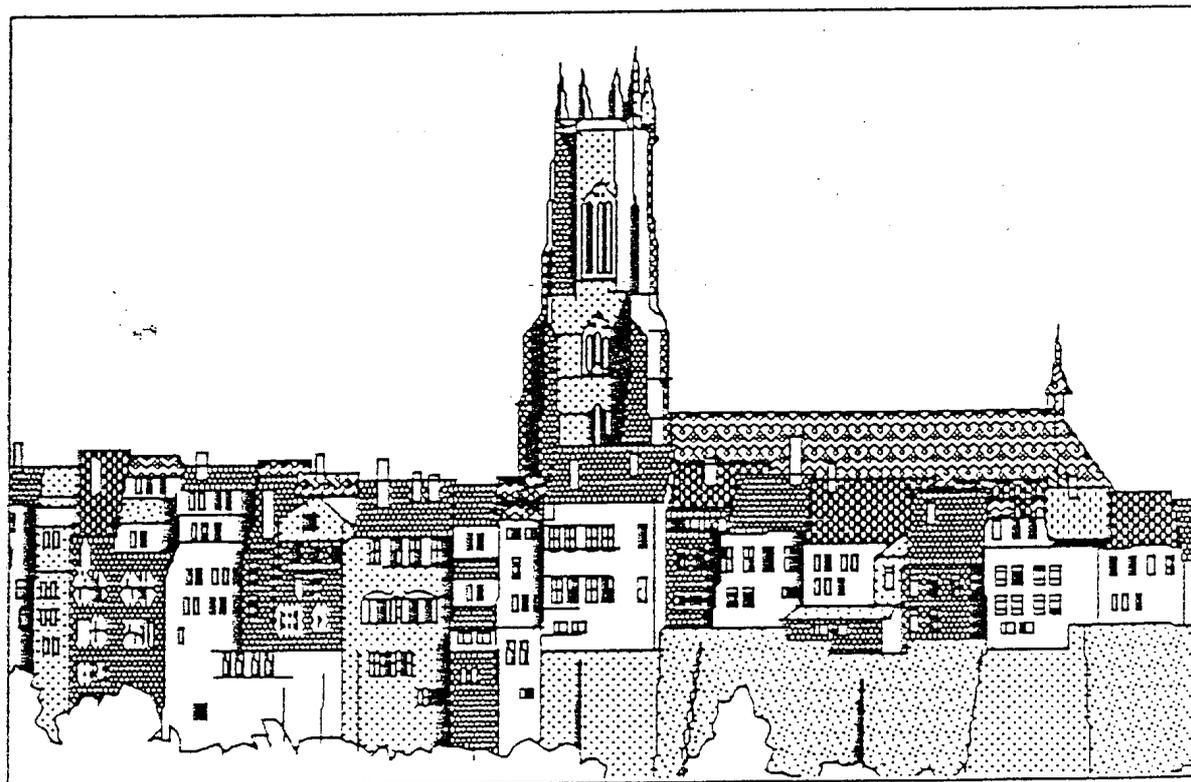


# CLIMAT URBAIN ET QUALITÉ DE L'AIR

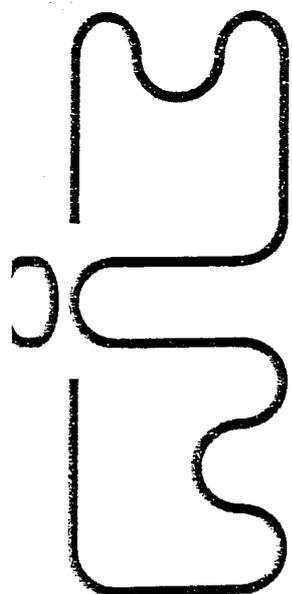
Actes du Colloque  
de Fribourg (Suisse)  
11 - 13 septembre 1991

édités par  
MICHEL ROTEN  
en collaboration avec  
PIERRE-ALAIN BAERISWYL

*Association  
Internationale  
de Climatologie*



39



# LES CALENDRIERS DE PROBABILITÉS APPLIQUÉS À LA VARIABILITÉ DES TEMPÉRATURES MINIMALES ET MAXIMALES DE PORTO

ANA MONTEIRO

INSTITUTO DE GEOGRAFIA, UNIVERSIDADE DO PORTO, PORTUGAL

## Résumé

Sans risquer l'extrapolation d'une *tendance* après l'utilisation des calendriers de probabilités, où l'on ne peut voir que les relevés des dernières années, surtout pour les températures minimales, se situent parmi les groupes de valeurs qui présentent de faibles probabilités d'apparition (30-40%), nous ne pouvons pas éviter d'aborder la question : le climat de la ville de Porto (41°10'N) commence-t-il déjà à ressentir des nuances observées dans d'autres espaces urbains de l'Europe et de l'Amérique du Nord ?

