

APPORT DE LA TELEDETECTION POUR LA CARTOGRAPHIE DIACHRONIQUE DE L'ETALEMENT URBAIN ET L'ANALYSE MORPHOLOGIQUE DE L'AGGLOMERATION DE GUELMA

CONTRIBUTION OF REMOTE SENSING FOR DIACHRONIC MAPPING OF URBAN SPRAWL AND THE MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF THE AGGLOMERATION OF GUELMA

I. GUECHI⁽¹⁾, D. ALKAMA⁽²⁾

(1)Département d'architecture, Université Arbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghie.

(2)Département d'architecture, Université 08 mai 1945, Guelma.

dj.alkama@gmail.com, guechi.imen@gmail.com

RESUME

L'étalement urbain constitue, depuis une trentaine d'années, un processus majeur dans les pays en voie de développement. Il devient la thématique de l'intérêt de plusieurs disciplines, dont l'objectif initial est la cartographie, l'évaluation et le suivi spatio-temporel des villes. La présente étude axe son propos sur les atouts opérationnels offerts par la télédétection dans l'observation des dynamiques spatio-temporel de l'étalement urbain du groupement intercommunal de Guelma durant la période 1987-2015. Nous avons utilisé quatre images satellitaires de type Landsat (TM ; ETM+) de 1987 ; 2000 ; 2009 et 2015. L'interprétation des images s'appuie également sur les résultats de la classification supervisée pour cartographier la croissance de l'agglomération de Guelma, et évaluer l'emprise et l'évolution de l'espace bâti, afin de déterminer la forme de la tache urbaine et de décrire cette dernière à travers une analyse morphologique des formes. Les résultats indiquent que le groupement intercommunal de Guelma a connu un étalement urbain remarquable entre 1987 et 2015, soit une augmentation de 1516,56 ha contre une régression de la surface des terres agricoles et des forêts. Cet étalement se traduit par une conurbation entre Guelma et Bel khair. L'analyse morphologique confirme que la forme urbaine de la commune de Guelma et El Fdjouj présente une forme allongée moins compacte, tandis que la forme urbaine de Ben Djarah et Bel Khair c'est une forme compacte et non allongée.

MOTS-CLES: Etalement urbain – télédétection – Landsat (TM ; ETM+) - tache urbaine, Guelma,

ABSTRACT

Since three decades, the urban sprawl is considered as major phenomenon in the third world countries. To achieve the aim of the cartography, also the control, and the evaluation of the development of cities belong a space-time axis, the urban sprawl has been a center of interest of several studies of many fields. This study attempts to observe the dynamic of the urban sprawl of the inter-commune group of Guelma city through the period of (1987-2015). Also we have used for Landsat (TM; ETM+) satellite imagery of the following years: 1987; 2000; 2009 and 2015. Afterward by the using of a morphologic analysis, in order to determine the urban area, and to describe it, the interpretation of the above satellite imagery has been focused on the results of the supervised classification to evaluate the evolution of the buildings space, and to cartography the models of growth of the agglomeration of Guelma city. The results obtained indicate that the inter-commune group of Guelma city has known a relevance urban sprawl during the period of (1987-2015). Therefore the surface of the buildings space has been increased; on the other hand, the farm areas are in a regression. Furthermore the urban sprawl is the main factor of the conurbation between Guelma, and Bel Khair. Moreover, the morphologic analysis has demonstrated that the urban forms of Guelmacity, and El Fdjouj city are extended and less compacts, while the urban forms of Ben Djarah and Bel Khair are compacts.

KEY WORDS: Urban sprawl- satellite data- Landsat (TM; ETM+) – urban area – Guelma

1 INTRODUCTION

Avant l'avènement de la télédétection, le suivi de la croissance urbaine était basé sur des techniques classiques qui s'appuyaient sur des observations effectuées sur le terrain et l'usage de photographies aériennes qui permettaient de produire une cartographie précise de l'étalement urbain. Cependant, elles présentent un certain nombre de contraintes [Jat et al. 2007] tel que : le coût élevé ; la consommation du temps ; elles ne sont généralement pas mises à jour régulièrement et ne sont pas disponibles partout. Ceci explique l'intérêt croissant suscité par la cartographie et le suivi de la croissance urbaine et plus précisément de l'étalement urbain à partir de l'utilisation d'images satellitaires et de Systèmes d'Information Géographiques (SIG) [Epstein et al., 2002].

