



Université Mohammed V
Rabat (Maroc)

Laboratoire d'Études et de
Recherches « Sociétés,
Territoires, Histoire et
Patrimoine » (STHP)



Faculté des Lettres et des
Sciences Humaines

Centre des Études et de
Recherches
Géographiques
(CERGéo)



06 – 09 Juillet 2022
Météo – France, Toulouse, France

35^{ème} Colloque Annuel de l'Association Internationale de Climatologie

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines : Regards sur les modifications statistiques des températures

Pr. Hind FATTAH
FLSH – Rabat

Session: Climat urbain

Mercredi 06 Juillet 2022

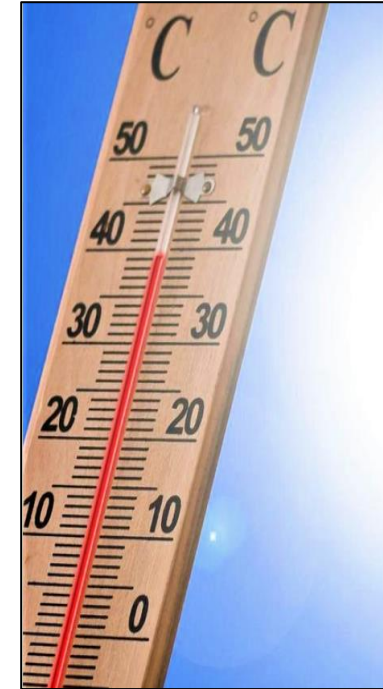
Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Introduction

Canicule

“ Un contexte climatique exceptionnel, marqué avant tout par une chaleur intense mais également par une grande sécheresse et un fort ensoleillement rendant l’ambiance éprouvante “



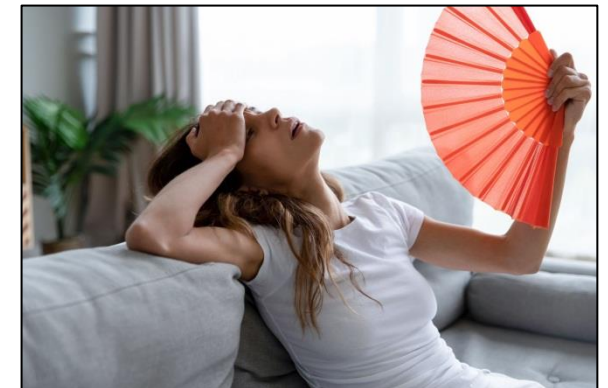
Réchauffement climatique

1980

1990

2000

Canicules d’été → Ampleur extravagante

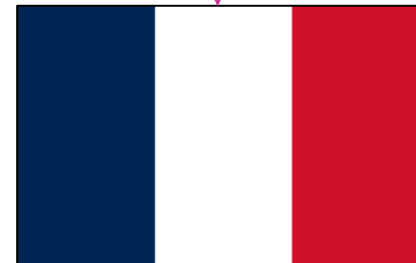


Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines : Regards sur les modifications statistiques des températures

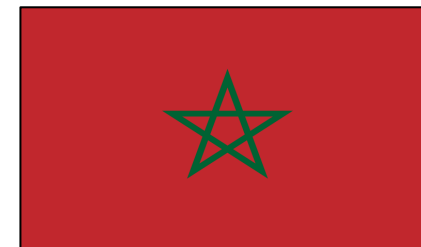
Introduction

2003

Plusieurs pays ont été touchés par cet aléa climatique cataclysmique



Le système climatique Marocain a été également influencé au cours de la même année par la persistance d'un type de temps plus au moins chaud.



2022

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Problématique

2021

JANVIER	FEVRIER	MARS	AVRIL
LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30
MAI	JUIN	JUILLET	AOUT
LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
SEPTEMBRE	OCTOBRE	NOVEMBRE	DÉCEMBRE
LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	LU MA ME JE VE SA DI 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

Une vague de chaleur exceptionnelle a touché la majorité des villes Marocaines.

Cet évènement climatique extrêmement puissant a été caractérisé par l'enregistrement de nouveaux records de températures maximales journalières dépassant largement 48°C dans certaines stations, et accompagnées de vents chauds, secs et forts de type Chergui

Le Maroc a connu plusieurs épisodes successifs de canicule qui ont duré entre quatre et sept jours.

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Problématique

- ➔ Comment les températures maximales ont-elles évolué au Maroc depuis l'accélération du réchauffement climatique ?
- ➔ Quelles sont les villes Marocaines les plus touchées par la canicule estivale 2021 ?
- ➔ Et comment peut-on expliquer cet aléa climatique ?

Objectifs

Objectif 1

Suivre la tendance évolutive des températures maximales des mois les plus chauds de l'année (juillet et août) pour six stations météorologiques pendant une période de 49 ans.

Objectif 2

Analyser statistiquement le nombre de jours de très fortes chaleurs ($T_{Max} \geq 40^{\circ}C$) durant l'été 2021.

Objectif 3

Effectuer une analyse synoptique pour mieux expliquer les épisodes caniculaires de 2021.

