

**A MACROFORM ANALYSIS TO DESCRIBE THE CITY MORPHOLOGICAL
COMPACTNESS FACING THE URBAN SPRAWL PHENOMENON
- CASE OF BEJAIA CITY -**

K. Tebbane Bouktit^{*1}, Dj. Alkama²

¹Laboratory LACOMOFA, Department of Architecture; Mohamed Khider University; Biskra,
Algeria

²Department of Architecture, 08 Mai 1945 University; Guelma; Algeria

Received: 18 October 2020 / Accepted: 01 March 2021 / Published online: 01 May 2021

ABSTRACT

Describing the morphological reality of urban areas is essential for any the city's sustainability project. Through a comparative analysis based on a series of indices and their confrontation according to the multivariate principal component analysis, we have tried to evaluate from the view point of urban sprawl, the morphological compactness of the Algerian coastal Bejaia town. The latter is known to be characterised by physical and natural constraints which influence spatial growth and the process of urban development. The main objective of this article is to establish the macroforms classification that constitute Bejaia city. The configuration analysis's results of its urban spots have shown an excessive spread of the agglomeration on the Bejaoui coast, which negatively impacts the city's sustainability.

Keywords: macroform; urban sprawl; form indices; city's sustainability; Bejaia.

Author Correspondence, e-mail: ktebbane@yahoo.fr

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v13i2.14>



1. INTRODUCTION

L'étalement urbain constitue un défi majeur auquel sont confrontées les villes compte tenu de son ampleur et des conséquences néfastes qu'il engendre sur leur durabilité. Les villes grandissent et se développent pour répondre à leurs besoins en raison du manque de disponibilités foncières [1]. Ce phénomène se répand dans la plupart des villes algériennes et notamment sur le littoral [2]: la difficulté de l'extension des villes portuaires dépend des contraintes liées aux reliefs variés (golfs, baies, montagnes, vallée...). De plus, elles empiètent sur les zones à vocation agricoles [3], et favorisent l'urbanisation galopante liée au développement industriel. S'ajoute à cela l'explosion des mobilités qui a engendré des macroformes plus étendues, plus discontinues et plus éparpillées [4]. Cela transforme le paysage côtier et met en péril sa durabilité par une consommation excessive des multiples terres agricoles.

La ville perd sa forme compacte avec l'étalement post-industriel [5], la forme des extensions de l'agglomération issue de cet étalement urbain détermine la configuration spatiale et décrit ainsi sa compacité morphologique [6]. L'identification des macroformes permet aux aménageurs et urbanistes de s'interroger sur la réalité morphologique de la ville actuelle et de sa durabilité. Le recours aux indices de forme et la référence à un modèle de forme urbaine sont souvent utilisés pour mieux marquer l'identité, et s'interroger sur l'orientation prise par l'étalement urbain.

Le présent article consiste à étudier par analogie les configurations spatiales de la ville côtière de Béjaïa, afin de comprendre sa morphologie et établir une analyse de la macroforme urbaine et ses différentes représentations du point de vue de l'étalement urbain. Quatre (04) sections structurent ainsi notre article. Tout d'abord, l'approche conceptuelle portera sur la configuration des macroformes, ensuite, l'approche méthodologique présentera le cas d'étude et la démarche suivie, fondée sur une approche quantitative et comparative pour le calcul des indicateurs de la macroforme suivie de l'analyse multivariée en composante principale, puis nous présenterons les résultats obtenus ; enfin, nous conclurons notre étude par des éléments et des perspectives de recherche.

1.1. L'échelle de la macroforme pour une configuration durable de la forme des villes

La question de la forme des villes entre compacité et étalement, à l'échelle locale de la planification et au domaine des règlements d'urbanisme est l'objet du débat sur la ville durable, ce qui a conduit les professionnels de l'urbain de préconiser la ville compacte comme modèle de forme durable [7,8] pour réduire les effets néfastes de l'étalement urbain sur son environnement [9]. Certes, la ville n'est pas durable, mais elle peut contribuer à la durabilité [10] par sa morphologie [4]. Il convient donc d'aborder l'enjeu de la forme des villes car elles sont une condition essentielle d'un développement urbain durable [11,12], cette approche est nécessaire, si l'on souhaite mieux comprendre la marge de manœuvre dont peuvent disposer les villes pour influencer sur leurs formes [13]. L'échelle de la forme envisagée ici est celle de la macroforme ou tache urbaine, cette notion désigne le contour urbain des formes bâties fragmentées issues de l'extension de l'agglomération et de l'étalement urbain [6,14]. La délimitation des contours s'appuie souvent sur des cartes topographiques numérisées [15] ou bien, plus souvent, sur des images satellitaires classées par mode d'occupation du sol [16].

1.2. L'analyse des macroformes par la mesure des indices

La forme de la ville a subi des transformations d'échelle qui la rendent plus complexe que jamais [17], plusieurs méthodes, transposées à l'étude comparative ont été proposées pour définir des indices qui permettent d'exprimer les formes observées de façon mesurable en les traduisant par des données numériques [18]. La macroforme peut s'analyser par le concept de surface à deux dimensions [19], par des indices qui permettent de rendre compte les aspects généraux de la macroforme [20], et de caractériser des formes fermées et homogènes, comme le sont les taches urbaines. On peut néanmoins distinguer plusieurs types d'indices de forme utilisés pour caractériser les agglomérations : d'une part les indices géométriques dont on cite la Vertex-lag method [21] l'indice radial [22], ou encore les indices fractals à l'étude des formes urbaines [23,24]. D'autre part, les indices arithmétiques de compacité et d'élongation qui participent à la description quantitative de données de type surfacique [6].

1.3. Une combinaison d'indices de formes et une analyse multivariée en composante principale (ACP) pour qualifier la macroforme urbaine

La morphologie durable des villes se focalise autour d'une approche comparative des

indicateurs des macroformes [6], pour cela, Guérois M (2003) a construit, au cours de ses recherches, un ensemble d'indicateurs pour la comparaison des formes des villes à travers des mesures de leur taches urbaines. Sa démarche consiste à combiner plusieurs indices, puis à les confronter et les comparer à des figures théoriques élémentaires prises comme référence. Elle propose une analyse multivariée en composante principale (ACP) qui permet d'aboutir à des classifications, et conduire à discriminer les différentes configurations spatiales examinées. Cette méthode descriptive factorielle permet les représentations graphiques des modèles géométriques [25] en mettant en évidence les interrelations entre les variables descriptives et les ressemblances ou oppositions entre les individus décrits [6]. Dans le cas de l'analyse de la macroforme elle met en relief la manière dont les indices se combinent entre eux pour différencier les formes des taches urbaines [6].

