, 2021; Bourgou *et al.*, 2021).

Conservation, threats and gaps

In addition to its emblematic species, i.e., *Abies marocana* being classified in the “endangered” category of the IUCN red list (Alaoui *et al.*, 2011), the Moroccan fir forest hosts several relict plant species such as *Cedrus atlantica*, *Pinus nigra* subsp. *mauretanica* and *P. pinaster* var. *maghribiana*, with rare temperate species in Morocco such as *Acer opalus* subsp. *granatense* and *Taxus baccata*, and animals such as *Macaca sylvanus* and *Lutra lutra* L. (Waters & El Harrad, 2018).

Currently, although Moroccan fir forest is relatively protected from deforestation, the spread of *Cannabis* spp. constitutes a real threat along with fires that destroy growing areas at mid-altitudes (Esteban & de Palacios, 2007). During the period 2003–2018, the average area loss in the forests of the National Park of Talassemrane was estimated at 106 ha/year, of which 49% of which 49% was due to due to fires (Castro *et al.*, 2022).

Although the expansion of hemp cultivation has led to a decline in extensive livestock farming, especially goats (Benabid, 2002; Melhaoui, 2002), it constitutes a real threat to forest cover throughout the Rif. This is linked to the continued need for new land after the soils of old crops have been exhausted (after 2 to 3 years; Melhaoui, 2002). However, the

resulting reduction in pastoral stock has resulted in significant natural regeneration of *C. atlantica* (Melhaoui, 2002).

Until the 19th century, the difficulty of access to *A. marocana* stands and the poor quality of its wood compared to pines have contributed to its isolation and protection from human activities, which has largely contributed to its survival (Esteban *et al.*, 2010). Towards the end of the last century, studies described the state of regeneration of *A. marocana* as alarming (Benabid, 1985; Melhaoui, 1990; Boukil, 1998). More recently, some authors have generally mentioned an improved state (Linares *et al.*, 2011; Navarro-Cerrillo *et al.*, 2020; Ben-Said *et al.*, 2020, 2022), which could be due to the conservation actions undertaken since the creation of the Talassemrane National Park. Drought accentuation and temperature increase could lead to the decline of Moroccan fir forests, especially at low altitudes (Aussenac, 2002). The modelling of the potential distribution of fir forests in the context of climate change using the MaxEnt tool was recently carried out and the results showed that under the RCP8.5 scenario, the potential area of the forest would be severely affected by 2050 and even disappear completely by 2070 (Ghallab, 2018, Moukrim *et al.*, 2022).

Despite the remarkable progress in research on the Moroccan fir forest, more efforts should be made to help in the planning of conservation actions and sustainable management of this endemic ecosystem. Indeed, compared to the Talassemrane fir forest, the Tazaout forest has received very little interest from researchers, except for taxonomic studies. Until now, the pharmacological interests and traditional uses of woody species, especially conifers emblematic of the fir forest, have not been the subject of studies and remain a fertile field which should be investigated by researchers. In Talassemrane Park, recent studies have often focused on endemic and emblematic species, given their heritage value, e.g., *A. marocana*, while other species such as *A. granatense*, *P. mauretanica*, and *T. baccata*, have been neglected. These species should receive more attention given that they are endemic and threatened. Moreover, data on the regeneration status of these species are lacking, thus assessing their dynamic appears to be urgent in the context of changing climate.

If the in-situ conservation of the Rif fir forest is relatively supported by the establishment of the park, the ex-situ conservation is far from being addressed by the managers. However, ex-situ conservation is essential to ensure the sustainability of the ecosystem under climate change and altitudinal constraints (Ghallab, 2018; Libiad *et al.*, 2020). On the other hand, electronic commerce (e-commerce) is increasingly becoming a potential threat to the Rif fir forest (Khabbach *et al.* 2022).

Conclusion

The Rif Mountains can be a paradigmatic example, as they encompass the southern range of many temperate woody species, both endemic and threatened (e.g. *Abies*, *Cedrus*, *Acer*, and *Taxus*). Therefore, much effort is still needed to study and understand their dynamics to order to integrate them into conservation and management programs. The Rif fir forest, a unique ecosystem, has suffered a regression over time and remains subject to increasing human pressure combined with climate change, which may further alter its structure and composition. As a result, this mixed forest has been deeply reduced to small forests of a little more than 4000 ha, mainly located in Talassemrane and Tazaout. Conservation measures are increasingly necessary, especially in a global context characterized by a changing climate. Maintaining the stability of this forest is crucial to preserve ecosystem services and biodiversity of the most ecologically vulnerable forest in northern Morocco.

INTRODUCTION

Les forêts montagneuses du Rif, au nord du Maroc, assurent des biens et services innombrables aux populations locales et constituent des centres de biodiversité reconnus aussi bien à l'échelle nationale que régionale. Les forêts rifaines ont été reconnues comme des *hotspots* de biodiversité et un centre d'endémisme (Médail & Diadema 2009). Avec ses singularités écologiques et bioclimatiques dues à la présence d'influences méditerranéennes, océaniques et continentales, combinées à un gradient altitudinal, le Rif abrite des forêts caractérisées par une phytodiversité particulière, notamment en espèces ligneuses (Grovel 1996). La diversité floristique de la région rifaine lui confère une forte valeur de conservation (Ajbilou *et al.* 2006). En tant que centre d'endémisme méditerranéen (Médail & Quézel 1999), le patrimoine biologique des forêts rifaines s'est maintenu au fil du temps grâce à une utilisation harmonieuse des ressources naturelles (Taïqui 1997, Regato & Salman 2008). Cependant, à cause des effets synergiques des processus de dégradation d'origine principalement humaine tels que le défrichement et les incendies (Lamrani-Alaoui & Garcia Novo 1997, Taïqui 2005), ces forêts montagneuses sont fragilisées et risquent de ne plus supporter leur rôle au futur proche. Au Rif, si les formations forestières relativement étendues et économiquement importantes ont subi une large exploitation (comme les chênaies vertes) et/ou un déboisement massif (comme les subéraies), les espèces endémiques ont relativement échappé de l'action humaine (Taïqui 1997).

La perte des écosystèmes forestiers remarquables signifie leur perte définitive. Pour cette raison, les études scientifiques ont essayé de mettre en place des stratégies de conservation multiples afin de freiner les facteurs qui détruisent ces écosystèmes. Les efforts sont souvent plus apparents dans le cas des écosystèmes économiquement rentables. Au Maroc, si les forêts du cèdre de l'Atlas *Cedrus atlantica* (Endl.) Manetti ex Carrière ou encore celles de l'arganier *Argania spinosa* (L.) ont suscité l'attention des chercheurs à cause de leur importance socioéconomique et culturelle, d'autres forêts endémiques avec une valeur socioéconomique inférieure telles que celles du sapin du Maroc *Abies marocana* Trab. ont reçu moins d'intérêt par les chercheurs surtout nationaux. Formant partie du Rif occidental qui regroupe de nombreuses espèces forestières dont plusieurs sont endémiques, la sapinière s'individualise comme la forêt la plus originale du Maroc (Benabid, 1982).

Après les premières descriptions des populations du sapin du Maroc (Trabut 1906, 1928, Sánchez-Cózar 1946), les études qui ont été conduites dans la sapinière marocaine se sont notamment multipliées durant les deux dernières décennies. En plus des anciennes observations et descriptions botaniques (Lecompte 1973, Baumer 1977), les premières études dans la sapinière du Maroc étaient en phytosociologie (Benabid 1982, Mhirit 1982, Melhaoui 1990, Aafi 1995). Pour résoudre les problématiques systématiques du sapin du Maroc, plusieurs études ont été menées surtout durant la dernière décennie. En effet, la sapinière du Maroc a fait l'objet de plusieurs études moléculaires, morphologiques et anatomiques, ainsi que biogéographiques (Garcia *et al.* 1993, Pascual *et al.* 1993a, 1993b, Scaltsoyiannes *et al.* 1999, Terrab *et al.* 2007, Esteban *et al.* 2007, 2009, Jaramillo-Correa *et al.* 2010, Sękiewicz *et al.* 2013, Sánchez-Robles *et al.* 2014, Dering *et al.* 2014, Alba-Sánchez *et al.* 2018, 2019, Lamrhari *et al.* 2020, Balao *et al.* 2020, Litkowiec *et al.* 2021, Méndez-Cea *et al.* 2023a). Vue l'avancement remarquable dans les aspects taxonomiques et systématiques du sapin du Maroc, les principaux résultats de ces études ont été synthétisés par Ben-Said (2022a) [voir également Ferrer-gallego *et al.* (2022)

et Ben-Said & Sakar (2023)]. Récemment, de nouveaux aspects ont suscité l'intérêt de nombreux chercheurs tels que les interactions biotiques dans la sapinière, en particulier les relations inter-arbres (Navarro-Cerrillo *et al.* 2020, Ben-Said *et al.* 2020, 2022), les besoins de la germination des graines d'*A. marocana* et le potentiel de l'espèce dans les secteurs économiques en vue d'une utilisation durable (Hatzilazarou *et al.* 2021). Par ailleurs, l'impact de la pression humaine sur la sapinière du Maroc a fait l'objet de certains travaux de synthèse (Esteban & de Palacios 2007, Esteban *et al.* 2010) et de recherche (Linares *et al.* 2011, Castello *et al.* 2016, Castro *et al.* 2022).

C'est dans cette perspective que l'on saisit l'importance du présent travail de synthèse pionnier. En effet, nous synthétisons, ici, toutes les connaissances actuelles et tous les aspects évoqués par les chercheurs jusqu'à présent sur la sapinière endémique du Maroc pour deux objectifs : 1) mettre en évidence les efforts scientifiques qui ont été faits jusqu'à présent en décrivant l'état d'art des connaissances sur cette sapinière ; et 2) souligner les lacunes qui pourraient déboucher sur des axes de recherche futurs.

MATÉRIEL & MÉTHODES

La présente revue a été réalisée en se basant sur la littérature existante sur la sapinière du Maroc. Différentes bases de données scientifiques ont été consultées, telles que ScienceDirect, Springer Nature, Scopus, Wiley, Google Scholar et Web of Science. En utilisant différentes combinaisons de mots clés, principalement : « *Abies marocana* », « sapin du Maroc », « Taxonomie », « biogéographie », « Botanique », « Pharmacologie », « usages traditionnels », « parc national de Talassemtane » ; « *Abies tazaotana* » ; « sapin de Tazaout » ; « phytosociologie » ; « économie » ; « conservation » ; et « Menaces ». D'autres articles pertinents qui ont été cités dans les listes de références des études récupérées ont également été recueillis. Enfin, des travaux non publiés tels que des thèses de doctorat et des études de gestion de la sapinière marocaine ont également été consultés. Un total de 92 documents en anglais et en français a été inclus dans cette présente synthèse bibliographique.

