



**HAL**  
open science

## Apports des SIG dans l'étude du climat urbain : cas de Marseille pendant la campagne ESCOMPTE (été 2001)

Nathalie Long, Saida Kermadi, Alain Trebouet, Jean-Pierre Lagouarde,  
Claude Kergomard

### ► To cite this version:

Nathalie Long, Saida Kermadi, Alain Trebouet, Jean-Pierre Lagouarde, Claude Kergomard. Apports des SIG dans l'étude du climat urbain : cas de Marseille pendant la campagne ESCOMPTE (été 2001). Congrès de l'Association Internationale de Climatologie, Sep 2003, Varsovie, Poland. hal-02762273

**HAL Id: hal-02762273**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02762273>**

Submitted on 4 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## APPORTS DES SIG DANS L'ÉTUDE DU CLIMAT URBAIN : CAS DE MARSEILLE PENDANT LA CAMPAGNE ESCOMPTE (ÉTÉ 2001)

Nathalie LONG <sup>(1)(5)</sup>, Saïda KERMADI <sup>(2)</sup>, Alain TRÉBOUET <sup>(2)</sup>, Jean-Pierre LAGOUARDE <sup>(3)</sup>, Claude KERGOMARD <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Lab. Mécanique des Fluides, École Centrale de Nantes, 44 321 Nantes, Cedex 3, France, nathalie.long@ec-nantes.fr

<sup>(2)</sup> Espace Géographiques et Sociétés, Univ. du Maine, 72085 Le Mans, France

<sup>(3)</sup> Unité de Bioclimatologie INRA, Domaine de la Grande Ferrade, 33883 Villenave d'Ornon, France

<sup>(4)</sup> Lab. Géographie des Milieux Anthropisés, Univ. Sciences et Technologies de Lille, 59655 Villeneuve d'Ascq, France

<sup>(5)</sup> SIRIATECH, 59650 Villeneuve d'Ascq, France

**Mots clés :** Climat urbain, îlot de chaleur, télédétection, pollution atmosphérique

### Abstract :

A city has a complex structure and its urban fabric appears often very heterogeneous. However, relatively homogeneous quarters are delimited with classification methods from two information sources: BDTopo database produced by National Geographic Institute and images of SPOT 4 satellite.

During ESCOMPTE campaign, brightness temperatures are measured from an aircraft under specific quarters of Marseille (city centre area and individual buildings area). Brightness temperatures measurements are compared with land cover on two specific quarters and a relation between the density of vegetation and brightness temperatures appears. This study is a preliminary research to analyse influence of the city structure and land cover on the local meteorology using Geographic Information System.

### Introduction

La ville a une structure complexe et se compose de divers éléments qui constituent le tissu urbain (bâtiments, parcs, routes,...). Les villes se sont formées et agrandies au cours des siècles, par la création de quartiers successifs, du centre historique vers la périphérie.

Par cet étalement urbain, la ville engendre des transformations non seulement des états de surface naturels, mais également de la climatologie locale. En effet, la variété des propriétés thermiques des matériaux (bâtiments, chaussée...) comme la structure de la canopée urbaine induisent des modifications du bilan d'énergie. Un îlot de chaleur se forme la nuit (Oke, 1982, Oke, 1987), dû à la restitution par les différents composants de la ville de la chaleur stockée pendant la journée. L'hétérogénéité spatiale de la ville induit à son tour des variations locales de la climatologie urbaine. Des études ont été menées sur ce thème afin d'analyser la relation entre la température de surface, la morphologie et les modes d'occupation du sol (MOS) des villes (Elliasson, 1991, Voogt et Oke, 1997).

L'objectif de cette étude est d'utiliser un SIG pour améliorer la caractérisation des différents éléments constituant le tissu urbain et entraînant une modification de la climatologie locale. Le travail consiste dans un premier temps à déterminer des quartiers relativement homogènes dans leur structure morphologique et dans leurs MOS. La température de surface de trois quartiers spécifiques (figure 1) est ensuite étudiée. Il s'agit des quartiers centre-ville (CV), St Barnabé (SB) et La Rose (LR).

### I/ Données et méthodologie

Étudier l'influence de la structure de la ville sur la climatologie locale nécessite une connaissance précise de la ville et des éléments la composant. Trois types de données ont été retenus: des données topographiques (BDTopo) produites par l'IGN (Institut Géographique National), des images satellite SPOT et des données thermiques (capteur aéroporté).

