

Publications de l'Association Internationale de Climatologie

Volume 6

*LA SECHERESSE EN MEDITERRANEE  
ET DANS LES PAYS ENVIRONNANTS*

édité par

Panagiotis MAHERAS

Département de Météorologie et Climatologie  
Université Aristote de Thessaloniki (Grèce)

## Bibliographie

- ANGOURIDAKIS V., 1966: Conditions de réduction de la visibilité horizontale à Thessalonique. *Thèse de doctorat*, Université de Thessalonique, 118 p.
- ANGOURIDAKIS V., 1970: Low visibility conditions in the area of Thessaloniki. *Scientific Yearbook of the Physics and Mathematics Faculty*, University of Thessaloniki, Vol. XI, pp. 403-418.
- BROWN R., 1987: Observations of the structure of a deep fog. *The Meteorological Magazine*, Vol. 116, pp. 329-338.
- FINDLATER J., 1985: Field investigations of radiation fog formation at oustations. *The Meteorological Magazine*, Vol. 114, pp. 187-201.

# EST-CE QU'IL Y A DES RAISONS SUFFISANTES POUR PARLER D'UN ÎLOT D'HUMIDITÉ URBAINE DANS LA VILLE DE PORTO?

A. MONTEIRO

Instituto de Geografia, Universidade do Porto, Portugal

## Résumé:

L'impact provoqué par l'espace urbanisé de Porto sur le rythme thermique intra et interannuel est évident dans les données de température des vingt dernières années dans plusieurs stations climatologiques de la région de Porto

Cette recherche a pour objectif de fournir quelques arguments pour alimenter l'hypothèse explicative sur l'énorme importance qu'on peut attribuer à l'intensification du processus d'urbanisation pour comprendre les ruptures d'équilibre dans le système climatique qui peu avoir conduit à la dramatique sécheresse affectant la région méditerranéenne ces dernières années.

## Abstract:

With this exercise we pretend no more than see the humidity distribution pattern under the influence of several different weather conditions. Besides all the unique geographical factors that control the regional climate of Porto it seems obvious that the frequent presence of a moisture island is due to the anthropogenic effects inherent to all urbanization phenomena.

Having shown this, we want to call attention to the relevance of the last two decade's intensification of the urbanization process at the Mediterranean basin to understand and/or explain the dramatic drought experienced now.

**Mots-clés:** Climat urbain, îlot d'humidité urbain, îlot de chaleur urbain.

**Key-words:** Urbanisation, urban humidity island, urban heat island.

## Introduction

Notre contribution à ce débat sur *la sécheresse* proposé par le VIème Colloque International de Climatologie s'est basé surtout sur les nombreuses évidences qui tout au long de notre travail de recherche en climatologie ont émergé, et qui nous permettent de conclure sur l'important rôle que les profondes modifications imposées par le phénomène d'urbanisation jouent et pourront jouer dans les divers *niveaux de résolution du système climatique*.

L'impact provoqué par l'espace urbanisé de Porto sur le rythme thermique intra et interannuel est bien évident dans les données de température des vingt dernières années dans plusieurs stations climatologiques situées dans la région de Porto (Fig.1).

