



## LA VULNERABILITE DE LA VILLE D'EL HARRACH AUX EPISODES CANICULAIRES ET LES MESURES D'ADAPTATION

\* BOUATTOU Asma<sup>1</sup>, MAHIMOUD Aissa<sup>2</sup>, ALKAMA Djamel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Maître assistante à l'Institut d'Architecture et d'Urbanisme, Université de Blida 1, Doctorante à l'Université de Constantine 3.

E-mail: esma.bouattou@gmail.com, asma.bouattou@univ-blida.dz.

<sup>2</sup> Maître de Conférences à l'Université de Constantine 3. E-mail: mahimoud58@yahoo.fr.

<sup>3</sup> Professeur à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma. E-mail: dj.alkama@gmail.com.

### Résumé

La fréquence des vagues de chaleur est l'une des conséquences perceptibles du changement climatique. Leurs effets seront particulièrement graves dans les villes qui souffrent déjà du phénomène de l'îlot thermique urbain. A travers cet article, nous allons étudier la vulnérabilité de la ville d'El Harrach (Alger, Algérie) aux vagues de chaleur. En effet, sur la base des données météorologiques, provenant de l'Office National de Météorologie d'Alger, durant la saison estivale de la période 1980-2020, nous allons établir et analyser des diagrammes de la fréquence et la durée des épisodes caniculaires dans cette ville. Ainsi à l'aide d'une analyse multicritères, nous allons identifier les principales sources amplifiant la chaleur dans la ville d'El Harrach, et proposer une série de mesures aidant la ville à s'adapter aux fortes chaleurs et à renforcer sa résilience. Les résultats ont montré une augmentation significative des vagues de chaleur et de nombre de jours dépassant les 35°C.

**Mot-clé :** Vague de chaleur, Changement climatique, Adaptation, Vulnérabilité urbaine, Résilience urbaine.





## 1. Introduction

Le dernier rapport du GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat), dévoilé en Août 2021, confirme que le climat change plus vite, voire plus fort que ce que l'on craignait. De nouveaux désastres « sans précédent » menacent l'humanité, déjà frappé par une série de canicules, d'inondations et de sécheresses (IPCC, 2021).

Le même rapport souligne que le réchauffement de la planète pourrait atteindre le seuil de +1,5° C autour de 2030, dix ans plus tôt qu'attendu. Il signale également que les températures devraient grimper plus vite autour de la Méditerranée qu'au niveau mondial, au cours des prochaines années.

Par ailleurs, dans le cadre du projet VURCA<sup>1</sup>, Météo-France a indiqué une augmentation très nette de la durée et l'intensité des canicules ; tout en montrant que les vagues de chaleur les plus extrêmes pourraient intervenir à la fin du siècle d'une durée de 2 à 3 fois plus longues que celle d'aujourd'hui, soit jusqu'à une soixantaine de jours (Gruber, Meskel et *al.*, 2014).

En outre, selon une étude établie en 2015, parue dans le journal *Nature Climate Change*, les événements météorologiques extrêmes, que se produisent deux fois par siècle, pourraient désormais se produire deux fois par décennie, depuis les années 2000 (Christidis et *al.*, 2015).

Les épisodes caniculaires devraient devenir de plus en plus fréquents, longues et intenses durant ces prochaines décennies.

D'autre part, un bon nombre de recherches montrent que les impacts de la chaleur sont indéniables. En plus de la modification du climat et le bouleversement de l'écosystème, elle entraîne des problèmes de santé notamment pour : les personnes âgées, les populations socialement isolées, les travailleurs extérieurs, les personnes ayant un faible niveau socioéconomique et les personnes souffrant des troubles mentaux. Ainsi, elle dégrade la qualité de l'air et de la vie, et engendre une surconsommation de l'eau potable et de l'énergie ; liée à l'utilisation massive de climatiseur (Giguère, 2009).

Les villes n'échappent pas à l'influence du réchauffement climatique qui amplifie les effets de l'îlot de chaleur urbain, déjà provoqué par l'accumulation de certains facteurs, tel que : l'urbanisme dense, la forme urbaine, la configuration des rues formant des canyons, la circulation automobile intense, la minéralisation excessive des sols, le déficit de végétal et des espaces bleus (Dahech, 2007 ; Colombert, 2008 ; Anquez et Herlem, 2011 ; APUR, 2012 ; Cordeau ; 2014).

<sup>1</sup> Projet mené en 2012 par : CNRM-GAME (Météo-France / CNRS), Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CIRED) et CSTB, sur la Vulnérabilité Urbaine aux épisodes Caniculaires et stratégies d'Adaptation.





Ce phénomène d'îlot thermique urbain est plus néfaste lors des périodes caniculaires. Comme a connu la France en 2003 en causant plus de 15 000 morts et récemment, en 2021, au Canada en engendrant plus de 808 morts.

