

# EXPLORATION DES VARIATIONS THERMIQUES DIURNES DANS UNE AIRE URBAINE DE MILIEU TEMPERE SEMI-CONTINENTAL A L'AIDE DES DONNEES DE TEMPERATURE DE SURFACE TERRESTRE ECOSTRESS

Sébastien Lebaut, Nassima Hassani, Gilles Drogue

[sebastien.lebaut@univ-lorraine.fr](mailto:sebastien.lebaut@univ-lorraine.fr)

Unité de recherche LOTERR UR 7304, Université de Lorraine, Metz, France



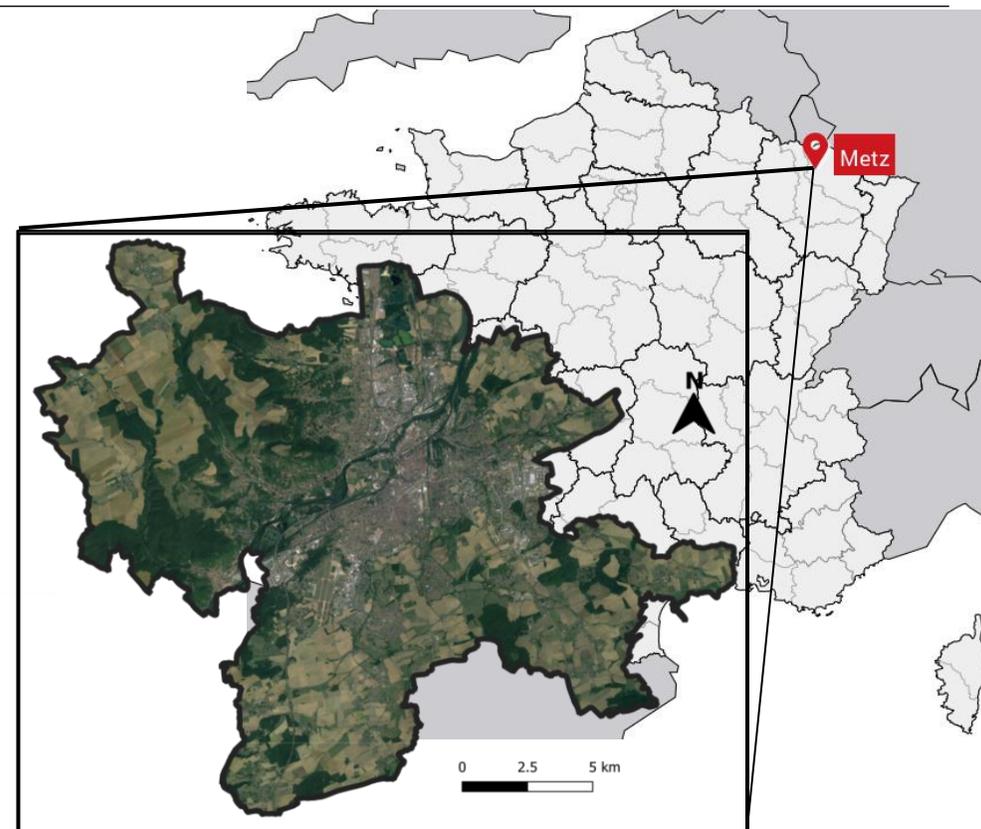
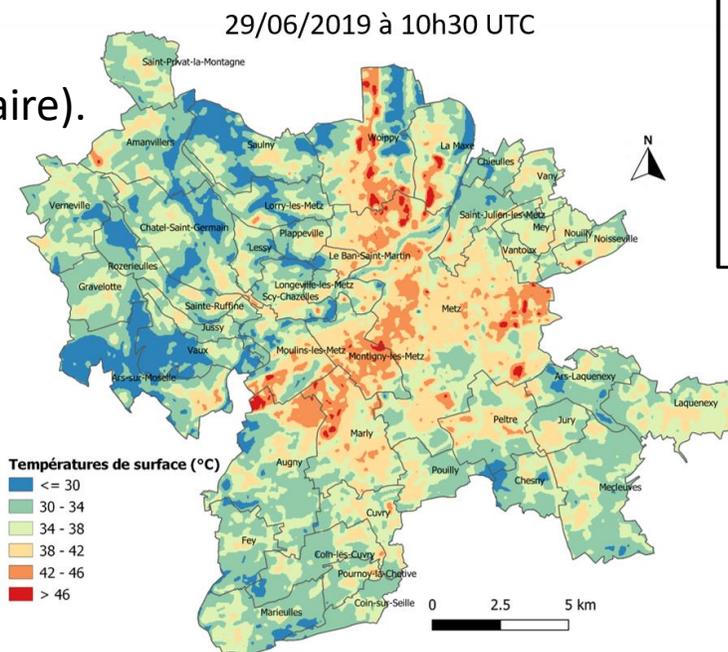
UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE



Financé par



- Étudier les variations thermiques à différents moments de la journée à l'aide des images ECOTRESS et de mesures in situ.
- Confronter les températures de l'air ( $T_a$ ) et de surface ( $T_s$ ) en les analysant au regard des classes LCZ\*.
- Comprendre les effets des paysages urbains sur l'hétérogénéité spatiale des températures de surface.
- Compléter le diagnostic déjà réalisé à l'aide des images Landsat (orbite polaire).