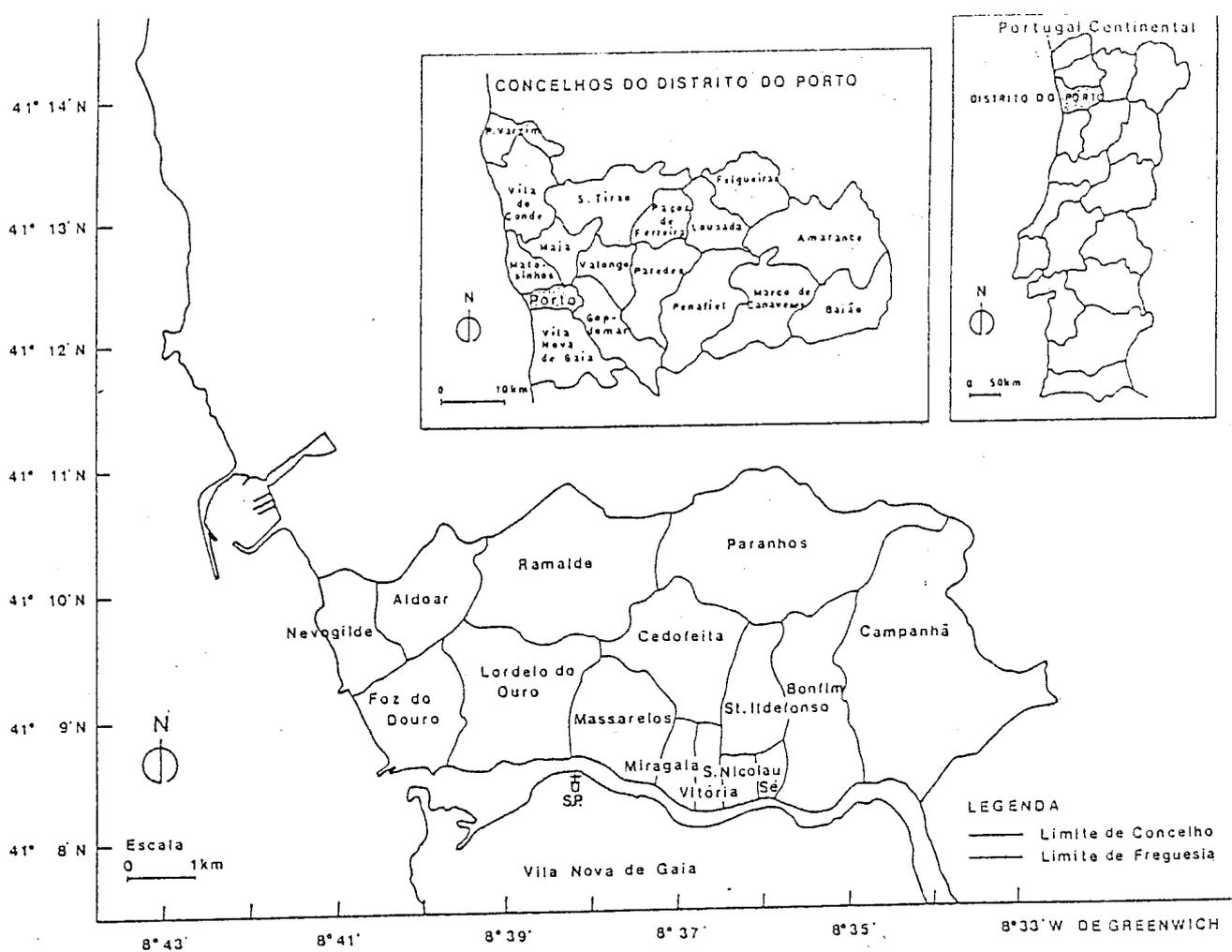


Figure 1: Localisation de la ville de Porto.

Ce fait nous a mené à vérifier si, comme l'affirme Oke (1990)<sup>1</sup>, le même type de relation de causalité peut émerger avec la même acuité sur le modèle de distribution de l'humidité dans cet espace intensément urbanisé.

On a remarqué fréquemment la présence d'ilot(s) de chaleur avec une intensité appréciable.

On a trouvé des anomalies thermiques positives relatives à la périphérie (Porto-Serra do Pilar) jusqu'à six degrés, dans une ville peuplée d'environ 300 000 habitants, dans laquelle les conditions de dispersion dans l'atmosphère sont excellentes, cette agglomération est dotée d'une significative différenciation topographique NE-SW, et elle est influencée par deux masses d'eau aux caractéristiques diverses comme l'Océan Atlantique (à l'ouest) et le Fleuve Douro (au sud).

Si, en dépit de ces conditions géographiques favorables à la dispersion de l'ilot de chaleur, nous continuons à l'appréhender fréquemment, alors, il semble légitime de déduire que les innombrables interventions de l'homme dans l'organisation de l'espace sont fortes et modifient profondément les équilibres instables de plusieurs composantes de l'écosystème.

L'indiscutable liaison et interdépendance entre les bilans hydrique et thermique justifient notre intérêt pour comprendre les conséquences de ce type d'espace artificiel que sont les villes sur le modèle de distribution de l'humidité.

