

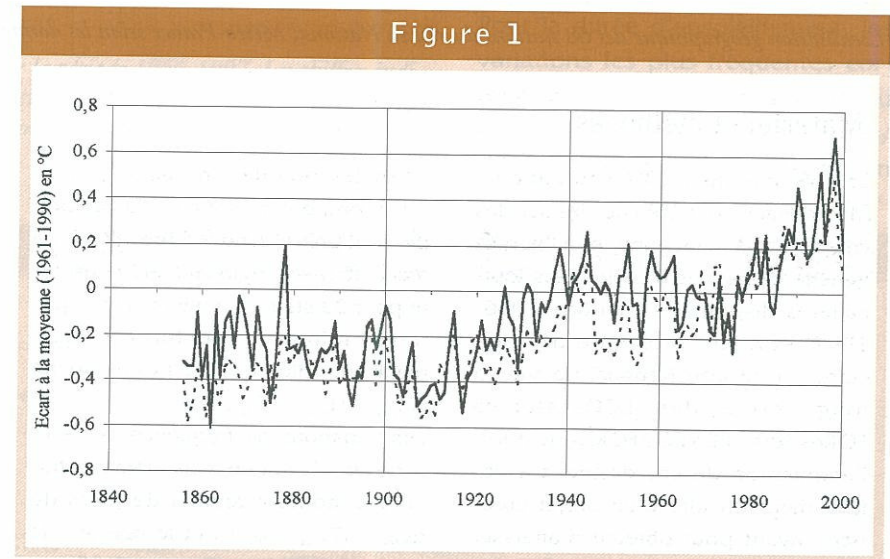
Variations climatiques en France : + 1,2 °C depuis 40 ans...

François Lebourgeois*, André Granier**, Nathalie Bréda*** (1)

Depuis 40 ans, le réchauffement a été important... Pour tenter d'appréhender les tendances climatiques futures, cet article présente et analyse les variations constatées de 1956 à 1997 sur 68 stations du Réseau National Météo-France (températures, précipitation, ensoleillement).

L'analyse des changements climatiques au cours du XX^e siècle est devenue une des préoccupations environnementales majeures. À partir de l'analyse des données récoltées sur les différents réseaux météorologiques mondiaux, de nombreux auteurs ont montré que le régime des précipitations a changé dans différentes régions (Diaz *et al.* 1989) et que la température moyenne du globe a augmenté de 0,3 à 0,6 °C au cours des dernières décennies (Figure 1) (Easterling *et al.* 1997). Les modèles climatiques indiquant que, sous l'action de l'augmentation de la quantité des gaz à effets de serre (CO₂ atmosphérique notamment), la température moyenne à la surface de la planète devrait encore augmenter de plusieurs degrés (Déqué *et al.* 1998), on peut s'attendre à ce que le climat change encore bien davantage au XXI^e siècle.

En 1999, les deux ouragans de fin décembre qui ont dévasté de grandes surfaces de la forêt française, renversant d'un seul coup des volumes de bois équivalant à plusieurs années d'exploitation et, plus récemment, les fortes pluies et les



*Évolution entre 1856 et 2000 de l'écart à la moyenne (1961-1990) de la température moyenne annuelle de l'air pour l'atmosphère Nord (trait continu) et l'hémisphère Sud (trait pointillé). Les données proviennent d'observations terrestres et maritimes (Jones *et al.* 1999). Les données de P. Jones sont disponibles au Climatic Research Unit à l'adresse électronique suivante : <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>*

inondations de l'hiver 2000-2001 ont relancé le débat sur le changement climatique et sur ses répercussions.

