

LES PREMIERS RÉSULTATS DE LA SURVEILLANCE DE L'ÎLOT DE CHALEUR À CLUJ-NAPOCA À L'AIDE DU RÉSEAU AUTOMATIQUE MICCRO (MONITORIZAREA INSULEI DE CALDURA IN CLUJ - ROMANIA)

HOLOBĂCĂ I.H.¹, ALEXE M.¹ et TEMERDEK-IVAN K.¹

¹Laboratoire de Télédétection et Observation de l'Environnement (GEOTOMLAB), Université Babeş-Bolyai, Roumanie, iulian.holobaca@ubbcluj.ro

Résumé : Le réseau automatique de mesure peut assurer une évaluation quantitative de l'intensité de l'ICU. La conception du réseau reposait sur deux stratégies. La première est basée sur la manière dont la structure urbaine interagit avec le rayonnement solaire (Locale Climate Zones) et implique une investigation nocturne avec des stations mobiles. Sur la base des résultats de ces campagnes d'observation expéditionnaires, les points critiques des zones thermiques élémentaires ont été identifiés. Ces points ont été choisis pour l'installation de capteurs de température automatiques. Ainsi, 40 capteurs ont été installés répartis sur une superficie de 179,5 km sur les poteaux du réseau électrique à 3 m de hauteur. Les données horaires collectées pour le mois d'août 2020 ont permis pour la première fois d'évaluer le régime spatio-temporel de îlots de chaleur urbaine à Cluj-Napoca.

Mots clés : réseau automatique ; télédétection ; points critiques ; îlot de chaleur urbain ; MICCRO

Summary: The First Results of the Monitoring of The Heat Island in Cluj-Napoca Using the MICCRO Automatic Network (Monitorizarea Insulei De Caldura In Cluj - Romania). The automatic observation network can provide quantitative assessment of ICU intensity. The network design was based on two strategies. The first is based on how the urban structure interacts with solar radiation (Urban Climate Zones) and involves a night investigation with mobile stations. Based on the results of these expeditionary observation campaigns, the critical points of the elementary thermal zones have been identified. These points were chosen for the installation of automatic temperature sensors. Thus, 40 sensors were installed spread over an area of 179.5 km on the electricity grid poles at a height of 3 m. The hourly data collected for the month of August 2020 made it possible for the first time to assess the spatio-temporal regime of urban heat islands in Cluj-Napoca.

Key words: automatic network; remote sensing; critical points; urban heat island; MICCRO

Introduction

La conception du réseau d'observation automatique de l'îlot de chaleur urbaine avait comme point de départ les zones climatiques locales (LCZ) définies par Stewart et Oke (2012). Elles sont des régions urbaines avec couverture de surface, structure, matériaux et activité humaine uniformes qui s'étendent sur des centaines de mètres à plusieurs kilomètres à l'échelle horizontale. La délimitation et l'utilisation des LCZ présentent deux avantages majeurs dans l'étude de l'îlot de chaleur urbain (ICU) : d'une part l'observation objective de ICU, et d'autre part la comparabilité des résultats grâce à la large utilisation internationale.

Bechtel et autres, (2015) considère que le progrès de la science du climat urbain est sévèrement limité par le manque d'informations décrivant les aspects de la forme et de la fonction des villes à haute résolution. Dans le cadre du projet World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) a été lancé un effort international pour développer une base de données urbaine mondiale et un portail d'accès pour rassembler et diffuser ces informations de manière cohérente pour les zones urbaines du

monde entier (<http://www.wudapt.org/>). Le portail fournit une méthodologie cohérente et un accès au logiciel nécessaire pour cartographier les LCZ à l'aide d'une classification supervisée des images satellites. Cette méthodologie a été utilisée pour identifier LCZ à Cluj-Napoca.