Bien que dans ce cas l'extrapolation pour le bassin Méditerranéen ne soit pas possible on peut du moins, à partir des résultats obtenus pour notre exemple, la ville de Porto, mettre en évidence les rapports étroits de dépendance entre l'importance et l'intensité potentielle que les impacts d'origine anthropique peuvent provoquer sur la température et sur l'humidité, générant une conjoncture climatique régionale différenciée.

Ainsi, il nous semble que la tentative de compréhension de la plus grande fréquence et/ou de la plus grande durée des épisodes de sécheresse dans le bassin Méditerranéen, énoncé et démontré par divers auteurs et cité par plusieurs participants dans ce Colloque, ne doit pas nous faire oublier ou négliger, qu'en aucun cas, l'intensification de l'urbanisation, particulièrement dans les vingt dernières années, d'autant plus que si elle est entièrement déclenchée par l'homme, une fois comprise et confirmée, elle peut être facilement soulagée et diminuée.

Il faut alors chercher des arguments valables pour témoigner de l'importance qu'on

1 "...Urban/rural humidity differences are rather small, and the spatial pattern is often complex. The consensus of mid-latitude studies suggests that the urban canopy air usually drier by day, but slightly more moist by night. This pattern is most evident during fine summer weather. [...] In the city weak evaporation, reduced dewfall, anthropogenic vapour, and the stagnation of airflow all combine to maintain a more humid atmosphere in the canyon-air volume. After sunrise the evaporation of dewfall and other surface water (including guttation and distillation) rapidly replenishes moisture in the rural atmosphere because convective transport is slow to develop. Later in the day instability promotes the mixing of vapour from the surface layer with that above and vapour concentrations in both areas are diluted.

The night-time humidity excess in the city exhibits a moisture "island" similar to that of temperature", *Boundary Layer Climates*, Second Edition, Routledge, London, 1990, p.295.

peut attribuer à l'intensification du processus d'urbanisation, pour comprendre les ruptures d'équilibre dans le système climatique qui peut avoir conduit à la dramatique sécheresse qui a affecté la région méditerranéenne ces dernières années.

Les différents modèles de distribution d'humidité absolue dans la ville de Porto ont été déduits à partir des données de température et d'humidité relative effectuées tout au long de parcours itinérants faits en voiture.

De tous les parcours on a sélectionnés, pour ce travail, de préférence celui qui englobe uniquement la moitié ouest de la ville.

Ce parcours, parce qu'il est le moins long ( $\pm 1$  heure), diminue le *bruit* dans l'information introduit par l'évolution des divers éléments climatiques tout au long de la nuit, dans la station climatologique de référence (Porto-Serra do Pilar). Ce parcours traverse néanmoins, des surfaces de densités d'occupation du sol et des caractéristiques fonctionnelles très différentes (Fig.2).

