

Suivi de végétations de combes à neige alpines à *Salix herbacea* dans les Pyrénées

Benjamin Komac¹, Ludovic Olicard², M. Domènech¹ & G. Corriol²

1. *Andorre Recerca + Innovació, Avinguda Rocafort 21-23. AD 600 Sant-Julià-de-Lòria, Principat d'Andorra*

E-mail : bkomac@ari.ad

2. *Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées, Vallon de Salut,*

BP 70315, 65203 Bagnères-de-Bigorre Cedex,

E-mail : ludovic.olicard@cbnmpm.fr

RÉSUMÉ

Selon différents auteurs, la végétation alpine est particulièrement sensible aux changements environnementaux, en particulier du fait de sa subordination à des caractéristiques pédo-climatiques très spécifiques. Les communautés végétales alpines des combes à neige, avec une flore très spécifique, seraient ainsi particulièrement sensibles aux variations du climat. Par conséquent, elles peuvent être considérées comme un modèle de communauté végétale pour constituer un observatoire de l'impact des variations du climat sur la végétation alpine.

À cette fin, en 2012 avec l'aide de fonds POCTEFA, l'Observatoire pyrénéen du changement climatique (OPCC) a financé le projet de suivi des combes à neige acidophiles pyrénéennes. Le but de ce programme (2012-2013) est la définition d'un protocole de suivi et sa mise en place dans 14 combes à neige distribuées sur toute la chaîne pyrénéenne, protocole que nous présentons ici.

Mot-clés : combes à neige, végétation alpine, *Salix herbacea*, variations climatiques, protocole de suivi

Seguimiento de vegetaciones en los neveros alpinos de los Pirineos

RESUMEN

Según varios autores, la vegetación alpina es particularmente sensible a los cambios ambientales, sobre todo por el hecho de su dependencia de características pedo-climáticas muy específicas. Las comunidades vegetales alpinas de neveros, con una flora muy específica, serían por ello particularmente sensibles a las variaciones climáticas. Por eso, pueden ser consideradas como un modelo de comunidad vegetal para la observación del impacto de las variaciones climáticas sobre la vegetación alpina.

Por lo tanto, en 2012 con la ayuda de fondos POCTEFA, el OPCC ha financiado el proyecto de seguimiento de los neveros acidófilos del Pirineo. El objetivo de ese proyecto (periodo 2012-2013) es la elaboración de un protocolo de seguimiento y su aplicación en 14 neveros de toda la cordillera pirenaica, protocolo que se presenta en esta publicación.

Palabras clave: neveros, vegetación alpina, *Salix herbacea*, variaciones climáticas, protocolo de seguimiento

Monitoring of vegetation of alpin snowbeds in the Pyrenees

SUMMARY

According to different authors, alpine vegetation appears to be particularly sensitive to environmental changes, especially because of this subjection to very specific soil and climatic conditions. Alpine snowbed communities, with their specific flora, would be particularly sensitive to climate variations. Consequently, they can be taken as a model of plant community for the monitoring of the impact of climate changes on alpine vegetation.

Therefore, in 2012 with the financial help of POCTEFA, the OPCC provided funding for the monitoring program of acidophilus Pyrenean snowbeds. The aim of this program (2012-2013) consists in the definition of a monitoring protocol and its implementation in 14 snowbeds, distributed throughout the Pyrenean chain; protocol which is here presented.

Key words: snowbeds, alpine vegetation, *Salix herbacea*, climate variations, monitoring protocol

I. Introduction – Justification

Selon différents auteurs, la végétation alpine est particulièrement sensible aux changements environnementaux et répond aux variations climatiques comme le réchauffement (THULLER *et al.* 2005). Les communautés végétales alpines des combes à neige, avec une flore très spécifique, seraient ainsi particulièrement sensibles aux changements climatiques (HEEGAARD & VANDVIK 2004) du fait de conditions pédoclimatiques spécifiques (BRAUN-BLANQUET 1948). La diversité floristique des combes à neige, même faible, contribue de forme exclusive à la biodiversité globale des zones de montagne.