## Abstract

Without trying to speak about a *tendency*, we can't avoid, after seeing the lower probability of the last years Porto's temperature data, specially the minimum records, to pose the question about the potential parallelism between this and the behavior of other European and North American urban areas.

## Mots clés :

Calendrier de probabilités, réchauffement global, effet de serre, système climatique urbain.

Ce travail consiste à démontrer comment l'utilisation d'une technique relativement simple - les calendriers de probabilités - nous permet de mesurer facilement une question fondamentale : l' "importance réelle" des différences de comportement des températures minimales et maximales, constatées depuis peu. En comparant les valeurs actuelles avec les données récoltées depuis le début de ce siècle, on pourrait aboutir à différencier la variabilité propre au "Système Climatique", de celle qui est provoquée par l'action anthropique.

Un rapport final concernant les modifications climatiques globales présenté en 1990 par un groupe de travail de la WMO et de la UNEP (WMO, 1990), a réuni et analysé une quantité impressionnante d'informations. Ce rapport apporte des arguments scientifiques au changement de comportement de quelques éléments climatiques, pendant ces dernières années. On observe, en particulier :

- 1 - un accroissement de la température moyenne du globe terrestre, compris entre 0.3°C et 0.6°C. Notons que les cinq années les plus chaudes du siècle se situent pendant la décennie de 1980;
- 2 - la variabilité climatique n'a pas augmenté durant les dernières décennies, malgré l'élévation de la température moyenne de la planète, qui pourrait induire une fréquence plus grande de valeurs élevées par rapport aux valeurs basses;
- 3 - l' "effet de serre" naturel permet que la terre soit plus chaude qu'elle ne le serait, en l'absence de son enveloppe gazeuse; cependant, les activités humaines ont accru la concentration des gaz qui jouent un rôle important dans cet "effet de serre"; quelques-uns de ces gaz, comme la vapeur d'eau ou le CO<sub>2</sub>, sont plus efficaces que d'autres pour bloquer les radiations infra-rouges; mais il semble que près de la moitié du renforcement de l'effet de serre par les gaz à effet de serre soit due au gaz carbonique;
- 4 - la désertification et la destruction massive des forêts ont modifié l'albédo en certains lieux du globe;
- 5 - le niveau moyen de la mer est monté de 10 à 20 cm pendant notre siècle;

