



Premier signalement de *Thuja* [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.] à l'état naturalisé sous bioclimat saharien, bassin de Ouarzazate – Maroc

First record of the naturalized thuja [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.] in Saharan bioclimate, Ouarzazate basin – Morocco

Mohamed AIT HADDOU^{1,2*}, Belkacem KABBACHI¹, Youssef BOUHRITI¹, Mohamed BEN EL CAID³, Hicham GOUGUENI¹ & Youssef EL MOURABIT³

Abstract: This study aims to highlight, for first time, the presence of a Mediterranean endemic taxon, thuja (*Tetraclinis articulata*), in the hyperarid depression of Ouarzazate (southeast of Morocco). For this reason, a field survey was conducted to collect the coordinates and the pedoclimatic characteristics of the thuja trees in the study area. The field investigations reveal that the majority of the trees, about 22, are in good condition, and have height exceeding 20 m and age of about 100 years. The human afforestation activities during the 1920s are the origin of these trees. Even though the xerothermic conditions of the study area, the growth and survive of these trees are due to the significant provision of groundwater and surface water use in irrigation. Which revealing high degree of edapho-xerophilic ecological plasticity and adaptability to the atmospheric xerism in the Saharan bioclimate lowland site. In the light of these observations, expanding forestation and conservation of this species and others are possible in this region.

Key words : *Tetraclinis articulata*, geographical distribution, xerism, adaptation, conservation, Morocco.

Résumé : Cette étude a été menée pour signaler la présence du *Tetraclinis articulata*, un taxon endémique de la Méditerranée dans la dépression hyperaride de Ouarzazate au sud-est du Maroc. A ce jour, il n'existe aucune référence antérieure documentée de cette présence. Une visite de la zone d'étude a été réalisée pour recueillir ses coordonnées et ses caractéristiques pédoclimatiques. Les résultats montrent que la plupart des sujets, au nombre de 22, sont en bon état avec quelques-uns qui dépassent les 20 m de hauteur et d'un âge approximatif de 100 ans. Leur mise en place s'est révélée d'origine anthropique, liée à un boisement ayant été réalisé durant les années 1920. Le développement des arbres était principalement lié à la disponibilité significative de l'eau souterraine dédiée à l'irrigation. Ce facteur était responsable de la survie et de la croissance des pieds de Thuyas dans les conditions xerothermiques ambiantes. Ainsi, les observations effectuées révèlent une grande plasticité écologique édapho-xérophille et une forte capacité d'adaptation au xérisme atmosphérique compte tenu que le site se trouve en basse altitude et sous bioclimat saharien. Une expansion de l'aire de répartition et de conservation efficace de cette espèce est possible dans cette région grâce à la mise en œuvre de projets de forestation et de plantations spécifiques.

Mots-clés : *Tetraclinis articulata*, répartition géographique, xérisme, adaptation, conservation, Maroc.

INTRODUCTION

Tetraclinis articulata (Vahl) Masters appelé localement "Al'Araar" ou "Azouka" en tamazight. Le genre *Tetraclinis* est monotypique de la famille des Cupressaceae (ESTEVE-SELMA *et al.*, 2010 ; FARJON, 2017). C'est un conifère méditerranéen originaire du nord-ouest de l'Afrique qui pousse dans les montagnes de l'Atlas (ROZAS *et al.*, 2021). Il s'agit d'une des essences forestières les plus importantes pour le Maroc (MAKKAOUI *et al.*, 2020) puisqu'elle couvre une superficie d'environ 545.450 ha (HCEFLCD, 2013). Malheureusement, son dépérissement a pris de l'ampleur ces dernières décennies (GHAILOULE & LUMARET, 2020). Il est présent dans des conditions climatiques semi-arides à subhumides, en mélange avec le maquis du niveau de la mer jusqu'à 1000-1100 m d'altitude, voire 1600 m dans le Sud du Maroc (FARJON, 2005 & EZAIDI *et al.*, 2022).

Il est ainsi par excellence l'arbre du bioclimat semi-aride tempéré et chaud (HCEFLCD, 2013). Cette espèce colonise tous les types de sol (BENABID, 1985). Son aire de répartition s'étend grossièrement dans la partie

* Auteur correspondant, Email : mohamed.aithaddou@uit.ac.ma

¹ Département de Géologie, Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

² Département de Géographie, Université Ibn Tofail, Kénitra, Maroc.

³ Département de Biologie, Faculté des sciences, Université Ibn Zohr, Agadir, Maroc.

orientale du pays, sur le plateau central, les montagnes du Haut Atlas occidental et le secteur de l'arganier au Centre-Ouest (Fig. 1). Dans l'Anti-Atlas occidental, le Thuya ne se localise que sur les versants nord à l'état de vestiges dégradés par l'homme (MSANDA *et al.*, 2002, 2021).

Par ailleurs, *T. articulata* joue au Maroc un rôle socio-économique très important en satisfaisant plusieurs besoins de la population locale (produits ligneux, gomme de sandaraque, tanins et goudron végétal) (QUEZEL & MEDAIL 2003 ; DALLAHI *et al.*, 2017 ; ACHMIT *et al.*, 2021). Elle a aussi une grande valeur écologique et économique dans le Grand Maghreb où elle est souvent abattue pour son bois (FERRER-GALLEGU & BOISSET, 2018). Elle fut classée dans la catégorie « arbre en danger » dans la liste rouge de l'UICN (UICN, 2011). Au sol, le Thuya de Berbérie permet de lutter contre le ruissellement et l'érosion hydrique (AIT HADDOU *et al.*, 2022).