Les collectivités urbaines doivent s'impliquer face à ce nouveau défi, qui leur est imposé, et ce par l'élaboration des stratégies de lutte contre les conséquences dramatiques de la chaleur ; à différentes échelles spatiales et temporelles.

Dans ce travail, nous prenons comme cas d'étude l'agglomération d'El Harrach qui est classée très vulnérables au réchauffement climatique, à cause de sa position géographique favorisant le piégeage de la chaleur (Bouattou, 2016). Il vise à étudier la fréquence des épisodes de chaleur à El Harrach ; tout en identifiant les causes de son réchauffement local et proposés une série de stratégies de rafraîchissement possibles.

## 2. Présentation du cas d'étude

El Harrach est une agglomération urbaine, située dans la banlieue Est d'Alger, à environ 14 Km de la capitale. Elle s'étend sur une superficie de 9,42 Km<sup>2</sup>. Dans le cadre du Plan Stratégique d'Alger à l'horizon 2035, El Harrach fait partie d'un grand projet d'aménagement territorial, et du futur pôle de compétitivité de la ville d'Alger (ParqueExpo, 2011). Selon Aroua 2012, l'agglomération d'El Harrach est très vulnérable aux aléas climatiques.

## 3. Méthodes et Outils

### 3.1 Evolution et fréquences des journées et épisodes caniculaires à El Harrach

Nous avons utilisé les données de températures de l'air maximales et minimales de la saison chaude de l'année (Mai, Juin, Juillet, Aout, Septembre et Octobre), de la période 1980- 2020. Ces données proviennent des stations météorologiques d'El Harrach et de Dar El Beida<sup>2</sup>, installées par l'Office National de Météorologie d'Alger.

Il est à noter que la station d'El Harrach a été mise en service en 2010. De ce fait, nous exploitons les données de températures de la station de Dar El Beida pour la période 1980 – 2009, et celle de la station d'El Harrach pour la période 2010-2020.

D'autre part, les seuils d'une journée caniculaire diffèrent d'un climat de lieu à l'autre (Faci et Matari, 2017). Pour la ville d'Alger, on considère une journée caniculaire lorsque  $T_{max} \geq 35^{\circ}C$  et  $T_{min} \geq 20^{\circ}C$ .

En premier lieu, nous avons calculé le nombre de journées d'été durant lesquelles les températures maximales et minimales dépassent les seuils définis.

<sup>2</sup> La station météorologique de Dar El Beida a les mêmes caractéristiques climatiques et de localisation que notre cas d'étude.





En deuxième lieu, nous avons analysé la durée des épisodes caniculaires et leurs fréquences durant la période d'étude. Ces épisodes de canicule peuvent aller d'un jour à plusieurs jours consécutifs (Faci et Matari, 2017).

### 3.2 Sources de réchauffement urbain à El Harrach

Sur la base d'un système d'indicateurs déclenchant le réchauffement urbain (tableau 1) et en suivant les démarches de l'analyse multicritères (AMC), nous avons comparé les valeurs calculées de chaque indicateur à El Harrach aux valeurs de référence (national /international). Ensuite, nous avons noté chaque indicateur selon un barème de notation allant de 0 à 3.

Tableau 1. Indicateurs déclenchant le réchauffement urbain (Source : Bouattou, 2016)

Symbole	Indicateurs	Symbole	Indicateurs
A	Nbe. de pop.totale / Surface de la commune	N	Surface totale de la commune
B	Taux d'urbanisation	O	Nbe. de population de la commune
C	Densité d'activité humaine	P	Taux de consommation d'énergie
D	Nbe. de logt. / Surface de la commune	Q	Taux d'émission des GES
E	Taux du parc précaire	R	Taux des ménages ayant le climatiseur
F	Densité du plan bâti	S	Présence des activités industrielles polluantes
G	Densité d'emploi	T	Présence des TCSP
H	Surface minérale / Surface de la commune	U	Nbe. des VP /1000 hab.
I	Surface minérale / Surface de l'espace ouvert	V	Emission des GES par VP
J	Surface espace vert et bleu / Surface de la commune	W	Nbe. total des déplacements
K	Surface espace vert urbain / Nbe. habitant	X	Part des déplacements MAP
L	Surface espace vert et bleu / Surface espace ouvert	Y	Part des déplacements TMM
M	Présence des plans d'eau	Z	Part des déplacements VP

## 4. Résultats et Discussion

La figure 1 montre l'évolution des journées caniculaires entre 1980 et 2020 à El Harrach. Nous avons constaté une tendance à la hausse des nombres de jours caniculaires, dont les étés les plus chauds étaient ceux des années : 1994 (30 jours caniculaires), 2001 ; 2005 et 2015 (25 jours caniculaires), 2003 (27 jours caniculaires), 2017 (24 jours caniculaires) et 2019 (22 jours caniculaires). Cette augmentation est plus remarquable à partir du milieu des années 90.



