

Quelle place pour le cèdre de l'Atlas dans les forêts françaises ?

par Jean LADIER, François COURBET et Bernard BOUTTE

Originaire des montagnes d'Algérie et du Maroc, le cèdre de l'Atlas s'est parfaitement acclimaté aux moyennes montagnes de la région méditerranéenne française. Son aire potentielle va certainement s'étendre avec le changement climatique et cela justifie un regain d'intérêt pour cette essence. Mais il ne pourra remplir son rôle que si son utilisation raisonnée s'appuie sur la connaissance de ses exigences écologiques et de son comportement vis-à-vis des facteurs limitants du milieu.

Face au changement climatique, des observations, des simulations d'aire de distribution ou de fonctionnement des arbres à l'aide de modèles écophysiologiques ont révélé les limites d'espèces forestières jusqu'ici adaptées à leur environnement. L'utilisation d'espèces moins sensibles à la sécheresse, comme le cèdre de l'Atlas, fait partie des voies possibles d'adaptation de la forêt française à ces nouvelles conditions. Cet article présente les connaissances sur l'autécologie du cèdre, acquises pour l'essentiel en région méditerranéenne depuis plus d'un siècle. S'il présente bien des atouts, le cèdre n'est pas une espèce miracle. Il a aussi ses limites qu'il convient de bien connaître. Certains dépérissements, observés au sud de la méditerranée dans son aire naturelle ou dans des plantations en zone tempérée, sont venus nous le rappeler.

Autécologie

Le cèdre, sous quel climat ?

Le climat des moyennes montagnes méditerranéennes, qui correspondent à l'aire naturelle du cèdre, se caractérise par des hivers assez rigoureux et souvent enneigés. La pluviométrie totale y est assez variable selon la latitude mais sa répartition dans l'année fait toujours état de 2 à 4 mois secs¹. Ce climat se caractérise aussi par une forte luminosité et une atmosphère sèche durant une grande partie de l'année.

Le cèdre tolère une large gamme de températures. Dans son aire naturelle, le cèdre de l'Atlas connaît des températures annuelles moyennes variant de 7,5°C à 15°C, avec une moyenne des minimales du mois le plus froid comprise entre - 1°C et - 8°C et une moyenne des maximales du mois le plus chaud pouvant aller jusqu'à + 32°C (M'HIRIT

¹ - H. Gaussen définit un mois comme sec si les précipitations P exprimées en mm sont inférieures au double de la température moyenne T exprimée en °C ($P < 2T$).

2 - Données climatiques de février 1956, et d'observation de mortalité au mont Aigoual (DEBAZAC, 1964) et de survie à l'arboretum d'Amance en Lorraine.

3 - Statistiques portant sur 105 dégâts, impliquant la sécheresse ou la chaleur, signalés au Département Santé des Forêts de 2007 à 2020.

O., BENZYANE M. 2006). Il peut résister à des températures allant jusqu'à + 41°C mais ne peut subsister, en dormance, en dessous de -25°C².

Le cèdre est **sensible aux gelées tardives**, surtout dans le jeune âge. Après un hiver rigoureux, il peut être sujet au rougissement physiologique qui se manifeste en cas de brusque radoucissement, entraînant une demande évapo-transpiratoire que le sol, encore gelé, ne peut satisfaire. Cela a entraîné des mortalités importantes dans de jeunes plantations expérimentales installées dans le Jura et en Bourgogne. Il faut pourtant noter l'action bénéfique, voire nécessaire, de l'alternance gel-dégel pour l'éclatement des cônes, donc pour la régénération naturelle.