2. MATERIELS ET METHODE

2.1. Aire d'étude

La région de Béjaïa est située à 230km à l'est de la capitale d'Alger, avec une superficie de 3223,5km², elle compte une superficie communale de 120,22 km². Elle est limitée au nord par la mer méditerranée, et bordée par les wilayas de Jijel à l'Est, Tizi-Ouzou à l'Ouest, Sétif et Bordj-Bouraridj au Sud, elle occupe le segment occidental du golfe, avec une ouverture sur la Méditerranée longue de 100 km.

péri-urbanisation sur les terres agricoles.

2.2. Données et matériels utilisés

Pour illustrer la comparaison et la classification des macroformes de la ville de Béjaïa, une série de cartes du PDAU intercommunal 2008 [30,31] de Béjaïa, ont été fournies par les services de l'APC. La numérisation des cartes correspondant aux modes d'occupation du sol et celle des secteurs d'urbanisations qui ont été actualisées à l'aide d'images satellitaires Landsat 2018 afin d'obtenir une image binaire du bâti/non bâti. L'échelle cartographique à partir de laquelle les images satellitaires et les plans ont été interprétées et les zones d'occupation du sol identifiées est le 1/25 000^e. Ces bases de données ont été établies à l'aide du Système d'Information Géographique (SIG) par l'intermédiaire du logiciel ArcMap (version 10.2.2) qui nous a permis d'exécuter le géoréférencement afin de traiter et générer une carte. Le calcul des dimensions morphologiques de chaque macroforme, ainsi que la visualisation et le traitement cartographique, ont été automatisés à partir du logiciel Auto CAD (version 2015). Enfin, le logiciel d'analyse de données et de statistiques qui nous a permis de faire l'analyse en composantes principales (ACP) est le XLSTAT 2015.

2.3. Démarche méthodologique

Le déroulement de l'analyse est structuré en quatre (04) parties comme suit :

2.3.1. Délimitation du contour de l'agglomération de Béjaïa et identification des principaux paramètres de forme utilisés

Les contours des unités urbaines, sont fixés à partir de la continuité de la zone de bâti [32]. L'Office Nationale des Statistique en Algérie fixe un seuil d'espacement pour définir la continuité du bâti à partir d'un seuil de distance de 200 m sans compter les espaces verts et les grands équipements qui induisent des coupures dans l'espace urbain [33]. Pour cela La première étape de délimitation de la ville de Béjaïa consiste à identifier des agrégats à fusionner en une même agglomération morphologique qui s'appuie sur la notion de continuité du bâti, avec une contrainte de distance fixée à 200 m et sur la création d'une enveloppe dilatée autour des espaces bâtis, puis nous avons éliminé toutes les parties bâties isolées et non jointives ainsi que les équipements qui engendrent des coupures dans l'espace urbains tels que le port de Béjaïa et l'arrière port. Enfin le traitement des lacunes comprises dans la

forme ainsi délimitée ont été remplies et comblées pour aboutir à une forme pleine et homogène comme nous pouvons le voir dans la Fig.2.

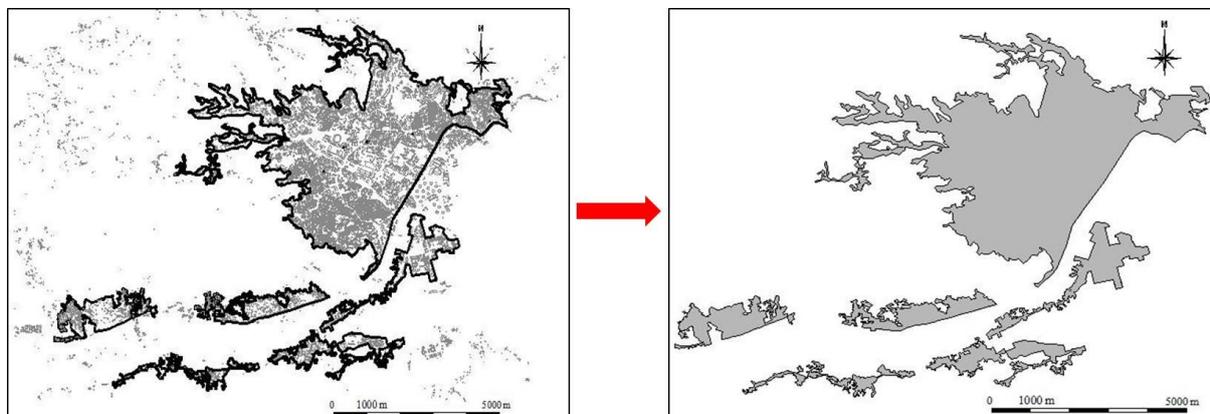


Fig.2. Procédure de délimitation de l'agglomération morphologique de Béjaïa.

(Source : auteurs 2020)

La Fig.3 détermine les paramètres de forme utilisés pour le calcul des six indices de forme retenus comme ceux développés par Hagett et al [34], chacun des six indices présente des dimensions d'élongation, de digitation et d'indentation.

