

Application des indices de télédétection à la cartographie des zones urbaines et des sols nus : Cas de la ville de Guelma (Nord-est de L'Algérie)

[Application of remote sensing indexes to the mapping of urban areas and bare soil : Case of the city of Guelma (North-East of Algeria)]

Boubaker Khallef, Khaled Brahamia, Abdel Razek Oularbi

Laboratoire de recherche Ressources Naturelles et Aménagement, Département d'aménagement des territoires, Faculté des sciences de la terre, Université de Badji Mokhtar, Annaba, Algeria

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In recent years, areas of vegetation and farmland in peripheral areas of the city of Guelma have declined in relation to urban sprawl and gradual subdivision of soils for construction purposes. In this context, it is necessary today to map these areas that play an important role in urban development and environmental quality. The objective of this study is the application of remote sensing indices to map the built-up lands and bare soil in the city of Guelma from the satellite image of the Landsat 8 program of 23 July 2018. The present study is based on bare soil and urban land indexes such as: NDBI, EBBI, UI and NDBal. The result obtained shows that the NDBI index presents an acceptable result for mapping urban land and bare soil. This method can be used to monitor land use in the city of Guelma.

KEYWORDS: Remote sensing, GIS, urban, bare soil, Guelma, Algeria.

RÉSUMÉ: Ces dernières années, les zones de végétation et les terres agricoles dans les périphériques de la ville de Guelma ont connu une régression par rapport à l'étalement urbain et le lotissement progressif des sols pour des fins de construction. Dans ce contexte, il est nécessaire aujourd'hui de cartographier ces zones qui jouent un rôle important dans le développement urbain et la qualité environnementale. L'objectif de cette étude est l'application des indices de télédétection pour cartographier les terrains bâtis et les sols nus dans la ville de Guelma à partir de l'image satellitaire du programme de Landsat 8 du 23 juillet 2018. La présente étude est appuyée sur les indices des sols nus et des terrains urbains tel que : NDBI, EBBI, UI et NDBal. Le résultat obtenu montre que l'indice NDBI présente un résultat acceptable pour cartographier les terrains urbains et les sols nus. Cette méthode peut servir de surveiller l'utilisation des sols dans la ville de Guelma.

MOTS-CLEFS: Télédétection, SIG, urbain, sols nus, Guelma.

1 INTRODUCTION

L'un des principaux problèmes de la cartographie des zones urbaines est l'évaluation du changement d'utilisation des sols, de non urbain à urbain. Les changements d'affectation des sols sont généralement dus à l'urbanisation élevée et aux taux de développement urbain [1]. Ces conditions entraînent une régression de la surface agricole et forestière, des modifications de la micro-température [2], pollution de l'air [3], et une réduction de la qualité de l'eau [4]. Cependant, ce développement urbain peut introduire des sols nus au sein des zones urbaines. A cet effet, il est important de cartographier les terrains bâtis et les sols nus car ces terres peuvent être utilisées comme indicateur à l'évaluation du développement urbain et sa qualité environnementale [5]. La ville de Guelma c'est un exemple illustratif, où la forte croissance démographique se traduit par une

pression sur les terres forestières et agricole. Les transformations dans l'occupation du sol sur l'ensemble du territoire de la ville sont multiples et variées, les besoins en logement ont exacerbé les besoins en terrains urbanisables. La présente ville est incluse totalement dans une région agricole par excellence où il est devenu tout urgent de déterminer les terrains bâtis et nus. La cartographie de l'occupation des sols est généralement basée sur la méthode de classification multispectrale mais il existe aussi d'autres méthodes qui utilisent également l'application des indices de télédétection [2]. Plusieurs chercheurs ont développé des indices de télédétection tels que: l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), l'indice différentiel de végétation (DVI), l'indice de stress hydrique (NDWI) ainsi des indices prenant en compte l'influence des sols comme l'indice perpendiculaire de végétation (PVI), l'indice de végétation ajusté pour le sol (SAVI). Dans le cas de la ville de Guelma, la cartographie des terrains bâtis et des sols nus est s'appuyée sur les indices de télédétection suivantes : l'indice de différence normalisée de bâtis (NDBI) [6], l'indice urbain (UI) [7], l'indice de nudité par différence normalisée (NDBaI) [8], et indice de développement et de nudité (EBBI) [1] en utilisant une image du programme LandSat 8 OLI/TIRS.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODE

2.1 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La ville de Guelma est prolongée dans la vallée d'Oued Seybouse au cœur d'une grande région agricole à 290 m d'altitude, elle se situe au Nord-est de l'Algérie délimité par les coordonnées géographiques suivantes : l'attitude : entre 36°28'12.12"N et 36°26'9.36"N, Longitude : entre 7°28'10.72"E et 7°23'46.44"E. Entourés de montagnes de Mahouna, Debagh et Houara, Guelma est limité au Nord par Oued Seybouse , à l'Est par Oued El Maiz et la Commune de Belkebir , au Sud par les monts de Mahouna et à l'Ouest par la plaine de Ben Tabouche (Fig.1). Le climat est de type méditerranéen subhumide avec une période pluvieuse d'octobre à avril et une période sèche de mai à septembre, dont les quantités de précipitations varient entre 450 et 600 mm/an. La température moyenne annuelle est de l'ordre de 18°C. Les mois les plus chauds sont juillet et août où la température moyenne oscille autour de 24°C. Les mois les plus froids sont décembre et janvier avec des températures moyennes de l'ordre de 12,1°C. Elle s'étale sur une superficie de 15 Km² pour un nombre de population de 137971 habitants en 2018 soit une densité qui atteint 9198 hab / Km². C'est une ville de transition dans la région du Nord-est de l'Algérie, elle est reliée les Wilayas de littoral (El Taref, Annaba et Skikda) et les Wilaya de la région intérieur (Constantine, Souk ahras et Oum El Bouaghi).

