

Climats pluviométriques et thermiques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Analyse des données météorologiques
1961-1996 et cartographie
par Système d'information géographique

par Tiziano PANINI et Louis AMANDIER

Vingt ans après !

En 1985, le Cemagref confiait à Corine Gombault, stagiaire de l'ENITEF, une étude du climat méditerranéen en vue d'y définir, dans un cadre autécologique, les grands types de stations forestières.

Presque vingt ans après, une équipe du CRPF de la région PACA nous confie les résultats d'une étude du même genre, mais orientée, cette fois, vers le reboisement et la sylviculture sur de "bons terrains" issus de la déprise agricole et pastorale.

Nous avons demandé aux deux "protagonistes" et néanmoins amis, de nous présenter leurs démarches respectives et de nous montrer leur parfaite complémentarité, dans le temps et dans l'espace.

À vous de juger... et surtout d'apprécier !

Le climat, composante essentielle des potentialités écologiques

Durant ces dernières années, trois organismes ont abordé l'étude des potentialités forestières de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA) :

- l'Office national des forêts (ONF) étudie les secteurs de montagne (zone du Pin noir, du Sapin, du Mélèze),
- le Cemagref se préoccupe des milieux naturels méditerranéens,
- le Centre régional de la propriété forestière (CRPF) a concentré ses efforts sur les zones agricoles ou récemment abandonnées par l'agriculture. On y trouve souvent des sols ou des substrats à bonnes ou très bonnes potentialités, propices à l'installation d'une foresterie de haut de gamme : feuillus précieux (Noyer, Merisier, Cormier, etc.), feuillus à croissance rapide (Peupliers, Aulnes, etc.) ou d'autres arbres choisis pour leur esthétique paysagère, etc. (AMANDIER 1995).

Pour la définition des potentialités forestières de ces derniers terrains, parallèlement au diagnostic des substrats portant sur les facteurs propices ou défavorables, et à une recherche originale des relations végétation-milieu — principalement sur l'Ouest de la région — il est apparu que le climat était une composante essentielle et incontournable, son importance dépassant largement la seule problématique des

terres agricoles (PANINI 1999). Il existait bien une analyse climatique de la zone méditerranéenne française, réalisée en 1988 par le Cemagref, puis intégrée au *Guide technique du forestier méditerranéen français* (BOISSEAU, NOUALS & RIPERT 1992) ; cependant après discussion avec les auteurs et avec l'ONF, a émergé le besoin d'une étude plus poussée sur la région PACA, étude réalisée en franche collaboration avec ces partenaires.

Des séries chronologiques complètes ont été recensées ou reconstituées

Parmi les caractères climatiques, journallement observés ou enregistrés par les postes météorologiques, figurent les températures minimales et maximales ainsi que les hauteurs de précipitations.

Le CRPF s'est procuré les données récoltées sur le réseau Météo-France ainsi que sur les postes tenus par d'autres organismes : CIRAME¹ de Carpentras, Chambres d'agriculture, Institut national de la recherche agronomique (INRA), etc. Beaucoup de données ont été ainsi achetées mais il est très vite apparu que bien des séries chronologiques étaient incomplètes. Quelquefois les données avaient bien été relevées par les préposés aux observations, mais étaient restées au stade du bordereau rédigé à la main ! La reconstitution du maximum de séries complètes indispensables pour un traitement statistique pertinent, a demandé plusieurs mois de travail de recherche d'archives et de saisie informatique. Quelquefois les séries étaient lacunaires et il a été possible de reconstituer certaines données manquantes par corrélation avec des postes voisins, a priori soumis au même régime climatique. Une base de données climatiques à pas mensuel a été ainsi laborieusement constituée pour la période 1961-1996, soit 36 ans, ce qui n'avait jamais été fait auparavant en PACA. 1961 car c'est à partir de cette date que l'on dispose d'un maximum de données ; en effet, la période de référence de l'organisation météorologique mondiale est la trentaine 1961-90 ; nous y avons ajouté toutes les données disponibles

1 - CIRAME : Centre d'information régionale agrométéorologique
779 Chemin de l'Hermitage
84200 Carpentras
Tél. 04 90 63 22 66

Nombre de stations météo	Séries complètes Pluviométrie	Séries complètes Températures
387	298	132

avant les traitements qui ont débuté en 1997.

Les données rassemblées sont, pour chaque mois :

- la température moyenne des maxima M_{x_m} ;
- la température moyenne des minima m_{i_m} ;
- $(M_{x_m} + m_{i_m})/2$ donne T_m la température moyenne mensuelle ;
- la température la plus basse du mois = "minimorum" m_{mi_m} ;
- la température la plus haute du mois = "maximorum" M_{Mx_m} ;
- les précipitations cumulées mensuelles P_m ;
- le nombre de jours de pluie > 1mm JP_m .

NB. Pour les localités recevant des précipitations sous forme de neige, ces dernières sont converties en hauteurs d'eau liquide. L'épaisseur et la durée du manteau neigeux n'ont pu être considérés. Attention, à la fonte de la neige, le sol se recharge en eau, même en l'absence de pluie.

Cette base de données peut être utilisée très simplement pour caractériser les conditions pluviométriques et thermiques aux alentours d'un poste connu. Des macro-instructions permettent de produire en quelques clics de souris un diagramme ombrothermique ou des graphes chronologiques des pluies et des températures. C'est en soi une information analytique pertinente pour beaucoup d'usages.

Dans la figure 1 (Cf. p. 301), on peut voir le tableau de l'ensemble des données saisies et calculées contenues dans la base de donnée 4D™ CLIMPACA du CRPF.

