

## ESTIMATION DES TEMPÉRATURES DE SURFACES(LST) À SFAX (TUNISIE) EN ÉTÉ : EXEMPLES DU 26 JUILLET ET DU 11 AOÛT 2021

Hamdi EUCHI <sup>1</sup>, Salem Dahech.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université de Sfax, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Laboratoire SYFACTE  
(euchihamdi@hotmail.fr)

<sup>2</sup>Université de Paris Cité, UMR PRODIG (salem.dahech@gmail.com)

**Résumé :** Ce papier focalise sur l'estimation des températures de surfaces de terrains (LST) dans l'agglomération de Sfax par deux types de temps : temps estival ordinaire avec des températures proches à la normale et temps caniculaire. Les flux thermiques dégagés par les différentes surfaces de l'agglomération de Sfax augmentent parallèlement à la hausse de la température de l'air comme le montre l'exemple du 11 août 2021 (une journée caniculaire ; TX=46 et TN=27°C) où les températures de surfaces ont atteint 57°C dans la périphérie rurale à 13 km du centre ville et 46°C dans la ville. En fait, les températures de surfaces de la ville baissent durant le jour en raison de l'augmentation de l'albédo due aux couleurs blanches des toitures. Dans les zones périphériques dégagées de Sfax, les sols argilo lumineux se réchauffent plus vite car l'albédo est faible (couleurs sombres), ce qui engendre la montée très rapide des températures de surface.

**Mots-clés :** température de surface, Sfax, temps caniculaire, image Landsat 8 OLI/TIRS

**Abstract :** *Estimated surface temperatures (Lst) during hot and ordinary summer types of weather in sfax (tunisia): the cases of july 26, 2021 and august 11, 2021.* This paper focuses on the estimation of land surface temperatures (LST) in the agglomeration of Sfax by two types of weather: ordinary summer weather with temperatures close to normal ( $T_m = 32.6^\circ\text{C}$  calculated over a period of 35 years) and scorching weather. The thermal fluxes released by the different surfaces of the Sfax agglomeration increase in parallel with the rise in air temperature as shown by the example of August 11, 2021 (a scorching day; TX=46 and TN=27°C) where surface temperatures reached 57°C in the rural outskirts 13 km from the city center and 46°C in the city. In fact, the surface temperatures of the city drop during the day due to the increase in albedo due to the white colors of the roofs. In the peripheral open areas of Sfax, the bright clay soils heat up more quickly because the albedo is low (dark colours), which leads to a very rapid rise in surface temperatures

**Keywords:** surface temperature, Sfax, heatweather, Landsat 8 OLI/TIRS image

### Introduction

Le rôle de la télédétection dans le suivi de l'évolution de l'espace au fil du temps est devenu capital. Depuis son apparition durant les années 1970, les techniques d'acquisition des images et leurs méthodes de traitements ont rapidement évolué. Certaines images satellitaires permettent de suivre la dynamique spatio-temporelle de certains paramètres météorologiques comme les températures (Sobrino *et al.*, 2004 ; Dahech et Charfi, 2018 ; Kermadi *et al.*, 2019 ; Renard *et al.*, 2019 ). Les techniques de prétraitements et de traitements des rayonnements infrarouges thermiques permettent d'étudier la variation des températures de surfaces. Nous citons l'étude de Dahech (2012) qui a étudié la répartition spatiale des températures de l'air et de surface dans l'agglomération de Sfax (1975-2010) à partir des images AVHRR et Landsat ou bien encore l'étude de l'Institut de Veille sanitaire en France qu'a déterminé le rôle de l'ICU dans la mortalité pendant les vagues de chaleurs de 2003 (<https://www.inserm.fr/>). Ces vagues de chaleurs sont plus fréquentes dans les régions du sud de la Méditerranée notamment durant la saison estivale comme le cas de Sfax. En Tunisie centrale et

méridionale, les dorsales barométriques, favorisant la remontée des advections sahariennes chaudes, sont récurrentes. L'objectif de cette étude est de montrer la variation spatio-temporelle des températures de surfaces (LST) et de l'air par deux types de temps : un temps estival avec des températures proches de la normale à partir de l'exemple du 26 juillet 20121 (Tx= 33°C) et un temps caniculaire, à partir de l'exemple du 11 aout 2021 (TX=46°C). Ces températures dépassent le seuil statistique relatif aux événements paroxysmiques thermiques de chaleurs (Ben boubaker, 2010 ; Euch et Dahech, 2021).