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

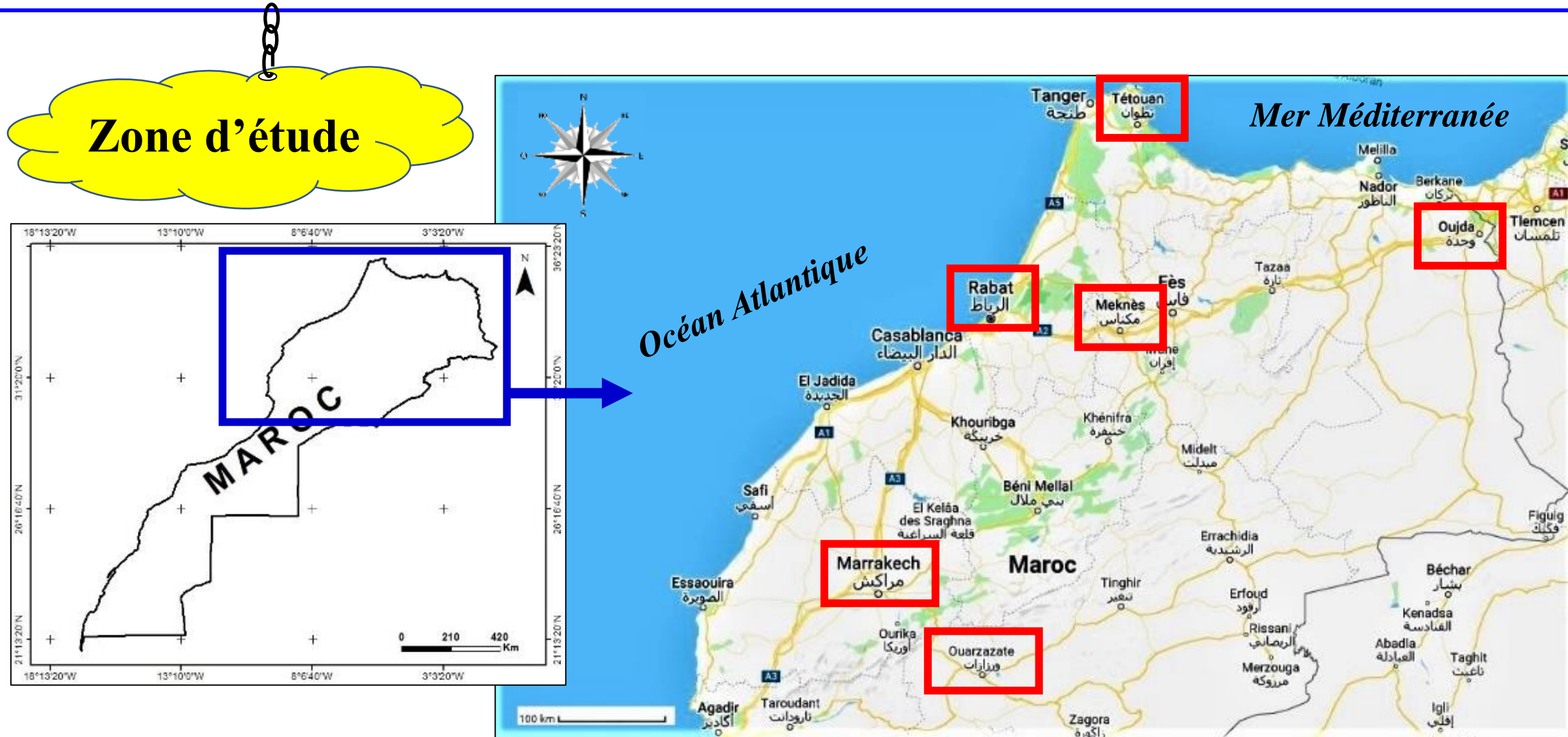


Figure 1. Carte de localisation des villes Marocaines étudiées. *Source* : Données CARTO, Google Maps, 2022

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

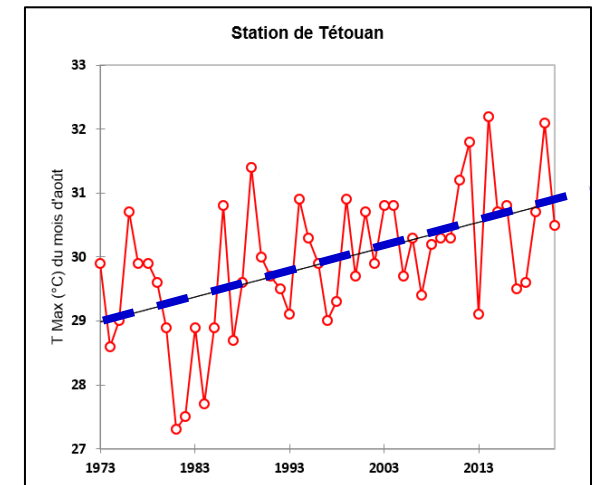
Données utilisées

- ❶ Séries de températures maximales (°C), journalières et mensuelles, relatives aux mois les plus chauds de l'année (**juillet et août**) couvrant **une période de 49 ans** (1973-2021), et ce, pour **six stations météorologiques Marocaines**.
- ❷ Cartes isobariques à une **altitude de 500hPa**, prises à **12h00 UTC** et couvrant ainsi toute **l'Europe et une partie du territoire Marocain**.