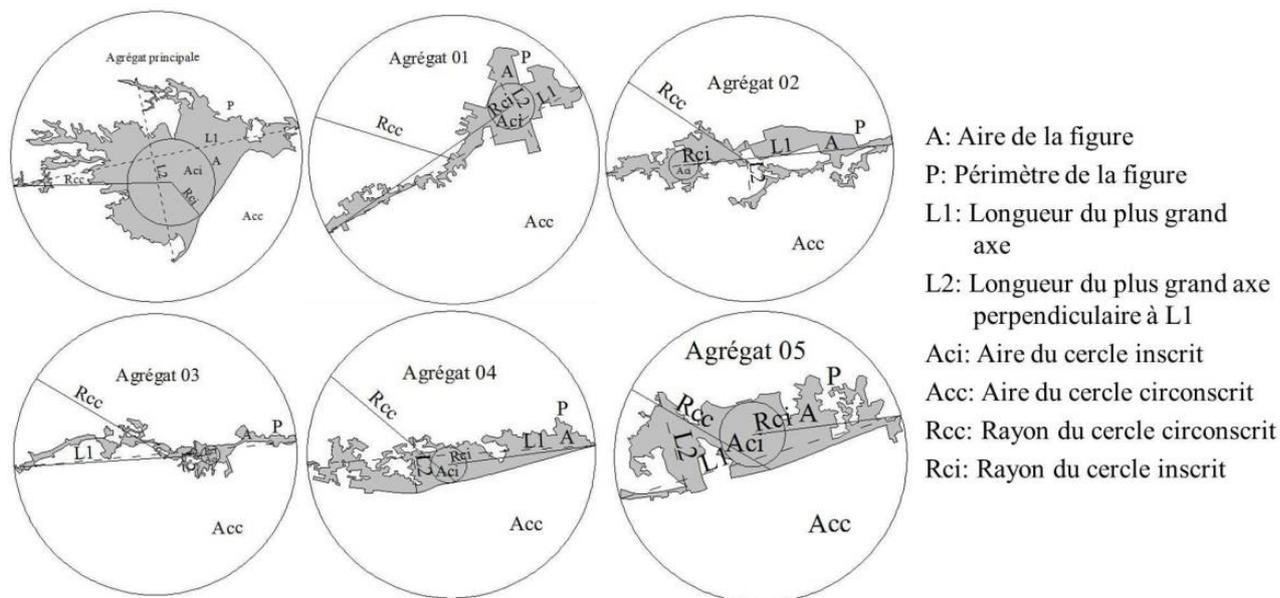


Fig.3. Principaux paramètres de forme utilisés. (Source : auteurs 2020)

2.3.2. Calculs des indicateurs de la macroforme

En prenant en compte les propriétés géométriques du cercle et en prenant les formes de l'agglomération de Béjaïa obtenues ainsi que les figures de référence, nous calculons les indices suivants :

-Indice I1 ou Ic : indice de contorsion du périmètre

L'indice I1 permet d'identifier, les formes allongées et/ou indentées, il repose sur les mesures du périmètre et de la surface pour décrire le degré d'irrégularité du contour de la forme urbaine par le rapport entre la superficie occupée par l'agglomération morphologique et la longueur de son contour [6]. Bennaser A (2003), explique qu'un indice égal à 1 exprime une forme circulaire, alors qu'un indice se rapprochant de zéro implique un étalement excessif [35]. Il est donc calculé comme suit : $I1 = 4\pi A/P^2$.

-Indice I2 ou Ie : indice d'étirement

L'indice I2 mesure l'étirement, ou envergure, de la forme étudiée dont il décrit le degré d'élongation [6]. Il est calculé comme suit : $I2 = L2/L1$, en comparant la longueur du plus grand axe à celle du second de plus grand axe qui lui est perpendiculaire.

-Indice I3 ou Ir1 : indice de remplissage discal (1)

L'indice I3 évalue l'importance des zones de bâti qui s'étendent au-delà du cercle inscrit, la taille relative de ce dernier identifie le caractère massif ou découpé de la forme [6]. I3 compare la surface du plus grand cercle inscrit à la superficie totale de la figure, il est donc calculé comme suit : $I3 = \pi (Rci)^2 / A$

-Indices I4 ou Ir2 : indice de remplissage discal (2)

L'indice I4 se présente comme un indice intermédiaire entre les indices I2 et I3. Il tient compte des cercles inscrits et circonscrits sans intégrer précisément la surface réelle de la tache urbaine [36], il est calculé comme suit : $I4 = Rci / Rcc$, en comparant la surface du plus grand cercle inscrit à celle du plus petit cercle circonscrit.

-Indice I5 ou Ir3 : indice de remplissage discal (3)

L'indice I5 mesure le degré de remplissage de la forme par rapport au cercle circonscrit. Cet indice serait mieux adapté aux configurations compactes, massives [18] à partir du moment où

il compare la surface de la figure à la surface du plus petit cercle qui lui est circonscrit. Il est calculé comme suit : $I5 = A / \pi (Rcc)^2$

- Indice I6 ou Id : indice de digitation

L'indice I6 a été créé pour identifier plus nettement les formes digitées. Il se fonde sur le décompte du nombre d'axes de digitation qui se déploient en dehors de la partie la plus massive de la tache urbaine, identifiée à l'aide du plus grand cercle inscrit [6]. Il est donc calculé comme suit : $I6 = 1 / (1+D)$

2.3.3. Confrontation des agglomérations morphologiques obtenues ainsi que les figures élémentaires aux six indices retenus

Les six indices retenus ont été confrontés aux formes obtenues de Béjaïa ainsi qu'à six figures géométriques théoriques, qui lors de leurs confrontations seront des modèles de référence, ces modèles sont :

- Une forme circulaire.
- Une forme massive et circulaire au contour très indenté.
- Une croix à quatre branches, qui figure une forme circulaire digitée.
- Une croix à huit branches qui représente la forme circulaire très digitée.
- Une forme linéaire droite.
- Une forme linéaire sinueuse et plus massive que la ligne droite.

Nous rappelons que le cercle atteint la valeur maximale pour chaque indice et apparaît ainsi comme la forme compacte de référence. Une échelle de référence [6] a pu être construite, elle permettra de comparer la position relative de ces formes sur les intervalles de valeurs propres à chaque indice.

2.3.4. Vérification de la combinaison des indices de forme à travers une analyse multivariée en composante principale ACP

Les valeurs obtenues de l'échantillon de formes étudié (figures et formes des taches urbaines) ont été soumises à une analyse multivariée en composantes principales afin de vérifier comment ces indices combinés vont différencier les macroformes de Béjaïa.

En représentant les axes de l'ACP sur le plan factoriel (les indices qui sont les variables et les figures qui sont les individus), nous distinguerons des groupes d'unités qui se ressemblent ainsi

que les indices corrélés, dans le but de différencier les macroformes par rapport aux formes élémentaires analysées.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Distinctions des formes obtenues de l'agglomération de Béjaïa

Nous avons obtenu lors de la délimitation de la forme de la ville de Béjaïa, un agrégat principal constituant la ville-centre, et cinq agrégats secondaires représentant des villes satellitaires qui sont isolées vu leur éloignement de plus de 200 m de l'agrégat principal. Ces agrégats constituent :

- La ville nouvelle de Sidi Ali Lebhar avec le quartier d'Irriyahen (agrégat 01)
- La contrée d'Aboudaou avec le campus universitaire (agrégat 02)
- La ville de Tala-Hamza (agrégat 03)
- Le village de Melalla (agrégat 04)
- Et enfin la ville de Oued-Ghir (agrégat 05)

Afin de faciliter l'étude analogique ainsi que la compréhension de la morphologie urbaine de Béjaïa, nous avons attribué une couleur distincte pour l'agglomération principale ainsi que pour chaque agrégat obtenu.