RESULTATS & DISCUSSION

Distribution géographique

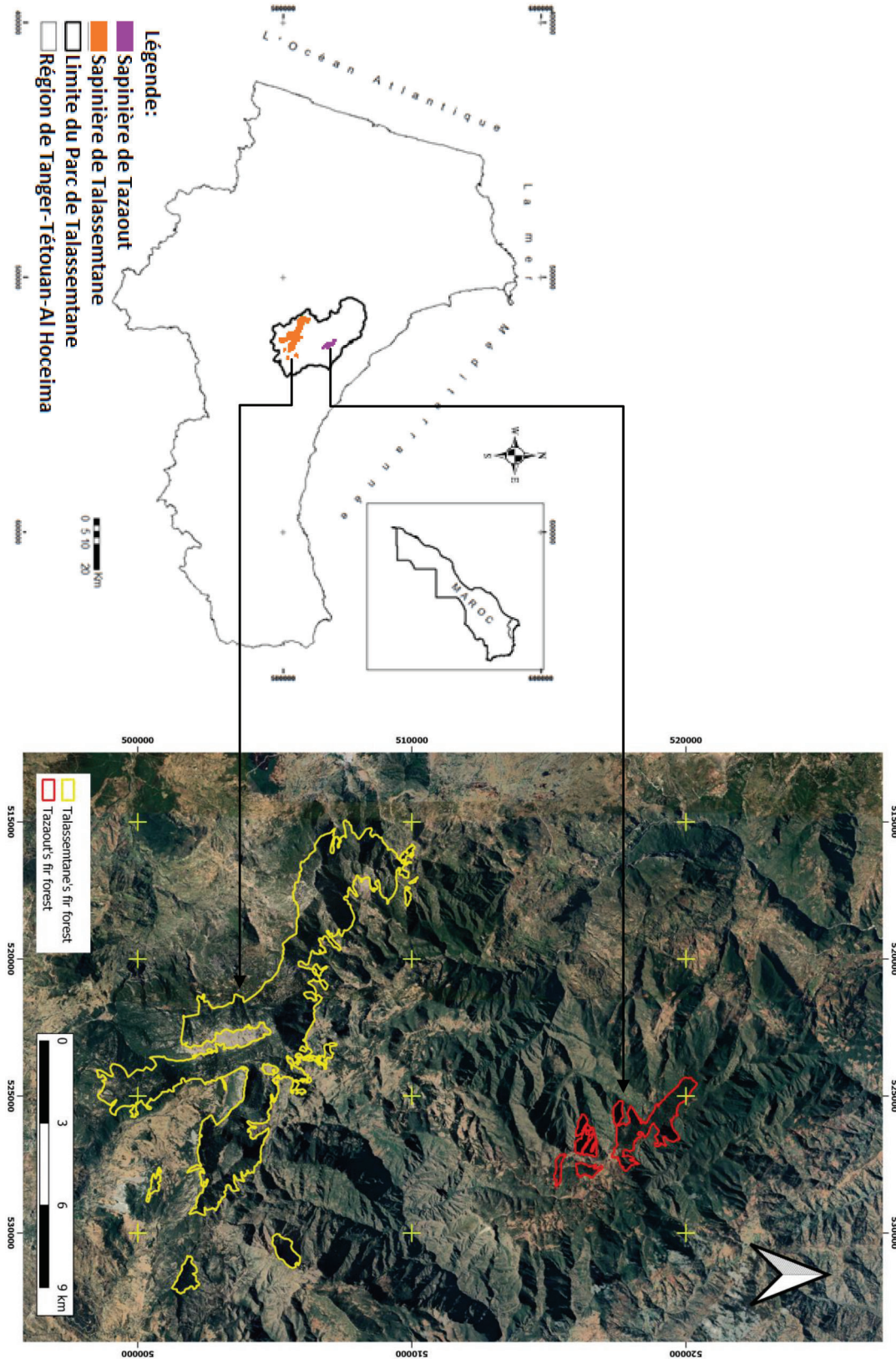
La chaîne Rifaine constitue la barrière montagneuse du nord du Maroc et se caractérise par des particularités écologiques, bioclimatiques et humaines par rapport aux autres régions marocaines (Melhaoui 2002). Situé sur la partie orientale de la crête calcaro-dolomitique du Rif centro-occidental (Benabid 2000), le Parc National de Talassemtane (PNT) a été principalement créé afin d'assurer la protection de la sapinière du Maroc qui se situe dans deux localités (Fig. 1) : la sapinière de Talassemtane et celle de Tazaout qui tirent leurs noms des deux montagnes calcaires sur lesquelles ces forêts s'étendent (soient Jbel Talassemtane : 1941 m et Jbel Tazaout : 1829 m). Elles constituent le cœur du PNT étant inclus, depuis 2006, dans la Réserve de Biosphère Intercontinentale de la Méditerranée entre le Maroc et l'Espagne, établie par le programme l'Homme et la Biosphère de l'UNESCO.

Actuellement, les forêts de sapin du Maroc couvrent un peu plus de 4000 ha selon l'Etude d'Aménagement de la Sapinière de la Forêt de Talassemtane (DPEFLCD 2012) : la sapinière de Tazaout occupe une superficie d'environ 300 ha et se trouve à une distance d'environ 16 km de la Méditerranée et à 93 km de l'Atlantique, et la sapinière de Talassemtane, est située au

sud-ouest de Tazaout (à moins de 10 Km), s'étend sur environ 3760 ha et se trouve à une distance d'environ 30 km de la Méditerranée et à 90 km de l'Atlantique. Dans la littérature, on trouve des valeurs de superficies très différentes (i.e. de 3000 ha à 5000 ha). La sapinière de Talassemrane s'insère

à l'intérieur d'un quadrilatère dont les coordonnées Lambert de ses quatre sommets dont X sont incluses entre 514.000 et 536.000, et Y entre 514.000 et 495.000 m (Melhaoui 1990). Pour Tazaout, X sont incluses entre 524.000 et 528.000, et Y entre 515.000 et 520.000 m (Fig. 1).

Figure 1. Situation géographique de la sapinière de Talassemrane et la sapinière de Tazaout au sein du Parc National de Talassemrane.



Sur le plan administratif, les deux sapinières marocaines sont situées dans la province de Chefchaouen. La sapinière de Talasemtane appartient essentiellement aux communes rurales de Talembote et de Bab Taza (avec respectivement plus de 54 % et 37 % de la superficie totale de la forêt), le reste est réparti entre les communes de Beni Derkoul et Beni Selmane (DPEFLCD 2012). La sapinière de Tazaout est répartie entre les communes rurales de Talembote et de Tassift (avec respectivement 67 % et 33 % de la superficie totale de la forêt), et Tassift (33 % du total de la forêt) (DREFLCD 2009).

Géologie, topographie et sols

D'orogénèse récente, la chaîne rifaine appartient au système alpin (Benabid 1982). Cette chaîne montagneuse est généralement basse caractérisée par des formations géologiques, des nappes de charriage et des unités autochtones de tout âge allant du Paléozoïque au Quaternaire (Benabid 2000, 2002). La sapinière est inféodée à la dorsale calcaire du Rif occidental et s'étage entre une tranche altitudinale allant de 1500 m à 2100 m (les premiers pieds de sapin apparaissent à partir de 1300 m d'altitude au piedmont de Jbel Bouslimane mais ils ne forment des peuplements relativement denses qu'à partir de 1500 m). Etant située sur un relief généralement tourmenté caractérisé par la prédominance de terrain accidenté et des pentes très abruptes, la sapinière de Talasemtane s'allonge sous forme des bras excroissants sur les hauts sommets de la dorsale calcaire, soient de l'ouest à l'Est (DPEFLCD 2012): Jbel Sfiha Telj (2038 m), J. Tissouka (2122 m), J. Lakraâ (2159 m), J. Talasemtane (1941 m), J. Bouslimane (1822 m), J. Bouhalla (1846 m), J. Akroud (1724 m), J. Taloussisse (2005 m) ainsi que trois lambeaux de superficies inégales qui se détachent vers l'est au-dessus de J. Akroud et J. Fahs (1855 m) (DPEFLCD 2012). Se situant dans des altitudes qui varient entre 1200 m et 1855 m, la sapinière de Tazaout se présente sous forme de deux blocs, le premier en un peuplement continue vers le Nord, à l'Est de Jbel Tazaout et le deuxième correspond à cinq petits lots à une distance de 1Km au sud du premier (DREFLCD 2009, Fig. 1).

Généralement, les peuplements du sapin se développent notamment sur les expositions nord, ouest, nord-ouest et sud-ouest (Aafi 2000). La sapinière de Tazaout colonise le versant à exposition nord-est du Jbel Tazaout et une bonne partie de la vallée d'Oued Ahrouse, tandis que le lot du sud est étalé en partie sur Bni Chkoura (DREFLCD 2009).

Sur le plan lithologique, et en se basant sur la carte géologique du feuillet de Bab Taza au 1/50.000^{ème}, la sapinière se développe sur des terrains calcaires et dolomitiques appartenant en quasi-majorité au domaine de la dorsale calcaire externe (Baumer 1977, Boukil 1998, Benabid 2000).

Le sol est principalement de type *Alfisols* (sol avec des argiles à faible activité selon le système américain de nomenclature des sols, ou sols ferrallitiques faiblement desaturés appauvris selon le système français de nomenclature) qui est plus étendu dans le climat perhumide en particulier sous la forêt de sapin, en association avec les *Mollisols* (i.e. sol brun forestier foncé selon le système américain ou *Chernosols* selon le système français) sur substrats calcaires et dolomitiques (Baumer 1977, Benjelloun 1993, Boukil 1998, Benabid 2000). Récemment, la carte des sols au PNT établie par Alaoui *et al.* (2021) confirme le développement exclusif de la sapinière du Maroc sur substrat calcaire, en particulier sur : *Cambisols* (selon le Système International de Classification des Sols ; sol brun forestier selon le système Français), *Rendzic Leptosols* (sol calcimagnésien généralement sous la forêt de conifères), *Luvissols* (sols

rouges fersiallitiques lessivés) ou encore sur *Arenosols* (sols peu évolués) (*International Soil Classification System* ; IUSS Working Group WRB 2015, Alaoui *et al.* 2021).