L'objectif du présent article est de signaler pour la première fois la naturalisation et le développement d'un boisement de *T. articulata* dans une région extrêmement aride à saharienne. Nous espérons également contribuer à la mise en exergue de la grande plasticité écologique édapho-xérophille de cette essence afin qu'elle soit prise en compte dans la stratégie de forestation dans les régions hyperarides à forte potentialité en eaux souterraines.

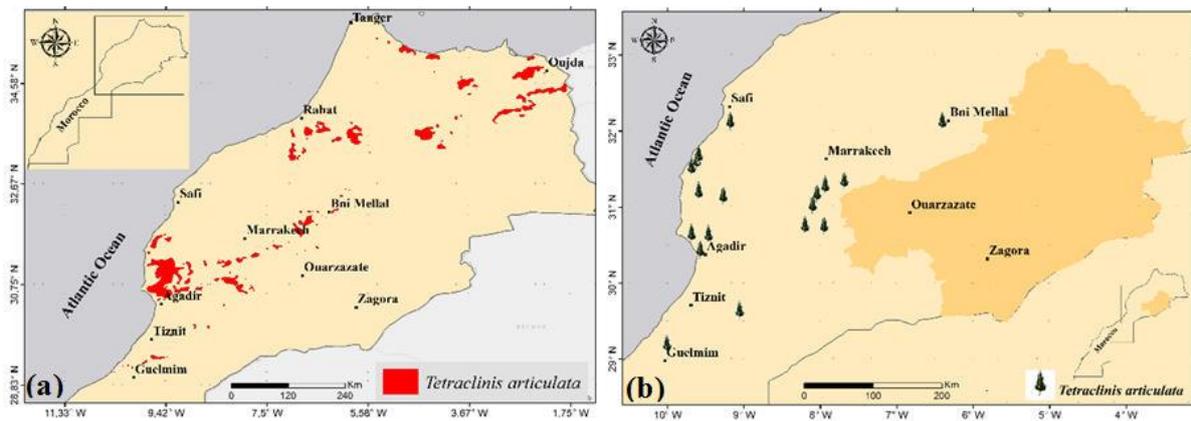


Figure 1.- Répartition de *T. articulata* au Maroc : a) élaboration propre, à partir de la carte de l'Inventaire Forestier National (IFN), (HCEFLCD, 2013), b) distribution de *T. articulata* au centre du Maroc, d'après African Plant Database (2021), modifiée.

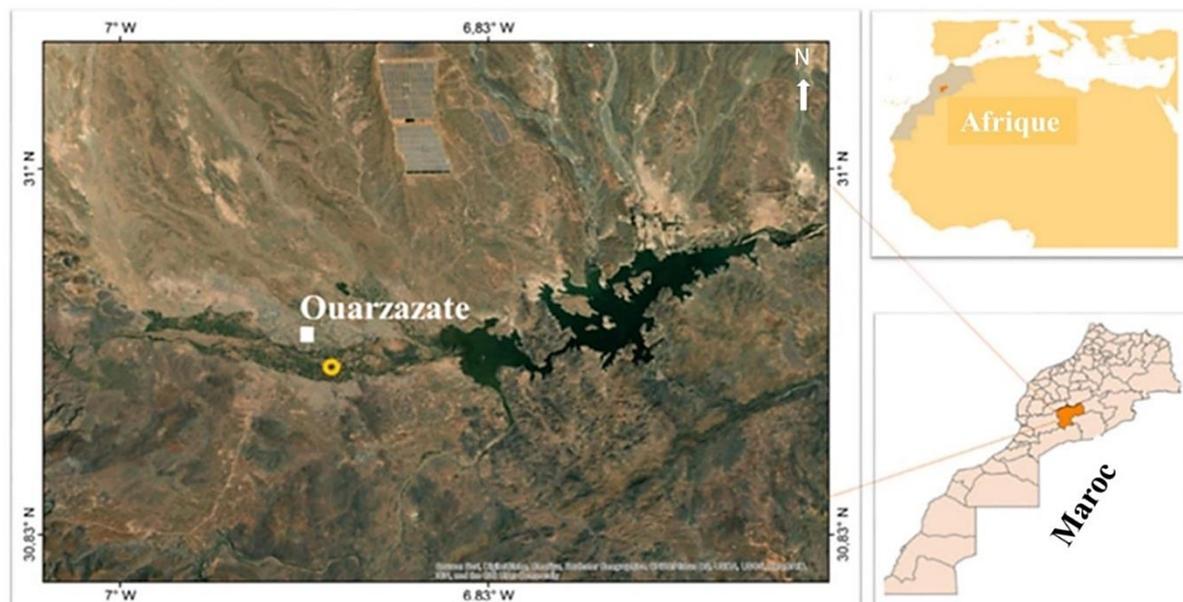


Figure 2.- Localisation géographique de la découverte de *Tetrclinis articulata* (bassin de Ouarzazate, Maroc).

MATERIEL ET METHODES

Lieu d'étude

Le bassin cénozoïque de Ouarzazate s'étend entre le Haut Atlas au nord et le soulèvement du dôme des montagnes de l'Anti-Atlas au sud. Le site considéré se situe au milieu d'une vallée sur la partie centrale de la province de Ouarzazate à une altitude de 1123 mètres. Il couvre une superficie arborée de moins d'un hectare (Fig. 2) dont les coordonnées sont répertoriées dans le Tableau 1.

Tableau 1.- Les coordonnées géographiques de la zone d'étude.

