

LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE :

UN DÉFI POUR LES PLANTES



ACTES

• Colloque scientifique 2021 •

Société Nationale d'Horticulture de France

Actes du colloque scientifique 2021
de la Société Nationale d'Horticulture de France (SNHF)

LE DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE : un défi pour les plantes

—
Mai Juin 2021

Le colloque 'Le dérèglement climatique : un défi pour les plantes' est organisé par le conseil scientifique de la SNHF, présidé par Yvette Dattée, membre de l'Académie d'Agriculture de France. Compte tenu de la situation sanitaire de cette année, le colloque est prévu sous forme d'une série de 5 webinaires les mardis après-midi des mois de mai et juin 2021.
Evénement SNHF dans le cadre de « Fascination of Plants Day ».



CHANGEMENTS CLIMATIQUES : LES PLANTES CHERCHENT-ELLES LA FRAÎCHEUR DES SOMMETS ?

Pascal Vittoz, Institut des dynamiques de la surface terrestre, Faculté des géosciences et de l'environnement, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

La diversité des plantes alpines est le résultat des changements climatiques qui ont eu lieu entre les glaciations et les interglaciaires. Face à de tels changements, les espèces ont trois options : s'adapter pour survivre sur place, migrer ou disparaître. Dans les montagnes, le gradient thermique étant important, la migration est facilitée, conduisant à l'isolement des espèces près des sommets en périodes chaudes ou à la fusion de différentes populations à basse altitude en périodes froides.

Suite aux changements climatiques actuels, les plantes montrent une nette tendance à migrer : les sommets élevés sont de plus en plus riches en espèces et la limite de la forêt remonte. Les plantes dispersées par le vent, dont les graines portent des soies ou des ailes, sont particulièrement efficaces pour gagner de nouvelles surfaces. Dans les pelouses alpines, situées au-dessus de la limite de la forêt, les changements les plus importants sont enregistrés dans les combes à neige, avec une colonisation marquée des graminées provenant des pelouses voisines.

Jusqu'à maintenant, aucune disparition n'a été enregistrée. Mais les changements ne font que commencer. Deux processus menacent les plantes alpines à moyen et long termes :

(1) la concurrence des espèces provenant d'altitudes inférieures, comme les arbres, les espèces de landes ou les graminées, qui sont plus grandes, plus denses et feront de l'ombre aux plantes alpines ;

(2) le réchauffement qui pourrait affaiblir certaines espèces adaptées au froid et leur incapacité à monter, pour suivre l'augmentation des températures, une fois le sommet des montagnes atteint. Mais beaucoup d'inconnues subsistent avant de pouvoir faire des prédictions fiables, comme la capacité d'adaptation des plantes, la vitesse de formation des sols dans les surfaces récemment déglacées ou le déplacement des pathogènes ou des insectes auxiliaires.

1. ORIGINE DE LA FLORE ALPINE

La flore et la végétation des montagnes sont traditionnellement réparties entre des étages de végétation, le long du gradient climatique. Dans les Alpes, on reconnaît généralement les étages collinéen, montagnard, subalpin, alpin et nival (Figure 1. Ozenda, 1985). La flore alpine correspond donc aux espèces présentes au-dessus de la limite de la forêt. Bien que les températures annuelles moyennes soient négatives, les plantes jouissent de conditions bien plus favorables en été.

Petites, elles profitent du réchauffement important du sol par le soleil, avec des maxima journaliers dépassant largement les 20 °C, pouvant même atteindre 50 °C, et des températures moyennes estivales entre 5 et 11 °C au niveau du sol (Bürli *et al.*, 2021). Paradoxalement, celles-ci sont généralement 2 à 5 °C plus élevées que dans les forêts situées plus bas (Körner *et al.*, 2003). À l'étage nival, les plantes sont toujours présentes mais sont limitées à des espèces particulièrement résistantes, avec des individus isolés dans des situations particulièrement favorables.