Le cèdre **tolère la sécheresse malgré des besoins en eau assez importants**. En effet, contrairement à d'autres espèces, comme les pins, qui ferment leurs stomates assez vite au cours d'un épisode de sécheresse pour contrôler leur perte d'eau par transpiration, il n'économise pas l'eau ; la régulation stomatique de sa transpiration est plutôt moyenne et sa tolérance à la sécheresse réside essentiellement dans son aptitude à puiser l'eau en profondeur. Les stations où il est bien installé reçoivent en moyenne entre 800 et 1500 mm de précipitations annuelles, aussi bien dans l'aire d'origine qu'en France. Il peut cependant donner de bons résultats avec des pluviométries plus faibles s'il y a une compensation édaphique, c'est-à-dire une réserve d'eau dans le sol suffisante et accessible aux racines. Il faut aussi noter que des sécheresses de faible intensité favorisent l'allocation de carbone aux racines par rapport à la partie aérienne, ce qui améliore le bilan hydrique et réduit ainsi les risques lors des sécheresses ultérieures (BELVAUX & TRON 1996).

En région méditerranéenne, la zone altitudinale de prédilection du cèdre semble bien correspondre à celle de l'étage bioclimatique supraméditerranéen qui correspond également à celle du chêne pubescent. En dessous de 400 m d'altitude, le cèdre est à exclure, sauf en cas de compensation topo-édaphique forte. Une part des échecs de plantations de cèdres réalisées dans les décennies 1970 et 1980 s'explique par une altitude trop faible. Les conditions optimales de pluviométrie et de température correspondent aux altitudes comprises entre 600 et 1000 m en versant nord et 700 et 1200 m en versant sud, en climat actuel.

Le cèdre sur quels sols ?

L'aptitude du cèdre à supporter les épisodes de climat sec repose sur sa capacité à extraire l'eau du sol en profondeur grâce à son système racinaire puissant. Cette caractéristique conditionne étroitement le type de sol qui lui sera favorable ou non. À cet égard, il est symptomatique de constater que, parmi les dépérissements impliquant la sécheresse ou la chaleur, (i) seuls 10% sont localisés dans la Grande Région écologique (GRECO) Méditerranée où le climat est le plus sec et (ii) 32% concernent les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) et Languedoc-Roussillon alors que ces deux régions concentrent 75% des surfaces de cèdre³.

Les résultats des introductions sont très variables selon les substrats. Des tendances se dégagent cependant nettement sur toute son aire de répartition. La nature du matériau parental détermine souvent les potentialités de croissance du cèdre voire sa capacité à subsister, même si des compensations de facteurs peuvent atténuer ou masquer leur influence.

Les alluvions, colluvions, éboulis sont plus favorables que les altérites (matériaux d'altération de la roche en place).

Les croissances les plus fortes sont observées sur roche siliceuse en particulier les schistes et micaschistes. On le trouve aussi sur grès, gneiss, basalte, dolérite avec de bons résultats. Sur granite donnant des arènes granitiques riches en sable grossier à faible réserve utile, les résultats sont plus contrastés et varient selon la profondeur du sol. Les quartzites ne lui conviennent pas.

Le cèdre **tolère bien les sols sur calcaire**, où sa croissance est moyenne, bien qu'il donne de moins bons résultats en cas de forte charge en calcaire actif dans la terre fine. Concernant les sols sur marne, le facteur limitant principal est généralement le manque de structure, d'aération et de profondeur prospectable (cf. ci-dessous) plutôt que le calcaire actif. Par contre, les sols trop riches en magnésium, sur dolomie ou calcaire dolomitique, sont à éviter (BRETHES & DEMARCQ 1992).

Le cèdre tolère une large gamme de pH. Il est déconseillé sur les sols pauvres, trop acides (podzoliques), où son installation et sa croissance sont très mauvaises. La richesse chimique du sol a une influence très positive sur sa croissance, et compense parfois des volumes prospectables limités. Sa réaction positive dans quelques essais de fertilisation,

notamment en phosphore, confirme l'importance d'une bonne disponibilité en éléments minéraux.

