

Éléments d'histoire du cèdre dans les montagnes méditerranéennes

par Jacques-Louis de BEAULIEU

***L'histoire du cèdre
dans les montagnes d'Europe
serait-elle celle d'un retour ?
L'auteur s'appuie sur les études
d'analyse pollinique pour retracer
l'histoire d'une extinction très
ancienne du genre *Cedrus* au Nord
de la Méditerranée et celle,
complexe, dans les pays de la rive
Sud, faite de nombreuses
fluctuations. Pour ces cédraies
menacées par le changement
climatique actuel, leur retour vers
les montagnes méditerranéennes
européennes peut constituer une
solution de survie.***

Quand j'avais 7 ou 8 ans, l'Office national des forêts, dans mon secteur d'Ardèche, implantait des boisements en cèdres et donnait de jeunes plants aux particuliers. Mon père en avait installé dans la colline sous notre maison. Soixante-douze ans plus tard, tous les matins, je contemple ces arbres devenus de magnifiques adultes. Alors, comment ne pas accepter de dire un mot sur le passé de cette essence !

La distribution actuelle du genre *Cedrus* n'est pas sans poser de questions : trois espèces réparties d'est en ouest au sud de la Méditerranée (*C. libani*, *C. brevifolia* et *C. atlantica*) et une autre occupant les versants de l'Himalaya (*C. deodora*). Cette disjonction signale la rétraction d'une aire initialement beaucoup plus largement étendue.

Armand PONS (1998) a donné un aperçu de l'histoire géologique du genre qui reste cependant mal documentée. Le genre *Cedrus* a été repéré depuis le début du crétacé dans le nord de la France par l'identification de macro-restes. A partir de l'expansion de l'analyse pollinique, les évidences vont se multiplier, compte tenu de la facilité de détermination des grains de pollen au niveau du genre. Il est observé à travers toute l'Europe depuis au moins le Paléogène, signalant une présence aux hautes latitudes et un recul progressif vers le sud du continent aboutissant à une extinction au cours du Quaternaire.

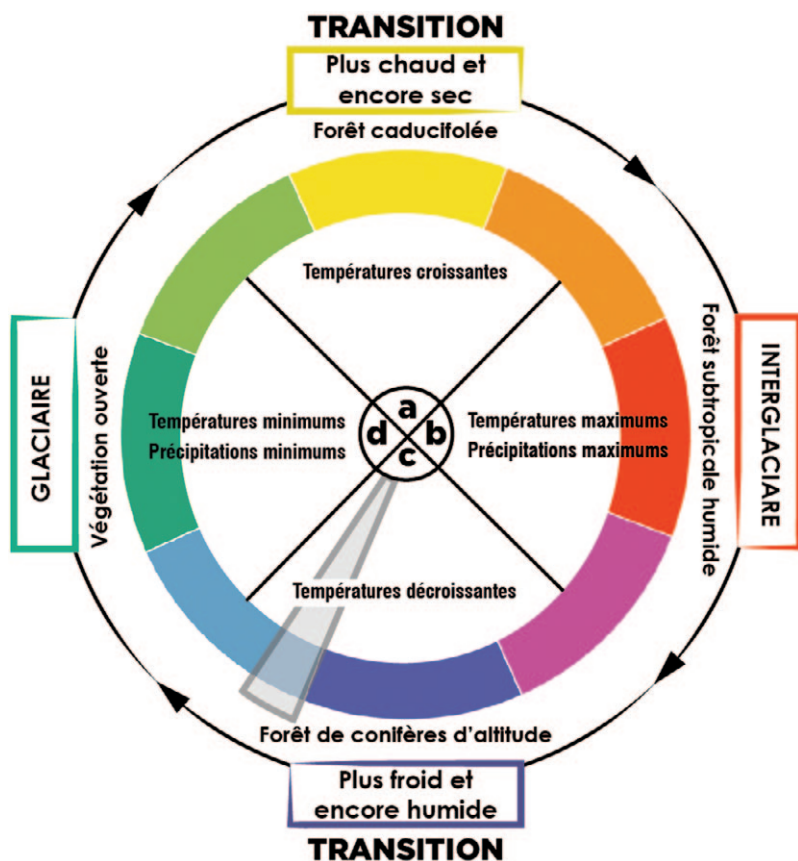
Les données disponibles sur les sites du Néogène et du Pléistocène ancien du sud-ouest de l'Europe ont amené Pons à conclure que les sites où le pollen de *Cedrus* est le plus abondant sont proches de zones montagneuses, suggérant un positionnement sur une bande altitudinale, comme c'est le cas aujourd'hui des populations du sud de la Méditerranée. De plus, lorsque l'on dispose de longues séquences couvrant plusieurs cycles climatiques, comme celle de Semaforo en Calabre, datée de la transition Pliocène-Pléistocène (COMBOURIEU-NEBOUT, 1993), le développement des cédraies se situe après une phase d'optimum climatique marqué par la domination des Taxodiacées et des chênes (Cf. Fig.1).