L'identification de la position optimale des capteurs de température du système automatique de monitoring a nécessité plusieurs campagnes d'observations. La préoccupation principale a été l'assurance de la représentativité spatiotemporelle en employant les LCZ pour choisir les points d'observation. Aussi, les observations ont été effectuées pendant des nuits sans nuages et sans vent (régime anticyclonique) et durant la période de stabilité (entre 23h et 1h du matin), en utilisant une correction de temps.

L'identification objective des « points critiques » pour le monitoring automatique de l'ICU a été faite par l'élaboration de la carte des zones thermiques élémentaires en ArcGis à partir des cartes saisonnières de l'ICU.

1. Données et Méthodes

1.1. La ville de Cluj-Napoca

Cluj-Napoca est une ville située au nord-ouest de la Roumanie (Figure 1) dans une zone vallonnée sur la rivière de Someșul Mic. La troisième du pays par la population, 323 484 habitants (INS – L'Institut National de la Statistique 2018), la ville a une superficie de 179,5 km². Cluj est le principal pôle économique et culturel de la Transylvanie.

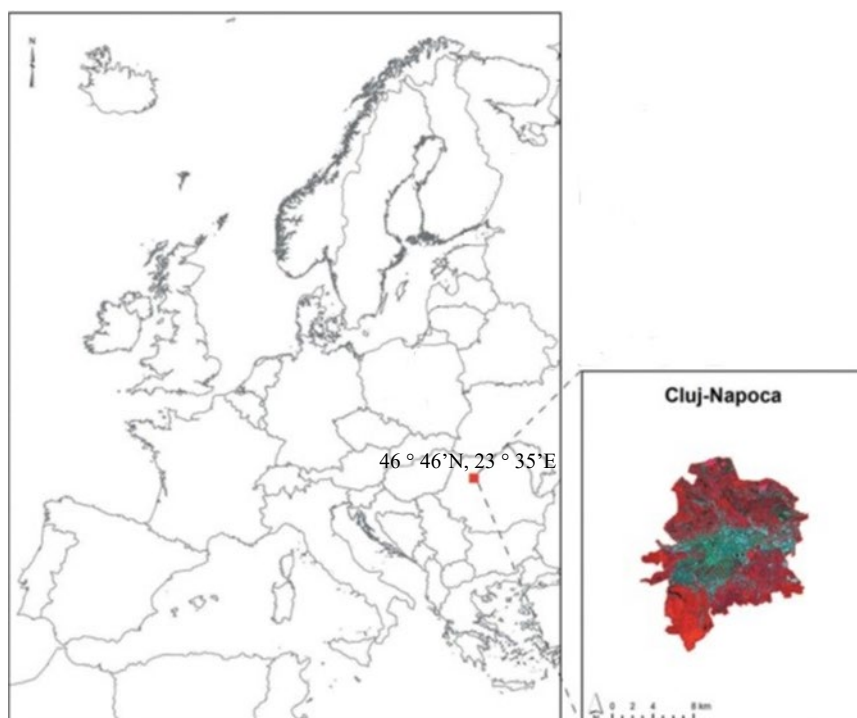


figure 1. Cluj-Napoca (Roumanie) en fausse couleur (PIR, Rouge, Vert).

1.2. Données spatiales

Pour la cartographie de LCZ nous avons utilisé des images satellites de plusieurs capteurs optiques (Landsat et Sentinel 2) et radar (Sentinel 1) (Figure 2). Les images de la période de végétation ont été choisies pour mieux saisir le degré d'imperméabilité du substrat et pour améliorer la qualité des données d'apprentissage pour l'algorithme d'apprentissage automatique décrit ci-dessous.

