



Evaluation de l'impact indirect de la covid-19 sur les températures de l'air et de surface par télédétection : cas de la ville de Lubumbashi et ses environs.

Assessment of the indirect impact of covid-19 on air and surface temperatures by remote sensing: case of the city of Lubumbashi and its surrounding areas.

TETEK A MUTONDO G.^{(1)*}, KALOMBO KAMUTANDA D.⁽²⁾ & MISILU MIA NSOKIMIENO E.⁽³⁾

Abstract : The objective of this work is to assess the indirect impact of Covid-19 on air and surface temperatures before and after the Covid-19 pandemic using three Landsat 8 images of the scene of the city of Lubumbashi and its surroundings, including two from July 2019 and one from July 2020. Indeed, according to the observation made by certain satellites (Sentinel 5P and others) of the impact of the barrier measures against the pandemic on practically the whole of the globe, confinement has had a positive impact on cleaning the atmosphere in the sense that there has been a remarkable reduction in gases (NO₂, etc.) and other particles suspended in the atmosphere, as a result of a significant drop in automobile traffic, a partial shutdown of industrial activities, etc. The decrease in these green house gases has resulted in a drop in air temperature for the month of July 2020 in the region of the city of Lubumbashi and its surroundings. The images produced highlight this temperature variation before and after the Covid-19 pandemic.

Keywords: Remote sensing, Temperature, Containment, Covid-19, Lubumbashi.

Résumé : L'objectif de ce travail est d'évaluer l'impact indirect de la Covid-19 sur les températures de l'air et de surface avant et après la pandémie Covid-19 en utilisant trois images Landsat 8 de la scène de la ville de Lubumbashi et ses environs, dont deux du mois de juillet 2019 et une du mois de juillet 2020. En effet, d'après le constat fait par certains satellites (Sentinel 5P et autres) de l'impact des mesures barrières de lutte contre la pandémie sur pratiquement l'ensemble du globe, le confinement a réalisé un impact positif de nettoyage de l'atmosphère dans ce sens qu'il y a eu diminution remarquable des gaz (NO₂, ...) et autres particules suspendues dans l'atmosphère, résultat d'une baisse sensible de la circulation automobile, d'un arrêt partiel des activités industrielles, ... La diminution de ces gaz à effet de serre a fait qu'il y est observé une baisse de température de l'air pour le mois de juillet 2020 dans la région de la ville de Lubumbashi et ses environs. Les images réalisées mettent en évidence cette variation de température avant et après la pandémie Covid-19.

Mots-clés : Télédétection, Température, Confinement, Covid-19, Lubumbashi.

INTRODUCTION

Depuis que des mesures de confinement ont été instaurées dans plusieurs pays pour atténuer la pandémie de COVID-19, les nuisances (pollution de l'air et bruit) ont significativement diminué temporairement, mais qu'en est-il des émissions en gaz à effet de serre ? Leur diminution attendue aura-t-elle un impact notable sur le réchauffement climatique ? Telles sont les questions auxquelles ce travail tentera de répondre mais de façon particulière sur la scène de la ville de Lubumbashi et de ses environs. C'est ainsi que pour y parvenir nous allons évaluer et analyser les températures moyennes de l'air recueillies en différents points du milieu d'investigation et les températures de surface estimées en utilisant trois images landsat8 d'avant et d'après les confinements dus à la Covid-19. Nous ne prendrons en compte que les données du mois de juillet 2019 et de juillet 2020.

^{(1)*}Département de Géographie et Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo. adresse de contact, Email : gabrielteteka@yahoo.fr

⁽²⁾Département de Géographie et Sciences de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Lubumbashi, République Démocratique du Congo. Email : kamutanda50@yahoo.fr

⁽³⁾Département de Géographie et Sciences de l'Environnement, Université Pédagogique Nationale, Kinshasa, République Démocratique du Congo. Email : miansm@yahoo.com

METHODOLOGIE

Zone d'étude

La zone étudiée comprend la partie centrale totalement urbaine et bâtie, et une autre périurbaine avec forêt claire en lambeau. La zone est située au Sud-Est de la République Démocratique du Congo, son l'altitude est d'environ 1.250 m. La zone comprend des bassins versants et sous-bassins, et est située entre 11° 20' et 12° 00' de latitude Sud et 27° 10' et 27° 40' de longitude Est. La zone compte environs 10 cours d'eau principaux (Kafubu, Karavia, Kampemba, Kimilolo, Kisanga, Lubumbashi, Naviundu, Ruashi, Luano et Luohoshi). Le climat est de type tropical à deux saisons et la température moyenne annuelle est d'environ 20°C.