Sur certaines roches-mères siliceuses pauvres et en conditions d'alimentation en eau limitantes, le cèdre peut présenter des symptômes très spécifiques liés à une carence en bore. Après la plantation, les pousses terminales (axe principal et branches) sèchent, relayées par les pousses latérales qui sèchent à leur tour, etc. Les cèdres adoptent alors un port buissonnant caractéristique, dit aussi « en boule ». Ce phénomène a été signalé surtout sur granite (le risque est important sur leucogranite) dans l'Hérault, en Ardèche et en Corrèze, sur gneiss en Haute-Loire, sur basalte et, plus rarement et moins gravement, sur schiste. Les symptômes disparaissent parfois d'eux-mêmes lorsque les arbres ont suffisamment étendu leur système racinaire ou après un apport externe en bore (LEGRAND 2003, 2006, B. BOUTTE dans ce numéro p. 251) (Cf. Photo 1).

La **profondeur de sol prospectable** est le facteur qui explique le mieux la croissance en hauteur des peuplements. En cela, le cèdre ne déroge pas à la règle générale. Tout élément susceptible de faire obstacle aux racines est limitant. Il peut s'agir d'un plancher rocheux non fracturé, d'un horizon compact non structuré (niveau argileux, alios...) ou d'un horizon induré (reprécipitation du calcaire...). Cela affectera surtout la croissance et secondairement la santé des cèdres.

S'appuyant abusivement sur la réputation de résistance à la sécheresse du cèdre, il est arrivé que des forestiers l'installent sur sol superficiel sans possibilité de prospection racinaire profonde, conduisant leur plantation à un échec sans surprise. On vérifiera donc, dans le cas d'une réserve utile insuffisante, telle qu'estimée classiquement par la description d'un profil pédologique à la tarière ou à la pelle mécanique, que le substrat plus profond est accessible au système racinaire grâce à des diaclases, fissures dans un sens opposé à la pente, blocs fracturés...

Le cèdre ne connaît pas de sol hydromorphe dans son aire d'origine. Aussi, un engorgement du sol, qu'il soit dû à une nappe permanente ou temporaire, lui est défavorable. Si l'hydromorphie est assez profonde ou très temporaire, le cèdre peut faire « illusion » surtout dans le jeune âge avec de très bons accroissements, mais il sera plus sensible aux épisodes de sécheresse et aux champignons pathogènes racinaires (cf. article de B. Boutte *et al.* p. 251).



Photo 1 :
Reprise de dominance apicale après apport de bore, sur un cèdre présentant auparavant un port « en boule ».

Sensible à l'aération du sol, le cèdre valorise, mieux que d'autres essences, les sols caillouteux ou même riches en blocs pourvu qu'ils ne constituent pas un obstacle infranchissable (Cf. Photo 2). La charge en éléments grossiers ou un sol à dominante sableuse, surtout s'il s'agit de sable fin, ne

Photo 2 (ci-dessous) :
Le cèdre est tout à fait capable de s'installer sur des sols caillouteux s'il peut s'enraciner en profondeur, comme ici au Mont Ventoux (Vaucluse).



sont pas des handicaps si la profondeur est suffisante pour assurer une réserve utile convenable. Il faut donc éviter les sols peu épais riches en sables grossiers, développés sur arène granitique. Si la texture sablo-limoneuse est la plus favorable, le cèdre craint les textures très argileuses. Pour la même raison, les sols non structurés, compacts, massifs lui sont défavorables.

Place du cèdre dans l'avenir

Le cèdre s'est particulièrement bien acclimaté en France méridionale dans l'étage bioclimatique supraméditerranéen, qui correspond à l'étage de prédilection du chêne pubescent. Or, l'aire de distribution du chêne pubescent en France va au-delà de la région méditerranéenne et se retrouve dans des régions où le climat subit les influences méditerranéennes (vallée du Rhône et de la Saône jusqu'aux coteaux calcaires de Bourgogne, ouest de l'Occitanie, bordures sud et ouest du Massif central jusqu'en Poitou-Charentes) (Cf. Fig. 1). Il n'est donc pas surprenant qu'on retrouve des peuplements de cèdre parfois très anciens jusqu'en Côte d'Or (FOURCHY & DE LEMPS 1954) et dans la Vienne (AUBERT 1953).