L'étalement urbain constitue, depuis une trentaine d'années, un processus majeur dans les pays en voie de développement, il devient la thématique de l'intérêt de plusieurs disciplines, dont l'objectif initial est l'évaluation de ce phénomène et le suivi spatio-temporel des villes. Donc comment détecter, mesurer et analyser les effets d'un étalement urbain ? Comment décrire les formes urbaines observées et quelles sont leurs caractéristiques ? La majorité des recherches sur l'étalement urbain prend la télédétection comme une réponse à toutes les questions de l'évaluation de ce phénomène, car celle-ci fournit en continu des images satellitaires qui permettent de caractériser les territoires et leur évolution. Le caractère multi-date des images satellites permet de mettre en évidence les changements et d'analyser les dynamiques urbaines et péri-urbaines [Ding et al. 2007 ; Hu et Lo, 2007 ; Chi et al. 2007 ; Masek et al. 2000].

Actuellement, la procédure la plus efficace pour mesurer le degré de changement de la forme urbaine c'est la télédétection urbaine qui consiste à montrer que l'on peut observer des villes par satellite. De plus en plus, on se rend compte que la télédétection ne doit pas être utilisée comme une seule source d'information, mais doit impérativement être associée à d'autres sources, dans une approche d'analyse intégrée [Rimbert, S, 1993]. C'est pourquoi, dans ce travail, nous proposons d'étudier le changement récent de l'étalement urbain dans l'agglomération de Guelma et décrire sa forme urbaine à partir de l'analyse diachronique des images (Landsat TM pour les dates 1987 et 2009 et des images Landsat ETM+ datées de 2000 et 2015) et l'analyse multivariée avec ACP.

2 L'ASSIETTE DU CONTEXTE D'ETUDE

La wilaya de Guelma se situe au Nord-Est de l'Algérie. Elle est limitrophe aux Wilayas suivantes: Au Nord la wilaya d'Annaba ; au Nord-Est, la wilaya d' El Taref ; à l'Est, la wilaya de Souk Ahras ; au Sud, la wilaya d'Oum El Bouaghi ; à l'Ouest, la wilaya de Constantine ; au Nord-Ouest, la wilaya de Skikda. Les coordonnées géographiques (Latitude, Longitude) de la wilaya de Guelma sont : 36°27'43" Nord et : 7°25'33" Est. La figure N° 01 présente la situation géographique de la wilaya de Guelma.

A l'instar de toutes les villes moyennes de l'Algérie, Guelma semble être affectée par une croissance urbaine rapide et massive, qui a fortement bousculé l'espace, générant des transformations spatiales profondes.

2.1 LOCALISATION DU CAS D'ÉTUDE

Dans cette recherche on va travailler sur un groupement intercommunal de la wilaya de Guelma. Il s'agit d'un groupement de quatre communes. La position de Guelma au centre, place ces communes dans son champ d'attraction. Elle subit le poids des communes de la wilaya en général et les communes limitrophes en particulier et devient par voie de conséquence leur pôle d'attraction. (Figure N°02).

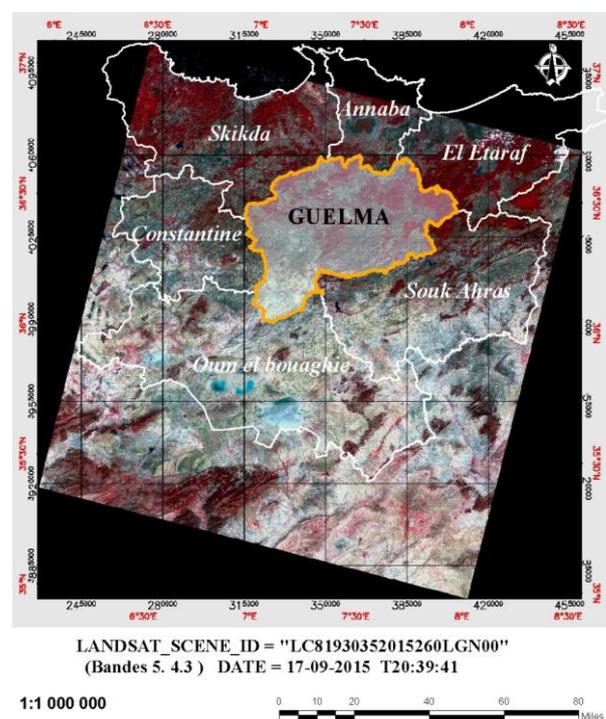


Figure 01: Localisation de la wilaya de Guelma sur la scène Landsat ETM+ 2015. Source : auteur 2016

Guelma exerce une influence digne d'un chef-lieu de wilaya d'une ville millénaire. C'est donc son passé (Ville Millénaire), sa situation géographique et son poids démographique qui lui servent de pôle de convergence de toute une région. Les communes de Belkhair, El Fdjouj et Bendjarah, de par leur proximité du grand centre urbain, n'ont pas connu la croissance souhaitée conséquence due au seul fait de la contrainte du périmètre irrigué seule possibilité d'extension aux environs de Belkhair et à un degré moindre pour El Fdjouj. [Révision du PDAU 2013].