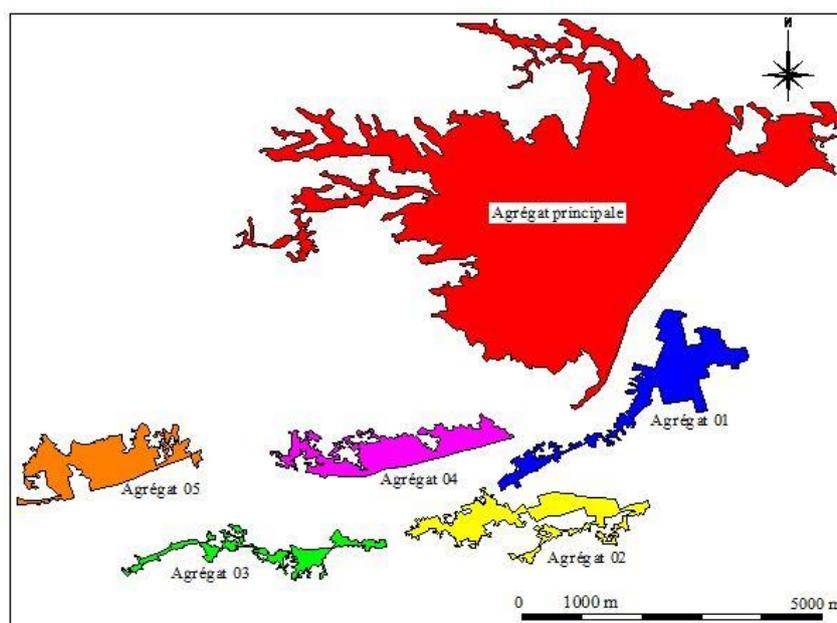


Fig.4. Les formes d'agrégats de l'agglomération de Béjaïa obtenues (Source : auteurs 2020)

Nous distinguons dans la Fig.4 l'agglomération principale de Béjaïa qui s'étend sur 2163,96 ha, poussée vers le nord-ouest où elle s'étend sur un rayon de 5,60 km du centre, atrophiée au nord où elle n'atteint que 2,80 km. Elle est aussi atrophiée au sud où elle n'atteint que 2,85 km sur les deux axes : celui de la route d'Alger vers le sud-ouest, et celui de la route de Sétif vers le sud-est. Dans ces zones, l'agglomération est contrainte à l'extension spatiale en raison de la présence des barrières physiques (l'oued SOUMAM au sud et djbel GOURAYA au nord. De plus, l'agglomération principale déborde largement de ces limites naturelles, avec les tentacules urbaines, des configurations évidemment différentes de l'initiale, constituant des agrégats satellites détachés de l'agglomération principale, ils s'étendent sur 736,80 ha, dans leur majorité, ils sont formés par l'urbanisation périphérique sur des terrains principalement à vocation agricole et atteignent plus de 4 km sur certains axes comme celui de la route de Sétif, d'Alger et de la route de Amizour.

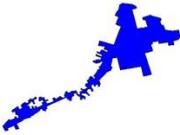
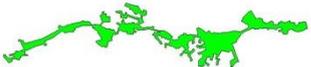
3.2. Résultats et interprétations du calcul des indices de forme : un étalement excessif de la macroforme de Béjaïa

En suivant les étapes développées précédemment dans la partie méthodologique, nous avons pu calculer puis confronter les six (06) indices retenus sur l'ensemble des six (06) formes obtenues de Béjaïa, ainsi qu'aux six (06) figures géométriques élémentaires. Les résultats obtenus sont synthétisés dans le tableau 1, en comparaison avec la valeur des figures théoriques.

Tableau 1. Valeurs des indices de formes des valeurs prises pour chaque figure.

(Source: auteurs 2020)

Figures théoriques	Description	Valeurs obtenues pour chaque indice (centrées-réduite)					
		I1 (Ic)	I2 (Ie)	I3 (Ir1)	I4 (Ir2)	I5 (Ir3)	I6 (Id)
	Cercle	1	1	1	1	1	0,50
	Forme circulaire, contour très	0,46	0,98	0,69	0,73	0,76	0,46

	indenté						
	Forme circulaire très digitée	0,09	1	0,09	0,19	0,41	0,45
	Forme circulaire digitée	0,18	1	0,09	0,16	0,29	0,48
	Forme linéaire sinueuse	0,31	0,17	0,11	0,14	0,19	0,38
	Forme linéaire droite	0	0	-	0	0	1
	Agglomération principale de Béjaïa	0,035	0,64	0,34	0,29	0,25	0,15
	Agrégat secondaire (01)	0,054	0,32	0,21	0,15	0,11	0,21
	Agrégat secondaire (02)	0,030	0,23	0,09	0,10	0,10	0,25
	Agrégat secondaire (03)	0,020	0,13	0,09	0,06	0,04	0,24
	Agrégat secondaire (04)	0,042	0,19	0,12	0,12	0,12	0,32
	Agrégat secondaire (05)	0,060	0,35	0,23	0,22	0,21	0,38

En se référant aux résultats obtenus de Bennis A, et Guérois M lors de leurs différentes recherches et qui indiquent qu'un indice égal à 1 exprime une forme circulaire, alors qu'un indice se rapprochant de zéro implique un étalement excessif, nous pouvons interpréter les résultats illustrés dans le Tableau 1 comme suit :

Les indices nous révèlent une disparité évidente entre la valeur qui correspond à la forme du

cercle et celle de l'agglomération principale ainsi que les agrégats secondaires.

-Ces derniers se présentent en une forme étalée car pour l'agglomération principale, l'indice $I1 = 0,035$, et pour les agrégats secondaires $0,020 < I1 < 0,054$, des valeurs proches de la valeur minimale 0, ce qui signifie que les contours de la tache urbaine sont plus sinueux et que ces formes sont considérablement allongées.

-En ce qui concerne le calcul de l'indice $I2$. Il varie entre 0,13 et 0,35 pour les agrégats secondaires de Béjaïa, des valeurs proches de 0. La longueur du plus grand axe est supérieur à 2 fois plus celle du second axe, ce qui signifie bien l'étirement ou la linéarité des cinq différentes formes de tentacules qui forment l'agglomération de Béjaïa. Mais pour l'agglomération principale : $I2 = 0,64$. Une valeur supérieure à celle des agrégats secondaires mais toujours inférieur à la valeur de 1. Nous pourrions dire donc qu'en ce qui concerne l'agglomération principale, elle se présente comme une forme massive, à l'opposé de celles des autres agglomérations qui présentent des figures moins massives.