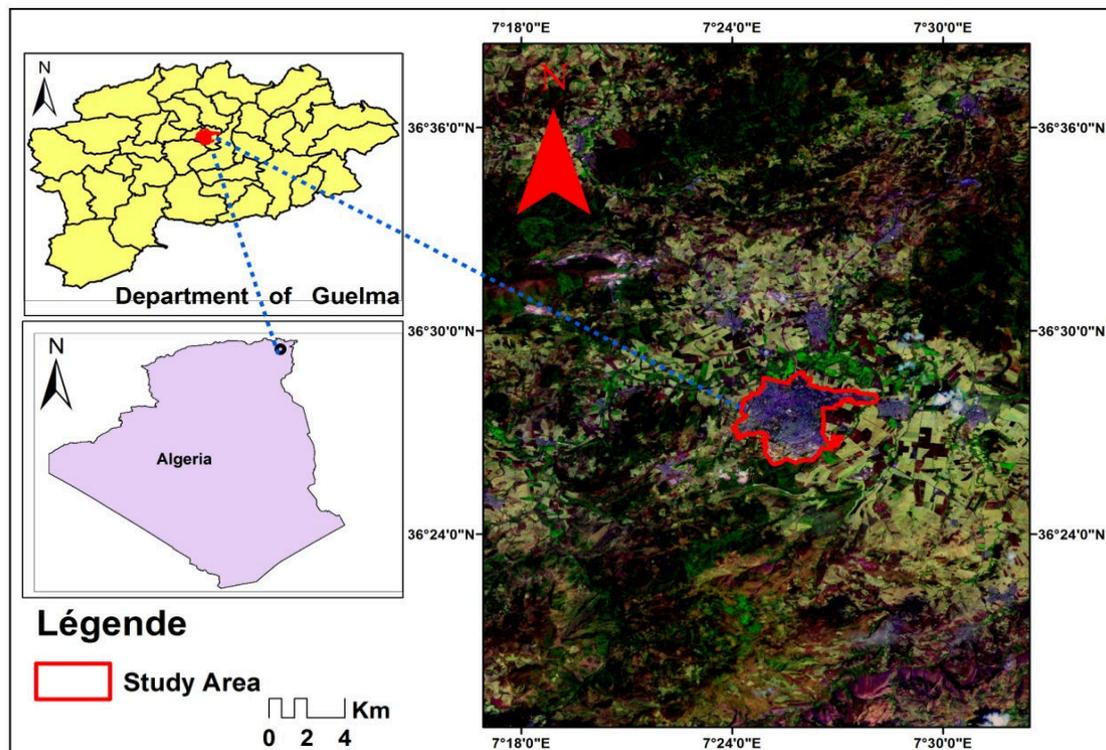


Fig. 1. Localisation de la ville de Guelma

2.2 OUTILS ET DONNÉES

Il s'avère nécessaire dans pareille étude comme le cas de la ville de Guelma de pouvoir cartographier les terrains bâtis et le sol nu de recourir aux indices de télédétection. Cette étude s'appuie sur le traitement et l'analyse d'une image du programme de Landsat acquise le 23 Juillet 2018 à l'aide des logiciels: ENVI 5.3 ArcGIS10.3 ainsi l'exploitation du support Google Earth pour la vérification. L'image satellitaire socle du présent travail, est acquise en saison sèche, période de différenciation maximale des éléments d'occupation du sol. Téléchargeable gratuitement à partir du [www. Earth Explorer](http://www.earthexplorer.com) ses principales caractéristiques sont résumées dans le tableau 1. Les bandes de l'infrarouge thermique sont rééchantillonnées à une résolution de 30 mètres pour une bonne combinaison avec les autres bandes utilisées ainsi pour éviter toute affectation des données raster pendant les opérations des calculs. La résolution du travail est donc 30 m, et le système de projection appliqué à toutes nos données est Transverse universelle de Mercator zone 32 nord.

Tableau 1. Bandes spectrales de Landsat 8 OLI / TIRS

Capteur	Date d'acquisition	Bandes	Domaine du spectre électromagnétique	Bandes spectrales	Résolution spatiale (m)	Application
Landsat 8	23/07/2018	1	Côtière/ aérosol	0.433–0.453	30	Eau peu profonde - poussière
		2	bleu visible	0.450–0.515	30	différenciation de la végétation des sols
		3	vert visible	0.525–0.600	30	Évaluation de la vigueur de la végétation
		4	rouge visible	0.630–0.680	30	Absorption de la chlorophylle
		5	Proche infrarouge	0.845–0.885	30	biomasse et Plan d'eau
		6	Courte infrarouge	1.560–1.660	30	humidité : Végétation et Sol
		7	Courte infrarouge	2.100–2.300	30	humidité : Végétation et Sol
		8	Panchromatique	0.500–0.680	15	Interprétation visuelle
		9	Cirrus	1.360–1.390	30	Nuages
		10	Infrarouge thermique	10.6–11.2	100	Température de la surface
		11	Infrarouge thermique	11.5–12.5	100	Température de la surface

2.3 MODÈLES DES INDICES DE TÉLÉDÉTECTION APPLIQUÉS

2.3.1 L'INDICE DE DIFFÉRENCE NORMALISÉE DE BÂTIS (NDBI)

Le présent indice a été formulé par [6] selon la formule suivante ; pour LandSat 8 OLI/TIRS $(b_6 - b_5) / (b_6 + b_5)$.

2.3.2 L'INDICE DE DÉVELOPPEMENT ET DE NUDITÉ (EBBI)

L'EBBI est un indice de télédétection qui applique des longueurs d'onde des NIR, SWIR et TIR) aux images Landsat. Ces longueurs d'onde ont été sélectionnées sur la base de la plage de réflexion du contraste et de l'absorption dans les zones de terrains construits et nus. L'EBBI est calculé par l'équation suivante [1] ; pour LandSat 8 OLI/TIRS $EBBI = (b_6 - b_5) / \sqrt{b_6 + b_5}$.

2.3.3 L'INDICE DE NUDITÉ PAR DIFFÉRENCE NORMALISÉE (NDBAI)

Cet indice a été développé par [9]. Il est basé sur la différence entre la réflexion de la radiation infrarouge thermique (TIR) et l'absorption du moyen infrarouge (MIR). Il est spécialement pour distinguer le sol nu de la végétation et des terrains urbanisés, il est exprimé par l'équation suivante ; pour LandSat 8 OLI/TIRS $(b_6 - b_{10}) / (b_6 + b_{10})$.

2.3.4 L'INDICE URBAIN (UI)

C'est une transformation qui utilise les bandes courtes infrarouges (SWIR) et la bande du proche infrarouge pour réaliser des cartes de la densité de construction, il est calculé par la formule qui suit [10] ; pour LandSat 8 OLI /TIRS $UI = (b_7 - b_5) / (b_7 + b_5)$.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le calcul du Raster a été effectué à l'aide de l'algorithme calculatrice Raster du logiciel ArcGIS afin d'appliquer des formules mathématiques pour calculer les indices mentionnés ci-dessus. Ce calcul a montré que les valeurs moyennes et élevées pour chaque indice calculé correspondent aux terrains bâtis et aux sols nus respectivement. Cependant la visualisation et la comparaison de chaque indice à l'image OLI 8 en fausse couleur avec la combinaison des bades spectrales 6,5 et 2 montre que les deux indice NDBI et UI ont les meilleurs résultats d'extraction des terrains bâtis et des sols nus par rapport aux autres indices (Fig. 2).