Climat

Le climat de la sapinière du Maroc est influencé par plusieurs facteurs notamment les reliefs très accidentés, l'exposition et les abris constitués par les versants et les vallées, à influence atlantique en hiver-printemps, et méditerranéenne en été (Benabid 1982, DPEFLCD 2012). La localisation de la sapinière notamment sur les expositions nord et ouest lui confère un surplus d'humidité (Aafi, 2000), auxquelles s'ajoute l'effet bénéfique des brouillards estivaux fréquents, atténuant amplement la sécheresse d'été qui dure généralement trois mois (Benabid 1982).

La zone de la sapinière ne dispose pas de stations météorologiques, c'est pourquoi on utilise les enregistrements météorologiques des stations les plus proches (une à Bab Taza et deux à Chefchaouen) pour caractériser le climat. Melhaoui (1990) a approché les estimations des facteurs climatiques au niveau de la sapinière par extrapolation. Les résultats ont montré que les moyennes des maxima de températures du mois le plus chaud (Août, M) sont de l'ordre de 26.5 °C et les moyennes des minima de température du mois le plus froid (Janvier, m) sont de l'ordre de -1,3 °C. Cependant, selon les données récentes de Ghallab (2018) basées sur une cartographie des principaux facteurs bioclimatiques dans la région Tanger-Tétouan (Rif occidental), la température moyenne (T) dans la sapinière marocaine, est comprise entre 13 et 15 °C, M ne dépasse pas 32.6 °C, et m peut descendre jusqu'à -1.1°C sans dépasser 2.7 °C (Tab. 1). Les précipitations annuelles moyennes (P) varient entre 948.1 et 1770.6 mm (Tab. 1), ces valeurs sont en cohérence avec celles rapportées par Sebbar (2013). Cependant, dans la littérature on trouve des valeurs qui peuvent atteindre 2000 mm sur les hauts sommets (e.g. Jbel Lakraâ, 2156 m ; Benabid 2000). En effet, les forêts du Rif ont profité de ces précipitations qui leur ont permis de se maintenir (Cheddadi *et al.* 2016).

A partir de la comparaison entre les données mentionnées par Melhaoui (1990) et Ghallab (2018), il s'avère que le climat a connu un réchauffement consistant avec les prédictions liées aux changements climatiques.

Les différentes synthèses bioclimatiques au niveau de la zone d'étude (i.e. Benabid 1982, Melhaoui 1990, Aafi, 1995) ont montré que la sapinière du Rif s'installe sous des ambiances bioclimatiques allant de l'humide au perhumide à variantes fraîche et froide où le maximum des précipitations est recueilli pendant l'hiver avec une sécheresse estivale marquée qui s'étend de début juin jusqu'au début septembre (environ 3 mois). La neige y est présente mais occasionnelle (Benabid 2000). Elle couvre une partie importante des hauts reliefs du Rif mais seuls les plus hauts sommets (Benabid 1982).

Environnement humain

D'un point de vue démographique, le Rif est l'une des régions méditerranéennes les plus peuplées (Benabid 2002). Dans le PNT, la population dépasse vingt-cinq mille habitants, la densité est relativement faible au centre du PNT alors qu'elle dépasse 100 hab/km² à sa périphérie (Bosshardt 2007). Toutefois, les personnes vivant aux dépens des forêts souffrent d'un niveau élevé de pauvreté en raison de plusieurs facteurs, notamment les infrastructures fragiles et les faibles possibilités d'emploi (Martin *et al.* 2011). Le contexte socioéconomique est dominé par l'agriculture et l'élevage.

Selon le dernier recensement général de la population et de l'habitat de 2014, la population de la province de Chefchaouen

s'élève à 457 432 habitants, dont 400 007 en milieu rural (HCP 2018). Elle représente 12.8 % de la population de la Région Tanger-Tétouan-Al Hoceima et 1.3% de la population nationale (HCP 2018). En comparaison avec le recensement de 2004, la population de Chefchaouen a connu un accroissement absolu de 8.1% (HCP 2018). Les populations des communes du PNT ont connu des taux d'accroissement positifs à l'exception de la commune de Talambote avec un taux de croissance négatif (HCP 2018, Tab. 2).

Les populations rurales dépendantes du PNT (i.e. les ayants-droit) sont souvent classées en deux groupes selon leur degré de dépendance aux ressources du PNT (AEFCS 1994) :

1) les usagers directs (usagers réels ou encore de premier ordre) des parcours forestiers durant toute l'année qui sont les douars limitrophes des massifs.

2) les usagers indirects ou saisonniers des parcours (généralement les douars en périphérie du PNT) parmi lesquels on distingue ceux de moyenne altitude (maquis) de ceux d'altitude (sapinière, pinède).

La sapinière de Talassemtane comprend dix douars usagers directs appartenant en majorité à la commune rurale de Talembote et sept douars usagers indirects faisant partie surtout des communes de Bab Taza et Beni Darkoul (Tab. 3). La sapinière de Tazaout englobe deux douars usagers appartenant à deux communes rurales Talembote et Tassift.

Aspects phytosociologiques

Dans la sapinière du Maroc, les études phytosociologiques pionnières (Benabid 1982, Mhirit 1982, Melhaoui 1990, Aafi

Tableau 1. Plages de valeurs moyennes de températures et précipitations dans les forêts de Talassemtane et Tazaout (d'après Ghallab 2018).

	T (°C)		m (°C)		M (°C)		P (mm)	
	Tazaout	Talassemtane	Tazaout	Talassemtane	Tazaout	Talassemtane	Tazaout	Talassemtane
Minimum	14.3	13.7	0.3	-1.1	31.4	31.2	1136.1	948.1
Maximum	14.8	15.3	2.5	2.7	31.5	32.6	1487.8	1770.6
Moyenne	14.4	14.3	1.2	0.6	31.4	32	1363.4	1467.3

T: température annuelle moyenne; m: température minimale moyenne du mois le plus froid; M: température maximale moyenne du mois le plus; P: précipitation annuelle moyenne.

Tableau 2. Population légale de Chefchaouen et des communes rurales du PNT en 2004 et 2014 (Source : HCP 2018).

	2004	2014	TAAM (%)
Province de Chefchaouen	422891	457432	0.79
Chefchaouen (Mun.)	36929	42786	1,48
Bab Taza	26553	28713	0,79
Beni Darkoul	14195	14779	0,40
Beni Selmane	23396	24217	0,35
Talambote	9002	8481	-0,59
Tassift	7307	7363	0,08
Steha	10 637	12 034	1,24

Mun. : Municipalité, TAAM : Taux d'accroissement annuel moyen.

Tableau 3. Les usagers directs et indirects de la sapinière du Maroc et les communes rurales correspondantes (Source : DPEFLCD 2012).

Usagers directs		Usagers indirects	
Douars	CR	Douars	CR
Sapinière de Talassemtane			
Taria	Talembote	Izrafène	Talembote
Abou Bnar	Talembote	Zaouiet el Habteyine	Bab Taza
Beni M'hamed	Talembote	Majjo	Bab Taza
El Kalaâ	Talembote	Mechkralla	Bab Taza
Azilane	Talembote	Bouhallah	Beni Darkoul
Imizzar	Talembote	Armoutah	Beni Darkoul
Afeska	Talembote	Tazia	Beni Darkoul
Adeldal	Beni Darkoul		
Ametrasse	Beni Darkoul		
Tiouertiouane	Beni Salmane		
Sapinière de Tazaout			
Akane	Talembote		
Azzahar	Tassift		

1995) ont dressé des descriptions détaillées des associations végétales formées par *A. marocana*. En effet, ces études ont identifié trois associations selon un gradient altitudinal (Fig. 2) : 1) *Trifolio ochroleuci-Quercetum fagineae* ; 2) *Paeonio marocanae-Abietetum marocanae* avec trois sous-associations : *Quercetosum fagineae*, *Abietetosum*, et *Cedretosum* ; et finalement 3) *Berberido hispanicae-Cedretum atlanticae* avec une sous-association *Quercetosum rotundifoliae*. Dans la deuxième association, *A. marocana* est dominant et forme des peuplements purs, tandis que l'espèce devient dominée dans les deux autres associations par : *Q. rotundifolia* et *Q. faginea* vers le bas et par *C. atlantica* vers le haut. Au niveau de la sous-association *Abietetosum*, des peuplements de *P. pinaster* subsp. *hamiltonii* (Ten.) H. del Villar var. *maghrebiana* H. del Villar (le pin maritime du Maghreb) et notamment *Pinus nigra* Arnold subsp. *mauretanica* (Maire & Peyer.) Heywood (le pin noir) s'observent soit en mélange avec *A. marocana* ou en formations pures (Benabid 1982). Du point de vue diversité spécifique, la sous-association *Quercetosum* est considérée plus diversifiée par rapport à la sous-association *Abietetosum* (Aafi 2000).

Formations forestières

Faisant partie du *hotspot* Rifain, caractérisé par des conditions écologiques et bioclimatiques singulières, le PNT

englobe une phytodiversité riche. La forêt de Talassemrane prospère dans l'étage montagnard méditerranéen où *A. marocana* est dominant, notamment sur les versants nord et ouest, et celle de Tazaout s'étend principalement dans l'étage supraméditerranéen sur son versant nord, toujours avec la dominance d'*A. marocana* (Aafi 2000). Au niveau de la forêt de Talassemrane, et dans la limite supérieure de l'étage montagnard, *A. marocana* est progressivement substitué par *C. atlantica*, alors que que *P. maghrebiana*) domine la partie inférieure avec *Quercus rotundifolia* (le chêne vert), *P. mauretanica* s'observe également à la limite inférieure de la sapinière mais n'est représenté que par des individus épars ou en petits bouquets dispersés (Benabid 1982, 1985, Mhirit 1982, 1990, Aafi 1995, 2000, Fig. 3). À Tazaout comme dans la forêt de Talassemrane, par ailleurs, le sapin reste dominant (Benabid 1982), malgré l'abondance du *C. atlantica*, d'*A. granatense* et du *P. maghrebiana* à la forêt de Talassemrane, sans oublier la présence exclusive du *P. mauretanica* endémique du parc. Généralement, les peuplements mixtes sont dominants, tandis que ceux purs couvrent une aire restreinte au niveau de la sapinière (DPEFLCD 2012).

