

UNE THESE SUR LE CLIMAT DE LA REGION DE LISBONNE

1 — *Introduction.* La thèse de doctorat de MARIA JOÃO ALCOFORADO ⁽¹⁾ présente deux parties de longueur à peu près égale. La première traite du Climat de la région de Lisbonne, la deuxième du Climat local de la ville (surtout de l'îlot de chaleur urbain) et du Climat local de la côte atlantique. Cette division en deux parties est tout à fait logique parce que, lorsqu'on veut travailler sur le climat d'une ville, il faut d'abord la situer dans le contexte de son climat régional.

Le site. Les quatre facteurs climatiques qui ont une influence prépondérante sur le climat de la région et de la ville sont les suivants: l'océan Atlantique, le relief accidenté, le voisinage du Tage à l'est et au sud de la ville et la ville même de Lisbonne, avec son relief, sa morphologie et sa structure interne.

Les données choisies. Pour l'étude régionale, l'auteur a choisi les données mensuelles des stations climatiques, avec comme point de référence la station *Geofísico* située dans le Jardin Botanique de Lisbonne. Mais étant donné que les valeurs moyennes ne représentent pas la réalité climatique — ce sont des données fictives — M. J. ALCOFORADO s'est servi aussi des données journalières qui sont, elles, déjà plus proches de la réalité, parce qu'il s'agit de données mesurées. Pour différencier clairement les cas et les situations les plus importantes, l'auteur s'est limitée au traitement des données extrêmes: l'été et l'hiver, les températures maximales et minimales, les jours (à midi) et les nuits (avant l'aube).

Je suis convaincu que les données moyennes sont beaucoup moins importantes pour les études géographiques et pour l'homme lui-même que les événements extrêmes qui ont des conséquences très grandes pour la dynamique de l'environnement. Voilà pourquoi ce choix de l'auteur est excellent.

Les éléments climatiques étudiés en détail. M. J. ALCOFORADO a opté pour l'étude de trois éléments climatiques:

l'insolation et ses modifications par le brouillard et la nébulosité comme base fondamentale,

⁽¹⁾ M. J. ALCOFORADO, *O Clima da Região de Lisboa. Vento, insolação e temperatura*, Lisboa, 1988, 568 p.

la température, un élément souvent choisi et relativement bien connu, et le vent, un élément par contre très difficile à évaluer et dont l'intérêt n'est pas toujours bien mis en relief, mais d'une importance néanmoins primordiale qu'il s'agisse de brise ou de vent du gradient (par exemple, la nortada).

Les méthodes. M. J. ALCOFORADO a choisi deux méthodes principales. Premièrement des *méthodes statistiques* comme les régressions simples et multiples et l'analyse en composantes principales appliquées aux données mensuelles et journalières de 125 ans et, deuxièmement, des *mesures effectuées sur le terrain*, dans des stations fixes, sous forme de mesures itinérantes et sous forme d'observations phénologiques ou bio-indicatrices.

2 — Première partie de la thèse: Le climat régional.

Le régime des vents. Le premier chapitre traite du régime des vents. En altitude, les vents à 500 hPa sont, en été comme en hiver, de direction ouest dominante.

En surface, en *été*, les vents soufflent à Lisbonne dans 60 % des cas du nord et en 10-14 % des cas du NW. Ce sont des vents géostrophiques qui soufflent entre l'anticyclone des Açores et la dépression thermique qui se forme sur la Péninsule Ibérique. En *hiver*, environ 20 % des vents viennent du SW et de l'Ouest et 20 à 30 % du NE. Il s'agit de vents accompagnant des cyclones hivernaux ou les anticyclones thermiques continentaux. La *vitesse* du vent est plus grande en *été*, avec une moyenne de 20 km/h, valeur relativement élevée par rapport aux stations d'Europe Centrale où c'est plutôt en automne et au printemps qu'on rencontre les vitesses les plus élevées. En *été*, il n'y a presque pas de situations météorologiques sans vent, facteur très significatif et important pour toute la géoécologie, par contre, en *hiver*, en certaines stations, le pourcentage des calmes peut atteindre 30 %, facteur à retenir pour la pollution de l'air.