Méthodologie

À double approche (analytique et synthétique)

- **Utilisation du test non-paramétrique de Mann-Kendall.**
- **Classification des Max thermiques journalières en se basant sur l'indice de fréquence.**
- **Explication de l'aléa climatique a été basée sur une analyse synoptique descriptive**



Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures



Résultats

❶ Analyse statistique des maximales estivales mensuelles pendant la période 1973-2021

❷ Analyse statistique des maximales estivales journalières durant les mois de juillet et août 2021

❸ Analyse synoptique des conditions atmosphériques engendrant la canicule estivale 2021

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

- À partir des années 1980 et 1990, le climat des différentes stations Marocaines a été caractérisé par une augmentation généralisée des températures.
- La situation s'est aggravée encore plus au cours des deux premières décennies du 3^{ème} millénaire qui ont été marquées par une accélération brusque de la fréquence des chaleurs caniculaires.
- Des températures maximales enregistrant des valeurs extrêmes ont été alors observées lors des récentes canicules estivales.

2010

2017

2020

① Analyse statistique des maximales estivales mensuelles pendant la période 1973-2021

Les tendances d'évolution des températures maximales mensuelles

Juillet

Août

1973 - 2021

Test non-paramétrique de Mann-Kendall.

Année la plus chaude

DGM - Casablanca

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

① Analyse statistique des maximales estivales mensuelles pendant la période 1973-2021

Tableau 1. Résultats du test de Mann-Kendall appliqué aux températures maximales d'été 1973-2021 (Niveau de confiance de 95%). Les astérisques indiquent les tendances significatives.

Région	Station	Pente de Sen (Valeur-p du test)			
		Juillet		Août	
Orientale	Oujda	+0,083*	(<0,0001)	+0,062*	(<0,0001)
Atlantique Nord	Tétouan	+0,061*	(<0,0001)	+0,038*	(0,000)
	Meknès	+0,023	(0,305)	+0,064*	(<0,0001)
	Rabat-Salé	+0,008	(0,575)	+0,019	(0,142)
Atlantique Centre	Marrakech	+0,054*	(0,018)	+0,050*	(0,004)
Sub-Saharienne	Ouarzazate	+0,060*	(<0,0001)	+0,045*	(<0,0001)

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines : Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

① Analyse statistique des maximales estivales mensuelles pendant la période 1973-2021