-Nous constatons aussi que l'agglomération principale marque une valeur de l'indice $I3$ égale à 0,34 proche de la valeur minimale 0. Par ailleurs, en ce qui concerne les agrégats secondaires (01) et (05) cette valeur est égale respectivement à 0,21 et 0,23. Par contre pour les agrégats secondaires (02) (03) (04), l'indice $I3$ est de 0,09 et de 0,12

En se référant aux résultats obtenus de Guérois M, qui rappelle que si $I4$ et $I5 = 1$, la figure est un cercle et plus $I4$ et $I5$ se rapproche à 0, plus la figure est digitée et /ou allongée. Et à ceux obtenus par Dechaicha A (2013) et Fekkous N (2015), Nous pouvons donc tirer les constatations suivantes :

-Pour le calcul de l'indice $I4$, l'agglomération principale enregistre une valeur basse ($I4 = 0,29$), ainsi que pour l'agrégat secondaire (05) $I4 = 0,22$, c'est-à-dire qu'elles possèdent une figure moyennement digitée ou allongée, car cette valeur se rapproche de la moyenne (valeur de 0,5). A l'opposé, les autres agrégats secondaires présentent un $I4$ qui varie de 0,06 (pour l'agrégat 03) à 0,15 (pour l'agrégat 01)

-Concernant l'indice de remplissage $I5$ qui est égale à 0,25 pour l'agglomération principale, et 0,21 pour l'agrégat secondaire (05) donc, des figures digitées. Par ailleurs les agrégats secondaires (01) (02) (04) présentent un indice $I5$ qui est compris entre 0,10 et 0,12. Par contre

l'agrégat secondaire (03) marque une valeur de 0,04 qui se rapproche à la valeur de 0, donc on pourra dire que cet agrégat possède une figure très digitée et allongée. Il est à signaler que la faible valeur de (I5) signifie l'existence d'axes d'urbanisation très étirés.

En prenant en compte le cas d'une forme non digitée, l'indice $I_6 = 1$ et l'indice tend vers 0 lorsque le nombre d'axes de digitation augmente.

-Nous pouvons constater que la longueur du plus grand axe de l'agglomération principale est supérieur à 2 fois celle du second axe perpendiculaire, ce qui montre bien la digitation de la macroforme principale. Nous confirmons ceci par le résultat de l'indice calculé qui est de $I_6 = 0,15$. Pour le cas des tentacules, ils ont une valeur de $0,21 < I_6 < 0,38$, des valeurs aussi proches de 0.

Dans l'ensemble, nous pouvons dire que l'agglomération actuelle de Béjaïa ainsi que ces différents agrégats formés englobent des valeurs qui se rapprochent de la valeur 0, et qui s'éloignent à celles du cercle, ce qui nous confirme que la configuration spatiale de la ville actuelle de Béjaïa, avec des valeurs basses, tend vers les formes allongées. La configuration du site physique et la logique d'axes de transport, semblent ici jouer un rôle certain, dans la mesure où les villes les plus étirées sont pour la plupart situées sur le littoral ou dans la vallée d'un cours d'eau majeur. Toutes les villes caractérisées par des sites dégagés de plaine ne montrent pas des configurations circulaires.

3.3. Constitution d'une échelle de référence : classification des macroformes de Béjaïa pour décrire le phénomène de l'étalement urbain

Nous avons pu construire une échelle de référence théorique Fig.5 qui permet de comparer la position relative des macroformes sur les intervalles de valeurs propres à chaque indice. Les caractéristiques morphologiques des agglomérations de Béjaïa peuvent être décrites à partir de leur position sur l'échelle de valeur de chaque indice de forme. C'est dans ce cadre comparatif que nous pouvons, à présent, visualiser la position de l'agglomération principale de Béjaïa, ainsi que les différents agrégats secondaires, toujours en comparaison avec les autres figures élémentaires.

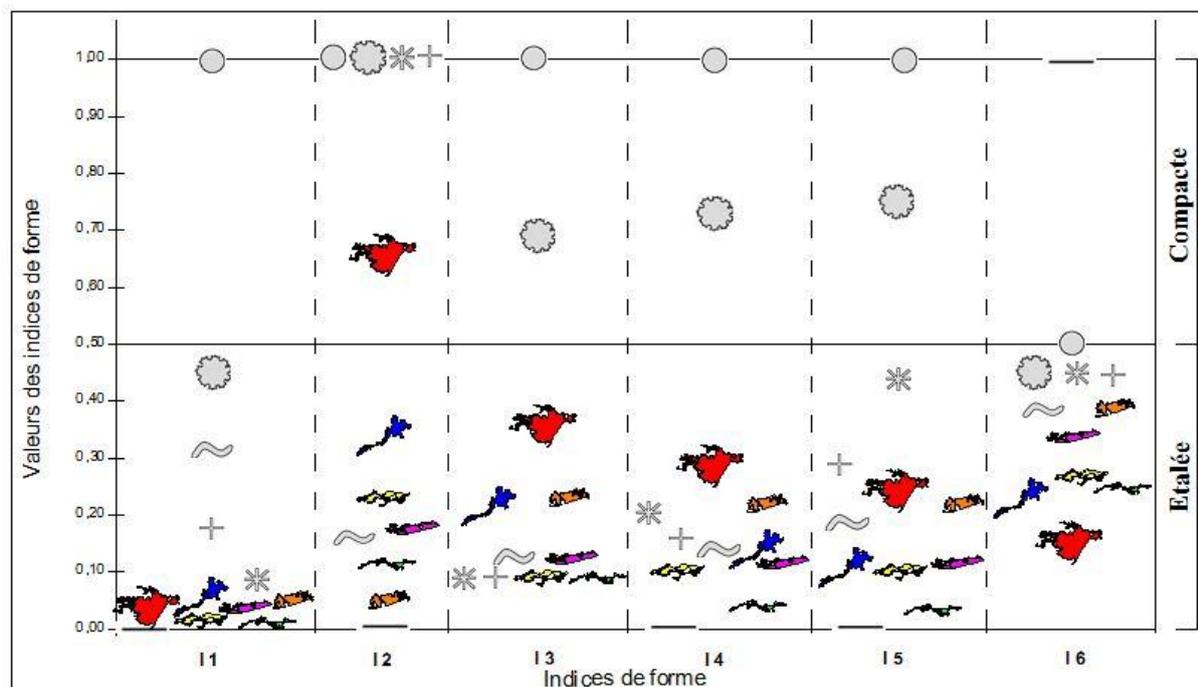


Fig.5. Position des figures de l'agglomération de Béjaïa en comparaison avec les positions des figures élémentaires sur chaque indice de forme. (Source : auteurs 2020)

La constatation tirée de cette comparaison est : la configuration de la forme de l'agglomération actuelle se classe dans la zone étalée (moins de 0,50), mis à part pour le I2 où elle se positionne dans la zone compacte (supérieure à la valeur 0,50), cette forme se rapproche de celle de la figure circulaire indentée. Et en ce qui concerne les agrégats secondaires, nous les positionnons aussi dans la zone étalée, qui s'ajustent avec la figure sinueuse allongée.