## **1. Zone d'étude, données et méthodes**

L'agglomération de Sfax, située sur la rive sud de la Méditerranée en Tunisie centrale, est doté d'un climat semi-aride où les températures moyennes maximales et minimales, calculées entre 1976 et 2015 enregistrent régulièrement des records pendant l'été et, en particulier au mois d'aout (fig.1 et 2). En fait, dans cette agglomération, les situations atmosphériques à dorsale barométrique, favorisent l'advection des masses d'air sahariennes très chaudes, dans cette plaine côtière juxtaposée à topographie basse et monotone. Cette chaleur s'ajoute et celle créée par la ville. En effet, Ghribi et Dahech (2021) ont montré que l'ICU devient plus intense par temps torride et atteint 5°C en moyenne. Parmi les 600 000 habitants de l'agglomération, une bonne partie est vulnérables face à la forte chaleur (Dahech et Ghribi, 2017). Dans ce travail qui vise à étudier la répartition des températures de surface par deux types différents en utilisant les méthodes de télédétection spatiale, les images satellitaires choisies sont de type LANDSAT-8 OLI-TIRS qui datent du 26 juillet 2021 pour le temps estival ordinaire et du 11 aout 2021 pour le temps caniculaire. Elles ont été téléchargées gratuitement du site de la NASA (<https://earthexplorer.usgs.gov>). Contrairement aux précédentes séries, le LANDSAT-8 est équipé de deux capteurs : l'imageur terrestre opérationnel (OLI, 9 bandes) et le capteur infrarouge thermique (TIRS, 2 bandes). La résolution spatiale du TIRS est supérieure à celle de l'AVHRR, soit 100 mètres, ce qui permet l'étude de la variation des températures de surfaces à échelle moins grossière. La méthodologie utilisée dans ce travail pour extraire les températures de surfaces se base sur les modules de génération de la LST automatique proposée par le logiciel envi5.1 et disponible sur le menu Toolbox et qui sont comme suit : (1)- la calibration radiométrique des bandes thermiques 10 et 11 , (2)-la correction atmosphérique thermique, (3)- la normalisation de l'émissivité de la bande thermique 10, (4)- la conversion des températures de kelvin au Celsius en tapant la formule suivante dans le menu toolbox du logiciel Envi 5.1 : (float(b1)-(273.15)). La relation entre la variation des températures de surface de Terrain par temps caniculaire (LST) et les modes d'occupations du sol, déduits de la même image satellitaire à partir d'une classification supervisée, sera appréhendée.