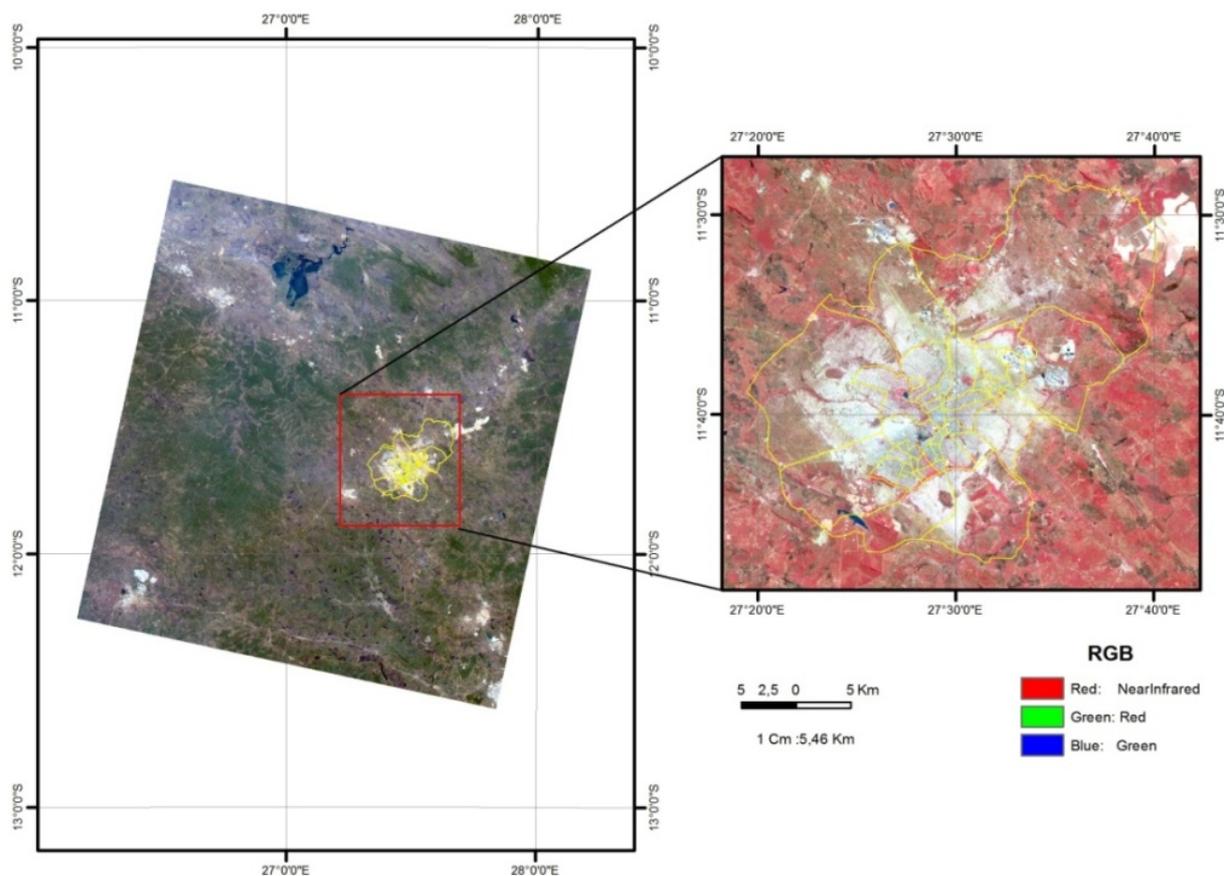


Figure 1. Coupe de l'image OLI-Landsat-8 du 14 juillet 2019, dans la composition RGB sur la scène de la ville de Lubumbashi et ses environs.

En termes d'occupation de sol, nous avons constitué 5 classes d'occupation. Ce type d'occupation nous permettra de mettre en évidence la réponse de chaque classe par rapport à la température de surface.

Matériels et méthodes

Les températures de surface exploitées dans cette étude ne concernent que le mois de juillet des années 2019 et 2020. Il s'agit de trois images Landsat-8, chemin 173 et ligne 68, générées le 14 juillet 2019, 30 juillet 2019 et le 16 juillet 2020, obtenues auprès de la United States Geological Survey - USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov>). Ces images correspondent au viaduc Landsat-8 environ à 10h16 (heure locale). De plus, des données météorologiques enregistrées sur la zone étudiée, plus particulièrement les températures moyennes mensuelles de l'air ont été utilisées afin d'analyser et de comparer leur variation avant et après les confinements dus à la pandémie Covid-19.