- La BDTopo se compose de différentes couches d'informations ; celles utilisées pour cette étude sont la végétation, les bâtiments, le réseau hydrographique, le réseau routier et la topographie. Les informations sont géoréférencées dans le système de projection Lambert III. Chaque élément est défini par une ligne constituée de points auxquels sont associés des attributs comme l'altitude du point par exemple. Le logiciel DFMap a été développé et validé en collaboration avec la société SIRIATECH pour transposer une information vectorielle au format raster et calculer des variables à partir de la BDTopo. Parmi celles-ci :

- des variables décrivant la morphologie moyenne des bâtiments dans une maille : hauteur, volume, périmètre et compacité des bâtiments (la compacité est calculée par le rapport entre la surface et le

périmètre d'un bâtiment, ramené à celui d'un cercle ; elle donne une information sur la forme du bâtiments) ;

- des variables pour les différents MOS (les densités sont calculées pour chaque maille, elle résulte du rapport entre la surface de la zone en question et la surface de la maille) : densité bâtie, densité de végétation, densité des zones en eau et nombre de bâtiments par cellule.

Ces informations sont calculées pour une grille de 14 km \* 18 km avec des mailles de 200 m et alimentent un SIG. Des classifications du tissu urbain ont été réalisées par Theureur, 1999 et Cianco et al., 1998, en utilisant des paramètres morphologiques, afin de mettre en évidence les différents types de quartiers de la ville. Dans notre cas, la méthode de classification automatique par nuées dynamiques a été appliquée sur Marseille afin de déterminer des zones homogènes. Cette méthode construit dans un premier temps une partition initiale des données puis modifie ensuite les membres des classes pour obtenir une nouvelle partition afin de diminuer l'inertie intra-classe.

- Deux images Spot, du 17 juin 2000 et 18 avril 1995, ont été utilisées. L'image Panchromatique du 17 juin 2000 a été utilisée pour le ré-échantillonnage des images multispectrales aux 2 dates. A l'issue de cette combinaison des données, plusieurs classifications ont été réalisées sur la ville. Un masque numérique sur les éléments perturbateurs (eau, ...) a été construit. Deux classifications supervisées, basées sur les plans XS et sur les indices de végétation (NDVI et SAVI), ont ensuite été générées. La première fut limitée à la détermination des classes des surfaces minéralisées (bâti à sol nu), la deuxième concernant les surfaces végétalisées. Les deux classifications ont été fusionnées, fournissant ainsi l'occupation du sol de la ville. Cette dernière a été vectorisée et intégrée dans un SIG.

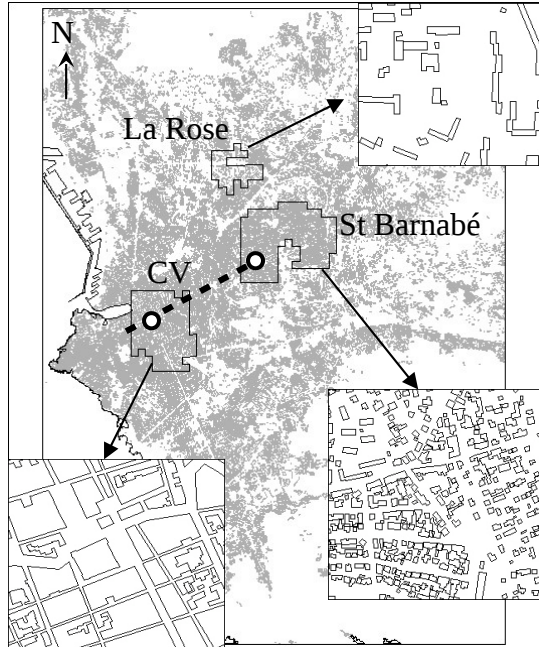
- Le troisième type de données concerne des températures de brillance réalisées pendant la campagne ESCOMPTE sur Marseille à l'aide d'une caméra infra rouge thermique, embarquée sur un avion. Les images ont été acquises avec un objectif grand angulaire dans le but initial de caractériser les effets directionnels selon un protocole développé par Lagouarde et al., 2000. Des imagerie autour du nadir (visée verticale  $\pm 20^\circ$ ) en ont été extraites. Celles-ci ont été rectifiées en géométrie et corrigées des effets perturbateurs de l'atmosphère. De nombreux survols ont été répétés selon des directions (caps) différentes, à diverses dates (26/06, 29/06, 10/07 et 12/07) et à diverses heures de la journée, sur plusieurs quartiers spécifiques de Marseille : CV, SB (quartier constitué de maisons individuelles de densité assez importante) et sur LR (quartier d'habitat collectif).