D'un strict point de vue climatique, on peut d'ores et déjà conseiller le cèdre dans les régions où se trouve le chêne pubescent.

En France, le cèdre n'a pas connu de dépérissement important, contrairement à ce qui est observé dans son aire d'origine (voir Tome XLII, n°2). Cependant, des mortalités diffuses sont constatées en région méditerranéenne ainsi que sous climat tempéré. On a pu constater par exemple que la canicule de 2003, aggravée par un enracinement insuffisant sur sol argileux, avait déclenché des dépérissements dans les peuplements des arboretums d'Amance et des Barres (DÉPARTEMENT SANTÉ DES FORÊTS NORD-OUEST, 2007 ET 2008 ; NIEDERLENDER 2009).

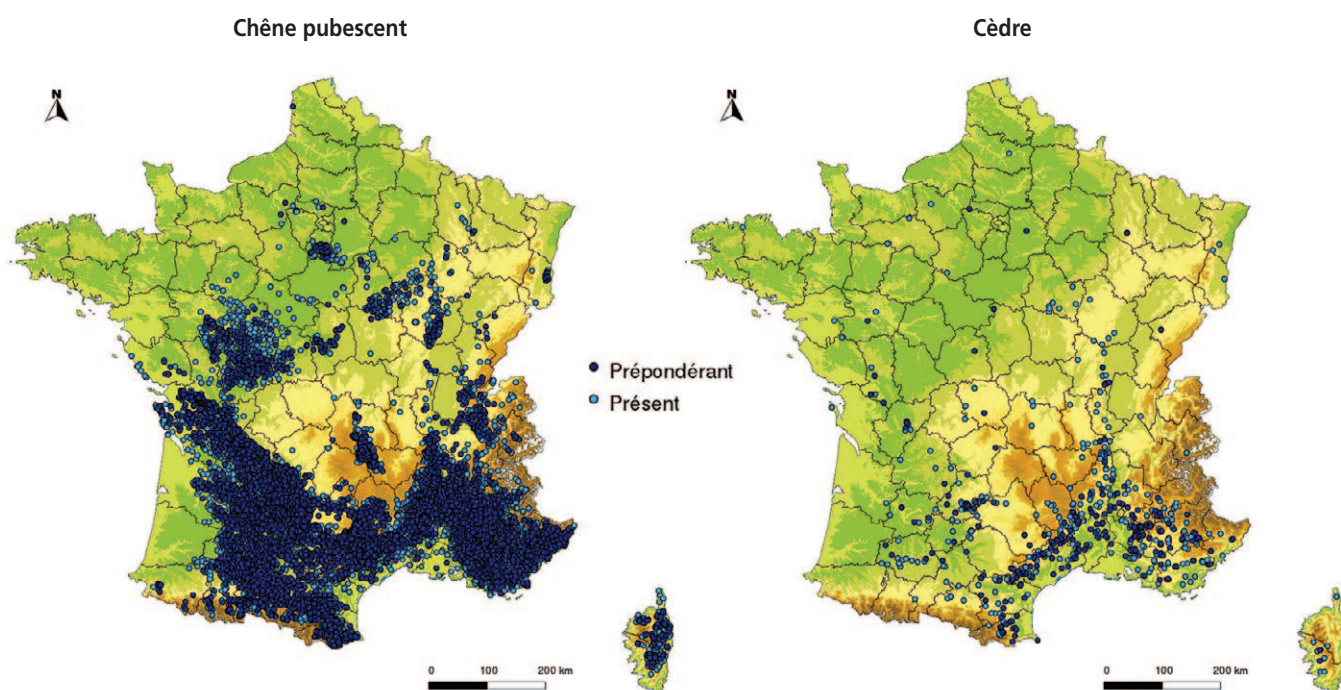
Dans un futur plus ou moins proche, selon les modèles et les scénarios d'évolution du climat, le climat méditerranéen concernera une part plus ou moins importante mais grandissante de la zone tempérée ou montagnarde actuelle. Et, compte tenu de la rapidité du changement climatique et de la longue durée de renouvellement des peuplements forestiers, les conditions climatiques qu'ils connaîtront en fin de révolution seront très différentes de celles existant au moment de leur installation.