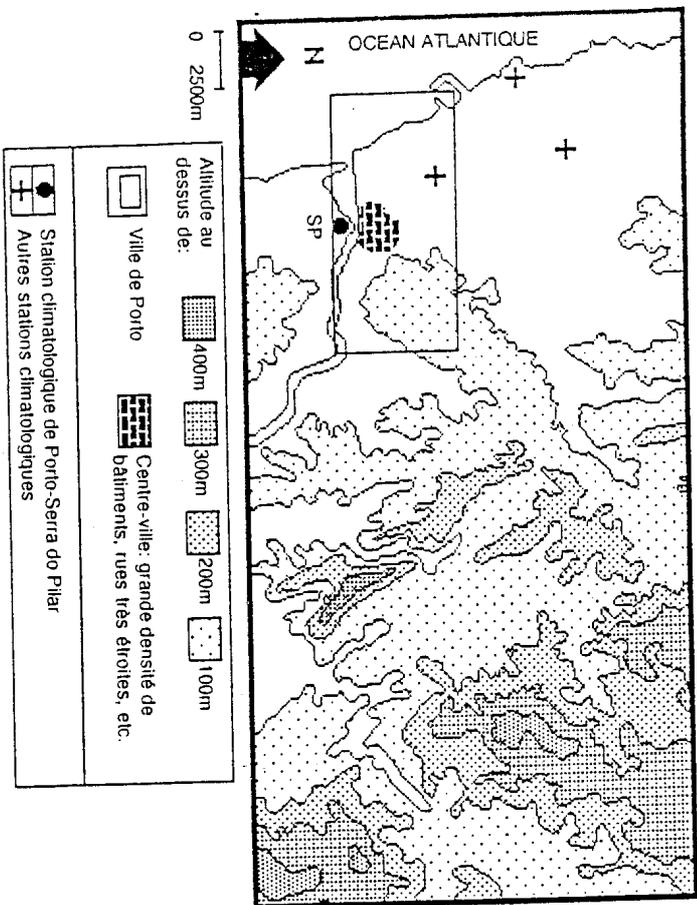


Figure 2: La ville de Porto - quelques caractéristiques géographiques potentiellement importants pour la définition de la forme et l'intensité de l'îlot de chaleur et d'une îlot d'humidité ou de sécheresse.

Sur la totalité des jours où l'on a effectué des mesures itinérantes de température et d'humidité relative on n'a choisi pour ce travail que des exemples obtenus par des situations synoptiques diverses.

Nous avons essayé d'inclure dans chaque type de situation synoptique la plus grande diversité possible en ce qui concerne la forme et l'intensité de l'îlot de chaleur.

Les exemples sélectionnés ont été enregistrés les jours où la température et l'humidité dans la station de référence (Porto-Serra do Pilar) n'ont pas subi des grandes modifications durant le temps nécessaire à notre parcours.

Les valeurs d'humidité relative enregistrées ont été transformées en humidité absolue (table de conversion dans Oke, 1990, p.394).

A partir des valeurs calculées, les isolignes ont été déduites en accord avec les caractéristiques de l'espace urbain. (Fig. 3a et 3b).

Les résultats obtenus nous permettent de conclure, pour la plupart des jours analysés, que l'espace urbain de Porto possède une plus grande humidité absolue que la station de référence (Fig. 3a et 3b).

Il faut rappeler que la station de Porto-Serra do Pilar, localisée à 90 mètres d'altitude, sur la rive gauche du fleuve Douro n'est pas protégée de l'action des vents d'est, canalisés par la rivière, chargés d'humidité, et en même temps elle est relativement bien exposée à l'action des vents humides de l'ouest (Fig.2).

Bien que la station de référence ait une position géographique qui favorise la présence dans l'atmosphère de grandes quantités d'humidité, on a trouvé assez fréquemment des valeurs plus élevées dans la ville de Porto. Ceci s'est passé autant sous l'action de situations dépressionnaires que sous l'influence de situations anticycloniques.

Les résultats n'ont été différents que le 10-X-91, le 2-IV-91 et le 29-IX-89 parce que ces jours-là notre région a été respectivement sous l'action de l'anticyclone atlantique mixte prolongé sur l'Europe (10-X-91), et d'une bordure anticyclonique (2-IV-91 et 29-IX-89).

Comme les vents prédominants, ces jours-là, soufflaient de l'Est, cela a certainement contribué au développement de la sécheresse de l'air dans la ville. Rappelons que la moitié Est de la ville est précisément la plus haute (Fig.2). Ainsi, les flux d'air provenant de l'Est sont soumis à un réchauffement adiabatique à mesure qu'ils se dirigent vers le noyau central de la ville et vers la partie Ouest, plus basse.

Bien que la plupart des exemples soulignent indiscutablement l'hypothèse suggérée par Oke (1990), sur la légitimité de la notion de "îlot d'humidité urbain" par analogie avec la notion de "îlot de chaleur urbain", déjà démontrée et prouvée par nombreux exemples<sup>2</sup>.

Cependant, avec la définition de la forme et l'intensité de l'îlot de chaleur, dans le cas de la ville de Porto, la complexité et la multiplicité d'autres facteurs géographiques, dont l'urbanisation de l'espace ne fait pas partie, conditionnent décisivement les résultats momentanés de ce *sous-système climatique*.