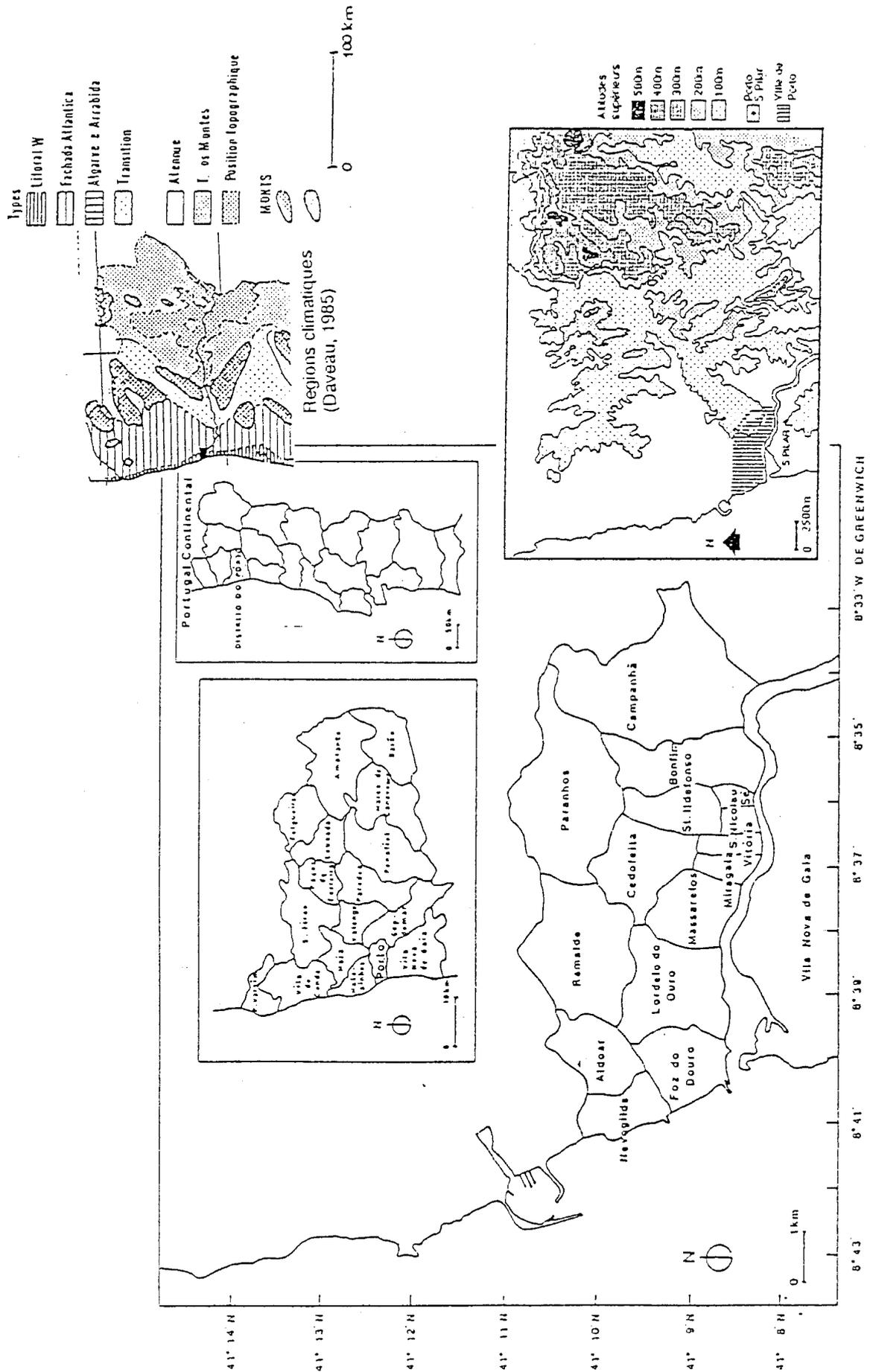


Figure 1 : La région de Porto.

- 6 - l'élévation de la température moyenne terrestre entraînera une modification des écosystèmes, favorisant ou défavorisant certaines espèces et races.

Si rien ne vient changer les objectifs et le "timing" de l'économie internationale, ce que l'on désigne par scénario BaU - Business-as-Usual scenario - , on peut prévoir avec une grande certitude que :

- a - la température moyenne du globe terrestre s'élèvera de  $0.3^{\circ}\text{C}$  par décennie durant le XXI<sup>e</sup> siècle, avec une marge d'erreur comprise entre  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  et  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ;
- b - les continents se réchaufferont plus vite que les océans, et le réchauffement sera très accentué sous les latitudes plus élevées;
- c - les changements climatiques qui se produiront à une échelle régionale seront de loin les plus considérables, particulièrement en Amérique du Nord et en Europe méridionale;
- d - le niveau des mers montera au rythme de  $\pm 6$  cm par décennie, avec un degré d'incertitude estimé de  $\pm 3$  à  $\pm 10$  cm.

Il ne faut pas oublier que la complexité inhérente au système climatique peut donner lieu à de nombreuses surprises. Mais on devrait dès aujourd'hui prendre des mesures correctives pour chercher à freiner quelques-uns des processus de l'intervention de l'homme sur le système climatique. Car dans un proche avenir, si les scénarios prévus ne sont pas catastrophiques en ce qui concerne les conditions de survie humaine minimales, ils entraîneront du moins un coût économique insurmontable et de profonds changements sociaux.

C'est dans ce contexte que se situe notre contribution, consacrée à l'analyse du comportement de quelques variables climatiques dans la région de Porto, pendant ces dernières années. A près de  $41^{\circ}10'$  de latitude nord, Porto est précisément localisée dans cet ensemble de régions où les répercussions du réchauffement global seront particulièrement accentuées. Mais à la position en latitude qui intensifierait les effets prévisibles du réchauffement, on doit aussi ajouter un autre agent, dont on ne peut ignorer l'influence capitale sur le sous-système climatique : l'urbanisation. En ce qui concerne le réchauffement global, il faudra attendre quelques décennies pour en analyser les conséquences, alors que la détection des effets de l'urbanisation peut déjà se faire, en étudiant le comportement des éléments climatiques locaux.

Avant de commencer l'analyse des températures maximales et minimales de Porto pendant ces dernières années, il faut d'abord tenir compte des conditions particulières qui se rattachent à la position de la station météorologique de Porto-Serra do Pilar. Située à 95 m d'altitude, elle se trouve sur la rive gauche du Douro, à près de 6 km de la mer à vol d'oiseau, donc sous l'influence directe de la canalisation des vents dans une vallée relativement encaissée. L'absence d'obstacles majeurs au passage des masses d'air maritime entraîne deux caractéristiques principales : d'une part, des températures moyennes annuelles supérieures à celles qui sont observées dans quelques stations situées à la même latitude, d'autre part, des amplitudes thermiques annuelles ( $11^{\circ}\text{C}$ ) et des moyennes journalières ( $7^{\circ}\text{C}$ ) relativement basses.

