



**HAL**  
open science

## Variation des paramètres de plantation des arbres d'alignement dans un milieu urbain et son influence sur la température de l'air - Cas d'Aix-en-Provence, France

Lizeth Melissa Rodriguez Potes, Stéphane Hanrot, Marc-André Dabat,  
Jean-Louis Izard

### ► To cite this version:

Lizeth Melissa Rodriguez Potes, Stéphane Hanrot, Marc-André Dabat, Jean-Louis Izard. Variation des paramètres de plantation des arbres d'alignement dans un milieu urbain et son influence sur la température de l'air - Cas d'Aix-en-Provence, France. *Ambiances in action / Ambiances en acte(s)* - International Congress on Ambiances, Montreal 2012, Sep 2012, Montreal, Canada. pp.261-266. halshs-00745975

**HAL Id: halshs-00745975**

**<https://shs.hal.science/halshs-00745975>**

Submitted on 26 Oct 2012

**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.

# Variation des paramètres de plantation des arbres d'alignement dans un milieu urbain et son influence sur la température de l'air

*Cas d'Aix-en-Provence, France*

Lizeth Melissa RODRIGUEZ POTES<sup>1</sup>, Stéphane HANROT<sup>2</sup>, Marc-André DABAT<sup>3</sup> et Jean-Louis IZARD<sup>4</sup>

1. Laboratory ABC, Architecture School of Marseille, Université de Provence ED 355, financing: ADEME and PACA Region. Lizeth.rodriguez@marseille.archi.fr

2. Thesis director, professor and director of Research Department of Architecture School of Marseille. stephane.hanrot@marseille.archi.fr

3. Co-director, professor and researcher of Laboratory ABC, Architecture School of Marseille. dabat@marseille.archi.fr

4. Researcher of Lab. ABC, Architecture School of Marseille. jlizard@free.fr

**Abstract.** *This study is part of a doctoral thesis on the thermal environment in urban green areas in a Mediterranean climate. The objective of this paper is to show how urban spaces are subjected to thermal influences of planting trees according to their percentage of foliage, the configuration of the plant development (separations between the trees and buildings and vegetation cover) and the orientation of alignments of trees.*

**Keywords:** *urban microclimate, urban trees, green planning*

## Introduction

La conception urbaine présuppose non seulement une connaissance théorique des conditions climatiques et de l'impact des éléments du paysage sur le microclimat<sup>1</sup>, mais aussi l'application de ces connaissances pour créer des microclimats qui soient confortables pour les personnes et qui minimisent l'utilisation de l'énergie dans les bâtiments. Pour atteindre ces objectifs, les arbres sont des moyens naturels incontournables : ils peuvent refroidir l'air chaud par évapotranspiration, procurer de l'ombre sur le sol et les murs pendant l'été et contrôler la vitesse du vent (Panagopoulos, 2008). De même, le refroidissement de la température de l'air grâce aux arbres est un moyen efficace pour réduire de manière significative l'énergie pour la climatisation (Akbari *et al.*, 1997). Enfin la présence des arbres permet de filtrer les polluants, d'agir sur la réduction du bruit lorsqu'ils sont utilisés comme écran sonore, de prévenir l'érosion des sols et de régénérer l'air (Panagopoulos, 2008).

On constate un intérêt croissant de la part des chercheurs et du public pour des thématiques en lien avec le rôle microclimatique des arbres urbains et sur leur contribution à la qualité de vie dans les villes. Cependant on peut déplorer que ces recherches soient si peu prises en compte dans l'élaboration des outils de conception urbaine qui intègrent et organisent la végétation dans le temps et dans l'espace.

---

1. Le microclimat intègre les conditions du rayonnement solaire et terrestre, le vent, la température de l'air, l'humidité et les précipitations dans un espace extérieur à petite échelle (Panagopoulos, 2008).

Cet article s'inscrit dans le cadre plus large d'une thèse portant sur les ambiances thermiques des espaces urbains végétalisés, à l'échelle de la rue en climat méditerranéen et en été. L'objectif de cet article est de montrer dans quelle mesure les espaces urbains sont soumis aux influences thermiques des arbres plantés, en fonction de leur pourcentage de feuillage, de leur distance des bâtiments, de leur couverture végétale et de l'orientation de leur alignement.