Comment ces vents sont-ils modifiés, dans la région de Lisbonne, par le relief accidenté? Voilà une question difficile, quand on ne veut pas restreindre ses observations à l'évaluation des données relevées par un petit nombre de stations météorologiques. En outre, les mesures se font à une hauteur de 10 m au-dessus de l'obstacle le plus élevé, ce qui n'est pas la hauteur la plus significative pour la végétation. M. J. ALCOFORADO a choisi une méthode de bio-indication (proxy data) pour résoudre ce problème, c'est-à-dire la *déformation des arbres* par le vent dominant, qui est le vent du Nord. Elle a établi une échelle de déformation avec 5 niveaux, en distinguant les exemplaires de forme conique et de forme globuleuse. L'auteur a cartographié la déformation à l'échelle du 1:25 000. Les deux principaux résultats de ce minutieux travail de terrain sont les suivants:

les vents du secteur Nord sont freinés et déviés par la Serra de Sintra et canalisés le long des vallées,

les facteurs les plus importants de la déformation sont la distance du littoral — où l'on trouve, bien sûr, les déformations les plus importantes, la topographie environnante, ainsi que la hauteur de la côte et son orientation.

De ces deux faits résulte, au Nord de la Serra de Sintra, une diminution de la vitesse du vent et une déviation à gauche de sa direction et, au sud, une augmentation de la vitesse. On trouve des fonds de vallées orientées vers le sud qui sont relativement bien protégés contre la nortada et ne présentent pas d'arbres déformés.

Le régime de l'ensoleillement et de la nébulosité. L'insolation mensuelle est calculée sur la base des valeurs quotidiennes théoriquement possibles et des données réellement mesurées entre 1940 et 1980. Il s'avère que, pendant les mois de juin et juillet, les données moyennes s'élèvent à plus de 80 % des valeurs théoriquement possibles. En juin 20 % des journées ont une insolation de 100 %, pourcentage qui s'élève à 44 % en juillet et à 58 % en août. Un deuxième pas dans l'étude des données de l'insolation consiste à établir un *calendrier de probabilités*, c'est-à-dire à calculer, jour par jour, la fréquence d'un certain pourcentage d'insolation à Lisbonne. Ce type de calendrier a été créé en France par PÉGUY en 1974. L'auteur montre, par exemple, que l'insolation atteint à Lisbonne, à l'exception du mois de mars, dans 20 % des jours plus de 9/10 de l'insolation théoriquement possible. Ce pourcentage atteint en août 58 % et même en janvier, 22 %. En comparaison, ce pourcentage atteint en janvier seulement 10 % à Nice et 5 % en Corse à Ajaccio et, en août, 25 % à Nice et 28 % à Ajaccio.

Dans ce contexte, l'auteur s'occupe aussi de la *durée du beau temps et du mauvais temps*. En été, il n'y a jamais plus de 3 jours consécutifs avec une nébulosité permanente et complète (moins de 20 % de l'insolation théoriquement possible). En août, il est possible d'avoir 19 à 20 jours consécutifs avec un très beau temps (plus de 80 % de l'insolation maximale). En été, dans presque 90 % des cas, le mauvais temps ne dure qu'un seul jour. Dans tous les mois, il y a plus de jours avec un ciel découvert qu'avec ciel couvert; en hiver il y a plus de jours avec un ciel complètement découvert que dans de nombreuses stations françaises pourtant renommées pour leur forte insolation hivernale. Les séquences de beau temps peuvent durer 11 jours en décembre, 9 jours en janvier et 12 jours en février, les séquences de mauvais temps, par contre, ne dépassent jamais 7 jours. Les irrégularités du mois d'avril sont présentées; c'est un mois où l'insolation est plus élevée qu'on ne s'y attendrait, mais qui montre en même temps des séquences de mauvais temps relativement longues. D'après l'auteur cela est probablement dû à un type de circulation atmosphérique azonale assez fréquent pendant ce mois de printemps («blocking action» et «cut-off»).

Quant à la régionalisation de l'insolation dans la région de Lisbonne, l'auteur décrit une *augmentation de l'insolation d'ouest en est*, très rapide près de la côte atlantique et plus lente à l'intérieur. Les données les plus élevées s'observent en juillet près de l'estuaire du Tage sans brouillard

à cette époque de l'année, de même qu'au sud de la Serra de Sintra (effet de Foehn); les valeurs les plus basses se trouvent au nord de la Serra de Sintra et dans les vallées près du littoral. En hiver, la répartition spatiale est plus homogène et le gradient est-ouest si caractéristique en été, est plus faible.

Le régime de la température: caractéristiques annuelles et mensuelles.