Dans la sapinière de Talassemrane, le sapin se trouve, en mélange avec le pin maritime, à partir de 1300 m d'altitude sur les versants nord et nord-est du côté des douars Beni M'hammed et Azilane (DPEFLCD 2012). Les peuplements

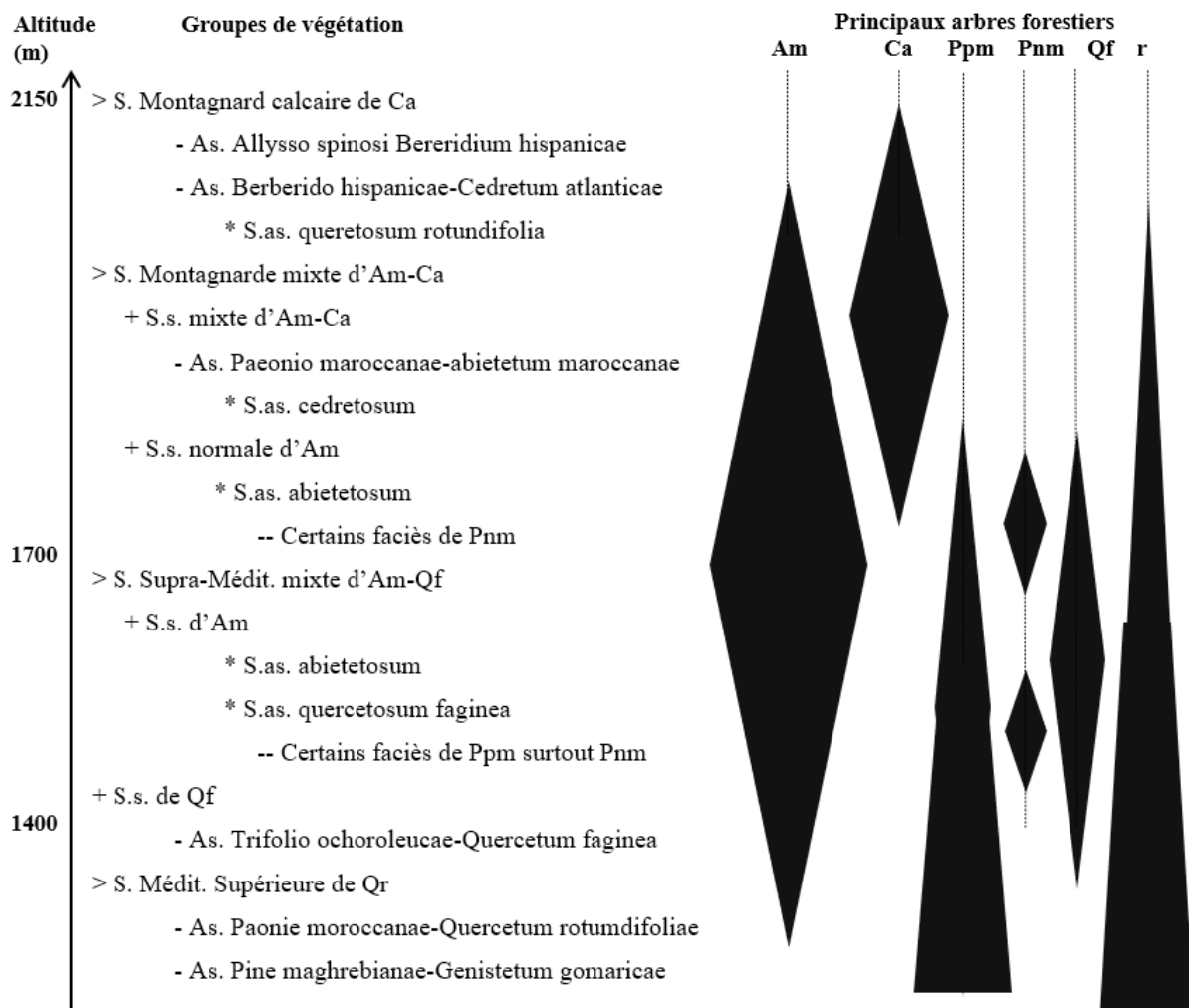


Figure 2. Répartition altitudinale théorique des différentes unités phytoécologiques de la sapinière de Talassemrane où *A. marocana* est présent (Adapté de Benabid 1982 et Melhaoui 1990).

S. : série ; S.s. sous-série ; As. : association ; S.as. : sous-association ; Médit. : Méditerranéen ; Am : *Abies marocana*, Ca : *Cedrus atlantica*, Qf : *Quercus faginea*, Qr : *Quercus rotundifolia* ; Pnm : *Pinus nigra* var. *mauretanica*, Ppm : *Pinus pinaster* var. *maghrebiana*.

purs du sapin occupent environ 16 % de la superficie totale de la sapinière de Talassemtane (3760 ha) soit une superficie équivalente à 81 % des peuplements purs, les autres espèces (*C. atlantica*, *P. mauretana*, *P. maghrebiana* et *Q. rotundifolia*) ne forment pas des peuplements purs très étendus ; à l'exception du chêne vert qui constitue 8 % des peuplements purs (DPEFLCD 2012). Globalement, les peuplements en mélange sont plus représentés avec une proportion de 80 % de la superficie totale alors que les peuplements purs ne présentent que 19 % de cette superficie (Fig. 4). *C. atlantica* s'observe à partir de 1500 m d'altitude jusqu'à plus de 2100 m dans la forêt de Talassemtane, il s'étend sur une superficie totale de 731.37 ha (y compris celle en mélange) avec seulement 3 % des formations pures de la zone, et il s'installe sur les sols pauvres et les escarpements ; ainsi qu'au niveau des peuplements qui ont connu des incendies au passé (e.g. versant nord de Jbel Talassemtane) (Fig. 4). Par ailleurs, il se trouve en mélange ou dispersé dans la sapinière sous forme de petits bouquets ou par pieds d'arbres (Aafi 2000). *P. maghrebiana* se présente sous forme pure ou en mélange avec presque toutes les espèces majeures sur une superficie totale de 710.25 ha dont seulement 5 % des peuplements purs (Fig. 4). Les peuplements de *P. mauretana*, en mélange avec presque toutes les autres espèces de la zone, forment des individus isolés ou de bouquets de très faible superficie totale d'environ 452.08 ha (3 % de superficie des peuplements purs) sur les versants E, NE et SE des sommets de la partie orientale de la dorsale calcaire (i.e. versants N, NE et NO du côté *douars* de Taria et Azilane) dans une gamme altitudinale de 1300 - 1700 m, ils forment la limite entre les formations de *P. maghrebiana* et d'*A. marocana* (Benabid 1982, DPEFLCD 2012). *Q. rotundifolia* marque la limite inférieure de la

sapinière, il constitue la toile de fond pour toutes les espèces au PNT en jouant un rôle essentiel pour la conservation des sols et aidant à la protection et à la régénération de ces espèces, et il occupe une superficie de 1671.82 ha dont 56.52 ha est à l'état pur (DPEFLCD 2012). *Q. faginea* ne forme pas de formation individualisée et se trouve en mélange, principalement, avec *Q. rotundifolia* et *A. marocana* sur environ 285 ha (Fig. 4). Contrairement à la sapinière de Talassemtane, les données sur les types de formations végétales sont indisponibles dans la forêt de Tazaout.

En se basant sur l'indice de diversité de Shannon, la diversité globale des espèces ligneuses au PNT était relativement élevée à moyenne et basse altitude (0,25 - 1,1 ; Ben-Said *et al.*, 2020). Ben-Said *et al.* (2020) ont constaté que l'indice de diversité des espèces montre des valeurs inférieures à celles obtenues par Linares *et al.* (2011) au PNT (soit 1,34) mais supérieures à celles observées dans les peuplements d'*A. pinsapo*. Comme la plupart des forêts de montagne, la diversité des espèces dans le PNT diminue avec l'altitude. Par rapport à *A. pinsapo*, la forêt d'*A. marocana* se caractérise par une plus grande diversité en espèces (Aafi 2000, Benabid 2000, Linares *et al.* 2011) en raison de la présence de plusieurs espèces d'arbres principalement *C. atlantica*, *A. granatense* et *J. oxycedrus*.

Valeur économique

L'importance économique de la sapinière rifaine pour la population riveraine est indiscutable grâce aux multiples biens et services fournis par cet écosystème : fruits, plantes aromatiques et médicinales (PAMs), apiculture, protection et conservation des sols et des eaux, régulation du climat,



Figure 3. Limite naturelle entre les formations de *Quercus rotundifolia* (en bas) et d'*Abies marocana* (vert le haut) le long du versant nord de Jbel Talassemtane (Photo par BEN-SAID M., le 09-11-2019).

