

RECONSTRUCTION DENDROCLIMATIQUE DES TEMPÉRATURES ET PRÉCIPITATIONS DANS LES CARPATES MÉRIDIONALES

HOLOBĂCĂ I.H. ⁽¹⁾, POP O. ⁽¹⁾, MARINICĂ I. ⁽²⁾, PETREA D. ⁽¹⁾

(1) Université Babeş – Bolyai, 5-7 Clinicilor, Cluj-Napoca, Cluj, Roumanie [holobaca@geografie.ubbcluj.ro, olimpiu_p@yahoo.com, dpetrea@geografie.ubbcluj.ro]

(2) Centre Régionale de Prognose "Oltenia", Craiova, Roumanie [ionmarinica@yahoo.com]

Résumé – Dans cette étude, nous avons utilisé une approche dendrochronologique pour la reconstruction des températures et des quantités de précipitations. Nous analysons cinq chronologies moyennes des épaisseurs des cernes d'épicéa (*Picea abies*) provenant des Carpates Méridionales (Roumanie). Les données climatiques utilisées sont les précipitations mensuelles et les températures moyennes mensuelles, provenant de six stations météorologiques. L'investigation dendrochronologique montre l'existence d'un signal climatique plutôt moyen dans la succession des cernes. La relation cerne-climat, calculée en utilisant la méthode bootstrap, indique une action positive des températures d'hiver et des précipitations de la fin d'automne pour la croissance des cernes. Pour ces périodes ont été réalisées les reconstitutions dendroclimatique utilisant des modèles linéaires.

Mots-clés : dendroclimatologie, épicéa, reconstruction du climat, Carpates Méridionales.

Abstract – *Dendroclimatic Reconstruction of Temperatures and Precipitations in Southern Carpathians.* In this study, a dendrochronological approach is used in temperature and precipitation reconstruction. Five Norway spruce (*Picea abies*) tree-ring width chronologies from Southern Carpathians were analysed. The monthly average temperatures and precipitations from six weather stations were employed in this dendroclimatic reconstruction. The dendrochronological investigation shows an average climatic signal in our tree-ring chronologies. The relation between tree-ring width and climate, calculated using a bootstrap method, indicates a positive effect of winter temperature and late autumn precipitations in tree ring formation. The linear models were built, in order to reconstruct temperature and precipitation during the analysis period.

Keywords : dendroclimatology, Norway spruce, climate reconstruction, Southern Carpathians.

Introduction

La méthode dendrochronologique a déjà des résultats remarquables dans la reconstruction des paléoenvironnements (Schweingruber, 1985). La dendroclimatologie, une branche de la dendrochronologie, analyse l'influence du climat sur la croissance annuelle des cernes. Cette influence est détectable dans la variation de croissance des cernes des arbres et permet la reconstruction des paramètres climatiques pour des périodes sans observations instrumentales (Fritts, 1976 ; Cook and Kairiukstis, 1990).

L'épicéa est le conifère le plus répandu dans les Carpates Méridionales. Il forme des forêts pures ou mélangées avec du sapin (*Abies alba*). La présence des forêts vierges protégées dans des réserves naturelles dans tous les massifs qui forment la chaîne montagneuse offre un grand potentiel dendrochronologique.

Malgré le grand potentiel, les séries chronologiques qui proviennent de Carpates ne sont pas nombreuses et les analyses couvrent des sites isolés (Popa et Kern, 2009). Dans cette étude nous présentons les résultats préliminaires d'une étude régionale qui couvre toute la chaîne montagneuse.

1. Données et méthodes

La région d'étude, nommée parfois à cause de son caractère alpin « Les Alpes de Transylvanie », se superpose sur la plus haute et massive chaîne des Carpates Roumaines. Elle est composée des massifs montagneux séparés par des vallées transversales et elle a une orientation générale est-ouest. Dans tous les massifs l'altitude dépasse 2.500 m. L'altitude maximale (pic de Moldoveanu 2.548 m) est atteinte dans la partie centrale.