Daveau (1985), auteur d'une régionalisation climatique du Portugal continental, insère la région de Porto dans le type "littoral occidental maritime" (fig. 1). Ce type regroupe des régions caractérisées par des amplitudes thermiques annuelles très atténuées, par des températures fraîches et peu contrastées tout au long de l'année, par des brouillards d'advection surtout fréquents pendant les matinées estivales, et enfin par la quasi inexistance de la sécheresse en été.

En hiver, le passage alternatif des dépressions atlantiques et des crêtes anticycloniques entraîne une succession de jours au temps très instable et pluvieux, et de jours au temps stable et assez froid. En été, cette région se trouve, soit sous l'influence des hautes pressions de l'anticyclone des Açores, soit sous les basses pressions qui apparaissent fréquemment sur le centre de la Péninsule Ibérique. D'où l'existence, en été, de conditions favorables à la diminution des jours de sécheresse typique. La distribution des précipitations est très régulière au long de l'année, avec un maximum en décembre, janvier et février (de 110 à 180 mm). Les

vents dominants sont de direction E, entre les mois d'octobre et mars, et NW, d'avril à septembre.

## Comportement des températures minimales et maximales depuis 1930

Tableau I : Valeurs moyennes de 30 ans de Tmax. et Tmin. à Porto.

Mois		TEMP. MAX	TEMP. MIN
Avril	Normal 31-60	18.4	8.8
	Normal 60-89	17.5	8.3
Mai	Normal 31-60	19.6	10.8
	Normal 60-89	19.5	10.6
Juin	Normal 31-60	22.6	13.4
	Normal 60-89	22.5	13.5
Juillet	Normal 31-60	24.7	14.6
	Normal 60-89	24.6	14.9
Août	Normal 31-60	25.0	14.6
	Normal 60-89	24.9	14.6
Septem.	Normal 31-60	23.7	13.6
	Normal 60-89	23.9	13.8
Octobre	Normal 31-60	20.8	10.8
	Normal 60-89	20.9	11.4
Novem.	Normal 31-60	16.7	7.8
	Normal 60-89	16.6	8.0
Décem.	Normal 31-60	13.7	5.4
	Normal 60-89	13.8	5.7
Janvier	Normal 31-60	13.2	4.7
	Normal 60-89	13.4	5.1
Février	Normal 31-60	14.2	5.0
	Normal 60-89	14.2	5.8
Mars	Normal 31-60	16.3	7.5
	Normal 60-89	16.0	6.8

Si l'on compare les valeurs "normales" des températures minimales et maximales pendant les périodes 1931-60 et 1960-89 (tab. I), il est évident que les valeurs les plus récentes sont supérieures. L'augmentation distingue nettement les minimales, où l'on vérifie une élévation de l'ordre de 0.6°C pendant certains mois de l'année. Cette tendance n'est inversée que pour les mois de mars, avril et mai. En détaillant l'analyse et en la limitant aux vingt dernières années (tab. II), nous constatons que les variations observées sont en accord avec la théorie du "réchauffement global". Sa conception, nous le rappelons, est liée à la modification de la composition chimique de l'atmosphère, par suite des innombrables activités associées au

PERIODES	T°C Min	T°C Max
1971-1974	9.25	18.6
1975-1978	9.75	18.5
1979-1982	9.9	18.9
1983-1986	10	18.9
1987-1990	11.04	19.5

processus de "croissance économique" depuis quelques décennies. L'extrapolation de cette tendance à partir d'une information si réduite serait certainement assez risquée. Néanmoins, nous ne pouvons pas éviter d'aborder cette question, en admettant une hypothèse : la ville de Porto commence déjà à ressentir les *tendances* qui ont été confirmées dans d'autres espaces urbains de l'Europe et de l'Amérique du Nord.

Tableau II : Valeurs moyennes de 4 ans de Tmax. et Tmin. à Porto.

C'est pour essayer de mieux cerner le véritable sens de ces variations que nous avons choisi d'utiliser les calendriers de probabilités.