Juillet

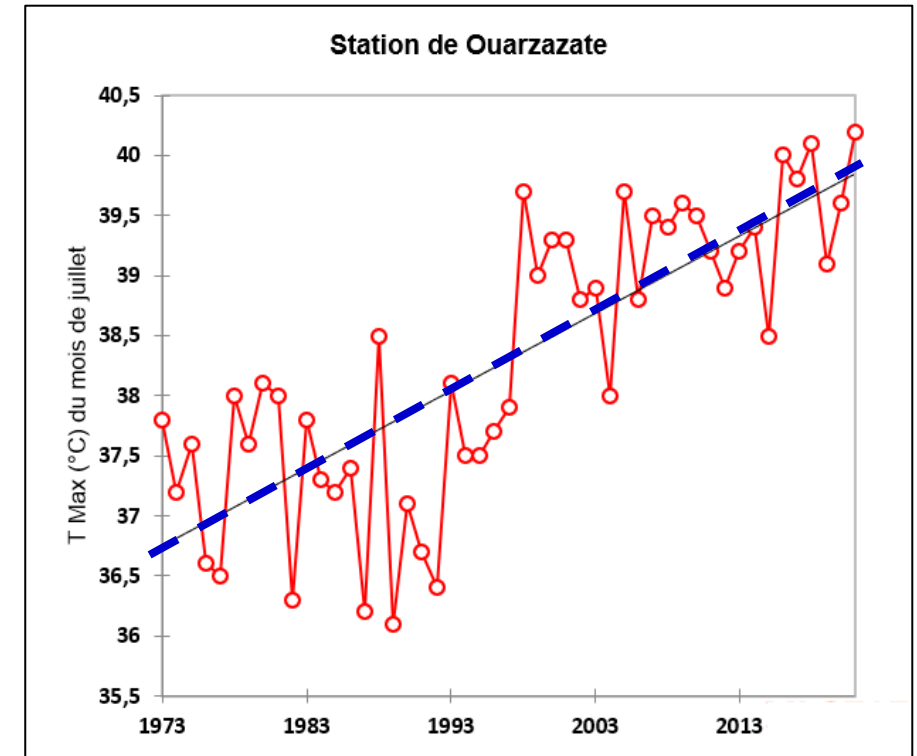
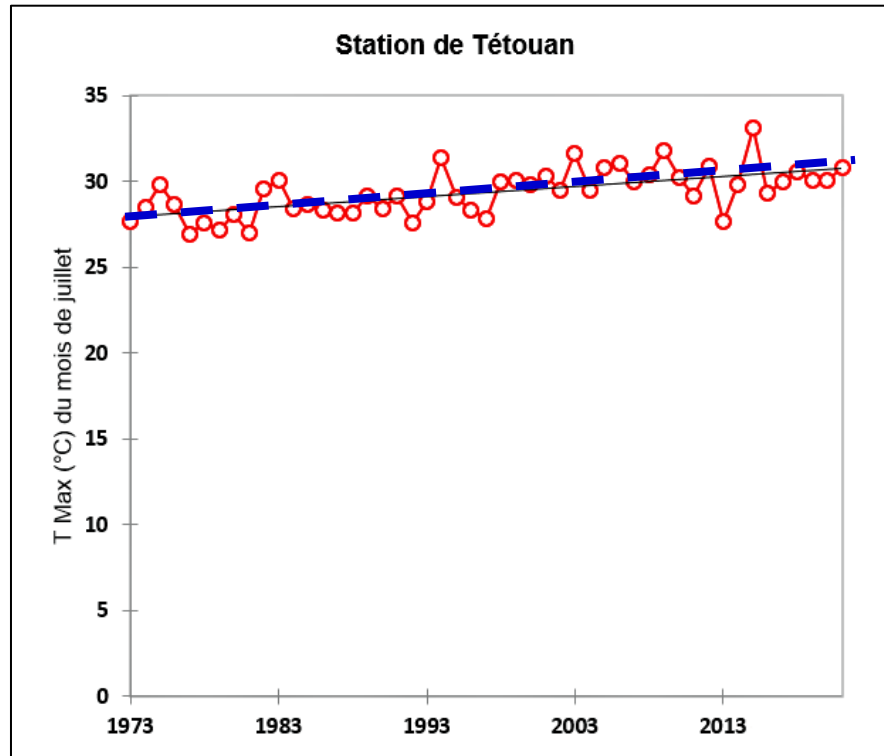
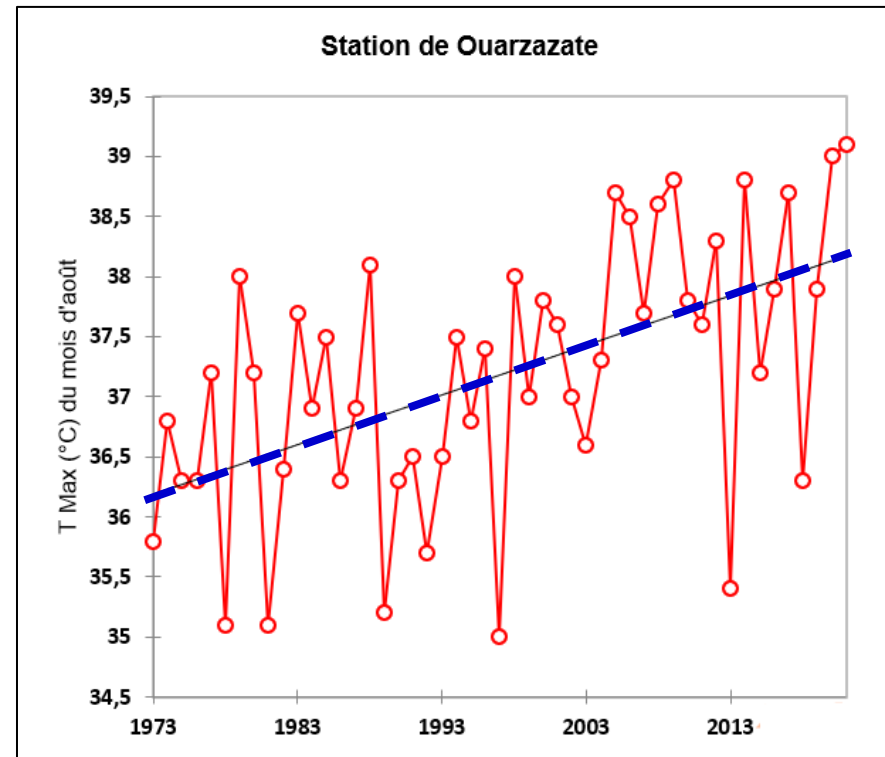
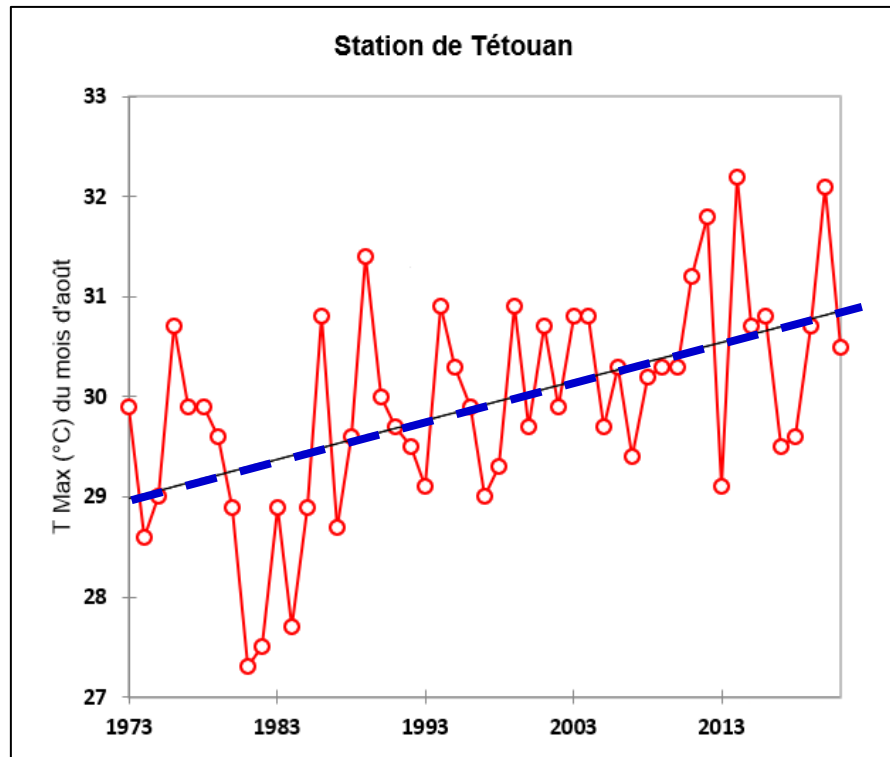


