

Cartographie et modélisation des éléments du climat en France

Ch. Péguy, J. Mounier, Mme Annick Douguédroit

Résumé

Cet article résume les axes de travail de l'E.R. 30 du C.N.R.S. spécialisée en climatologie. La réalisation de la Carte Climatique Détaillée de la France qui a justifié sa création en 1967 a suscité des questions méthodologiques relatives aux données, en même temps qu'évoluaient les techniques de traitement par la généralisation de l'emploi de l'ordinateur. Les préoccupations relatives au traitement des données et à la modélisation ont, à l'heure actuelle, pris le pas sur les réalisations purement cartographiques.

Abstract

This paper summarizes the main topics of the C.N.R.S. Research Group 30 specialized in climatology. The Detailed Climatological Map of France which justified its creation in 1967 has induced methodological problems concerning the data used, the treatment of which being simultaneously modified very deeply by the general utilization of the computer. In 1983, the preoccupations concerning the treatment of the data and the modelisation took the first place in the work of Research Group 30.

Citer ce document / Cite this document :

Péguy Ch., Mounier J., Douguédroit Annick. Cartographie et modélisation des éléments du climat en France . In: Annales de Géographie, t. 93, n°516, 1984. pp. 204-217;

doi : <https://doi.org/10.3406/geo.1984.20249>

https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1984_num_93_516_20249

Fichier pdf généré le 05/05/2018

Cartographie et modélisation des éléments du climat en France

Ch. P. Péguy,

*Directeur de recherche honoraire, C.N.R.S.**

J. Mounier,

*Université de Haute-Bretagne, Rennes II***

A. Douguédroit,

*Université Aix-Marseille II****

En 1967, le C.N.R.S. créait une « Equipe de Recherche » (E.R.) chargée principalement d'élaborer, puis de dresser, une *Carte Climatologique Détaillée* (C.C.D.) de la France. La suggestion en avait été émise, dès 1963, par Ch. P. Péguy et un avant-projet divulgué à nos amis italiens (21)****. Une communication avait été faite en février 1965 devant les membres de la Société Hydrotechnique de France. La localisation de l'équipe à Grenoble avait été suggérée par la présence de l'un des très rares « Centres de calcul » existant à l'époque et par de riches possibilités de contacts extra-universitaires, notamment avec certains services de l'E.D.F. (les hydro-météorologues de la Division Technique Générale). La C.C.D.,

* Responsable de l'E.R. 30 de sa création (1967) à 1979.

** Responsable par intérim de l'E.R. 30 en 1980-1981.

*** Responsable de l'E.R. 30 depuis 1982.

**** Les appels placés entre parenthèses renvoient à la bibliographie placée en fin d'article, p. 216-217.

surtout à ses débuts, reste grandement redevable à leurs informations et à leurs conseils.

C'est au Congrès International de géographie de Montréal (1972) que purent être présentées les deux premières coupures — GAP et NICE — de la *Carte Climatique Détaillée de la France* (17). Un moment tenté par le 1/200 000^e de la *Carte de la Végétation*, les auteurs s'étaient ralliés au 1/250 000^e, alors tout nouveau. Du long travail de préparation que nécessite toute carte thématique, nous retiendrons l'enquête préalable sur les données existantes et la « densité de l'information » qui fit l'objet d'un article l'année même précédant la constitution de l'E.R. (16).

Par la suite, forte de son expérience en matière de cartographie climatique, puis de « traitement des données », l'équipe effectua des recherches pluridisciplinaires sur les énergies renouvelables (atlas régionaux du gisement solaire). Simultanément, des membres de l'équipe participent au renouveau épistémologique actuel de la géographie qui repose sur un approfondissement de la réflexion théorique en sachant mettre en œuvre le développement récent de la technique.

I. Un quart de la France aujourd'hui couvert par la carte climatique détaillée

Dix ou douze ans plus tard, la publication se poursuit (fig. 1) avec, à première vue, peu de changements dans la présentation extérieure des coupures¹. Il s'agit toujours de cartes 8 (parfois 9) couleurs pliées sous jaquette 4 p., 29 × 36 cm, dont trois comportent une notice sur deux colonnes. Le découpage est en principe celui de la carte I.G.N. au 1/250 000^e, mais a été remanié sur certains points pour permettre des économies de surface. L'objectif des auteurs était, chaque fois que les données le permettaient, de présenter l'information non en termes de *moyennes*, mais de *fréquences*. En fait, la chose n'a été possible que pour les précipitations (schémas stationnels = régimes pluviométriques probables pour un certain nombre de stations sélectionnées). Ces schémas stationnels, situés en localisation exacte, se détachent sur un fond construit par interpolation spatiale à partir des moyennes : un jeu de bandes judicieusement colorées y expriment les « facteurs limi-