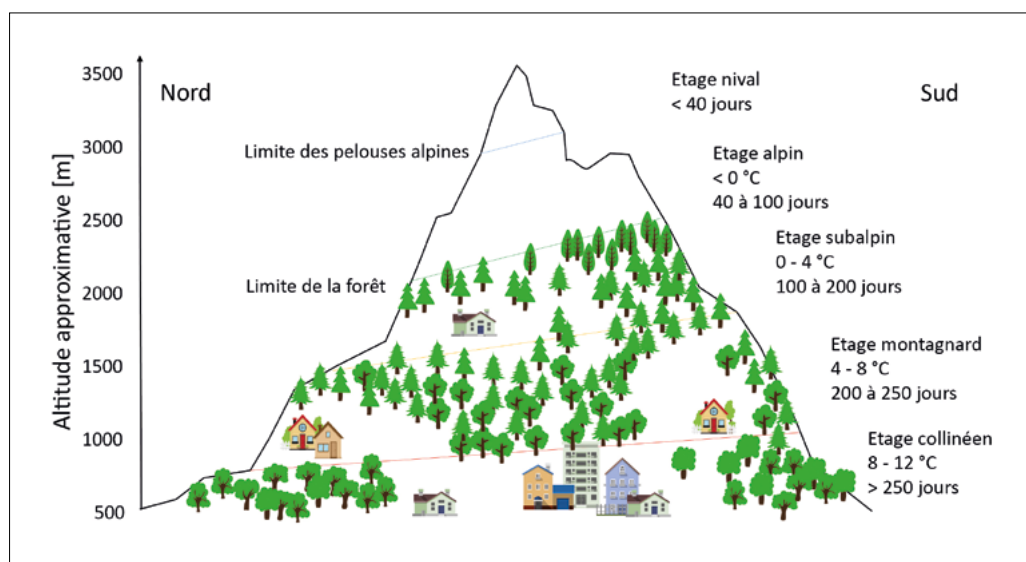


Fig. 1 : Schéma présentant les étages de végétation dans les Alpes. Les limites altitudinales varient en fonction de la latitude et de la position dans les Alpes. Les températures indiquées correspondent aux températures moyennes annuelles et la durée de végétation au nombre de jours avec une température journalière excédant 5 °C (inspiré d'Ozenda, 1985).

La distribution des plantes alpines a fluctué tout au long du Quaternaire, caractérisé par une succession de périodes glaciaires et d'interglaciaires. Ces derniers sont bien plus courts que les périodes froides, et nous vivons depuis 12 000 ans dans un tel interglaciaire, qui a permis la colonisation de la quasi-totalité de l'Europe par la forêt, limitant l'espace dévolu aux plantes alpines à des îlots (les sommets) plus ou moins isolés. Inversement, durant les glaciations, au climat froid et sec, les forêts étaient réduites aux régions les plus chaudes au sud de l'Europe ou à proximité des reliefs, mieux alimentés par les pluies, laissant les plaines européennes aux steppes froides et à la toundra. Durant ces périodes, certaines espèces alpines occupaient de larges portions du territoire européen, alors que d'autres ont survécu sur les nunataks, ces sommets émergeant des glaciers, à l'image d'*Eritrichium nanum* (Figure 2. Stehlik *et al.*, 2007). Ces variations sont à l'origine d'une part importante de la diversité de la flore alpine, en particulier des espèces endémiques : par moments isolées génétiquement les unes des autres, les différentes populations ont évolué indépendamment dans différentes régions des Alpes, créant de nouvelles espèces.



Fig. 2 : *Eritrichium nanum*, une espèce qui a survécu à la dernière glaciation sur des nunataks (photo P. Vittoz).

2. CHANGEMENT CLIMATIQUE EN COURS

Depuis plus de 100 ans, le climat se réchauffe. Sans revenir sur tous les détails et l'importance de ce réchauffement, deux facteurs sont particulièrement importants pour la flore alpine : en moyenne, l'augmentation des températures est deux fois plus rapide dans les Alpes qu'à l'échelle mondiale (Rebetetz & Reinhard, 2008) et ce réchauffement, particulièrement marqué au printemps et en été, se traduit par une diminution de la couverture neigeuse. Ainsi, la neige arrive maintenant 12 jours plus tard et disparaît 26 jours plus tôt qu'en 1970 (Klein *et al.*, 2016). Compte tenu de l'importance de la couverture neigeuse dans la distribution des espèces à l'étage alpin, une diminution de l'enneigement ouvre automatiquement la porte à l'arrivée d'espèces précédemment limitées par des étés trop courts.