Cette figure nous montre encore une fois, que la forme actuelle de la ville de Béjaïa ainsi que ces différents tentacules se positionnent dans le champ des formes allongées moins compactes. Contrairement à la forme du cercle et à celle du contour très indenté, s'ajustent avec les formes compactes et non allongées, celles qui se rapprochent aux formes circulaires référentielles de la ville compacte.

3.4. Résultats de l'ACP des valeurs prises pour chaque figure pour décrire la compacité morphologique des macroformes urbaines de Béjaïa

En combinant les valeurs obtenues précédemment, nous évaluons la différenciation des macroformes de Béjaïa lorsque les indices sont associés entre eux et nous comparons les

formes aux figures théoriques. Nous vérifions ici, pour l'échantillon d'agglomérations observées, le comportement des indices les uns par rapport aux autres en mesurant leur degré de corrélation. Nous avons opté pour le choix des deux indices : l'indice d'étirement (I2 ou Ie), et l'indice de remplissage discal (I4 ou Ir2) comme facteurs de l'analyse multivariée en composantes principales, car l'indice (I2) paraît le plus discriminant pour le niveau d'allongement ou de circularité des formes étudiées. Et pour l'indice (I4), sa sélection a été motivée par sa pertinence convenable pour la différenciation et le classement des figures selon leur degré de compacité morphologique, vu les variables constituant sa construction mathématique.

L'analyse multivariée en composantes principales (ACP) menée sur les macroformes de Béjaïa permet d'explorer de manière plus synthétique les principales dimensions de la différenciation morphologique des agglomérations de Béjaïa Fig.6. Le premier facteur de différenciation résume l'essentiel des variations observées d'une forme à l'autre (83,80%). Le deuxième facteur, qui rend compte de (16,20%), compose un gradient de compacité opposant les formes de l'agglomération de Béjaïa à la figure circulaire et s'en éloigne parce qu'elles sont très digitées et linéaires.

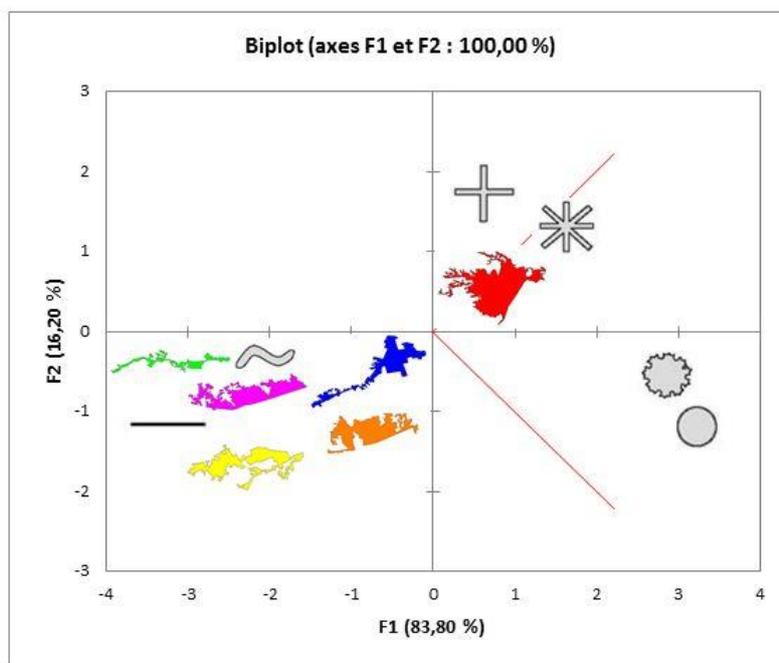


Fig.6. Résultat de l'ACP et la discrimination des configurations spatiales.

(Source : auteurs 2020)

Les résultats visualisés dans la Fig.7 distinguent trois groupes de forme qui nous montrent une discrimination évidente des figures analysées à travers l’ACP :

- La forme allongée** : englobe les formes des agrégats secondaires (les tentacules) avec la forme linéaire sinueuse et la forme linéaire droite.
- La forme circulaire digitée et forme circulaire très digitée** : qui rassemble la forme actuelle de l’agglomération de Béjaïa, la forme circulaire digitée et la forme très digitée.
- La forme circulaire compacte** : constituée par les deux figures élémentaires, circulaire et circulaire avec un contour très indenté.

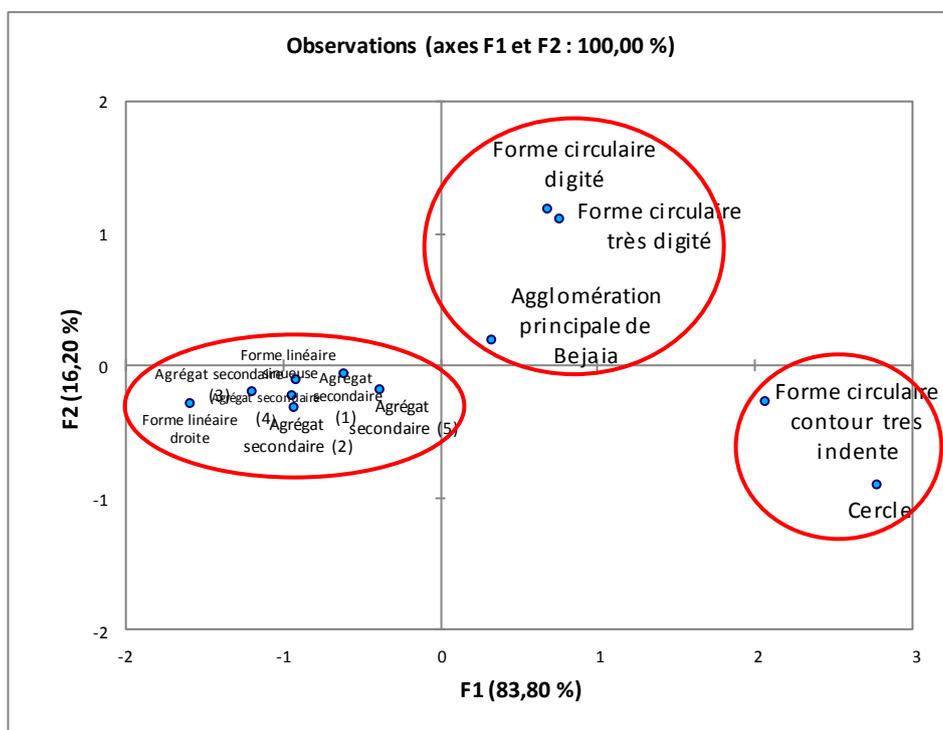


Fig.7. Les principales dimensions de la différenciation des figures élémentaires ainsi que les formes de l’agglomération de Béjaïa (Source : auteurs 2020)