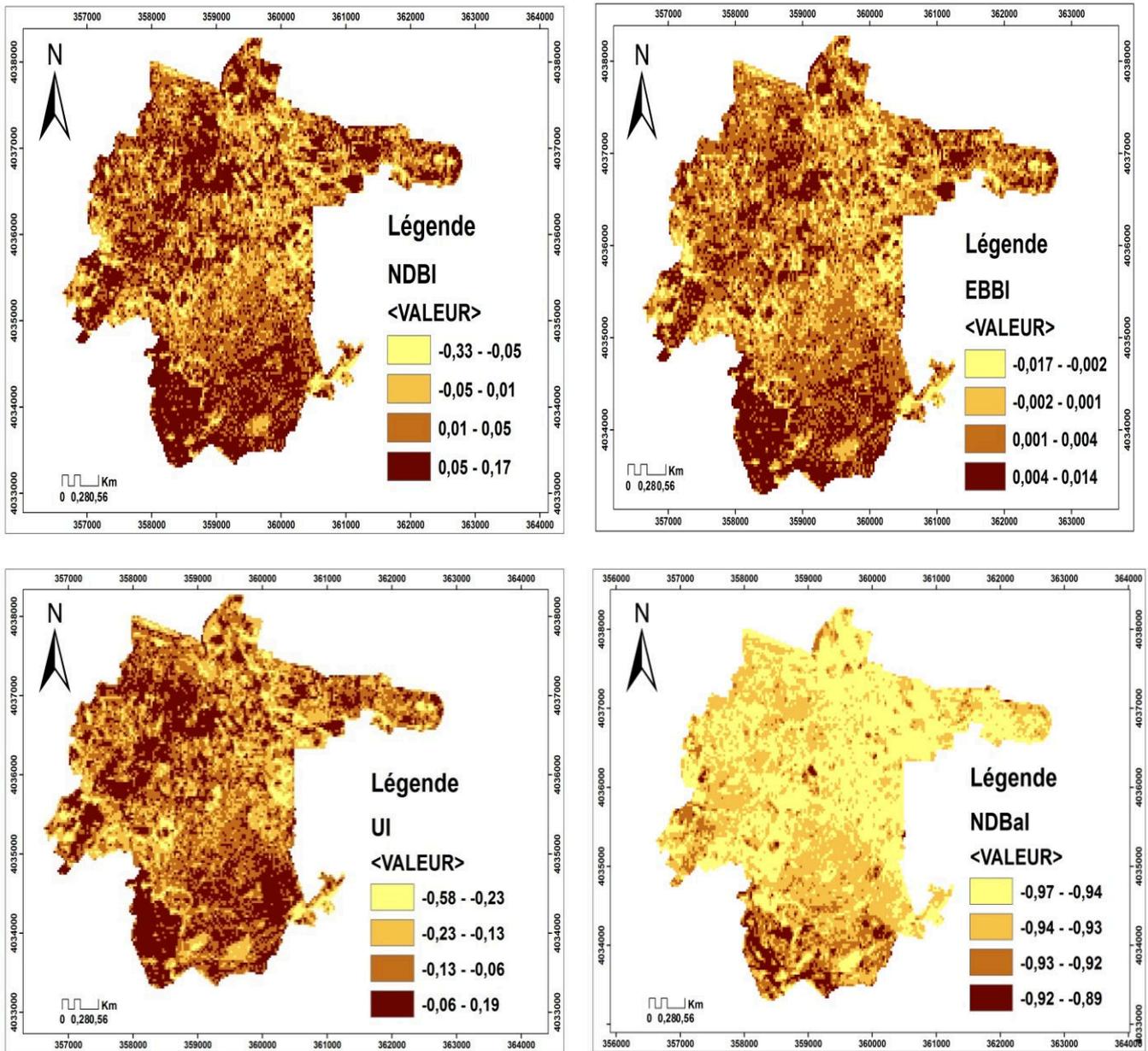


Fig. 2. Résultats du calcul des 4 indices (NDBI, EBBI, NDBal et UI) ville de Guelma

L'indice de différence normalisée de bâtis (NDBI), l'indice urbain (UI) et l'indice de développement et de nudité (EBBI) montrent des valeurs supérieures de zéro pour les terrains bâtis et les sols nus, alors que toutes les valeurs de l'indice de nudité par différence normalisée (NDBal) sont négatives (inférieur de zéro). Le résultat obtenu a permis de réaliser une corrélation

entre les quatre indices, le choix de classement des indices est effectué selon les résultats illustrés par la figure 2. Le tableau ci-dessous résume l'analyse de cette corrélation.