## II/ RESULTATS

### II.1 Délimitation et description de quartiers à Marseille

La méthode des nuées dynamiques a été appliquée sur une matrice constituée de 10 variables calculées par DFMap et de 3846 observations (cellules où la densité bâtie est supérieure à 0).

Sept classes ont été créées par cette méthode de classification. Chaque classe peut être rattachée à un quartier spécifique de Marseille. Seules les classes incluant les quartiers CV, SB, et LR seront décrites ici (figure 1). Le centre-ville (classe 1) est la partie ancienne de Marseille ; il se caractérise par une densité bâtie élevée (0.44 en moyenne), des îlots de bâtiments assez hauts (13m en moyenne) et d'une taille assez importante. Les rues sont étroites ou au contraire très larges, ont un tracé assez rectiligne et se coupent perpendiculairement. La densité de la végétation reste très faible avec seulement 2% de la surface occupée par de la végétation. La classe 4 regroupe les bâtiments collectifs et industriels (LR). La densité bâtie n'est que de 0.15 mais la zone est constituée de bâtiments d'une taille intermédiaire entre les 'blocs' de bâtiments du centre-ville et ceux des zones d'habitat individuel, de par leur hauteur (11m), périmètre et volume. Ces immeubles sont entourés de zones de végétation plus ou moins entretenues, de vastes parkings. La classe (SB) est un type de quartier formé de maisons individuelles d'une densité bâtie de 0.21 en moyenne. La hauteur des bâtiments correspond à des maisons d'un à deux étages (~ 6m). Le périmètre et volume moyen est inférieur aux deux quartiers cités précédemment. Enfin, la densité de végétation est de 0.06 en moyenne, car chaque maison est devancée d'un jardin privé dans la majorité des cas.



## de Climatologie, Varsovie, Pologne,

Enfin, il reste à noter que d'après les valeurs des écarts-types, les classes ne sont toujours pas très homogènes. Elles permettent cependant de délimiter des quartiers dans Marseille dont le tissu urbain est très hétérogène et 'mité' (constitué d'une combinaison de structure de très petite taille).

Figure 1 : Marseille, les 3 quartiers étudiés, trajet des mesures de températures de surface (—■—) et emplacement des imagettes étudiées (○).

Une méthode de classification différente a été appliquée aux trois images SPOT. Ce travail a permis de fournir une cartographie vectorielle de 9 classes plus ou moins distinctes.

Cette classification faisant l'objet d'une publication ultérieure (Mestayer, 2003), ne sera pas détaillée dans cet article. Toutefois, elle a permis de confirmer la sélection des trois quartiers de la ville (CV, LR, SB). La suite de notre travail se concentrera à l'étude de ces quartiers en déterminant la part de la végétation et de son influence dans la variation de la température de surface des trois quartiers test.

## II.2 Comparaison des résultats des mos des deux méthodes

Les résultats des deux méthodes sont comparés pour les trois quartiers (CV, SB, LR) de Marseille et pour les variables définissant les mos.

Deux résultats sur les surfaces recouvertes de végétation ont été fournis par l'analyse des images SPOT prises à deux époques différentes de l'année. L'image d'avril 1995 donne un pourcentage de végétation de 42.4% dans SB et celle de juin 2000 de 21.7%. D'après la BDTopo, seulement 7.5% de la surface est recouverte par de la végétation. Les écarts entre les résultats des deux images sont relativement moins importants pour les deux autres quartiers ; la végétation recouvre entre 21.8% et 8% de la surface dans LR et entre 1.9 et 2.3% dans CV. Pour ces quartiers, les surfaces de végétation données par la BDTopo sont respectivement de 2.8% et 0.13%.