La perspective d'une extension du cèdre hors région méditerranéenne doit donc prendre en compte l'évolution prévue du climat mais aussi la capacité de l'espèce à supporter les caractéristiques climatiques actuelles des autres régions de France et leurs aléas.

Le cèdre est limité par le froid notamment du fait de sa sensibilité aux gelées tardives. L'essentiel des dégâts de gel ont été relevés

Fig. 1 :

Localisation des relevés IGN contenant du chêne pubescent (à gauche) et du cèdre (à droite). En région méditerranéenne, la zone conseillée pour le cèdre correspond à l'étage bioclimatique du chêne pubescent. En première approche et sous réserve de la validité de cette observation dans les autres régions, la présence du chêne pubescent est un argument en faveur de l'acclimatation du cèdre.



dans les régions froides et continentales : Jura, Bourgogne, Massif Central⁴. Les introductions sont actuellement possibles dans les zones de plaine et de moyenne montagne, jusqu'à des altitudes de 1000-1200 m dans les Alpes du Sud selon l'exposition, 1000 m dans les Alpes du Nord, Pyrénées et Massif central et 700 m dans le Jura et les Vosges⁵ (COURBET *et al* 2012). Ces limites devraient progresser sensiblement sous l'effet du réchauffement climatique, et des plantations de cèdre sont déjà réalisées ou envisagées, par anticipation, à des altitudes supérieures. Mais il convient d'être prudent ou conscient du risque d'échec.

À la sensibilité au froid, il faut aussi ajouter sa sensibilité à l'humidité atmosphérique. Le climat de son aire d'origine est lumineux, et sec une grande partie de l'année. Même si on manque un peu de recul sur le comportement du cèdre en climat océanique à cause de la jeunesse des peuplements, on peut d'ores et déjà y observer sa sensibilité à certains champignons pathogènes (armillaire, *Heterobasidion annosum* plus connu sous le nom de maladie du rond ou Fomès...) alors qu'il n'est pas fortement affecté en région méditerranéenne française (Cf. article de B. Boutte *et al.* p. 251).

La perspective d'une extension des zones potentielles d'installation du cèdre ne doit pas faire oublier que les facteurs édaphiques sont tout aussi importants à prendre en compte que les facteurs climatiques. Certains types de sols doivent être évités : sols trop superficiels, podzoliques, hydromorphes ou à texture dominée par l'argile. Il convient d'être vigilant sur la carence en bore sur roches-mères acides pauvres et en conditions d'alimentation en eau limitantes.

En l'absence de données sur des peuplements âgés, il est difficile de prévoir la croissance et la production du cèdre en zone tempérée⁶. Sans en être certain, il est probable, compte tenu de facteurs climatiques et édaphiques plus favorables, que les meilleures productivités constatées en zone méditerranéenne soient dépassées dans certains milieux tempérés.

Enfin, en fonction des scénarios d'évolution du climat, le cèdre pourrait disparaître des zones françaises les plus exposées : zones les plus méridionales, altitudes faibles, expositions sud... au profit d'espèces plus thermophiles comme le pin d'Alep ou le pin maritime, sans qu'il soit possible de donner des localisations et des chiffres précis.

Conclusion

Originaire des montagnes d'Algérie et du Maroc, le cèdre de l'Atlas s'est parfaitement acclimaté aux moyennes montagnes de la région méditerranéenne française. Son bon comportement en cas de sécheresse est lié à sa capacité à puiser l'eau en profondeur. Il peut produire du bois de qualité assez rapidement. C'est donc une espèce amenée à jouer un rôle certain pour adapter les forêts et atténuer les effets du changement climatique. Il ne pourra remplir ce rôle que si son utilisation raisonnée s'appuie sur la connaissance de ses exigences écologiques et de son comportement vis-à-vis des facteurs du milieu. De ce point de vue, si l'expérience acquise au nord comme au sud de la Méditerranée est riche d'enseignements, il faut rester très attentif aux tests conduits sous les climats et sur des sols différents de ceux de son aire d'origine. Sous climat océanique, il se révèle sensible à certains champignons pathogènes et certains sols ne lui conviennent pas.