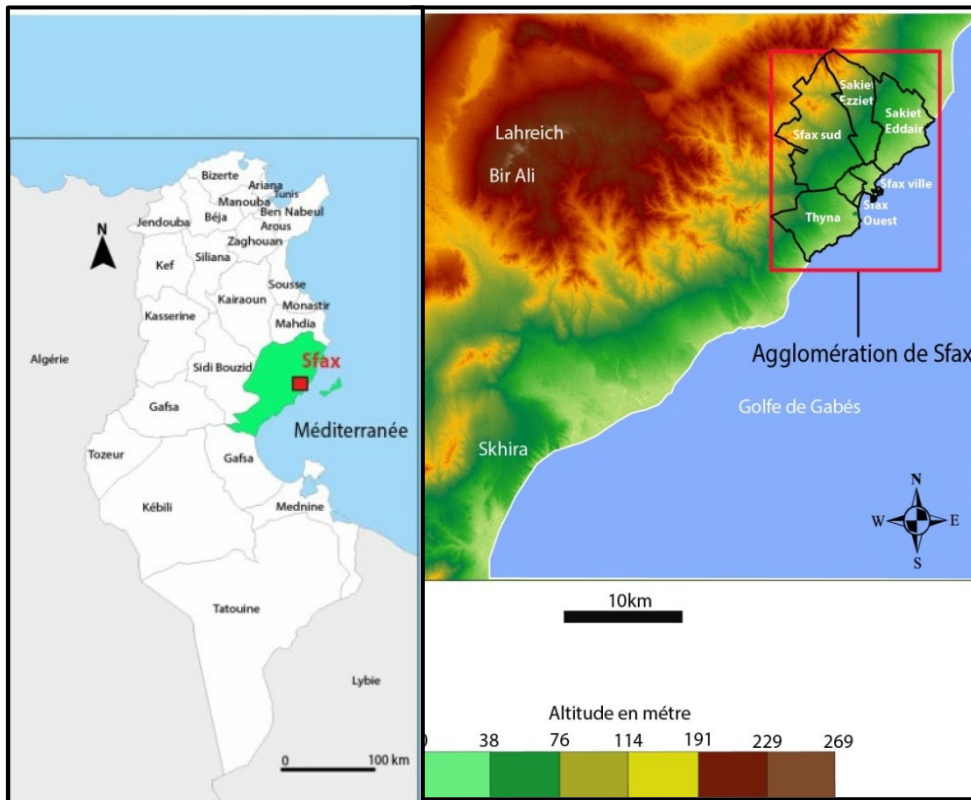


figure 1. Topographie de Sfax déduite à partir d'un SRTM téléchargé du site : (<https://earthexplorer.usgs.gov>)

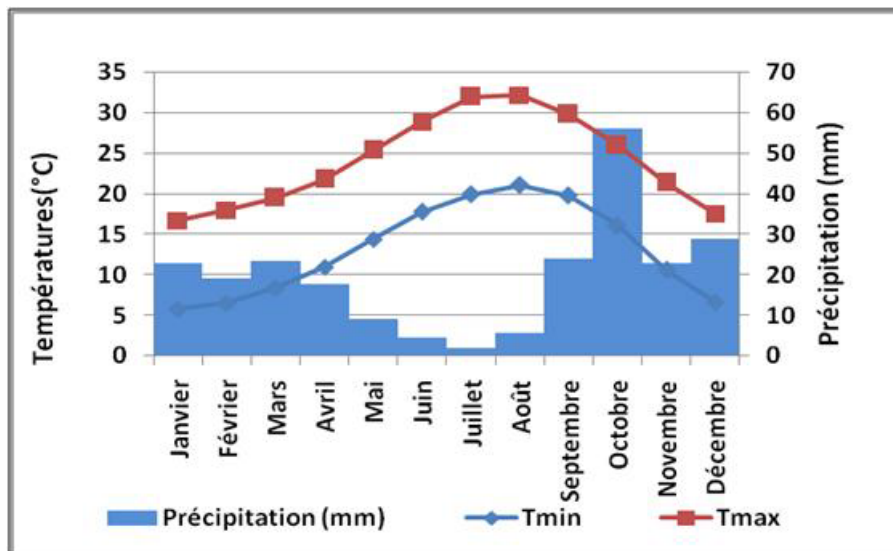
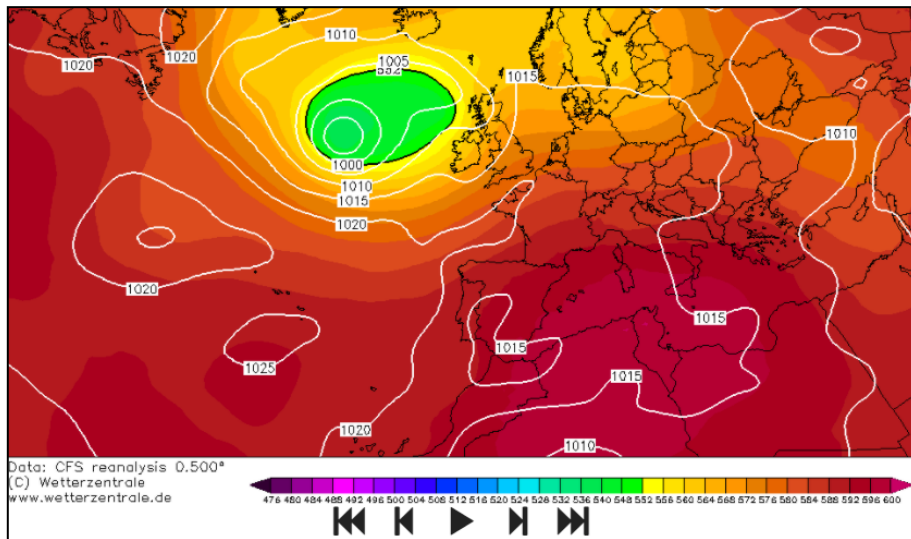


figure 2. Diagramme ombro-thermique de la station de Sfax El-Maou pendant la période 1976- 2015 (données Institut Nationale de Météorologie de Tunisie : INM, 2016)