Enfin, le schéma de synthèse illustré dans la Fig.8 nous montre que la forme actuelle de la ville de Béjaïa (agglomération principale) se positionne dans le champ des formes circulaires digitées et très digitées. En revanche, les formes des différentes tentacules urbaines s’ajustent avec les formes allongées et linéaires moins compactes, celles qui se rapprochent aux formes linéaires et sinueuses référentielle à la ville étalée.

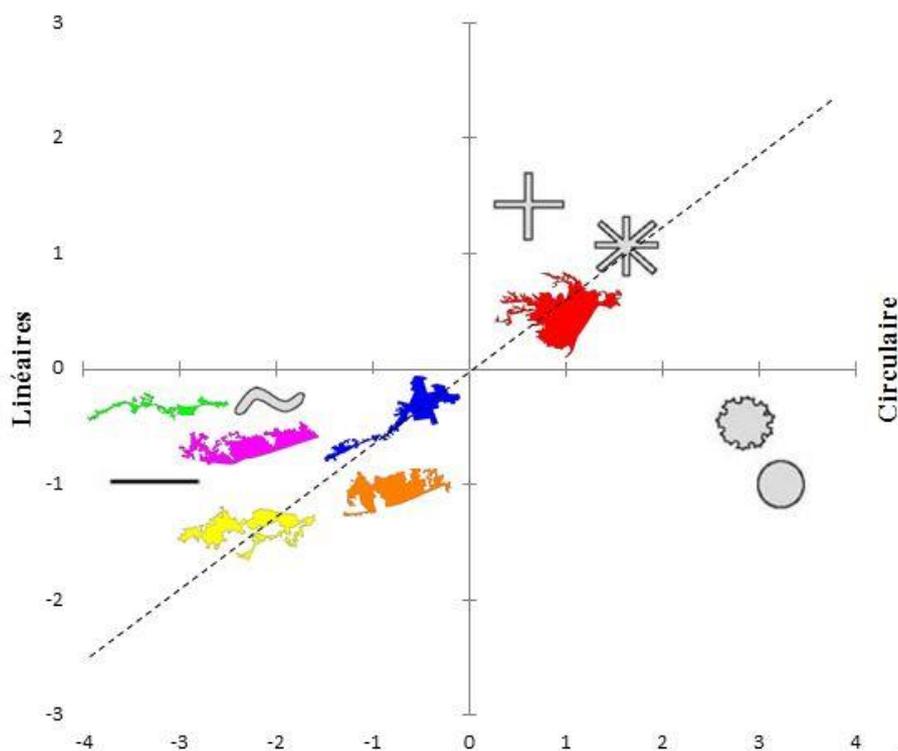


Fig.8. Analyse en composante principale réalisée sur les figures de la ville de Béjaïa en comparaison avec les six figures élémentaires. (Source : auteurs 2020)

C'est cette différence de degré, introduite par un indicateur très synthétique de compacité, qui détermine les ressemblances et les oppositions les plus structurantes en vue d'une typologie des formes urbaines.

4. CONCLUSION

Les résultats de notre recherche confirment ceux trouvés par d'autres chercheurs notamment, Guérois M (2003), Dechaicha A (2013), et en comparant les résultats obtenus, l'analyse en composante principale a permis la mesure et la classification des macroformes constituant l'agglomération de Béjaïa. Il ressort de cette analyse que l'étalement urbain de la ville de Béjaïa, de par son ampleur inédite, a profondément modifié la forme de la ville et a suscité l'émergence de nouvelles taches urbaines.

Le suivi et le contrôle de l'étalement urbain représentent un enjeu important pour la plupart des collectivités locales et territoriales, en particulier dans le cadre de programmes qui envisagent l'évolution future des territoires périurbains de cette ville. Afin de contenir et de

maîtriser ce phénomène qui a tendance à toucher de plus en plus les villes côtières, et éventuellement réduire les effets néfastes sur la durabilité de la ville de Béjaïa, il est donc important d'adopter des démarches basées sur la combinaison des indices de forme pour la mesure des taches urbaines, et de décrire la compacité morphologique des agglomérations à travers une analyse multivariée en composante principale. Cette dernière, constitue un échantillon analysé de manière systématique en privilégiant la dimension comparative ; l'étude comparative menée dans un but bien précis qui est de mettre en évidence le rôle des facteurs généraux susceptibles d'éclairer les tendances de la ville de Béjaïa à l'étalement ou à la compacité.

L'ACP peut constituer un outil d'aide à l'évaluation des choix d'aménagement du littoral Béjaoui et également à l'élaboration de meilleures décisions. Cet outil offre l'opportunité de formaliser des solutions et alternatives à l'étalement urbain. Elle rend compte des effets de ce processus grâce à des mesures de l'importance de l'emprise au sol et une meilleure utilisation des espaces agricoles de cette région. Cette classification peut aussi contribuer à répondre à la question de la forme des agglomérations, à partir du moment où elle se retrouve au premier plan des réflexions sur le devenir de la durabilité de la ville.

RESUME

Décrire la réalité morphologique des agglomérations est primordial pour tout projet de durabilité de la ville. A travers une analyse comparative basée sur une série d'indices et leur confrontation selon l'analyse multivariée en composante principale nous avons essayé d'évaluer du point de vue de l'étalement urbain, la compacité morphologique de la ville côtière algérienne de Béjaïa. Cette dernière est connue pour être caractérisée par des contraintes physiques et naturelles qui influencent la croissance spatiale et le processus de développement urbain. L'objectif principal de cet article est d'établir une classification des macroformes que constitue la ville de Béjaïa. Les résultats d'analyse de la configuration de ses taches urbaines ont montré un étalement excessif de l'agglomération sur le littoral Béjaoui qui impacte négativement la durabilité de la ville.