J.L., F.C., B.B.

Références

- Voir articles sur les cédras du Maghreb et du Proche Orient dans le numéro précédent T. XLII, n°2, juin 2021.
- Anonyme 1893. Chronique forestière. Mortalité des cèdres. *Revue des Eaux et Forêts*. XXXII 135-136.
- Aubert C.-G. 1953. Le Cèdre dans l'Ouest de la France (l'exemple de la Roche-de-Bran). *Revue forestière française*, n°12, pp. 817-821.
- Belvaux E., Tron G. 1996. Expérimentation d'arrosage de boisements en forêt méditerranéenne. *Forêt méditerranéenne*. XVII (4) 287-303.
- Bentouati A., Bariteau M. 2006. Réflexions sur le dépérissement du cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie). *Forêt Méditerranéenne*, 27 (4) : 317-322.
- Boutte B., Article dans ce n° sur les aspects sanitaires
- Brethes A., Demarcq P. 1992. Mortalité du cèdre sur dolomie dans l'Aveyron. *ONF Bulletin technique* 23, 73-82.
- Courbet F., Lagacherie M., Marty P., Ladier J., Ripert C., Riou-Nivert P., Huard F., Amandier L., Paillassa É. 2012. Le cèdre en France face au changement climatique : bilan et recommandations. 32 p.
- Debazac E.-F. 1964. L'arboretum de l'Hort de Dieu. *Ann. Sci. For.* 21, 23-84.

4 - Statistique portant sur 32 dégâts de gel signalés au Département Santé des Forêts de 2007 à 2020.

5 - Ces limites altitudinales sont calculées à partir des observations de l'arrière-pays méditerranéen, transposées aux autres massifs sur la base d'une diminution d'un degré pour 200 km de latitude ou pour 150 m d'altitude.

6 - Les peuplements situés en zone tempérée ont le plus souvent moins de 40 ans. Le bon comportement des jeunes peuplements ne présage pas du futur, l'effet d'un facteur limitant pouvant se révéler tardivement. Par exemple, les besoins en eau augmentant avec leur développement, leur inadaptation au couple sol-climat peut se manifester lors d'une sécheresse particulièrement marquée.

Jean LADIER
Office national des forêts
Direction territoriale
Midi-Méditerranée
Responsable du pôle
RDI d'Avignon
1175, chemin du
Lavarin
84000 AVIGNON
jean.ladier@onf.fr

François COURBET
INRAE
UR Ecologie des Forêts
Méditerranéennes
Domaine Saint-Paul,
Site AGROPARC
CS 40 509 - 84 914
AVIGNON cedex 9
francois.courbet@inrae.fr

Bernard BOUTTE
Expert-référent national "santé des forêts"
INRAE AVIGNON
bernard.boutte@agriculture.gouv.fr