Selon les prédictions de l'IPCC (IPCC 2007), la température moyenne de la planète augmenterait entre 1,4 et 5,8°C au cours de la période 1990-2100. Pour les Pyrénées, selon l'Instituto Nacional de Meteorologia (AEMET 2008), la température moyenne augmenterait de 4,5 à 5°C en 2100, surtout pour les périodes hivernales. Si ces scénarios hypothétiques se réalisaient, les combes à neige, sont probablement l'habitat alpin où les conditions méso-climatiques changeront le plus rapidement (GRABHER 2003). Un des principaux scénarios de réchauffement climatique pour les combes à neige prévoit une fonte des neiges plus précoce, qui exposerait la végétation à des changements brusques des températures atmosphériques et possiblement à une dessiccation plus importante du sol en période estivale. La fonte de la neige et l'augmentation des températures du sol contribueraient à l'évolution du milieu, sur le plan écologique, qui pourrait alors être occupé par d'autres espèces moins spécialistes et plus opportunistes. À l'inverse une augmentation de la durée moyenne d'enneigement ou de gel aurait pour conséquence de raccourcir la période de végétation déjà très contrainte sur ce paramètre et en modifier la composition ou la structure. En outre, les végétations de combes à neige, essentiellement vivaces, sont adaptées pour intégrer des variations climatiques inter-annuelles très importantes et donc à réagir plutôt à des tendances sur un plus long terme. Cependant, il n'y a pas de prédiction claire et avérée quant au futur des habitats de combes à neige (DOMÈNECH 2009, ILLA *et al.* 2011). L'étude des préférences écologiques des espèces, leur relation interspécifique et leur relation avec le milieu physique sont nécessaires pour pouvoir prédire les évolutions.

Par conséquent, les combes à neige peuvent être considérées comme un modèle de communauté végétale pour l'étude et les prédictions des effets du changement climatique global sur la végétation alpine (BJÖRK & MOLAU 2007, SCHÖB *et al.* 2009).

Dans les combes à neige pyrénéennes se développent des plantes du *Salicion herbaceae* Br.-Bl. 1948, où *Sibbaldia procumbens* L., *Gnaphalium supinum* L., *Salix herbacea* L., *Cardamine bellidifolia* subsp. *alpina* (Willd.) B.M.G.Jones, *Cerastium cerastoides* (L.) Britton, *Veronica alpina* L. et *Carex pyrenaica* Wahlenb. sont les plantes les plus communes dans les types acidiphiles. Les types de végétation varient selon la durée d'enneigement (LLUENT 2007, CORRIOL 2009). L'écologie de la plupart de ces espèces est très peu connue dans les Pyrénées, contrairement aux Alpes ou aux pays scandinaves.

Salix herbacea est une des rares espèces de chaméphytes, avec *S. retusa* L. et *S. reticulata* L., présente dans les combes à neige pyrénéennes. C'est également une des espèces les mieux connues de ces habitats (WILK 1986). Cette étude nous permettra d'approfondir nos connaissances sur la dynamique de la plante en relation avec les variations du climat. L'utilisation de l'évolution potentielle des populations de *S. herbacea* pour évaluer les effets du climat est renforcée par le fait que la plante se situe dans des zones de faibles influences anthropiques, où les modifications d'utilisation des espaces n'ont quasiment aucun effet sur la communauté contrairement aux perturbations induites par le changement climatique.

II. Objectifs

L'objectif final de cette étude est de mettre en place un dispositif de suivi permanent et pertinent pour se donner les moyens d'observer d'éventuelles évolutions dans l'expression des végétations de combes à neige pyrénéennes en fonction des variations du climat. Les sous-objectifs de cette étude sont :

- suivre la composition floristique des habitats de combes à neige et des populations de *S. herbacea* sur toute la chaîne pyrénéenne (suivi des populations).
- Augmenter les connaissances quant à l'écologie de *S. herbacea* face aux changements de conditions dans les combes à neige (date de déneigement, température et hygrométrie du sol...) dans l'ensemble Pyrénées.