Le prélèvement a été effectué par carottages en cinq sites situés près de la limite supérieure de la forêt (ici à environ 1600 m) (Figure 1 et Table 1). Pour chaque site ont été échantillonnés 20 – 25 arbres dominants. Au niveau de chaque arbre a été utilisée la tarière de

Pressler pour extraire 2 carottes à environ 1,30 m au-dessus du sol. Les données climatiques utilisées sont les précipitations mensuelles et les températures moyennes mensuelles d'une période de 50 ans (1961-2010), provenant de six stations météorologiques (Figure 1 et Table 1).

Les carottes ont été préparées pour l'analyse de laboratoire (fixées dans des supports de bois, séchées, sablées etc.) et puis mesurées. La mesure d'épaisseur des cernes a été réalisée en utilisant une table LINTAB 5, connectée à un stéréo microscope Leica, en utilisant le logiciel TSAP-Win Professional (Rinntech, 2005). La précision a été de 0.001 mm.

Le contrôle de qualité et l'interdatation des données dendrochronologiques ont été réalisés avec le logiciel COFECHA (Holmes, 1983). Les séries de temps qui correspondent à chaque carotte ont été transformées et chaque série transformée a été testée contre le master, segment par segment. Les segments successifs ont eu une superposition de 50%.

La standardisation des cernes et l'enlèvement de la tendance de croissance naturelle ont été réalisés en utilisant le logiciel ARSTAN (Cook and Krusic, 2007). Les séries chronologiques obtenues ont été calculées en utilisant une moyenne robuste bi-pondérée. Dans cette étude nous avons fait appel aux séries résiduelles (RES).

Quelques méthodes de standardisation (Regional Curve Standardization (RCS), General Negative Exponential Curve (GNEC), Spline 32, 50%, Hegersoff Growth Curve) ont été testées. Les meilleurs coefficients de corrélation entre les séries chronologiques et les paramètres climatiques ont été obtenus avec la méthode Hegersoff Growth Curve. Cette méthode a été utilisée dans notre approche.

Les reconstructions dendroclimatiques ont été faites en deux étapes. D'abord nous avons analysé les relations entre la structure des indices de cernes (les séries chronologiques résiduelles) et les séries de temps climatiques à l'aide du logiciel DendroClim. Puis, nous avons estimé les fonctions de transfert à l'aide d'une analyse de régression.

Le module « Régression » du logiciel SPSS a été utilisé pour cette analyse. Nous avons fait appel aux Modèles de Régression Linéaire Générales (GRLM) avec une procédure stepwise qui a retenu les prédicteurs qui ont dépassé le seuil de signifiante statistique de 0.005.

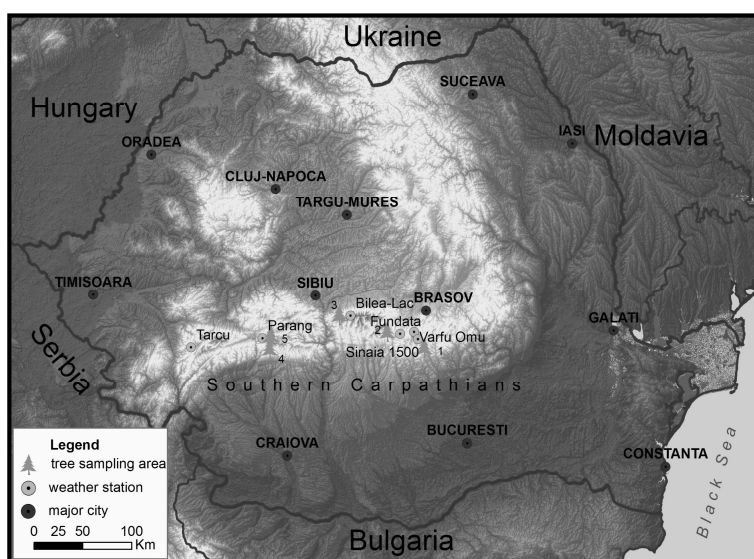


Figure 1. Position géographique de sites d'échantillonnage des arbres et des stations météorologiques