Dans la figure 2 (Cf. pp. 302-303), on lira un exemple de sortie élaborée : *représentation graphique des données météorologiques d'Aix-en-Provence*.

Repérer et définir les différents types de climats

La base de données est aussi un élément de connaissance du climat régional dans ses aspects synthétiques.

Quels ont été en PACA les différents types de climats pluviométriques et thermiques pendant la période de référence ? Une interprétation des données par des méthodes d'analyse statistique appropriées permet de répondre par une typologie.

Comment se répartissent-ils dans l'espace ? C'est là qu'un outil de spatialisation tel que le SIG (système d'informations géographiques) est indispensable pour extraire entre les postes météo, la typologie issue de la base de données, et pour dessiner des cartes.

Typologie des précipitations

Pour établir une typologie, il faut regrouper des stations qui sont soumises aux mêmes régimes de pluies, quantités de précipitations et aussi variabilités inter-annuelles, caractéristiques des climats méditerranéens. Pour y parvenir, ont été analysées l'ensemble des données brutes de la base de données du CRPF à pas mensuel et sur 36 ans. La matrice des données de 298 postes a été soumise à une Analyse en composantes principales (ACP) fondée sur les covariances non corrigées par la moyenne car les séries sont fortement autocorrélées. Sur la base des trois premiers vecteurs propres (93,3 % de la variance) ont été constitués une douzaine de groupes au moyen d'une méthode de classification automatique (nuées dynamiques). Dans la partie alpine, l'utilisation de l'indice de continentalité de Gams (Cf. Encadré p. 314), modifié par Michalet (PACHE, MICHALET, AIME 1996), a permis de subdiviser de trop grands groupes en distinguant les Alpes internes, intermédiaires et externes. Le résultat final, validé par une analyse canonique discriminante fait apparaître quatorze types de climats pluviométriques.

L'ordonnancement choisi pour la présentation des types correspond aux deux premiers axes principaux de l'ACP. Il s'agit de :

- la pluie tombée de mai à août et sa variabilité,
- la pluie totale et sa variabilité.

Les divers climats se distinguent donc à la fois par la pluie totale et par le régime des précipitations.

Soulignons que le paramètre "pluies de la période mai à août" est apparu comme le plus discriminant à l'issue de l'analyse statistique de la base de données brutes à pas mensuel. Correspond-il à la période des besoins maximaux des arbres en milieu méditerranéen ? Cette hypothèse, importante pour la définition des potentialités forestières, mériterait d'être vérifiée.

Fig. 1 :

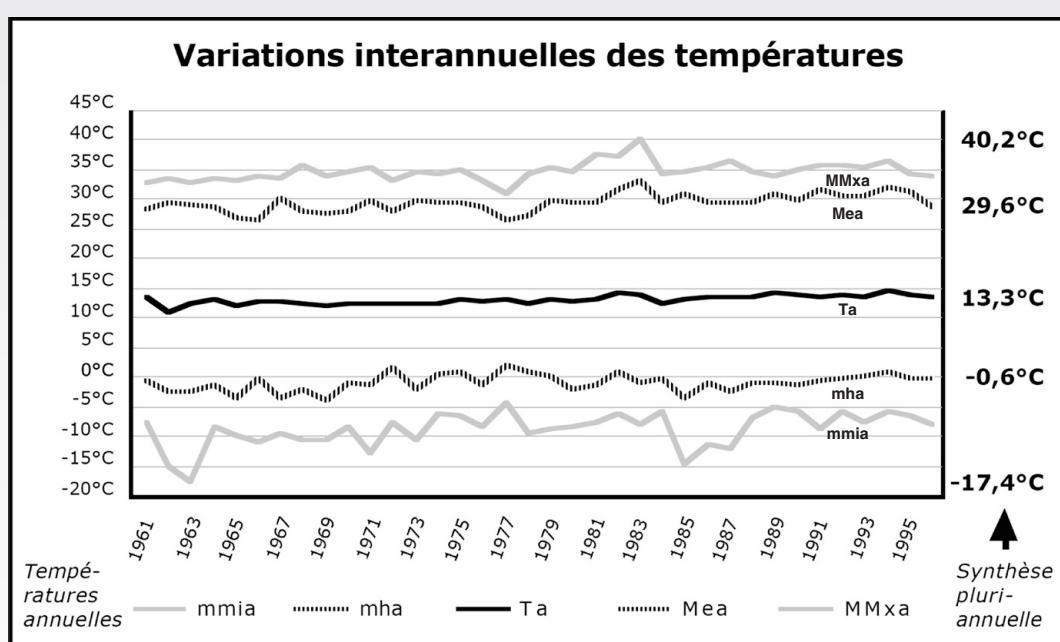
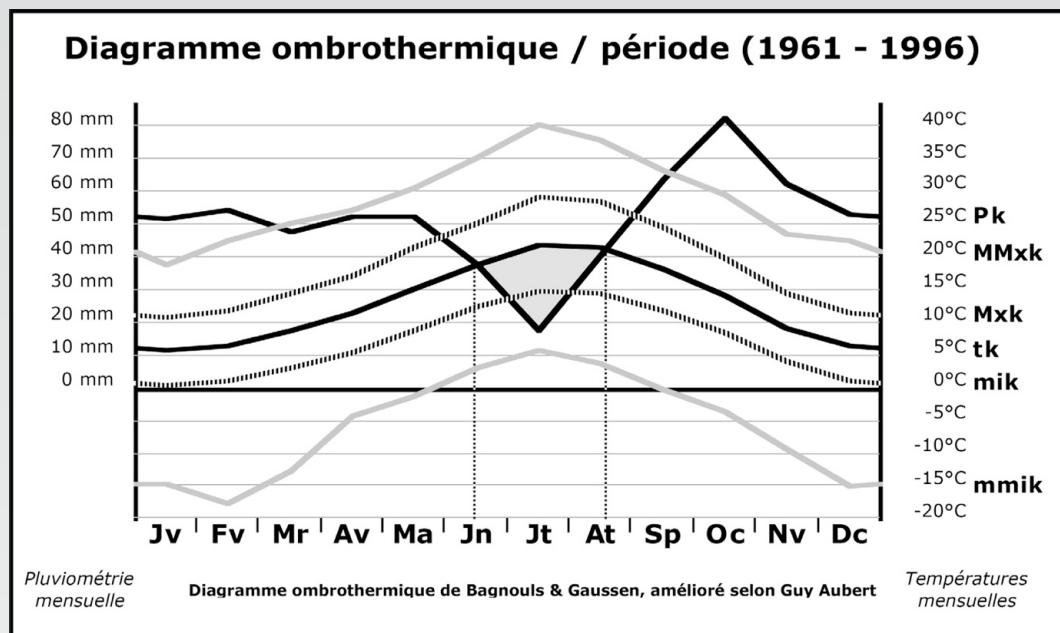
Table des codes de la base de données CLIMPACA