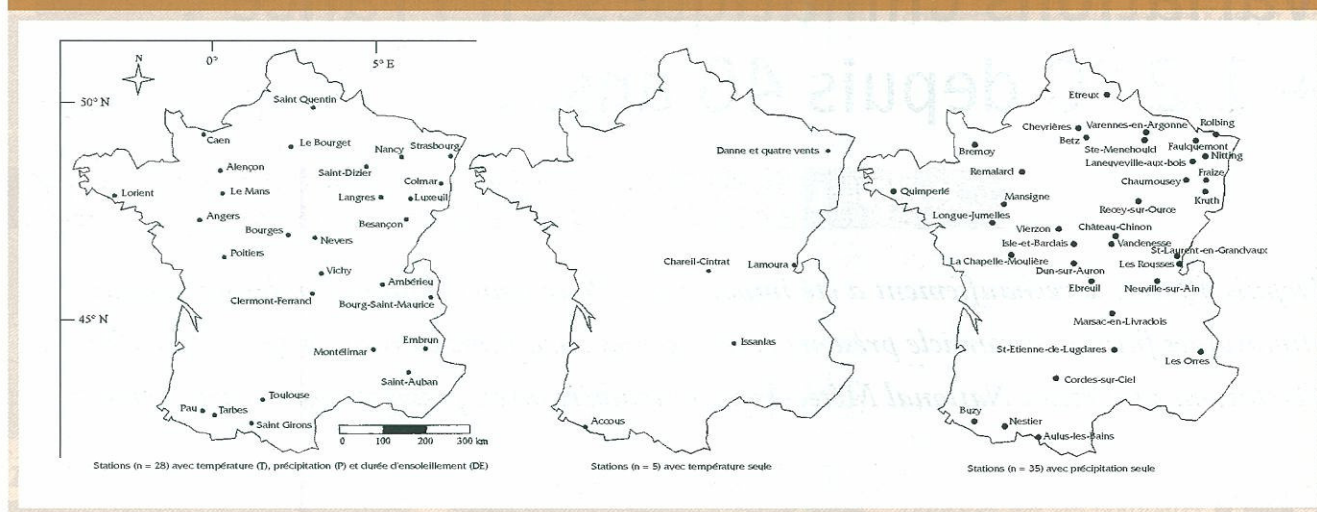
Concernant l'impact de ces changements sur la végétation forestière, la complexité des interactions entre les facteurs climatiques et la variabilité de comportement des espèces rend toute prévision très délicate (Rebetez et Combe 2000). Cependant, afin de mieux pouvoir

appréhender les variations futures, il est apparu important d'analyser les grandes tendances de ces changements en France.

Le présent article présente les variations de température, de précipitation et d'ensoleillement observées entre 1956 et 1997 sur 68 stations du réseau National Météo-France (voir encadré).

La localisation des 68 stations est présentée dans la Figure 2.

Figure 2



Localisation géographique des 68 stations du réseau National Météo-France selon les données disponibles à chaque observatoire.

Matériel et méthodes

Les 68 stations du Réseau national Météo-France ont été choisies sur des critères liés à la longueur et à l'homogénéité des séries des données journalières disponibles (période 1956-1997) et à leur proximité des placettes du Réseau National de suivi à long terme des ÉCOSYSTÈMES FORESTIERS (RENECOFOR). En effet, l'acquisition de ces données a été faite dans le cadre d'un projet européen ayant pour objectif d'analyser les relations entre le climat et les variations interannuelles de croissance radiale des arbres de ce réseau (Lebourgeois 1999).

Ces données ont été sélectionnées avec l'aide du Service Central d'Exploitation de la Météorologie (SCEM) de Toulouse et couvrent une grande part de la variabilité climatique française. À partir des données journalières, les moyennes mensuelles, annuelles et saisonnières ont été calculées pour chaque paramètre.

Pour les saisons :

- l'hiver a été défini comme la période de décembre de l'année $n-1$ à janvier et février de l'année n (DJF),
- le printemps intègre les mois de mars à mai (MAM),

- l'été les mois de juin à août (JJA),
- l'automne correspond à la période de septembre à novembre (SON). Le réchauffement régional a été considéré pour 33 stations à travers la température minimale (nocturne ; T_{\min}), maximale (diurne ; T_{\max}) et moyenne ($T_{\text{moy}} = (T_{\min} + T_{\max}) / 2$).

Les variations de fréquence des épisodes froids ont été considérées à travers le nombre annuel de jours de gelées ($T_{\min} < 0^\circ\text{C}$) et le nombre de jours « chauds » ($T_{\text{moy}} > 5^\circ\text{C}$) en automne et en hiver. Outre les sommes des précipitations, le nombre de jours de sécheresse a été pris en compte et défini comme le nombre de jours sans pluie (NJS) ($n = 63$ stations).

Pour 20 stations, les évolutions des durées d'insolation ont également été considérées. Les dérives ont été étudiées par des régressions linéaires sur les nuages de points (test-t pour la signification statistique) sur la période 1956-97. La pente des paramètres de ces ajustements indique le sens (diminution ou augmentation) et l'amplitude des changements sur un pas de temps donné.