Système de coordonnées géographiques (WGS_1984, Unité : Degré décimal)			
Points de repères	Latitude (N°)	Longitude (E°)	Altitude (m)
1	30,906779°	-6,919617°	
2	30,907375°	-6,919266°	
3	30,907662°	-6,920172°	1123
4	30,907139°	-6,920555°	

Le régime des précipitations est saisonnier avec une pluviométrie irrégulière. Le climat est chaud et sec en été et frais en hiver caractérisé par des vents glacés (Tab. 2 et Fig. 3-4). Sur le plan bioclimatique, le site se situe dans le domaine subdésertique-saharien (KNIPPERTZ *et al.*, 2003 ; MOKHTARI *et al.*, 2013 ; FENNANE & IBN TATTOU, 2017), dont les mois sont tous secs (Fig. 5). L'étude comparative des diagrammes ombrothermiques pour la période (1961-1990) (JOHANNSEN *et al.*, 2016) et la période récente (1981-2020) ne montre aucune disparité pendant cette longue période de 60 ans. Les températures élevées et les vents de chergui se conjuguent toutefois pour créer localement une véritable ambiance saharienne défavorable au développement et au maintien de nombreuses espèces méditerranéennes comme le cas des Thuyas. La végétation dans le bassin est clairsemée, représentée par de petits arbustes xérophytes (BENABID, 2000 ; PASTOR *et al.*, 2012) et dominée par la steppe de Hammada, un écosystème désertique aride de type pré-saharien. Les sols correspondent à des sédiments continentaux récents à faciès variés principalement constitués de limon, de sable et de conglomérat carbonaté de vallées fluviales (EL HARFI *et al.*, 2001 ; FARAH *et al.*, 2021).

Tableau 2.- Paramètres climatiques applicables au site d'après les données de la station du barrage El Mansour Eddahbi.

Moyenne pluviométrique (mm/an)	Température maximale (M), (°C)	Température minimale (m), (°C)	Température moyenne (T), (°C)	Ecart thermique (°C)	Quotient pluvio-thermique	Étage bioclimatique	Hiver à variante	Direction et vitesse du vent (m/s)	Evaporation (Colorado), (mm/an)	Humidité relative (%)	Evapotranspiration (Turc), (mm/an)
103	39	1	20	38	20,31	Saharien	Fraiche	W-NW 2-4	2856,4	46	117

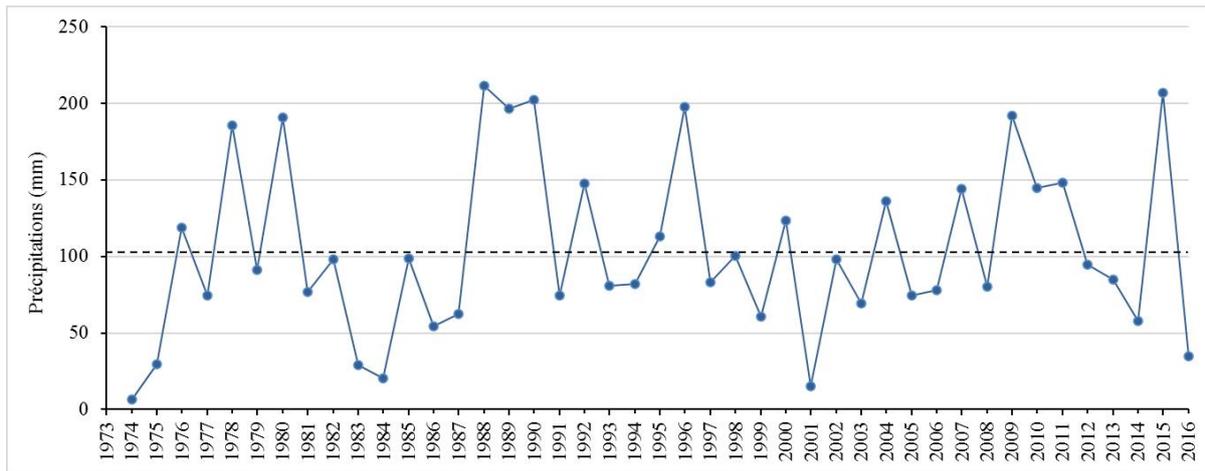


Figure 3.- Moyennes des précipitations annuelles mesurées à la station du barrage El Mansour Eddahbi pour la période 1973-2016 (Source : Agence du Bassin Hydraulique du Souss Massa & Draa, ABHSM).