Code	Libellé	Période
Données mensuelles (de base) pour chaque année		
P_m	Précipitations mensuelles du mois m	Mensuelle
JP_m	Nombre mensuel de jours de pluie (>1 mm)	Mensuelle
mmi_m	Température minimale (minimorum mensuel)	Mensuelle
mim_m	Moyenne mensuelle des minima	Mensuelle
Mxm_m	Moyenne mensuelle des maxima	Mensuelle
MMx_m	Température maximale (maximorum mensuel)	Mensuelle
T_m	Température moyenne : $T_m = (mi_m + Mx_m)/2$	Mensuelle
Données calculées pour chaque année a		
P_a	Précipitations totales de l'année a	Annuelle
Pe_a	Pluie estivale (juillet, août, septembre)	Annuelle
JP_a	Nombre de jours de pluie (>1mm)	Annuelle
Me_a	Moyenne des maxima du mois le plus chaud	Annuelle
mh_a	Moyenne mensuelle des minima du mois le plus froid	Annuelle
mmi_a	Température minimale (minimorum annuel)	Annuelle
mi_a	Moyenne des minima mensuels	Annuelle
Mx_a	Moyenne des maxima mensuels	Annuelle
MMx_a	Température maximale (maximorum annuel)	Annuelle
T_a	Température moyenne	Annuelle
Données calculées pour chaque mois k (1 à 12) de la période		
P_k	Précipitations moyennes pluriannuelles du mois k	Pluriannuelle
EP_k	Ecart-type des précipitations mensuelles	Pluriannuelle
miP_k	Précipitations minimales mensuelles	Pluriannuelle
MxP_k	Précipitations maximales mensuelles	Pluriannuelle
JP_k	Nombre moyen de jours de pluie	Pluriannuelle
EJP_k	Ecart-type du nombre moyen de jours de pluie	Pluriannuelle
$miJP_k$	Nombre minimal de jours de pluie	Pluriannuelle
$MxJP_k$	Nombre maximal de jours de pluie	Pluriannuelle
mi_k	Moyenne pluriannuelle des minima	Pluriannuelle
Emi_k	Ecart-type des minima	Pluriannuelle
Mx_k	Moyenne pluriannuelle des maxima	Pluriannuelle
EMx_k	Ecart-type des maxima	Pluriannuelle
$mimi_k$	Valeur inférieure de la moyenne des minima	Pluriannuelle
$Mxmi_k$	Valeur supérieure de la moyenne des minima	Pluriannuelle
$miMx_k$	Valeur minimale de la moyenne des maxima	Pluriannuelle
$MxMx_k$	Valeur maximale de la moyenne des maxima	Pluriannuelle
mmi_k	Minimum absolu mensuel (minimorum)	Pluriannuelle
MMx_k	Maximum absolu mensuel (maximorum)	Pluriannuelle
T_k	Température moyenne pluriannuelle	Pluriannuelle
ET_k	Ecart-type de la température moyenne	Pluriannuelle
Données calculées pour la période de référence		
P	Moyenne des précipitations annuelles sur la période	Pluriannuelle
Pe	Moyenne des précipitations estivales	Pluriannuelle
EP	Ecart-type des précipitations annuelles	Pluriannuelle
EPe	Ecart-type des précipitations estivales	Pluriannuelle
JP	Moyenne du nombre de jours de pluie > 1 mm	Pluriannuelle
Me	Moyenne des moyennes mensuelles des maxima des mois les plus chauds	Pluriannuelle
mh	Moyenne des moyennes mensuelles des minima des mois les plus froids	Pluriannuelle
mmi	Minimum absolu sur période (minimorum)	Pluriannuelle
mi	Moyenne des minima mensuels	Pluriannuelle
Mx	Moyenne des maxima mensuels	Pluriannuelle
MMx	Maximum absolu sur période (maximorum)	Pluriannuelle
T	Moyenne des températures moyennes annuelles	Pluriannuelle

Fig. 2 : Données pluvio-thermiques, exemple du poste d'Aix-en-Provence, Bouches-du-Rhône