L'Eurométropole de Metz s'étend sur 306 km<sup>2</sup>. Elle compte 220 000 habitants répartis dans 44 communes.

\*Local Climat Zone (Stewart et Oke, 2012)

## Satellites disponibles (non exhaustif)

	ASTER (NASA/METI)	MODIS (NASA)	Meteosat 10 (EUMETSAT)	Landsat 8 (NASA)	Sentinel 3 (ESA/EUMETSAT)	ECOSTRESS (NASA)	LANDSAT9 (NASA)	MSG (EUMETSAT)	TRISHNA (CNES/ISRO)	SBG (NASA)
Résolution spatiale	90m	1km	3 =km	100m (30 m)	1km	70 m	100m (30m)	2 km (1 km)	60 m	60 m
Résolution temporelle	16 jours	2 fois par jour	¼ heure	16 jours	1 jour	-	16 jours	10 min	3-4 jours	5 jours
Nb de bandes (8-14 µm)	5	8	6	2	2	5	2	5	4	7
Lancement annoncé	1999	1999	2012	2013	2016	2018	2021	2021	2024	2025

### → ECOSTRESS



**Orbite:** ISS orbit (53.6 °S to 53.6 °N) / passage  
Opérationnel depuis juillet 2018

**Caractéristiques capteur:** 5 spectral bands in the 8-12.5 µm range

**Caractéristiques images thermiques LST2:**

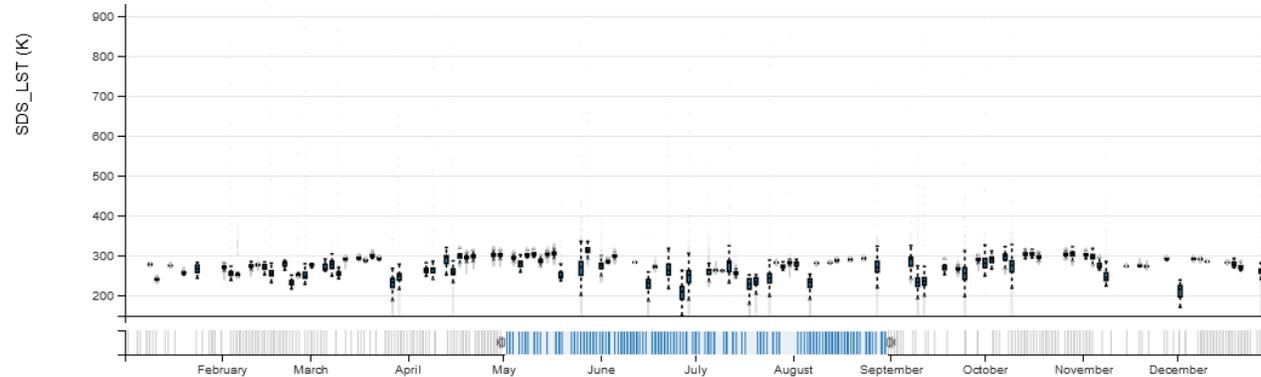
- images acquises 38 x 69 m mais ré-échantillonnées à 70 x 70 m
- précision (Hook et al., 2020) : 0,15 K
- incertitude (Hook et al., 2020) : 0,5 K

# Sélection des images ECOSTRESS

Les images sont téléchargées via l'interface "Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples" (AppEARS) du "Land Processes Distributed Active Archive Center" (LP DAAC).

Période d'étude : de mai à septembre

Résultat de la requête pour 2021



## Choix des images sur des critères de précision et d'incertitude

Quality Value: 35520

Count: 39,860 (20.1%)

Date: 07-21-2021

Mandatory QA flags: Pixel produced, best quality

Data quality flag: Good quality L1B data

Cloud/Ocean Flag: Not set. Please check ECOSTRESS GEO and CLOUD products for this information.

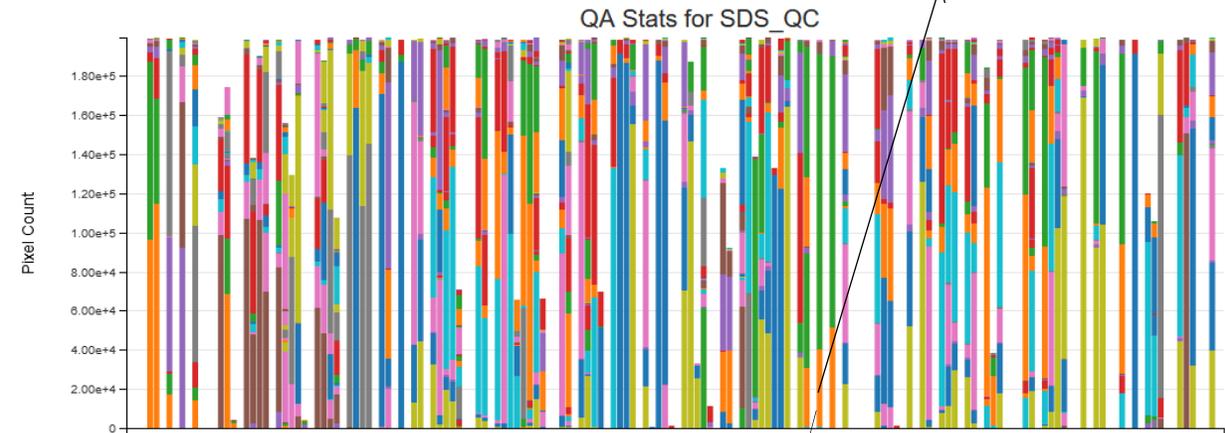
Iterations: Fast

Atmospheric Opacity: 0.1 - 0.2 (Nominal value)