2. Résultats

2.1. Caractéristiques générales de séries chronologiques

Les caractéristiques statistiques de nos séries chronologiques (Tableau 1) montrent l'existence d'un signal climatique plutôt moyen dans la succession des cernes. Le coefficient de Sensibilité Moyenne (S) de 5 chronologies des données brutes varie de 0,15 à 0,18, avec une valeur moyenne de 0,17. Ces valeurs de (S) sont comparables à celles qui ont été calculées pour d'autres conifères en Roumanie et qui poussent dans la même zone de végétation dans les Carpates Méridionales (e.g. Popa et Cheval, 2007 pour le sapin (*Abies alba*)).

Tableau 1. Les caractéristiques de séries chronologiques

Séries	Arbres (no.)	Carottes (no.)	Sensitivité moyenne (S)	Période (ans)	Corrélation (R)
1 Bucegi E	25	50	0,174	111	0,537
2 Piatra Craiului SE	20	40	0,189	133	0,477
3 Făgăraș E	23	46	0,163	256	0,523
4 Parâng NE	22	44	0,186	185	0,570
5 Parâng O	26	52	0,155	125	0,543

Une autre méthode qui est utilisée fréquemment dans l'analyse de l'intensité du signal climatique présent dans la structure de cernes est l'Analyse en Composantes Principales (ACP). Dans notre analyse, le premier axe principal traduit 60,6% de la variance totale. Il est généralement accepté le fait que ce pourcentage, qui exprime la variation interannuelle commune des épaisseurs des cernes, indique d'une manière quantitative l'action des facteurs climatiques sur la croissance radiale d'arbres.

2.2. Les relations entre les séries chronologiques et les paramètres climatiques

La Figure 2 présente les résultats de l'analyse d'estimation de la fonction de réponse climatique présente dans la structure d'épaisseur des cernes. Nous avons identifié une caractéristique régionale pour la température. Toutes les séries chronologiques ont eu une réponse positive pendant la saison froide. Elle a été la plus évidente pour la série Parâng NE (Figure 2a). La réponse d'hiver de la croissance des cernes pour l'épicéa est une caractéristique qui peut être observée pour les hautes altitudes dans les Carpates (Popa et Cheval, 2007 ; Opala et Mendecki, 2013) et dans les Alpes (Rolland *et al.*, 1999). L'explication la plus raisonnable est le retard de la croissance de cerne après les hivers rigoureux.

On remarque aussi, pour trois séries des cinq, une réponse négative pendant le mois d'août. Cette corrélation négative entre la température et la croissance des cernes peut être expliquée plutôt par l'action de la sécheresse, qui accompagne les fins d'été chaudes.

La relation entre les quantités de précipitations et la croissance des cernes est différente d'une série à l'autre. Les précipitations d'été sont importantes pour les séries de Parâng. Dans le massif de Bucegi, les corrélations sont statistiquement significatives pour les mois de février et mars. On remarque une forte corrélation positive pendant le mois d'août en Făgăraș. Mais, la réponse saisonnière la plus cohérente a été observée en Piatra Craiului (Figure 2b). Ici les quantités de précipitations du début de saison froide de l'année antérieure (OND) sont

corrélées avec la structure multi annuelle des cernes ayant une signifiante statistique qui dépasse 95%. Dans le climat tempéré continental, où le maximum des précipitations se produit pendant la fin du printemps et le début d'été, les précipitations d'automne sont vitales pour la recharge de la réserve d'eau dans le sol. Les sécheresses dans l'année antérieure sont corrélées avec une croissance réduite des cernes. Des réponses climatiques similaires ont été observées dans les Carpates (Popa et Cheval, 2007) et dans les Alpes (Desplanque *et al.*, 1998).