Paramètres climatiques
Période de référence 1961 - 1996

P	Moyenne des précipitations annuelles	619,1 mm	mmi	Minimum absolu observé sur la période	-17,4 °C
EP	Ecart-type des précipitations annuelles	155,4 mm	mh	Moyenne des minima des mois les + froids	-0,6 °C
Pe	Pluviométrie moyenne estivale (Jn, Jt, At)	122,7 mm	T	Température moyenne annuelle	13,2 °C
EPE	Ecart-type des pluies estivales	82,1 mm	Me	Moyenne des maxima des mois les + chauds	29,6 °C
Pma	Pluviométrie cumulée mai à août	148,5 mm	MMx	Maximum absolu observé sur la période	40,2 °C
EPma	Ecart-type des pluies mai à août	69,3 mm		Nombre moyen de mois secs (sensu GAUSSEN)	2,1
JP	Moyenne annuelle du nbr de jours de pluie (> 1mm)	88 j		Indice d'intensité de sécheresse (= surface polygone)	28
				$Q_2 \text{ d'Emberger} = 2000 * P / (Me^2 - mh^2)$	71,1



Plusieurs influences expliquent la répartition géographique des régimes pluviométriques :

- l'influence méditerranéenne qui décroît en s'éloignant de la mer du sud vers le nord. Des groupes "méditerranéens" s'opposent à des groupes plus "continentaux". La ligne de démarcation épouse à l'ouest l'isoline du quotient de Péguy (Pluie annuelle / Pluie d'été = 6) et à l'est l'isohyète "pluie d'été = 150 mm". En effet, les localités situées à l'intérieur de la région PACA et à l'écart du sillon rhodanien, reçoivent plus de précipitations (orages) au printemps et en été, que les localités proches du littoral ;

- l'existence d'un gradient croissant de pluviosité d'ouest en est. Celui-ci est déterminé à la fois par les vents du nord ou du nord-ouest (mistral) asséchant l'atmosphère du côté occidental et par l'influence du climat ligure assez humide (dépressions du golfe de Gênes) du côté oriental ;

- la configuration du relief alpin. Ainsi, les masses d'air qui parviennent dans les Alpes internes sèches se sont préalablement déchargées de leur humidité (effet de foehn) sur la ceinture montagneuse qui les encadre : hauts sommets des Ecrins et crêtes de la frontière italienne ;

- l'exposition aux vents dominants d'ouest, qui, tout au Nord de la région PACA, définit une zone plus arrosée, à rattacher plutôt aux Alpes du Nord.

La figure 3 (typologie des climats pluviométriques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur) montre un classement des quatorze types. Les critères d'ordonnancement sont, par ordre d'importance :

- la hauteur moyenne des précipitations cumulées des mois de mai, juin, juillet et août,
- la hauteur moyenne des précipitations annuelles,
- la variabilité interannuelle et le régime saisonnier.

Remarques

En PACA, l'automne (sept. oct. nov.) est bien la saison la plus arrosée et l'été (juin, juillet, août) la plus sèche. Il existe des zones où les hivers sont plus pluvieux que les printemps :

- zone englobant le Champsaur-Dévoluy et les Ecrins,
- zone englobant le littoral du Rhône à l'Italie, le Centre-Var et Canjuers-Cheiron.

Les moyennes annuelles et mensuelles calculées sur une longue période (ici 36 ans) résultent de valeurs très dispersées. En effet,

- la hauteur annuelle des précipitations peut varier du simple au triple, voire au quadruple !

- la hauteur des précipitations pour un mois donné peut aller de 0 (mois sans pluie) à quelques centaines de mm tombés durant un temps très variable (quelques jours à quelques heures) !

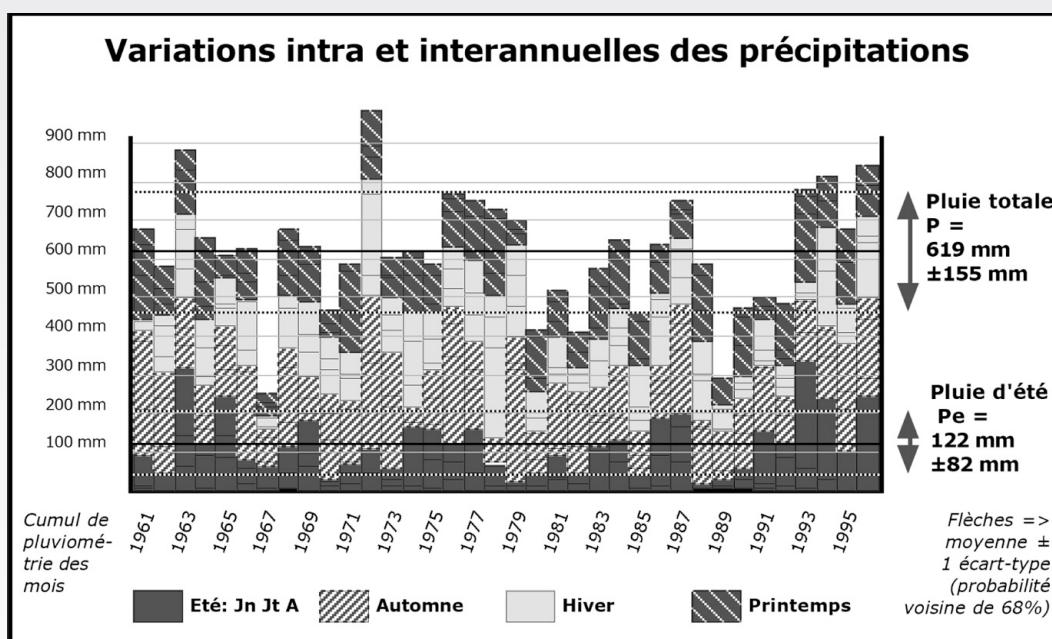


Fig. 2 c :
Variations intra et interannuelles des précipitations

Typologie des climats pluviométriques en PACA

(Pluie estivale, P totale, ± 1 Ecart-type/ P estivale et P totale)