Les images optiques proviennent de l'Imageur Terrestre Opérationnel (OLI) à une résolution spatiale de 30 mètres (visible, PIR, SWIR) pour la scène Landsat 8 du 2 juillet 2019. L'Instrument Multispectral (MSI) qui mesure le rayonnement réfléchi de la Terre dans 13 bandes spectrales (visible, PIR, SWIR) à une résolution spatiale comprise entre 10 mètres et 60 mètres a fourni la scène Sentinel 2 du 1 juillet 2019. Les deux images SAR utilisées sont du type GRD (Ground Range Detected) en bande C dans les IW (Interferometric Wide) mode de traitement d'image et à une résolution spatiale de 30 mètres (double polarisation VV et VH). Pour Cluj-Napoca, nous avons utilisé une image prise sur orbite ascendante Sentinel 1 A (31 mai 2018) et une image prise sur orbite descendante Sentinel 1 B (4 juin 2018).

Nous avons produit également des données spatiales vectorielles, qui ont été numérisées en Google Earth. Il s'agit de données d'apprentissage et ROI qui ont ensuite été intégrés dans la classification supervisée Random Forest (Figure 2).

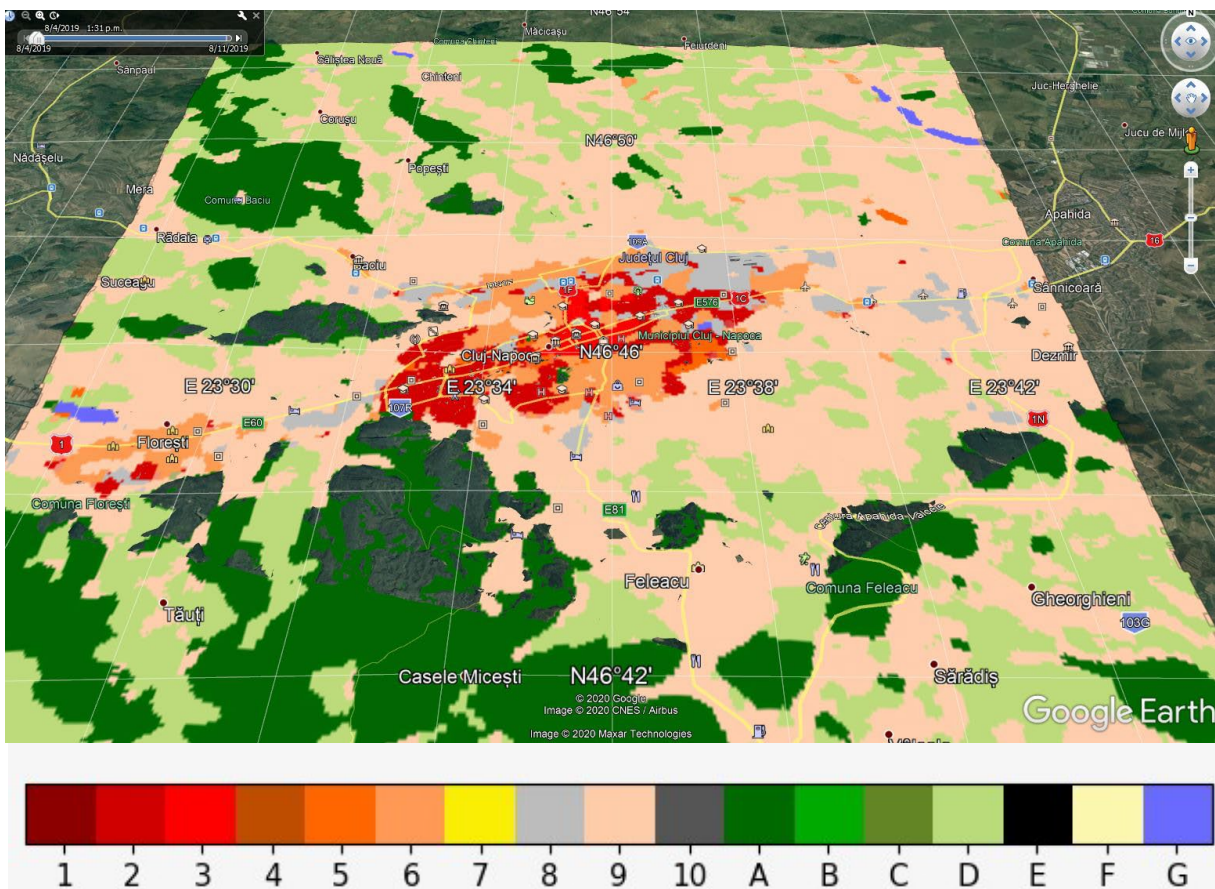


figure 2. Les LCZ à Cluj-Napoca : LCZ 2 taille mi- haute compacte – qui correspond à Cluj au HLM, LCZ 3 taille basse compacte - qui correspond à Cluj au centre-ville, LCZ 5 taille mi- haute ouverte - à Cluj les quartiers type ville jardin, LCZ 6 taille basse ouverte - à Cluj quartiers avec des maisons de type urbaine, LCZ 8 taille basse compacte large - à Cluj soit des supermarchés avec parking soit l'ancienne zone industrielle de la ville, LCZ 9 peu construit - à Cluj quartiers avec des maisons de type rural ou fermes isolées ; A – forêt dense ; B - forêt rare ; D - plantes basses ; E – sol nu ; G – eau.

1.3. L'algorithme WUDAPT

La cartographie des LCZ a employé une classification supervisée Random Forest à l'aide d'un outil développé par Bechtel et Conrad (2015) pour le logiciel gratuit SAGA GIS (Bechtel et autres, 2015). L'algorithme implique la numérisation en Google Earth du ROI qui comprend à la fois la zone urbaine et une zone tampon qui s'étend à environ 15 km de la ville. Dans cet espace, les LCZ sont identifiées selon la description faite par Stewart et Oke (2012). Pour chaque LCZ identifiée sont numérisées des 5