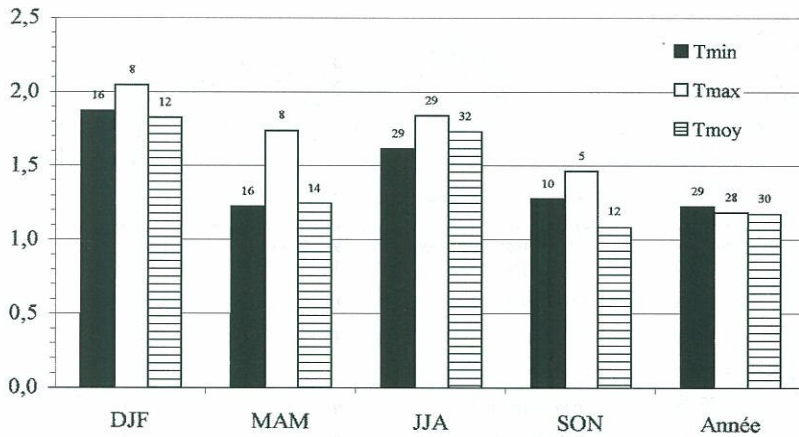
Résultats

Depuis 40 ans, le réchauffement a été particulièrement important. Les variations les plus fréquentes se sont opérées la nuit (T_{\min}) et particulièrement été ($+1,6^\circ\text{C}$ sur la période 1956-97) (figures 3 et 4).

L'hiver et le printemps se sont également réchauffés mais d'une façon moins homogène (1 station sur 2). Pour l'hiver, la tendance est forte ($+1,9^\circ\text{C}$). Elle est plus faible au printemps ($+1,2^\circ\text{C}$). En revanche, les conditions thermiques de l'automne ont peu varié. Pour l'année, la tendance est uniforme avec une augmentation des températures diurne et nocturne de l'ordre de $+1,2^\circ\text{C}$.

D'une façon générale, la fréquence annuelle des épisodes froids tend à diminuer. Ce changement s'exprime à travers une diminution du nombre de jours de gelées hivernales (14 cas ; -9 à -20 jours ; moyenne = -14 jours) et une augmentation du nombre de jours « chauds » en hiver et en automne (17 cas ; $+14$ à $+31$ jours ; moyenne = $+19$ jours).

Figure 3



Tendances saisonnières en France (en °C) pour la période 1956-1997. Les chiffres indiqués correspondent au nombre de stations présentant une dérive pour la période considérée (n = 33 stations). Par exemple, pour l'automne (SON), seules 5 des 33 stations ont présenté une dérive positive pour la T_{max} .

Pour les précipitations, les cumuls saisonniers et annuels ont très peu varié. La tendance est plus nette pour les jours secs dont la fréquence tend à diminuer au printemps et en automne pour 1 station sur 4 (environ -3 jours par décennie). Sur l'année, 1 station sur 3 présente une diminution variant de -4 à -27 jours par décennie (moyenne = -10 jours/10 ans). Cette divergence entre les cumuls et le régime pluviométrique suggère une modification de l'intensité des pluies (recrudescence des événements de précipitations plus abondantes). Pour la durée d'ensoleillement, les variations les plus fréquentes correspondent à une diminution au mois de juin (6 cas ; -13 heures/10 ans) et une augmentation en