## Méthodologie

### *Présentation du site*

La ville support des mesures est Aix-en-Provence, située à proximité de la côte méditerranéenne en Provence, en France, à la latitude 43° 31'52" Nord et la longitude 5° 27'14" Est. Le climat se caractérise par un ensoleillement exceptionnel de 2.800 heures par an, une température moyenne annuelle de 13°C, une humidité relative moyenne annuelle de 55 %, une aérologie (mistral dominant) atténuée par les massifs alentours et des précipitations de 500 mm par an<sup>2</sup>. Le centre de la ville est dense, il comprend des bâtiments contemporains et datant du XVII<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle, d'occupation commerciale et résidentielle. Le choix de la ville est justifié par sa taille (transepts de longueur raisonnable), la présence d'une grande variété de formes urbaines et d'arbres en alignement à très peu de distance, et aussi par la présence d'une station de Météo France très proche du centre ville, ce qui est idéal pour cette étude.

On a retenu pour domaine d'étude le cas des voies urbaines aménagées avec des arbres en alignement, qui sont des espaces de circulation caractéristiques de nombreux centres urbains. Cela ouvre notre étude à une grande gamme d'espaces de circulation tels que les rues, les cours, les avenues et les boulevards. La sélection des cas d'étude s'appuie donc sur une analyse des voies végétalisées dans la ville d'Aix-en-Provence.

### *Hypothèses de départ*

Les effets des arbres sur les conditions thermiques en espaces extérieurs pendant l'été sont en lien avec l'orientation des alignements des arbres, l'aménagement végétal (la couverture végétale et les séparations entre les arbres et les bâtiments) et la densité du feuillage. Ces trois paramètres servent à la fois à caractériser les espaces et à analyser les résultats.

### *Hypothèse 1. Orientation des alignements d'arbres par rapport à l'axe de la rue*

Le placement des alignements par rapport aux directions de la rue Nord-Sud (N-S), Est-Ouest (E-O), Nord-est Sud-ouest (Ne-So) et Nord-Ouest Sud-Est (No-Se) peut modifier les conditions thermiques en tant que blocage du rayonnement solaire ou brise-vent, etc.

### *Hypothèse 2. Aménagement végétal*

La distance de plantation des arbres par rapport aux bâtiments et la couverture végétale de l'arbre modifient les conditions thermiques. La couverture végétale est la zone qu'occupe le houppier<sup>3</sup> sur la rue.

- La distance des arbres  $D_a$  au centre de la rue est rapportée à la largeur de la rue  $W$  et exprimée par le coefficient  $D_a/W$ . Donc :  $D_a/W$  Plus proche de 1 : des arbres sont placés plus contre le mur,  $D_a/W$  plus proche de 0 : des arbres sont placés plus proches de l'axe de la rue.

---

2. Consulté le 05/10/2011 sur <http://www.mairie-aixenprovence.fr/Indicateurs-atmospheriques>

3. Désigne l'ensemble des parties aériennes d'un arbre : les branches, les rameaux et le feuillage.

- Le diamètre du houppier  $2da$  (qui définit la couverture végétale) est rapporté également à  $W$  et exprimé par le coefficient  $2da/W$ . Donc,  $2da/W$  plus proche de 1 : les arbres remplissent le ciel,  $2da/W$  plus proche de 0 : plus de ciel ouvert

Le croisement de ces deux paramètres donne comme résultat trois cas d'aménagement végétal que l'on a pu trouver sur notre site d'étude :

Cas A. Aménagement d'arbres en alignement sans voûte végétale, écarté des façades :  $Da/W$  0,3 - 0,5;  $2da/W$  0,2 - 0,8 (Illustration 1).

Cas B. Aménagement d'arbres en alignement sans voûte végétale, adjacent aux façades :  $Da/W > 0,5$  ;  $2da/W$  0,2 - 0,8 (Illustration 2).

Cas C. Aménagement d'arbres en alignement avec voûte végétale, adjacent aux façades :  $Da/W$  0,3 - 0,5;  $2da/W > 0,8$  (Illustration 3).