Figure 2. Tendence évolutive des températures maximales du mois de juillet (Stations: Tétouan & Ouarzazate)

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines : Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

① Analyse statistique des maximales estivales mensuelles pendant la période 1973-2021



Août

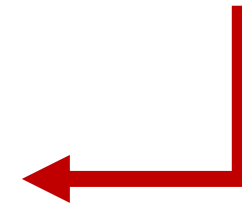


Figure 3. Tendence évolutive des températures maximales du mois de août (Stations: Tétouan & Ouarzazate)

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

Le mois de juillet 2021 a connu deux épisodes caniculaires.

② Analyse statistique des maximales estivales journalières durant les mois de juillet et août 2021

JUILLET 2021

LUNDI	MARDI	MERCREDI	JEUDI	VENDREDI	SAMEDI	DIMANCHE
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

①
04 jours

Valeurs Records

②
07 jours

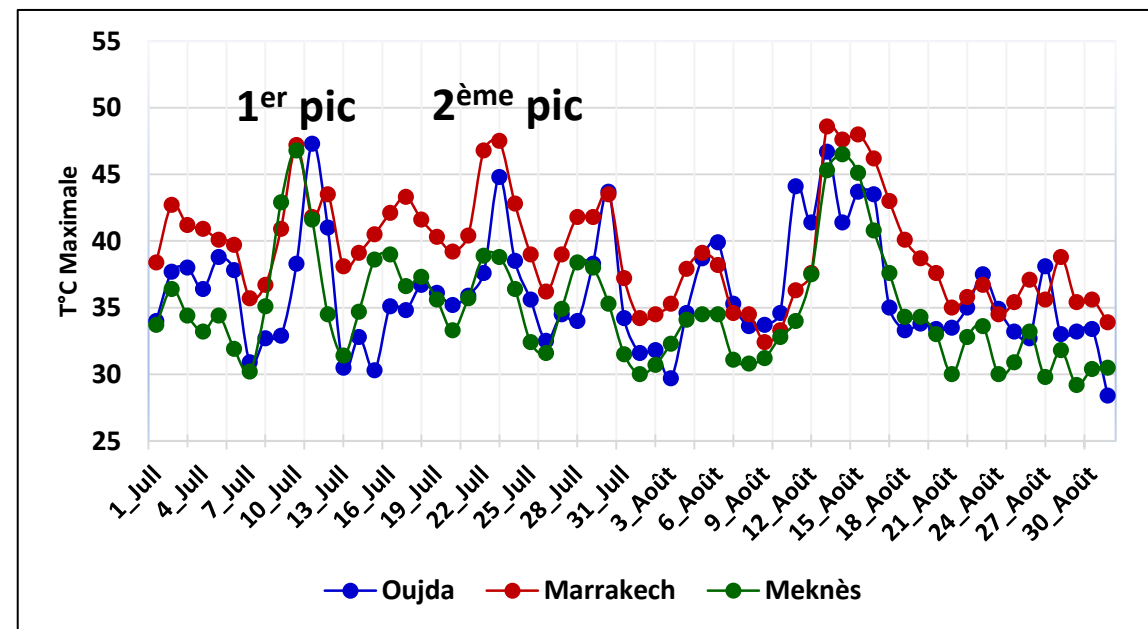


Figure 4. Maximales journalières des stations les plus touchées par la canicule estivale 2021 (juillet et août)

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

② Analyse statistique des maximales estivales journalières durant les mois de juillet et août 2021

Au cours du mois d'août, une vague de chaleur de six jours a touché une grande partie du pays.