La distribution des isolignes dans la moitié Ouest de la ville prouve bien ce croisement de causes et effets d'ordre bien diverse. La proximité du fleuve ou de la mer, la différenciation topographique, la densité d'occupation du sol et la vitalité fonctionnelle

2. OKE, T.R., 1990

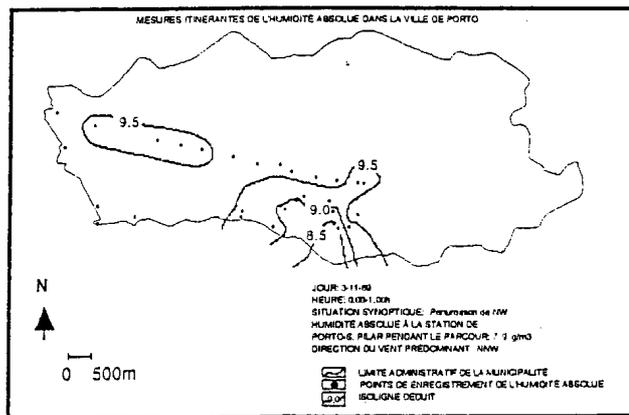
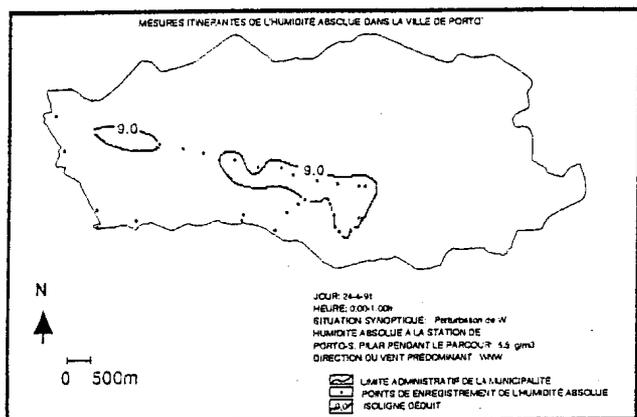
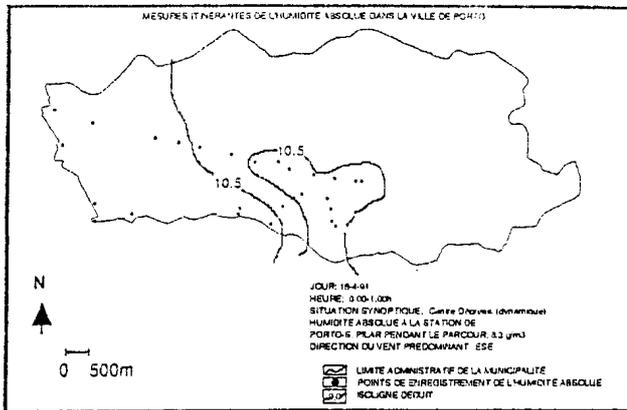
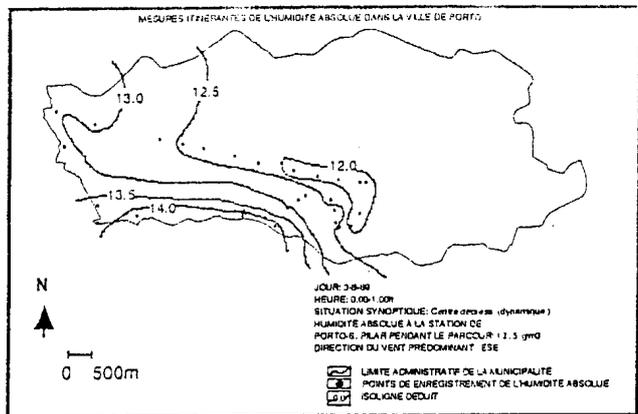


Figure 3a) Mesures itinérantes de l'humidité absolue (situations dépressionnaires).