Fig. 1:
Représentation schématique d'un cycle Glaciaire-Interglaciaire à la transition Pliocène-Pléistocène (vers 2,5 millions d'années) d'après l'enregistrement pollinique de Semaforo (Calabre) (Combourieu-Nebout, 1993) : le secteur grisé correspond à la phase d'optimum de *Cedrus* (d'après Pons, 1998).

Dans une remarquable compilation prenant en compte 68 séquences polliniques européennes, Donatella MAGRI (2012) a proposé un bilan des données polliniques couvrant le Pléistocène disponibles sur le pourtour de la Méditerranée. La figure 2 est extraite de ce travail (modifiée). Il y apparaît clairement que le cèdre était présent, voire abondant du sud au nord de l'Italie et en Grèce jusqu'à la fameuse « *Mid-Pleistocene transition* », il y a environ

800 000 ans, marquée par l'inversion magnétique Matuyama/Brunhes, mais surtout par un basculement de cyclicités glaciaire-interglaciaire de 40 000 ans et d'amplitudes thermiques modérées vers des cycles « modernes » de 100 000 ans, aux plus fortes différences thermiques entre glaciaires et interglaciaires. C'est ce nouveau rythme et ses contraintes thermiques qui sont très probablement à l'origine de l'extinction des cédraies en Europe, ainsi que de celle de nombreux autres arbres abondants au Pliocène (*Taxodium*, *Engelhardtia*, *Eucommia*, *Liquidambar*, *Sciadopitys*, *Tsuga*, *Parrotia*, *Carya*, *Pterocarya*...), ou extrême raréfaction (*Zelkova*, *Hippocastanea*...). Ce déclin progressif a été détaillé par MAGRI *et al.* (2017).

Sur la figure 2, on observe au cours des deux (Italie) à quatre (France) derniers cycles glaciaire-interglaciaire des occurrences répétées en quantités infimes de grains de pollen de cèdre dans les séquences. Il s'agit sans nul doute d'artefacts associés à des transports polliniques aériens à très longue distance : dans ce domaine le pollen de cèdre, comme celui des pins, peu volumineux et équipé de ballonnets, semble favorisé, d'autant que l'on connaît bien des conditions météorologiques particulières assurant d'importants transports de poussières depuis le Sahara et l'Afrique du nord vers le continent européen et jusqu'à des latitudes assez septentrionales ; si de tels événements se produisent au moment de la floraison des cèdres il est logique que de nombreux grains de pollen de cèdres africains atteignent la France et l'Italie et soient dilués dans les pluies de pollen d'origine locale. Cela a été observé de nos jours à de maintes reprises (GRANJOUAN *et al.*, 2000). Dans les enregistrements lacustres du sud de l'Europe, les premiers à avoir signalé du pollen de cèdre sont BEAULIEU et REILLE (1973), observé dans diverses séquences tardiglaciaires, sans doute du fait que, pendant cette période, la production pollinique locale relativement faible masquait moins les apports lointains. Plus tard, à partir d'observations similaires conduites en Espagne et en Italie, et en localisant précisément la chronologie de ces apports lointains, MAGRI et PARRA (2002) ont tenté d'en inférer des changements dans les régimes des vents et la circulation atmosphérique ; ils ont aussi interprété la réapparition de grains de pollen de *Cedrus* au cours de deux épisodes de l'Holocène (connus par ailleurs) comme signalant des



périodes d'effondrement des biomasses locales. Quoi qu'il en soit, ces observations montrent que la présence de quelques grains de pollen de cèdres est loin de garantir celle de l'arbre à proximité. C'est ainsi que la grande majorité des palynologues s'accordent pour dire que le cèdre a bien disparu d'Europe depuis au moins 500 000 ans (y compris du sud de l'Espagne, un temps resté en débat : MAGRI, 2012)