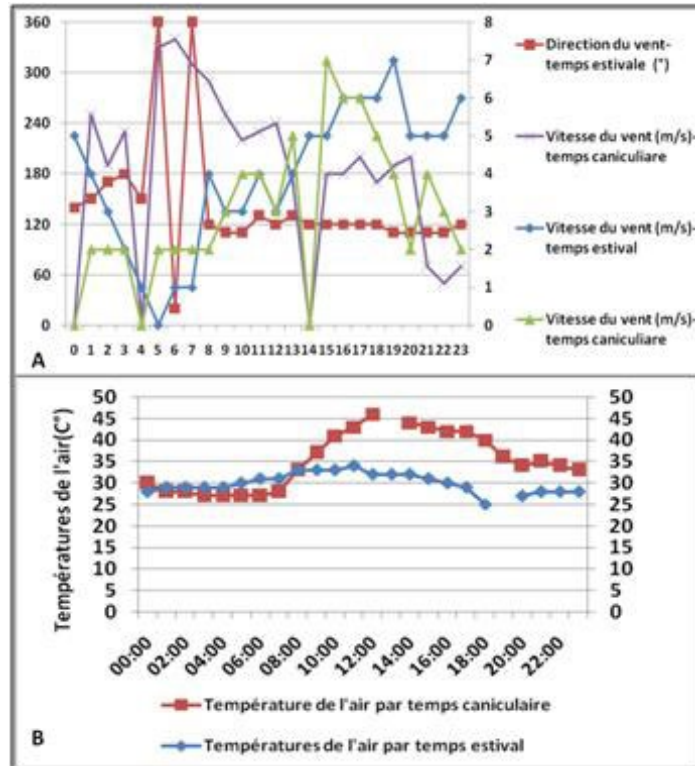
## 2. Variation spatiale des températures de surfaces dans l'agglomération de Sfax

L'estimation des températures de surface basée sur un jeu de traitements des données enregistrées par le capteur infrarouge thermique (TIRS) de satellite Landsat 8 durant un jour de chaleur torride montre que les flux thermiques dégagées par les différentes surfaces de l'agglomération de Sfax

augmentent parallèlement à la hausse des températures de l'air. Durant la première date retenue, le 26 juillet 2021, le ciel est clair et le vent a soufflé principalement du quadrant Est à des vitesses entre 2 et 7 m/s. Les températures ont varié entre 27°C et 33 °C ; il s'agit d'un temps estival ordinaire marqué par la brise de mer le jour. Durant la deuxième date sélectionnée, le vent a soufflé principalement des secteurs méridionaux du Sud à l'Ouest à des vitesses entre 2 et 7m/s (fig.4). Les températures ont été torride et dépassent le seuil statistique relatif aux événements paroxysmiques thermiques de chaleurs torrides (centiles 95 % ;  $T_x= 38,7^\circ\text{C}$  et  $T_x=26,1^\circ\text{C}$ ), définis au cours de la période chaude de l'année durant la période 1976-2016 (Ben boubaker, 2010 ; Euch et Dahech, 2021). Elles ont varié entre 27°C et 46°C suite à l'advection du sirroco. Ce vent chaud et sec est favorisé par un haut géo potentiel en altitude et une dorsale barométrique en surface installée au sud-ouest de Tunisie comme l'atteste les réanalyses archivées sur le site « <https://www.wetterzentrale.de/> » (fig 4).