MMD: 0.03 - 0.1 (Mostly soils, mixed pixel)

Emissivity accuracy: >0.02 (Poor performance)

LST accuracy: 1 - 1.5 K (Good performance)



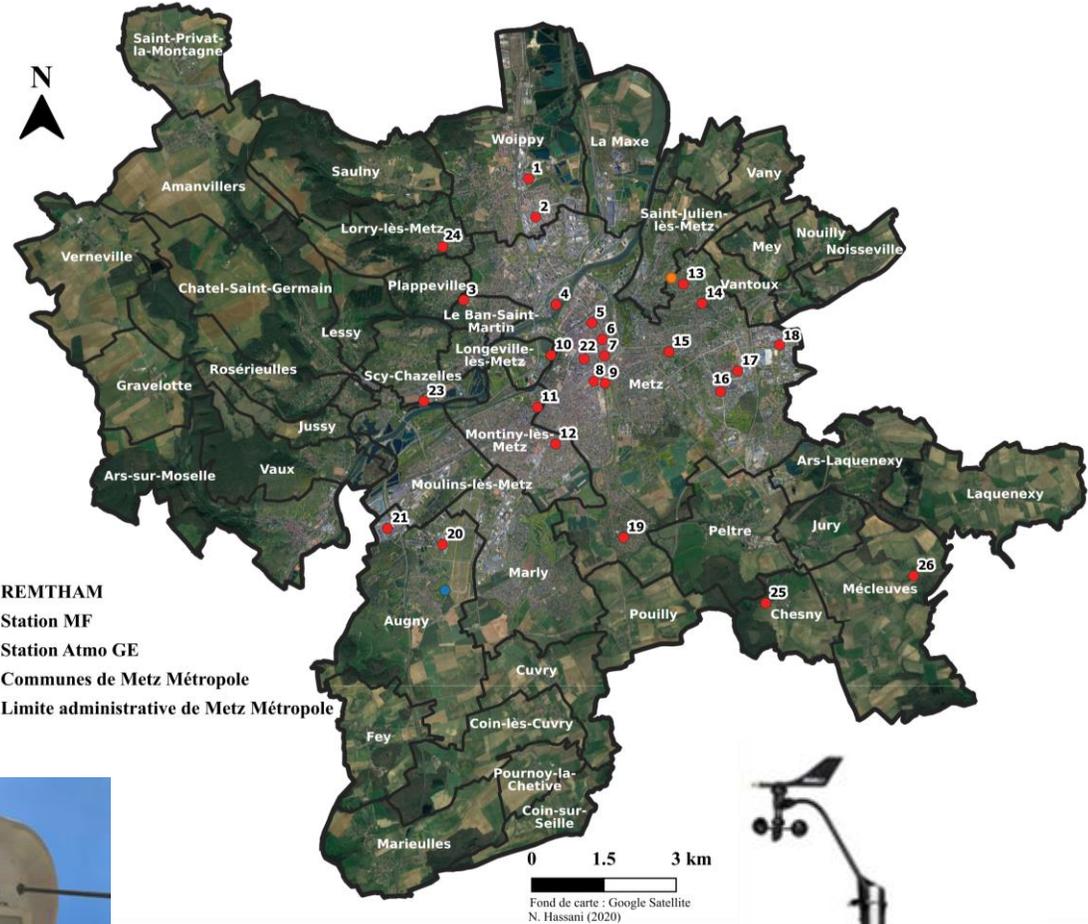
→ Images ECOSTRESS retenues, classées selon le moment de la journée.

lever soleil	2h après lever soleil	4h après lever soleil	soleil Zénith	3h après zénith	fin après-midi	coucher soleil	NUIT
2019_06_26 à 06h21'54"	2018_09_01 à 08h41'58"	2019_08_26 à 10h06'34"	2018_08_22 à 12h31'54"	2020_06_02 à 15h37'38"	2018_07_30 à 17h58'26"	2019_07_19 à 21h53'56"	2018_09_18 à 02h00'25"
2019_06_28 à 06h19'29"	2019_06_30 à 07h53'34"	2020_06_22 à 10h58'26"	2019_06_19 à 12h08'41"	2020_05_30 à 16h24'18"	2019_07_25 à 18h34'55"	2018_09_17 à 22h47'10"	2019_07_02 à 04h38'01"
2019_07_04 à 06h12'57"	2019_07_02 à 07h51'41"	2020_06_23 à 10h10'23"	2020_08_20 à 11h25'24"	2020_07_31 à 15h59'05"	2020_05_25 à 18h46'27"	2020_07_20 à 23h08'15"	2019_07_03 à 03h47'49"
2020_06_23 à 06h56'26"	2019_08_22 à 08h30'57"	2021_06_13 à 10h05'11"	2020_08_09 à 12h04'26"	2020_08_05 à 16h51'46"	2020_05_25 à 17h58'43"		2020_07_05 à 05h26'13"
2019_08_26 à 06h52'41"	2019_08_23 à 07h41'55"	2020_06_24 à 09h22'01"	2020_08_07 à 13h39'38"	2021_05_30 à 16h18'42"	2020_07_27 à 17h33'17"		2020_09_12 à 02h50'14"
	2019_08_31 à 07h39'26"	2020_06_26 à 09h23'46"	2021_06_01 à 14h43'56"		2020_05_29 à 17h12'06"		
	2020_08_20 à 08h11'26"	2019_08_27 à 09h17'41"			2021_05_31 à 18h45'13"		
					2021_07_20 à 20h16'08"		
					2021_07_21 à 19h29'24"		

# Mesure des températures de l'air (Ta)

Ta mesurées à l'aide des stations du Réseau de Mesures Thermo-Hygrométriques de l'agglomération de Metz (REMTHAM).