1. Nous signalons ci-dessous une modification d'échelle prévue pour certaines coupures actuellement en préparation.

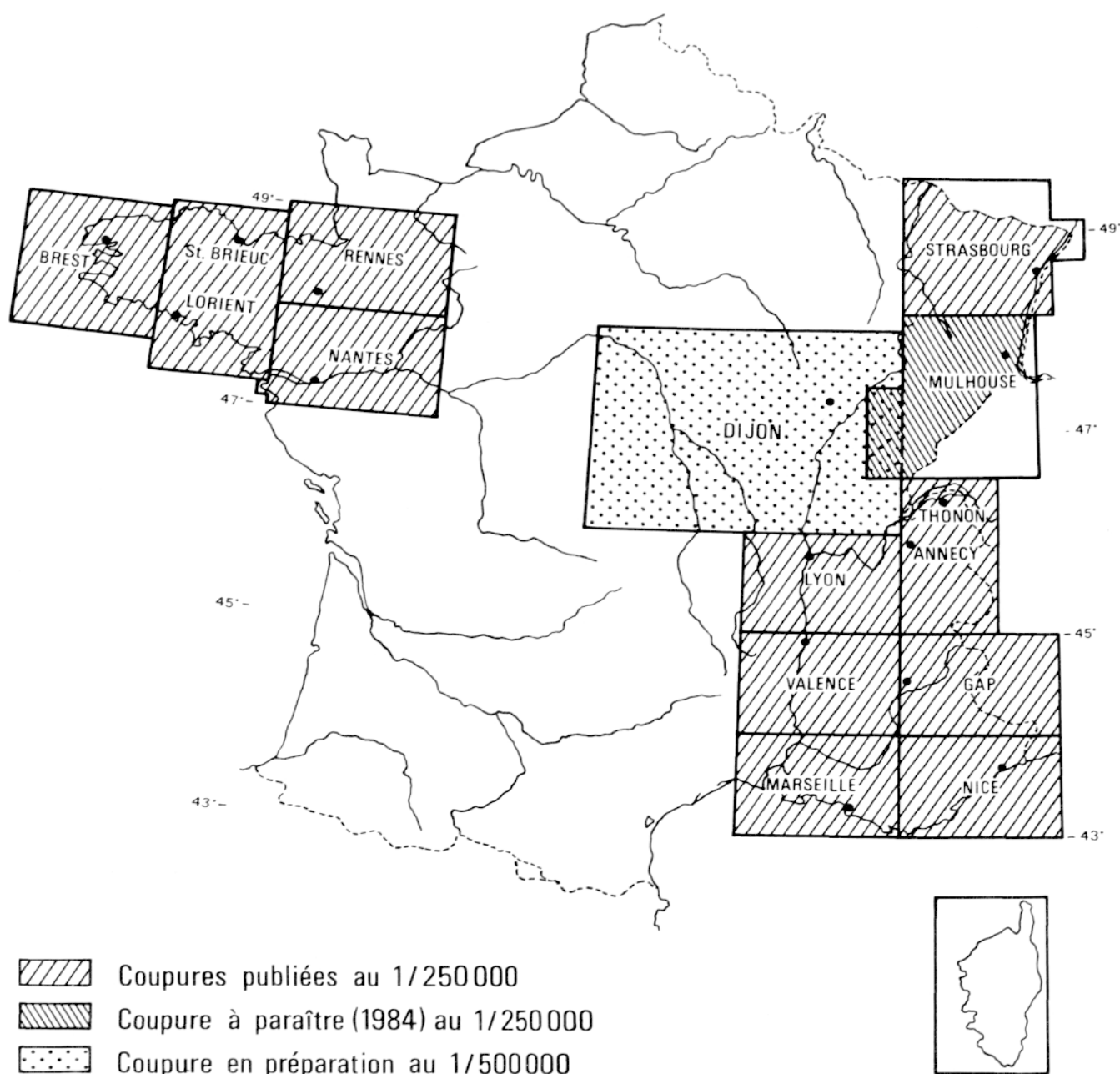


Fig. 1. — ÉTAT D'AVANCEMENT DE LA CARTE CLIMATIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE.

tants » (au sens géobotanique du terme), essentiellement froid et sécheresse, pouvant d'ailleurs se combiner. L'espace laissé libre par les schémas stationnels et le « treillis » des facteurs limitants est teinté à plat en fonction de la température moyenne annuelle. Des cartons viennent enfin compléter la carte principale : certains prévus

pour être communs à toutes les coupures, d'autres spécifiques à certaines d'entre elles, tels que celui consacré à l'enneigement².

On ne s'étonnera guère que, depuis son origine, les conditions de réalisation de la C.C.D. aient changé : parfois pour des raisons qui étaient prévisibles, sinon prévues dès le départ, parfois, pour des raisons qui ne l'étaient pas.

Toute entreprise d'une carte thématique de longue haleine pose à vrai dire un problème inévitable, que l'on pourrait qualifier de double. D'une part, il s'agit de suivre les progrès de la collecte des données, éventuellement de la prospection sur le terrain. Ne rien négliger des apports éventuels des nouvelles techniques, parfois des nouveaux concepts pouvant modifier le visage même d'une discipline. Mais aussi ne pas opérer de remises en cause qui cesseraient de laisser comparables les coupures entre elles et *a fortiori* assemblables des coupures voisines rédigées à quelques années de distance.

Pour la C.C.D., il s'agissait, au fil des ans, de bénéficier, avec bon sens, des améliorations survenues dans les techniques du graphisme et de l'impression, un peu plus tard du calcul, et pour finir du stockage des données. L'emploi de l'ordinateur, on s'en doute, s'est imposé (20) : au Centre Interuniversitaire de Calcul de Grenoble même, depuis 1966, et à partir de 1981 par un terminal relié directement avec lui. Mais il fallait, sur d'autres plans, tenir compte de l'évolution même de la discipline, tels que les enseignements tirés par les climatologues français de la sécheresse de 1976. Plus que la carte elle-même, dont l'élaboration fit de gros progrès techniques, mais qui n'offrit guère d'autre modification apparente qu'un affinement du « fond technique » pour les coupures de plaine, ce furent les cartons qui permirent des innovations graphiques : résultats d'une analyse factorielle des précipitations annuelles sur la coupure Lyon (1977) ; calendriers pluriannuels en damiers, imaginés par J. Mounier (1977) pour exprimer les bilans de l'eau par années climatiques successives pour les coupures situées en dehors des zones de haute montagne depuis 1978 ; calendrier de probabilités de l'enneigement sur Annecy-Thonon (1980) et du rapport journalier d'insolation (rapport entre la durée mesurée et la durée maximale) sur Nantes (1982).