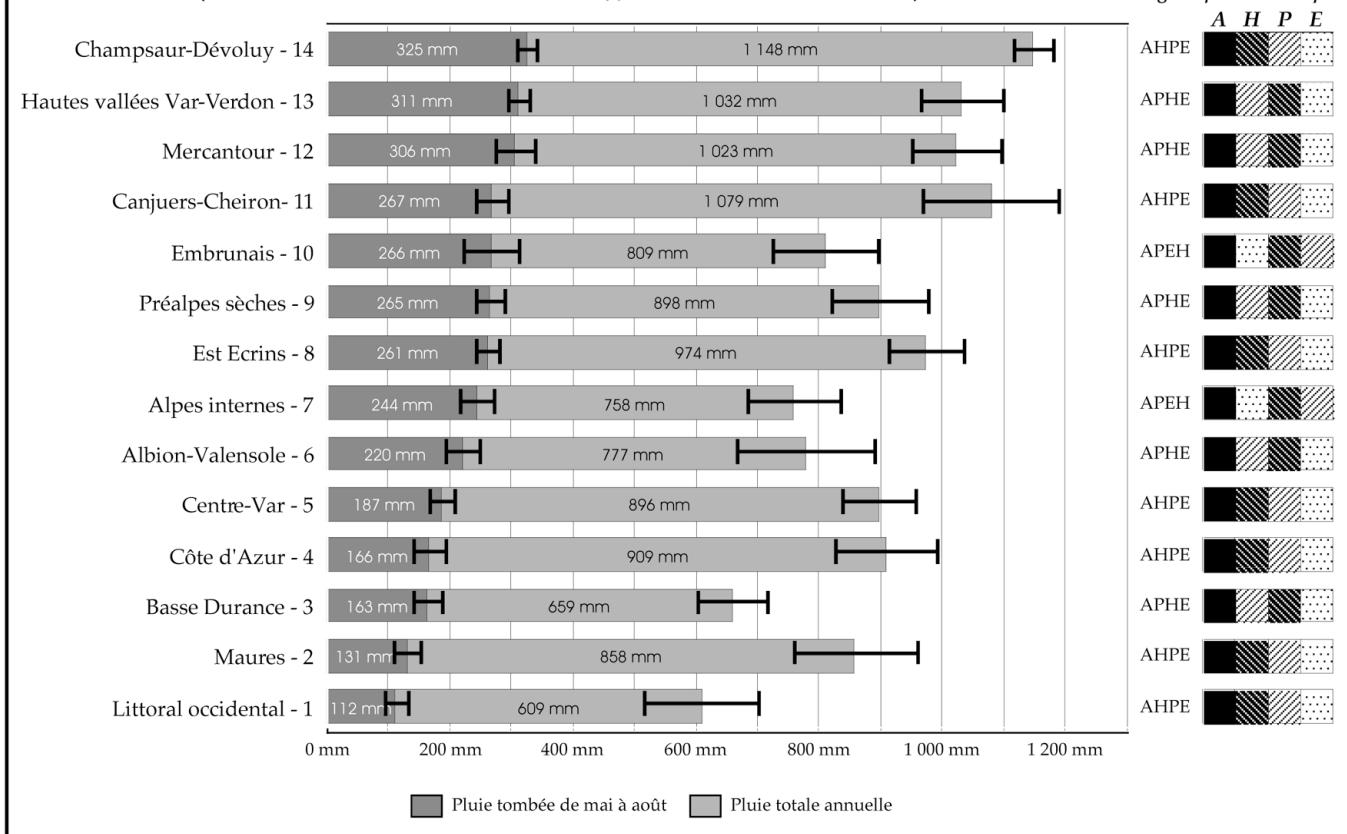


Fig. 3 :

Typologie des climats pluviométriques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur

Si l'été est, en règle générale, déficitaire en précipitations par rapport aux autres saisons, ces dernières peuvent aussi être affectées d'une sécheresse qui, pour l'instant, apparaît aléatoire.

Ne pas oublier que la forte variabilité des précipitations sous climat méditerranéen peut avoir des conséquences néfastes sur la survie ou la croissance des essences forestières.

Typologie des températures

Les variations spatiales des températures en PACA sont relativement prévisibles. En effet, la température moyenne annuelle T décroît selon un gradient de $-0,56^{\circ}\text{C}$ pour un dénivellé de 100 m à une même exposition, (ce qui confirme les acquis antérieurs) et les régimes thermiques sont assez homogènes.

Le traitement multivarié des données brutes thermiques de la base de données du CRPF à pas mensuel et sur 36 ans met en évidence cinq groupes de régimes thermiques. Globalement l'axe 1 représentant la chaleur et l'axe 2 le froid (99,34% de la

variance). Les cinq groupes se succèdent géographiquement depuis la mer jusqu'aux sommets des Ecrins : Bord de mer, Basse-Provence, Arrière-Pays, Préalpes, Alpes.