Le réseau est constitué de 26 stations météorologiques légères (abri Davis + sondes bluetooth de type HOBO) + station MF et station Atmo GE



Sonde thermique Hobo



Abri anti-radiations



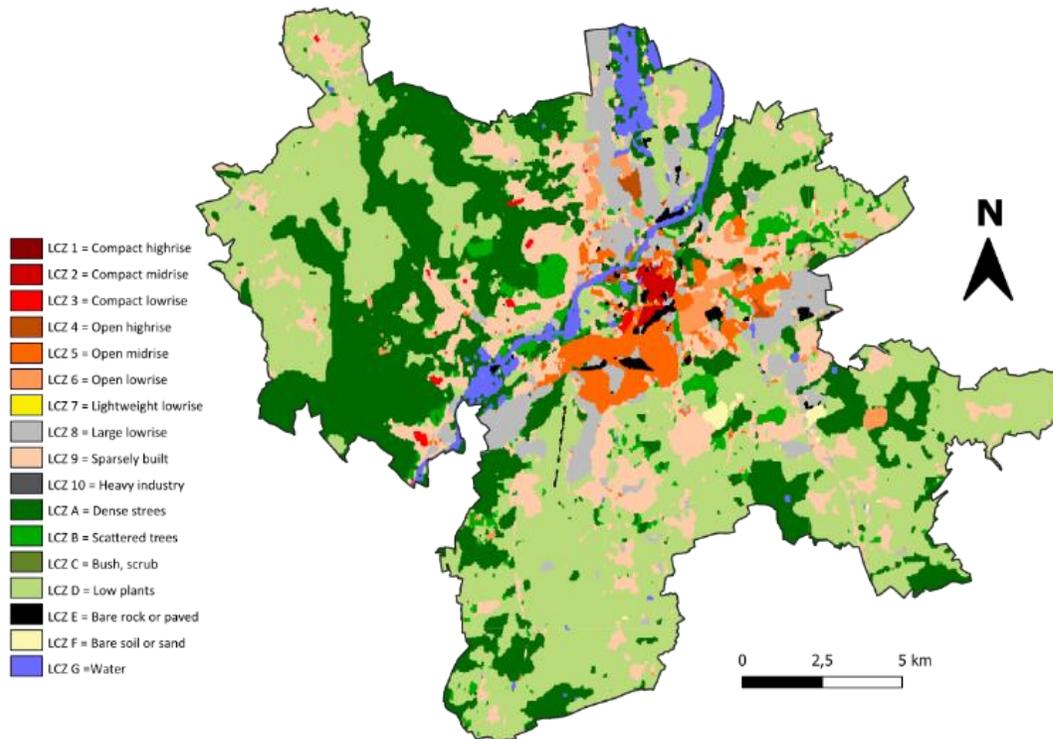
Station Vantage pro+

# Zones climatiques locales (LCZ)

**Les LCZ :** C'est un outil de diagnostic climatique à l'échelle des quartiers.

**Objectif :** caractériser l'effet de l'îlot de chaleur urbain et ses impacts à l'échelle d'un territoire urbain et dépasser la simple comparaison rural- urbain.

**Principes :** La classification LCZ retenue repose sur une description du paysage urbain en 17 classes (10 classes "bâties" ou "LCZ construites", numérotées de 1 à 10 et 7 classes "naturelles" ou "LCZ non construites" nommées de A à G).