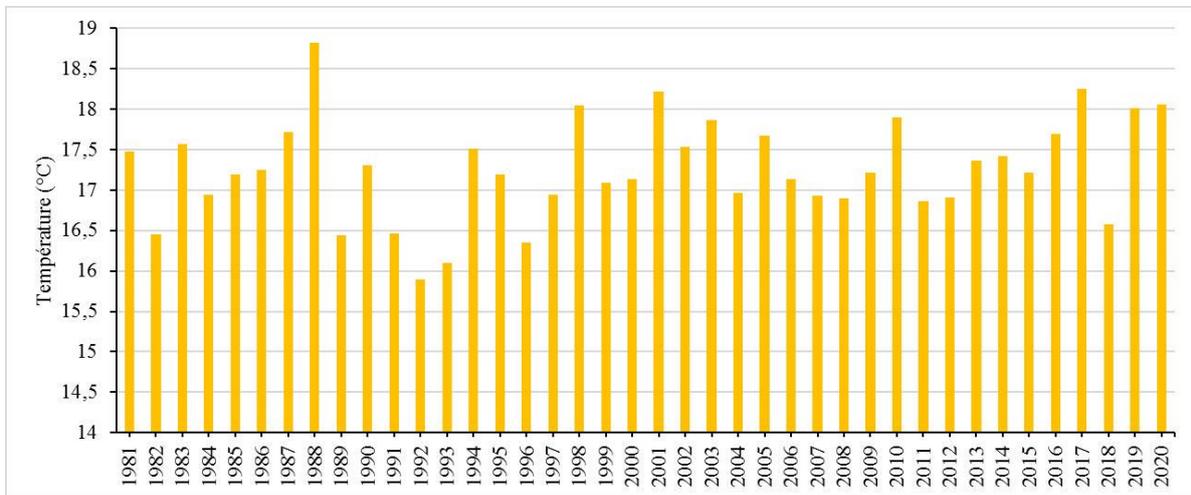


Figure 4.- Température moyenne interannuelle à la station du barrage El Mansour Eddahbi pour la période de 1981–2020 (source : NASA Prediction of Worldwide Energy Resources <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>).

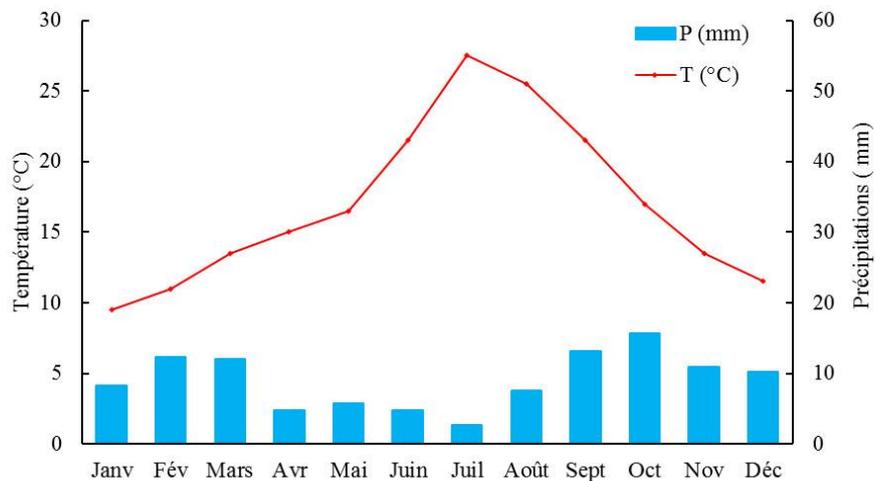


Figure 5.- Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) de la station El Mansour Eddahbi (moyenne 1981-2020).

Méthodes d'étude

L'étude est basée pour l'essentiel sur des prospections botaniques entretenues dans de nombreuses zones de la vallée de Ouarzazate riches en parcelles de cultures et pépinières. L'identification de 22 pieds de Thuyas a directement été réalisée sur le terrain en se basant sur la forme quadrangulaire des cônes fructifères. La description et la caractérisation morphologique des arbres de Thuya ont été effectuées à l'aide d'une clé d'identification de FENNANE *et al.* (1999) et VALDES *et al.* (2002) et des observations personnelles *in situ*. Il s'agit pour nous de faire une analyse dendrométrique et d'éclaircir les conditions favorables qu'ont été derrière la naturalisation de *T. articulata* dans cet écosystème oasien ne faisant pas partie, classiquement, de ses niches écologiques.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le boisement de *T. articulata* est situé dans un écosystème domestiqué de la vallée de Ouarzazate constitué essentiellement de vergers phoenicicoles et de parcelles de polyculture-élevage. Le terrain est plat et s'élève à une altitude d'environ 1123 m. Les arbres de Thuya sont présents dans des conditions xériques sur un sol d'alluvions compact très profond et moins filtrant. Ses horizons, mal différenciés, sont assez riches en matière organique issue d'amendement par un apport de fumier. En général, cette espèce se développe souvent sur les calcaires mais pas exclusivement (FENNANE, 1987 ; QUEZEL & MEDAIL 2003 ; FARJON, 2005). Elle est par contre exclue des sols lourds, argileux et épais (HADJADJ AOUL, 1995). Sur le site, elle se trouve en mélange avec le *Phoenix dactilefera* (L.), *Olea europaea* (L.) (variété cultivée), *Lawsonia inermis* (L.), *Punica granatum* (L.), *Rosa damascena* (Mill.), *Medicago sativa* (L.) subsp. *sativa* (luzerne cultivée), *Portulaca oleracea* (L.), *Ziziphus lotus* (L.) Desf., *Arundo donax* (L.), etc.

Les pieds de Thuyas y sont plantés anciennement et depuis leur suivi est assuré par un phoeniculteur local. L'étude montre également qu'ils forment un boisement généralement très bien conservé. Ils se développent sur le bord de petits cours d'eau intermittents destinés à l'irrigation des parcelles par immersion et gérée collectivement grâce à un système traditionnel de droits de propriété. En outre, l'irrigation des cultures exigeantes en eau dans ces vallées est généralisée à partir des eaux souterraines (SRAÏRI *et al.*, 2017). L'accès à l'eau est motorisé par pompage à travers des forages peu profonds de 6 à 8 m. Les eaux de crue et souterraines ont sans doute contribué de manière significative à sa croissance lors de sa plantation et à son maintien dans cet agrosystème typiquement sec. EL KHOUMSI *et al.* (2017) dévoilent aussi l'importance de la nappe phréatique comme source d'alimentation directe en eau par remontée capillaire.