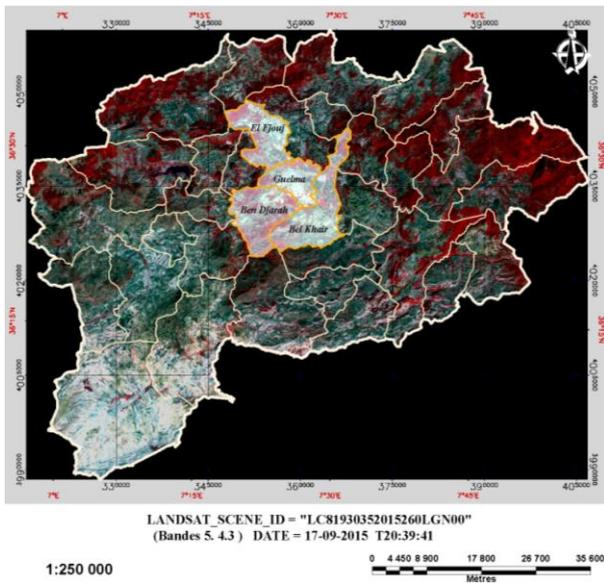


Figure 02: Le groupement intercommunal de Guelma. Source : auteur 2016

3 METHODOLOGIE

L'objectif de ce travail c'est de vérifier l'hypothèse de l'étalement urbain dans le groupement intercommunale de Guelma, afin de décrire la forme de la tache urbaine de l'agglomération. Donc la méthode qui va être présentée a été utilisée sur la base d'un traitement des images satellitaires multi-dates dans l'objectif d'étudier l'évolution ; la direction et la forme de l'espace bâti du groupement à travers le temps. Elle relève essentiellement de l'analyse visuelle des images en composition colorée à travers une approche analytique ainsi que la classification supervisée et l'analyse en composantes principales (ACP) sur la base d'une approche statistique. Sur la figure N° 03, nous montrons un diagramme qui résume la séquence des traitements que nous avons effectués sur les images satellitaires.

Notre recherche est basée sur 04 images satellitaires de type Landsat (TM ; ETM+), formant 04 scènes d'étude : de 1987 ; 2000 ; 2009 et de 2015. L'interprétation des images s'appuie également sur les résultats de la classification supervisée pour cartographier la croissance de l'agglomération de Guelma et évaluer l'emprise et l'évolution de l'espace bâti, afin de déterminer la forme de la tache urbaine de l'agglomération. Sur la base de la matrice de confusion, on va quantifier nos résultats pour faire l'analyse statistique.

Le choix de type de satellite dépend de plusieurs critères tel que la dimension spatiale, la résolution spatiale..... etc.

Les capteurs de satellites dits à moyenne ou à haute résolution spatiale tels que Landsat TM et Landsat ETM+ qui ont une résolution décimétrique adaptée aux espaces périurbains où les parcelles sont plus vastes et les constructions sont moins enchevêtrées qu'en ville. Cependant, cette résolution est peu adaptée aux exigences d'une analyse détaillée des villes. [Aguejddad, R,

2011]. C'est ce qui nous a poussés à acquérir des images TM et ETM+ de Landsat pour notre recherche.