Les conclusions tirées de la réalisation des cartes de l'Ouest armoricain et d'une réflexion méthodologique ont mené au projet

2. Les principes de la construction de la C.C.D. sont rappelés au début de la *Notice* qui accompagne chacune d'elles. Nous renvoyons le lecteur qui serait intéressé par des détails dans lesquels nous ne pouvons, faute de place, entrer ici, aux trois articles cités en bibliographie sous les n° 3, 15 et 19.

d'une C.C.D. à plus petite échelle (1/500 000^e) pour les régions françaises de faible relief où les phénomènes climatiques varient moins rapidement dans l'espace qu'en montagne. Le principe général retenu a été celui de la cohérence entre les deux échelles, tant sur le plan thématique que dans la réalisation graphique. En fond de carte, la représentation des températures et des facteurs limitants de type bioclimatique demeure. Mais au rapport P/2T sera substituée la prise en compte du déficit hydrique par la différence entre l'eau disponible dans le sol (avec réserve estimée) et l'évapotranspiration calculée par les méthodes de Thornthwaite et/ou Turc. Les schémas stationnels seront en nombre plus limité que sur le 1/250 000^e. La première coupure, en préparation, sera celle de Dijon.

II. Les atlas régionaux de l'insolation journalière en France

La crise posait le problème des « énergies douces », et en premier lieu celui du « solaire ». Très tôt, l'E.R. 30 se révéla apte à apporter son concours spécifique en ce qui concerne la connaissance de ce que l'on a appelé le « gisement solaire » français.

Les variations spatiales de l'énergie solaire, susceptible d'être captée au niveau du sol, sont difficilement interprétables par suite du faible nombre de stations météorologiques qui mesurent directement la radiation solaire. De fait dans ce domaine, la cartographie (cf. Atlas Tricaud) (10, 22) donne seulement des renseignements limités et ne permet pas de dégager une connaissance sérieuse des contraintes et des potentialités régionales du gisement solaire. Cette connaissance passe donc nécessairement par une étude de la répartition géographique de l'insolation, variable plus fréquemment observée.

Mais il ne s'agissait pas pour l'E.R. 30 de proposer de nouvelles cartes de répartitions des valeurs moyennes, annuelles ou mensuelles de l'ensoleillement, ces cartes ayant été publiées à plusieurs reprises par la Météorologie Nationale (14). En collaboration avec le Laboratoire de Mécanique des Fluides de Grenoble, le choix du paramètre à étudier a porté sur l'insolation journalière qui a le double avantage de mieux cerner les réalités économiques et de permettre un traitement statistique plus pertinent. Plus exactement, la valeur traitée a été le rapport journalier d'insolation³; grâce à

3. L'on sait qu'il existe une relation linéaire entre le rapport d'insolation, R., et le rapport de l'énergie globale, R.G., à la radiation globale extraterrestre, R.G.A., arrivant à l'entrée de

des programmes élaborés par l'E.R. 30, certaines démarches ont été automatisées :

- calcul des rapports journaliers d'insolation,
- analyses fréquentielles et séquentielles de ces rapports,
- tracés des « calendriers de probabilités », permettant d'évaluer pour chaque station et par mois la probabilité de dépasser une valeur donnée du rapport d'insolation.

Ensuite, les fréquences mensuelles des rapports journaliers, dépassant certains seuils à signification climatique et même économique, ont été cartographiées : $R > 0,8$ (journée de très beau temps), $R > 0,5$ (beau temps), $R \leq 0,1$ (ciel couvert). Enfin, pour chaque mois, une quatrième carte représente les variations spatiales du rapport moyen mensuel.

A titre d'exemple, un échantillon caractéristique de calendriers de probabilités et un assemblage de cartes ont été extraits des trois atlas déjà publiés ; Région méditerranéenne, France de l'Ouest, France du Sud-Ouest (2). Les calendriers de probabilités (fig. 2 et 2 bis) offrent un double intérêt : ils permettent une description des principaux types de climats et comparent les potentialités régionales en énergie solaire. Dans l'exemple cartographique choisi (fig. 3), on peut également mettre en évidence la contrainte climatique qui correspond au mois le moins ensoleillé de l'année et à la plus forte probabilité d'avoir une journée très nuageuse, défavorable à l'apport d'énergie.

En réalité, cette analyse fréquentielle de l'insolation constitue un premier stade dans la connaissance des états journaliers de l'atmosphère dont les applications sont nombreuses. On peut citer parmi celles-ci l'habitat bioclimatique ou les systèmes solaires utilisant l'énergie solaire. Cette connaissance sera améliorée par le développement de deux axes de recherche : l'estimation fiable des fréquences d'irradiation globale journalière à partir des fréquences d'insolation d'une part, une modélisation des types de temps en fonction des rythmes journaliers des besoins énergétiques (variations diurnes de la température, de l'humidité de l'air), et des apports en énergie (radiations solaires, insolation) d'autre part. Le premier est en cours de réalisation à l'E.R. 30 dans le cadre du C.N.R.S. (P.I.R.S.E.M.) ; le second dans le cadre d'une opération pluridisciplinaire subventionnée à la fois par les ministères de l'Équipement, de l'Énergie et le C.N.R.S., opération à laquelle participe l'E.R. 30 qui peut apporter son expérience en matière de traitements de données et de modélisation de paramètres climatiques.

l'atmosphère, au-dessus d'un lieu : $RG/RGA = aR + b$ d'où $RG = RGA(aR + b)$; R.G.A. est calculée à partir de formules de trigonométrie dont les variables sont bien connues : latitude du lieu, déclinaison du soleil, distance soleil-terre. Bibliographie n° 2.