L'auteur analyse ensuite les données de température mesurées dans la station climatique de «l'Instituto Geofísico Infante D. Luís» installé dans le Jardin Botanique de la ville depuis 1856. M. J. ALCOFORADO a choisi les *températures maximales du mois le plus chaud et les températures minimales du mois le plus froid* et se sert de toute une gamme de méthodes statistiques — sauf les moyennes mobiles — pour mettre en évidence le changement climatique à Lisbonne. Les températures maximales du mois le plus chaud ont été relativement basses jusqu'en 1917, de même que les températures minimales du mois le plus froid jusqu'en 1900. Depuis on remarque une augmentation. Peut-être pourrait-on dire, sur ce point-là, que ce sont les méthodes les plus simples qui montrent cet effet le plus clairement.

La montée de la température au printemps est lente par rapport à la descente en automne. On a ainsi une distribution dissymétrique des données par rapport à l'été. De fin février jusqu'au début du mois de juillet, les températures maximales augmentent de 11° C, les températures minimales de 8° C. L'amplitude thermique journalière est plus grande en été: elle passe de 5 à 6° C en décembre à 10° C en juillet.

La construction d'un *calendrier de fréquences des températures maximales*, calculées sur la base de 125 ans, montre que, dans 50 % des années, il faut compter avec des températures relativement élevées par rapport aux décades antérieures vers le 11 novembre (un fait bien connu sous le nom populaire d'Été de la Saint Martin, d'ailleurs connu aussi en Allemagne). Il est tout à fait logique que cette irrégularité ne s'observe pas dans l'analyse des températures minimales, qui descendent bien bas, par temps clair. Une autre particularité décelée par l'analyse statistique des données du *printemps* est une diminution de la température en avril, ce qui peut être mis en relation avec l'irrégularité de l'insolation. Quant à l'hiver, le risque de gel n'est pas très grand près des côtes dans la région. Si l'on considère la probabilité de l'apparition de 5° C à 1,50 m au-dessus du sol — cela ne veut pourtant pas dire que la température près du sol descendra obligatoirement sous le niveau critique de 0° C — il y a seulement une chance de 50 % (c'est-à-dire tous les deux ans, si l'on veut) qu'avant la mi-décembre et après le 21 février cette valeur soit atteinte.

L'étude des *températures maximales moyennes et minimales moyennes* se poursuit avec une très intéressante analyse en *composantes principales*. Les stations de l'agglomération de Lisbonne et les stations du littoral se distinguent par des *températures minimales* élevées; les stations de l'agglomération montrent, en plus, des températures maximales très élevées. Par contre les températures maximales les plus basses se trouvent

le long de la côte, en altitude dans la Serra de Sintra (Sintra/Pena) et en position basse au fond des vallées (Sintra/Granja; Vimeiro). Les principaux facteurs géographiques qui influencent la répartition des températures maximales et minimales furent déterminés à l'aide d'une régression multiple, tenant compte de la latitude, de la longitude, c'est-à-dire dans ce cas précis de la distance au littoral — et de l'altitude. Les coefficients confirment que la distribution spatiale des températures maximales dépend, entre mars et novembre, principalement de l'altitude (l'effet de la diminution de la température avec l'altitude par temps perturbé est relativement fréquent en hiver) alors qu'entre mai et octobre il dépend surtout de la distance à la mer; par temps anticyclonique l'effet de l'altitude est compensé la nuit par les inversions de température.

L'analyse des résidus révèle l'importance d'autres facteurs:

la température de l'eau qui a une influence prépondérante sur la formation des brouillards côtiers, surtout en été le long du littoral,

la situation des stations au fond des vallées (p. ex. Vimeiro) où les résidus sont fortement négatifs pendant toute l'année,

l'agglomération de Lisbonne, malheureusement représentée par une station située dans un parc, le Jardin Botanique de la ville, et donc pas tout-à-fait représentative de la ville elle-même. L'auteur montre qu'à Lisbonne, il fait plus chaud la nuit, qu'aux alentours. Cette différence est de 1° C en hiver et d'environ 0,5° C en été. Les nuits d'été, Lisbonne enregistre des *températures minimales* plus élevées que la côte, mais a, par contre, en hiver, des températures minimales plus basses. Sans l'influence de l'agglomération, ces températures minimales seraient encore plus basses.