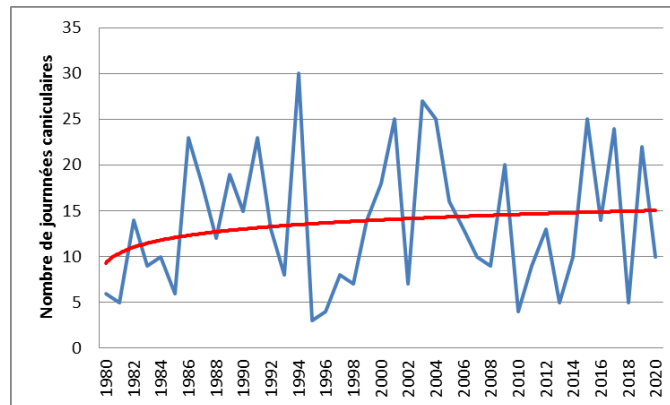


Figure 1. Evolution des journées caniculaires à El Harrach de 1980-2020

Ce constat s'aligne avec celui de l'échelle mondiale. Par exemple, Météo-France a déclaré que la France a connu 10 canicules durant presque un siècle (1900-1992). Cependant, depuis 1994 au 2018, elle a eu 17 canicules<sup>3</sup>.

En outre, la durée et la fréquence des épisodes caniculaires de la période 1980- 2020 à El Harrach sont représentées par le tableau ci-dessous. Sa lecture nous a permis de constater une augmentation de la durée des épisodes caniculaires, dont la chaleur était extrême pendant 6 jours successifs en 1994 ; 2001 ; 2003 ; 2015, et pendant 7 jours en 2019. Nous avons remarqué également qu'à partir des années 2000, les épisodes de chaleur supérieurs à deux jours sont plus fréquents.

Tableau 2. Durée et fréquence des épisodes caniculaires à El Harrach entre 1980- 2020

Année	1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours	6 jours	7 jours	8 jours	9 jours
1980	4	2	0	0	0	0	0	0	0
1981	5	0	0	0	0	0	0	0	0
1982	8	0	2	0	0	0	0	0	0
1983	4	1	1	0	0	0	0	0	0
1984	4	1	0	1	0	0	0	0	0
1985	6	0	0	0	0	0	0	0	0
1986	8	4	1	1	0	0	0	0	0
1987	10	1	2	0	0	0	0	0	0
1988	8	2	0	0	0	0	0	0	0
1989	7	1	1	0	0	1	0	0	0
1990	11	2	0	0	0	0	0	0	0
1991	4	3	1	0	0	0	0	0	1
1992	5	2	0	1	0	0	0	0	0
1993	4	2	0	0	0	0	0	0	0
1994	10	1	1	1	1	1	0	0	0
1995	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1996	1	0	1	0	0	0	0	0	0

<sup>3</sup> <https://www.rtl.fr/actu/politique/meteo-pourquoi-les-episodes-de-canicules-se-multiplient-ils-7797910443>





1997	6	1	0	0	0	0	0	0	0
1998	7	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	2	1	2	1	0	0	0	0	0
2000	6	3	2	0	0	0	0	0	0
2001	10	3	0	0	0	1	0	0	0
2002	5	1	0	0	0	0	0	0	0
2003	5	3	1	0	1	1	0	0	0
2004	8	2	3	1	0	0	0	0	0
2005	9	2	1	0	0	0	0	0	0
2006	9	2	0	0	0	0	0	0	0
2007	3	1	0	0	1	0	0	0	0
2008	7	1	0	0	0	0	0	0	0
2009	9	2	1	1	0	0	0	0	0
2010	4	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	4	2	0	0	0	0	0	0	0
2012	7	3	0	0	0	0	0	0	0
2013	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2014	4	3	0	0	0	0	0	0	0
2015	14	2	1	0	0	1	0	0	0
2016	5	3	1	0	0	0	0	0	0
2017	6	3	1	1	0	0	0	0	0
2018	3	1	0	0	0	0	0	0	0
2019	6	2	0	1	0	0	1	0	0
2020	4	3	0	0	0	0	0	0	0

Suite du tableau 2

Par ailleurs, l'analyse multicritères basée sur les indicateurs déclenchant le réchauffement urbain, nous a permis d'établir le profil de réchauffement local de l'agglomération d'El Harrach ( figure 2). De ce profil, nous avons ciblé les sources de réchauffement local de notre cas d'étude, et proposé les stratégies de rafraîchissement permettant de lutter contre la chaleur urbaine, de s'adapter aux épisodes caniculaires et de renforcer la résilience urbaine d'El Harrach.