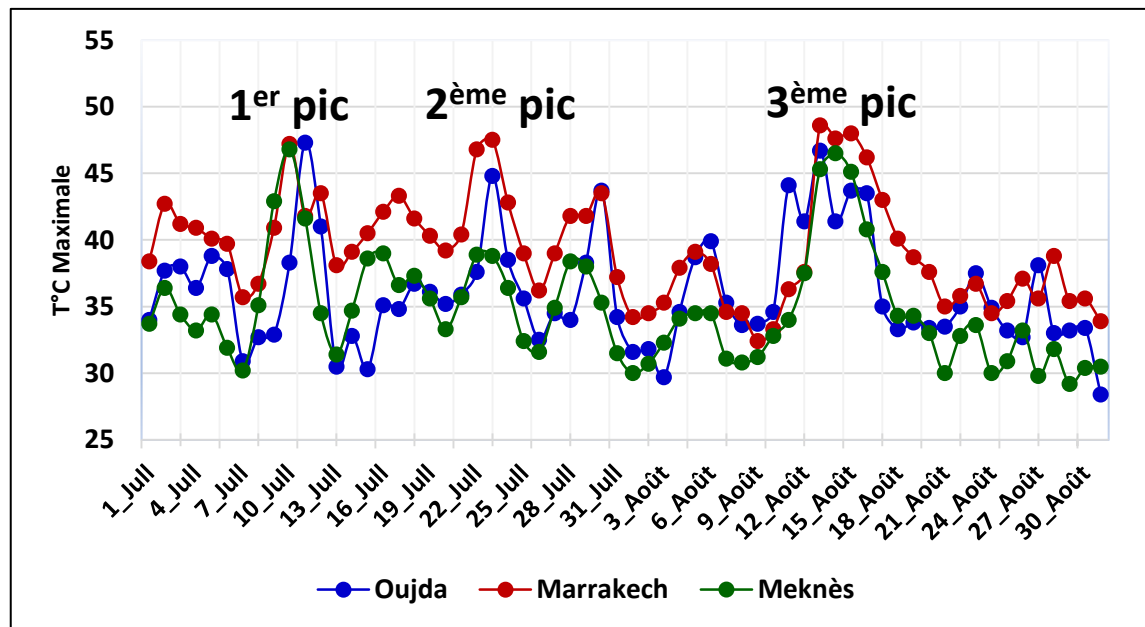


Figure 4. Maximales journalières des stations les plus touchées par la canicule estivale 2021 (juillet et août)

AUGUST / 2021						
SU	MO	TU	WE	TH	FR	SA
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

Sur les six stations analysées, quatre stations (Marrakech, Oujda, Meknès et Tétouan) ont battu les records mensuels enregistrés il y a quelques années.

Les mesures journalières dévoilent une hausse sensible des températures maximales franchissant la normale mensuelle (1981-2010) de 11,9 °C à 13,3°C.

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

② Analyse statistique des maximales estivales journalières durant les mois de juillet et août 2021

Indice de fréquence

Tableau 2. Classification des maximales journalières des mois de juillet et août 2021 selon les valeurs enregistrées (en Nbr)

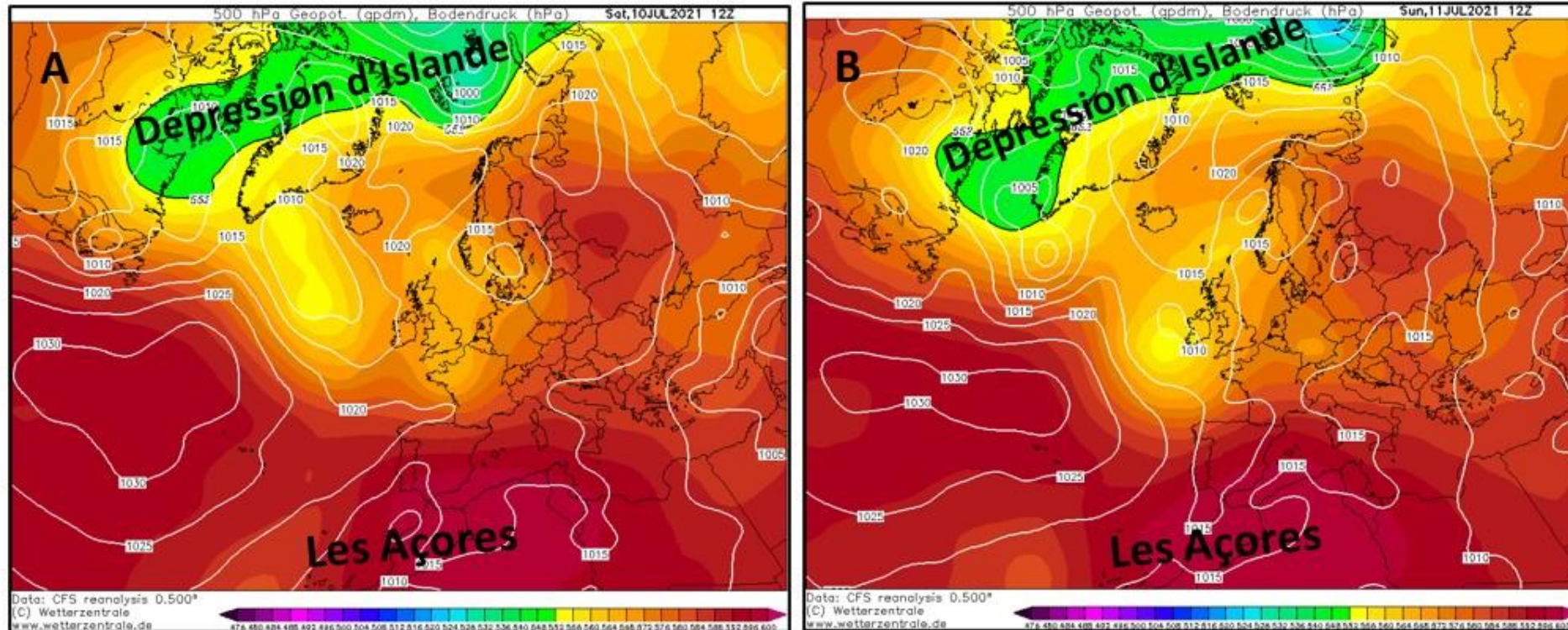
Région	Station	$T_x \geq 40^\circ\text{C}$	$35 > T_x \geq 40^\circ\text{C}$	$30 > T_x \geq 35^\circ\text{C}$	$25 > T_x \geq 30^\circ\text{C}$	$20 > T_x \geq 25^\circ\text{C}$
Orientale	Oujda	10	22	28	2	0
Atlantique Nord	Tétouan	1	8	18	34	1
	Meknès	7	16	37	2	0
	Rabat-Salé	0	0	6	50	6
Atlantique Centre	Marrakech	26	28	8	0	0
Sub-Saharienne	Ouarzazate	28	34	0	0	0