Faute de données paléontologiques concernant les plus anciens ancêtres des populations du Proche-Orient et d'Afrique du Nord, il n'est pas possible de proposer un lien entre ces dernières et celles d'Europe. PONS a suggéré que les lignées européennes n'y ont sans doute laissé aucune descendance. Cependant l'hypothèse d'un continuum entre les populations des péninsules d'Europe méridionale (Espagne, Italie) et celles d'Afrique du Nord est tentante. Que sait-on de ces dernières ?

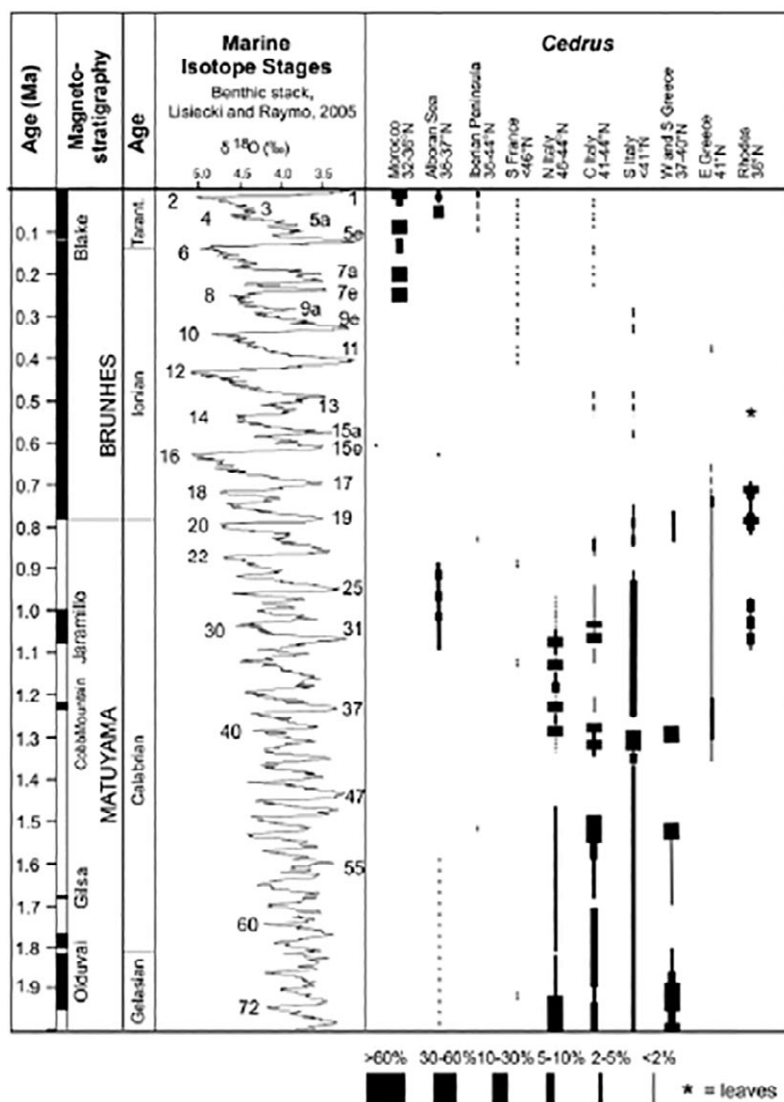
Les plus anciennes présences observées proviennent des sédiments messiniens (entre 7 et 5 Ma) d'Habibas en Algérie et de Bou Regreb à Salé au Maroc (FEDDI *et al.* 2011). Il faut ensuite se tourner vers les longues carottes marines prélevées dans la mer d'Alboran, entre Maroc et Espagne : l'une d'entre elles (ODP Site 976) témoigne d'une présence discrète mais continue de *Cedrus* sur les marges continentales voisines, au cours du Pléistocène ancien entre 1,5 Ma et 0,9 Ma (JOANNIN *et al.*, 2011). A ce jour, il n'existe pas d'analyses polliniques détaillées de la partie supérieure de cette carotte (Pléistocène moyen et supérieur), à l'exception du sommet couvrant les 26 derniers millénaires et montrant une présence régionale continue du cèdre depuis au moins 26 000 ans, avec un développement optimal entre 20 000 BP (avant le présent) et le début de l'Holocène (en divergence d'avec le schéma établi par COMBOURIEU-NEBOUT, voir fig. 1). Toujours dans la mer d'Alboran, mais un peu plus à l'est, la carotte MD95-2043 (FLETCHER et SANCHEZ GONI, 2008) qui couvre les 50 derniers millénaires présente une courbe continue de pollen de cèdre depuis sa base jusqu'à l'actuel, avec des fluctuations de fréquences difficiles à interpréter ; les auteurs corrèlent les pics de pourcentages avec le début des « événements de Heinrich » signalant des conditions plus froides et plutôt humides et, peut-être, un renforcement des vents sahariens.