3. CONSÉQUENCES POUR LA FLORE DES SOMMETS

Au début du XX^e siècle, les botanistes s'intéressaient déjà à la flore des sommets élevés. Leurs questions tournaient autour de la richesse spécifique en fonction de l'altitude ou de la localisation du sommet. Mais ces études ont laissé de nombreux inventaires floristiques fiables précisément localisés (Stöckli *et al.*, 2011). Plusieurs chercheurs ont utilisé cette source inestimable pour comprendre les changements intervenus durant le XX^e siècle. Tous ont montré un fort enrichissement de la biodiversité sur ces sommets, par exemple 86 % d'espèces en plus sur 37 sommets situés entre 2 800 et 3 400 m en Suisse (Vittoz *et al.*, 2009). Une synthèse récente regroupant 302 sommets

répartis sur sept massifs en Europe a conclu que non seulement cette tendance est généralisée, mais aussi que cet enrichissement s'est fortement accéléré après 2000, suivant fidèlement la courbe des températures (Steinbauer *et al.*, 2018).

Bien que cette arrivée de nouvelles espèces ressemble à un déplacement généralisé, une observation plus fine des espèces récemment arrivées a permis de mettre en évidence que toutes ne réagissent pas à la même vitesse. Certaines sont particulièrement efficaces pour coloniser de nouveaux sommets, comme *Taraxacum alpinum* (Figure 3), *Cardamine resedifolia*, *Leontodon helveticus* ou *Poa alpina*, ainsi que des fougères comme *Botrychium lunaria* ou *Dryopteris filix-mas*. L'étude de leurs caractéristiques communes a permis de mettre en évidence que les espèces dispersées efficacement par le vent étaient particulièrement bien représentées parmi les meilleures colonisatrices (Vittoz *et al.*, 2009 ; Matteodo *et al.*, 2013).

Ces espèces possèdent des graines équipées de soies (par ex. *Taraxacum alpinum*), d'ailes (*Cardamine resedifolia*) ou libèrent des spores très légères (fougères). *Vaccinium myrtillus*, dont les baies sont appréciées des oiseaux et des renards, est également efficace pour coloniser de nouveaux terrains. Un autre point commun à beaucoup de ces espèces est leur capacité à coloniser des surfaces rocheuses, au sol brut, à l'image de *Taraxacum alpinum* (Vittoz *et al.*, 2009 ; Matteodo *et al.*, 2013 ; Kulonen *et al.*, 2018). En effet, beaucoup de ces sommets sont dominés par les surfaces rocheuses, avec un sol encore très peu développé. Et évidemment, beaucoup de ces nouvelles espèces préfèrent un climat plus chaud que les espèces historiquement présentes, mettant bien en évidence l'importance du réchauffement dans ce processus.



Fig. 3 : Le pissenlit des Alpes (*Taraxacum alpinum*) est une des espèces qui a colonisé le plus de sommets durant le XX^e siècle. Ses graines surmontées de soies et sa capacité à coloniser les surfaces caillouteuses sont des caractéristiques importantes pour une migration efficace (photo P. Vittoz).

Inversement, quelques espèces ont localement disparu durant le XX^e siècle, mais ces disparitions sont bien moins nombreuses que les événements de colonisation. Cependant, les espèces de haute montagne préférant les sols riches en humus, comme *Gentiana bavarica* (Figure 4), régressent plus souvent que les pionnières (Kulonen *et al.*, 2018 ; Lamprecht *et al.*, 2018). Le processus n'est pas encore entièrement compris, mais il est possible qu'elles souffrent de la concurrence de nouvelles espèces ou de voisines qui poussent mieux dans les conditions actuelles.



Fig. 4 : La gentiane de Bavière (*Gentiana bavarica*) a régressé des sommets alpins suisses durant le XX^e siècle. Croissant sur des sols riches en humus, il est possible qu'elle soit victime de la concurrence de nouvelles espèces (photo P. Vittoz).

4. CONSÉQUENCES POUR LA FLORE DES PELOUSES ALPINES

L'étude des conséquences des changements climatiques pour la flore des pelouses alpines est plus difficile car les données historiques ne sont pas aussi précises que pour les sommets. En effet, même si les premiers relevés phytosociologiques remontent aux environs de 1910, avec des listes d'espèces parfaitement fiables, les auteurs se préoccupaient alors peu de la localisation de leurs données et indiquaient au mieux un lieu-dit, information bien moins précise géographiquement que le nom d'un sommet. Cependant, à partir des années 1970, certains botanistes ont commencé à localiser leurs inventaires sur des cartes topographiques ou à donner des coordonnées géographiques. La précision de ces localisations ne valait évidemment pas celle des inventaires actuels, dont les coordonnées sont fournies par un GPS, mais cela reste suffisamment bon pour revenir dans la même pelouse pour répéter l'inventaire.