L'étude initiée avec ce projet devrait se poursuivre au-delà pendant au moins une dizaine d'années environ, afin de disposer d'une série de données suffisante pour aborder les effets d'un changement climatique. Elle est menée dans le cadre de l'Observatoire pyrénéen du changement climatique (OPCC) animé par la Communauté de travail des Pyrénées. Le financement est apporté par l'Union européenne (Fonds FEDER POCTEFA), de l'État (France, FNADT Massif des Pyrénées) et la Région Midi-Pyrénées (actuellement Région Occitanie / Pyrénées Méditerranée) et l'ensemble des partenaires. Les structures participant à ce travail sont le Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées (CBNPMP), le Centre d'Estudis de la Neu y de la Muntanya d'Andorra (actuellement Andorre Recerca + Innovación), l'Universitat de Barcelona, le Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles, l'Instituto Pirenaico de Ecología, ainsi que Nature Midi-Pyrénées (actuellement Nature en Occitanie), l'Office national des forêts, le Parc national des Pyrénées.

III. Sélection des combes à neige

L'étude se base sur le suivi de végétation de combe à neige de la classe des *Salicetea herbaceae*. Afin de faciliter l'analyse et les comparaisons, seules sont retenues les combes à neige sur substrat acide, relevant du *Salicion herbaceae*, présentant une population de *Salix herbacea*.

L'échantillonnage se base sur 14 sites de la chaîne pyrénéenne (Fig. 1), répartis de la façon suivante :

- Deux dans les Pyrénées orientales françaises, suivis par le CBN méditerranéen au vallon de Planès et proche du Pas-de-la-Case (Pyrénées-Orientales).
- Six dans les Pyrénées centro-occidentales françaises, de

l'Ariège aux Pyrénées-Atlantiques :

- Un suivi par l'Université de Barcelone, au Creussans (Ariège).
- Un suivi par l'Office national des forêts, dans le secteur du mont Valier (Ariège).
- Un suivi par Nature Midi-Pyrénées, au plateau du Portillon.
- Un suivi par le CBNPMP, au pic du Midi de Bigorre (Hautes-Pyrénées).
- Deux suivis par le Parc national des Pyrénées, en vallées de Cauterets (Hautes-Pyrénées) et d'Ossau (Pyrénées-Atlantiques).
- Six dans les Pyrénées espagnoles et andorranes.
- Un suivi par l'Université de Barcelone dans les Pyrénées orientales catalanes, à Ulldeter (Ripollès).
- Deux suivis par le CENMA dans les Pyrénées andorranes.
- Un suivi par l'Université de Barcelone dans les Pyrénées centrales catalanes, à Ratera (Parc Nacional d'Aigüestortes i Estany de Sant Maurici).
- Deux suivis par l'Institut Pyrénéen d'Écologie, dans les Pyrénées aragonaises.

IV. Caractérisation initiale des sites de suivi

1. Caractérisation phytosociologique

Une description phytosociologique exhaustive de toutes les associations végétales en contact avec la végétation du

Salicion herbaceae, est réalisée lors de la mise en place du suivi. Le but est de connaître le contexte phytosociologique global de la combe à neige. Cette première observation visera la période optimale d'expression de la végétation et pourra être affinée lors des visites suivantes.

La description des différentes unités de végétations nécessite certaines compétences pour en distinguer les limites. En effet la caractérisation des unités de végétations (syntaxons) demande à une homogénéité floristique, stationnelle et fonctionnelle (Fig. 2).

2. Caractérisation topographique

Une caractérisation de la combe à neige avec les variables environnementales les plus importantes est réalisée : altitude, pente, orientation, microtopographie (concavité, convexité, zone plane), si possible la hauteur de neige.

Une autre caractéristique topographique très importante, est à considérer pour chaque combe à neige : le gradient d'enneigement. Il sera déterminé pour chaque combe à neige avec la prise de photos à intervalles courts et réguliers lors de la première année ou bien au travers des relevés de températures enregistrées (iButton) le long de ce gradient, défini a priori.