Figure 4

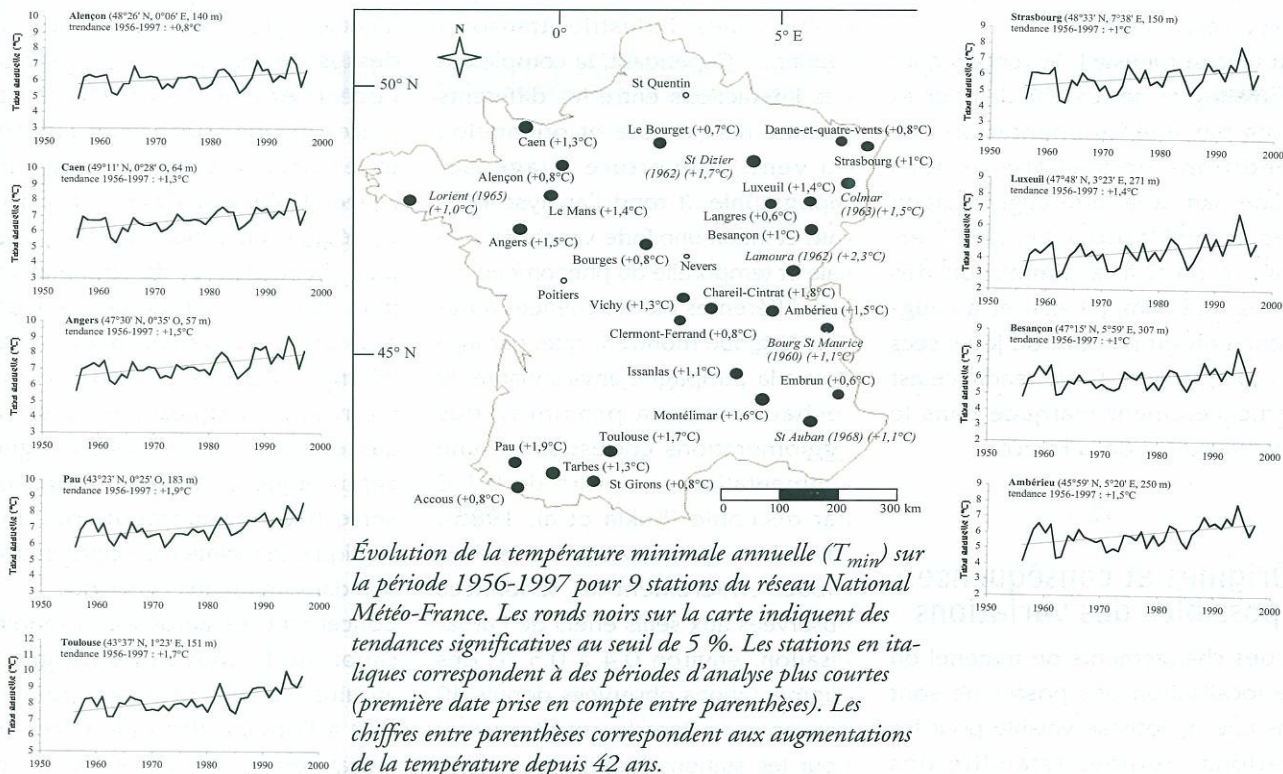
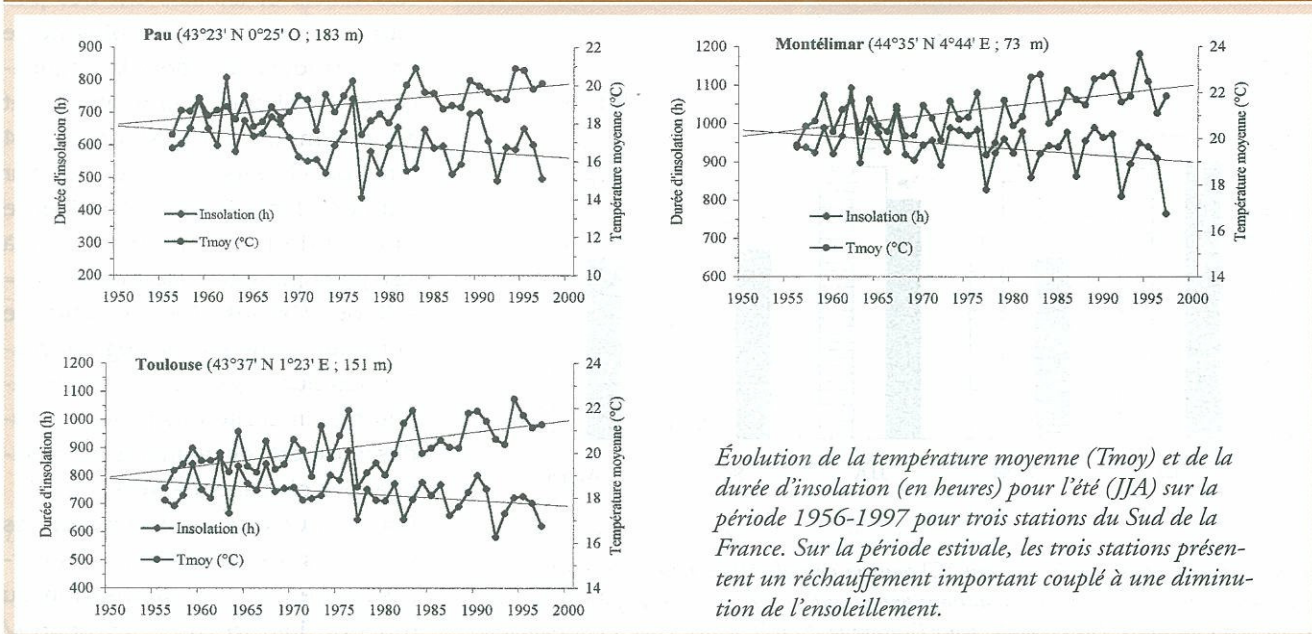