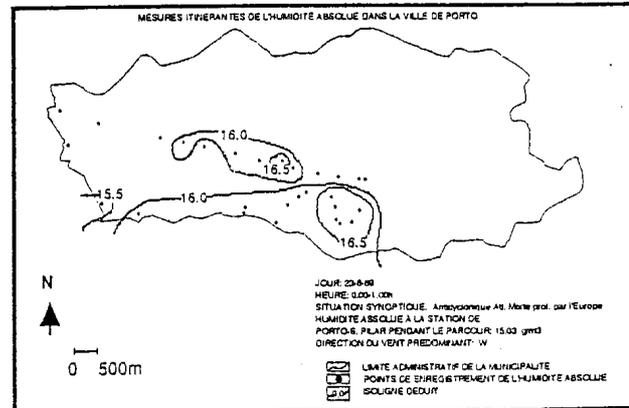
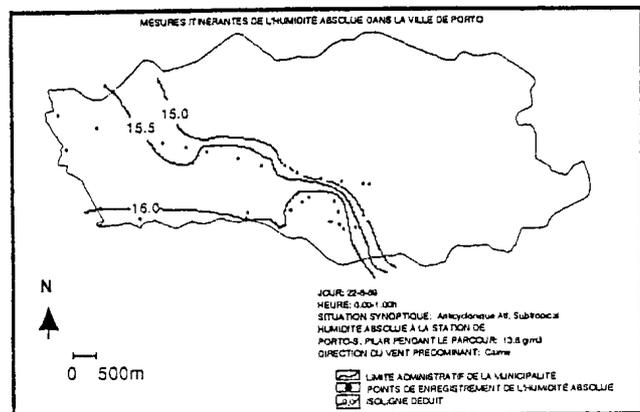
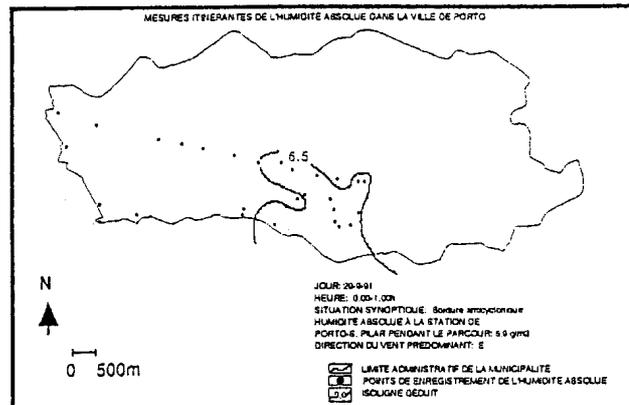
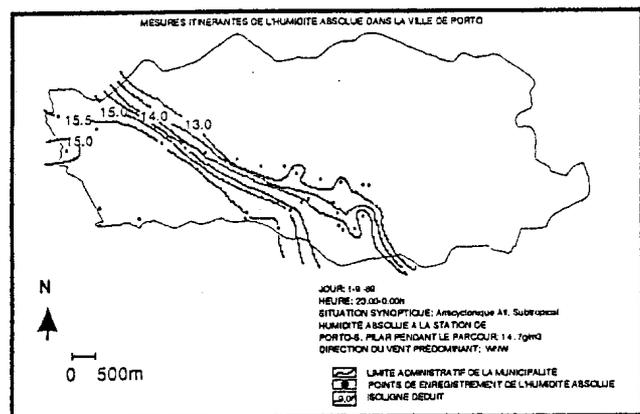


Figure 3b) Mesures itinérantes de l'humidité absolue (situations anticycloniques).

de chaque partie de cette aire de la ville émergent nettement dans les modèles de distribution de l'humidité qu'on a trouvées (Fig. 3a et 3b).

Chaque type de situation synoptique conditionne, cependant, le poids et l'importance de chacun de ces nombreux facteurs dans la distribution de l'humidité de la ville.

Comme il a déjà été dit, bien que la ville possède, dans la période du jour où l'îlot de chaleur s'intensifie, une plus grande humidité absolue que dans sa périphérie, la présence d'un noyau central coïncidant avec le CBD (Central Business District) de la ville où, par rapport à tout le reste de la ville, les valeurs d'humidité sont toujours plus faibles (Fig. 3a et 3b) est assez remarquable.

Devrait-on alors, parler d'un îlot d'humidité urbain ou serait-il plus approprié de parler d'une îlot de sécheresse urbain?

L'ensemble des exemples analysés est nettement insuffisant pour pouvoir en tirer une généralisation quant à la distribution de l'humidité dans la ville de Porto.

Cependant, l'observation de cet ensemble peut nous permettre de dire que les modifications profondes de l'intensité et du type d'usage du sol introduites par l'urbanisation de cet espace s'ajoutent à la facilité de pénétration des vents humides des quadrans de W., WNW et WSW pour développer une plus grande humidification de la moitié ouest et centrale de la ville.