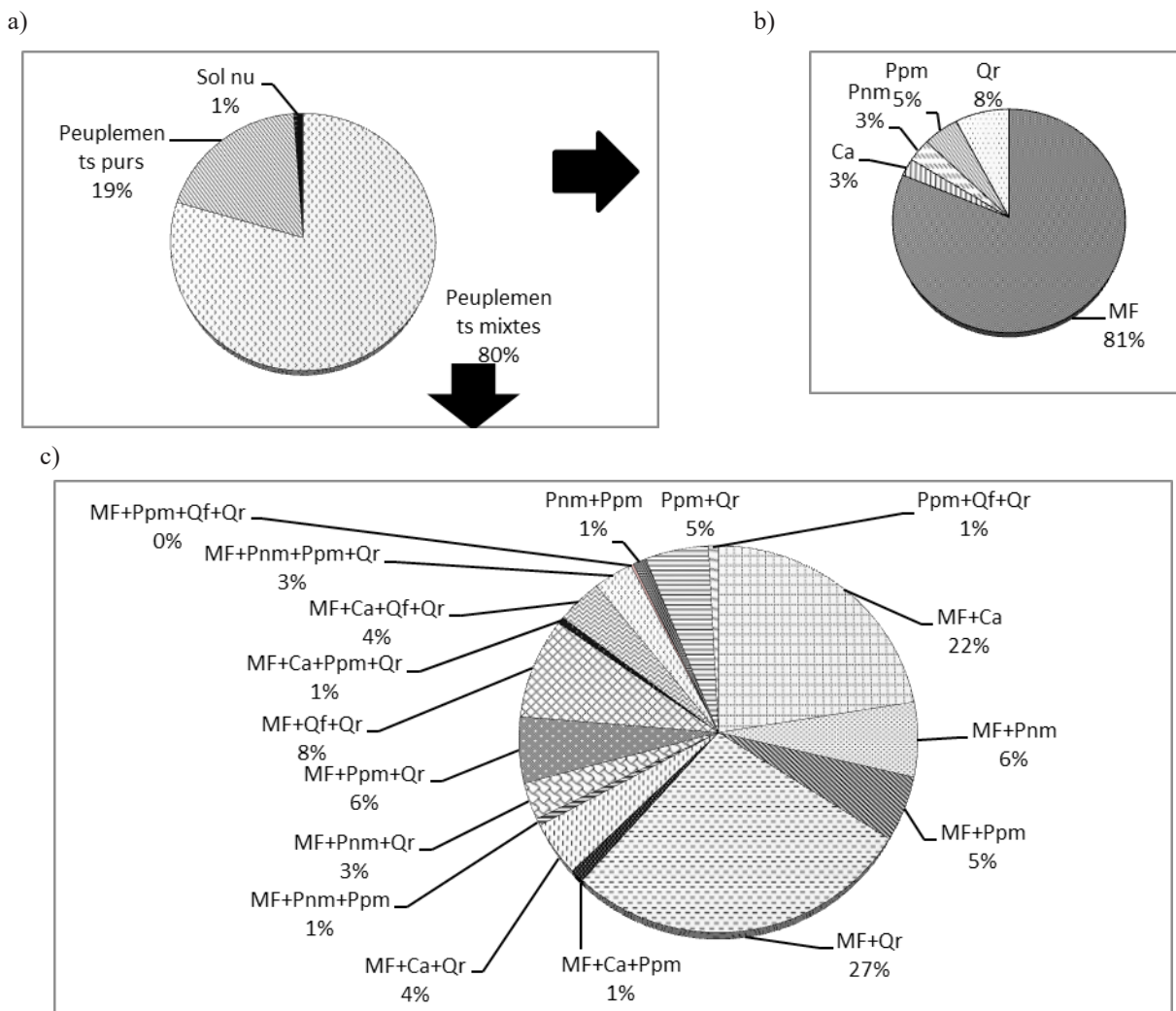


Figure 4. Pourcentages des types de formations végétales dans la sapinière de Talassemtane,(A), la composition des formations pures (B) et celles mixtes (B) (Source : DPEFLCD 2012).

MF: *A. marocana*, Ca: *C. atlantica*, Pnm: *P. mauretunica*, Ppm: *P. maghrebiana*, Qr: *Q. rotundifolia*, Qf: *Q. faginea*.

préservation de la biodiversité (Baumer 1977, Benabid 1985,2000, Grovel 1996, Boukil 1998), quant au bois, après 1971 aucune exploitation n'a été entreprise dans la sapinière de Talassemtane (DPEFLCD 2012). La sapinière renferme un grand nombre de PAMs utilisées en médecine traditionnelle et en ethnovétérinaire, telles qu'*A. marocana*, *C. atlantica*, *Pinus* L. spp. (les pins), *Laurus nobilis* L. (le laurier noble), *Arbutus unedo* L. (l'arbousier), *Daphne gnidium* L. (le bois gentil), *Cistus* L. spp. (les cistes), *Thymus* L. spp. (les thymes) et *Origanum* L. spp. (les origans) (Benabid & Bellakhdar 1987, Aafi *et al.* 2009, Rhattas *et al.* 2016, Lamrani-Alaoui & Hassikou 2018 ; Chaachouay *et al.* 2022). En effet, la présence de plus de 300 PAMs a été rapporté (Rhattas *et al.* 2016, Ouziki & Taiqui 2016, Redouan *et al.* 2020). L'importance de la sapinière a été soulignée dans des études plus récentes qui ont montré son potentiel dans les domaines agro-alimentaire, ornemental, horticulural, médicinaux et cosmétique (Libiad *et al.* 2021, Krigas *et al.* 2021, Bourgou *et al.* 2021). *Abies marocana*, en tant que PAM, a fait l'objet d'un nombre très limité d'études phytochimiques pour identifier les principaux composés chimiques actifs dans ses huiles essentielles et extraits organiques (Barrero *et al.* 1991, 1992, 1994,1996, Bazdi *et al.* 2006).

Intérêts pour la conservation

En plus de sa grande valeur culturelle (Seijo *et al.* 2023) l'intérêt écologique de la sapinière du Maroc est indiscutable. Outre sa faune et sa flore riches, dont une grande partie est endémique, rare ou remarquable, plusieurs espèces y sont menacées d'extinction (Benabid 2002). Le sapin du Maroc figure sur la liste rouge de l'UICN en tant qu'espèce mondialement menacée dans la catégorie « en danger » (Alaoui *et al.* 2011, Fennane 2017) (voir aussi le Livre rouge de la flore vasculaire du Maroc de Fennane, 2021). En effet, la sapinière du Maroc héberge d'importantes espèces foresitères reliques telles que *C. atlantica*, *P. mauretunica* et *P. maghrebiana*, avec des espèces tempérées rares au Maroc comme *Acer opalus* subsp. *granatense* Mill. (l'érable), *Taxus baccata* L. (l'if), et animaux telles que *Macaca sylvanus* L. (le singe Magot) et *Lutra lutra* L. (la loutre) (Waters & El Harrad 2018).

Principales menaces

Les forêts de la Méditerranée occidentale sont des écosystèmes naturels fragiles en raison du stress climatique et des contraintes géopédologiques accentuées par les pressions anthropiques (Barbero *et al.* 1990). La structure des forêts



Figure 5. Illustrations de : a) la sapinière de Talasemtane (Jbel Lakraâ, 26-10-2019) et b) la sapinière de Tazaout (10-07-2019). Photos par M. Ben-Said.

rifaines a été profondément modifiée par la pression humaine (Ajbilou *et al.* 2006). Actuellement, bien que la sapinière du Maroc soit relativement protégée de l'exploitation forestière, l'extension des cultures du *Cannabis* spp. est considérée une véritable menace avec les incendies qui détruisent des superficies croissantes au niveau des moyennes altitudes (Esteban & de Palacios 2007). L'exploitation illégale par la population locale s'est poursuivie jusqu'à 1971 à Jbel Talasemtane, 1960 à Jbel Kharbouch et 1974 à Tazout dates d'arrêt de l'exploitation forestière (Boukil 1998). Ces trois massifs ont fait l'objet d'un plan de gestion en 1974 pour une durée de 24 ans dont les objectifs étaient : 1) la production de bois de qualité, 2) l'amélioration de la densité des peuplements et 3) la conservation des sols, mais ce plan n'a pas été pleinement appliqué en raison de l'accès difficile aux peuplements (Boukil 1998).

Les incendies dans le Rif sont principalement liés aux activités anthropiques (Melhaoui 2002). Ces incendies sont

en moyenne de 500 ha par an (avec un pic de 4500 ha en 2004) (Bosshardt 2007). Les incendies à Talasemtane sont généralement rares et n'affectent pas de larges superficies. À Tazaout, un incendie survenu en 2002 a ravagé 200 ha (Esteban & Palacios 2007). Récemment, un incendie a eu lieu en 2018 aux environs de Beni M'hamed (Fig. 6a) et un autre incendie s'est produit en 2019 dans la région d'Akchour (limites du PNT) et qui s'est étendue jusqu'aux environs de Jbel Tazaout. Durant la période 2003–2018, Castro *et al.* (2022) ont estimé la surface moyenne perdue des forêts du parc à 106 ha/an, dont 49% des pertes de surface boisées sont dues aux incendies, soit une perte de 0.3% chaque année en se basant sur les données du Changement Global de Forêt de Hansen (The Hansen Global Forest Change), et une perte moyenne de 278 ha en se basant sur les données de l'Atlas Global des Incendies d'Andela (Andela's Global Fire Atlas) (Castro *et al.* 2022). En général, les peuplements d'*A. marocana* semblent être moins affectés par les incendies que les autres formations

telles que celles à base de *P. maghrebiana*. Cela pourrait être dû à l'absence d'un sous-bois combustible sous *A. marocana* qui caractérise normalement les pinèdes et qui constitue la principale cause de propagation des feux.

Bien que l'extension de la cannabiculture ait conduit à une régression de l'élevage extensif, notamment caprin (Benabid 2002, Melhaoui 2002), elle constitue une véritable menace pour les peuplements forestiers de l'ensemble du Rif. La déforestation rapide par l'extension du *Cannabis* est liée au besoin continu de nouvelles terres après l'épuisement des sols des anciennes cultures (après 2 à 3 ans ; Melhaoui 2002). Nos observations de terrain prouvent la régression des formations de *P. maghrebiana* soit directement par défrichement ou indirectement par incendies au profit des monocultures de *Cannabis* aux basses altitudes et se multiplient rapidement vers les moyennes et hautes altitudes. La situation est également alarmante pour la sapinière à laquelle cette culture s'attaque déjà en particulier celle de Tazaout comme il a été observé pendant nos visites récentes de terrain au PNT (obs. pers. de 2017 à 2019 ; Fig. 6b). Cependant, la réduction de la charge pastorale, qui en résulte, a engendré une régénération naturelle importante du *C. atlantica* au Rif (Melhaoui 2002). En effet, une régénération massive du cèdre s'observe sur le versant nord de Jbel Talasemtane (Fig. 7a) ainsi qu'à Tazaout quoiqu'elle soit beaucoup moins importante (Fig. 7b).

A Tazaout, Esteban & Palacios (2007) ont signalé que la forêt de sapin se caractérise par une grande diversité floristique et une importante régénération par rapport à Talasemtane. Selon la DREFLCD (2009), cette forêt forme des peuplements bien venant ayant une hauteur moyenne de 25 m présentant une régénération dynamique. Cependant, nous avons observé sur le terrain une forte régénération de sapin à Talasemtane, alors que la situation apparaît moins encourageante à Tazaout où l'action anthropique (i.e. coupe de bois) était remarquable (Fig. 6b) même si le dépérissement individuel du sapin s'observe sur des versants exposés au sud à Talasemtane conjuguée à une pression humaine liée aux cultures illégales de *Cannabis*, en particulier à Beni M'hamed. En effet, nous avons observé une différence notable entre la régénération de sapin entre les deux forêts avec une forte dynamique progressive à Talasemtane.