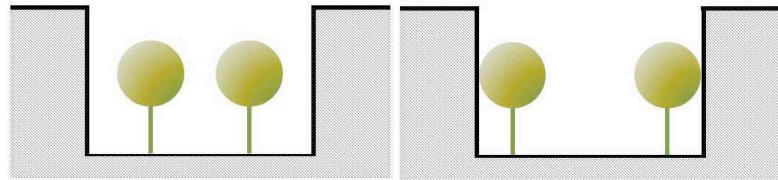


Illustration 1. Cas A

Illustration 2. Cas B

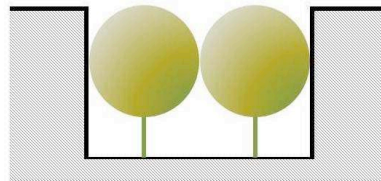


Illustration 3. Cas C

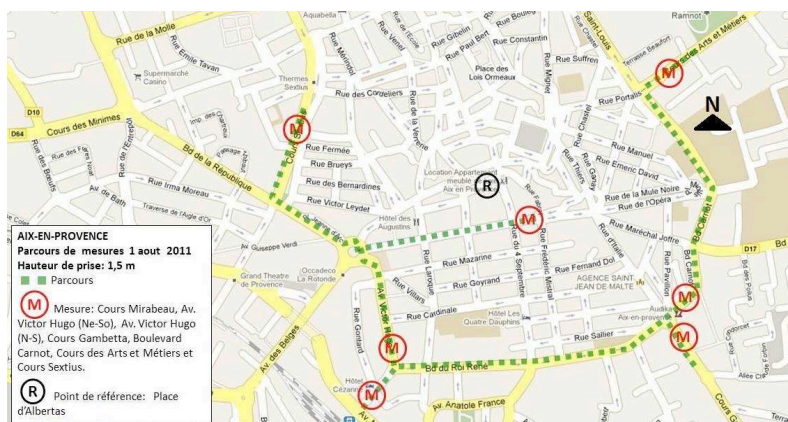
### *Hypothèse 3. Pourcentage de feuillage (%F)*

Les feuillages des arbres peuvent refroidir l'air par évapotranspiration et grâce à l'ombre sur le sol et les murs pendant l'été, réduire le rayonnement et contrôler la vitesse du vent. Dans cette étude, le pourcentage de feuillage indique la surface foliaire totale de chaque point de mesure et détermine le degré de perméabilité à la lumière et au rayonnement. Il a été calculé à partir de l'exploitation des photos « fish eye » en utilisant la méthode utilisée pour estimer le « Sky view Factor »<sup>4</sup>. On définit qu'un pourcentage de feuillage faible est < 45 %, un pourcentage de feuillage fort est > 55 %, et un pourcentage de feuillage moyen est entre 45 et 55 %.

## **Description de la campagne expérimentale**

Pour des raisons d'opérationnalité des parcours, on a choisi des rues qui sont les plus proches les unes des autres : boulevard Carnot, boulevard Victor-Hugo (Ne-So), boulevard Victor-Hugo (N-S), cours des Arts-et-Métiers, cours Gambetta, cours Mirabeau et cours Sextius (Plan 1).

4. Sky View facteur ( $\Psi_{sky}$ ) 0 – 1 : Proportion de l'hémisphère du ciel visible depuis le sol. Varie avec la hauteur et la densité des bâtiments et des arbres (Stewart & Oke, 2009).



Plan 1. Parcours de la campagne de mesures

Les mesures de la température de l'air, de l'humidité relative et de la vitesse du vent ont été faites pendant la journée du 1<sup>er</sup> août 2011. Ces mesures ont été prises toutes les trois heures (de 6:00 à 20:00) en des points précis dans les rues, sous le feuillage des arbres et à une hauteur de 1,5 m du sol avec l'appareil Multifonction TESTO 452. Une Mini Sonde enregistreuse TESTO 175-H2 logger a été placée à un point de référence proche du parcours (place d'Albertas), à 1,5 m du sol et à l'ombre pour enregistrer des données sur la température et l'humidité de l'air toutes les six minutes. La journée de prise des mesures a été ensoleillée avec un ciel dégagé, une température moyenne de 21,4°C, une humidité relative de l'air de 59,4 %, une vitesse de vent de 0,58 m/s, l'air ne dépassant pas 1,9 m/s. Les arbres en alignement identifiés sont le platane (*Platanus X acerifolia*) et le micocoulier (*Celtis australis*).