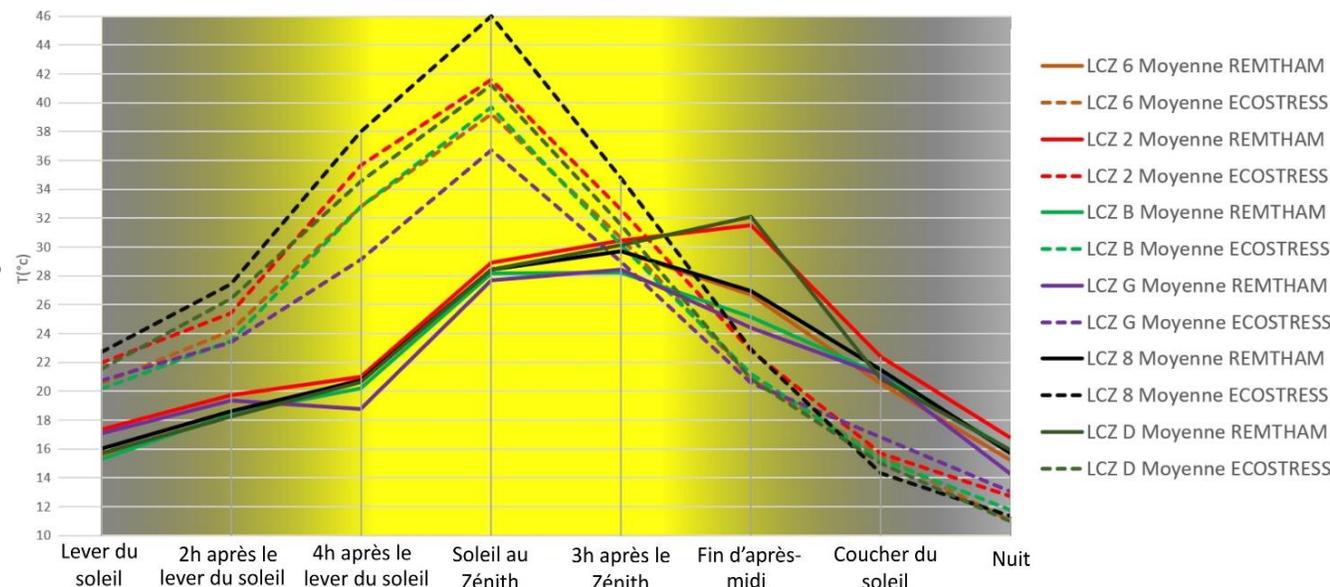
1. Compact high-rise	Dense mix of tall buildings to tens of stories. Few or no trees. Land cover mostly paved. Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	A. Dense trees	Heavily wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
2. Compact midrise	Dense mix of midrise buildings (3-9 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	B. Scattered trees	Lightly wooded landscape of deciduous and/or evergreen trees. Land cover mostly pervious (low plants). Zone function is natural forest, tree cultivation, or urban park.
3. Compact low-rise	Dense mix of low-rise buildings (1-3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Stone, brick, tile, and concrete construction materials.	C. Bush, scrub	Open arrangement of bushes, shrubs, and short, woody trees. Land cover mostly pervious (bare soil or sand). Zone function is natural scrubland or agriculture.
4. Open high-rise	Open arrangement of tall buildings to tens of stories. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	D. Low plants	Featureless landscape of grass or herbaceous plants/crops. Few or no trees. Zone function is natural grassland, agriculture, or urban park.
5. Open midrise	Open arrangement of midrise buildings (3-9 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Concrete, steel, stone, and glass construction materials.	E. Bare rock or paved	Featureless landscape of rock or paved cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert (rock) or urban transportation.
6. Open low-rise	Open arrangement of low-rise buildings (1-3 stories). Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees). Wood, brick, stone, tile, and concrete construction materials.	F. Bare soil or sand	Featureless landscape of soil or sand cover. Few or no trees or plants. Zone function is natural desert or agriculture.
7. Lightweight low-rise	Dense mix of single-story buildings. Few or no trees. Land cover mostly hard-packed. Lightweight construction materials (e.g., wood, thatch, corrugated metal).	G. Water	Large, open water bodies such as seas and lakes, or small bodies such as rivers, reservoirs, and lagoons.
8. Large low-rise	Open arrangement of large low-rise buildings (1-3 stories). Few or no trees. Land cover mostly paved. Steel, concrete, metal, and stone construction materials.	<b>VARIABLE LAND COVER PROPERTIES</b>	
9. Sparsely built	Sparse arrangement of small or medium-sized buildings in a natural setting. Abundance of pervious land cover (low plants, scattered trees).	Variable or ephemeral land cover properties that change significantly with synoptic weather patterns, agricultural practices, and/or seasonal cycles.	
10. Heavy industry	Low-rise and midrise industrial structures (towers, tanks, stacks). Few or no trees. Land cover mostly paved or hard-packed. Metal, steel, and concrete construction materials.	b. bare trees	Leafless deciduous trees (e.g., winter). Increased sky view factor. Reduced albedo.
		c. snow cover	Snow cover > 10 cm in depth. Low admittance. High albedo.
		d. dry ground	Parched soil. Low admittance. Large Bowen ratio. Increased albedo.
		w. wet ground	Waterlogged soil. High admittance. Small Bowen ratio. Reduced albedo.

# Résultats : Comparaison des Ta et des Ts

## Déphasage entre les courbes de Ta et Ts :

- Ts calées sur l'irradiation solaire avec des températures maximales (toutes les classes LCZ) lorsque le soleil est au « zénith » et minimales durant la nuit. C'est la classe "zone d'activités" (LCZ 8) qui affiche les Ts les plus élevées, suivie de la classe "centre-ville" (LCZ 2).
- Les Ta maximales sont mesurées au moins 3 heures après le midi solaire du fait de l'inertie thermique de l'air.

La classe "centre-ville" est celle qui affiche les Ta les plus élevées et la classe "points d'eau" (LCZ G) est celle qui affiche les Ta les plus basses en journée, mais cela s'inverse la nuit du fait de l'inertie thermique de l'eau.