## Les calendriers de probabilités de la température minimale et maximale relevée dans la station de Porto-S. Pilar, entre 1901 et 1990

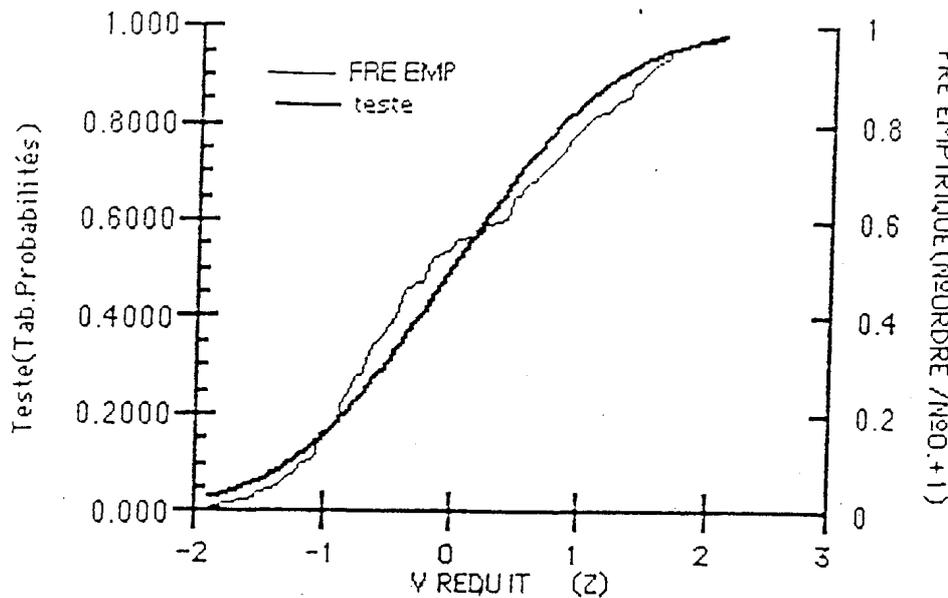


Figure 2 : Comparaison entre le comportement des valeurs de températures minimales de tous les 1 janvier et une distribution normale.

Les calendriers de probabilités sont un type de diagramme, composé d'un axe vertical gaussien et d'un axe horizontal arithmétique, où l'on trace des courbes représentant la probabilité que la variable analysée peut atteindre ou dépasser. Pour cela, il faut absolument que la distribution des fréquences de la variable soit une distribution normale. Un test élaboré à cet effet sur un cas montre une grande proximité entre ce que serait une distribution normale et la distribution de la fréquence réelle

(fig. 2). Nous avons donc pensé que ce test nous autorisait à utiliser cette méthode (fig. 3).

La figure 3 nous permet de connaître la probabilité d'apparition d'une valeur déterminée de température - minimale et maximale -, durant les 12 mois de l'année. La fiabilité du degré de probabilité dépend du fait qu'elle résulte de l'analyse minutieuse des valeurs journalières relevées depuis 90 ans.

En ce qui concerne les températures minimales, on peut observer avec évidence que :

- la période de plus grande probabilité ( $\geq 80\%$ ) d'enregistrer des températures susceptibles de provoquer des gelées au sol ( $\leq 4^\circ$  sous abri) s'étale de novembre à avril;
- entre la fin juin et la mi-août, la probabilité de mesurer des températures supérieures à  $16^\circ$  dépasse les 50%;
- les températures extrêmes minimales relevées en été - entre  $18^\circ\text{C}$  et  $20^\circ\text{C}$  - sont très rares, mais leur présence peut indifféremment surgir entre le 1<sup>er</sup> juin et le 21 août.

La lecture du calendrier de probabilités des températures maximales relevées à Porto-S.Pilar nous permet de constater que :

- même en hiver, la probabilité de températures supérieures à  $10^\circ\text{C}$  est de 90%, et il y a 50% de probabilité pour qu'elles se rapprochent de  $14^\circ\text{C}$ ;
- en été, la probabilité d'observer des températures supérieures à  $25^\circ\text{C}$  dépasse 60%, alors que les extrêmes (de  $32^\circ\text{C}$  à  $34^\circ\text{C}$ ), bien que peu probables, peuvent apparaître pendant la 1<sup>ère</sup> quinzaine de juillet.

De plus, l'ensemble de l'information recueillie, indispensable pour l'élaboration des calendriers de probabilités, facilite un autre type d'analyse intra-annuelle, comme on peut l'observer sur la figure 4. En effet, la représentation graphique des écarts-types et de la

moyenne journalière de la température de Porto-S.Pilar nous autorise à faire quelques commentaires sur la conjoncture climatique de cette région.

Il est remarquable d'observer que les deux courbes des températures minimales ont un tracé pratiquement contraire, alors que celles des maximales sont presque concordantes.

L'analyse du comportement de la courbe de la moyenne de la température minimale et celle de l'écart-type traduit une plus grande irrégularité de la distribution des fréquences pendant l'hiver, alors que les séries sont très régulières entre juin et septembre.