De telles études dans les Alpes ont montré une nette tendance des espèces à déplacer leur aire de distribution vers les altitudes plus élevées (Rumpf *et al.*, 2018), mais la richesse spécifique des communautés est assez stable et la majorité des pelouses alpines montrent peu de

changements dans leur composition spécifique (Gritsch *et al.*, 2016 ; Matteodo *et al.*, 2016). Cependant, les combes à neige semblent plus sensibles au réchauffement. Ces surfaces sont caractérisées par un très long enneigement, d'au moins huit mois par année, ne laissant que très peu de temps au développement des plantes. Elles sont donc constituées d'espèces très petites (moins de 5 cm), mais hautement spécialisées à ces courtes saisons de croissance (Figure 5). Avec un enneigement plus court, la saison s'allonge, permettant l'arrivée d'espèces plus grandes et moins spécialisées que celles des combes à neige, en particulier des graminées et des cypéracées. Elles proviennent souvent de pelouses situées à proximité immédiate, et dont le déplacement est facile. Mais cela signifie qu'à moyen terme, les espèces de combes à neige sont menacées par ces nouvelles espèces (Carbognani *et al.*, 2014 ; Matteodo *et al.*, 2016 ; Liberati *et al.*, 2019).



Fig. 5 : Le saule herbacé (*Salix herbacea*) est une espèce typique des combes à neige. Il y couvre parfois de grandes surfaces, mais sa petite taille au-dessus du sol (2-3 cm) le rend vulnérable à l'installation d'espèces plus grandes (photo P. Vittoz).

5. LIMITE DE LA FORÊT

La limite de la forêt dépendant fortement des températures estivales (Körner & Paulsen, 2004), il est logique qu'elle soit sensible au réchauffement et que les arbres gagnent de nouveaux terrains en direction des sommets. Cependant, deux facteurs rendent cette colonisation peu visible et difficile à mesurer dans les Alpes : elle ne se fait que très lentement, compte tenu des décennies nécessaires pour passer de la graine à l'arbre à ces altitudes (Vittoz *et al.*, 2008) et elle se confond avec la recolonisation des pâturages subalpins suite à la déprise agricole (Gehrig-Fasel *et al.*, 2007), surfaces anciennement forestières et déboisées parfois depuis plusieurs millénaires. Mais il est de plus en plus évident que les arbres à la limite de la forêt poussent plus vite maintenant qu'auparavant

(Paulsen *et al.*, 2000) et qu'ils s'installent de plus en plus haut, tant dans les Alpes (Vittoz *et al.*, 2008 ; Leonelli *et al.*, 2011) qu'ailleurs dans le monde (par ex. Harsch *et al.*, 2009). Ces nouvelles forêts peuvent paraître comme positives compte tenu du carbone stocké par la croissance des arbres, mais cela se fait au détriment des pelouses alpines. En effet, les espèces de ces pelouses n'auront pas assez de soleil pour survivre sous ces forêts en devenir (Figure 6).



Fig. 6 : À 2 500 m au-dessus de Sion (Valais, Suisse), la forêt du futur se développe là où la pelouse alpine régnait en maître depuis des millénaires. Certains jeunes aroles (*Pinus cembra*) atteignent déjà 2 m.

Compte tenu de l'inertie des arbres, ce processus est loin d'être terminé. Avec 2 °C de plus dans les Alpes depuis 1900, la limite de la forêt a potentiellement déjà gagné 330 m. Si nos sociétés stabilisent le climat mondial à + 2 °C, ce sera environ + 3,5 °C dans les Alpes, donc 580 m de gagné pour la forêt. De quoi couvrir bien des sommets alpins par des arbres !

6. CONCLUSION

Bien que les changements climatiques du passé soient en partie à l'origine de la diversité de la flore alpine, celle-ci risque de payer un lourd tribut aux changements actuels. Jusqu'à maintenant, on observe surtout son déplacement vers les sommets, augmentant le nombre d'espèces présentes. Ce qui peut paraître positif. Mais il est probable que ce soit une situation transitoire et qu'à l'avenir le nombre d'espèces diminue à nouveau.