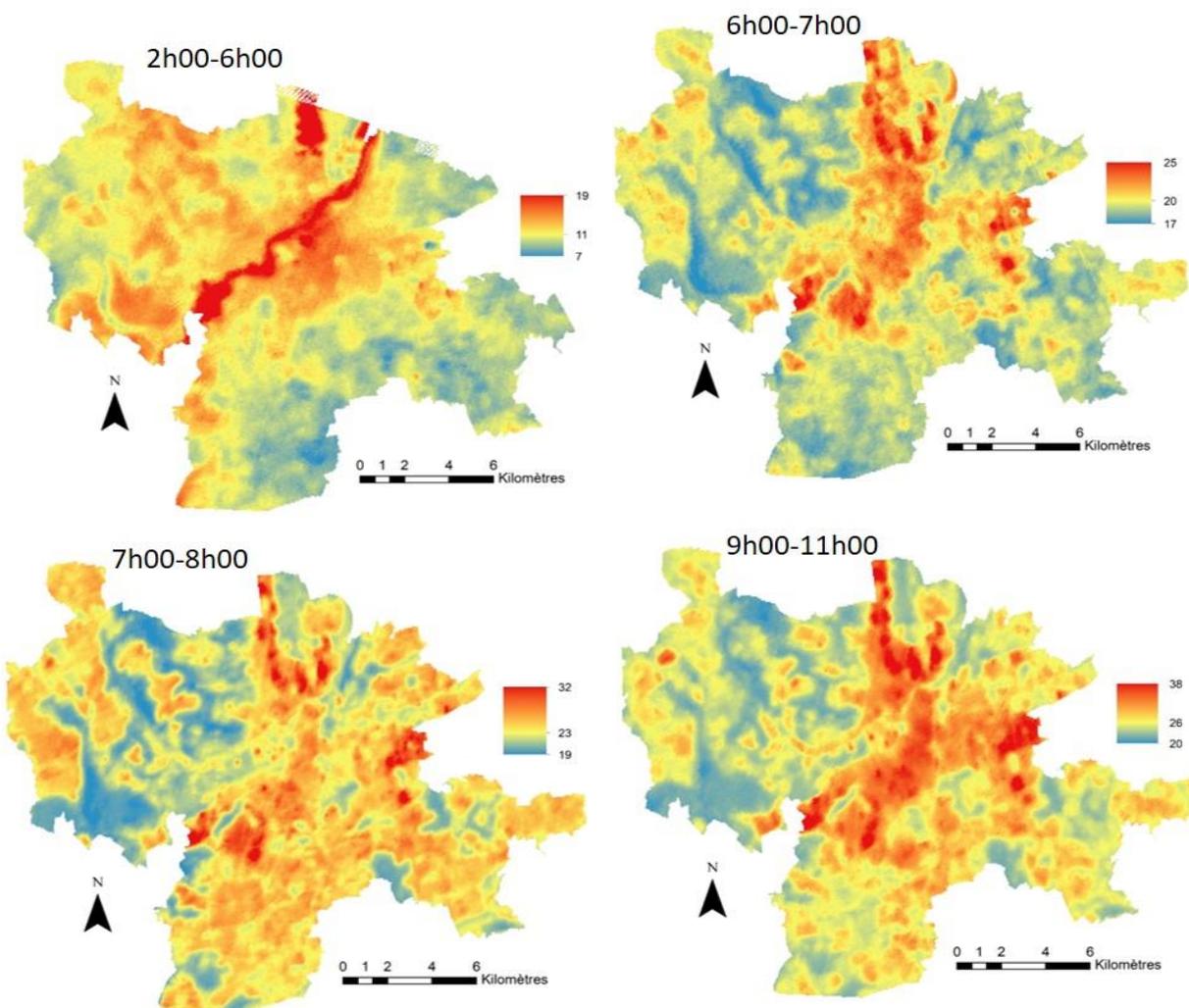
Moyennes des températures de l'air (REMTHAM) et de surface (ECOSTRESS) selon les classes LCZ (2, 6, 8, B, D et G) pour la période allant de mai à septembre (années de 2018 à 2021).

## Images ECOSTRESS classées selon le moment de la journée.

lever soleil	2h après lever soleil	4h après lever soleil	soleil Zénith	3h après zénith	fin après-midi	coucher soleil	nuit
2019_06_26 à 06h21'54"	2018_09_01 à 08h41'58"	2019_08_26 à 10h06'34"	2018_08_22 à 12h31'54"	2020_06_02 à 15h37'38"	2018_07_30 à 17h58'26"	2019_07_19 à 21h53'56"	2018_09_18 à 02h00'25"
2019_06_28 à 06h19'29"	2019_06_30 à 07h53'34"	2020_06_22 à 10h58'26"	2019_06_19 à 12h08'41"	2020_05_30 à 16h24'18"	2019_07_25 à 18h34'55"	2018_09_17 à 22h47'10"	2019_07_02 à 04h38'01"
2019_07_04 à 06h12'57"	2019_07_02 à 07h51'41"	2020_06_23 à 10h10'23"	2020_08_20 à 11h25'24"	2020_07_31 à 15h59'05"	2020_05_25 à 18h46'27"	2020_07_20 à 23h08'15"	2019_07_03 à 03h47'49"
2020_06_23 à 06h56'26"	2019_08_22 à 08h30'57"	2021_06_13 à 10h05'11"	2020_08_09 à 12h04'26"	2020_08_05 à 16h51'46"	2020_05_25 à 17h58'43"		2020_07_05 à 05h26'13"
2019_08_26 à 06h52'41"	2019_08_23 à 07h41'55"	2020_06_24 à 09h22'01"	2020_08_07 à 13h39'38"	2021_05_30 à 16h18'42"	2020_07_27 à 17h33'17"		2020_09_12 à 02h50'14"
	2019_08_31 à 07h39'26"	2020_06_26 à 09h23'46"	2021_06_01 à 14h43'56"		2020_05_29 à 17h12'06"		
	2020_08_20 à 08h11'26"	2019_08_27 à 09h17'41"			2021_05_31 à 18h45'13"		
					2021_07_20 à 20h16'08"		
					2021_07_21 à 19h29'24"		