DEMATEAU *et al.* (2007), dans un article très documenté consacré à l'évaluation de la réponse du cèdre de l'Atlas aux changements

climatiques futurs et passés, ont présenté un bilan très complet des connaissances sur son histoire passée au Maghreb (Tunisie, Algérie, Maroc).

Dans les montagnes marocaines où le cèdre est encore présent (Rif, Moyen Atlas, Haut Atlas), plusieurs lacs et tourbières ont fait l'objet de nombreuses études palynologiques depuis les travaux pionniers de M. REILLE (1976, 1977). Des sondages récents à l'initiative de R. CHEDDADI (RHOJJATI *et al.*, 2010, NOUR EL BAIT *et al.*, 2014 CHEDDADI *et al.*, 2009, TALEB *et al.*, 2016, CHEDDADI *et al.*, 2017) ont révélé une histoire complexe : certains secteurs (lac Ifrah, altitude 1620 m, Raz El Ma, altitude :1633 m, dans le moyen Atlas, et Bab El Karn, altitude 1178 m, dans le Rif) attestent de la présence régionale du

Fig. 2 : Recensement des présences/abondance de pollen de Cèdre depuis le début du Pléistocène, dans 68 enregistrements polliniques du Maroc et d'Europe méditerranéenne. L'échelle chronologique (à gauche) est fournie par les variations de pourcentages d'Oxygène 18 dans les carottes marines, reflétant les cycles Glaciaire-Interglaciaire (d'après Magri, 2012).



cèdre depuis la fin du dernier glaciaire. A partir d'environ 8000 BP, il apparaît dans d'autres sites (Tigalmamine, 1626 m : LAMB et VAN DER KAARS, 1995) témoignant d'une expansion dans les montagnes de la région, qui culmine vers 4000 BP. Puis les conditions plus sèches et la pression humaine vont réduire les forêts jusqu'à leur état actuel. Le cèdre devait bien exister quelque part antérieurement à la fin du Würm, mais il n'y a pas d'archives continentales probantes ; la seule information sûre vient de la découverte de charbons de bois datés par leur contexte préhistorique (environ 22 000 BP) découverts par COUVERT et ROCHE (1978) lors des fouilles de la grotte préhistorique de Taforalt (vers 740 m d'altitude) dans la chaîne côtière des Beni Snasser, non loin de la frontière avec l'Algérie.