Le but est d'observer le retrait de la neige à l'intérieur de la combe et de définir des zones à retrait rapide (fonte précoce) jusqu'à des zones de retrait lent (fonte tardive). L'identification

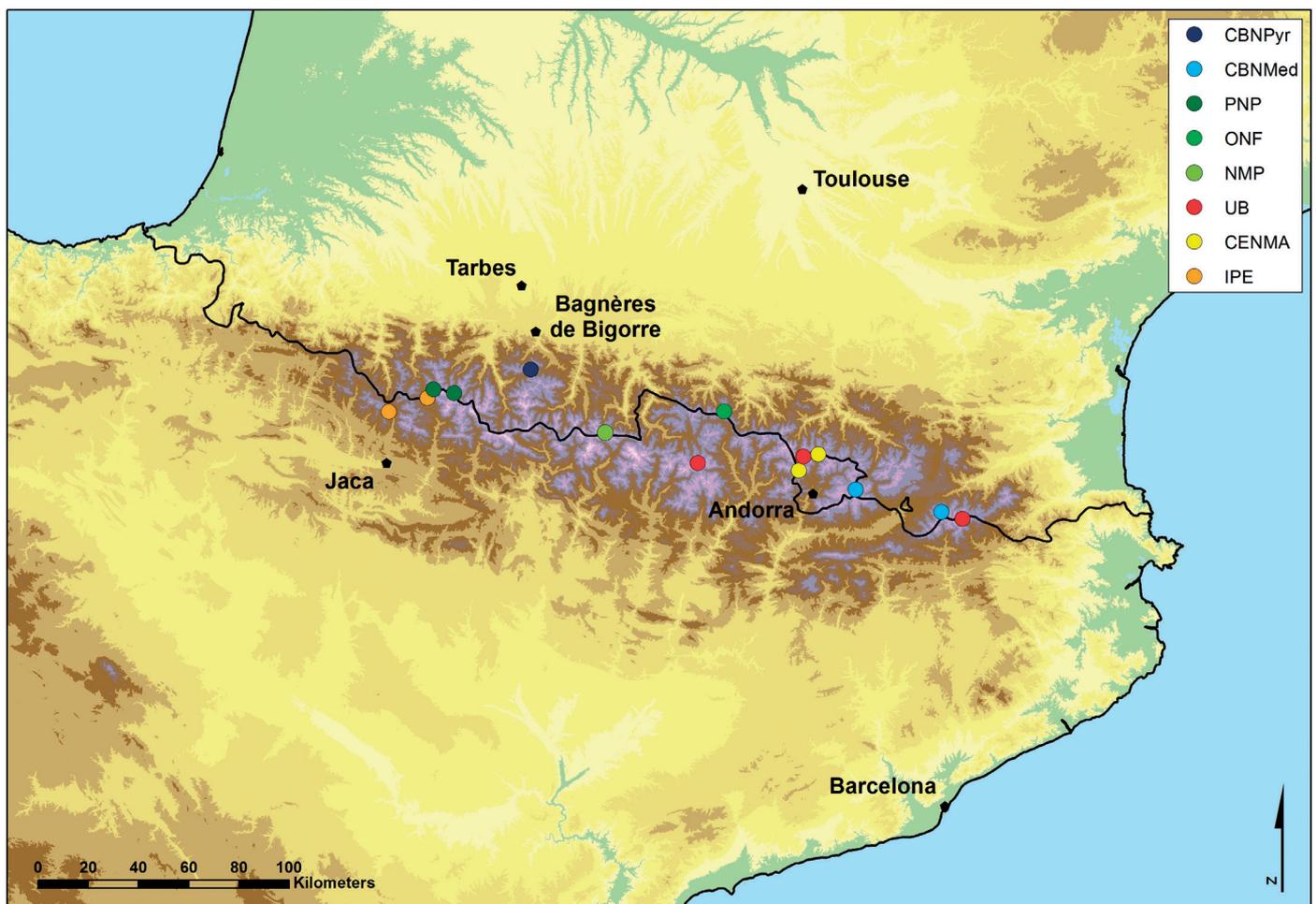


Fig. 1. Localisation des différents sites retenus, combes à neige alpines identifiées par leur type de végétation (cf. CORRIOL 2009).



Fig. 2. Site de suivi au pic du Midi de Bigorre, suivi par le CBNPMP.

de l'orientation de ce gradient peut se faire sur plusieurs années. En Andorre par exemple, il y a cinq semaines d'écart entre la fonte de la neige sur le haut et le bas de la combe et trois zones ont pu être clairement définies.