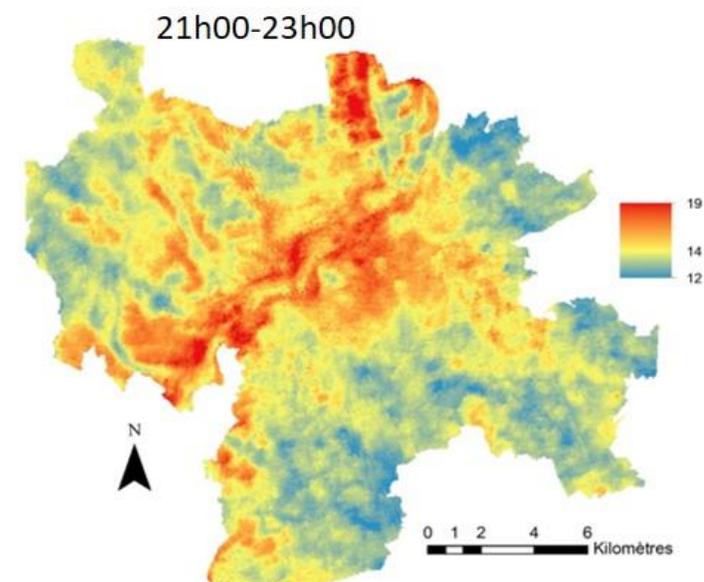
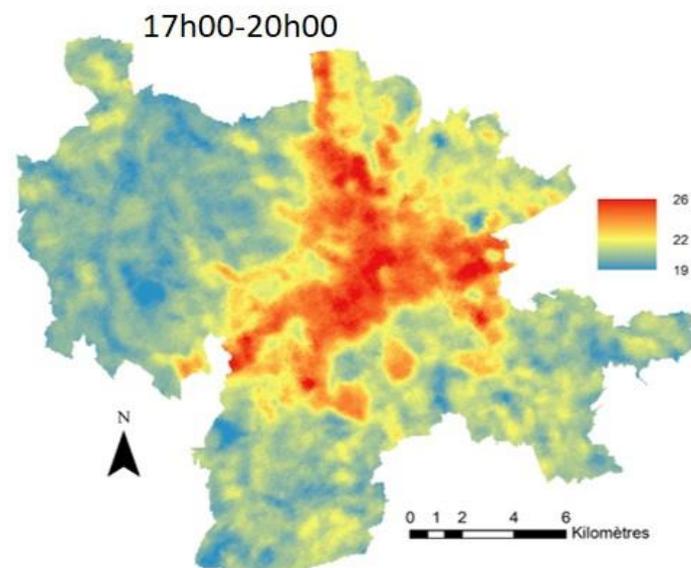
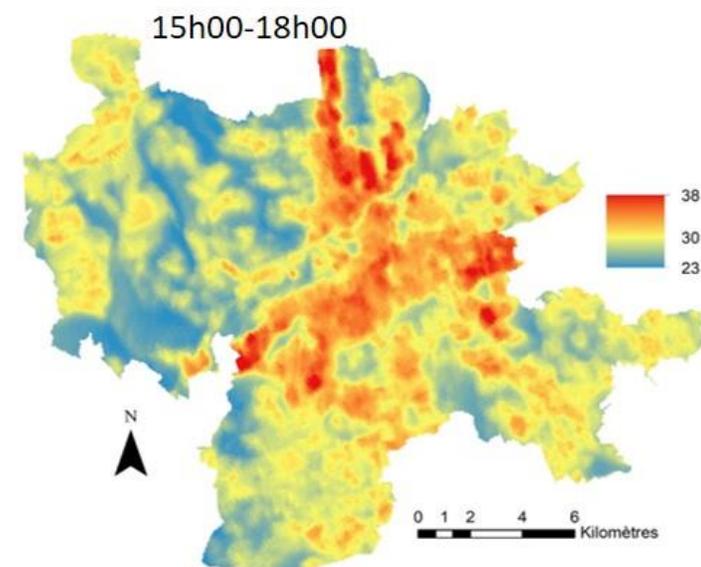
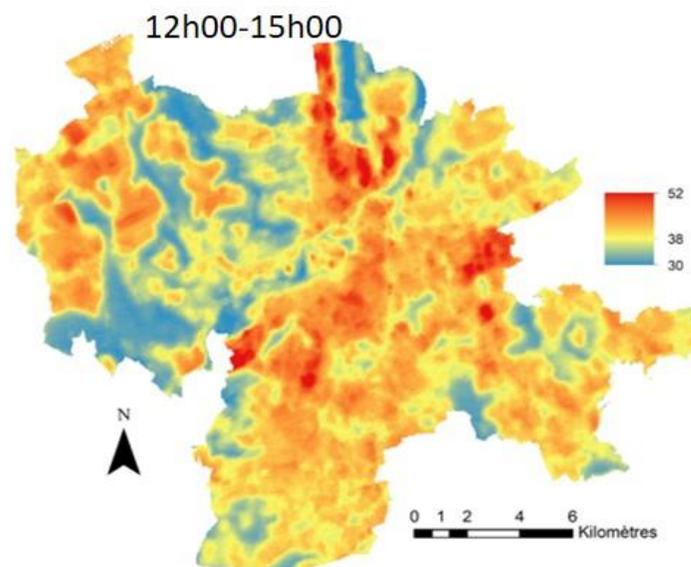
## Distribution des Ts (°C) à différents moments de la journée