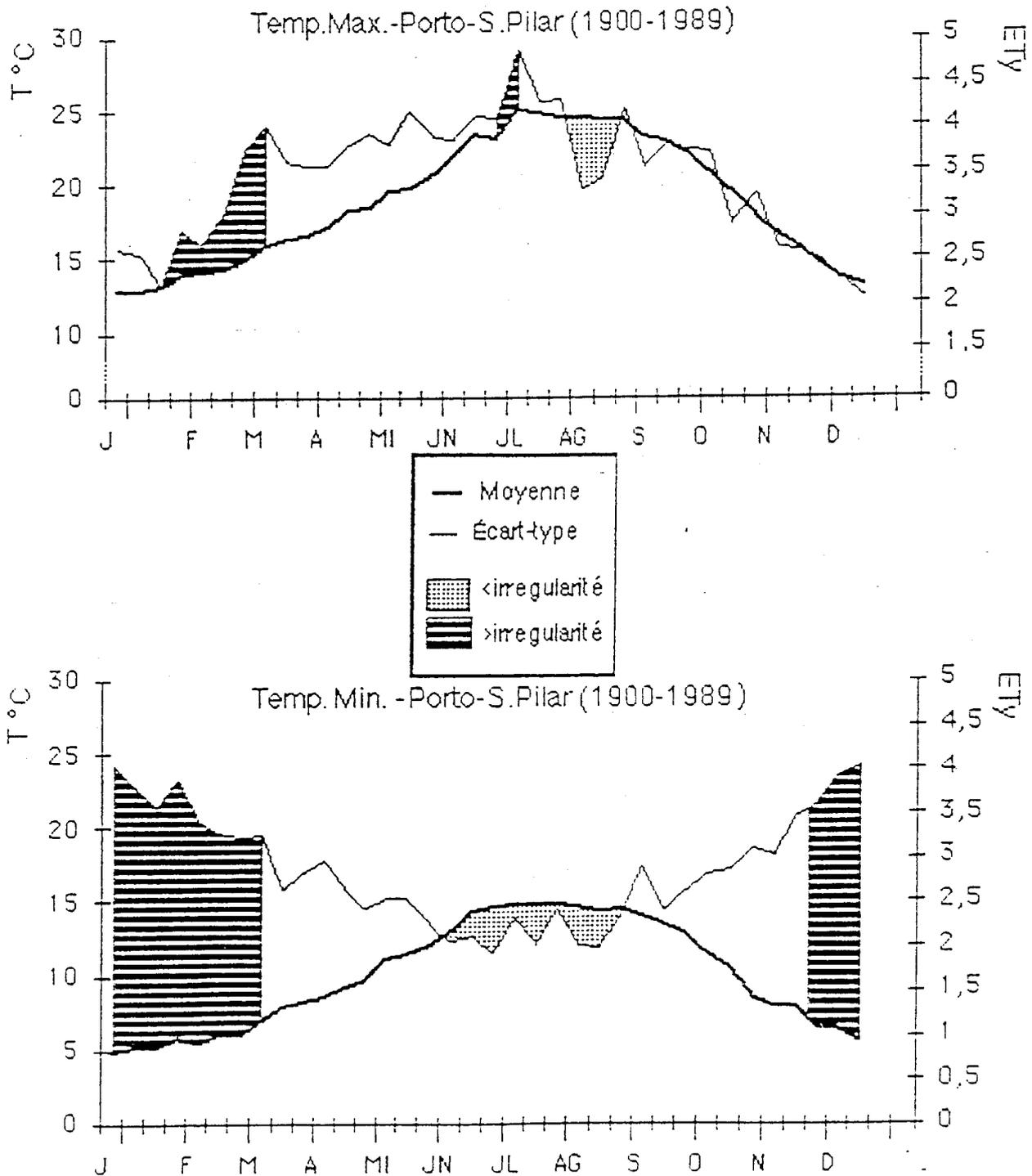