Plusieurs indicateurs mettent en évidence sa forte adaptation. En effet, tous les pieds se présentent sous forme de gros arbres caractérisés par un houppier clair et un port pyramidal dont les silhouettes sont assez bien visibles sur l'image *Google Earth* (Fig. 6a), grâce à la résolution spatiale idéale de l'image (OZER, 2014). Certains sujets peuvent atteindre jusqu'à 20 mètres de haut (Fig. 6b et c), tandis que BENABID (2000), HADJADJ AOUL *et al.* (2009) et HCEFLCD (2013) rapportent que la hauteur des futaies du Thuya est de 10 à 15 m de haut alors que, les taillis dépassent rarement 6 à 8 m de haut et 0,30 m de diamètre en moyenne.

D'autre part, les arbres de Thuya sont très semblables montrant une physionomie en haie. Quelques pieds de Thuya sont en taillis ou encore en futaies sur souches et certains en rejettent vigoureusement cinq (Fig. 7a). A noter que la faculté de Thuya de Berbérie à rejeter des souches est exceptionnelle chez les gymnospermes du Maroc. Par ailleurs, les observations sont également portées sur l'appareil végétatif et reproducteur. Ainsi, les arbres portent de petits rameaux articulés dont les écailles s'imbriquent naturellement par quatre. La fructification des arbres est suffisamment abondante. Les cônes femelles sont globuleux avec la présence des cônes matures de l'année précédente lesquels s'ouvrent par quatre valves ligneuses libérant des graines ailées. Le reste des cônes et les semences se retrouvent aux alentours même des arbres (Fig. 7b & c). Chez le Thuya, la fructification ne démarre que vers l'âge de 15 ans et se poursuit jusqu'à un âge très avancé (BOUDY, 1952 ; HADJADJ AOUL *et al.*, 2009 ; HADJADJ & LETREUCH BELAROUCI, 2017).

Dans le site, sept plantules de *T. articulata* accomplissent leur germination soit sous l'arbre adulte lui-même, soit entre les arbustes de rosier de Damas (*Rosa damascena* Mill.) et d'Arroche halime (*Atriplex halimus* L.). Cependant, la germination semble mieux se réaliser à côté des stipes de palmiers dattier *Phoenix dactilefera* (L.) sous un fort feuillage propice à l'installation des semis et à l'abri de toutes pratiques de labour (Fig. 8). Les jeunes Thuyas de la vallée bénéficient en outre de "l'effet oasis" qui fait diminuer l'évapotranspiration potentielle jusqu'à 1200 mm par an (EL KHOUMSI *et al.*, 2017).



Figure 6.- Structure du couvert végétal dans la zone d'étude : (a) L'image *Google Earth* montre l'aspect du boisement de Thuyas ; (b et c) Les photos de terrain révèlent la hauteur des Thuyas qui peuvent atteindre 20 m (photographie : M. Ait Haddou, Août 2021).

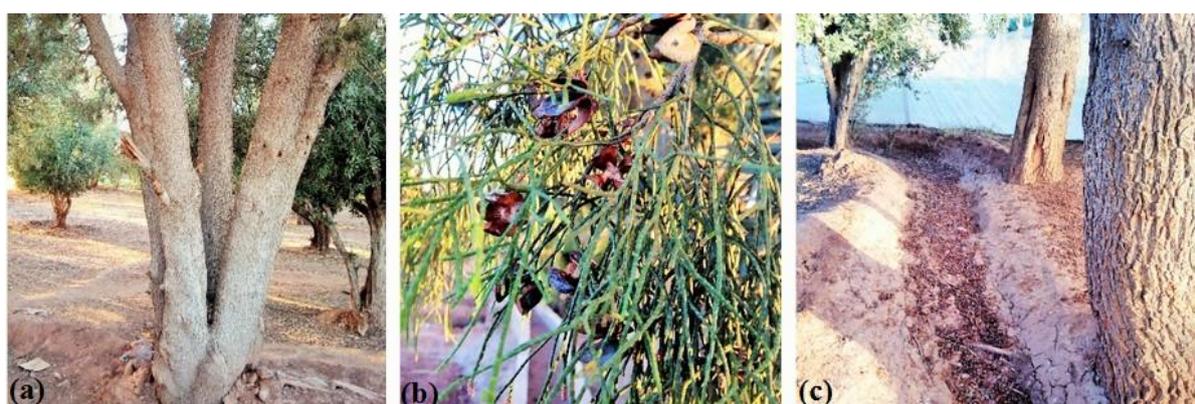


Figure 7.- (a) Gros taillis avec cinq souches ; (b) Cônes femelles matures avec quatre valves ligneuses contenant des graines ailées ; (c) "Fruits" résiduels, cônes femelles et graines rejetés par les Thuyas (photographie : M. Ait Haddou, Août 2021).



Figure 8.- Jeunes pousses et plantes de *T. articulata*: (a) sous l'arbre de *Thuya* ; (b) à côté des stipes de palmiers ; (c) au bord de cours d'eau d'irrigation traditionnelle (Séguia) ; (d, e et f) sur la lisière des parcelles (photographie : M. Ait Haddou, mars 2022).