L'écart important entre les résultats des images satellite SPOT et la BDTopo peut s'expliquer par le fait que toutes les surfaces de végétation ne sont pas représentées dans la BDTopo qui ne recense que les zones dont la superficie est supérieure à 3 ha et dont la plus petite dimension est supérieure à 25m. La végétation présente dans les cours intérieures des îlots du centre-ville ou le long des rues n'est donc pas prise en compte ou très peu. Les jardins de l'habitat individuel représentent également des surfaces trop petites pour être recensées dans la BDTopo. De même, la végétation de type herbe rase voire sèche en période estivale n'est pas recensée dans la BDTopo, ce qui explique le faible pourcentage de végétation dans LR.

Il est à noter, également que seul le centre ville a conservé une part relativement stable de végétation. L'augmentation de 0.4% entre les deux dates et les deux saisons peut être liée à une activité chlorophyllienne et un taux de recouvrement de la végétation arborée beaucoup plus important en juin qu'en avril. Quant à la baisse des surfaces végétalisées dans les quartiers La Rose et Saint Barnabé, elle traduit un étalement urbain des quartiers péri-centraux. Pour les surfaces dites « minérales » il n'est pas évident de comparer les résultats obtenus à partir de ces deux sources d'information car dans la BDTopo, seules les surfaces des bâtiments et des axes routiers sont représentées. De plus les risques de confusion dans l'interprétation des images satellites sont nombreux. On peut citer par exemple le cas de surfaces de végétation herbacée sèche et/ou peu dense qui peut apparaître comme des sols nus sur les images satellite. En revanche, pour le CV où le minéral est plus dense, ancien et plus stable, sa part est relativement proche entre les différents types de données (tableau 1).

	Minéral BDTopo	Minéral Spot 1995	Minéral Spot 2000
Saint Barnabé	31	57.6	78.3
La Rose	25	77.2	92
Centre	72	98,1	97,7

Tableau 1 : Pourcentage de surface « minérale » d'après la BDTopo et les images SPOT

### III/ Influence de la structure de la ville sur les températures de surface

La température de surface varie selon les propriétés thermiques des corps qui reçoivent un rayonnement, mais est aussi conditionnée par la structure de la canopée urbaine qui agit à la fois sur la rugosité (et les transferts turbulents) et sur le 'piégeage' du rayonnement. On peut donc s'attendre à des variations de température de surface selon le MOS et la morphologie des bâtiments. La différence principale apparaît entre les surfaces minérales (bâtiments, chaussée, ...) et les surfaces végétales. Les mesures réalisées par la caméra infra rouge thermique aéroportée ont été réalisées sur un trajet allant de l'ouest du centre-ville vers SB (figure 1). La figure 2 montre la température moyenne et l'écart type mesurés sur ce transect. La température de surface de 33.7° au début du parcours augmente rapidement au-dessus du CV où elle varie entre 35° et 35.5°. Elle diminue ensuite sur SB où elle reste proche de 34°. Les écarts types présentent une évolution inverse. Le caractère densément bâti et de structure homogène du CV explique à la fois les fortes températures de surface et le faible écart type, tandis que la présence de végétation et la variabilité spatiale du mélange pavillons/jardins contribuent aux tendances inverses sur SB. La figure 3 présente l'histogramme des températures d'une imagerie du CV (imagerie 17) et d'une imagerie SB (imagerie 64). On remarque que la majorité des pixels de l'imagerie 17 ont une température de surface supérieure à 35° alors que pour l'imagerie 64, le maximum de pixel enregistre une température de seulement 32°. Cette différence entre les deux histogrammes de températures de surface confirme bien l'influence de l'occupation du sol et de la structure du quartier, évoquées ci-dessus.

### Conclusion

L'étude des trois quartiers de Marseille a permis de mettre en évidence l'apport des données satellitaires dans la détection de la végétation urbaine. Les surfaces végétalisées sont beaucoup plus importantes à partir des images satellitaires que dans la BD-Topo. Ces surfaces varient en fonction de la date de prise de vue et des espèces végétales. Si la part de la végétation du centre dense et ancien varie peu entre les deux saisons, celle des quartiers desserrés, à végétation arborée, est beaucoup plus importante en début de l'été qu'au mois d'avril. L'importance de ces surfaces végétalisées intervient, entre autre, dans la variation spatiale de la température de surface. Le centre dense a une température beaucoup plus élevée que les quartiers desserrés. Ce qui pourrait favoriser l'installation des écoulements de l'air entre le centre chaud et les quartiers desserrés environnants voir le développement de circulations plus complexes, compte tenu du site de Marseille, faisant intervenir des brises marines et des brises de montagne.