Jusqu'au 19^e siècle, les difficultés d'accès aux peuplements d'*A. marocana* et la mauvaise qualité de leur bois par rapport aux pins ont contribué à leur isolement et leur maintien à l'abri des activités humaines, ce qui a largement contribué à leur maintien (Esteban *et al.* 2010). Vers la fin des années 90, les études ont décrit l'état de régénération des forêts d'*A. marocana* comme étant alarmant (Benabid 1985, Melhaoui 1990, Boukil 1998). Dans la forêt de Talasemtane, Boukil (1998) a souligné que les vieux peuplements dominent. Au cours de la dernière décennie, certains auteurs ont globalement mentionné un état plus encourageant (Linares *et al.* 2011, Navarro-Cerrillo *et al.* 2020, Ben-Said *et al.* 2020, 2022). Il apparaît que les actions de conservation entreprises dès la création du PNT ont probablement aidé à renverser la tendance régressive de la sapinière.

L'accentuation de la sécheresse et de l'augmentation de la température pourraient conduire au déclin des peuplements d'*A. marocana* surtout en basses altitudes (Aussenac 2002, Ben-Said 2022b). La modélisation à l'aide l'outil MaxEnt de la distribution potentielle de la sapinière dans les conditions

climatiques et topographiques actuelles a été récemment réalisée par Alaoui *et al.* (2021) et Moukrim *et al.* (2022) dans le but d'aider à la conservation de cet écosystème. Dans le contexte des impacts des changements climatiques, certaines études ont été récemment menées (Sánchez-Salguero *et al.* 2017, Ghallab 2018, Moukrim *et al.* 2022, Méndez-Cea *et al.* 2023b) dans la sapinière du Maroc. En effet, la capacité des écosystèmes forestiers à remplir leurs fonctions vitales au bien-être de la population est liée à l'intégrité de l'écosystème qui pourrait être profondément altérée dû au changement climatique en cours (Moukrim *et al.* 2022). La modélisation de la distribution future d'*A. marocana* a montré que sous le scénario RCP8.5, l'aire potentielle de la sapinière serait profondément affectée à l'horizon de 2050 voire une disparition totale à l'horizon de 2070 (Ghallab 2018, Moukrim *et al.* 2022).

Principales lacunes

Malgré le progrès remarquable dans les connaissances sur la sapinière du Rif, plus d'efforts devraient être menés pour fournir une base scientifique qui aiderait dans la planification des actions de conservation et de gestion durable de cet écosystème endémique.

En comparaison avec la sapinière de Talasemtane, la forêt de Tazaout a reçu un intérêt très faible de la part des chercheurs, à l'exception des études taxonomiques et systématiques. Cela pourrait être dû à la superficie restreinte de la sapinière de Tazaout (soit environ 300 ha). Contrairement à la sapinière de Talasemtane, les données sur les types de formations végétales sont indisponibles dans la forêt de Tazaout.

De plus, jusqu'à présent, les intérêts pharmacologiques et les usages traditionnelles des espèces ligneuses, surtout de conifères emblématiques de la sapinière, n'ont pas fait l'objet d'études et restent un champ fertile qui devrait être investigué par les chercheurs. Jusqu'à présent, aucune étude n'a été faite sur les effets pharmacologiques des huiles essentielles ou extraits organiques d'*A. marocana* (Ben-Said & Sakar 2023).

Au PNT, les chercheurs se sont souvent concentrés sur les espèces endémiques et emblématiques vu leur valeur patrimoniale. Les études phytosociologiques pionnières ont suffisamment décrit la structure des associations qu'elles constituent en apportant des données quantitatives et qualitatives (e.g. les indices de Braun-Blanquet et de sociabilité ; Benabid 1982, Aafi 1995). En effet, les études ultérieures se sont fixées sur *A. marocana* (e.g. Linares *et al.* 2011, Navarro-Cerrillo *et al.* 2020, Ben-Said *et al.* 2020, 2022) tandis que les autres espèces telles qu'*A. granatense*, *P. mauretanicus* et *T. baccata* ont été négligées (mais voir Navarro-Cerrillo *et al.* 2020). Ces espèces devraient recevoir plus d'attention étant donné qu'elles sont endémiques et sont en danger d'extinction.

Si la conservation in-situ de la sapinière est relativement soutenue par la création du PNT, la conservation ex-situ est loin d'être adressée par les gestionnaires. Cependant, la conservation ex-situ est essentielle pour assurer la pérennité des écosystèmes face aux changements climatiques et à la contrainte altitudinale (Ghallab 2018, Libiad *et al.* 2020, Ben-Said, 2022b). D'autre part, le commerce électronique (*e-commerce*) constitue de plus en plus une menace potentielle pour la sapinière du Rif, récemment évoquée pour la première fois par Khabbach *et al.* (2022).

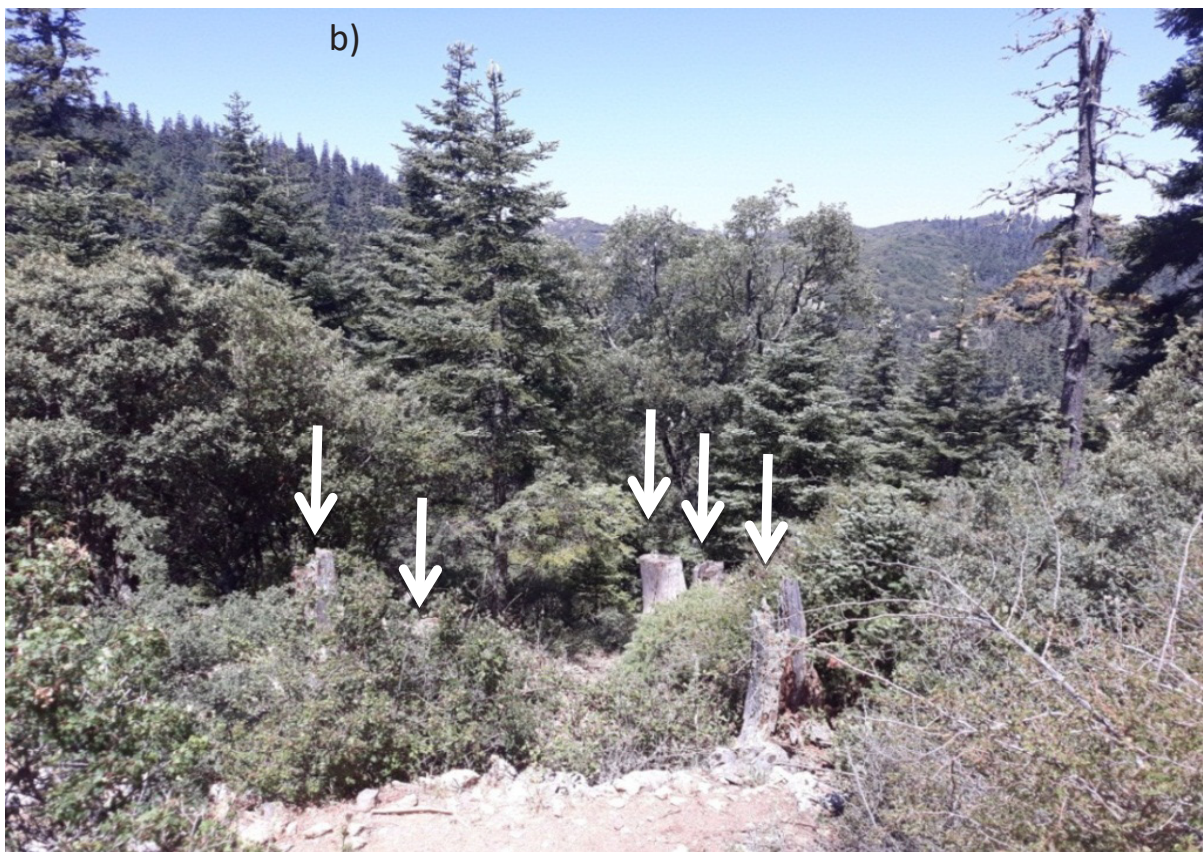


Figure 6. Illustrations de : a) incendie survenu en été 2018 dans des peuplements de pin maritime aux environs de Beni M'hamed (Photo de BEN SAID M., le 06-11-2018), et de b) coupe de bois dans un peuplement de sapin à Jbel Tazaout (Photo de BEN SAID M., le 10-07-2019).



Figure 7. Régénération importante de *Cedrus atlantica*: a) sur le versant nord de Jbel Talassemthane (03-11-2018), et b) sous le houppier du *P. maghrebiana* à Jbel Tazaout (10-07-2019). Photo de BEN SAID M.

Conclusion

Située dans la province de Chefchaouen, la sapinière du Maroc constitue le cœur du PNT. Les différentes synthèses bioclimatiques ont montré que la sapinière s'installe sous des ambiances bioclimatiques allant de l'humide au perhumide à variantes fraîche et froide. La sapinière se développe exclusivement sur des substrats calcaires et dolomitiques de la dorsale calcaire du Rif occidental, dans une tranche altitudinale allant de 1500 m à 2100 m. Le sol est principalement de type *Alfisols* associé aux *Mollisols*. Les peuplements purs du sapin occupent une superficie faible. En formation mixte, le sapin se trouve avec les espèces principales : *C. atlantica*, *P. maghrebiana*, *Q. rotundifolia*, *P. mauretanica* et *Q. faginea*.

En effet, les montagnes de Rif peuvent être un exemple paradigmatique puisqu'elles englobent l'aire de répartition méridionale de nombreuses espèces ligneuses tempérées, aussi bien endémiques que menacées (e.g. *Abies*, *Cedrus*, *Acer*, *Taxus*). La disparition progressive de leurs habitats conduirait à la perte irréversible de ces espèces. A part le sapin

du Maroc et le cèdre de l'Atlas, les autres espèces telles que *T. baccata* et *A. granatense* n'ont pas reçu un intérêt remarquable aussi bien de la part des scientifiques que des gestionnaires. De ce fait, beaucoup d'effort sont nécessaires pour examiner et comprendre leur dynamique afin de les intégrer dans les programmes de conservation et de gestion.