## Analyse des résultats

L'analyse des résultats s'appuie sur les moyennes géométriques de la température de l'air ( $TA^{\circ}C$ ), et prend également en compte l'humidité relative (%HrA) et la vitesse de l'air ( $VA$  m/s). Le tableau classe les moyennes de la température de l'air de la plus haute à la plus basse (Tableau 1).

	$TA^{\circ}C$	Rue	Orienta- tion	Cas	% F	Da	da	Da/ W	2da/ W	%Hr A	VA m/s
+	25,6	Cours Gambeta	No-Se	A	28,6	11,3	6,5	0,5	0,6	42,9	0,4
↑	24,3	Cours Mirabeau	E-O	A	43,5	11,0	7,0	0,4	0,5	46,7	0,5
	24,3	Cours Sextius	Ne-So	B	49,7	13,0	8,5	0,6	0,8	47,6	0,2
	24,0	Bd.Carnot	Ne-So	A	45,5	9,5	7,0	0,5	0,7	46,4	0,6
	23,6	Bd. Victor Hugo	Ne-So	C	42,5	11,0	10,0	0,5	0,9	46,6	0,9
	-	23,4	Bd. Victor Hugo	N-S	A	53,8	15,0	12,0	0,4	0,7	48,6

Tableau 1. Moyennes de la température de l'air par rue et ses caractéristiques

*Hypothèse 1. Comparaison des orientations Nord-Sud, Est-ouest, Nord-est/Sud ouest (Ne-So) et Nord-ouest/Sud-est (No-Se)*

Paramètres fixes : Cas A, géométrie H/W : 0,35 - 0,50, espèce d'arbre : Platane (*Platanus X acerifolia*). Voies : bd Victor-Hugo, cours Mirabeau, bd Carnot et bd Gambetta.

Observation : en partant de l'orientation Nord-Sud (bd Victor-Hugo), plus on tourne vers l'orientation Est-ouest (cours Mirabeau), plus la température de l'air augmente, à l'exception du Cours Gambetta – ceci est peut-être dû à la diminution du pourcentage de feuillage (28,6%).

Conclusion : Nord-Sud = températures plus basses ; Est-Ouest = températures plus hautes ; Nord-Est/Sud-Ouest et Nord-Ouest/Sud-Est = températures intermédiaires.

Règle : pour obtenir une rue plantée qui soit la plus fraîche possible pendant l'été, il faut privilégier l'orientation Nord-Sud.

### *Hypothèse 2. Comparaison des cas A, B et C*

Paramètres fixes : orientation Nord-Est Sud-Ouest, géométrie H/W : 0,35 - 0,50, espèce d'arbre : Platane (*Platanus X acerifolia*). Voies : bd Carnot, cours Sextius et bd Victor-Hugo.

Observation : le cas C (bd Victor-Hugo Ne-So) présente la température la plus basse des trois cas : et le cas B (cours Sextius) la température la plus haute. C'est-à-dire un écart de 0,7°C entre le cas B et le C. Le cas A reste intermédiaire. Il se peut que la vitesse de l'air joue un rôle déterminant dans ces valeurs. En effet TA et VA sont inversement proportionnelles dans les trois cas comparés.

Le cas A (bd Carnot), avec ses arbres écartés, permet plus de zones d'ombrage et la pénétration du flux du vent au niveau des façades et de l'axe de la rue.

Le cas B (cours Sextius), avec ses arbres très près des façades des bâtiments, privilégie la pénétration du soleil le long de la rue et réduit la vitesse du vent au niveau de la zone piétonnière (points de mesure).

Le cas C (bd Victor-Hugo), avec sa voûte végétale, impose un blocage fort au rayonnement solaire et induit une canalisation du vent, donc l'augmentation de sa vitesse. Dans ce même cas, il se peut que la voûte végétale impose un blocage au flux de vent quand l'axe d'orientation de la rue est perpendiculaire à celui du vent.

Conclusion : rayonnement solaire ponctuel + réduction de la vitesse de l'air (cas B) = température de l'air plus élevée.

Rayonnement solaire réduit + augmentation de la vitesse de l'air (cas C) = température de l'air moins élevée. Diffusion du rayonnement solaire + pénétration du flux du vent (cas A) = température de l'air intermédiaire.