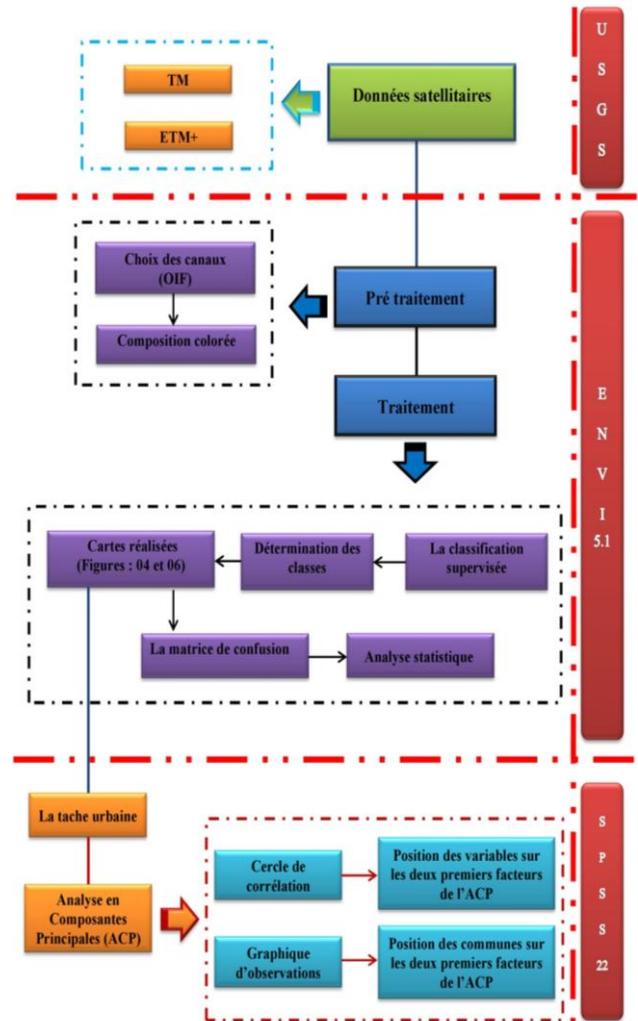


Figure 03: Séquences des traitements effectués sur les images satellitaires. Source : auteur 2016

4 PRINCIPAUX RESULTATS

4.1 Les cartes d'occupation du sol

Après avoir extrait le groupement intercommunal de Guelma sur les images de 1987 ; 2000 ; 2009 et de 2015, quatre cartes ont été réalisées par classification supervisée pour évaluer l'étalement urbain aux quatre dates à l'échelle de l'agglomération urbaine.