Le *Thuya* se caractérise par une croissance très lente avec une longévité pouvant dépasser les 400 ans (RABIB *et al.*, 2020). Dans l'Arboretum de Tenira, en Algérie, HADJADJ-AOUL (1995) signale que l'accroissement moyen en diamètre est de 2,6 mm par an et l'accroissement en volume est de l'ordre de 0,99 m³/ha/an seulement. Cependant, BENABID (1977) a estimé une valeur de 1,38 m³/ha/an dans des placettes riches à sol profond. Ces chiffres dépendent en effet de plusieurs paramètres dont la profondeur du sol et la qualité de l'eau (EL MOURIDI *et al.*, 2011). Par conséquent, l'âge approximatif⁴ de ce peuplement est de plus de 100 ans. L'étude montre également la capacité de cette espèce à développer des troncs de 0,43 m en moyenne. Actuellement, le site ne dispose d'aucun abri pour atténuer le stress éolien. On remarquera aussi que le *Thuya* fournit le maximum de rendement dans ce milieu malgré la forte pression humaine et la rudesse des conditions climatiques (Tab. 3). A la lumière de ces observations et des résultats dendrométriques obtenus, il est possible de tenter une explication écologique de la survie du *Thuya* dans cette zone saharienne. Il semble que ce sont surtout la fraîcheur hivernale, les ressources hydriques souterraines relativement accessibles (une piézométrie de 6 à 8 m), la qualité du sol, l'environnement sous terrain, et l'interaction du système racinaire profond de *Thuya* avec la nappe phréatique qui forment les facteurs supposés avoir une influence directe ou indirecte sur la naturalisation du *Thuya* de Berbérie. Par ailleurs, cette étude a permis d'observer que les pieds de *Thuya* de ce reboisement n'entrent pas en compétition avec d'autres espèces végétales. Au contraire, ils coexistent avec plusieurs espèces et font partie donc de la biodiversité oasienne. Ces résultats constituent des données intéressantes dans une perspective de valorisation et de conservation de ces espèces et de la mise à jour de sa répartition géographique.

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

A notre connaissance, le *Tetraclinis articulata* vient d'être découvert pour la première fois dans le bassin de Ouarzazate à l'état naturalisé. Ce reboisement entièrement installé dans un écosystème saharien représente le premier cas de naturalisation pour cette espèce dans les territoires de la Méditerranée selon une situation où les espèces d'agriculture oasiennes continentales et cette essence forestière méditerranéenne sont juxtaposées.

⁴ Estimation d'après des entretiens semi-dirigés avec des paysans et articles inédits de Benabid et Hadjadj-Aoul.

Tableau 3.- Descripteurs écologiques et dendrométriques utilisés pour évaluer l'état de boisement de *T. articulata* et de sa régénération naturelle.

Descripteurs	Signification sur le site	Conditions optimales et caractéristiques des tétraclinaies
Bioclimat	Saharien à tendance continentale	Semi-aride à subhumide
Exigences en eau	103 mm/an	300 à 500 mm (faibles exigences en eau)
Altitude	1123 m (plaine)	1000 à 1600 m (montagnes)
Expositions	Chaudes	Chaudes
Substrat	Sol d'alluvion compact	Tous les substrats (préférence pour les calcaires)
Nombre d'arbres	Vieux arbres de 22 pieds en futaies et futaies sur souches	Peuplements purs ou en mélange avec d'autres essences
Âge approximatif	Plus de 100 ans	Essence longévive pouvant dépasser 400 ans
Hauteur moyenne	17 m	10 à 15 m de haut (futaies) 6 à 8 m de haut (taillis)
Circonférence moyenne	1,35 m	0,94 m
Diamètre moyen	0,43m	0,30 m
Fructification	Très abondante	Suffisamment abondante
Régénération naturelle par semis	-Fréquente sous les palmiers dattiers (11 plantules) - Sous le rosier de Damas (3 plantules) - Sous le Thuya (7 plantules) - Sur la lisière des parcelles (3 jeunes plants > 2 mètres) - Au bord de Séguia (5 arbres > 5m)	Régénération irrégulière (sous la dépendance des facteurs écologiques) Bonne régénération (localement entre les arbustes)
Action anthropique	Forte pression (pollution)	Incendies et gemmage Surexploitation du bois
Intensité du pâturage	Très faible à absente	Surpâturage Broutement et piétinement
Espèces envahissantes	<i>Asparagus horridus</i> L.fil. <i>Peganum harmala</i> L. <i>Atriplex halimus</i> L. <i>Arundo donax</i> L. <i>Hammada scoparia</i> (Pomel) Iljin	Sous-bois très réduit