Règle : pour obtenir une rue plantée la plus fraîche possible pendant l'été, il faut privilégier les plantations du type cas C ou A, soit des couvertures végétales fortes qui apportent de l'ombrage à la rue et aux bâtiments ( $2da/W > 0,5$ ), mais avec une séparation suffisante pour permettre la circulation du vent ( $Da/W 0,3 - 0,5$ ).

### *Hypothèse 3. Comparaison du pourcentage de feuillage*

Paramètres fixes : 1. orientation Nord-Est Sud-Ouest, cas A, B et C, géométrie H/W : 0,35 - 0,50, espèce d'arbre : Platane (*Platanus X acerifolia*). Voies : bd Carnot, cours Sextius et bd Victor-Hugo (Ne-So). 2. Cas A, orientations N-S, No-Se et E-O, géométrie H/W : 0,35 - 0,50, espèce d'arbre : Platane (*Platanus X acerifolia*). Voies : cours Gambetta, cours Mirabeau et bd Victor-Hugo (N-S).

Observation : en comparant des cas A, B et C de même orientation Nord-Est/Sud-Ouest, on constate une relation  $TA^{\circ}C/\% F$  directement proportionnelle : plus le pourcentage de feuillage augmente, plus la température de l'air augmente (bd Victor-Hugo Ne-So, bd Carnot et cours Sextius). Si on compare les cas A d'orientation différente (bd Victor Hugo N-S, cours Mirabeau et cours Gambetta), on constate une relation inversement proportionnelle : plus on réduit le pourcentage de feuillage, plus on augmente la température de l'air. Si l'on ne compare que les cas extrêmes (bd Victor-Hugo N-S,  $TA^{\circ}C 25,1^{\circ}C$  ;  $\% F 53,8$  et cours Gambetta  $TA^{\circ}C 23,1^{\circ}C$  ;  $\% F 43,5$ ), on constate la même relation inversement proportionnelle avec des écarts de 2°C de température de l'air et 10,3 % du pourcentage de feuillage.

Conclusion : si le pourcentage de feuillage est important (> 50 %), la température de l'air est faible.

Si le pourcentage de feuillage est faible (< 30 %), la température de l'air est importante.

Règle : pour refroidir l'air en été, il faut privilégier des rues avec d'importants pourcentages de feuillage (plus de 50 %).

## Conclusion

Le croisement des paramètres relatifs à l'aménagement urbain a révélé des relations entre la façon dont les arbres sont plantés dans la ville et la condition thermique de ces espaces. L'orientation, la distance de plantation et la couverture végétale ont des influences sur les niveaux thermiques. De plus, le pourcentage de feuillage dans une rue modifie la température de l'air. Dans ce cas, il se peut qu'un fort pourcentage de feuillage produise des températures plus basses, mais aussi plus hautes si les arbres deviennent des obstacles aux flux du vent, qui pourraient éventuellement rafraîchir les ambiances par convection. Ce sont non seulement les arbres qui contribuent à modifier ces conditions, mais également les formes urbaines, notamment l'orientation des rues. C'est pourquoi on obtiendra de meilleurs résultats si un véritable compromis s'opère entre la forme de construction de nos villes et l'environnement.

## Remerciements

Stéphane Hanrot, Directeur de thèse enseignant à l'ENSA Marseille ; Marc-André Dabat, Co-directeur de thèse enseignant à l'ENSA Marseille ; Jean-Louis Izard, chercheur Laboratoire ABC Marseille ; Marjorie Musy, enseignant et chercheur au Laboratoire CERMA Nantes ; Anne-Marie Helary, correction littéraire.

## Références

- Akbari *et al.* (1997), *Peak power and cooling energy savings of shade trees*, Akbari H., Kurn D.M., Bretz S.E., Hanford J.W, *Energy and Buildings*, 25, pp. 139-148
- Larue D. (1996), *L'Arbre dans la ville*, Les guides Pratiques écologie urbaine, Éditions Sang de la terre et Foncier Conseil, Paris, pp. 118-119
- Panagopoulos T. (2008), *Using microclimatic landscape design to create thermal comfort and energy efficiency*, Actas da 1ª Conferência sobre Edifícios Eficientes, Universidade do Algarve, 25 de Janeiro
- Stewart & Oke (2009), *Classifying urban climate field sites by "local climate zones": The case of Nagano, Japan*, The seventh International Conference on Urban Climate, 29 June - 3 July, Yokohama, Japan