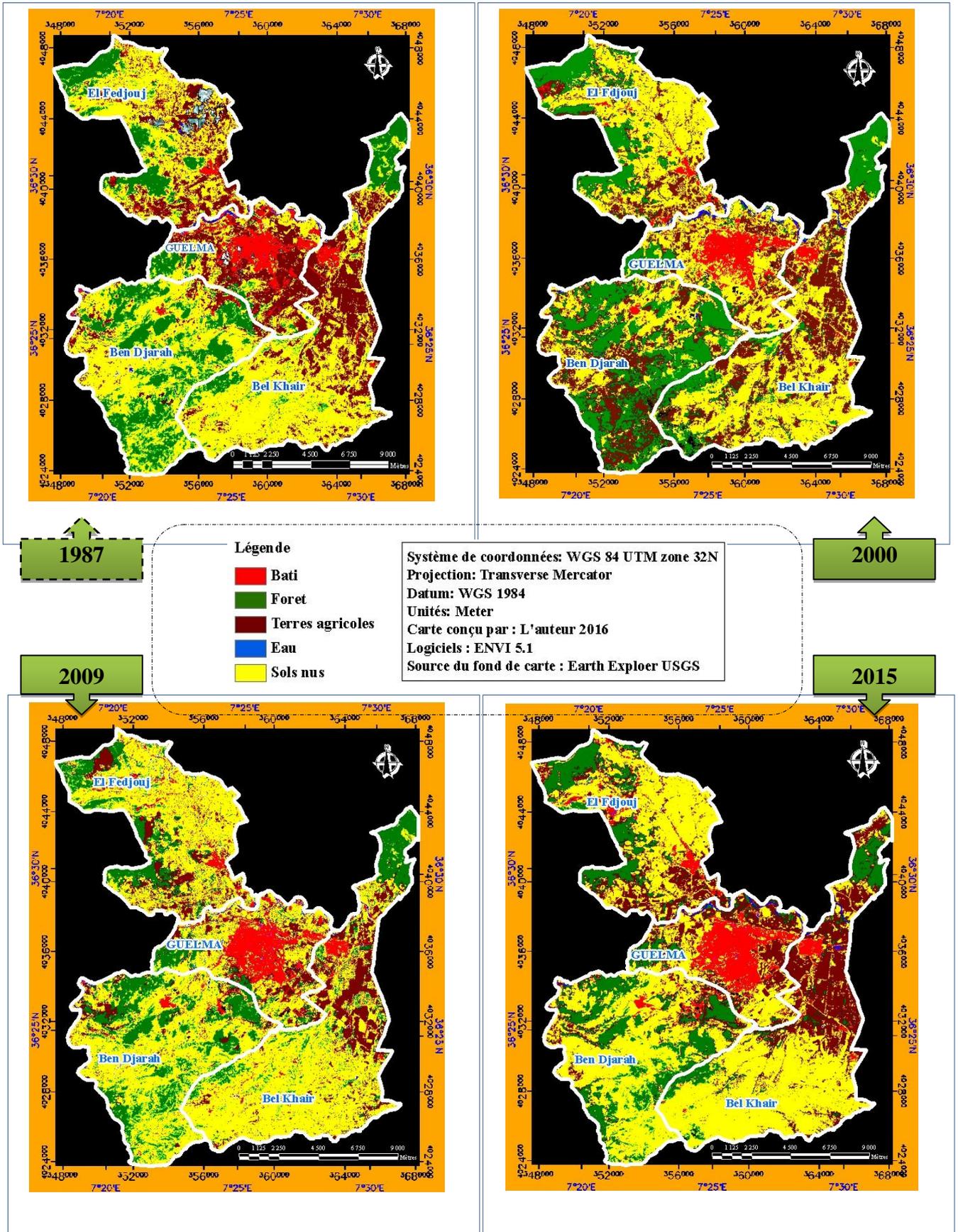


Figure 04: L'étalement urbain dans le groupement intercommunal de Guelma

Source : auteur 2016

Sur la carte de la classification supervisée de l'année 1987 (Figure N° 04), nous constatons que la majorité de l'espace bâti est concentré dans le centre de la commune de Guelma entouré par des terres agricoles, en suite une petite concentration à l'extrémité de la commune de Bel Khair dans les limites avec la commune de Guelma. Pour Bel Khair, les terres agricoles présentent une surface très importante. Tandis que pour les deux autres communes : Ben Djarah qui se caractérise par des terrains montagneux et El Fdjouj qui présente une surface assez importante de terres agricoles, présentent une petite concentration de l'espace bâti.

Sur la carte de la classification de l'années 2000, l'espace bâti de la commune de Guelma est étalé sur les terres agricoles vers le Sud et l'Est de la commune alors que le bâti de la commune de Bel Khair s'étale vers l'Ouest, cela nous indique la future conurbation entre Guelma et Bel khair. Pour la commune d'El Fdjouj l'apparition de l'espace bâti est visible dans la direction Nord-Ouest. La commune de Ben Djarah présente aussi une concentration visible de l'espace bâti dans la partie Nord de la commune.

Concernant la carte de la classification de l'année 2009, la direction de l'étalement urbain de la commune de Guelma est vers le sud sur les terres agricoles, tandis que l'espace bâti de la partie Est atteint les limites de Guelma avec la commune de Bel Khair qui nous donne une conurbation entre les deux communes. Pour les deux autres communes: Ben Djarah et El Fdjouj on ne trouve pas vraiment un grand changement entre l'année 2000 et 2009.

Enfin et d'après la carte de la classification de l'année 2015, il y a un étalement urbain remarquable dans la direction Sud, où l'extension du bâti se fait sur l'espace forêt, donc presque la moitié de la surface de la commune de Guelma est occupée par l'espace bâti. Pour les autres communes telles que Bel Khair ; Ben Djarah et El Fdjouj il n'y a pas une grande différence entre l'année 2009 et 2015.

4.2 Evolution de l'occupation du sol

La représentation graphique ci-dessous montre clairement l'évolution de la surface bâtie entre les années 1987 et 2015, soit une augmentation de 1519.8708 Km² entre les deux dates contre une régression de la surface des terres agricoles et des forêts.



Figure 05: La représentation graphique de l'évolution de la tache urbaine du groupement intercommunale de Guelma entre 1987 et 2015. Source : auteur 2016

La superposition des quatre taches urbaines fournit une carte qui permet de localiser simultanément le bâti en 1987 ; 2000 ; 2009 et en 2015, ce qui facilite la comparaison visuelle et le repérage des endroits où il y a eu changement d'occupation du sol en terme d'urbanisation. Dans notre cas, ce changement est synonyme d'augmentation du bâti et d'étalement urbain. (Figure N°06).

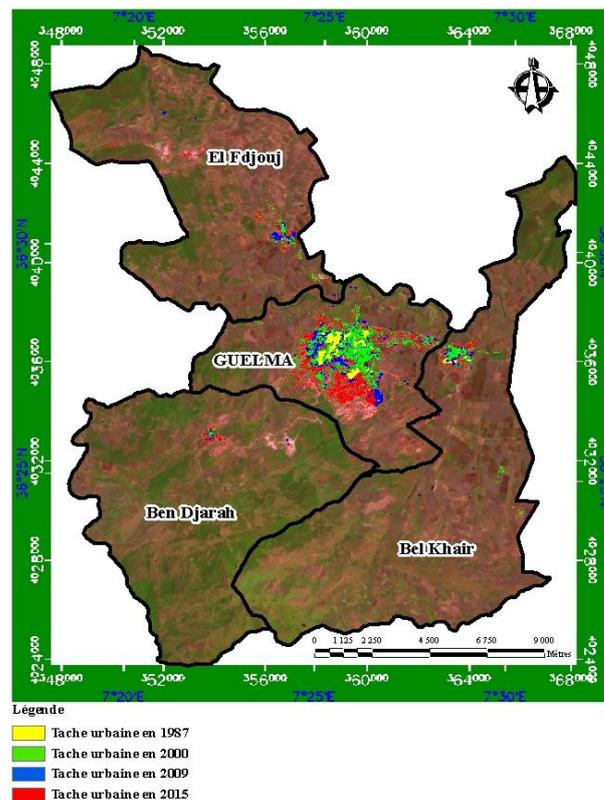


Figure 06: l'évolution de la tache urbaine du groupement intercommunal de Guelma entre 1987 et 2015.