A la différence des types pluviométriques, les types thermiques se spatialisent de façon très banale puisque la température dépend beaucoup plus de l'altitude, de la position et de l'environnement orographique que de caractères géographiques.

Pour éliminer ces influences dominantes, les températures ont été réduites au niveau de la mer en appliquant aux données brutes une correction par les gradients mis en évidence ($-0,36^{\circ}\text{C}$ pour 100 m pour Me moyenne des maxima du mois le plus chaud ; $-0,48^{\circ}$ pour MMx maximum absolu d'été ; $-0,54^{\circ}$ pour mh moyenne des minima du mois le plus froid; $-0,63^{\circ}$ pour mmi minimum absolu d'hiver). L'ACP permet alors d'obtenir quatre grands groupes de régimes thermiques qui demeurent cependant difficiles à spatialiser (Cf. Fig. 4) :

- un étroit secteur littoral, chaud et tamponné par la mer (hivers de plus en plus doux en allant vers l'est) ;

- un proche arrière-pays chaud, encore influencé par la mer et par les vents (mistral ou bise durancienne descendant des Alpes) qui brassent les basses couches d'air et limitent les gelées ;
- un arrière-pays plus frais, plus abrité des vents, à fortes amplitudes thermiques, à hivers froids ;
- une zone de montagnes plus fraîche encore, à amplitudes moins marquées.

Avertissement

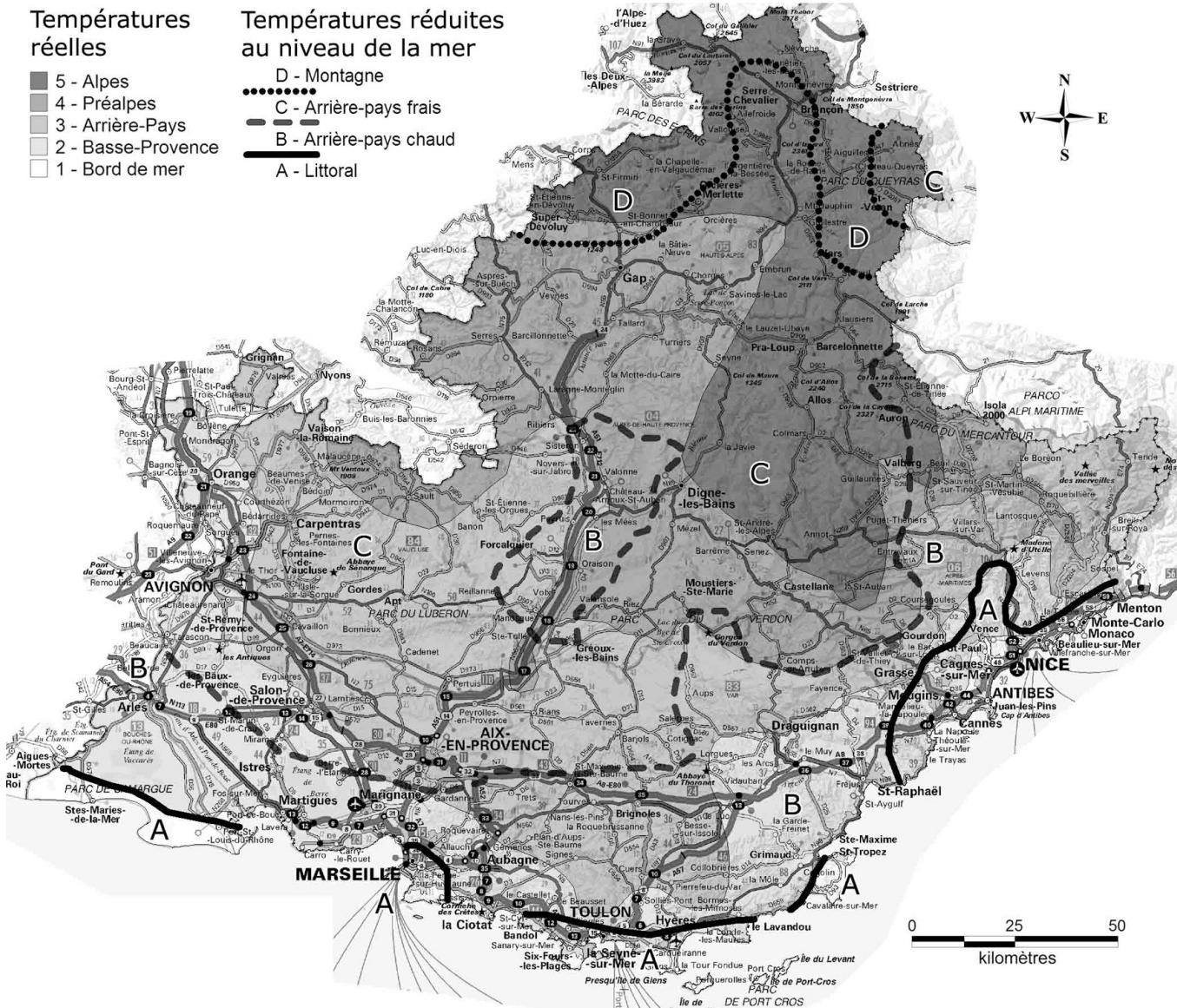
Les principaux types de climats définis à partir du traitement informatique des données pluviométriques et thermiques, peuvent présenter des variantes qui méritent d'être discernées, mais qui sont difficilement quantifiables, liées à la fréquence, l'intensité et la

direction des vents, à l'hygrométrie de l'air... Les vents atténuent les écarts thermiques entre localités voisines et accélèrent l'évapotranspiration. Dans les régions basses, l'hygrométrie de l'air est généralement plus élevée à l'Est que dans l'Ouest de PACA.