La présente étude a permis d'actualiser la répartition géographique de la seule espèce du genre *Tétraclinis* existant au Maroc. Sa grande plasticité lui permet de s'associer aux palmiers dattiers, espèce emblématique de l'agrosystème oasien, de sorte que l'exploitation de ses potentialités écologiques d'adaptation puisse constituer une voie alternative prometteuse pour élargir l'éventail des essences forestières pour les zones hyper-arides et sahariennes à forte potentialité en eaux souterraines accessibles. De même, cette étude fournit des informations sur le processus d'adaptation locale chez le Thuya en mettant en évidence les principaux facteurs écologiques mis en cause. Cela conduirait les autorités à reconsidérer cette espèce dans les stratégies de reboisement et de regarnie dans des territoires dégradés de la région du Centre-Est du Maroc et dans les zones disposant d'écosystèmes similaires à ressources hydriques superficielles très limitées. Les résultats de cette étude permettent aussi d'appuyer les initiatives locales des agriculteurs et des riverains dédiées à la délimitation spatiale des parcelles agricoles par la plantation de Thuya comme une bonne alternative à triple intérêt : économique, écologique et protectif. Enfin, pour que cette adaptation soit davantage élucidée, la collecte des ressources génétiques de ce reboisement doit être établie pour une étude de la diversité génomique basée sur la particularité propre de survie.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHMIT, M., AOUSSAR, N., MELLOUKI, F., AIT MHAND, R., IBANEZ, M.D., BLAZQUEZ, M.A., AKSSIRA, M., ZEROUALI, K., & RHALLABI, N., 2021. *In vitro* antibacterial and biofilm inhibitory activity of the sawdust essential oil of *Tetraclinis articulata* (vahl) against catheter-associated *Staphylococcus aureus* clinical isolates. *Current Research in Biotechnology*, 3: 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.crbiot.2020.12.001>.
- African Plant Database 2021. Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève and South African National Biodiversity Institute, Pretoria, Version 3.4.0. Published on the internet <<https://www.ville-ge.ch/musinfo/bd/cjb/africa/details.php?langue=fr&id=131029>> [Accessed Septembre, 2021]
- AIT HADDOU, A., KABBACHI, B., AYDDA, A., BOUHRITI, Y., GOUGUENI, H., EN-NACIRY, M., & AICHI, A., 2022. Traditional practices: A window for water erosion management in the Argana basin (Western High Atlas Morocco). *E3S Web of Conferences*, 337: 02002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202233702002>
- BAGNOULS, F., & GAUSSEN, H., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, 88 : 193-239.
- BENABID, A., 1977. Etude sylvo-pastorale de la tétraclinaie de L'Amisittène (Maroc). *Ecologia mediterranea*, 3 : 125–139.
- BENABID, A., 1985. Les écosystèmes forestiers, préforestiers et prestépiques du Maroc : diversité, répartition biogéographique et problèmes posés par leur aménagement. *Forêt méditerranéenne*, VII : 53-64.
- BENABID, A., 2000. Flore et écosystèmes du Maroc. Evaluation et préservation de la biodiversité. Paris: Ibis Press, 359 p.
- BOUDY, P., 1952. Guide du forestier en Afrique du Nord. Paris maison rustique. 509 p.
- DALLAHI, Y., CHAHHOUN, D., EL ABOUDI, A., AAFI, A., ABBAS, Y., MOUNIR, F., & ABIDINE, M.M.O., 2017. The dynamics of natural regeneration of *Tetraclinis articulata* (Vahl) Masters in the Moroccan Central Plateau. *Plant Sociology*, 54 (2): 37–41. <https://doi.org/10.7338/pls2017542/04>
- EL HARFI, A., LANG, J., SALOMON, J., & CHELLAI, E., 2001. Cenozoic sedimentary dynamics of the Ouarzazate foreland basin (central High Atlas Mountains, Morocco). *International Journal of Earth Sciences*, 90: 393–411. <https://doi.org/10.1007/s005310000115>
- EL KHOUMSI, W., HAMMANI, A., KUPER, M., & BOUAZIZ, A., 2017. La durabilité du système oasien face à la détérioration des ressources en eaux souterraines : cas de la palmeraie de Tafilalet. *Revue Marocaine des sciences agronomiques et vétérinaires*, 5(1) : 41–51.
- EL MOURIDI, M., LAURENT, T. & FAMIRI, A., FARIMI, A., KABOUCHI, B., ALMERAS, T., CALCHERA, G., EL ABID, A., ZIANI, M., GRIL, J., & HAKAM, A., 2011. Caractérisation physique du bois de la loupe de Thuya (*Tetraclinis articulata* (vahl) masters). *Physical and Chemical News*, 59: 57–64.
- ESTEVE-SELMA, M.A., MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, J., HERNÁNDEZ, I., MONTÁVEZ, J.P., LOPEZ, J.J., CALVO, J.F., & ROBLADANO, F., 2010. Effects of climatic change on the distribution and conservation of Mediterranean forests: the case of *Tetraclinis articulata* in the Iberian Peninsula. *Biodiversity and Conservation*, 19, 3809-3825. <https://doi.org/10.1007/s10531-010-9928-4>
- EZAIDI, S., AYDDA, A., KABBACHI, B., ALTHUWAYNEE, O.F., EZAIDI, A., AIT HADDOU, M., IDOUMSKINE, I., THORPE, J., PARK, H.J., & KIM, S.W., 2022. Multi-temporal Landsat-derived NDVI for vegetation cover degradation for the period 1984-2018 in part of the Arganeraie Biosphere Reserve (Morocco). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 27 : 100800. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100800>
- FARAH, A., ALGOUTI, A., ALGOUTI, A., IFKIRNE, M., & EZZIYANI, A., 2021. Mapping of soil degradation in semi-arid environments in the Ouarzazate basin in the south of the Central High Atlas, Morocco, using Sentinel 2A data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 23 : 100548. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100548>.
- FARJON, A., 2005. A monograph of Cupressaceae and Sciadopitys. Royal Botanic Gardens, Kew, 648 pp.
- FARJON, A., 2017. A handbook of the world's conifers, 2 volumes. Revised and undated edition. Koninklijke Brill, Leiden, 1153 p.
- FENNANE, M., 1987. Etude phytoécologique des Tetraclinaies Marocaines. Thèse Doct. Es Sciences, Univ. Droit, Econ, Sci., Aix-Marseille III, 147 p.
- FENNANE, M., IBN TATTOU, M., & MATHEZ, J., 1999. Flore pratique du Maroc : manuel de détermination des plantes vasculaires. Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae). Institut scientifique. Université Mohammed V. 1 vol., 483 p.
- FENNANE, M., & TATTOU, M.I., 2017. Les Ptéridophytes du Maroc : richesse, diversité et état de conservation. *Acta Botanica Malacitana*, 42(1) : 53–66. <https://doi.org/10.24310/abm.v42i1.2884>
- FERRER-GALLEGO, P.P., & BOISSET, F., 2018. Type designation of the name of the conifer Araâr-tree *Tetraclinis articulata* (Cupressaceae). *Phytotaxa*, 348(2) : 147–152. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.348.2.10>
- GHAILOULE, D., & LUMARET, J.P., 2020. État des connaissances sur le dépérissement des peuplements de Thuya de Berbérie, *Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast. *Ecologia Mediterranea*, 46(1): 83–96. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2020.2101>