Source: auteur 2016

4.3 La mesure de la tache urbaine

pour mesurer la tache urbaine de l'agglomération de Guelma, plusieurs indices de formes ont été mis en place, en se basant sur les différents rapports géométriques entre les valeurs élémentaires suivantes : le périmètre, la superficie et la distance des axes de digitation. Les formes de la tache urbaine étudiée seront confrontées à six figures géométriques simples selon une échelle de référence théorique. Le tableau N° 01 illustre les différentes valeurs des indices retenus attribuées pour chaque figure élémentaire [Dechaicha A., 2013. Guerois M., 2003], ainsi que les formes de la tache urbaine du groupement intercommunal de Guelma pour faire la comparaison.

Tableau 01: Valeurs des indices de formes attribuées

Source: auteur 2016

Figures théoriques	Description	Valeurs obtenu sur chaque indice					
		I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I ₆
	Cercle	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Forme circulaire, contour très indenté	0,54	0,79	0,78	0,79	0,80	1,00
	Forme circulaire, très digitée	0,09	1,00	-	1,00	0,45	1,00
	Forme circulaire, digitée	0,15	1,00	-	1,00	0,24	1,00
	Forme linéaire sinueuse	0,10	0,15	0,21	0,15	0,10	0,10
	Forme linéaire droite	0,00	0,00	-	-	-	1,00
	Forme urbaine de Guelma	0,30	0,61	0,58	0,44	0,34	0,18
	Forme urbaine de Bel Khair	0,54	0,60	0,57	0,51	0,46	0,47
	Forme urbaine de Ben Djarah	0,41	0,73	0,46	0,43	0,44	0,65
	Forme urbaine d'El Fjouj	0,22	0,36	0,35	0,27	0,21	0,42

Chaque indice peut donc être caractérisé par une « signature », composée par la position des différentes figures sur leur propre échelle de référence. (Voir figure N° 07).

La première constatation tirée de cette comparaison c'est que la forme de la tache urbaine d'El Fdjouj s'arrange dans la zone étalée (moins de 0,50), ainsi elle s'ajuste presque avec la figure sinueuse allongée. Par contre la forme de la tache urbaine de Bel Khair se positionne presque dans la zone compacte (supérieure à la valeur 0,50), sauf les deux valeurs des indices I5 et I6, cette forme se rapproche de celle de la figure circulaire très indentée. Pour la forme de la tache urbaine de Guelma et Ben Djarah, elles sont situées en majorité dans la zone étalée.

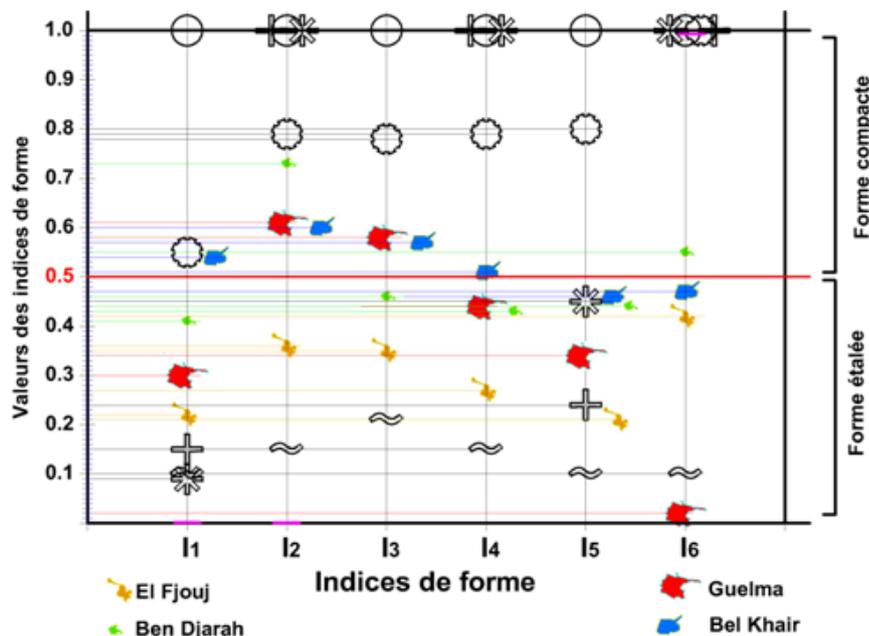


Figure 07 : Position des figures du groupement urbain de Guelma en comparaison avec les positions des figures élémentaires sur chaque indice

4.4 Résultat de l'ACP et la discrimination des configurations spatiales

les valeurs des indices de forme prises pour chaque forme de la tache urbaine ainsi que les figures élémentaire ont été soumises à une analyse multivariée en composantes principales (ACP) qui nous mène à une représentation plus synthétique du pouvoir discriminant des indices par rapport à l'échantillon de formes et les principales dimensions de la différenciation morphologique.