Deux processus peuvent être responsables de la disparition future d'espèces (Figure 7) : la concurrence par de nouvelles espèces arrivées de plus bas et l'impossible migration vers le haut d'espèces ne tolérant pas un climat plus chaud et ayant déjà atteint le sommet de la montagne. Ce dernier processus risque d'être particulièrement néfaste aux espèces endémiques se trouvant à la marge des Alpes, dans les régions le moins élevées (Engler *et al.*, 2009).

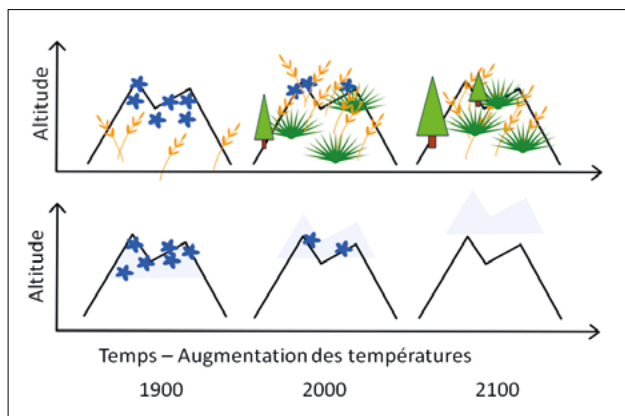


Fig. 7 : Risques encourus par les espèces alpines (fleurs bleues) sous l'influence des changements climatiques. En haut, la concurrence de nouvelles espèces arrivées d'altitudes inférieures, comme de grandes graminées ou des arbres, pourrait nuire aux espèces alpines par manque de lumière. En bas, l'incapacité à survivre dans des conditions plus chaudes et une migration vers le haut rendue impossible (sommet déjà atteint, sols insuffisamment développés) serait aussi susceptible d'entraîner leur disparition, localement d'abord mais avec un risque élevé d'extinction pour des endémiques de régions peu élevées (idée pour le schéma : Aino Kulonen).

Mais beaucoup d'inconnues subsistent quant à l'avenir de ces espèces. À quelle vitesse les plantes alpines et leurs concurrentes se déplaceront-elles ? Les sols alpins se formeront-ils suffisamment rapidement après le retrait des glaciers et sur les sommets anciennement trop froids (par ex. à 4 000 m) pour permettre l'arrivée des plantes alpines ? Certaines espèces seront-elles capables de s'adapter génétiquement aux nouvelles conditions ? Un court déplacement vers des conditions locales un peu plus fraîches (face nord, ravin peu ensoleillé) permettra-t-il à certaines espèces de subsister ? Comment évolueront les interactions des plantes avec les insectes et les pathogènes, souvent capables de migrer plus rapidement que leurs hôtes ? Ces facteurs encore mal connus sont susceptibles d'accélérer ou de ralentir la disparition des populations, voire d'espèces. La poursuite des recherches est donc plus que nécessaire, en particulier avec des suivis de populations sur le long terme.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BURLI S., THEURILLAT J.-P., WINKLER M., ... & VITTOZ P., 2021. - A common soil temperature threshold for the upper limit of alpine grasslands in European mountains. *Alpine Botany*, 131, 41-52.
- CARBOGNANI M., TOMASELLI M. & PETRAGLIA A., 2014. - Current vegetation changes in an alpine late snowbed community in the south-eastern Alps (N-Italy). *Alpine Botany*, 124, 105-113.
- ENGLER R., RANDIN C.F., THUILLER W., ... & GUISAN A., 2011. - 21st century climate change threatens mountain flora unequally across Europe. *Global Change Biology*, 17, 2330-2341.
- GEHRIG-FASEL J., GUISAN A. & ZIMMERMANN N.E., 2007. - Tree line shifts in the Swiss Alps: climate change or land abandonment? *Journal of Vegetation Science*, 18, 571-582.
- GRITSCH A., DIRNBOCK T. & DULLINGER S., 2016. - Recent changes in alpine vegetation differ among plant communities.

Journal of Vegetation Science, 27, 1177-1186.