Quant aux *températures maximales*, il faut dire qu'elles sont quasi toujours plus basses en ville qu'aux alentours, c'est-à-dire que la ville (ou, dans ce cas précis, le Jardin Botanique), est plutôt un *îlot de fraîcheur* que de chaleur. Il y a plusieurs hypothèses qui pourraient expliquer ce fait très intéressant, hypothèses à vérifier par l'auteur en appliquant les mesures spéciales qui sont dans la deuxième partie de la dissertation.

Analyse des données journalières

Pour s'approcher encore plus de la réalité climatique, les données mensuelles ou annuelles ne suffisent pas, parce qu'il s'agit dans les deux cas de valeurs moyennes calculées, alors que seules les données journalières sont des valeurs réellement observées. M. J. ALCOFORADO s'est servi des *températures maximales et minimales journalières en été et en hiver observées pendant 249 jours dans 20 stations*.

L'auteur a mis ces données en rapport avec les éléments synoptiques de surface et d'altitude et a, entre autre, soumis séparément les températures maximales et minimales à une analyse en composantes principales. Les *maxima* ont été classés en 6 groupes:

1. (7 %): Jours frais dans toute la région avec nortada et nébulosité élevée; situations dépressionnaires.

2a. (16 %): Jours frais avec vents d'ouest et peu de contrastes thermiques spatiaux.

2b. (7 %): Jours très frais sur la côte et chauds à l'est, avec une inversion thermique très basse et des masses d'air très humides.

3a. (4 %): Jours chauds où la distribution de la température maximale dépend surtout des brises atlantiques; jours de beau temps généralisé.

3b. (15 %): Jours à contrastes thermiques très forts, avec le littoral frais et des températures à Lisbonne plus élevées que dans le groupe 3a; vent du nord sur le littoral et accalmies ou vent d'est à Lisbonne.

4. (3 %): Jours très chauds avec des températures de 35 à 38° C et peu de différences thermiques entre l'ouest et l'est; flux de l'est à tous les niveaux isobariques.

55 % des jours bien caractérisés appartiennent aux situations mixtes.

De l'analyse des températures *minimales* se dégage le groupement suivant:

1. (3 %): Températures minimales basses partout, correspondant à différents types de temps.

2a. (11,5 %): Jours frais sur le littoral et froids avec des brouillards dans l'estuaire du Tage; grande stabilité atmosphérique avec inversion très basse.

2b. (6,5 %): Nuits fraîches et même froides avec beaucoup de contrastes thermiques.

3. (18 %): Nuits relativement chaudes, avec quand même beaucoup de nuages, vent du SW et peu de contrastes thermiques.

3b. (8,5 %): Nuits relativement chaudes ou froides, avec beaucoup de contrastes thermiques.

4a. (1,5 %): Un cas très rare: une nuit très chaude, avec peu de contrastes.

4b. (4,5 %): Nuits très chaudes, avec de grands contrastes thermiques.

Le même procédé a été adopté pour l'hiver. Cette excellente méthode de classification des données de la température est suivie d'une conclusion régionale, où se distinguent 3 types de climats thermiques:

a) *La côte* est caractérisée par la modération des extrêmes, avec des températures minimales élevées et maximales basses. En été, le littoral a ses plus basses températures pendant la manifestation des classes 2b et 3b, c'est-à-dire avec nortada ou vent d'est, situation synoptique en marge d'un anticyclone et avec une inversion thermique basse.

b) *La vallée du Tage* se distingue particulièrement bien en hiver. Aussi bien dans le cas des températures maximales que minimales, la vallée est caractérisée par ses basses températures: la présence des couches d'air froid et humide dans la vallée permet la formation de brouillards pendant les nuits d'hiver et l'insolation n'est pas assez forte pour les dissiper; ainsi, les températures restent basses par rapport au littoral où le ciel est dégagé. La situation synoptique est alors dominée par un anticyclone européen ou un marais barométrique. Les températures minimales les plus basses se manifestent pendant les situa-

tions anticycloniques sans nuages ni brouillard. Pendant de telles nuits, des lacs d'air froid se forment par irradiation.

c) *L'agglomération de Lisbonne* est particulièrement chaude par rapport à la côte pendant certaines nuits d'été quand l'humidité relative est très élevée sur le littoral et qu'il règne un vent d'est ou que le temps est calme.