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines : Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

③ Analyse synoptique des conditions atmosphériques engendrant la canicule estivale 2021

La situation synoptique des 10 et 11 juillet 2021



L'avancée de l'anticyclone des Açores (venant du Sud-Ouest) vers le Nord, notamment le Maroc et une grande partie de l'Europe, a engendré un état atmosphérique caractérisé par des crêtes planétaires chaudes qui ont rendu l'ambiance thermique totalement éprouvante.

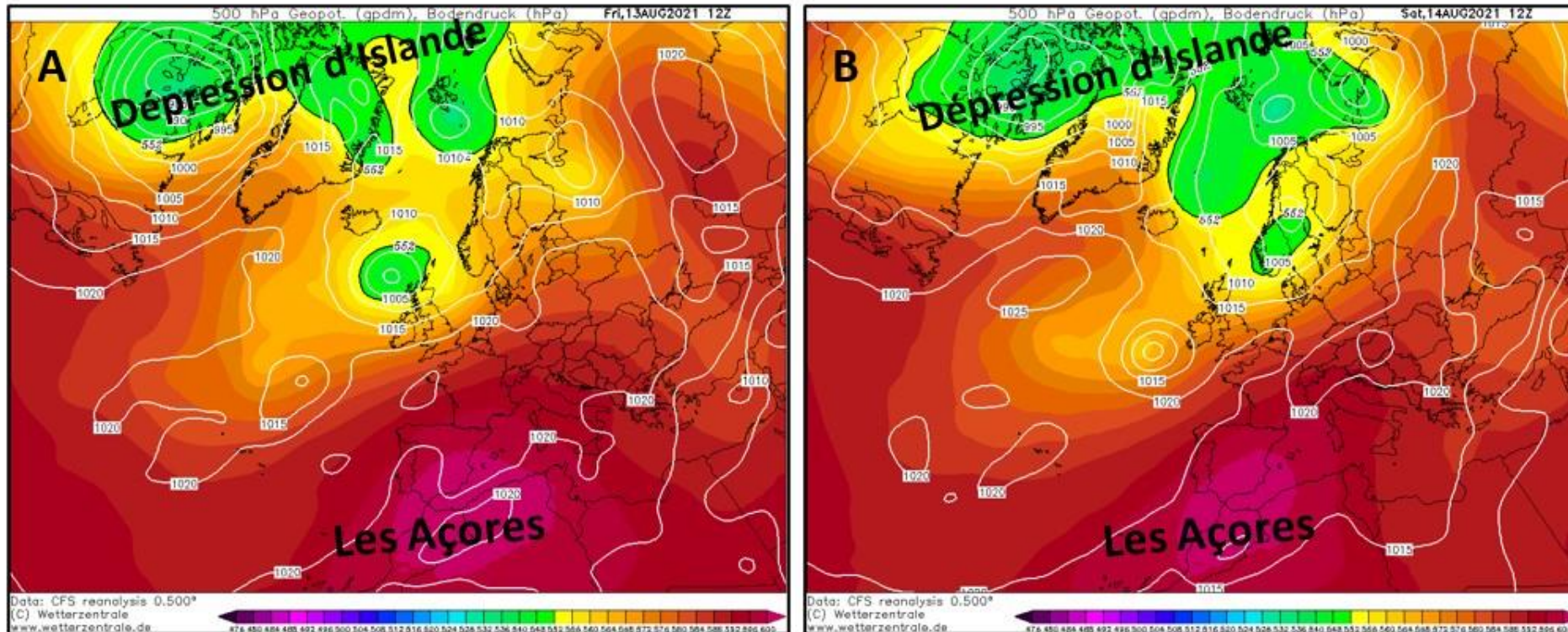
Figure 3. Cartes synoptiques à 500 hPa (12h00 UTC). A- 10 juillet 2021. B- 11 juillet 2021. Source : [Wetterzentrale](http://www.wetterzentrale.de)