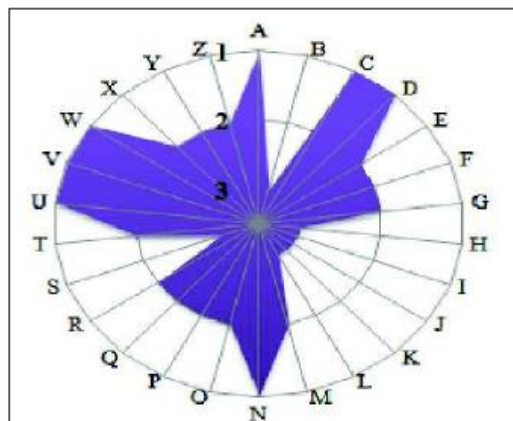


Figure 2. Profil de réchauffement local de l'agglomération d'El Harrach





Nous avons remarqué que les principales sources de réchauffement urbain d'El Harrach sont :

- L'urbanisation ;
- Les surfaces imperméables ;
- La faible présence de végétation ;
- La présence des activités industrielles polluantes.

Pour remédier à ce réchauffement à El Harrach, nous proposons d'agir sur les sources de son déclenchement et envisager les stratégies suivantes :

- Utilisation des revêtements perméables ;
- Création des nouveaux espaces verts ;
- Création et conservation des plans d'eau ;
- Investissements dans les technologies les plus efficaces moins énergivores ;
- Réduction des émissions de polluants ;
- Reconversion vers des activités moins émettrices de gaz à effet de serre.

## 5. Conclusion

A travers cette recherche, nous avons confirmé l'augmentation des journées caniculaires et leur durée à El Harrach durant ces dernières décennies. Cette hausse est plus remarquable à partir de 1994, elle est intensifiée pendant les décennies des années 2000 ; dont les épisodes caniculaires de plus de deux jours sont plus fréquents.

Ainsi, ce travail nous a permis d'avancer que l'agglomération d'El Harrach est très vulnérable aux vagues de chaleur et au réchauffement local ; à cause de son urbanisation au détriment de ses espaces verts, et de la présence des activités industrielles polluantes. Ce constat nécessite une mobilisation urgente par les collectivités locales afin de l'adapter à cette situation dramatique et renforcer sa résilience.

En effet, les collectivités locales d'El Harrach doivent procéder à la gestion des risques de canicules et approfondir leurs connaissances sur : les impacts de la chaleur, les moyens disponibles et les solutions à mettre en place afin de lutter contre les effets du réchauffement urbain et de faire face aux risques de chaleur extrême.

## Bibliographie

ANQUEZ P. et HERLEM A. (2011). *Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal : causes, impacts et solutions*. Chaire de responsabilité sociale et du développement durable. ESG UQAM, Montréal.

AROUA N. (2012). *Facteurs de vulnérabilité et capacité de résilience du milieu urbain face aux risques hydro climatiques dans la commune algéroise d'El Harrach*. Thèse de Doctorat, EPAU, Alger.





- APUR. (2012). *Les îlots de chaleur urbain à paris*, Phase1,
- BOUATTOU A. (2016). *Stratégie de rafraîchissement urbain à Alger, pour l'adaptation climatique des communes thermiquement vulnérables*. Mémoire de Magister, EPAU, Alger.
- CHRISTIDIS N. et al.( 2015). *Dramatically increasing chance of extremely hot summers since the 2003 European heat wave*. Nature Climate Change 5.
- COLOMBERT M. (2008). *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*. Thèse de Doctorat, Université Paris-Est, France.
- CORDEAU E. (2014). *La vulnérabilité de la ville à la chaleur par l'approche zones climatiques locales*. Note Rapide N°661, IAU-îdf, Paris.
- DAHECH S. (2007). *Variabilité du climat de Sfax (Tunisie) entre 1970 et 2002 : exemple des températures et du vent*. Acte du XIXe Colloque de L'association Internationale de Climatologie, Epernay.
- FACI M.et MATARI A. (2017). *Contribution à l'étude des canicules en Algérie (Cas d'Oran et de Béchar)*. International Journal of Innovative Technical and Applied Sciences, vol 1, issue 1.
- GIGUERE M. (2009). *Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbain*, Revue de littérature. Institut National de Santé Publique de Québec, Québec.
- GRUBER C.et MESKEL E. et al. (2014). *Comment adapter le territoire parisien aux futures canicules, pistes et stratégies d'adaptation aux changements climatiques*. Agence Parisienne de Climat, Paris.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021, The physical science basis*. Contribution of working Groups I to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Geneva.
- PARQUEEXPO. (2011). *PDAU D'Alger*, Rapport d'orientation, Alger.