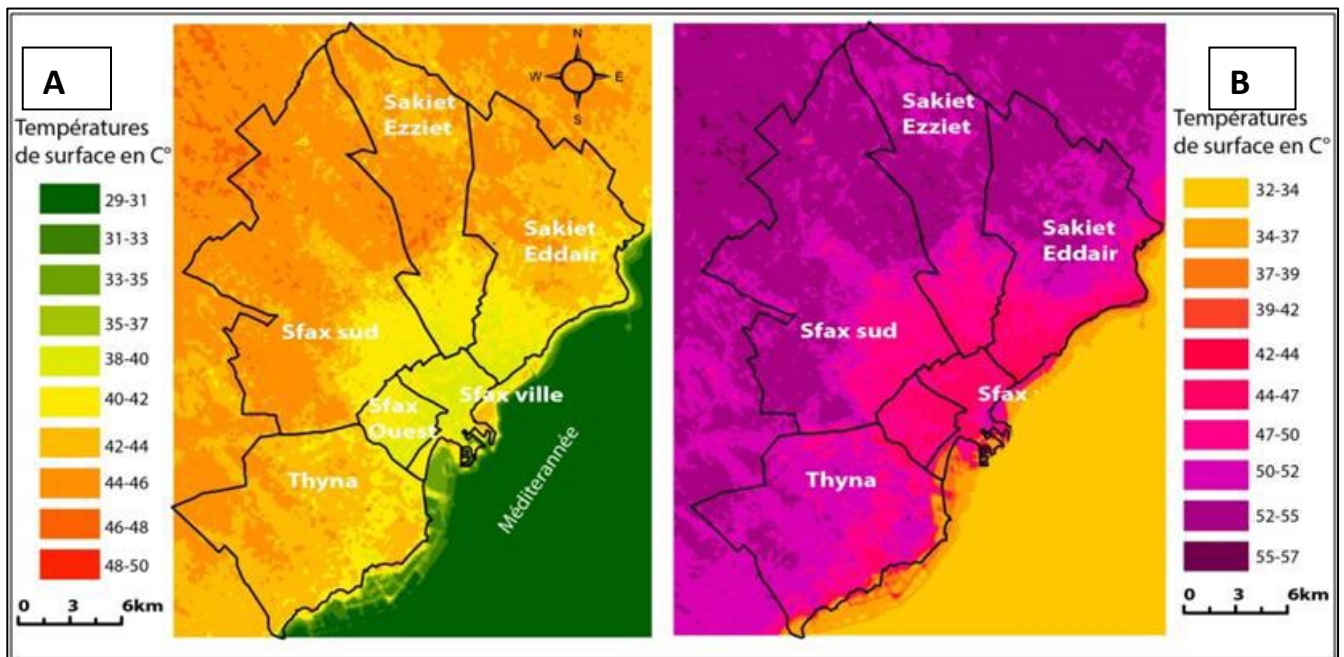


**figure 3.**Pression atmosphérique en surface enregistrée le 11 aout 2021(Erreur ! Référence de lien hypertexte non valide.)

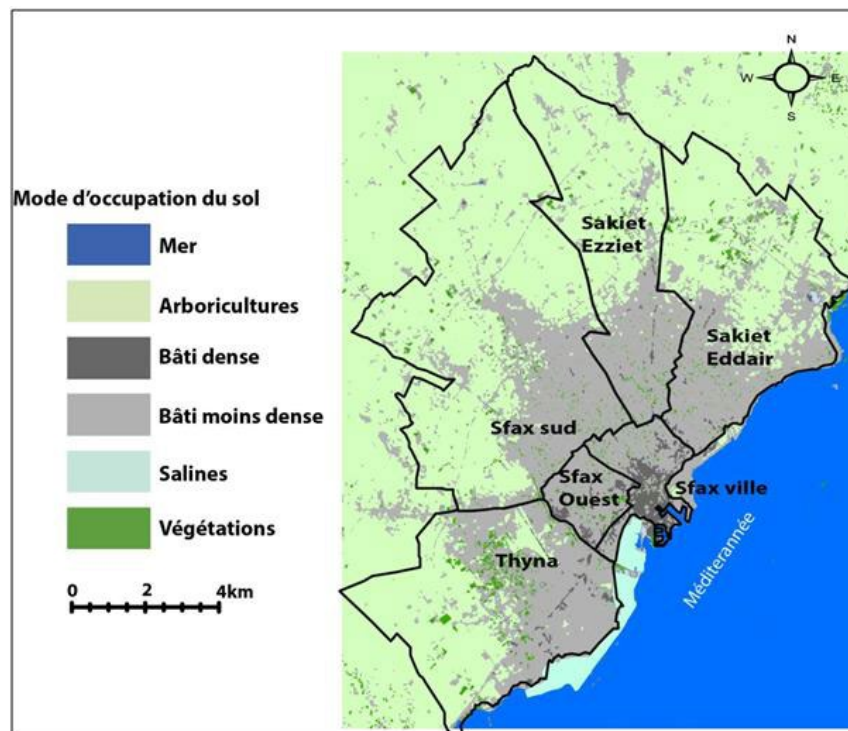


**figure 4.** Températures de l'air, direction et la vitesse du vent enregistrés les 26 juillet 2021 et 11 aout 2021 (données,INM)