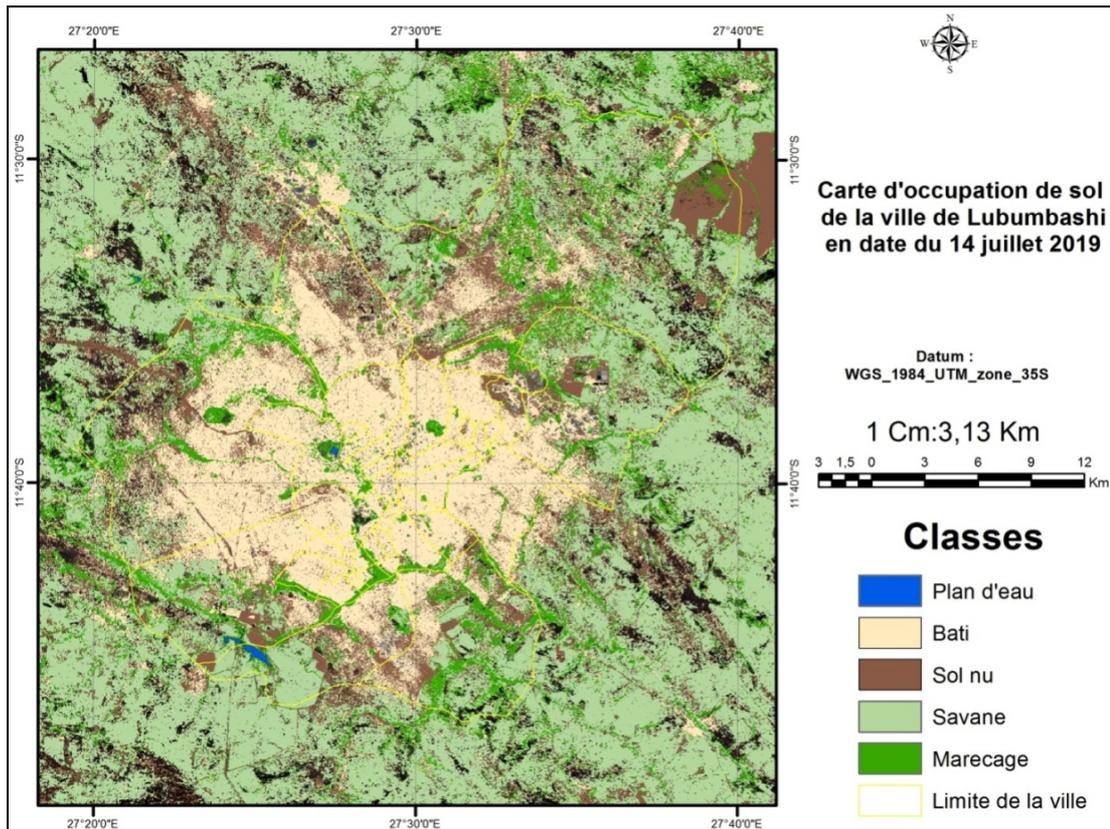


Figure 2 : Carte d’occupation de sol de la ville de Lubumbashi en date du 14 juillet 2019 (©Gabriel TETEK).

Matériels et méthodes

Les températures de surface exploitées dans cette étude ne concernent que le mois de juillet des années 2019 et 2020. Il s’agit de trois images Landsat-8, chemin 173 et ligne 68, générées le 14 juillet 2019, 30 juillet 2019 et le 16 juillet 2020, obtenues auprès de la United States Geological Survey - USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>). Ces images correspondent au viaduc Landsat-8 environ à 10h16 (heure locale). De plus, des données météorologiques enregistrées sur la zone étudiée, plus particulièrement les températures moyennes mensuelles de l’air ont été utilisées afin d’analyser et de comparer leur variation avant et après les confinements dus à la pandémie Covid-19.

Le traitement des images pour le calcul des températures de surface et leur mise en forme ont été réalisés à l’aide du logiciel ArcGIS 10.3. Ainsi, pour estimer la température de surface pour les images Landsat8, nous avons utilisé les étapes illustrées dans la figure 3. Dans cette recherche, la température de surface terrestre a été estimée sur des images Landsat-8 tous les 16 jours du 1er au 31 juillet 2019 et 2020 à 8h16 AM (TU), comme indiqué dans le tableau (1) et en utilisant le calculateur Raster d’ARCGIS.