3 — *Deuxième partie de la thèse: Les climats locaux de la côte atlantique et de l'agglomération de Lisbonne.*

Étant donné que l'analyse des données des stations fixes a révélé 3 subrégions, l'auteur a séparé les études effectuées le long de la côte et dans la Serra de Sintra de celles faites dans l'agglomération de Lisbonne. Tous ceux qui ont réalisé des mesures climatologiques sur le terrain savent les multiples problèmes qui se posent. L'auteur a su résoudre une multitude de questions pratiques et techniques. On ne peut pas trop souligner qu'un bon choix des méthodes, beaucoup de patience et je dirais même une bonne dose d'obstination étaient nécessaires pour mener cette étude à une si bonne fin.

Malgré de grandes difficultés pour obtenir les appareils nécessaires, l'auteur a opté pour les méthodes suivantes:

a) *Mesures itinérantes* de la température le long des profils spécialement intéressants de la côte, de la Serra de Sintra et en pleine ville de Lisbonne, jour et nuit, en été comme en hiver, sous forme de campagnes de mesure,

b) *Lancement de ballons stabilisés et sondages* de l'atmosphère,

c) Comparaison des données de *deux stations fixes* installées spécialement dans deux quartiers d'intérêt particulier,

d) *Interprétation d'une thermographie* de la ville.

e) *Évaluation des mesures de pollution* entreprises à Lisbonne.

Ainsi, M. J. ALCOFORADO a su traiter les points les plus importants du climat local de Lisbonne, c'est-à-dire:

— *l'îlot de chaleur* de la ville par rapport à la *morphologie urbaine*, en étudiant les températures de surface et les températures de l'air.

— la *circulation locale* des différents types de brises ou la canalisations des vents synoptiques et

— la *pollution de l'air*, fléau de toutes les grandes villes. Ce dernier point ne fut pas analysé en détail, mais l'auteur met quand même en relief les points les plus préoccupants.

Environ 80 % de ces données furent mesurées par M. J. ALCOFORADO elle-même. Pour les questions de la qualité de l'air, elle a utilisé les données des stations de la «Comissão de Gestão de Ar», pour la thermographie elle a obtenu la collaboration de l'Armée de l'Air; pour le lancement des ballons stabilisés, elle a même convaincu des collègues suisses de l'Université de Fribourg-en-Uechtland de l'importance de ses recherches. Ainsi, avec très peu d'argent, mais avec un don de conviction extraordinaire et un talent d'organisation peu commun, l'auteur a su

profiter au maximum des méthodes les plus modernes disponibles en Europe en ce moment.

Le temps estival de la côte occidentale. Le temps sur ces plages joue un rôle grandissant depuis que beaucoup de gens préfèrent les plages comme «Praia Grande» ou «Praia do Guincho» aux plages d'Estoril trop polluées.

Pour traiter cet aspect appliqué de la recherche, des mesures le long du littoral furent effectuées sur un profil Nord-Sud; 31 campagnes d'observation de jour et 8 de nuit furent organisées. On peut en tirer la conclusion qu'en été, pendant les journées peu venteuses, on observe une augmentation de la température, du nord au sud de la Serra de Sintra. Sur un profil ouest-est à travers la Serra de Sintra on remarque qu'il y a toujours une légère diminution de la température de Cabo da Roca à la Serra de Sintra, plus grande la nuit que le jour. Une étude sur le temps qu'il fait sur les plages a aussi révélé qu'il y a moins de vent sur la plage «Praia Grande», au nord de la Serra de Sintra, qu'au sud, sur la «Praia do Guincho», phénomène dû à une accélération excessive du vent sous le vent de la Serra de Sintra. Il faut seulement attendre que les fréquents brouillards matinaux se dissipent au nord.