Le SIG, instrument de spatialisation

La spatialisation procède de l'application d'une régression multiple entre les paramètres climatiques et ceux qui peuvent être issus, soit directement soit par calcul, du modèle numérique de terrain (MNT) : altitude, pente, exposition, rayonnement direct et diffus, distance à la mer, latitude, longitude...

Fig. 4 :
Carton simplifié des types de régimes thermiques



Pour la cartographie des types pluviométriques, nous n'avons pas eu recours au S.I.G., car à partir de nos données et de nos moyens nous n'avons pas pu mettre en évidence des relations statistiquement fortes entre notre typologie et/ou notre base de données et le modèle numérique de terrain. La cartographie des 14 types a été obtenue par interpolation raisonnée selon l'appartenance des postes météorologiques aux groupes issus de l'analyse statistique.

On peut rappeler qu'il existe un modèle de spatialisation automatique des précipitations établi par Météo-France appelé AURELHY : Analyse Utilisant le RELief pour l'HYdrométéorologie (BENICHOU, LE BRETON 1987) ; puisque l'ONF disposait de données estimées avec le modèle AURELHY par Météo-France, sur 298 postes de la région PACA et sur la période 1961-1990, nous avons effectué une comparaison sur la même période, entre pluie prédictive par le modèle et pluie observée. On peut en conclure que le modèle est assez performant, car nous avons calculé un coefficient de corrélation de 95%.

Pour les températures, la spatialisation est beaucoup plus performante grâce à de simples et fortes corrélations (toutes supérieures à 90%) aux paramètres du MNT, notamment l'altitude, la distance à la mer et la longitude. Les informations ainsi spatialisées sont pour les températures :

- la température moyenne annuelle T,
- la moyenne des minima du mois le plus froid mh,
- les minima absolus atteints durant la période (soit une fréquence d'une fois sur les 36 ans),
- la probabilité supérieure à 20% de subir des gelées inférieures à - 1°C respectivement en mars, avril, mai et juin, estimée à partir de la fréquence sur la série de 36 ans. Le seuil de - 1°C en abri météo correspond au niveau du sol à des valeurs voisines de - 3°C susceptibles de provoquer des dégâts sur 50% des arbres (CHADOUEF, AUSSENAC, GRANIE 1988 ; OSAER, VAYSSE, BERTHOUMIER 1998).

Vous trouverez insérées dans ce numéro quatre feuilles volantes représentant :
– la carte des régimes pluviométriques en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA),
– la carte de la température moyenne annuelle pour la région PACA,
– la carte de la température moyenne des minima du mois le plus froid pour la région PACA,
– la carte du risque de gel printanier en région PACA.

L'expression cartographique finale

Le SIG permet de produire des cartes à diverses échelles, dessinées à l'aide d'un traceur informatique. Pour concilier économie et lisibilité, l'ensemble des informations climatiques figure sur quatre cartes au format A3* :

- la première représente les différentes zones pluviométriques, selon un gradient de couleurs exprimant la pluviométrie cumulée de mai à août (du rouge au bleu) ;
- la deuxième donne les isothermes de la température moyenne (du rouge au bleu) ;
- la troisième exprime le froid hivernal avec les isothermes de la moyenne des minima du mois le plus froid (gradation "froide" du jaune au bleu) ;
- la quatrième exprime les probabilités de fortes gelées : successivement depuis la mer jusqu'aux montagnes, en mars, avril, mai, juin (gradation "froide" du jaune au bleu).

Les isothermes des minima absolu n'ont pas été cartographiés, la lisibilité étant insuffisante à l'échelle choisie pour imprimer les cartes.

Avertissement

Ces cartes dessinées à petite échelle expriment des macroclimats. Elles n'ont pas la prétention de localiser tous les mésoclimats, ni a fortiori, les climats locaux liés à des environnements topographiques particuliers : effets de crêtes ou de cuvettes. En effet, les postes météo étant quasiment tous situés dans les vallées, la base de données ne peut valablement fournir une telle qualité d'information dans les zones montagneuses.

Ne pas oublier enfin que la cartographie impose de tracer des limites, mais que les phénomènes décrits sont continus ! Les limites doivent donc être comprises comme des espaces de transition.

Conclusion et perspectives

Néanmoins, ces cartes apportent une information originale sur les principaux caractères pluviométriques et thermiques, disponible à l'échelle de la région PACA ; elles intéressent bien sûr les forestiers, mais aussi les agronomes, les agriculteurs, les architectes et les thermiciens du bâtiment, ainsi

que beaucoup d'usagers du territoire, habitants ou touristes de passage.

Ces cartes sont aussi disponibles dans leur forme originale (deux cartes en grand format A0) sur le site internet de l'Observatoire de la forêt méditerranéenne (www.ofme.org). Elles sont aussi intégrées au Schéma régional de gestion sylvicole (SRGS) rédigé par le CRPF PACA.

Pour une appréciation des potentialités forestières à l'échelle d'un massif ou d'une parcelle, il est nécessaire de procéder à un traitement plus détaillé des données pluvio-thermiques.

Les données caractérisant les postes sont accessibles au format *pdf*, sous forme d'interprétations graphiques, sur le site de l'OFME.

T.P., L.A.

Postface

La plus grosse partie du travail a été réalisée par Tiziano PANINI, ingénieur chargé d'étude du CRPF en 1998-99, grâce à un financement du ministère de l'Agriculture.