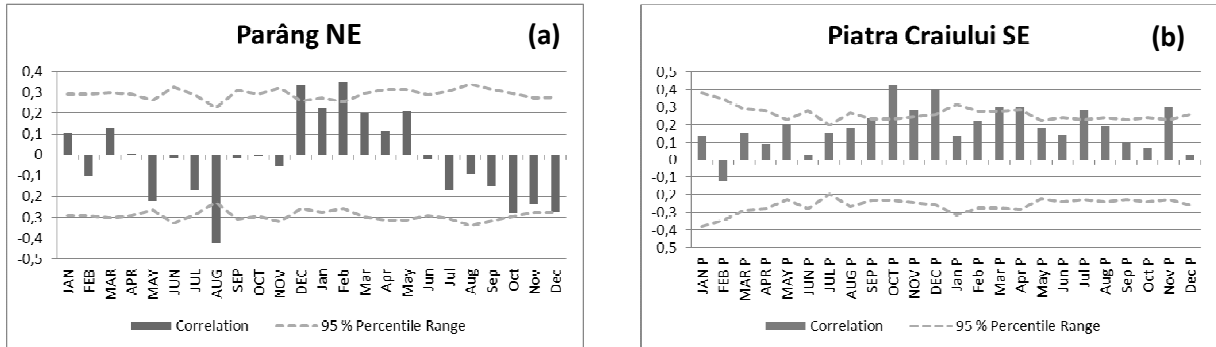


Figure 2. Les valeurs des corrélations pour : (a) températures (à T-1 et T) et (b) précipitations (à T-1 et T)

2.3. Reconstruction dendroclimatique des températures et précipitations

Les séries qui ont eu le plus grand potentiel pour des reconstructions dendroclimatiques ont été Parâng NE (Figure 3a) pour les températures et Piatra Craiului SE pour les précipitations (Figure 3b). Après une estimation d'un modèle général de régression et un algorithme stepwise nous avons obtenu les fonctions de transfert suivantes :

$$T_{DJF} = 6,3694 * I_T + 10,566 \quad (1)$$

$$P_{OND} = 572,91 * I_T + 393,54 \quad (2)$$

ou :

T_{DJF} – température d'hiver à la station météorologique Parâng ;

P_{OND} – précipitations d'octobre jusqu'au mois de décembre à la station météorologique Vârful Omu;

I_T – valeur d'indice de croissance résiduel (RES) de la saison actuelle.

On remarque que les valeurs observées ont un écart de variation plus grand que les valeurs modelées. Le modèle ne garde pas la variation à haute fréquence (annuelle). D'ailleurs les coefficients de corrélation entre les valeurs observées et les valeurs modelées sont statistiquement significatives, mais modestes (0,46 pour la température et 0,48 pour les précipitations).

La standardisation des cernes et l'enlèvement de la tendance de croissance naturelle peuvent expliquer l'amplitude réduite de variation dans les valeurs modelées. Aussi, la variation commune modeste entre la structure des cernes et les paramètres climatiques analysés est due à la sensibilité dendroclimatique moyenne d'épicéa.

Par contre, la variation à moyenne fréquence (décadale) est très bien gardée dans les valeurs modelées. Si on compare la courbe des valeurs modelées avec celle de la moyenne glissante à 11 termes on observe que les périodes chaudes/humides et froides/sèches sont bien visibles.