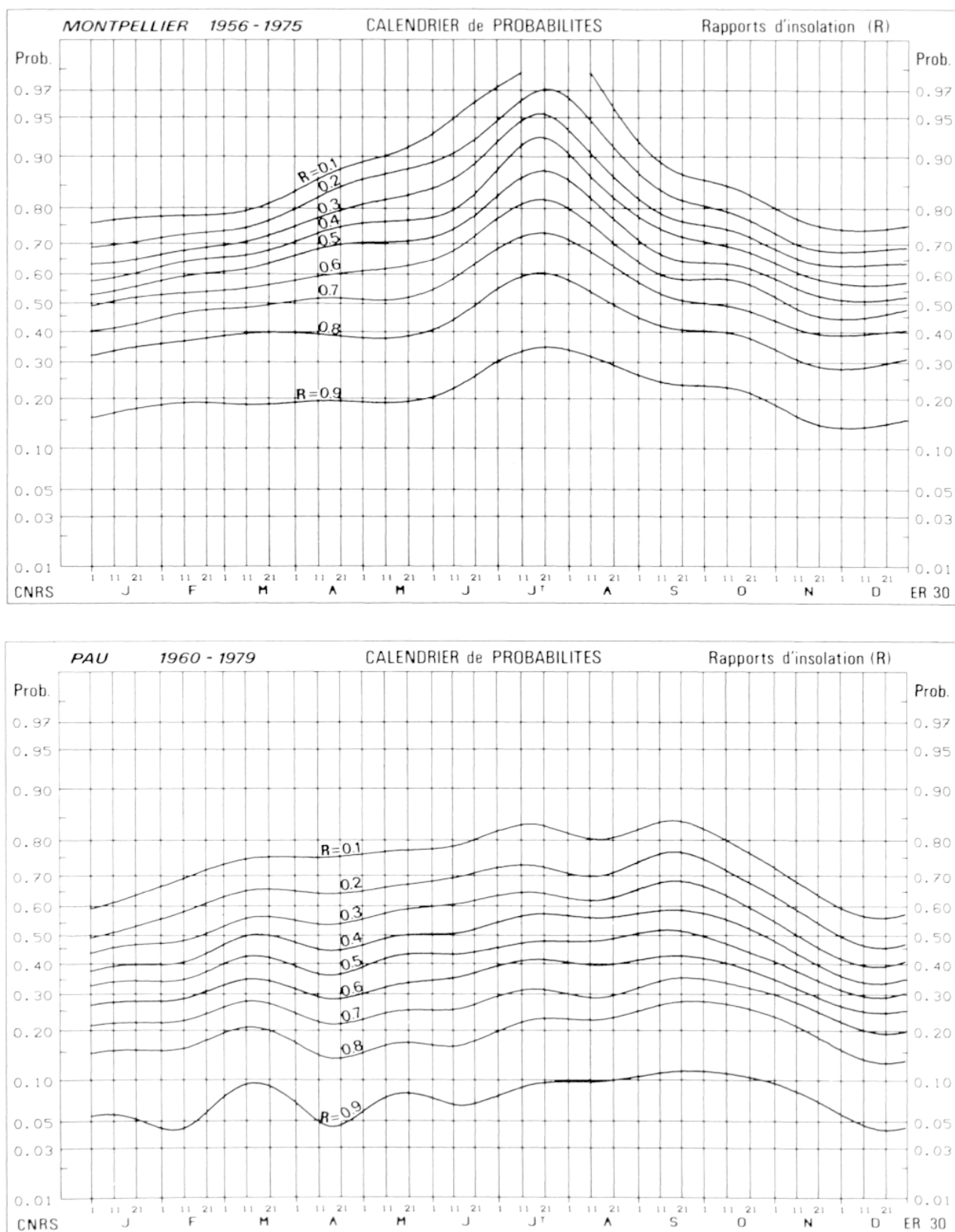


Fig. 2. — RAPPORT D'INSOLATION : CALENDRIERS DE PROBABILITÉS.