à 10 zones jugées représentatives. Celles-ci sont ensuite intégrées dans la classification supervisée en utilisant le logiciel SAGA. En raison de problèmes connus causés par l'agrégation dans le cas de la cartographie LCZ, une intervention post-classification est nécessaire. Pour cela, un Majority filtre a été utilisé. Une option très utile est la possibilité d'exporter le résultat vers Google Earth et d'évaluer rapidement la précision de la classification.

1.4. L'algorithme utilisé pour la cartographie des thermiques élémentaires et mis en place du réseau

Après avoir obtenu les LCZ, il a été possible de planifier des observations saisonnières des ICU. Les cartes saisonnières de l'ICU ont été ré-classifiées en utilisant les quantiles pour assurer la comparabilité des données spatiales ayant un intervalle total de variation inégal. Pour limiter le nombre des classes on a utilisé trois quantiles. L'outil ArcGis « combine » a permis l'identification des zones thermiques élémentaires. Les polygones ainsi obtenus ont été simplifiés en éliminant les surfaces trop petites (< 0.1 km² dans notre cas). Les « points critiques » sont les centroïdes des surfaces thermiques élémentaires (Holobacă, 2017). Finalement les 40 capteurs ont été installés répartis sur une superficie de 179,5 km² sur les poteaux du réseau électrique à 3 m de hauteur dans la proximité de « points critiques ».

2. Résultats

Le passage des campagnes saisonnières d'observations nocturnes de l'intensité de l'îlot de chaleur urbain à l'observation permanente a surtout permis d'obtenir des données tout au long de la journée. En même temps, la simultanéité des observations peut être assurée, éliminant ainsi les erreurs résultant de l'application de corrections temporelles.

Ainsi, sur la base de ce réseau d'observation automatique, il a été possible pour la première fois à Cluj-Napoca de cartographier les valeurs moyennes de température dans l'espace urbain à l'échelle mensuelle (Figure 3). Sur la base de la carte thermique de l'heure locale 01 août 2020, les zones chaudes et froides de la ville et la structure de l'îlot de chaleur urbaine ont été identifiées et quantifiées.