Estimation de la température atmosphérique moyenne

Le calcul de la température atmosphérique moyenne est réalisé sur base d’une relation linéaire pour une approximation de T_a à partir de T_0 qui est dérivée pour l’atmosphère standard en milieu tropical, où T_0 est la température de l’air au sol (à environ 2m de hauteur). Cette formule suppose que, dans les distributions de l’atmosphère standard (ciel clair et sans grande turbulence), la température atmosphérique moyenne effective T_a est une fonction linéaire de la température de l’air proche de surface T_0 (Qin et al., 2001a):

$$T_a = 17.9769 + 0.91715 T_0 \text{ (Tropical) (1)}$$

Estimation Landsat LST (Température de Surface Terrestre)

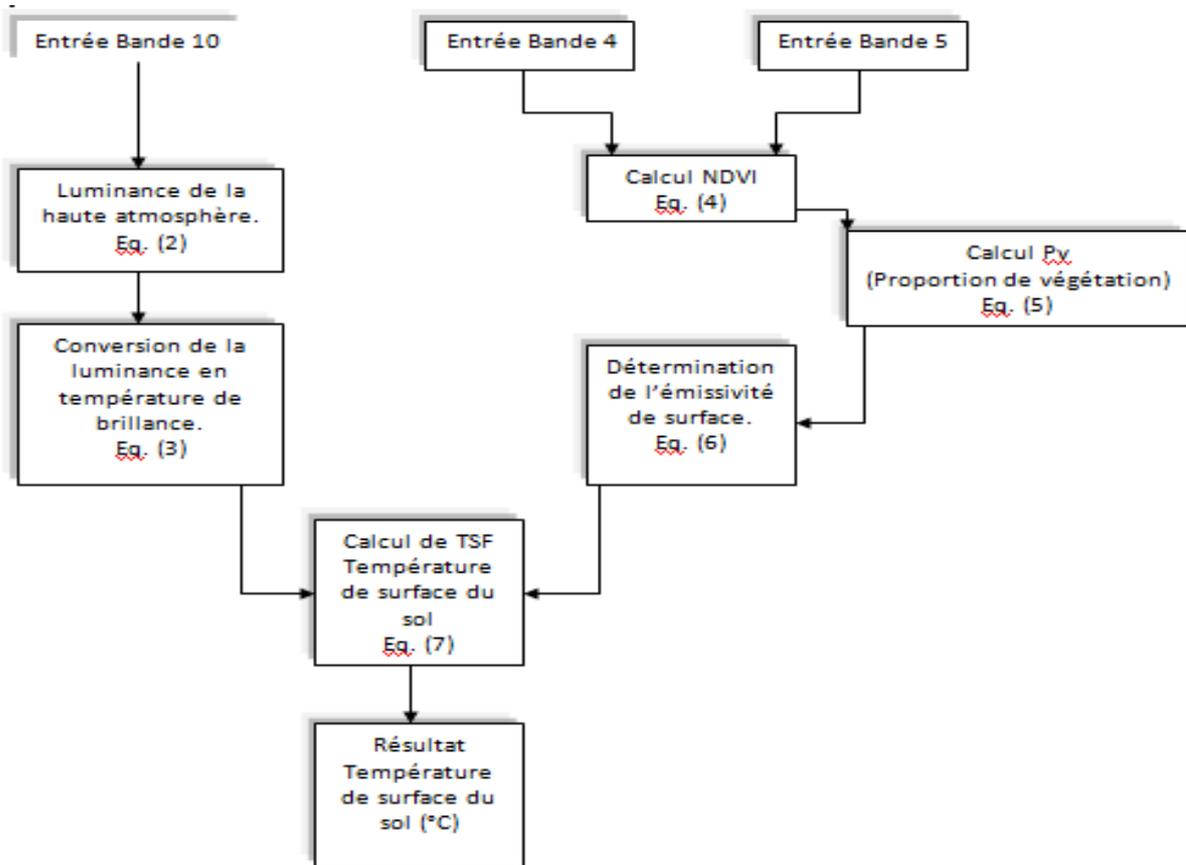


Figure 3 : Modèle de calcul des températures de surface.

TOA rayonnement spectral atmosphérique.

Le calcul de la luminance de bandes thermique 10 (bande TIR) est réalisé à l'aide du "calculateur raster", située dans le menu (ArcToolBox - Outils Spatial Analyst - Mapalgebra- Calculator raster). Où l'équation suivante s'applique : $TOA(L) = M_L * Q_{cal} + A_L - O_i(2)$

où : M_L = Facteur d'échelle multiplicatif spécifique de chaque bande. Valeur obtenue du fichier MTL

de métadonnées sous le nom de "RADIANCE_MULT_BAND_X".

Q_{cal} = c'est la bande ou la coupe de celle-ci.

A_L = Valeur incluse dans les métadonnées MTL "Radiance_Add_Band_X", où X correspond au numéro de la bande.

O_i = Facteur de correction de la bande 10

La température de luminosité ou brillance (BT).