L'îlot de chaleur de Lisbonne. L'auteur présente d'abord les caractéristiques *topographiques* de la ville et sa *morphologie urbaine*, des superficies anciennes découpées par des vallées et leur occupation par des types morphologiques ou des structures de bâtiments différents qui ont une grande influence sur le climat local. Apparaît ensuite une réflexion détaillée sur le bilan radiatif et énergétique qui démontre que la considération de l'albedo seul ne suffit pas pour bien comprendre la formation du climat local d'une ville et qu'il faut plutôt prendre en considération tous les termes du bilan d'énergie, les flux de chaleur sensible (H) et latente (LE), de même que les taux de pollution et le degré d'advection. Il faut en plus distinguer les diverses influences du relief, des types de construction, des aires non-construites (rapport de BOWEN H/LE, 2 en ville, < 1 dans la campagne. L'auteur montre l'importance, non seulement de la distribution de la température à 1,50 m au-dessus du sol, mais aussi de la connaissance des caractéristiques de l'atmosphère à plusieurs centaines de mètres au-dessus de la ville; avec ces données verticales, on peut mieux comprendre la fluctuation de l'îlot de chaleur, ses différents centres et l'influence du vent sur sa formation et sa disparition. On ne connaît pas encore très bien le rythme temporel de la température dans une ville. En général, les auteurs pensent que l'îlot de chaleur est plus intense la nuit que le jour et l'hiver plus que l'été. Mais il convient de ne pas se concentrer exclusivement sur les situations anticycloniques, de beau temps sans vent. La réalité est beaucoup plus complexe que cette situation bien sûr importante mais relativement rare.

Il faut aussi prendre en considération la pollution atmosphérique. Les *fumées noires* des voitures Diesel ont une influence considérable sur

la qualité de l'air. La valeur moyenne la plus élevée mesurée dans la Rua Augusta avant sa transformation en zone piétonne était $726 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par jour. La concentration dans la Rua do Carmo est, pendant des journées d'hiver, quatre fois plus haute avec $356 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qu'au NE de la ville avec $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les régressions linéaires permettent de montrer, sur un total de 103 jours, que la vitesse du vent pendant la nuit est très importante pour la pollution à Cabo Ruivo. Il est logique que la pollution baisse avec les vents venant des secteurs nord, ouest et nord-ouest. L'auteur souligne aussi, dans le cas de la pollution, l'importance des données journalières: les données moyennes ne suffisent pas et il faut mettre en relation les données journalières de pollution de plusieurs stations avec les éléments météorologiques (vent, critères de stabilité) relevés pendant l'exposition des filtres de pollution.

L'îlot de chaleur de Lisbonne est traité en tenant compte des températures diurnes et nocturnes, en été et en hiver.

Les données de la station climatique «Geofísico» sont d'abord comparées aux valeurs des stations situées aux limites de l'agglomération de Lisbonne. *En hiver*, la température minimale moyenne est de $0,5$ à $1,1^\circ\text{C}$ plus haute dans la ville, la température maximale moyenne ne montre pas de différence. *En été*, la température minimale est plus élevée au «Geofísico» qu'à l'aéroport, mais les températures maximales sont plus basses qu'à Cabo Ruivo.

L'auteur a effectué ensuite des mesures itinérantes le long de deux profils principaux, avec 19 points où furent faites les mesures à travers la ville (Monsanto-Terreiro do Paço et Cais do Sodré-Santa Apolónia). Les résultats sont présentés de deux manières: sous forme de cartes de températures (isothermes relatives) et sous forme de profils thermiques mettant en relation topographie, utilisation du sol et température relative. La tâche était très difficile non seulement à cause de la morphologie urbaine de Lisbonne, mais aussi à cause de l'influence du relief, du fleuve et de l'océan. Tous ces facteurs compliquent l'interprétation correcte de leur influence respective pendant les différentes époques de l'année et selon les différents types de temps. De ce point de vue le cas de Lisbonne est beaucoup plus compliqué que celui de beaucoup d'autres grandes villes — mais aussi beaucoup plus intéressant! Les jours des campagnes de mesures furent classés en 6 ou 7 types déterminés par des analyses en composantes principales. On peut citer quelques résultats importants:

a. *En été*, pendant des journées avec un fort vent du nord (nortada), la limite sud de l'agglomération, c'est-à-dire son centre, est toujours l'endroit le plus chaud par effet d'abri. La situation synoptique est alors dominée par l'anticyclone des Açores et une dépression sur la Péninsule Ibérique.

b. Pendant les jours d'été calmes, le champ thermique est en variation constante, à cause de la «lutte» entre la brise qui souffle du SE le matin et qui tourne plus tard au SW en passant par le sud, et la nortada dont la vitesse augmente l'après-midi et qui gagne presque toujours la «bataille». Les quartiers sous l'influence de la brise,

surtout la Baixa, sont beaucoup plus frais que la station de référence de l'aéroport, c'est-à-dire que l'îlot de chaleur se centre sur les quartiers au nord de Lisbonne (Avenidas Novas). La campagne de lancement de ballons stabilisés, effectuée en août 1987, a confirmé la présence de l'îlot de chaleur sur les quartiers septentrionaux de la ville, jusqu'à une altitude de 500 m au-dessus du sol.