Tableau 2. Corrélation entre les quatre indices utilisés

Indices	NDBI	EBBI	NDBaI	UI
NDBI	1	0,98	0,65	0,99
EBBI	0,98	1	0,73	0,98
NDBaI	0,65	0,73	1	0,67
UI	0,99	0,98	0,67	1

Sur la base du tableau 2, l'indice de différence normalisée de bâtis (NDBI) et l'indice urbain (UI) sont fortement corrélés $R^2=0.99$, ils appartiennent à la même famille (terrains bâtis). Ces deux indices utilisent le même proche infrarouge (NIR) et le court infrarouge (SWIR 1 pour le NDBI et SWIR2 pour UI). Le deuxième résultat obtenu est aussi la forte corrélation de l'indice de développement et de nudité (EBBI) avec le NDBI et UI dont le $R^2=0.98$. C'est un indice qui applique aussi le proche infrarouge (NIR) et le court infrarouge (SWIR). Les valeurs de corrélation des indices montrent une bonne précision de l'indice NDBI. La superposition de l'indice NDBI et de l'image OLI 8 en fausse couleur (Fig.3) a permis de classer de l'indice NDBI en trois classes : Végétation, sols nus et Urbain.

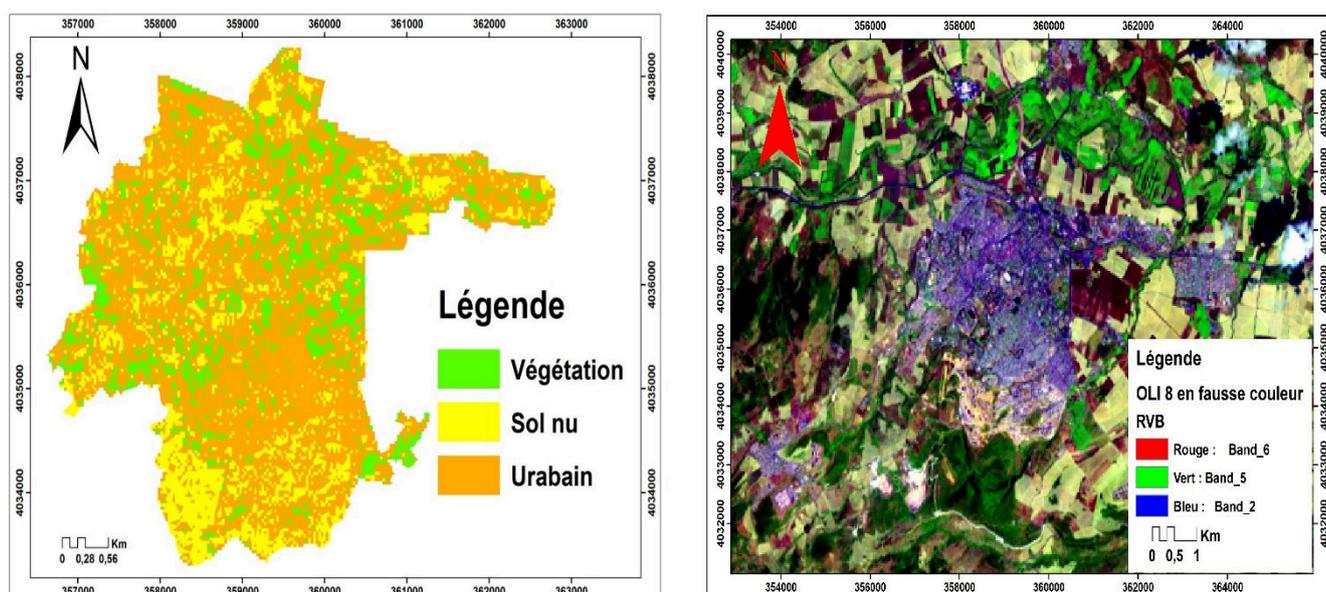


Fig. 3. Classification de l'indice NDBI à partir de la combinaison des bandes spectrales 6,5 et 3 de l'image Oli 8

L'opération de la classification de l'indice NDBI nous a permis de quantifier les unités d'occupation du sol de la ville de Guelma (Tableau 3).