Le Cemagref du Tholonet et l'ONF (cellule de Manosque) ont activement participé à l'étude climatique, notamment pour la mise en œuvre du S.I.G.

Guy AUBERT, professeur honoraire en phyto-écologie-pédologie de la Faculté des Sciences de Marseille St-Jérôme a assuré l'encadrement scientifique de ce travail et à la relecture attentive du manuscrit.

Références bibliographiques

- AMANDIER L. - 1995. Un avenir forestier pour les terres délaissées par l'agriculture en Provence-Alpes-Côte d'Azur ? Principaux enjeux, références techniques disponibles, recherches suscitées. CRPF PACA et Corse, 91 p. plus 9 annexes.
- BENICHOU P., LE BRETON O. - 1987. Prise en compte de la topographie pour la cartographie des champs pluviométriques statistiques. La Météorologie, 7^e série, n° 19 : 23-34.
- BOISSEAU B., NOUALS D., RIPERT C. - 1992. Stations forestières. in Guide technique du forestier méditerranéen français. Cemagref, Aix-en-Provence.
- CHADOEUF J., AUSSENAC G., GRANIER A. - 1988. Analyse de la variabilité spatio-temporelle et modélisation statistique des variations de stock d'eau du sol en forêt. Annales des sciences forestières, vol 45, n.4 : 323-339.
- OSAER, VAYSSE, BERTHOUMIER - 1998. Gel de printemps. Protection des vergers. CTIFL, 152 p.
- PACHE G., MICHALET R., AIME S. - 1996. A seasonal application of the GAMS (1932) method, modified MICHALET (1991) : the example of the distribution of some important forest species in the Alps. Diss. Bot. 258, Volume jubilaire J.-L. Richard. J. Cramer, Stuttgart : 31-54.
- PANINI T., AMANDIER L., AUBERT G. - 1999. Etude des potentialités forestières des terres agricoles délaissées en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. 159 pages plus 2 cartes. Doc. interne CRPF PACA.

Tiziano PANINI
Ingénieur forestier
Directeur de la
Coopérative
Provence-Forêt
Europole de l'Arbois
BP 50005
13545 Aix-en-
Provence cedex 4
Tél. 04 42 90 73 37
Fax 04 42 90 73 41
Mél : tiziano.panini@wanadoo.fr

Louis AMANDIER
Ingénieur forestier
CRPF-PACA
7 Impasse
Ricard-Digne
13004 Marseille
Tél. 04 95 04 59 04
Fax. 04 91 08 86 56
Mél : louis.amandier@crpf.fr

Résumé

Dans le cadre d'une étude plus générale des potentialités forestières de la région PACA, le CRPF a été conduit à définir et à cartographier les paramètres climatiques les plus déterminants pour les arbres. A partir de l'étude approfondie d'une base de 387 postes météo, une typologie des climats pluviométriques a été élaborée et des relations fortes ont été recherchées entre les données thermiques et les paramètres topographiques et géographiques. La mise au point d'un SIG performant a permis de présenter sous forme cartographique le fruit de ces synthèses. Quatre cartes sont présentées à l'échelle du un millionième en format A3 : la première représente les différentes zones pluviométriques, la deuxième donne les isothermes de la température moyenne annuelle, la troisième exprime le froid hivernal avec les isothermes de la moyenne des minima du mois le plus froid, la quatrième exprime les probabilités de fortes gelées : successivement depuis la mer jusqu'aux montagnes, en mars, avril, mai, juin.

Summary

Rainfall and heat as climatic parameters in the PACA Region (S.-E. France) : analysis of the meteorological data from 1961-1996 and mapping with geographical information systems (GIS)

In the context of a wider study on forest potentiality in the South-East of France (PACA Region = Provence-Alpes-Côte d'Azur), the Regional Centre for Forest Ownership (CRPF) identified and mapped the most important climatic factors that affect tree growth. The in depth analysis of meteorological data from 387 weather stations enabled the determination of a rain typology. Statistical analysis established strong relationships between climatic classification and geographic and topographic parameters. An efficient GIS (Geographical Information System) was built to map results. Four PACA-region maps are presented in A3 format : the first represents the pluviometric types, the second shows the isotherms of the annual mean temperature, the third represents winter cold using the isotherms of the average lowest daily temperature of the coldest month, the fourth one shows the frost risks in March, April, May and June.

Riassunto

Regimi pluviometrici e termici della regione Provenza-Alpi-Costa Azzura : analisi dei dati meteorologici del periodo 1961-1996 e cartografia attraverso un Sistema d'Informazione Geografica

Nell'ambito di un lavoro più generale sulle potenzialità forestali della région Provenza-Alpi-Costa Azzurra (sud-est della Francia), il Centro Regionale della Propriété Forestale (CRPF), ha définito e cartografato i principali caratteri climatici che influiscono sulla crescita degli alberi. L'analisi approfondita dei dati di 387 stazioni meteorologiche ha permesso di proporre una tipologia pluviometrica e di mettere in evidenza le forti relazioni coi parametri topografici e geografici. La realizzazione di un Sistema d'Informazione Geografica (SIG) efficace ha permesso di presentare sotto forma cartografica il risultato delle sintesi. Quattro carte climatiche della regione sono presentate nel formato A3 : la prima rappresenta i tipi pluviometrici, la seconda le isoterme della temperatura media annuale, la terza esprime il freddo invernale attraverso le isoterme della temperatura media dei minimi del mese più freddo, la quarta il rischio di gelo nei mesi di marzo, aprile, maggio e giugno.