Les données de la bande TIRS 10 doivent être converties à partir de la radiance spectrale à la température de brillance (BT) en utilisant les constantes thermiques fournies dans le fichier de métadonnées.

L'équation utilisée est :

$$BT = (K2 / (\ln (K1 / L) + 1)) - 273,15 \quad (3)$$

Où:

- $K1$ et $K2$ = Constantes de conversion, incluses dans les métadonnées ($K1_CONSTANT_BAND_x$ et $K2_CONSTANT_BAND_x$) s'appliquent à chaque bande, 10 et 11.
- \ln (logarithme népérien) = Fonction dans le calculateur raster.

Les résultats sont donnés dans l'unité de degrés Kelvin, si l'utilisateur souhaite le convertir en degrés Celsius, la formule doit intégrer la valeur 273,15. Cette équation doit être faite en substituant les valeurs correspondantes aux bandes 10 et 11. Comme dans le cas précédent, le résultat de cette opération générera un raster en sortie pour bande thermique 10.

Méthode NDVI pour la correction de l'émissivité

Calcul du NDVI.

Les bandes Landsat visible et proche infrarouge ont été utilisées pour calculer l'Indice de différence normale de végétation (NDVI). L'importance d'estimer le NDVI est essentiel car la quantité de végétation présente est un facteur important et le NDVI peut être utilisé pour déduire l'état de la végétation. Le calcul du NDVI est important car, par la suite, la proportion de la végétation (*PV*) doit être calculée, et ils sont fortement liés au NDVI et enfin l'émissivité (ε) doit être calculée.

Ainsi, nous avons ce qui suit :

$$\text{NDVI} = \text{NIR (bande 5)} - R \text{ (bande 4)} / \text{NIR (bande 5)} + R \text{ (bande 4)}, \quad (4)$$

où NIR représente la bande proche infrarouge (bande 5) et représente la bande rouge (bande 4).

Calcul de la proportion de végétation Pv.

Une méthode de calcul de *PV* suggère d'utiliser les valeurs NDVI pour la végétation à appliquer dans des conditions globales.

$$\text{Ainsi : } P_v = \text{Carré} \left(\frac{\text{NDVI} - \text{NDVImin}}{\text{NDVImax} - \text{NDVImin}} \right) \quad (5)$$

où:

Carré = Correspond à la quadrature de la formule

NDVImax = Valeurs maximales visibles dans la "table des matières"

NDVImin = Valeurs minimales visibles dans la "table des matières"

Calcul de l'émissivité de la surface terrestre.

L'émissivité de la surface terrestre (LSE (ε)) doit être connue pour estimer LST, puisque LSE est un facteur de proportionnalité qui met à l'échelle la radiançe du corps noir (loi de Planck) pour prédire la radiançe émise, et il est l'efficacité de la transmission de l'énergie thermique à travers la surface dans l'atmosphère. La détermination de la l'émissivité au sol est calculée conditionnellement comme suggéré. La valeur de l'émissivité, en dernière étape, est obtenue avec le calculateur raster, en introduisant l'équation suivante :

$$e = m P_v + n \quad (6)$$

où:

m = valeur d'émissivité de la végétation, dans ce cas 0,004 a été utilisé.

P_v = correspond au pourcentage de végétation

n = valeur d'émissivité du sol, dans ce cas 0,986 a été utilisé.

$$\text{LSE} = 0,004 * P_v + 0,986 \quad (6)$$

Enfin, la température de surface terrestre (LST) est appliquée avec l'équation :

$$T_s = BT \left\{ 1 + \left[\frac{\lambda BT}{\rho} \ln \varepsilon \right] \right\} \quad (7)$$

où est le LST en Celsius ($^{\circ}\text{C}$), BT est au niveau du capteur BT ($^{\circ}\text{C}$), λ est la longueur d'onde de rayonnement émis ($\lambda = 10.8$) sera utilisé), ε est l'émissivité calculée en (6), et

$$\rho = h c / \sigma = 1,438 \times 10^{-2} \text{ m K}, \quad (8)$$

où σ est la constante de Boltzmann ($1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$), h est la constante de Planck ($6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$), et est la vitesse de lumière ($2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$).

Les Métadonnées de la bande thermique 10 des images satellite Landsat-8 utilisées, sont dans le tableau 1.