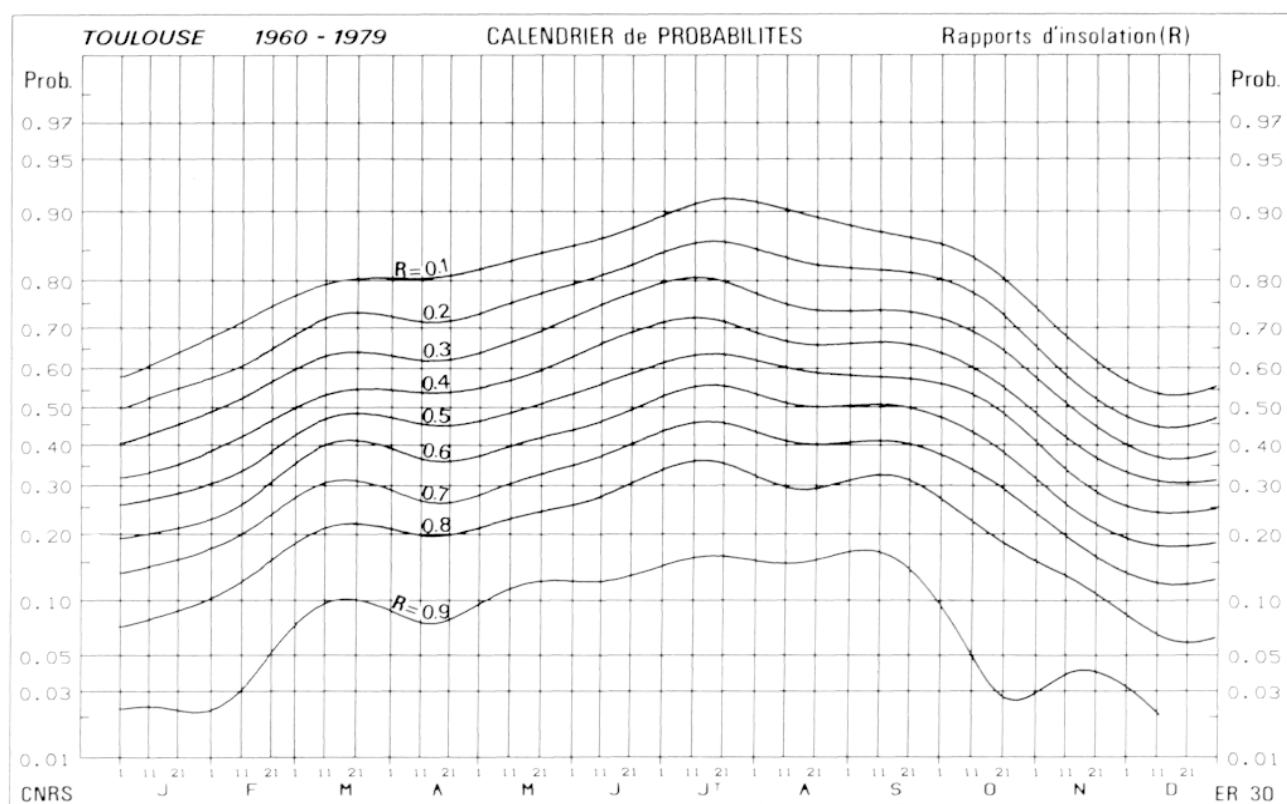
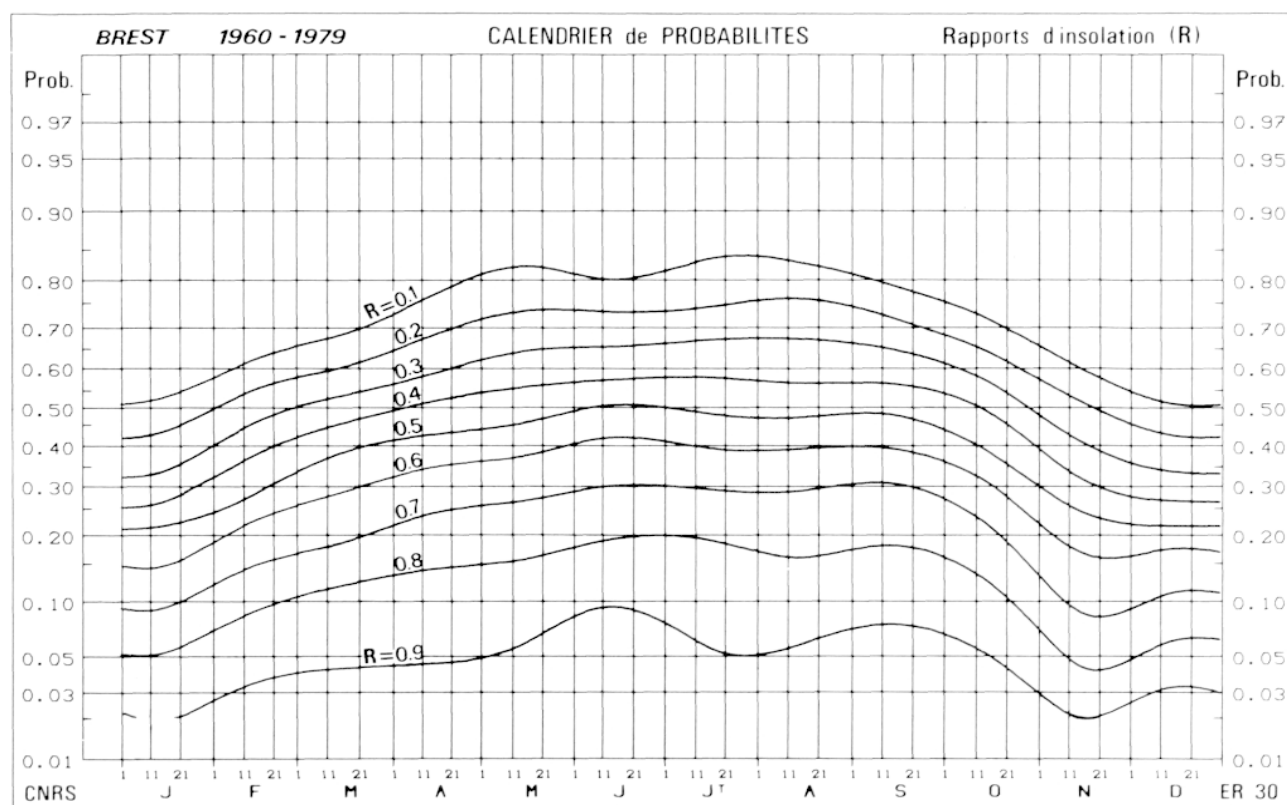


Fig. 2 bis. — RAPPORT D'INSOLATION : CALENDRIERS DE PROBABILITÉS.