Initialement densément boisée, la sapinière du Rif, un écosystème singulier, a subi une déforestation massive au dernier siècle et reste soumise à une pression humaine croissante combinée au changement climatique, ce qui peut altérer davantage sa structure et composition. En conséquence, cette forêt mixte a été profondément réduite à de petites forêts d'environ 4000 ha, se localisant principalement dans deux îlots Talassemthane et Tazaout. Des mesures de conservation strictes de plus en plus s'imposent surtout dans un contexte global caractérisé par un climat changeant. Le maintien de la stabilité de cette forêt est crucial pour soutenir les services écosystémiques et la biodiversité dans la forêt la plus écologiquement vulnérable du nord du Maroc.

Références bibliographiques

- Aafi A. 1995. Contribution à l'étude phytoécologique et à la cartographie des groupements végétaux du Parc Naturel de Talassemtane. Thèse Doctorat de 3^{ème} cycle ENFI, 192 p.
- Aafi A. 2000. Floristic diversity of Morocco's fir ecosystem (*Abies marocana* Trab.) (Talassemtane National Park). *Nature et Faune*, 18, 15–19.
- Aafi A., Ghanmi M., Satrani B. *et al.* 2009. Diversité et valorisation des principales plantes aromatiques et médicinales (PAM) de l'écosystème cétraie au Maroc. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 41, 190–207.
- AEFCS (Administration des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols), 1994. Le plan directeur d'aménagement de gestion du Parc Naturel de Talassemtane. Plan Directeur Aires Protégées du Maroc, 1. Ministère de l'Agriculture et de la Mise en valeur Agricole.
- Ajbilou R., Marañón T. & Arroyo J. 2006. Ecological and biogeographical analyses of Mediterranean forests of northern Morocco. *Acta Oecologica*, 29, 104–113.
- Alaoui M.L., Knees S., Gardner M. 2011. *Abies pinsapo* var. *marocana*, Moroccan Fir. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: E.T34126A9841418. [consulté le 7 Mars 2017]
- Alaoui A., Laariby S., Ayan S., *et al.* 2021. Modelling spatial distribution of endemic Moroccan fir (*Abies marocana* Trab.) in Talassemtane National Park, Morocco. *Austrian Journal of Forest Science*, 138, 73–94.
- Alba-Sánchez F., Abel-Schaad D., López-Sáez J.A. *et al.* 2018. Paléobiogéographie de *Abies* spp. et *Cedrus atlantica* en Méditerranée occidentale (Péninsule Ibérique et Maroc). *Ecosistemas*, 27, 26–37.
- Alba-Sánchez F., López-Sáez J.A., Abel-Schaad D. *et al.* 2019. The impact of climate and land-use changes on the most southerly fir forests (*Abies pinsapo*) in Europe. *The Holocene*, 1–13.
- Aussenac G. 2002. Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change. *Annals of Forest Science*, 59, 823–832.
- Balao F., Lorenzo M.T., Sánchez-Robles J.M. *et al.* 2020. Early diversification and permeable species boundaries in the Mediterranean firs. *Annals of Botany*, 125, 495–507.
- Barbero M., Bonin G., Loisel R. *et al.* 1990. Changes and disturbances of forest ecosystems caused by human activities in the Western part of the Mediterranean Basin. *Vegetatio*, 87, 151–173.
- Barrero A.F., Sánchez J.F., Alvarez-Manzaneda E.J. *et al.* 1991. Endoperoxide diterpenoids and other constituents from *Abies marocana*. *Phytochemistry*, 30, 593–597.
- Barrero A.F., Sánchez J.F., Alvarez-Manzaneda E.J. *et al.* 1992. Diterpenoids and cyclolanostanolides from *Abies marocana*. *Phytochemistry*, 31, 615–620.
- Barrero A.F., Sánchez J.F., Alvarez-Manzaneda E.J. *et al.* 1994. Terpenoids of the wood of *Abies marocana*. *Phytochemistry*, 35, 1271–1274.
- Barrero A.F., Haidour A., Muñoz Dorado M. *et al.* 1996. Two Sesquiterpenes from The Wood of *Abies marocana*. *Phytochemistry*, 41, 605–609.
- Baumer M. 1977. Le sapin du Maroc. *Biologie et forêt*, 5, 343–354.
- Bazdi B., Oller-López J.L., Cuerva J.M. *et al.* 2006. Composition of the Essential Oil from the Seeds of *Abies marocana*. *Journal of Essential Oil Research*, 18, 160–161.
- Benabid A. 1982. Etudes phytoécologique biogéographique et dynamique des associations et séries sylvatiques du Rif Occidental. Thèse Doctorat, Université St Jérôme-Marseille, 199 p.
- Benabid A. 1985. Les écosystèmes forestiers préforestiers et presteppiques du Maroc : Diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt Méditerranéenne*, VII, 53–64.
- Benabid A. & Bellakhdar J. 1987. Relevés floristiques et catalogue des plantes médicinales dans le Rif occidental (missions ethnobotaniques 1984-1987). *Al Biruniya, Revue Marocaine de Pharmacologie*, 3, 87–120.
- Benabid A. 2000. Flore et écosystèmes du Maroc: Évaluation et préservation (Ibis Press). Paris, 359 p.
- Benabid A. 2002. Le Rif et le Moyen-Atlas (Maroc): Biodiversité, Menaces, Préservation. In UNEP (Ed.), African Mountains High Summit Conference. Nairobi.
- Benjelloun H. 1993. Soil genesis, classification, and nitrogen cycling in forest ecosystems of the Northwestern Rif region of Morocco. Thèse Doctorat, Université Oregon State.
- Ben-Said M., Ghallab A., Lamrhari H. *et al.* 2020. Characterizing spatial structure of *Abies marocana* forest through point pattern analysis. *Forest Systems*, 29, e016.
- Ben-Said M. 2022a. The taxonomy of Moroccan fir *Abies marocana* Trab. (Pinaceae): conceptual clarifications from phylogenetic studies. *Mediterranean Botany*, 43, e71201.
- Ben-Said M. 2022b. Upward shifts of species range in Mediterranean high mountain forests under current climate change: a review. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 122, 39–52.
- Ben-Said M., Linares J.C., Carreira J.A. *et al.* 2022. Spatial patterns and species coexistence in mixed *Abies marocana*-*Cedrus atlantica* forest in Talassemtane National Park. *Forest Ecology and Management*, 506: 119967.
- Ben-Said M. & Sakar E.H. 2023. A systematic review on the endemic Moroccan fir (*Abies marocana* Trab.) and its implications for conservation and future research perspectives *Folia Geobotanica*.
- Bourgou S., Ben Haj Jilani I., Karous O. *et al.* 2021. Medicinal-Cosmetic Potential of the Local Endemic Plants of Crete (Greece), Northern Morocco and Tunisia: Priorities for Conservation and Sustainable Exploitation of Neglected and Underutilized Phylogenetic Resources. *Biology*, 10, 1344.
- Bosshardt C. 2007. Visite du Parc national de Talassemtane Région du Rif, Maroc, juin 2006. *Forêt Méditerranéenne*, XXVIII, 55–58.
- Boukil A. 1998. Etude de l'évolution de la gestion de la sapinière de Talassemtane (Rif centro-occidental, Maroc). *forêt méditerranéenne*, XIX, 145–152.
- Castello J.D., Cale J.A., Angelo C.M.D., *et al.* 2016. Baseline Mortality Analysis Reveals Legacy of Contrasting Land Use Practices on the Structural Sustainability of Endangered Moroccan and Spanish Mountain Forests. *Forests*, 7, 1–12.
- Castro I., Stan A.B., Taiqui L. *et al.* 2022. Detecting Fire-Caused Forest Loss in a Moroccan Protected Area Detecting Fire-Caused Forest Loss in a Moroccan Protected Area. *Fire*, 5, 1–14.
- Chaachouay N., Azeroual A., Bencharki B. *et al.* 2022. Ethnoveterinary medicines plants for animal therapy in the Rif, North of Morocco. *South African Journal of Botany*, 147, 176191.
- Cheddadi R., Bouaissa O., Rhoujjati A. *et al.* 2016. Environmental changes in the Moroccan western rif mountains over the last 9,000 years. *Quaternaire*, 27, 15–25