HCEFLCD (Haut-Commissariat des Eaux et Forêts et de Lutte Contre la Déforestation du Maroc), 2013. Etat des ressources génétiques forestières. Rapport national. Projet TCP/RAB/3303BABY 2, 95 p. Published on the internet <http://www.eauxetforets.gov.ma/ForetsMarocaines/Formations/Pages/Coniferes.aspx> [Accès le 20 septembre, 2021]

HADJADJ, K., & LETREUCH BELAROUCI, A., 2017. Synthèse bibliographique sur le Thuya de Berbérie [*Tetraclinis articulata* (Vahl) Mast.]. *Geo-Eco-Trop.*, 41(1) : 13–27.

HADJADJ-AOUL, S., 1995. Les peuplements du Thuya de Berbérie (*Tetraclinis articulata*, Vahl, Master) en Algérie : phytocécologie, Syntaxonomie et potentialités sylvicoles. Thèse Doc. d'Etat, Université Aix-Marseille III, 159 p.

HADJADJ-AOUL, S., CHOUIEB, M., & LOISEL, R., 2009. Effet des facteurs environnementaux sur les premiers stades de la régénération naturelle de *Tetraclinis articulata* (Vahl, Master) en Oranie, Algérie. *Ecologia Mediterranea*, 35: 19–30. <https://doi.org/10.3406/ecmed.2009.1385>

JOHANNSEN, I.M., HENGST, J.C., GOLL, A., HÖLLERMANN, B., & DIEKKRÜGER, B., 2016. Future of water supply and demand in the Middle Drâa Valley, Morocco, under climate and land use change. *Water*, 8(8): 313. <https://doi.org/10.3390/w8080313>

KNIPPERTZ, P., CHRISTOPH, M., & SPETH, P., 2003. Long-term precipitation variability in Morocco and the link to the large-scale circulation in recent and future climates. *Meteorology and Atmospheric physics*, 83: 67–88. <https://doi.org/10.1007/s00703-002-0561-y>

MAKKAOUI, M., ABBAS, Y., EL ANTRY-TAZI, S., MEDRAOUI, L., ALAMI, M., RABANI, S., & FILALI-MALTOUF, A., 2020. Genetic diversity of ten Moroccan populations of *Tetraclinis articulata* as revealed by Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) markers. *Bois et Forêts des Tropiques*, 345: 13-23. <https://doi.org/10.19182/bft2020.345.a31927>

MOKHTARI, N., MRABET, R., LEBAILLY, P., & BOCK, L., 2014. Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 2(1) : 50–66.

MSANDA, F., EL ABOUDI, A., & PELTIER, J.P., 2002. Originalité de la flore et de la végétation de l'Anti-Atlas sud-occidental (Maroc). *Feddes Repertorium: Zeitschrift für botanische Taxonomie und Geobotanik*, 113(7-8): 603–615. <https://doi.org/10.1002/fedr.200290008>

MSANDA, F., MAYAD, E.H., & FURZE, J.N., 2021. Floristic biodiversity, biogeographical significance, and importance of Morocco's Arganeraie Biosphere Reserve. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 : 64156–64165. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11936-0>

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(1): 209-220.

PASTOR, A., BABAUT, J., TEIXELL, A., & ARBOLEYA, M.L., 2012. Intrinsic stream-capture control of stepped fan pediments in the High Atlas piedmont of Ouarzazate (Morocco). *Geomorphology*, 173: 88-103. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.05.032>

QUÉZEL, P., & MÉDAIL, F., 2003. Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Elsevier, Paris, édit : 592 p.

RABIB, H., ELAGDI, C., HSAINE, M., FOUGRACH, H., KOUSSA, T., & BADRI, W., 2020. Antioxidant and antibacterial activities of the essential oil of Moroccan *Tetraclinis articulata* (Vahl) masters. *Biochemistry Research International*, 2020, e9638548. <https://doi.org/10.1155/2020/9638548>

ROZAS, V., GARCIA-CERVIGON, A.I., GARCIA-HIDALGO, M., RODRIGUEZ-GARCIA, E., & OLANO J.M., 2021. Living on the edge: legacy of water availability on *Tetraclinis articulata* secondary growth under semiarid conditions in Morocco. *Dendrochronologia*, 68 : 125853. <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125853>.

SRAÏRI, M.T., M'GHAR, F.A., BENIDIR, M., & BENGOUIMI, M., 2017. Analyse typologique de la diversité et des performances de l'élevage oasien. *Cahiers Agricultures*, 26: 15005. <https://doi.org/10.1051/cagri/2017002>

UICN, 2011. Le Thuya de Berbérie « Découvre la biodiversité du Parc National d'Al Hoceima », UICN, Gland, Suisse et Malaga, Espagne, 16 p.

VALDES, B., REJDALI, M., ACHHAL EL KADMIRI, A., JURY, J.L., & MONTSERRAT, J.M., 2002. Catalogue des plantes vasculaires du Nord du Maroc, incluant des clés d'identification (Vol. 1). Editorial CSIC-CSIC Press.