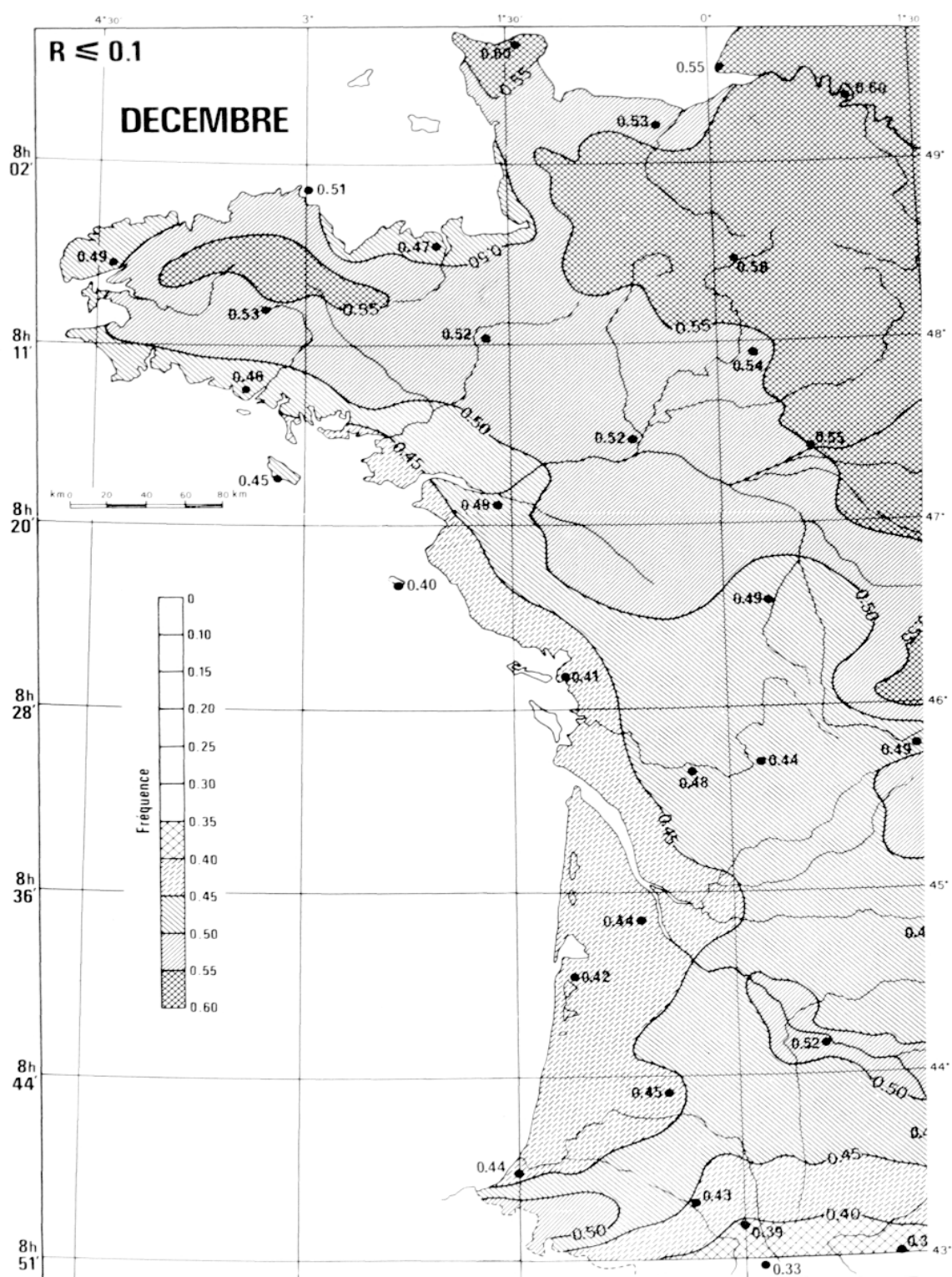


Fig. 3. — FRÉQUENCE DES JOURNÉES FAIBLEMENT ENSOLEILLÉES
(RAPPORT D'INSOLATION INFÉRIEUR OU ÉGAL À 0.1).

Période de référence : 1960-1979.

III. Réflexions épistémologiques et modélisations

Il est un point que l'historien des sciences de demain retiendra peut-être. La première coupure de la C.C.D. paraissait à peine que la jeune géographie française abordait son virage décisif des années 1970-1972⁴. C'est juste au retour du Congrès de Montréal que se réunissait le premier des Colloques des *Mathématiques appliquées à la Géographie* (Besançon, octobre 1972). Née dans la géographie d'« avant 68 », l' E.R. 30 élaborait une C.C.D. d'une conception déjà trop proche du renouveau pour ne pas en subir rapidement le contrecoup. Son programme se diversifia progressivement jusqu'à donner actuellement une place prépondérante à la géographie « quantitative » voire à la géographie « théorique »⁵. Nul ne s'en plaindra aujourd'hui. Enfin, l'on aurait tort de méconnaître l'impact de la sécheresse de 1976. Elle fournit l'occasion de dégager — ou d'approfondir — trois orientations de recherches : la signification climatique du concept de R.U. (Réserve Utile en eau du Sol); la recherche des sécheresses antécédantes intégrant la prise en compte de leurs durées; les réactions inégales enfin des milieux socio-économiques divers face à des déficiences pluviométriques égales. C'est très largement à la suite des réflexions suscitées par la sécheresse de 1976 que fut forgé le fructueux concept de « contrainte » climatique (J. Charre, J.-P. Marchand). Cela pouvait être l'occasion de replacer les études climatiques, en France, sous de nouvelles perspectives.

Pour ne retenir que les orientations de recherche ayant fait l'objet de plusieurs publications — entre lesquelles la poursuite d'un effort collectif a effectivement permis une amélioration notable des techniques — on voit un double progrès se dessiner dans le sens de la formulation des concepts et de la modélisation statistique. Tel est le cas pour les topoclimats thermiques dont le mode de résolution apporte une réponse à la vieille question posée dès le siècle dernier, celle de la diminution de la température avec l'altitude (A. Douguédroit et M.-F. de Saintignon, 1970-1981; fig. 4) (4, 5). Une généralisation de ce modèle est envisagée et des applications apparaissent, telles que les conditions climatiques d'utilisation des « canons à neige ». Dans une autre orientation, le dessin automatique des « calendriers de probabilités » et leur généralisation se sont révélés être des synthèses efficaces du déroulement annuel des phénomènes

4. Voir Péguy, Ch. P., *Ann. de géogr.* n° 506 (1982), p. 510. *Ann. de géogr.* n° 510 (1983), p. 286, note 3. *Espace géogr.* 1982/3, p. 188, note 13.