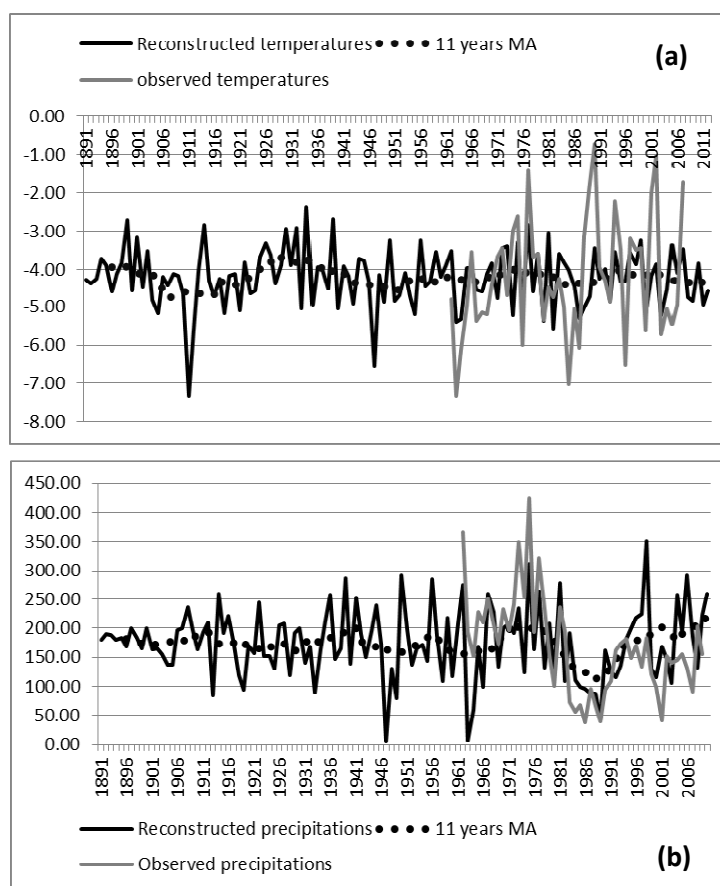


Figure 3. Reconstructions dendroclimatiques de : (a) températures d'hiver (DJF) en Parâng et (b) précipitations (OND) en Piatra Craiului ; ligne gri foncée – valeurs modelées, ligne gri claire – valeurs observées, ligne interrompue – moyenne glissante à 11 termes.

Conclusion

Cette étude est la première approche dendroclimatologique régionale dans les Carpates Méridionales. La caractéristique commune principale est la corrélation positive et statistiquement significative de la croissance des cernes avec les températures d'hiver.

Pour les précipitations la réponse de la croissance des cernes est moins nette, mais a permis une reconstruction pour la fin d'automne et le début d'hiver (OND).

En ce qui concerne les reconstructions, on remarque que même si la variation à haute fréquence n'est pas gardée dans les valeurs modelées, les résultats obtenus sont utiles pour l'analyse de la variation décennale des températures et des précipitations pendant la saison froide dans les Carpates Méridionales.

Références bibliographiques

Cook E.R., Kairiukstis L.A. (eds.), 1990 : *Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences*. Kluwer, 394 p.

Cook E.R., Krusic P.J., 2007 : *ARSTAN – a Tree-Ring Standardization Program Based on Detrending and Autoregressive Time Series Modeling, with Interactive Graphics*. Tree-Ring Laboratory, Lamont Doherty Earth Observatory of Columbia University, 54 p.

Desplanque C., Rolland C., Michalet R., 1998: Dendroécologie comparée du sapin blanc (*Abies alba*) et de l'épicéa commun (*Picea abies*) dans une vallée alpine de France. *Can. J. For. Res.*, **28**, 737-748.

Fritts H.C., 1976 : *Tree-rings and climate*. Academic Press, 567 p.

Holmes R.L., 1983 : Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree Ring Bulletin*, **43**, 69-75.

Opała M., Mendecki M. J., 2013 : An attempt to dendroclimatic reconstruction of winter temperature based on multispecies tree-ring widths and extreme years chronologies (example of Upper Silesia, Southern Poland), *Theoretical and Applied Climatology*, **115**, 73-89.

Popa I., Cheval S., 2007 : Early winter temperature reconstruction of Sinaia Area (Romania) derived from tree-rings of silver fir (*Abies Alba* Mill.). *Romanian Journal of Meteorology*, **9** (1-2), 47-54.

Popa I., Kern Z., 2009 : Long-term temperature reconstruction inferred from tree-ring records from the Eastern Carpathians. *Climate Dynamics*, **32**, 1107-1117.

Rolland C., Michalet R., Desplanque C., Petetin A., Aimé S., 1999 : Ecological requirements of *Abies alba* in the French Alps derived from dendro-ecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, **10**, 297-306.

Schweingruber F.H., 1985 : Dendroecological zones in the coniferous forests of Europe. *Dendrochronologia*, **3**, 67-75.