Dans ce dernier pays, il faut gagner la Kabylie pour obtenir des informations. En 1970, lors d'une visite de ses belles cédraines du Djurdjura, j'y avais carotté les modestes petites zones tourbeuses de Tala Guilef, qui s'étaient révélées très récentes. Au début des années 1990, une collaboration entre l'Université d'Alger et mon équipe marseillaise (IMEP aujourd'hui IMBE) nous a permis d'explorer avec M. Salamani la côte et la montagne kabyle. En marge de la forêt de chênes zeen de Yakouren, la belle tourbière de « la châtaigneraie » (altitude 1220 m) présente un enregistrement sédimentaire attestant de la présence locale du cèdre à la fin du Dryas récent (abondants macro-restes et grains de pollen) (SALAMANI, 1993). Il s'efface ensuite au profit de la forêt de chêne zeen, réapparaît brièvement vers 8000 BP (peut-être un signal local du bref coup de froid de 8200 BP), pour ensuite s'éloigner à tout jamais vers de plus hautes altitudes.

Paradoxalement, c'est la Tunisie, d'où le cèdre a aujourd'hui disparu, qui fournit le plus d'informations sur sa présence passée, grâce au site de Dar Fatma en Kroumirie (altitude 780 m) découvert par BEN TIBA et REILLE (1982), puis réétudiée par STAMBOULI (in STAMBOULI *et al.*, 2007). Là, sous une tourbe holocène, une séquence sédimentaire débutant vers circa 40 000 BP et couvrant la fin du Pléniwürm moyen, le Pléniwürm final et le Tardiglaciaire, montre le remplacement d'une formation à chênes décidus par des bois mixtes de conifères (*Pinus*, *Cedrus* et *Abies*), formation dominante jusqu'à la fin du Tardiglaciaire et, peut-être, jusqu'à 8000 BP.

Ici, comme les carottes de la mer d'Alboran l'ont indiqué, la fin du dernier glaciaire a été

une période de succès du cèdre dans les basses montagnes les plus arrosées du Maghreb. Avec le réchauffement holocène il a pu migrer vers les stations d'altitude où il subsiste encore (Kabylie, Rif, Atlas). Dans le cas du Rif, selon CHEDDADI *et al.*, (2017) cette migration a été accentuée par un accroissement de l'aridité au cours des six derniers millénaires, limitant ses boisements à des altitudes supérieures à 1400 m. De surcroît, dans cette situation de refuges, depuis deux millénaires, l'action humaine a aussi fortement entamé ses forêts les plus prospères.

Dans ce recensement assez linéaire et factuel, n'ont pas été discutés les travaux qui, s'appuyant sur les dynamiques historiques et l'écologie actuelle du cèdre, dans ses interactions avec d'autres types de boisements, ont simulé son avenir selon les différents scénarios d'accentuation du réchauffement climatique que la planète commence à subir (DEMARTEAU *et al.*, 2007 ; CHEDDADI *et al.*, 2001 ; CHEDDADI *et al.*, 2009 ;). Ils ont bien montré son statut de genre menacé en Afrique du nord pour *Cedrus atlantica* et au Proche-Orient pour *Cedrus libani* (FADY *et al.*, 2008) : l'hypothèse de sa disparition à plus ou moins proche échéance ne peut pas être exclue. Dans cette perspective, les implantations dans nos montagnes méditerranéennes du sud de l'Europe constituent sans doute la meilleure garantie pour le maintien de ce bel arbre.

J.-L.B.

Remerciements

Je remercie Donatella Magri pour m'avoir autorisé à reproduire une figure de son article de 2012 et pour sa lecture indulgente de ce texte.

Bibliographie

- Beaulieu J.-L. de et Reille M. 1973. L'interprétation des spectres polliniques de périodes froides : à propos du Cèdre au Quaternaire en Europe ; IX Congrès INQUA, Christchurch, 1973, 198-199.
- Ben Tiba B., Reille M. 1982. Recherches pollanalytiques dans les montagnes de Kroumirie : premiers résultats. *Ecologia Mediterranea*, VIII (4), 75-86.
- Cheddadi R., Fady B., François L., Hajar L., Suc J.-P., Huang K., Demarteau M., Vendramin G.G., Ortu E. 2009. Putative glacial refugia of *Cedrus atlantica* deduced from Quaternary pol-

Jacques-Louis de
BEAULIEU
Directeur de
Recherche CNRS
honoraire
Email :
jacques-louis.
debeaulieu@orange.fr

len records and modern genetic diversity. *Journal of Biogeography*, 36, 1361-1371.