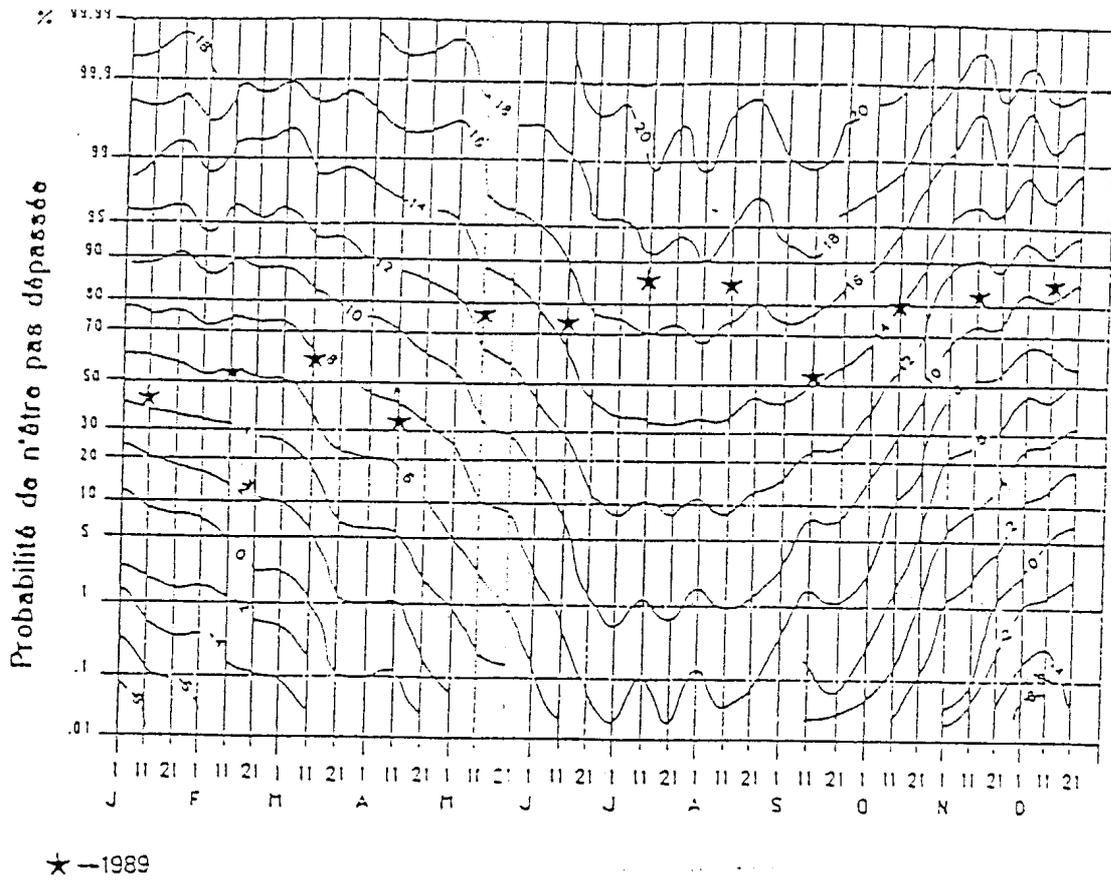