Figure 5



Évolution de la température moyenne (Tmoy) et de la durée d'insolation (en heures) pour l'été (JJA) sur la période 1956-1997 pour trois stations du Sud de la France. Sur la période estivale, les trois stations présentent un réchauffement important couplé à une diminution de l'ensoleillement.

août et novembre (+10 et +8 heures/10 ans). Les variations saisonnières sont peu fréquentes et touchent essentiellement les stations du Sud de la France (diminution en été) (figure 5).

Au niveau mensuel, le mois d'août se distingue nettement des autres mois par une augmentation des conditions de sécheresse liées d'une part, à la forte augmentation des températures (+2,2°C) et, d'autre part, à la diminution des pluies (-12 mm/10 ans) et à l'augmentation du nombre de jours secs (+1 jour/10 ans). Cette tendance est particulièrement marquée dans le quart nord-est de la France.

Origines et conséquences possibles des variations

Si des changements de matériel ou de localisation des postes ne sont pas une hypothèse valable pour les stations étudiées (stabilité des postes sur la période récente), l'effet « îlot de chaleur urbain » peut

être avancé pour expliquer une part de ces variations. En effet, l'extension des villes à proximité de stations augmente les émissions de chaleur surtout en hiver (chauffages domestiques, industrie, transport routier...). Cependant, la complexité des interactions entre les différents paramètres (vitesse et orientation du vent, couverture nuageuse, topographie...) rend l'analyse délicate et induit une forte variabilité spatiale et temporelle du phénomène.

Les différentes études menées à travers le globe montrent que, par rapport à la campagne environnante, le réchauffement à proximité des agglomérations correspond à une augmentation de l'ordre de 0,1°C par décennie (Kukla et al. 1986). Ainsi, bien qu'il serait irréaliste d'attribuer entièrement les tendances observées aux seuls effets de l'urbanisation, environ 0,4 à 0,5 °C des augmentations observées depuis 40 ans pourrait être la conséquence, pour les stations localisées à proximité d'une ville, des modifications locales de l'environnement.

Une partie des phénomènes actuels pourrait également être expliquée par l'oscillation nord Atlantique (North Atlantic Oscillation : NAO) ; oscillation qui gouverne normalement le régime des vents d'ouest au-dessus de l'Europe et de l'est de l'océan Atlantique par des différences des pressions entre l'Islande et les Açores. En effet, depuis les années 1970, le NAO est plutôt dans un régime de vents forts, de pluies plus abondantes et de températures plus clémentes surtout en hiver (climat sous influence océanique) (Hurrell 1995). La perturbation des mouvements atmosphériques due aux émissions d'aérosols d'origine anthropique et aux gaz à effet de serre (CO₂ notamment) pourrait expliquer le maintien de cette oscillation dans un régime océanique. Concernant les aérosols, la modification de la couverture nuageuse induite par leur présence pourrait être à l'origine des différences de réchauffement du jour et de la nuit et de la variation de la durée d'insolation (Karl et al. 1993). Enfin, pour le

CO₂ atmosphérique, dont on sait que la concentration dans l'atmosphère a fortement augmenté depuis 1850, les simulations réalisées en Europe montrent qu'une augmentation de 1 % par an se traduirait par un réchauffement de 2 °C (sans effet saisonnier important), par une augmentation de 10 % des pluies en Europe du Nord en hiver et au printemps, par une augmentation de 30 % en Europe du Sud en hiver et une diminution de 20 % en automne (Déqué et al. 1998).