Le noyau central plus chaud que le reste de la ville, à cette heure de la journée (Fig. 3a et 3b), développe la formation de courants de convection, qui dispersent l'humidité vers l'extérieur; donc le noyau central de la ville présente, dans tous les exemples cités, une humidité absolue plus basse que celle des aires immédiatement adjacentes.

Le procédé de croissance des gouttes d'eau de manière à provoquer l'occurrence de précipitation est, cependant assez complexe.

La proximité entre la source fournisseuse de la vapeur d'eau et l'endroit où la précipitation se produit est très variable, ce qui augmente considérablement la difficulté de compréhension des rapports de cause-effet participants à ce phénomène.

Il faut qu'il existe dans l'atmosphère une quantité suffisante de vapeur d'eau pour atteindre le point de saturation et par conséquent, que des précipitations arrivent. La condensation de vapeur d'eau dans un certain volume d'air peut ne pas s'effectuer, même si celui-ci est saturé lorsqu'il n'existe pas des noyaux de condensation.

Les espaces urbanisés contribuent à l'augmentation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, ajoutant aux sources habituelles un autre type de sources d'origine anthropique soit, directement, par la présence d'un nombre d'individus plus grand, soit indirectement, par les activités qu'ils développent (rejets industriels et domestiques).

Les procédés industriels et la circulation automobile sont d'excellents fournisseurs de noyaux de condensation essentiels à la condensation de la vapeur d'eau, tout en contribuant au dégagement, dans l'atmosphère, d'une plus grande quantité de vapeur d'eau.

Cependant, le bilan énergétique qui caractérise n'importe quelle aire urbanisée, dû, soit au plus grand nombre de sources d'énergie, soit à la plus grande capacité

d'emmagasinement de l'énergie par la distribution des bâtiments et matériels de construction employés, favorise l'éloignement du point de saturation. L'humidité relative dans la ville est fréquemment beaucoup plus basse que dans la périphérie.

L'observation des données de précipitation pendant les vingt dernières années, dans certaines stations climatologiques existantes dans la région dont la ville de Porto fait partie (Fig. 2)(Monteiro, 1993, p.128-152), paraît révéler un changement dans le rythme intra-annuel plus qu'une modification substantielle des totaux annuels précipités dans la région.

Il ne fait aucun doute que les impacts d'intensification des processus d'urbanisation dans la quantité, dans l'intensité et dans la distribution de la précipitation sont importants et significatifs.

La compréhension des rapports de causalité entre ces modifications dans l'usage du sol et la sécheresse qui semble balayer tout le bassin Méditerranéen oblige nécessairement à un élargissement et à une diversification de la zone d'étude à d'autres espaces urbanisés. On ne pourrait donner ni crédibilité ni faire aucun type de généralisation à partir des résultats obtenus dans notre cas d'étude sans utiliser un réseau d'observation systématisé, plus prolongé et plus dense.

## Bibliographie

- CHANDLER, T.J., 1967: "Absolute and relative humidities in towns", *Bull. of the American Meteorological Society*, USA.
- BESLEAGA, NICOLAS, 1990: La sécheresse en France: 1976-1990, *Météo-France*.
- FEIO, M., HENRIQUES, V., 1986: "As secas de 1980-81 e de 1982-83 e as principais secas anteriores - intensidade e distribuição regional", *Membórias do Centro de Estudos Geográficos*, n°10, Lisboa.
- LEROUX, M., 1992: "Déficit pluviométrique hivernal sur la France: autopsie des agglutinations anticycloniques des hivers de 1988 à 1992", *Sécheresse*, 3, p.103-113.
- LINDZEN, R.S., 1993: "Global warming: what we know and what we don't know", *Proceedings of the Ettore Majorana 18th Seminar on Planetary Emergencies*, August.
- MONTEIRO, A., 1993: O clima urbano do Porto - contribuição para a definição de estratégias de planeamento e ordenamento do território, Porto, (police.).
- OKE, T.R., 1988: "The urban energy balance", *Progress in Physical Geography*, 12, p.471-508.
- OKE, T.R., 1990: *Boundary Layer Climates*, Second Edition, Routledge, 1990.
- RUBIN, E., SOULET, J., 1991: "Deux ans de sécheresse: l'eau va monter", *Science & Vie*, 174, p.130-137.