5. Actuellement (1983), cinq membre de l'E.R. 30 sont membres du *Groupe Dupont*.

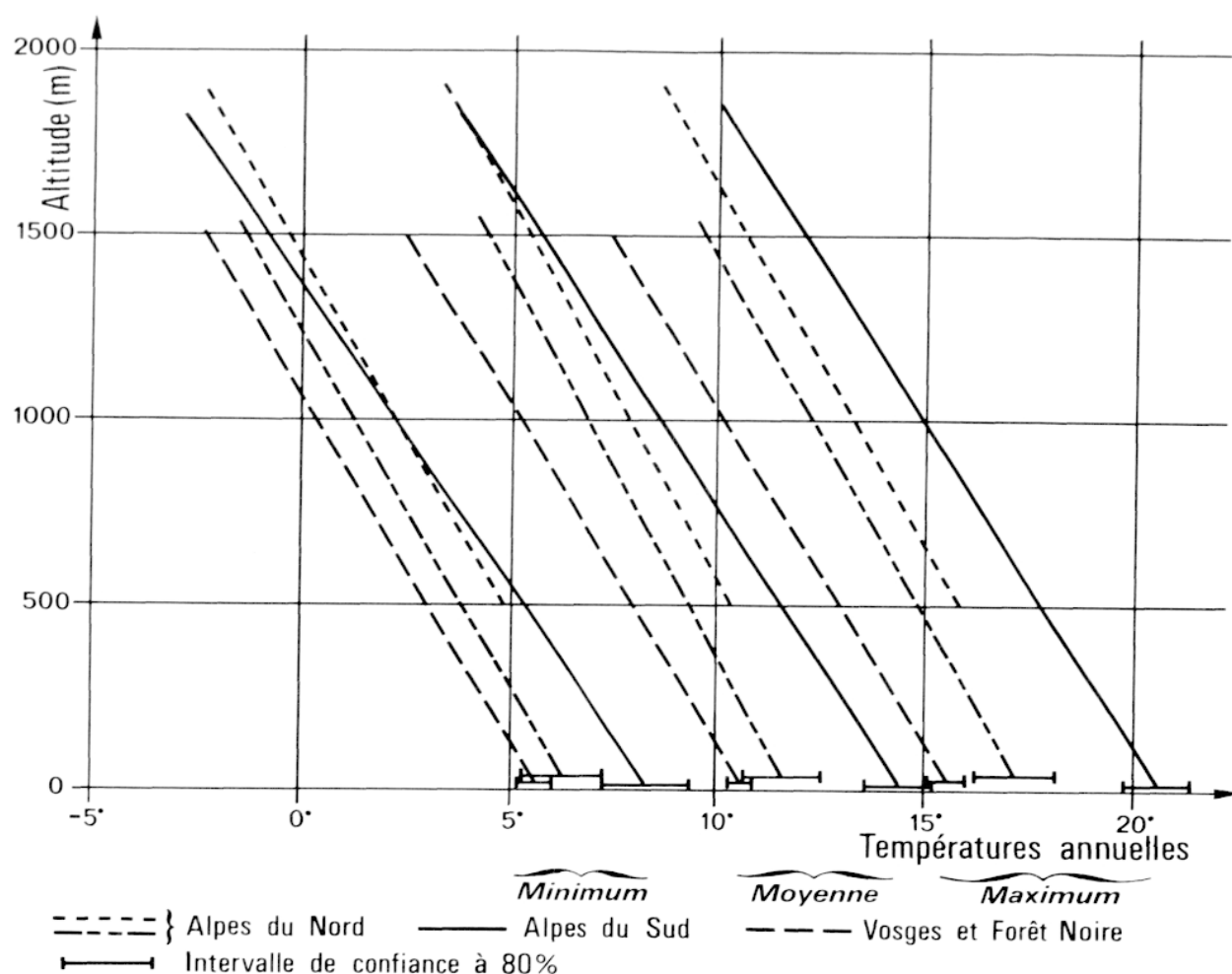


Fig. 4. — DÉCROISSANCE COMPARÉE DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE AVEC L'ALTITUDE POUR LES FONDS DE VALLÉES DE DIFFÉRENTES RÉGIONS CLIMATIQUES FRANÇAISES.

climatiques (Ch. P. Péguy et S. Martin, 1974-1981) (12, 18). Plus significative encore est la modélisation des « séquences » (c'est-à-dire l'occurrence de jours consécutifs offrant un même caractère météorologique, telle que l'absence de précipitations). Cette modélisation a été réussie avec la collaboration d'un Professeur de l'Institut de Mathématiques Appliquées de Grenoble (A. Lebreton, S. Martin) (11), (fig. 5). Elle a permis des recherches sur l'extension spatiale des séquences sèches en France (E. Galloy, A. Douguédroit, 1982-1983) (6, 7, 8, 9). Enfin, une orientation se dessine vers les variations temporelles d'ordre séculaire de ces mêmes séquences (A. Douguédroit). Les programmes informatiques spécifiques établis sont utilisés pour des objets non climatiques; ils l'ont déjà été en hydrologie.

Illustration non autorisée à la diffusion

Fig. 5. — SÉQUENCES SÈCHES (SEUIL DE 1 mm) DÉBUTANT AU COURS DE LA PÉRIODE NOVEMBRE-MARS A MONTÉLIMAR (1921-1975). AJUSTEMENTS DE LA RÉPARTITION EMPIRIQUE DES SÉQUENCES DÉPASSANT n JOURS PAR DIFFÉRENTS MODÈLES THÉORIQUES.
Figure extraite de Lebreton, A., Martin, S., 1979

Le souci des variations climatiques d'abord développé à l'aide de méthodes simples s'est trouvé converger avec le constat des insuffisances des analyses factorielles utilisées d'abord pour les corrélations entre les variables et a mené à l'étude en 1981 de modèles d'analyse de la variance en collaboration aussi avec des chercheurs de l'I.M.A.G. Actuellement ces modèles sont appliqués à des longues séries du fuseau euro-africain pour un programme du P.N.E.D.C. (Programme National d'Etude de la Dynamique du Climat) auquel l'expérience de l'E.R. 30 dans le double domaine de la statistique et de l'informatique avait entraîné la participation.

Conclusion

L'E.R. 30 créée pour réaliser la Carte Climatique Détaillée de la France poursuit cet objectif initial, mais ses activités se sont diversifiées pour les différentes raisons et dans les orientations exposées plus haut. Ceci a permis d'ailleurs, du moins dans certains cas, une amélioration dans la réalisation des cartes. Cette Equipe a donc subi une mutation, la part de ses activités liées aux axes de recherche développés récemment ayant pris le pas, du moins à l'heure actuelle, sur les réalisations purement cartographiques.