4.4.1 Cercle de corrélation : Position des variables sur les deux premiers facteurs de l'ACP

Les variables sont projetées dans un cercle de rayon 1 appelé cercle des corrélations. Lorsqu'une variable est proche du bord du cercle, on dit qu'il est bien représenté par le plan factoriel. Cette variable est alors bien corrélée avec les 2 facteurs principaux constituant ce plan. Le cercle permet de voir la corrélation ou la liaison entre les variables. [Guerois M., 2003].Le cercle des corrélations permet de voir, parmi les anciennes variables, les groupes de variables très corrélées entre elles. (Figure N° 08).

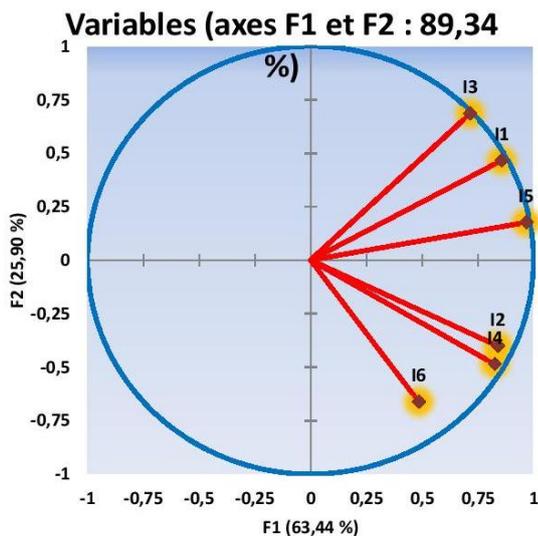


Figure 08: Position des indices de formes sur les deux premiers facteurs de l'ACP. Source : auteur 2016

D'après la position des indices de formes sur les deux premiers facteurs de l'ACP, nous pouvons constater que les points (I1, I3 ; I4 et I5) sont très proches du cercle de corrélation et donc sont très bien représentés sur le plan. L'angle plutôt fermé (en partant de l'origine) que forment les points I4 et I2 indique que ces 2 variables sont bien corrélées entre elles. En revanche, l'angle quasi droit formé par I 3 et I6 indique que ces deux variables sont indépendantes l'une de l'autre.

Le fait que I2 et I5 soient proches de l'axe 1 (F1) indique qu'ils sont très bien représentés par cet axe. Comme ils sont très éloignés de l'axe 2 (F2), on peut

conclure qu'ils sont peu représentés par cet axe. En ce qui concerne l'axe 2, le point I6 est proche à l'axe par rapport aux autres variables donc on peut dire qu'il est moins corrélé avec l'axe.

De ces observations, nous pouvons conclure que l'axe 1 ou le facteur 1 correspond plutôt à la combinaison de l'indice de linéarité I2 et l'indice de remplissage I5 , alors que l'axe 2 correspond plutôt à l'indice I6.

4.4.2 Graphique d'observations: Position des communes sur les deux premiers facteurs de l'ACP

Le graphique d'observation correspond à l'un des objectifs de l'ACP. Il permet de représenter les individus sur une carte à deux dimensions, et ainsi d'identifier des tendances. (Figure N° 09).

On voit dans notre cas que sur la base de l'analyse en composante principale, on peut distinguer trois groupes de formes :

- ✓ La forme circulaire compacte : constituée par les deux figures élémentaires ; circulaires et circulaires avec un contour très indenté ; la forme de Ben Djarah et la forme de Bel Khair.
- ✓ La forme allongée : englobe la forme de la tache urbaine de Guelma ; ElFjouj ; la forme linéaire sinueuse et la forme linéaire droite.
- ✓ La forme circulaire digitée : rassemble la forme circulaire digitée et la forme très digitée.

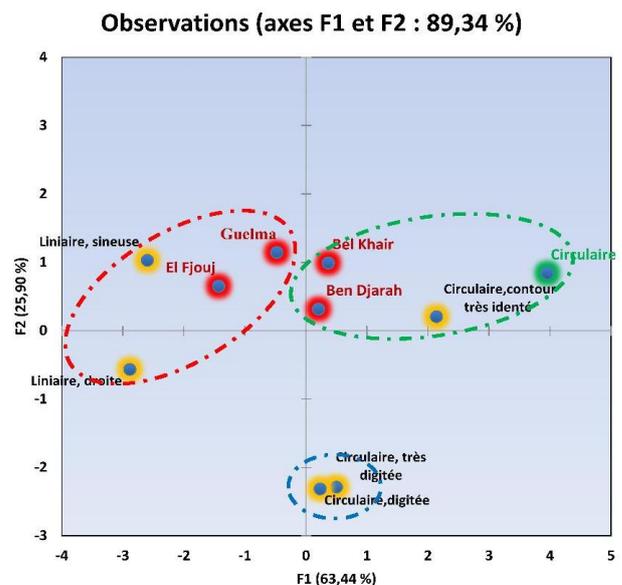


Figure 09: Position des formes sur les deux premiers facteurs de l'ACP. Source : auteur 2016