Tableau 1. : Métadonnées de la bande thermique 10 des images satellite Landsat-8

| Constantes thermiques de conversion bande 10 | |
|--|-----------|
| K1 | 1321,0789 |
| K2 | 774,8853 |
| Facteur d'échelle multiplicatif spécifique | |
| ML | 0,0003342 |
| AL | 0,1 |
| Correction Bande 10 | |
| O_i | 0,29 |

RESULTATS

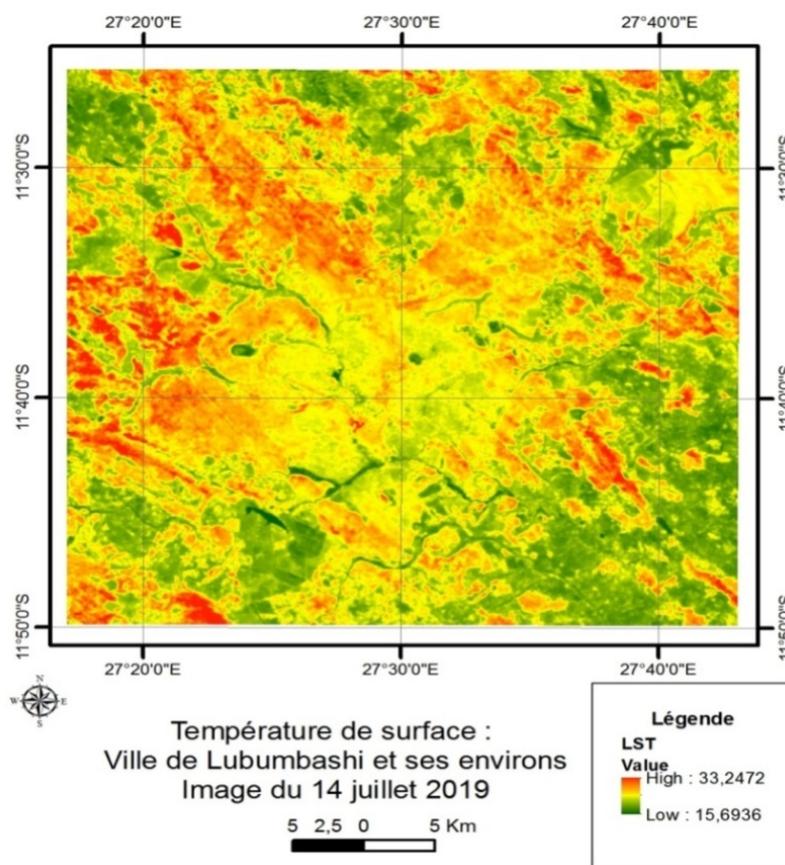


Figure 4 : Température de surface du 14 juillet 2019

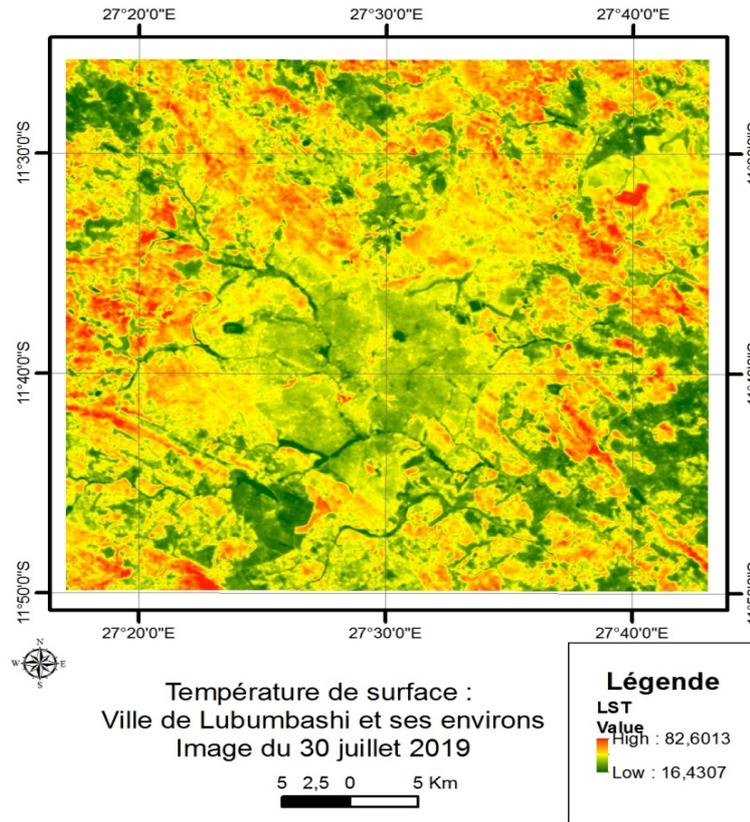


Figure 5 : Température de surface du 30 juillet 2019

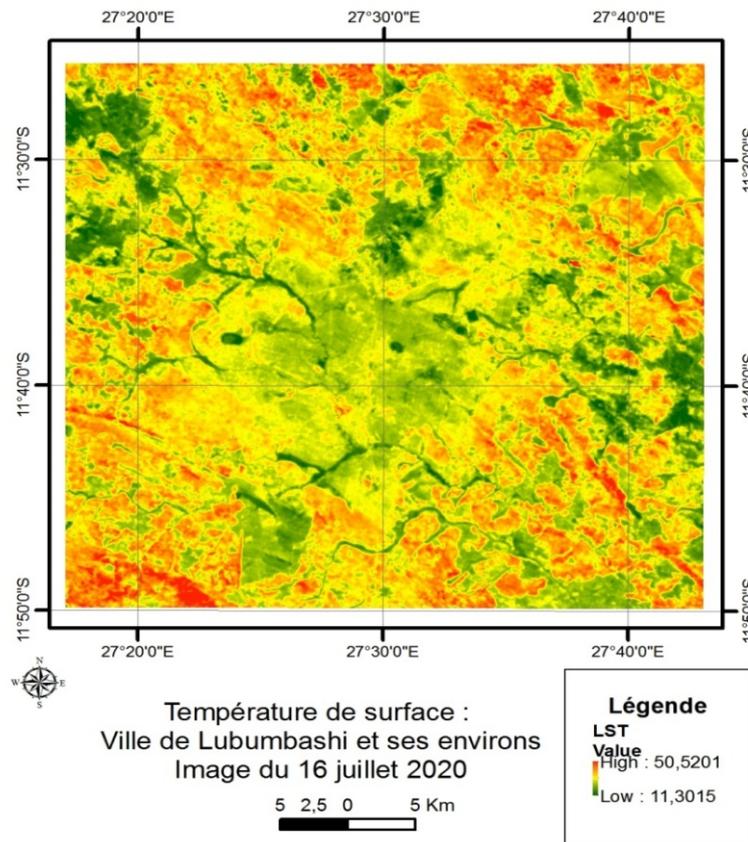


Figure 6 : Température de surface du 16 juillet 2021

Tableau 2 : Valeurs moyennes des températures Ta, To et LST

| | 14-juil-19 | 30-juil-19 | 16-juil-20 |
|------------------|------------|------------|------------|
| Ta (°C) | 35,95 | 36,68 | 32,65 |
| To (°C) | 19,6 | 20,4 | 16 |