Conclusion

Dans l'hypothèse où elles perdurent, les répercussions à long terme de ces variations sur les écosystèmes forestiers sont encore mal connues. Le réchauffement annuel ainsi que l'augmentation du nombre de jours « chauds » en

automne et en hiver pourrait signifier un rallongement de la saison de végétation ; rallongement déjà observé en Suisse et en Europe de 13 et 11 jours entre 1951 et 2000 (Menzel et Fabian 1999 ; Défila et Clot 2000). Si ce réchauffement peut sembler favorable, celui des températures printanière et estivale pourrait se traduire, à terme, par une augmentation des conditions de sécheresse surtout si elles sont couplées à une diminution des précipitations (cas du mois d'août). L'augmentation des contraintes en eau (en intensité et/ou en fréquence) pourrait avoir des répercussions importantes sur la croissance voire la survie des peuplements. En l'état actuel des connaissances, même si des incertitudes demeurent, il paraît important d'essayer de prendre en compte ces évolutions dans la gestion future des peuplements (Rebetez et Combe 2000) car rien ne justifie une remise en

cause du signe de changement climatique attendu. ■

Voir article p. 15 « Climat, tempêtes et forêts : le temps des inquiétudes »..

Remerciements

Les auteurs remercient le Service Central d'Exploitation de la Météorologie (SCEM) de Toulouse pour l'aide apportée lors de la sélection des stations du réseau Météo-France. Ces résultats ont été obtenus dans le cadre d'un projet financé par la commission Européenne (règlement 3528/86 sur la protection des forêts contre la pollution atmosphérique).

(1) *Écosystèmes Forestiers et Dynamique du Paysage, ENGREF, 54042 Nancy cedex, France - Correspondance - Tél : 03 83 39 68 74 - Fax : 03 83 39 68 78 - Email : lebourgeois@engref.fr
 **Unité d'Ecophysiologie Forestière, Équipe Bioclimatologie, INRA, Centre de Recherches Forestières de Nancy, 54280 Champenoux France
 ***Unité d'Ecophysiologie Forestière, Équipe Phytoécologie, INRA, Centre de Recherches Forestières de Nancy, 54280 Champenoux France

Bibliographie

- Defila C., Clot B., *Tendances révélées par l'étude phénologique des arbres en Suisse*, in: Rebetez M. et Combe J. (éds.), *Quelle sylviculture pour les climats à venir ? Actes de la journée thématique de l'antenne romande du WSL du 28 novembre 2000 à l'EPF-Lausanne*, Lausanne, WSL Antenne romande, 2000, pp. 15-19.
- Diaz H.-F., Bradley R.-S., Eischeid J.K., *Precipitation fluctuations over global land areas since the late 1800's*, J. Geophys. Res. 94 (1989) 1195-1210.
- Easterling D.-R., Horton B., Jones P.-D., Peterson T.-C., Karl T.-R., Parker D.-E., Salinger M.-J., Razuvayev V., Plummer N., Jamason P., Folland C.-K., *Maximum and minimum temperature trends for the globe*, Science 277 (1997) 364-367.
- Déqué M., Marquet P., Jones R.-G., *Simulation of climate change over Europe using a global variable resolution general circulation model*, Clim. Dynamics 14 (1998) 173-189.
- Hurrell J.-W., *Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation*, Science 269 (1995) 676-679.
- Jones P.-D., New M., Parker D.E., Martin S. and Rigor I.-G., *Surface air temperature and its changes over the past 150 years*, Reviews Geophysics 37 (1999) 173-199.
- Karl T.-R., Jones P.-D., Knight R.-W., Kukla G., Plummer N., Razuvayev V., Gallo K.-P., Lindseay J., Charlson R.-J., Peterson T.-C., *A new perspective on recent global warming: asymmetric trends of daily maximum and minimum temperature*, Bull. Amer. Meteor. Soc. 74 (1993) 1007-1023.
- Lebourgeois F., *Analyse du bilan hydrique et de la croissance des arbres dans le RENECOFOR*, Rapport scientifique final, Union Européenne, DG VI, projet n° 9760FR0030, Inra-CEE - Unité d'Ecophysiologie Forestière, 1999, 72 pages.
- Menzel A., Fabian P., *Growing season extended in Europe*, Nature 397 (1999) 659.
- Rebetez M., Combe J., *Quelle sylviculture pour les climats à venir ? Actes de la journée thématique de l'antenne romande du WSL du 28 novembre 2000 à l'EPF-Lausanne*, Lausanne, WSL Antenne romande, 2000, 48 pages.
- Kukla G., Gavin J., Karl T.-R., *Urban warming*, J. Climate Appl. Meteor. 25 (1986) 1265-1270.