V. Méthodologie de suivi

Le suivi est réalisé sur des placettes permanentes qui doivent correspondre à des zones contenant, au moins, une association du *Salicion herbaceae* avec présence de *Salix herbacea*. De manière générale les placettes sont établies à chaque extrémité du gradient d'enneigement et une ou plusieurs placettes intermédiaires (Fig. 3). Le nombre de placettes par station peut varier entre trois et cinq. Chaque placette a une superficie de 3 x 1 m, et dans le cas de combes à neige de très petites tailles, elles peuvent être contiguës. Elles sont disposées le long du gradient d'enneigement, Chaque placette est subdivisée en carrés de 0,5 x 0,5 m.

1. Les mesures annuelles

Elles sont réalisées lors des quatre visites annuelles programmées sur chaque site en commençant après la fonte des neiges et en terminant à la fin de la période végétative (Tab. 1 et Fig. 3) :

1.1 Contrôle du recouvrement neigeux de la population par la prise de photos ou par mesures avec un enregistreur de température iButton disposé le long du gradient.

1.2 Mesure de la température durant la période végétative (degré-jours). La date de disparition de la neige est déterminée grâce à l'enregistreur de température.

1.3 Suivi phénologique de *Salix herbacea* sur chaque maille de 0,5 x 0,5 m les différents stades phénologiques suivants sont notés à chaque visite : (1) première feuille verte / début de croissance végétative ; (2) plantes entièrement verte ; (3) floraison ; (4) fructification ; (5) dispersion de la diaspore/perte du fruit ; (6) sénescence. Les codes 4 et 5 sont sans objet pour les individus mâles. Les codes 3, 4, et 5 peuvent être combinés avec le code 2. Le code 2, peut être aussi utilisé en fin de saison tant qu'aucune sénescence n'a été observée. Au cours d'une visite, deux stades phénologiques peuvent être présents

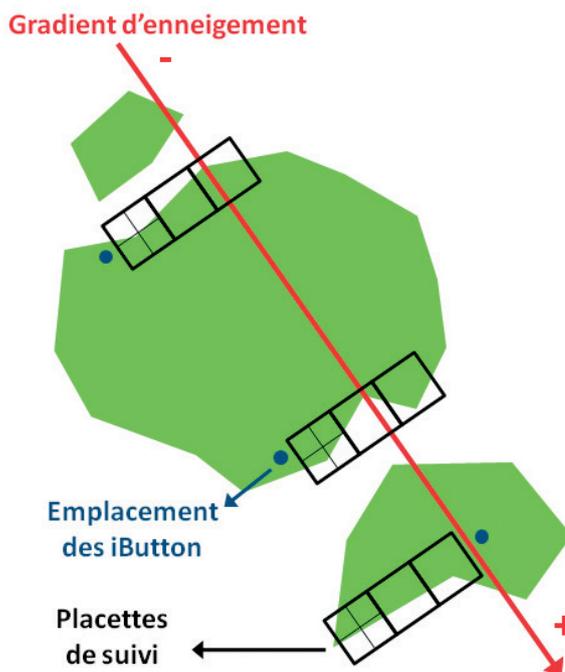


Fig. 3. Dispositif du suivi phénologique et de l'expression des communautés végétales (en vert, communautés à *Salix herbacea*) le long du gradient d'enneigement. Le suivi se décompose pour chaque site en observations annuelles (1) et observations à moyen terme (2).

à l'intérieur d'un même carré, dans ce cas il faut relever le stade phénologique le plus avancé et le stade phénologique le plus abondant.

1.4 Suivi phénologique des bryophytes : seule la présence de capsules ou non est notée, pour uniquement les taxons suivants *Polytrichum sexangulare* (Flörke ex Brid.) G.L.Sm., *Polytrichum piliferum* Hedw., *Polytrichum juniperinum*.

1.5 Suivi phénologique des taxons du *Salicion herbaceae* réalisé selon le calendrier défini dans le tableau 1.

2. Les mesures à moyen terme

Elles sont réalisées lors de l'état initial puis tous les cinq ans.

2.1. Suivi de la composition floristique des placettes permanentes sur chaque maille de 0,5 x 0,5 m ; par le relevé de toutes les plantes vasculaires présentes avec attribution du coefficient d'abondance/dominance (GUINOCHET 1973).