- En journée, les températures les plus basses sont relevées (17° C- 23° C) dans les **secteurs associant végétation et masse d'eau conséquentes (LCZ G)** sous la forme de gravières environnées d'arbres comme au nord du territoire de l'Eurométropole en rive gauche de la Moselle et au sud en rive droite.
- **Les masses d'eau (Moselle, plan d'eau)** sont les milieux les plus chauds la nuit.
- **Les espaces boisés (LCZ A et B)**, essentiellement situés à l'ouest du territoire présentent des Ts maximales n'excédant pas 30° C.
- Les Ts maximales des **secteurs agricoles (LCZ D)** jouxtant ces bois peuvent dépasser les 40° C.



## Distribution des Ts (°C) à différents moments de la journée (suite)

- En journée, dans les **secteurs d'activités commerciales et industrielles (LCZ 8 et E)** caractérisées par de grande surface en bitume et métal (parkings et toits), les Ts maximales atteignent les 50° C.
- **L'habitat groupé (LCZ 2 et 3)** présente des Ts maximales en habitat groupé atteignent 43°C mais tombent à 40°C pour les moins denses.



- Existence d'un contraste thermique important en fonction des types d'occupation du sol : Le degré de densité du bâti et les caractéristiques physiques des surfaces expliquent la distribution spatiale des températures.
- Les données de températures de surface et de l'air sont complémentaires pour contribuer à la connaissance de l'ICU sur un territoire, elles servent à identifier les zones d'accumulation de la chaleur en journée ( $T_s$ ) et de restitution la nuit ( $T_a$ ).
- Le capteur ECOSTRESS a apporté un nouvel éclairage sur le cycle thermique diurne et nocturne à l'échelle de l'aire urbaine.
- Il serait néanmoins intéressant de mener une comparaison de ces valeurs avec celle issues d'autres capteurs disposant d'une résolution spatiale plus fine, dans le but d'augmenter encore la précision de la cartographie des températures de surfaces.



# Références bibliographiques

---

- Bechtel B., Pesaresi M., See L., Mills G., Ching J., Alexander PJ, Feddema JJ, Florczyk AJ, Stewart I., 2016 : Towards consistent mapping of urban structure-global human settlement layer and local climate zones. ISPRS-Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., 41, pp. 1371-1378.
- Brousse O., Martilli A., Foley M., Mills G., Bechtel B., 2016 : WUDAPT, an efficient land use producing data tool for mesoscale model ? Integration of urban LCZ in WRF over Madrid. Urban Clim., 17, pp. 116-134.
- Chang Y., Xiao J., Li X., Frolking S., Zhou D., Schneider A., Weng Q., Yu P., Wang X, Li X., Liu S., Wu Y., 2021 : Exploring diurnal cycles of surface urban heat island intensity in Boston with land surface temperature data derived from GOES-R geostationary satellites. Science of The Total Environment, Volume 763, 144224.
- Dubreuil V., Foissard X., Nabucet J., Thomas A., Quénot H., 2020 : Fréquence et intensité des îlots de chaleur à rennes : bilan de 16 années d'observations (2004-2019). Climatologie, 17, 6.
- Hassani N., Drogue G., 2020 : Mesure et spatialisation de l'îlot de chaleur urbain dans l'aire urbaine de Metz Métro-pole : premiers résultats de la campagne de mesure 2019. Climatologie, 17, 8.
- Hook S. J., Cawse-Nicholson K., Barsi J., Radocinski R., Hulley G., Johnson WR., Rivera G., Markham B., 2020 : In-Flight Validation of the ECOSTRESS, Landsats 7 and 8 Thermal Infrared Spectral Channels Using the Lake Tahoe CA/NV and Salton Sea CA Automated Validation Sites. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 58(2), pp. 1294–1302.
- Larsen L., 2015 : Urban climate and adaptation strategies. Frontiers in ecology and the Environment, Volume 13, Issue 9, pp. 486-492.
- Mackey CW., Xuhui L., Smith RB., 2012 : Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island. Building and Environment, Volume 49, pp. 348-358.
- Malvina S., Romaniello V., Hook S., Musacchio M., Teggi S., Buongiorno MF, 2020 : First Comparisons of Surface Temperature Estimations between ECOSTRESS, ASTER and Landsat 8 over Italian Volcanic and Geothermal Areas. Remote Sensing 12, no. 1 : 184.
- Silvestri M., Romaniello V., Hook S., Musacchio M., Teggi S., Buongiorno MF., 2020 : First comparison of surface temperature estimation between ECOSTRESS, ASTER and Landsat 8 over italian volcanic and geothermal areas. Remote Sens., 12, 184.
- Stewart ID., Oke TR., 2012 : Local climate zones for urban temperature studies. Bull. Am. Meteorol. Soc., 93, pp. 1879-1900.