| LST moyenne (°C) | 24,47 | 49,51 | 30,91 |

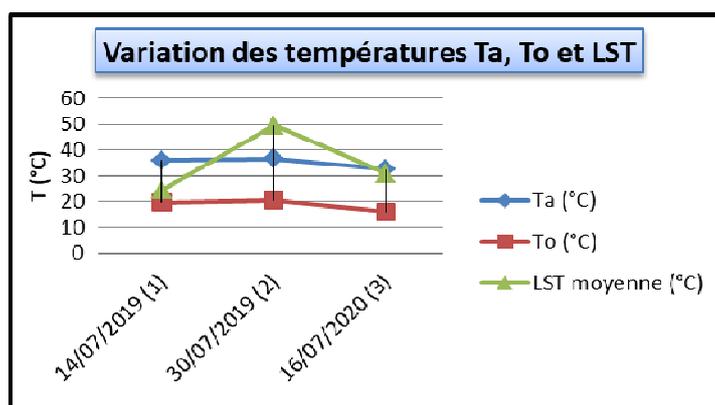


Figure 7 : Variation des températures Ta, To et LST moyennes (°C)

Tel que constaté sur les figures 4,5 et 6, les températures moyennes de surface pour les trois images semblent donner des valeurs proches pour les deux dates extrêmes c'est-à-dire le 14 juillet 2019 et le 16 juillet 2020 avec une augmentation d'environ 6,5°C qui peut être justifiée par deux faits : la différence de jours du mois et l'intensification du rayonnement direct au niveau du sol au détriment du rayonnement diffus de suite du nettoyage de l'atmosphère.

En rapport avec ces deux faits évoqués pour justifier les écarts des valeurs de températures, il est à remarquer que le premier (différence des jours du mois) a suffisamment influencé la valeur de température de surface du 30 juillet 2019.