Pour les bryophytes, seule est notée la présence/absence de chaque espèce par carré de 0,5 x 0,5 m quelque soit la méthode utilisée.

2.2 Répétition des relevés phytosociologique réalisés la première année lors de la caractérisation de la combe à neige.

Dans le cas des combes à neige recouvrant des surfaces importantes, le dispositif de placette permanente pourra être complétée par la réalisation d'un transect de végétation le long du gradient d'enneigement. La longueur du transect varie en

Périodes	Mai/Juin	1 ^{er} passage	2 nd passage	3 ^e passage	4 ^e passage (facultatif)
Recouvrement neigeux	Prise de photo (si possible)	Prise de photo	Prise de photo	Prise de photo	Prise de photo
Température		Pose des iButton pour la première année			Récupération et pose des iButton
Phases phénologiques		Détermination de la phase phénologique	Détermination de la phase phénologique	Détermination de la phase phénologique	Détermination de la phase phénologique

Tab. I. Calendrier des mesures annuelles.

fonction de la taille de la combe à neige mais devrait être au minimum de 10 m et au maximum de 50 m.

Le protocole pourra évoluer en fonction des problèmes rencontrés et être adapté avec logique à chaque combe à neige. Des mesures ponctuelles annuelles pourront être ajoutées au fur à mesure de l'avance de l'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). 2008. – *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 157 pp.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1948. – *La végétation alpine des Pyrénées orientales*. Monografía de la estación de estudios pirenaicos y del Instituto español de edafología, ecología y fisiología vegetal, Barcelona, 306 pp.
- BJÖRK, R.G., & U. MOLAU. 2007. – Ecology of alpine snowbeds and the impact of global change. *Arctic Antarctic and Alpine Research*, 39: 34 - 43.
- CORRIOL, G. 2009. – Essai de clé typologique des groupements végétaux de Midi-Pyrénées et des Pyrénées françaises. II. Pelouses arctico-alpines des crêtes calcaires ventées et des combes à neige (*Carici rupestris-Kobresietea* et *Salicetea herbacea*). *Isatis*, 9 : 163-176.
- DOMÈNECH, M. 2009. – *Inventari, cartografia i tipologia de les congestes d'Andorra i estudi de la seva flora*. Treball de Màster. Centre d'Estudis de la Neu i la Muntanya d'Andorra, Andorra, 56 pp.
- GRABHERR, G. 2003. – Alpine vegetation dynamics and climate change - a synthesis of long-term studies and observations. In: L. Nagy, G. Grabherr, C. Körner, D.B.A. Thompson (eds) *Alpine Biodiversity in Europe*. Ecological Studies, vol. 167. Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-18967-8-24>.
- GUINOCHE, M. 1973. – *Phytosociologie*. Masson, Paris, 227 pp.
- HEEGAARD, E. & V. VANDVIK. 2004. – Climate change affects the outcome of competitive interactions – an application of principal response curves. *Oecologia*, 139: 459 - 466.
- ILLA, E., A. LLUENT & E. CARRILLO. 2011. – Gradient tèrmic i canvis de vegetació en congestes pirenaïques. In: *Actes del Colloqui de Botànica pirenaico-cantàbrica*, Ordino, Andorra, 209-216.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. – *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneve, 104 pp.
- LLUENT, A. 2007. – *Estudi de l'estructura i funcionament de les comunitats quionòfiles als Pirineus en relació a la variació dels factors ambientals*. Tesis doctoral inèdita. Universitat de Barcelona, Barcelona, 244 pp.
- SCHÖB, C., P. KAMMER, P. CHOLER & H. VEIT. 2009. – Small-scale plant species distribution in snowbeds and its sensibility to climate Change. *Plant Ecology*, 200: 91-104.
- THUILLER, W., S. LAVOREL, M.B. ARAÚJO, M.T. SYKES & C. PRENTICE. 2005. – Climate change treats to plant diversity in Europe. *Proceedings of Natural Academy of Sciences*, 23: 8245-8250.
- WIJK, S. 1986. – Performance of *Salix herbacea* in an alpine snowbed gradient. *Journal of Ecology*, 74: 675-684.