Donc on peut dire que la forme de la tache urbaine de Guelma ainsi que la forme de la tache urbaine d'El Fdjouj se sont des formes allongées moins compactes. En revanche, la forme de la tache urbaine de Ben Djarah et Bel Khair se sont des formes compactes et non allongées, celles qui se rapprochent aux formes circulaires référentielles de la ville compacte.

5 CONCLUSION

La présente étude axe son propos sur les atouts opérationnels offerts par la télédétection dans l'observation des dynamiques spatio-temporelles de l'étalement urbain du groupement intercommunal de Guelma sur la période 1987-2015.

Nos résultats montrent que le groupement intercommunal de Guelma a connu un étalement urbain remarquable entre 1987 et 2015, soit une augmentation de 1516,56 ha entre les deux dates contre une régression de la surface des terres agricoles et des forêts. Cet étalement est marqué, au départ, par les extensions périphériques de la commune de Guelma vers le Sud et l'Est, et de la commune de Bel Khair vers l'Ouest qui se traduit par une conurbation entre Guelma et Bel khair.

L'analyse morphologique de la forme urbaine du groupement confirme que la forme urbaine de la commune de Guelma et El Fdjouj présente une forme allongée moins compacte, tandis que la forme urbaine de Ben Djarah et Bel Khair s'est une forme compacte et non allongée.

L'exemple traité dans cette recherche montre que le caractère multi-date des images satellites permet de mettre en évidence les changements et d'analyser les dynamiques urbaines et péri-urbaines, que la cartographie et les mesures obtenues à la suite de la classification supervisée offrent des outils quantitatifs et qualitatifs pour caractériser l'étalement urbain.

REFERENCES

[1] Agejdad, R. (2011). Etalement urbain et évaluation de son impact sur la biodiversité, de la reconstitution des trajectoires à la modélisation prospective. Application à une agglomération de taille moyenne : Rennes Métropole. (Thèse de doctorat, Université de Rennes 2, FRA). p 79-83

[2] [2] Chi X., Maosong L., Cheng Z., Shuqing A., Wen Y., Jing M.C., 2007. The spatiotemporal dynamics of rapid urban growth in the Nanjing metropolitan region of China. *Landscape Ecology*, n° 22, p.925-937.

[3] [3] Dechaicha A., 2013, « L'étalement urbain et les contraintes physiques et naturelles Cas d'étude : La ville de Bou Saâda » Thèse de magistère, architecture, université de Biskra. P 242-246

[4] [4] Ding H., Wang R.C., Wu J.-P., Zhou B., Shi Z., Ding L.-X., 2007. Quantifying Land Use Change in Zhejiang Coastal Region, China Using Multi-Temporal Landsat TM/ETM+ Images. *PEDOSPHERE*, n°17(6), p. 712-720.

[5] [5] Epstein J., Payne, K. and Kramer E., 2002. Techniques for mapping suburban sprawl. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.63, No.9, pp.913-918.

[6] [6] Guerois M., 2003, « Les formes des villes européennes vues du ciel. Une contribution de l'image CORINE à la comparaison morphologique des grandes villes d'Europe occidentale », Thèse de géographie, UFR de géographie, université Paris I Panthéon-Sorbonne. P 160-200

[7] [7] Hu Z., Lo C.P., 2007. Modeling urban growth in Atlanta using logistic regression. *Computers, Environment and Urban Systems*, n° 31, p. 667-688.

[8] [8] Jat, M.K., Garg, P.K., Khare, D., 2007. Monitoring and modeling urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *Int. J. Appl. Earth Observ. Geoinform.*, Vol.10, No.1, pp.26-43.

[9] [9] Masek J.G., Lindsay F.E., Goward S.N., 2000. Dynamics of urban growth in the Washington DC metropolitan area, 1973–1996, from Landsat observations. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 21, n° 18, p. 3473-3486.

[10] [10] Rimber ,S, 1993., Social context, in Kanakubo, T., ed., *The Selected Main Theoretical Issues Facing Cartography: Report of the ICA-Working Group to Define the Main Theoretical Issues Facing Cartography: International Cartographic Association*, Cologne, p. 29- 28