- Dering M., Sękiewicz K., Boratyńska K. *et al.* 2014. Genetic diversity and inter-specific relations of western Mediterranean relic *Abies* taxa as compared to the Iberian *A. alba*. *Flora*, 209, 367–374.
- DREFLCD (Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification du Rif), 2009. Etude d'Aménagement de la forêt Achacha Tassift.
- DPEFLCD (Direction Provinciale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la Désertification de Chefchaouen), 2012. Etude d'aménagement de la Sapinière de la Forêt de Talassemtane (Province de Chefchaouen). Volume 3: Plan de Gestion.
- Esteban L.G. & de Palacios P. 2007. Pinsapo forests: past, present and future. *Bois Et Forêts Des Tropiques*, 292, 39-47.
- Esteban L.G., de Palacios P., Guindeo A. *et al.* 2007. Comparative anatomy of the wood of *Abies pinsapo* and its two Moroccan varieties. *IAWA Journal*, 28, 285–299.
- Esteban L.G., de Palacios P., Fernández G. *et al.* 2009. Wood anatomical relationships within *Abies* spp. from the Mediterranean area: a phyletic approach. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 18, 213–225.
- Esteban L.G., de Palacios P. & Rodríguez-Losada L.A. 2010. *Abies pinsapo* forests in Spain and Morocco: threats and conservation. *Oryx*, 44, 276–284.
- Fennane M. 2017. Eléments pour un Livre rouge de la flore vasculaire du Maroc. Fasc. 2. Gymnospermae, Dicotyledonae (Acanthaceae - Aristolochiaceae). Edit. Tela-Botanica. Licence CC-BY NC ND.
- Fennane M. (avec la collaboration de Ibn Tattou, M. & El Oualidi, J.) 2021. Livre rouge de la flore vasculaire du Maroc. *Travaux Institut Scientifique (Rabat), Série Botanique, Numéro Spécial*, 1-12, 1-750.
- Ferrer-gallego P.P., Laguna E. & Ferrer-gallego R. 2022. Nomenclatural notes on the Mediterranean firs (*Abies*, Pinaceae). *Phytotaxa*, 549, 31–50.
- García F.J., Pascual L. & Perfectti F. 1993. Diferenciación a Nivel Subespecífico De Las Poblaciones Marroquíes De *Abies pinsapo* Boiss. Mediante Un Estudio Isoenzimático. Congreso Forestal Español, Tomo II, 195–199.
- Ghallab A. 2018. Modélisation de la distribution potentielle actuelle des espèces forestières majeures dans le rif occidental du maroc et prédiction de l'impact du changement climatique. Thèse Doctorat, Université Abdelmalek Essaâdi.
- Grovel R. 1996. La préservation des forêts du Rif centro-occidental : un enjeu de développement de la montagne rifaine / Preservation of forests in the central western Rif massif : a key element in the development of the Rif Mountains. *Revue de géographie alpine*, 84, 75–94.
- Hatzilazarou S., El Haissoufi M., Pipinis E. *et al.* 2021. GIS-Facilitated Seed Germination and Multifaceted Evaluation of the Endangered *Abies marocana* Trab. (Pinaceae) Enabling Conservation and Sustainable Exploitation. *Plants*, 10, 1–20.
- HCP (Haut Commissariat au Plan), 2018. Monographie Provinciale de Chefchaouen. Direction Régionale de Tanger-Tétouan-Al Hoceima, 105 p.
- IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports 106. FAO, Rome.
- Jaramillo-Correa J.P., Grivet D., Terrab A. *et al.* 2010. The Strait of Gibraltar as a major biogeographic barrier in Mediterranean conifers: A comparative phylogeographic survey. *Molecular Ecology*, 19, 5452–5468.
- Khabbach A., Libiad M., El Haissoufi M., *et al.* 2022. Electronic commerce of the endemic plants of Northern Morocco (Rif region and Mediterranean coast) and Tunisia over the Internet. *Botanical Sciences*, 100, 139-152.
- Krigas N., Tsoktouridis G., Anestis I., *et al.* 2021. Exploring the potential of neglected local endemic plants of three Mediterranean regions in the ornamental sector: Value chain feasibility and readiness timescale for their sustainable exploitation. *Sustainability*, 13, 2539.
- Lamrani-Alaoui M. & Garcia Novo F., 1997. Séries de dégradation du matorral des écosystèmes de la Sapinière de Talassemtane-Tazaout (N. Maroc) et celle de Sierra de Grazemala (S. Espagne) : comparaison. *Lagascalia*, 19, 691-702.
- Lamrani-Alaoui, M. & Hassikou, R. 2018. Rapid risk assessment to harvesting of wild medicinal and aromatic plant species in Morocco for conservation and sustainable management purposes. *Biodiversity and Conservation*, 27, 2729–2745.
- Lamrhari H., Ben-Said M., Jalal, Z. *et al.* 2020. Morphological and Anatomical Characteristics of Moroccan Fir Needles in Talassemtane National Park, North-Western Rif Region, Morocco. *European Scientific Journal*, 16, 189.
- Lecompte A. 1973. Aperçu sur la végétation d'altitude dans le Rif Occidental calcaire (Massif de Talassemtane).
- Libiad M., Khabbach A., El Haissoufi M. *et al.* 2021. Agro-alimentary potential of the neglected and underutilized local endemic plants of Crete (Greece), Rif-Mediterranean coast of Morocco and Tunisia: Perspectives and challenges. *Plants*, 10, 1770.
- Libiad M., Khabbach, A., El Haissoufi M., *et al.* 2020. Ex-situ conservation of single-country endemic plants of Tunisia and northern Morocco (Mediterranean coast and Rif region) in seed banks and botanic gardens worldwide. *Kew Bulletin*, 75, 46.
- Liepelt S., Mayland-quellhorst E., Lahme M., *et al.* 2010. Contrasting geographical patterns of ancient and modern genetic lineages in Mediterranean *Abies* species. *Plant Systematics and Evolution*, 284, 141–151.
- Linares C.J. 2011. Biogeography and evolution of *Abies* (Pinaceae) in the Mediterranean Basin: the roles of longterm climatic change and glacial refugia. *Journal of Biogeography*, 38, 619–630.
- Linares J.C., Carreira J.A. & Ochoa V. 2011. Human impacts drive forest structure and diversity. Insights from Mediterranean mountain forest dominated by *Abies pinsapo* (Boiss.). *European Journal of Forest Research*, 130, 533–542.
- Litkowiec M., Sękiewicz K., Romo A. *et al.* 2021. Biogeography and relationships of the *Abies* taxa from the Mediterranean and central Europe regions as revealed by nuclear DNA markers and needle structural characters. *Forest Ecology and Management*, 479, 118606.
- Martin F.P., Gratzner G., Duguma L.A. *et al.* (editors) 2011. Mountain Forests in a Changing World - Realizing Values, addressing challenges. FAO/MPS and SDC, Rome, p. 83.
- Médail F. & Diadema K. 2009. Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36, 1333–1345.
- Médail F., & Quézel P. 1999. Biodiversity Hotspots in the Mediterranean Basin: Setting Global Conservation Priorities. *Conservation Biology*, 13, 1510–1513.
- Melhaoui Y. 1990. Etude phytocéologique, productivité et classes de croissance du Sapin du Maroc (*Abies marocana* Trab.). Problématique de la régénération naturelle des peuplements de la sapinière marocaine. Thèse Doctorat, Université Aix-Marseille III, 200 p.

- Melhaoui Y. 2002. Protection et gestion participative des écosystèmes forestiers du RIF. In: Deuxième atelier international sur la foresterie participative en Afrique, Arusha (Tanzanie), 331–339.
- Méndez-Cea B., García-García I., Sánchez-Salguero R. *et al.* 2023a. Tree-level growth patterns and genetic associations depict drought legacies in the relict forests of *Abies marocana*. *Plants*, 12, 873.
- Méndez-Cea B., García-García I., Linares J.C. *et al.* 2023b. Warming appears as the main risk of non-adaptedness for western Mediterranean relict fir forests under expected climate change scenarios. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1155441.
- Mhirit O. 1982. Etude écologique et forestière du Rif marocain. Essai sur une approche multidimensionnelle de la phytoécologie et de la productivité du cèdre. *Annales de la Recherche Forestière au Maroc*, 22 502 p.
- Moukrim S., Lahssini S., Rhazi M. *et al.* 2022. Climate change impact on potential distribution of an endemic species *Abies marocana* Trab. *Ekológia (Bratislava)*, 41, 329–339.
- Navarro-Cerrillo R.M., Manzanedo R.D., Rodriguez-Vallejo C. *et al.* 2020. Competition modulates the response of growth to climate in pure and mixed *Abies pinsapo* subsp. *Maroccana* forests in northern Morocco. *Forest Ecology and Management*, 459, 117847.
- Ouziki M. & Taïqui L. 2016. Evaluation Exhaustive De La Diversité Des Plantes Aromatiques Et Médicinales De La Péninsule Tingitane (Maroc) *European Scientific Journal*, 12, 210–230.
- Pascual, L., García, F.J. & Perfectti, F. 1993a. Estudio de la variabilidad genética en poblaciones de pinsapo (*Abies pinsapo* Boiss.). Evaluación de los recursos genéticos. Congreso Forestal Español - Lourizán. Ponencias y comunicaciones, II, 201–205.
- Pascual L., García F.J. & Perfectti. 1993b. Inheritance of Isozyme variations in seed tissues of *Abies pinsapo* Boiss. *Silvae Genetica*, 42, 335–340
- Regato P. & Salman R. 2008. Mediterranean Mountains in a Changing World: Guidelines for developing action plans. Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation. xii+88 pp.
- Rhatts M., Douira A. & Zidane L. 2016. Étude ethnobotanique des plantes médicinales dans le Parc National de Talassemtane (Rif occidental du Maroc). *Journal of Applied Biosciences*, 97, 9187–9211.
- Redouan F.Z., Guillermo B., Boutahar A. *et al.* 2020. The Status and Perception of Medicinal Plants by Local Population of Talassemtane National Park (Northern Morocco). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 18, 131–147.
- Sánchez-Cózar S. 1946. El Abies del Tazaot. *Revista de la Real Academia de Ciencias de Madrid*, XL, 449–468.
- Sánchez-Robles J.M., Balao F, Terrab A. *et al.* 2014. Phylogeography of SW Mediterranean firs: Different European origins for the North African *Abies* species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 79, 42–53.
- Sánchez-Salguero R., Camarero J.J., Carrer M. *et al.* 2017. Climate extremes and predicted warming threaten Mediterranean Holocene firs forests refugia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 114, 10142–10150.
- Scaltsoyiannes, A., Tsaktsir, M. & Drouzas, A.D. 1999. Allozyme differentiation in the Mediterranean firs (*Abies*, Pinaceae). A first comparative study with phylogenetic implications. *Plant Systematics and Evolution*, 216, 289–307.
- Sebbar A. 2013. Etude de la variabilité et de l'évolution de la pluviométrie au Maroc (1935-2005): Réactualisation de la carte des précipitations. Thèse Doctorat, Université Hassan II.
- Seijo F., Linares J.C., Sánchez-Salguero R., *et al.* 2023. Cultural dimensions of forest conservation under global change: the case of relict Mediterranean fir forests. *Landscape Ecology*, Numéro spécial.
- Sękiewicz K., Sękiewicz M., Jasińska A.K. *et al.* 2013. Morphological diversity and structure of West Mediterranean *Abies* species. *Plant Biosystems*, 147, 125–134.
- Taïqui L. 1997. La dégradation écologique au Rif marocain: nécessités d'une nouvelle approche. *Méditerranée, Serie de Estudios Biológicos*, 16, 5–17.
- Taïqui L. 2005. Evolution récente de la structure du paysage du Bassin de Chefchaouen (1958-1986). In G.R.G. Rif Ed., Mutations des Milieux Ruraux dans les Montagnes Rifaines (Maroc), *Série Etudes Spatiales*, 2, 1–19.
- Terrab A., Talavera S., Arista M. *et al.* 2007. Genetic diversity at chloroplast microsatellites (cpSSRs) and geographic structure in endangered West Mediterranean firs (*Abies* spp., Pinaceae). *Taxon*, 56, 409–416.
- Trabut L. 1906. Sur la présence d'un *Abies* nouveau au Maroc (*Abies marocana*). *Bulletin de la Société Botanique de France*, 53, 154–155.
- Trabut L. 1928. Le Sapin du Maroc. *Abies maroccana* Trab. Bulletin de la Société Botanique de France, 75, 897–902.
- Waters S. & El Harrad A. 2018. New location for the Eurasian Otter *Lutra lutra* in the catchments of the western Rif Mountains of Morocco. IUCN/SCC Otter Specialist Group Bulletin, 35, 230–234.

Manuscrit reçu le 10/02/2023

Version révisée acceptée le 03/01/2024

Version finale reçue le 08/01/2024

Mise en ligne le 09/01/2024