Figure 3 : Analyse intra-annuelle de l'écart-type et de la moyenne (Porto S. Pilar, 1901-1990).

### Températures minimales



### Températures maximales

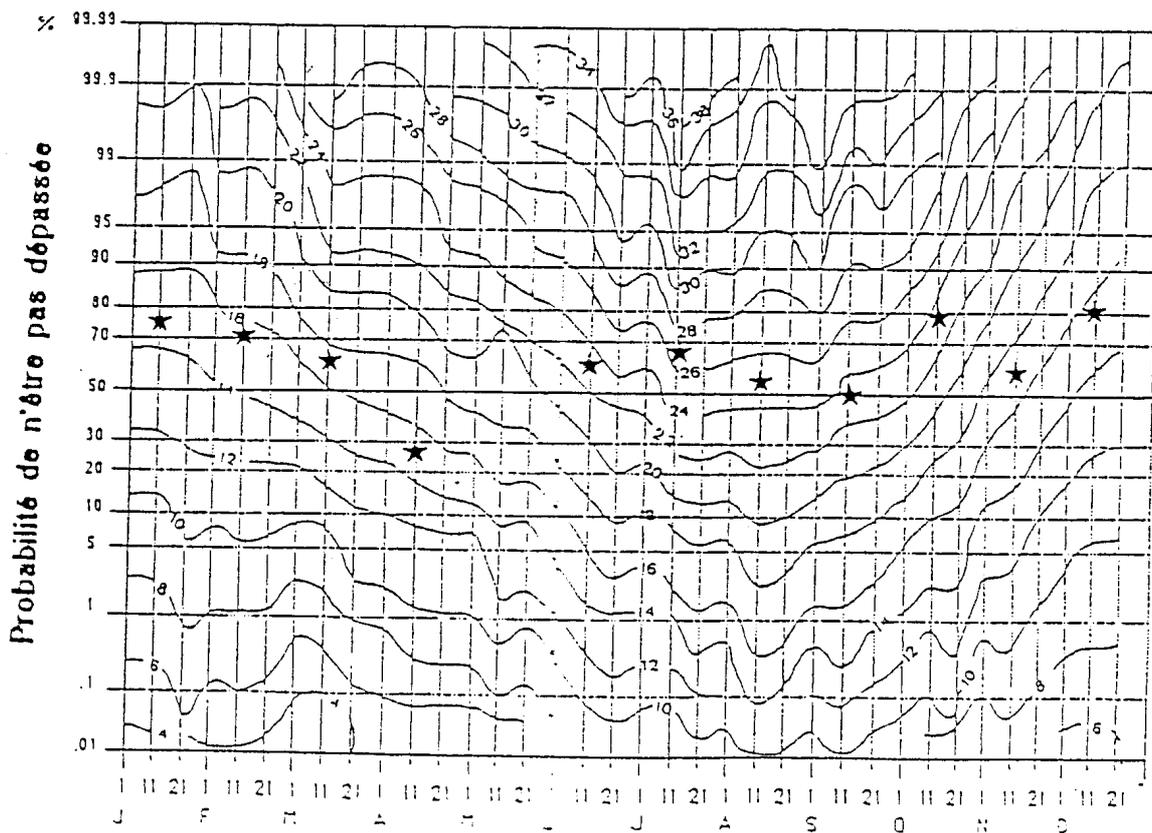


Figure 4 : Calendriers de probabilités pour les températures minimales et maximales dans la station de Porto-Serra do Pilar pendant la période 1901-1990.

Quant aux températures maximales, la variabilité de la série diminue brusquement à partir du 21 juillet : ce fait nous amène à considérer ce moment de l'année comme le véritable début de la chaleur estivale.

A Porto, l'observation de températures plus élevées ne commencerait d'une manière régulière qu'à partir de la fin juillet. A l'exception de cette période, la dispersion des valeurs observées est plus importante en été. On remarque cependant que la plus grande irrégularité débute avant l'été. C'est surtout à partir du mois de mars et jusqu'en juin que la dispersion augmente d'une manière beaucoup plus abrupte que la valeur des températures.

En hiver, on peut vérifier que les températures maximales sont basses, mais très régulières, et que les minimales les plus basses sont très irrégulières. Ce comportement justifie la forte probabilité du rapprochement de la valeur des unes et des autres pendant cette saison. En été, les minimales sont plus élevées et très régulières, alors que les maximales offrent une plus grande variabilité.

### Contribution des calendriers de probabilités pour la compréhension/estimation du comportement des températures maximales et minimales pendant ces dernières années.

Comme nous l'avons déjà souligné, le principal objectif de ce travail repose sur une tentative d'interprétation de l'accroissement réel des températures relevées, particulièrement pendant les deux dernières décennies, et ceci, avec l'aide de cet instrument statistique et graphique, que constituent les calendriers de probabilités. En analysant le passé, nous avons l'intention de différencier la variabilité inhérente au paramètre "température", des modifications provoquées par des agents extérieurs au système climatique. L'utilisation des valeurs de température observées à Porto-S.Pilar de 1901 à 1990 permet donc de mieux discerner les signes de la sensibilité du système climatique en dehors de toute influence extérieure et les nuances qui se rattachent à l'action anthropique.

A titre provisoire, et dans tous les exemples choisis, on peut constater que les relevés des dernières années, surtout pour les températures minimales, se situent parmi les groupes de valeurs qui présentent de faibles probabilités d'apparition (30-40%). Le comportement de cette variable est particulièrement mis en valeur par l'utilisation des calendriers de probabilités.

### BIBLIOGRAPHIE

- CLARK W., MUNN R.(ed.) : *Sustainable development of the biosphere*, Laxenburg, Austria, IIASA, 1986.
- CRUTZEN P., GRAEDEL T. : "The role of atmospheric chemistry in environment-development interactions" *Sustainable development of the biosphere*, Laxenburg, Austria, IIASA, 1986.
- DAVEAU S. : *Répartition et rythme des précipitations au Portugal*, CEG, Lisboa, 1977.
- DAVEAU S. : *Mapas climáticos de Portugal-nevoeiro e nebulosidade contrastes térmicos*, Memórias do CEG, n° 7, Lisboa, 1985.
- DAVEAU S. : *Geografia de Portugal - o ritmo climático e a paisagem*, Ed. Sá da Costa, Lisboa, 1988.
- DETWILER R. : *Urbanization and environment*, Duxbury Press, Belmont, 1975.
- HENDERSON-SELLERS A., ROBINSON P. : *Contemporary climatology* - Essex, Longman Scientific & Technical, 1987.
- HOLDGATE M.W. : *A perspective of environmental pollution*, Cambridge University Press, Cambridge, 1980.
- KATES R., AUSUBEL J., BERBERIAN M.(ed.) : *Climate impact assessment*, Chichester, John Wiley & Sons, 1986.
- WMO/UNEP : *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.