Bibliographie

Cartes

1. C.N.R.S./E.R. n° 30. *Carte Climatique Détaillée de la France* au 1/250 000°. Coupures parues : Gap (1971), Nice (1972), Valence (1973), Brest (1974), Marseille (1975), Lyon (1977), Rennes (1978), Annecy-Thonon (1980), Saint-Brieuc-Lorient (1981), Nantes (1982), Strasbourg (1983).
2. C.N.R.S./E.R. n° 30. (Collaborations diverses, dans le cadre du P.I.R.D.E.S., puis du P.I.R.S.E.M.). *Atlas des Fréquences de l'insolation journalière*. Parus : *Midi méditerranéen*, Voiron, 1980 ; *France de l'Ouest*, Voiron, 1982 ; *France du Sud-Ouest*, Voiron, 1983.

Travaux cités

3. C.N.R.S./E.R. n° 30. « Dix ans de Carte Climatique Détaillée de la France ». *Eaux et Climats. Mélanges géogr. offerts à Ch. P. Péguy*. Grenoble, 1981, pp. 41-84.
4. Douguédroit, A., de Saintignon, M.F., « Méthode d'étude de la décroissance des températures en montagne de latitudes moyennes. Exemple des Alpes du Sud », *Revue de Géogr. alpine*, 1970, pp. 453-472.
5. Douguédroit, A., de Saintignon, M.F., « Décroissance des températures mensuelles et annuelles avec l'altitude dans les Alpes françaises du Sud et en Provence (séries 1959-1978) », *Eaux et Climats. Mélanges géogr. offerts à Ch. P. Péguy*, Grenoble, 1981, pp. 179-194.
6. Douguédroit, A., « La sécheresse estivale dans la région Provence-Alpes-Côte d'Azur », *Méditerranée*, 1980, pp. 13-21.
7. Douguédroit, A., « Climatological sequences: modelisation and applications », à paraître dans *Bremer Beiträge zur Geographie und Raumplanung*.
8. Galloy, E. *Contribution à l'étude de la sécheresse. Modélisation des séquences climatologiques sur un réseau de stations couvrant l'ensemble de la France*. Thèse 3^e cycle, Grenoble, 1982.
9. Galloy, E., Martin, S., Lebreton, A., « Analyse des séquences de jours secs consécutifs. Application à 31 postes du réseau météorologique français », *La Météorologie*, VI/28 (1982), pp. 5-24.
10. Garnier, R., « Durée et fraction d'insolation en France », *Monographie de la Météorologie Nationale*, n° 1105, 75 p., Paris, 1978.
11. Lebreton, A., Martin, S., « Un modèle pour l'étude des séquences climatiques », *Séminaire de statistique, I.M.A.G., Univ. Scient. et Méd. de Grenoble*, 1979, Vol. 1.

12. Martin S., « L'informatique dans la construction du calendrier de probabilités », *Informatique et Sciences Humaines*, n° 48, (1981), pp. 59-74.
13. Martin, S., Mounier, J., Marchand, J.-P., « Variations pluviométriques durant la dernière période séculaire en Europe Occidentale », *La Houille Blanche*, 1981, n° 7-8, pp. 581-588.
14. Mounier, J., Péguy, Ch. P., « Etudes sur la radiation solaire et l'insolation en France », *Recherches géogr. à Strasbourg*, n° 13-14. (1980), pp. 135-142.
15. Mounier, J., de Saintignon, M.-F., « La Carte Climatologique Détaillée de la France », *Courrier du C.N.R.S.* n° 42 (1981) pp. 47-51. (Par suite d'un incident technique l'illustration principale qui devait accompagner cet article s'est trouvée reportée au n° 43 (1982), p. 4 de la couverture.)
16. Péguy, Ch. P., de Saintignon, M.-F., « L'information climatique en France », *Ann. de Géogr.*, 1966, pp. 657-672.
17. Péguy, Ch. P., « Les coupures Gap et Nice de la Carte Climatologique Détaillée de la France », *International Geography...* University of Toronto Press, 1972, t. I, pp. 238-240.
18. Péguy, Ch. P., « La variabilité interannuelle du cycle hydrique exprimée par les calendriers de probabilités », *La Météorologie*, VI, (1978), pp. 95-99.
19. Péguy, Ch. P., « Le quart de la France couvert par une carte climatique au 1/250 000^e », *Boll. della Soc. geogr. italiana*, 1982, 11-12, pp. 647-668.
20. Péguy, Ch. P., « Informatique et Climatologie », *Ann. de Géogr.*, n° 511 (1982), pp. 284-304.
21. Pinna, M., « Progetto per una Carta Climatica della Francia », *Rivista Geogr. Ital.*, Firenze, 1963, pp. 450-451.
22. Tricaud, M., *Atlas énergétique du rayonnement solaire pour la France*. Paris, P.Y.C., 1978.

Résumé. — Cet article résume les axes de travail de l'E.R. 30 du C.N.R.S. spécialisée en climatologie. La réalisation de la Carte Climatologique Détaillée de la France qui a justifié sa création en 1967 a suscité des questions méthodologiques relatives aux données, en même temps qu'évoluaient les techniques de traitement par la généralisation de l'emploi de l'ordinateur. Les préoccupations relatives au traitement des données et à la modélisation ont, à l'heure actuelle, pris le pas sur les réalisations purement cartographiques.

Abstract. — This paper summarizes the main topics of the C.N.R.S. Research Group 30 specialized in climatology. The Detailed Climatological Map of France which justified its creation in 1967 has induced methodological problems concerning the data used, the treatment of which being simultaneously modified very deeply by the general utilization of the computer. In 1983, the preoccupations concerning the treatment of the data and the modelisation took the first place in the work of Research Group 30.