- Département Santé de Forêts Nord-Ouest. DGFAR. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 2007. Compte rendu de la tournée du 5 juillet 2007. Dépérissements de cèdres de l'Atlas aux Barres (Loiret). 4 p.
- Département Santé de Forêts Nord-Ouest. DGFAR. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. 2008. Compte rendu de la tournée du 23 juillet 2008. Poursuite des dépérissements de cèdres de l'Atlas aux Barres (Loiret). 3 p.
- Fourchy P., de Lempis F. 1954. Un exemple de mise en valeur des taillis de Chêne pubescent au moyen du Cèdre : La Trouhaude (Côte-d'Or). *Revue forestière française*, 1954, pp. 151-159.
- Legrand P. 2003. Carence en bore de jeunes plantations de Cèdre de l'Atlas dans le Massif central. *Revue Forestière Française* 55 (2) 123-128.
- Legrand P. 2006. Fertilisation de jeunes Cèdres de l'Atlas carencés en bore dans le Massif central. *Revue Forestière Française* 58 (6) 509-520.
- M'Hirit O., Benzyane M. 2006. *Le Cèdre de l'Atlas. Mémoire du temps*. Éditions La croisée des chemins. 288 p.
- Nierderlender L. 2009. Dépérissement des cèdres (*Cedrus atlantica*, *Cedrus Libani* et *Cedrus deodara*) au domaine des Barres et à l'arboretum d'Amance. Etude dendroécologique : rôle du climat, du bilan hydrique et de la gestion sylvicole. Rapport de stage de Master 2 « Forêt Agronomie Environnement » spécialité « Conservation et Restauration des Ecosystèmes ». INRA. Université Henri Poincaré. 25p.
- Rhanem M. 2011. Aridification du climat régional et remontée de la limite inférieure du cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica manetti*) aux confins de la plaine de Midelt (Maroc). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement* V : 143-165.
- Sarmoum M., Navarro-Cerrillo R., Guibal F. 2019. Bilan actuel et rétrospectif du dépérissement du cèdre de l'Atlas dans le Parc national de Theniet El Had (Algérie). *Bois et Forêts des Tropiques* 342 : 29-40
- Zine El Abidine A., Lamhamedi M. S., Taoufik A. 2013. Relations hydriques des arbres sains et dépérissants de *Cedrus atlantica* M. au Moyen Atlas Tabulaire au Maroc. *Geo-Eco-Trop.* 37(2) : 157-176

Résumé

Quelle place pour le cèdre dans les forêts françaises ?

Le cèdre de l'Atlas apprécie le climat de l'arrière-pays méditerranéen, contrasté, sec et chaud en été et relativement froid en hiver. Il est cependant sensible aux grands froids, surtout dans le jeune âge, et sa tolérance à la sécheresse a également des limites car il régule mal sa transpiration. Il apprécie le bioclimat supraméditerranéen, qui est également celui du chêne pubescent. Sa croissance est optimale sur les sols profonds issus de roches siliceuses mais, grâce à son système racinaire puissant, il valorise aussi les substrats sur calcaire, même très caillouteux ou pierreux. Plus que le volume de terre fine, le facteur principal est la profondeur de sol prospectable par les racines ; le cèdre redoute une dalle rocheuse non fracturée, un horizon compact, très argileux, ou engorgé.

Le cèdre a déjà sa place aujourd'hui hors de la région méditerranéenne, comme l'indiquent la présence de peuplements plus ou moins anciens et l'extension du chêne pubescent. Son aire potentielle va certainement s'étendre avec le changement climatique et cela justifie un regain d'intérêt pour cette essence. Cependant, les mortalités observées montrent que les facteurs limitants, climatiques et édaphiques, ne doivent pas être négligés.

Summary

Any place for the cedar in French forests?

The Atlas cedar profits from the contrasting climate of the Mediterranean hinterlands : dry and hot in summer, relatively cold in winter. However, the cedar is sensitive to severe cold, especially when young ; also, its drought tolerance is limited because it regulates its transpiration poorly. It gets on well with the supra-Mediterranean bioclimate which is also that of the downy oak. Its growth is optimal on deep soils deriving from silicious rock but thanks to its powerful rooting system it can also get the best out of limestone, even where rocky or stony. More than the quantity of fine earth, the main factor is the depth of the soil available for its roots ; the cedar cannot stand an underlying unfractured slab of bedrock, a compact stratum of heavy clay or waterlogged. Today, there is a place for the cedar beyond the Mediterranean region, as attested by the existing stands of various ages and the spread of downy oak. Its potential habitat will surely expand with climate change, justifying a renewed interest in the species. However, recorded mortality highlights that there exist limiting factors, both climatic and edaphic, which must not be overlooked.