Les températures de l'air enregistrées par les deux types de temps ont engendrée une hausse des températures de surface. Cette hausse s'intensifie notablement par temps caniculaire où les températures de surface ont varié entre 44°C et 55°C en ville et entre 52 et 57 dans la périphérie rurale à 13 km du centre-ville (fig.5). En revanche, par temps estival ordinaire marqué par une brise, les températures de surface baissent à 4°C de moins en ville et à 7°C de moins dans la périphérie. La structure spatiale des températures de surface déduites des images satellitaire Landsat OLI/TIRS par deux types de temps différents renvoie l'influence directe des modes d'occupation du sol sur la répartition des températures de surface. En effet, les températures de surface observées enregistrent des écarts de 10°C par temps estival ordinaire et de 13 °C par temps caniculaire entre la ville et la périphérie(fig.5). En fait, dans les zones rurales dégagées à 14 km du centre ville, où dominent principalement les arboricultures et les terres agricoles, les sols argilo limoneux sombre, qui se réchauffent plus vite, sont abondants (fig.6). Cependant, dans la ville, la couleur blanche des toitures et l'ombre augmentent l'albédo, ce qui retarde le réchauffement jusqu'à la nuit(ICU) (Dahech, 2012) Cependant, dans la mer, en raison de sa forte inertie thermique, les températures de surface augmentent légèrement enregistrant un écart positif de 3 °C uniquement.



**figure 5.** Températures de surface déduites le 26 juillet 2021 et le 11 aout 2021 à partir de traitement des images satellitaire Landsat OLI-TIRS archivées sur le site <https://earthexplorer.usgs.gov>)



**figure 6.** Occupation du sol dans l'agglomération de Sfax interprétée à partir d'une classification supervisée réalisée à l'image satellitaire du 26 juillet 2021 (source : image landsat 8 téléchargée du site : <https://earthexplorer.usgs.gov>).

## Conclusion

Les résultats de l'interprétation des températures de surfaces par deux types de temps : temps caniculaire et temps estival ordinaire à partir des traitements réalisés aux données infrarouges thermiques acquises sur les deux bandes spectrales 10 et 11 de l'image Landsat 8 OLI/TIRS montrent la hausse de la température de surface parallèlement à l'augmentation des températures de l'air. Le réchauffement diurne généré par les différentes surfaces de l'agglomération de Sfax au cours du temps caniculaire est plus intense que celui observé par temps estival avec un écart de 7°C de plus dans la périphérie et 4°C de plus dans la ville. En fait, les toitures blanches et l'ombre atténuent notablement les flux thermique dans la ville. De plus, dans la première couronne dense de la ville, située entre 0 et 5km, les bâtiments verticaux jouent un rôle important dans l'augmentation de l'albédo, ce qui explique la baisse des températures de surface dans cette zone. En revanche, dans la campagne, les sols argilo limoneux se réchauffent vite pour donner naissance à des températures de surfaces très élevées, principalement en été, quand le sirocco est actif.

## Bibliographie

Charfi S. et Dahech S., 2018 : Cartographie des températures à Tunis par modélisation statistique et télédétection, *Mappemonde*, **123**, 15 pages.

Dahech S. et Ghribi M., 2017 : Réchauffement climatique en ville et ses répercussions énergétiques. *Méditerranée*, **128**, 29–38 pages.

Dahech S. 2012 : Évolution de la répartition spatiale des températures de l'air et de surface dans l'agglomération de Sfax (1975-2010) et impact sur la consommation d'énergie durant la saison chaude, *Climatologie*, numéro spécial « Climats et changement climatique dans les villes », 11-33 pages.

Ghribi M. et Dahech S., 2020 : Caractéristiques de l'îlot de chaleur urbain à Sfax durant la saison chaude (centre-est de la Tunisie). *Climatologie*, **17**, 7 pages.

Renard F., Alonso L., Fitts Y., Hadjosif A., Comby J., 2019. Evaluation of the Effect of UrbanRedevelopment on Surface UrbanHeatIslands. *RemoteSensing*, **11(3)**, 299 p.

Sobrino J. A., Jiménez-Muñoz J. C., Paolini L., 2004 : Land surface temperatureretrievalfromLANDSAT TM 5 .*RemoteSensing ofEnvironment*, **90(4)**, 434-440 pages.