Cheddadi R., Guiot J., Jolly D. 2001. The Mediterranean Vegetation: what if the atmospheric CO₂ increased? *Landscape Ecology*, 16, 667-675.

Cheddadi R., Lamb H., Guiot J., *et al.* 1998. Reconstruction of the Holocene climatic events using a pollen record from Tigalmamine lake, Morocco: relationships to global climate change. *Climate Dynamics* 14, 883-890.

Cheddadi R., Henrot A.-J., François L., Boyer F., Bush M., Carré M., Coissac E., De Oliveira P.E., Ficetola F., Hambuckers A., Huang K., Lézine A.-M., Nourelbait., Rhoujjati A., Taberlet P., Sarmiento F., Abel-Schaad D., Alba-Sanchez F., Zheng Z., 2017. Microrefugia, Climate Change, and Conservation of *Cedrus atlantica* in the Rif Mountins, Morocco. *Front. Ecol. Evol*, 5, 114.

Combourieu-Nebout N. 1993. Vegetation response to Upper Pliocene glacial-interglacial Cyclicality in the Central Mediterranean. *Quaternary Research*, 40 (2) 228-236.

Couvert M., Roche J., 1978. L'environnement de la grotte de Taforalt durant la fin du paléolithique et l'épipaléolithique, le tapis végétal et son interprétation climatique. *Bulletin d'Archéologie Marocaine*, 11, 1-8.

Demarteau M., François L., Cheddadi R., Roche E. 2007. Réponse de *Cedrus atlantica* aux changements climatiques passés et futurs. *Geo-Eco-Trop*, 31, 105-146.

Fady B., Lefèvre F., Vendramin G.G., Ambert A., Régnier C., Barribeau M. 2008. Genetic consequences of past climate and human impact on eastern Mediterranean *Cedrus libani* forests. Implication for their conservation. *Conservation Genetics*, 9, 85-95

Feddi N., Fauquette S., Suc J.-P., 2010. Histoire plio-pléistocène des écosystèmes végétaux de Méditerranée sud-occidentale : apport de l'analyse pollinique de deux sondages en mer d'Alboran. *Geobios*. 44 (1), 57-69.

Fletcher W.J., Sanchez-Goni M.F. 2008. Orbital- and sub-orbital-scale climate impacts on vegetation of the western Mediterranean basin over the last 48,000 yr. *Quaternary Research*, 70, 451-464.

Grandjouan G., Cour P., Gros R., A. 2000. A probabilist model of the relations between pollen and climate and its application to 80 European annual spectra. *Plant Ecology*; 147 (2), 147-163;

Joannin S., Bassinot F., Combourieu-Nebout N., Peyron O., Baudouin C. 2011. Vegetation response to obliquity and precession forcing during the Mid Pleistocene Transition in Western Mediterranean region (ODP Site 976). *Quaternary Science Reviews*, 30, 280-297.

Lisiecki I.e., Raymo M.E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic 18 records. *Paleoceanography* 20. PA 1003

Magri D. 2012. Quaternary history of *Cedrus* in Southern Europe. *Ann. Bot. (Roma)*, 2, 57-66.

Magri D., Di Rita F., Arabbari Erkiaga J., Fletcher W., Gonzalez Sampéry P. 2017. Quaternary disappearance of tree taa from Southern Europe/ timing and trends. *Quaternary Science Reviews*, 163, 23-55.

Magri D. & Parra I., 2002. Late Quaternary western Mediterranean pollen records and African winds. *Earth and Planetary Science Letter*, 200, 401-408.

Nour El Bait, M., Rhoujjati, A., Eynaud, F., Benkaddour, A., Dezileau, L., Wainer, K., Gozlar T., Khater C., Tabel J., et Cheddadi R. (2014). An

Eons	Eres	Périodes	Époques	Années	
Phanérozoïque	Mésozoïque (ère des Reptiles)	Trias		252 Ma	
		Jurassique		201 Ma	
		Crétacé	Inférieur	145 Ma	
			Supérieur	100 Ma	
		Cénozoïque	Paléogène	Paléocène	65,5 Ma
				Éocène	56 Ma
	Oligocène			34 Ma	
	Néogène		Miocène	23 Ma	
			Pliocène	5 Ma	
	Quaternaire (retour des glaciations, extension du genre Homo, extinction des faunes de l'Holocène)		Pleistocène	2,6 Ma	
			Holocène (interglaciaire)	12 Ka	
			(Anthropocène)	0 (ou avant, les dates sont débattues)	

Rappel de la chronologie géologique

18 000-year pollen and sedimentary record from the cedar forests of the Middle Atlas, Morocco. *J. Quat. Sci.* 29, 423-432.