Il serait intéressant, par la suite, de comparer les données thermiques aux mesures de pollution, prises pendant la campagne Escompte, pour déterminer l'influence des écoulements urbains dans la concentration, la diffusion ou le transport des polluants urbains.

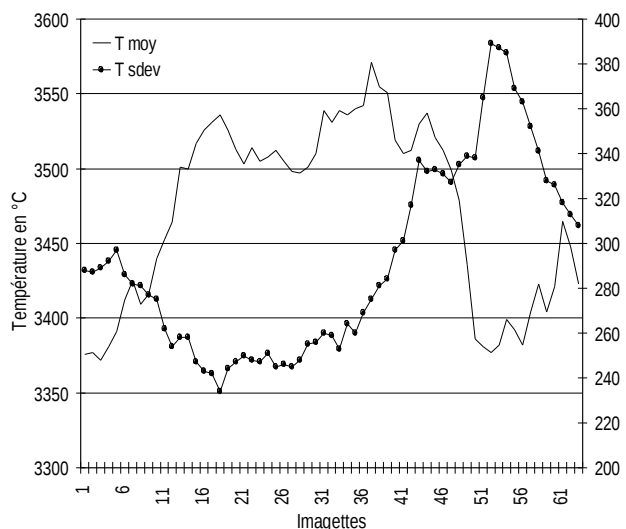


Figure 2 : Moyennes et écarts types des

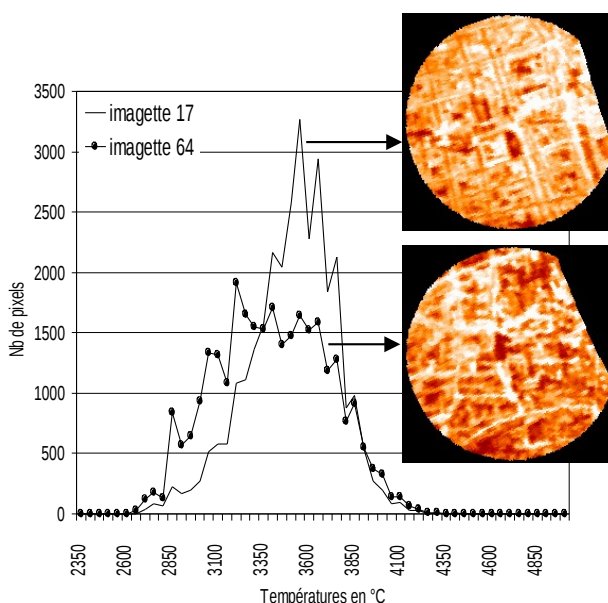


Figure 3 : Histogramme et imageries des

températures de brillance le long du trajet.

températures de brillance (17 et 64)

### **Bibliographie**

- CIANCO R.M. et ELLEFSEN R., 1998 : High resolution urban morphology data for urban wind flow modeling. *Atmospheric Environment*, 32 : 7-17.
- ELLIASSON I., 1991: Urban Geometry, surface temperature and air temperature. *Energy and Buildings*, 15:141-145.
- LAGOUARDE J.P., BALLANS H., MOREAU P., GUYON D., CORABOEUF D., 2000 : Experimental study of brightness surface temperature angular variations of Maritime Pine (*Pinus Pinaster*) stands. *Remote Sens. Environ.*, 72 : 17-34.
- MARTI EZPELETA A. et KERMADI S., 2002 : Apports des données géographiques et satellitaires dans l'étude de la température dans la ville de Vigo, *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, Séville, 335-342.
- OKE, T.R., 1982 : The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108 : 1-24.
- OKE, T.R., 1987: *Boundary layer climates*, 2<sup>nd</sup> edition, Edition Methuen, London.
- THEURER W., 1999: Typical building arrangement for urban air pollution modelling. *Atmospheric Environment*, 33: 4057-4066.
- VOOGT J.A. et OKE T., 1998 : Effets of surface geometry on remotely-sensed surface temperature. *Int. J. Remote Sensing*, 19: 895-920.