On peut voir qu'à Cluj-Napoca il y a un écart par rapport à la structure classique de l'îlot de chaleur urbain pour laquelle la zone la plus chaude de la ville est observée au centre-ville et diminue vers les périphéries avec des variations locales dues à des propriétés physiques différentes de la surface urbaine. C'est le modèle spatial qui s'applique le plus aux villes nouvelles aux États-Unis.

A Cluj-Napoca nous pouvons observer le rôle majeur des conditions topographiques locales dans la structure thermique horizontale et verticale. Horizontalement, un contraste thermique important peut être observé entre la partie ouest et est de la ville et la poussée vers l'est du noyau de l'îlot de chaleur. La différence entre la périphérie nord-ouest de la ville et la partie la plus chaude située dans la partie centre-est de la ville dépasse les trois degrés Celsius en valeurs moyennes mensuelles (Figure 3). Cette situation semble être causée par la pénétration de la brise de montagne nocturne sur la vallée de Someș depuis l'ouest et la poussée de l'air plus chaud vers la partie est de la ville. Des cas similaires ont été rapportés par Stewart et Oke (2012) en cas d'advection nocturne importante.

Si la structure thermique horizontale de l'îlot de chaleur a également été observée à partir des campagnes d'observation précédentes, on ne peut qu'identifier maintenant les caractéristiques de la stratification verticale. Un deuxième noyau chaud est visible dans la partie sud de la ville. Ce noyau correspond aux quartiers situés sur le versant sud du massif de Feleac. Ces quartiers sont situés à une altitude d'environ 250 mètres plus haut que la partie centrale située près de la rivière Someș. La différence d'environ deux degrés Celsius suggère la présence d'une inversion thermique nocturne.