Pons A., 1998. L'histoire du genre *Cedrus* d'après les données paléobotaniques disponibles. *Forêt Méditerranéenne*. 19 (3), 236-242.

Reille, M. (1976). Analyse pollinique de sédiments postglaciaires dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas marocains : premiers résultats. *Ecol. Mediterr.* 2, 155-170.

Reille, M. (1977). Contribution pollenanalytique a l'histoire holocène de la végétation des montagnes du rif (Maroc septentrional). *Bull. AFEQ* 50, 53-76.

Rhoujjati A., Cheddadi R., Taieb M., *et al.* 2010. Environmental changes over the past c. 29,000 years in the Middle Atlas (Morocco): a record from Lake Ifrah. *Journal of Arid Environments* 74, 737-745.

Salamani M. 1993. Premières données phytogéographiques du Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica*) dans la région de grande Kabylie (Algérie). *Palynosciences*, 2, 147-155.

Stambouli-Essassi S., Roche E., Bouzid S. 2007. Evolution de la végétation et du climat dans le Nord-ouest de la Tunisie au cours des 40 derniers millénaires. *Geo-Eco-Trop*, 31, 171-214.

Tabel J., Khater C., Rhoujjati A., Dezileau L., Bouimetarhan I., Carré M., Vidal L., Benkaddour A., Nourelbait M., Cheddadi R. 2016. Environmental changes over the past 25 000 years in the southern Middle Atlas, Morocco. *Journal of Quaternary Science*, 2016, 31 (2), 93-102.

Résumé

Eléments d'histoire du cèdre dans les montagnes méditerranéennes

Apparu en Europe au début du Crétacé, durant le Tertiaire le cèdre y est présent mais rarement abondant. Dans une compilation des séquences polliniques disponibles, Magri a précisé les étapes de sa disparition d'Europe méditerranéenne au cours du Quaternaire. Elle est achevée il y a environ 600 000 ans. Pour mieux comprendre cette extinction, l'histoire de *Cedrus atlantica* en Afrique du Nord a été brièvement retracée. Au Maroc, de nombreux travaux ont corrélié les fluctuations holocènes des cédraies montagnardes en réaction aux changements climatiques et aux perturbations anthropiques, permettant de préciser l'enveloppe bio-climatique de ces populations. Dans l'Est algérien et en Kroumirie (Tunisie) des forêts de cèdres se sont développées à la base de l'étage montagnard à la fin du dernier glaciaire pour ensuite disparaître à l'Holocène ou s'installer à plus haute altitude (Djurdjura). Ici comme au Maroc, les cédraies sont certainement menacées par le changement climatique actuel et leur transplantation vers les montagnes méditerranéennes européennes peuvent constituer une solution de survie.

Summary

Historical background to the cedars in the mountains of the Mediterranean

The Cedar appeared in Europe during the Early Cretaceous period. During the Tertiary era it was present but not abundant. From a compilation of pollen data (2012), Magri described the stages in its final extinction in Europe 600,000 years ago. To better understand this decline, the history of *Cedrus atlantica* forests in North Africa is briefly outlined. In Morocco several studies have shown the correlation between the Holocene changes in *Cedrus* distribution with past climate changes and human disturbances. In Eastern Algeria and Kroumiria (Tunisia), *Cedrus* forests expanded in the lower part of the mountain belt at the end of the last glacial period but during the Holocene they disappeared or, when possible, moved to higher altitudes (Djurdjura). There, as in Morocco, the *Cedrus* forests are certainly endangered by the present-day climate warming. Plantations in selected Mediterranean mountains within Europe could contribute to the survival of this beautiful tree.