Mots-clés : macroforme ; étalement urbain ; indice de forme ; durabilité de la ville ; Béjaïa.

5. REFERENCES

- [1] Nicot B, Une mesure de l'étalement urbain en France 1982-1990, *Revue d'économie régionale et urbaine*, 1996, n°1, p. 71-98.
- [2] Hadeif H, Aux marges du système urbain : le périurbain et la consommation du foncier agricole - Cas de Skikda – Algérie, *Sciences et Technologie D*, Constantine, 2011, N°34, pp. 9-17.
- [3] Cote M, L'espace Algérien, les prémices d'un aménagement, OPU, Alger, 1983, p 223
- [4] Allain R, Formes urbaines et développement urbain durable, *Urbia*, Les cahiers du développement urbain durable, 2010, n°11, 43-74.
https://www.unil.ch/files/live/sites/ouvdd/files/shared/URBIA/Urbia_11
- [5] Frankhauser P, Morphologie des Villes émergentes en Europe à travers les analyses fractales, rapport de recherche, PUCA, 2003, 242 p. <http://thema.univfcomte.fr/article67.htm>
- [6] Guerois M, 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, France, 2003, 306p
- [7] Gordon P, Richardson H-W, Are compact cities a desirable planning goal?, *Journal of the American Planning Association*, 1977, 63 (1), pp. 95-106.
- [8] Pouyanne G, Forme urbaine et mobilité quotidienne, Thèse de doctorat, université Montesquieu-Bordeaux IV, 2004, p13.
- [9] Commission Européenne (CE), Livre vert sur l'environnement urbain, communication de la Commission au Conseil et au Parlement, Office des publications officielles des communautés européennes, 1990, Luxembourg, 82 p.
- [10] Da Cunha A, Knoepfel P, Leresche J-P, Nahrath S, Enjeux du développement urbain durable. Transformations urbaines, gestion des ressources et gouvernance, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 2005, 471p
- [11] Centre de Documentation et de l'Urbanisme (CDU), Villes et développement durable, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement, Paris, 1998, 112 p.
- [12] Emelianoff C, La ville durable, un modèle émergent : géoscopie du réseau européen de villes durables (Porto, Strasbourg, Gdansk) Thèse de doctorat de l'Université d'Orléans, 1999,

746 p.

[13] Le Gales P, Le retour des villes européennes. Sociétés urbaines, mondialisation gouvernement et gouvernance, Paris : Presses de Sciences Po, 2003, 454 p.

[14] Claval P, La logique des villes, LITEC, Paris, 1981, 633 p.

[15] Bailly E, Position de recherche sur une méthode de détermination d'un contour urbain, *Cybergeo* : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document n°10, 1996. <https://journals.openedition.org/cybergeo/2235>

[16] Webber C, Remote sensing data used for urban agglomeration delimitation, Donnay, Barnsley, Longley (dir.), Remote Sensing and Urban Analysis, 2001, London and New York: Taylorand Francis, pp. 155-171.

[17] Frankhauser P, La morphologie des tissus urbains et périurbains à travers une lecture fractale, *Revue Géographique de l'Est*, 2005, vol. 45/ 3-4, 145-160. <http://rge.revues.org/268>

[18] Cauvin C, Rimbert S, La lecture numérique des cartes thématiques, Les méthodes de la cartographie thématique, Fascicule 1, Éditions Universitaires de Fribourg, Fribourg, 1976, 172p.

[19] Allain R, Morphologie urbaine : Géographie, aménagement et architecture de la ville, Armand Colin, Paris, 2004, 254p

[20] Haggett P, l'analyse spatiale en géographie humaine, Armand Colin, Paris, 1973, 391p.

[21] Bunge W, Theoretical Geography, Lund Studies in Geography, Series C, General and Mathematical Geography, n°1, 1962, 285p.

[22] Boyce R, Clark W, The concept of shape in geography, *The Geographical Review*, 1964, Vol. 54, pp. 561-572.

[23] Batty M, Longley P, Fractal Cities. A Geometry of Form and Function, Academic Press, London, 1994, 394p.

[24] Frankhauser P, La fractalité des structures urbaines, Anthropos, Paris, 1994, 291 p.

[25] Duby C, Robin S, Analyse en Composantes Principales, Institut National Agronomique, Paris – Grignon, 2006, 53 p

[26] Lapene E, Vingt-six mois à Bougie, TALANTIKIT, Béjaïa, 2014, p 12.

[27] Parc National de Gouraya (PNG-Béjaïa), diagnostique et état des lieux phase 01, 2015,

84p.

[28] Tebbane K, Alkama D, l'évolution de la ville méditerranéenne, et son impact sur le paysage côtier cas de la ville de Béjaïa, Franco Angeli, ripam 7, 2019,437, 399-410.

<https://ojs.francoangeli.it/omp/index.php/oa/catalog/book/437>

[29] Tebbane E-H, Béjaïa... où vas-tu?, El-Watan le quotidien intépendant, 2007, p23.

[30] Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) intercommunal de Béjaïa, Rapport d'orientation, DUC de Béjaïa 2008.

[31] Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) intercommunal de Béjaïa, rapport deuxième phase, BET Axxam, 2011.

[32] Levy J, Loussault M, Dictionnaire de la Géographie et de l'espace des sociétés, Belin, Paris, 2003, 1033 p, pp 249-251.

[33] Fekkous N, L'étalement urbain et les contraintes physiques et naturelles cas d'étude : la ville de Batna, Mémoire de magister, Université de Biskra, 2015, p 255.

[34] Haggett P, Cliff A, Frey A, Locational analysis in human geography. 2. Locational Methods, Edward Arnold, London, 1977, 605p.

[35] Bennasr A, L'étalement urbain de Sfax, Revue Tunisienne de Géographie, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Tunis, 2003, pp.49-87.

https://halshs.archivesouvertes.fr/file/index/docid/588300/filename/etalement_urbain_de_Sfax.pdf

[36] Dechaicha A, L'étalement urbain et les contraintes physiques et naturelles cas d'étude la ville de Bou Saâda, Mémoire de magister, Université de Biskra, 2013, p 84.

How to cite this article:

Tebbane Bouktit K, Alkama Dj. A macroform analysis to describe the city morphological compactness facing the urban sprawl phenomenon - Case of Bejaia city. J. Fundam. Appl. Sci., 2021, 13(2), 892-913.