- HARSCH M.A., HULME P.E., MCGLONE M.S. & DUNCAN R.P., 2009. - Are treelines advancing? A global meta-analysis of treeline response to climate warming. *Ecology Letters*, 12, 1040-1049.
- KLEIN G., VITASSE Y., RIXEN C., MARTY C. & REBETZ M., 2016. - Shorter snow cover duration since 1970 in the Swiss Alps due to earlier snowmelt more than to later snow onset. *Climatic Change*, 139, 637-649.
- KÖRNER C. & PAULSEN J., 2004. - A world-wide study of high altitude treeline temperatures. *Journal of Biogeography*, 31, 713-732.
- KÖRNER C., PAULSEN J. & PELAEZ-RIEDL S., 2003. - A bioclimatic characterisation of Europe's alpine areas. In: NAGY L., GRABHERR G., KÖRNER C. THOMPSON D.B.A. (eds) *Alpine Biodiversity in Europe*. Springer, Berlin, pp 13-28.
- KULONEN A., IMBODEN R.A., RIXEN C., MAIER S.B. & WIPF S., 2018. - Enough space in a warmer world? Microhabitat diversity and small-scale distribution of alpine plants on mountain summits. *Diversity and Distributions*, 24, 252-261.
- LAMPRECHT A., SEMENCHUK P.R., STEINBAUER K., WINKLER M. & PAULI H., 2018. - Climate change leads to accelerated transformation of high-elevation vegetation in the central Alps. *New Phytologist*, 220, 447-459.
- LEONELLI G., PELFINI M., DI CELLA U.M. & GARAVAGLIA V., 2011. - Climate warming and the recent treeline shift in the European Alps: The role of geomorphological factors in high-altitude sites. *Ambio*, 40, 264-273.
- LIBERATI L., MESSERLI S., MATTEODO M. & VITTOZ P., 2019. - Contrasting impacts of climate change on the vegetation of windy ridges and snowbeds in the Swiss Alps. *Alpine Botany*, 129, 95-105.
- MATTEODO M., AMMANN K., VERRECCHIA E.P. & VITTOZ P., 2016. - Snowbeds are more affected than other subalpine-alpine plant communities by climate change in the Swiss Alps. *Ecology and Evolution*, 6, 6969-6982.
- MATTEODO M., WIPF S., STÖCKLI V., RIXEN C. & VITTOZ P., 2013. - Elevation gradient of successful plant traits for colonizing alpine summits under climate change. *Environmental Research Letters*, 8, 024043.
- OZENDA P., 1985. - La végétation de la chaîne alpine dans l'espace montagnard européen. Masson, Paris, 344 p.
- PAULSEN J., WEBER U.M. & KÖRNER C., 2000. - Tree growth near treeline: abrupt or gradual reduction with altitude? *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 32, 14-20.
- REBEZEZ M. & REINHARD M., 2008. - Monthly air temperature trends in Switzerland 1901-2000 and 1975-2004. *Theoretical and Applied Climatology*, 91, 27-34.
- RUMPF S.B., HÜLLBER K., KLONNER G., ... & DULLINGER S., 2018. - Range dynamics of mountain plants decrease with elevation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115, 1848-1853.
- STEHLIK I., BLATTNER F.R., HOLDEREGGER R. & BACHMANN K., 2002. - Nunatak survival of the high Alpine plant *Eritrichium nanum* (L.) Gaudin in the central Alps during the ice ages. *Molecular Ecology*, 11, 2027-2036.
- STEINBAUER M.J., GRYTNES, J.-A., JURASINSKI G., ... & WIPF S., 2018. - Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. *Nature*, 556, 231-234.
- STÖCKLI V., WIPF S., NILSSON C. & RIXEN C., 2011. - Using historical plant surveys to track biodiversity on mountain summits. *Plant Ecology and Diversity*, 4, 415-425.
- VITTOZ P., RURLANCE B., LARGEY T. & FRELECHOUX F., 2008. - Effects of climate and land-use change on the establishment and growth of cembra pine (*Pinus cembra* L.) over the altitudinal treeline ecotone in the Central Swiss Alps. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 40, 225-232.
- VITTOZ P., DUSSEX N., WASSEF J. & GUISAN A., 2009. - Diaspore traits discriminate good from weak colonisers on high-elevation summits. *Basic and Applied Ecology*, 10, 508-515.