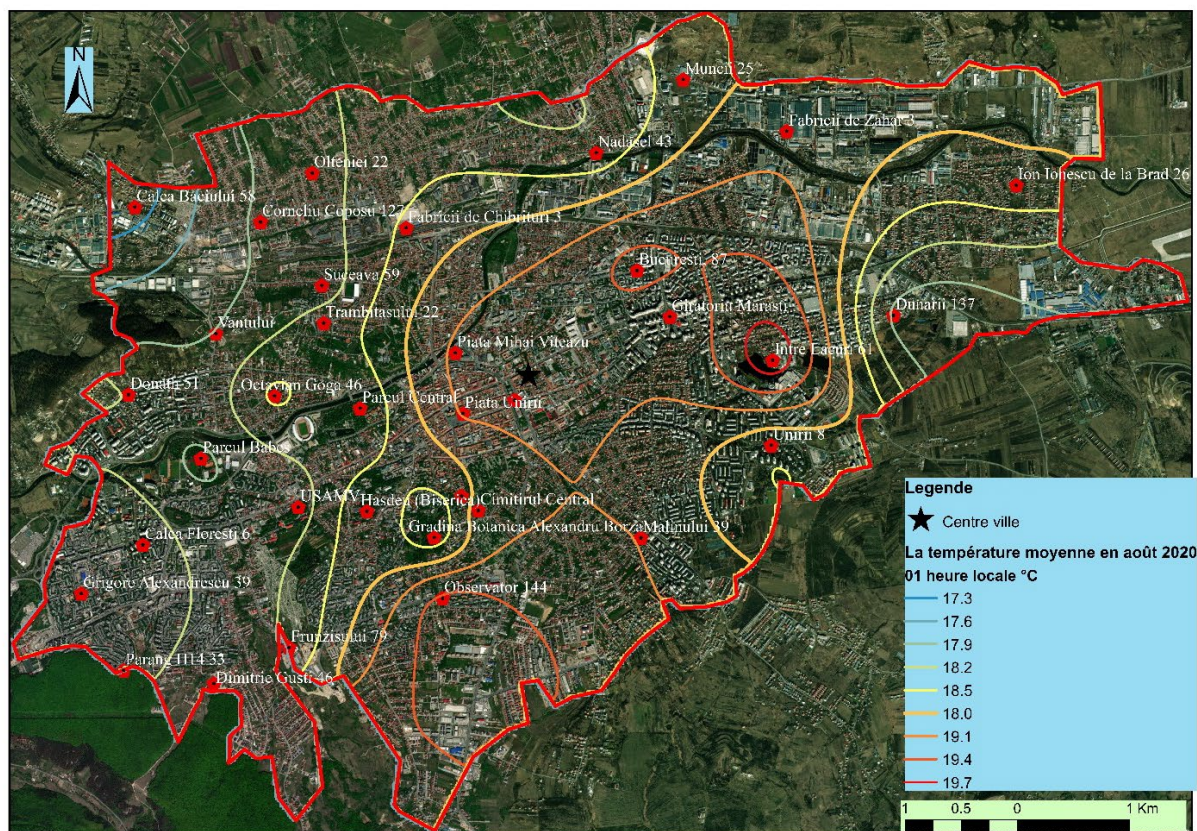


figure 3. La température moyenne en août 2020 (01 heure locale).

Conclusions et Discussion

Le portail WUDAPT offre une méthodologie et un accès aux données spatiales et logiciels gratuits qui permettent une classification rapide et fiable des LCZ. Il peut fournir un cadre viable pour unifier la définition et la méthodologie de travail pour la classification LCZ au niveau international.

L'utilisation d'images satellite radar a un potentiel élevé pour augmenter la précision de la classification, car la réflexion des ondes radar est fortement influencée par la structure de type urbain (Koppel et autres, 2017, Holobacă et autres, 2019).

Le passage de l'observation manuelle à l'observation automatique a permis de mesurer simultanément des données avec une résolution temporelle de 5 minutes avec un potentiel d'utilisation très élevé. Les erreurs humaines et celles causées par les corrections de temps ont été éliminées. Cela a rendu possible pour la première fois la spatialisation horizontale et verticale de l'îlot de chaleur urbain à l'échelle mensuelle.

L'accumulation d'un très grand volume de données de température et d'humidité à haute résolution spatiale et temporelle ouvre la perspective de leur utilisation à la fois dans la recherche climatique à l'échelle fine, la recherche en climatologie appliquée (bioclimatique, pollution de l'air, etc.) et dans l'activité opérationnelle au sein du stratégie de "ville intelligente" de Cluj-Napoca.

Remerciements : Les auteurs remercient le projet UBB2019 Implementation of an Urban Heat Island measurement network in Cluj-Napoca, car il a rendu possible cette approche.

Bibliographie

Bechtel, B., & Daneke, C., 2012. Classification of local climate zones based on multiple earth observation data. *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, **5**, 1191–1202.

Bechtel, B., Alexander, P.J., Böhner, J., Ching, J., Conrad, O., Feddema, J., Mills, G., See, L. & Stewart, I., 2015. Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, **4**, 199-219.

Koppel, K., Zalite, K., Voormansik, K. & Jagdhuber T., 2017. Sensitivity of Sentinel-1 backscatter to characteristics of buildings, *International Journal of Remote Sensing*, **38**(22), 6298-6318.

Holobacă, I.H. 2017. Le monitoring de l'îlot de chaleur urbain de Cluj-Napoca, Roumanie, *Actes du XXXe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Climat, ville et environnement*, Sfax, Tunisie.

Holobacă, I.H., Ivan, K. & Alexe, M., 2019, Extracting built-up areas from Sentinel-1 imagery using land-cover classification and texture analysis, *International Journal of Remote Sensing*, **40**(20), 8054-8069.

Stewart, I.D., & Oke, T.R., 2012. Local climate zones for urban temperature studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, **93**, 1879–1900.