La figure 7 montre la variation de différentes températures (Ta, To et LST) pour les trois dates considérées dans cette étude tout en mettant en évidence la variation de chaque type de température (couleur).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Après analyse du graphique de variation des températures moyennes Ta, To et LST, nous avons relevé les aspects ci-après :

1. Pour Ta et To, il y a eu baisse de température en juillet 2020 comparativement à 2019, ce qui affirmerait l'hypothèse selon laquelle le nettoyage de l'atmosphère avec les mesures barrières de lutte contre la covid-19 tel que constaté par les satellites sentinel 5P et autres auraient un impact positif sur les deux températures (Ta et To) pour lutter contre le réchauffement climatique;
2. Pour LST par contre, nous avons constaté une augmentation en juillet 2020 comparativement à juillet 2019, ce qui se justifierait par l'intensification du rayonnement direct au niveau du sol au détriment du rayonnement diffus de suite du nettoyage de l'atmosphère;
3. Toutes les valeurs de températures avaient tendance à augmenter en date du 30 juillet 2019, mais plus remarquablement avec LST ; ce qui peut aussi se justifier par l'écart entre les dates de prise d'image car le rayonnement reçu au niveau du sol est fonction de l'heure, du jour et du mois de l'année.

De ce qui précède, quand bien même l'idéal serait de continuer à pratiquer les mesures barrières qui favorisent la diminution remarquable des gaz (NO₂, ...) et autres particules suspendues dans l'atmosphère pour mieux évaluer cet impact, nous osons confirmer que seules les Ta et To pourront être affectées dans le sens de diminuer et pour très peu de temps; ce qui n'est pas le cas avec la température de surface LST.

BIBLIOGRAPHIE

- BARSI J.A., SCHOTT J.R., HOOK S.J., RAQUENO N.G., MARKHAM B.L. & RADOCINSKI R.I. (2014)., Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing*, **6**(11): 11607-11626.
- BASTIAANSEN W.G.M., MENENTI M., FEDDES R.A. & HOLTSLAG A.A.M. (1998). Remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL): 1. Formulation. *Journal of Hydrology*, **212-213**: 198-212. DOI : 10.1016/S0022-1694(98)00254-6
- BECKER F. & LI Z.-L. (1990). Towards a local split window method over land surfaces, *International Journal of Remote Sensing*, **11**(3): 369-393.
- GALLO K., HALE R., TARPLEY D. & YU Y. (2011). Evaluation of the relationship between air and land surface temperature under clear and cloudy-sky conditions. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **50**(3): 767-775.
- LI Z.-L., TANG B.-H., WU H., REN H., YAN G., WAN Z., TRIGO I.F. & SOBRINO J.A. (2013). Satellite-derived land surface temperature: current status and perspectives. *Remote Sensing of Environment*, **131**: 14-37.
- LIU L. & ZHANG Y.Z. (2011). Urban heat island analysis using the landsat TM data and ASTER data: a case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, **3**(7): 1535-1552.
- MARKHAM B.L. & BARKER J.L. (1985). Spectral characterization of the Landsat Thematic Mapper sensors. *International Journal of Remote Sensing*, **6**(5): 697-716.
- QIN Z., KARNIELI A. & BERLINER P. (2001). A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region. *Int. J. Remote Sens.*, **22**(18): 3719-3746.
- RAJESHWARI A. & MANI N. (2014). Estimation of land surface temperature of dindigul district using landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, **3**(5): 122-126, 2014.
- SOBRINO J.A. & RAISSOUNI N. (2000). Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*, **21**(2): 353-366.
- SRIVASTAVA P.K., MAJUMDAR T.J. & BHATTACHARYA A.K. (2009). Surface temperature estimation in Singhbhum Shear Zone of India using Landsat-7 ETM+ thermal infrared data. *Advances in Space Research*, **43**(10): 1563-1574.
- STATHOPOULOU M. & CARTALIS C. (2007). Daytime urban heat islands from Landsat ETM+ and Corine land cover data: an application to major cities in Greece. *Solar Energy*, **81**(3): 358-368.
- SUN Q.Q., TAN J.J. & XU Y.H. (2009). An ERDAS image processing method for retrieving LST and describing urban heat evolution: a case study in the Pearl River Delta Region in South China. *Environmental Earth Sciences*, **59**(5): 1047-1055.
- TETEK MUTONDO G., NSIAMI C. & KALOMBO-KAMUTANDA D. (2020). Estimation de l'albédo de surface avec LANDSAT 8 OLI : Application sur la scène de la ville de Lubumbashi et ses environs. *Geo-Eco-Trop*, **44**(3): 459-465.
- USGS (2013). http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php.
- USTIN S. (2004). *Manual of Remote Sensing: Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ., 768 p.
- WANG F., QIN Z., SONG C., TU L., KARNIELI A. & ZHAO S. (2015). An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from landsat 8 thermal infrared sensor data. *Remote Sensing*, **7**(4): 4268-4289.
- WENG Q.H., LU D.S. & SCHUBRING J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, **89**(4): 467-483.
- XU H.-Q & CHEN B.-Q. (2004). Remote sensing of the urban heat island and its changes in Xiamen City of SE China. *Journal of Environmental Sciences*, **16**(2): 276-281.