c. Pendant les *nuits*, toutes les observations révèlent une augmentation de la température en direction du centre. Mais les températures les plus élevées ne se trouvent pas au bord du Tage, mais dans la Baixa. Si l'humidité relative est très élevée et s'il n'y a pas de vent, les températures maximales s'installent sur les interfluves proches du centre et non dans les fonds des vallées.

d. Pendant les *nuits* venteuses le centre est la zone la plus chaude mais, dans ce cas, ce sont les vallées les plus protégées, avec ou sans constructions, qui ont des températures plus hautes que les interfluves.

e. En *hiver*, on mesure pendant la *journee* une augmentation de la température en direction du centre, sous l'influence des vents du Nord avec un maximum relatif de 2° C dans la Baixa dans le cas le plus chaud.

f. Dans les situations avec *brouillard* ou une humidité élevée de l'air, la température diminue en direction du centre. Dans une telle situation, la différence entre Monsanto (en dehors du brouillard) et Cabo Ruivo (dans le brouillard) peut s'élever, à la fin de la matinée, jusqu'à 10° C (7.2.1987)!

Finalement, l'analyse d'une thermographie du secteur oriental de la ville a permis de prouver la grande importance de la morphologie urbaine pendant certaines situations anticycloniques: des quartiers avec une très grande densité de construction peuvent avoir le matin des températures superficielles presque aussi hautes que celles du centre! Le grand avantage de cette technique résulte, entre autres, du fait qu'elle permet un élargissement de l'information ponctuelle (celle des stations) ou linéaire (celle des mesures itinérantes) à toute une superficie.

L'auteur ne se satisfait pas de l'étude de l'îlot de chaleur de Lisbonne par la seule technique des mesures itinérantes. M. J. ALCOFORADO explique dans le dernier chapitre la résolution du problème de la discontinuité temporelle que pose une telle méthode. Elle a installé deux stations climatiques, équipées de thermo-hygrographes, dans deux quartiers différents: le Bairro Alto et l'Avenida de Berna. L'enregistrement fut analysé de quatre heures en quatre heures, pendant 50 et 100 jours, respectivement. L'auteur a mis ces données en rapport avec celles que sont mesurées à l'aéroport. Une déviation positive de la température est plus fréquente à l'Avenida de Berna qu'au Bairro Alto. Ce quartier situé au sud-ouest très près du centre ville est toujours plus frais quand le vent souffle du secteur sud-ouest. En été, quand l'influence du vent du nord est prépondérante (surtout l'après-midi) le Bairro Alto est protégé de la nortada, ce qui est du point de vue bioclimatique peu agréable. Cette étude détaillée a aussi révélé l'importance de l'ombre dans une ville subtropicale. En hiver, quand il fait beau, la température à 16 heures est plus haute à l'aéroport qu'au Bairro Alto, où la station climatique est à l'ombre depuis

13 heures. Les relations insolation directe — ombre — température des différentes surfaces, avec ou sans végétation — température de l'air au-dessus de ces surfaces — voilà des questions qui mériteraient encore un approfondissement en rapport avec le confort humain.

4. *Remarques finales*

En une dizaine d'année, M. J. ALCOFORADO, qui était une étudiante avec une bonne base de Géographie Physique, est devenue une chercheuse de premier rang dans le domaine de la Climatologie urbaine, connue non seulement en Europe par ses collègues suisses, français et allemands, mais aussi au Japon. Elle a une excellente connaissance de toutes les méthodes modernes en mésoclimatologie et possède le don de choisir la juste méthode pour chaque situation, en fonction de son environnement. De chaque stage à l'étranger, elle a rapporté quelque chose d'utile pour ses propres études. Elle a soumis régulièrement les résultats de ses travaux à la discussion de ses collègues pendant les congrès internationaux du Groupe d'étude de Climatologie locale de l'Union Géographique Internationale (UGI). En bonne géographe, elle a quitté son bureau pour travailler sur le terrain de jour comme de nuit. Et, en sachant poser les questions pertinentes, choisir les bonnes méthodes et rencontrer les personnes indiquées, elle a réalisé un travail exceptionnel, une thèse qui, pendant de longues années, sera le livre de référence sur le sujet choisi, et cela pas uniquement à Lisbonne.

WILFRIED ENDLICHER