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines : Regards sur les modifications statistiques des températures

Résultats

③ Analyse synoptique des conditions atmosphériques engendrant la canicule estivale 2021

La situation synoptique des 13 et 14 août 2021



La chaleur extrême dominait toujours au Maroc, l'Algérie et une grande partie de l'Europe. L'anticyclone des Açores – chargé d'air chaud et sec – s'est installé avec force dans ces territoires.

Figure 4. Cartes synoptiques à 500 hPa (12h00 UTC). A- 13 août 2021. B- 14 août 2021. Source : Wetterzentrale

Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines :

Regards sur les modifications statistiques des températures

Conclusion

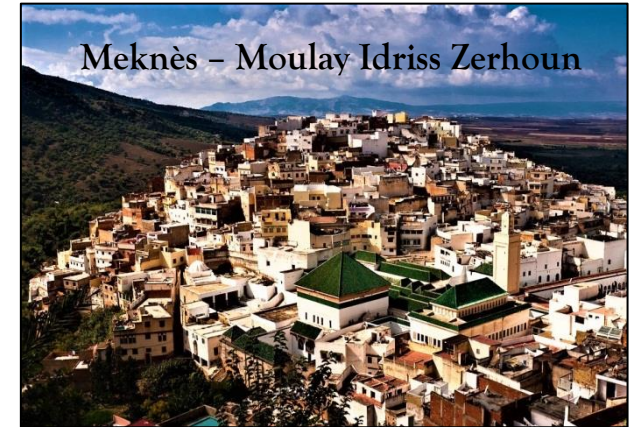
Les résultats obtenus montrent une tendance significative d'augmentation des températures maximales estivales au Maroc sur la période 1973-2021 et reflètent davantage l'ampleur de l'événement météorologique survenu au Maroc au cours de l'été 2021.

D'un point de vue spatial, **les stations localisées à l'intérieur du pays**, à savoir **Oujda, Meknès, Marrakech et Ouarzazate** ont été les plus touchées par cette canicule.

Oujda - Centre ville



Meknès - Moulay Idriss Zerhoun



Marrakech - Place Jemaa El Fna



Ouarzazate



Évaluation de la canicule estivale 2021 dans les villes Marocaines : Regards sur les modifications statistiques des températures

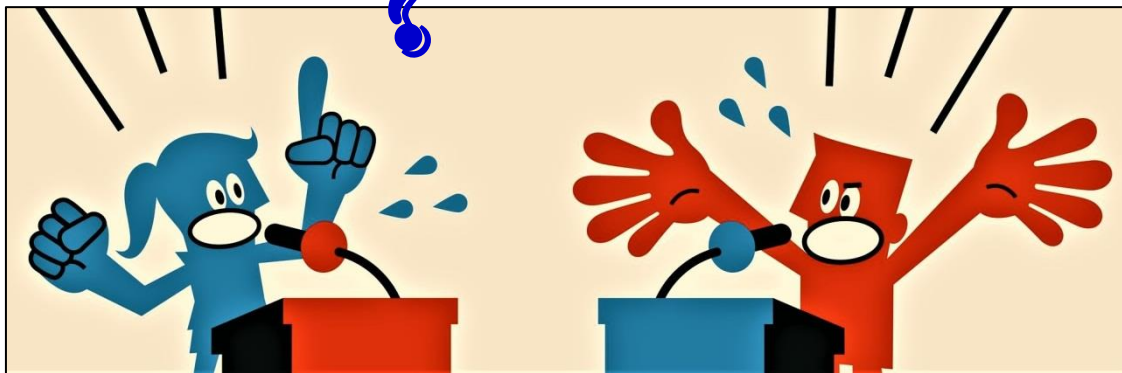
Conclusion

Pour les stations côtières (**Tétouan et Rabat-Salé**), la vague de chaleur était moins frappante et agressive.

Tétouan - Plage Cabo Negro



Rabat - Capitale du Maroc



Au Maroc, comme partout en Afrique du Nord et en Europe, la succession des épisodes sévères de températures extrêmes au cours de l'année 2021 a relancé un important débat sur les causes directes de cet événement bouleversant.



06 – 09 Juillet 2022

Météo – France, Toulouse, France

35^{ème} Colloque Annuel de l'Association Internationale de Climatologie

Merci pour votre attention

Pr. Hind FATTAH