Tableau 3. Quantification des unités d'occupation du sol de la ville de Guelma

Classes	Superficie en (Km ²)	%
Végétation	2	13,33
Sol nu	3	20,00
Urbain	10	66,67
Total	15	100

D'après le tableau 4, la végétation ne représente que de 2 Km² soit 13,33 % de la superficie totale de la ville. Cette superficie en réalité est répartie en espaces verts, champs des cultures fruitières et des reboisements. L'urbain qui domine avec 10 Km²

du total de la superficie représente généralement les grands quartiers de la ville (Oued el Maiz, Jouroudan, Bourouah, 19 juin, boulevard,), les établissements publics (hôpitaux, centre de soin, écoles, lycées, instituts, universités) et les administrations (siège de la Commune, siège de la Daïra, siège de la Wilaya, 84 bureaux qui rassemble certaines directions et la rue administration au sud de la ville). Les 3 km² de la classe du sol nu se localisent principalement dans la partie sud de la ville au niveau de Djbel Halouf où se trouvent actuellement les grands travaux de construction au détriment de la végétation (création une nouvelle ville).

4 CONCLUSION

Pour la présente étude, l'application des indices de télédétection a partir de l'image du programme Landsat 8 OLI/TIRS a pour objet de cartographier les terres bâties et les sols nus dans la ville de Guelma. Le résultat obtenu montre que l'indice NDBI a fait sortir un résultat acceptable pour cartographier les zones bâties et les sols nus. La corrélation entre les indices appliqués dans la ville de Guelma montre que l'indice NDBI est fortement corrélé avec l'indice UI et l'indice EBBI montre aussi une bonne corrélation avec NDBI et UI. La comparaison des indices avec la combinaison des bandes spectrales de l'image Oli 8 (6,5 et 2) a montré l'efficacité de l'indice NDBI pour la discrimination entre les zones bâties, la végétation et les sols nus. Cette comparaison a permis de classer l'indice NDBI et sortir les unités d'occupation du sol de la ville de Guelma.

REFERENCES

- [1] As-Syakur .A.R, I Wayan Sandi Adnyana, I Wayan Arthana I Wayan Nuarsa, "Enhanced Built-Up and Bareness Index (EBBI) for Mapping Built-Up and Bare Land in an Urban Area". *Remote Sens.* 4, 2957-2970, 2012; doi: 10.3390/rs4102957.
- [2] Xu .H, "A new index for delineating built-up land features in satellite imagery". *Int. J. Remote Sens.* 29, 4269–4276, 2008.
- [3] Melesse. A.M, Weng. Q, Thenkabail. P.S, Senay .G.B, "Remote sensing sensors and applications in environmental resources mapping and modeling". *Sensors*, 7, 3209–3241, 2007.
- [4] As-Syakur.An .R, Osawa. T, Adnyana. I.W.S, "Medium spatial resolution satellite imagery to estimate gross primary production in an urban area". *Remote Sens.* 2, 1496-1507, 2010.
- [5] Weng. Q, *Remote Sensing of Impervious Surfaces: An Overview*. In *Remote Sensing of Impervious Surfaces*; Weng, Q., Ed.; CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2008.
- [6] Zha .Y, Gao. J, Ni .S, "Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery". *Int. J. Remote Sens.*, 24, 583–594, 2003.
- [7] Khomarudin, M.R: *Tsunami risk and vulnerability: remote sensing and GIS approach for surface roughness determination, settlement mapping and population distribution modeling*. Dissertation der Fakultät für Geowissenschaften, der Ludwig-Maximilians-Universität München. – 2010.
- [8] Fajar. Y, Boedi. T, Syaiful. A, " Detection Settlements and Population Distribution Using GIS and Remotely Sensed Data, In the Surrounding Area of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia ". *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, – volume 4 – issue 3 – pp 1–10, 2014.
- [9] Zhao. H.M, Chen. X.L, "Use of Normalized Difference Bareness Index in Quickly Mapping Bare Areas from TM/ETM+". *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, – Seoul, – Korea, – Volume 3, – 25– 29 July – pp. 1666–1668, 2005.
- [10] Widyasamratri. H, "Utilization of Urban Index and Vegetation Index Transformation on ASTER Image Satellite for Analysis Urban Environment Condition (Case: Semarang Municipality)". In *Proceedings of 10th N-AERUS Conference 2009*, Rotterdam, the Netherland, 1–3 October 2009.