

**République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement Supérieur
Et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira – Bejaïa-**



**Faculté de Technologie
Département d'architecture**

Mémoire de master

Option : Architecture, ville et territoire

Application de l'analyse fractale à l'étude morphologique des tissus urbains de la ville de Bejaïa.

Présenté par :

M^{elle} AMEUR Lydia
M^{elle} OUACHOUR Hadjira

Sous la direction de :

Dr. MANSOURI Ahmed

Membres du jury :

M. DAICHE Motie, président
M. AINI Aissa, examinateur

Remerciements

Nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant, de nous avoir donné la foi et les aptitudes physiques et mentales pour l'accomplissement de ce travail.

Toute notre gratitude va vers notre directeur de mémoire Docteur MANSOURI Ahmed, pour avoir bien voulu diriger et encadrer ce travail de recherche, pour sa disponibilité, sa patience et ses orientations judicieuses.

Nous tenons à remercier avec la plus grande gratitude Monsieur DAICHE Motie, de l'honneur qu'il nous fait d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nous remercions également Monsieur AINI Aissa, d'avoir accepté de se joindre à ce jury en tant qu'examineur.

Nos remerciements vont à tout le Corps enseignant et administratif du département d'architecture de Bejaïa qui a participé à notre formation et notre réussite.

Nous remercions Docteur KACHA Lemya, enseignante au département d'architecture de Batna ainsi que Monsieur ABDESSEMED Mohamed Abdelghani pour l'aide inestimable qu'ils nous ont apporté.

De même, nous remercions Mme OUARETH, M. BOUFASSA, M. BOUNOUNI et M. AMIR, enseignants au département d'architecture de Bejaïa pour l'aide qu'ils nous ont apporté dans ce mémoire de recherche.

Nous remercions tous nos enseignants en atelier, Mme BENNATIA, Mme BABOURI, Mme OUARETH, qui nous ont transmis leur passion pour l'architecture.

Nos remerciements vont vers notre encadreur pour notre projet atelier de fin de cycle Monsieur ATTAR Abdelghani, pour sa confiance et ses conseils judicieux.

Nous remercions vivement tous nos camarades de la promotion 2017-2018 avec lesquels il y a eu un climat d'échange et d'entraide, ainsi que les étudiants des anciennes promotions qui nous ont toujours encouragés.

Nous remercions toute personne ayant participé de prêt ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

« A cœur vaillant rien d'impossible .A conscience tranquille tout est accessible .Quand il y a la soif d'apprendre .Tout vient à point à qui sait attendre ». Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents : Ma chère mère et mon cher père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices consentis pour mon éducation et ma formation.

A ma très chère sœur Lamia, Mon beau-frère Mouloud ainsi qu'à ma chère nièce Nelya Anais et mon cher neveu Aylan Axel, pour le soutien indéfectible qu'ils me témoignent au quotidien.

A mon cher frère Sofiane qui m'a toujours soutenu et pour lequel je dois beaucoup dans ma réussite et ma personnalité.

A toute la famille AMEUR, LAIMECHE et la famille TRACHI ; plus particulièrement ma meilleure amie TRACHI Souhila.

A tous mes amis et mes camarades ; spécialement mon binôme OUACHOUR Hadjira et sa famille.

A tous ceux qui m'ont aidé de prêt ou de loin. MERCI.

Lydia.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce présent travail

A ma très chère mère

Honorable, aimable, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi .Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.

A mon père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

A mon frère Idir

Qui m'a toujours soutenu et encouragé, je ne pourrais jamais oublier l'affection et l'hospitalité avec laquelle il m'a entouré.

A mes chères sœurs

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Mes fidèles compagnons dans les moments les plus délicats de cette vie

A mes cousins et cousines

*En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère. Sans oublier toute la famille **OUACHOUR** et **SMAILI***

A mes nièces et mes neveux

Qui ont su me redonner le sourire même dans les situations les plus délicates.

A Mes amis

*Chafia,tayakout,kahina ,Tiziri,Zahra,Kenza,Fatiha,Nedjima,Tina ,Amel ,Khadija , Litissia ,Yasmina, Younes , Djallal,Moh,Karim ,Ali ,Ahcen ,Oussama ,Smail.
Présents dans tous mes moments, par leurs soutiens moraux et leurs belles surprises sucrées.*

A mon cher binôme Lydia

Pour la patience, la tolérance et pour les bons moments qu'on a partagé ainsi qu'à toute sa famille.

Hadjira

Résumé

Le présent travail fait le projet de réduire, un tant soit peu, une incompréhension relative à la croissance des quartiers auto-construits spontanés.

Il se compose de deux grandes phases. La première a pour but la définition de l'identité morphique à travers une analyse de la géométrie fractale de certains tissus choisis au sein de la ville de Bejaïa. La vérification des hypothèses relatives à la spécificité morphique de ces tissus, constitue l'objet de la seconde phase.

Les résultats de l'étude comparative entre les tissus auto-construits spontanés et les tissus planifiés, montrent que les quartiers auto-construits spontanés possèdent une identité morphique distincte qui reflète l'existence d'éléments formels spécifiques constituant un système morphique. Du point de vue fractal, ces tissus montrent une morphologie surfacique moins homogène, avec une complexité interne importante se traduisant, dans certains cas, par une forme non géométrique des îlots et par des lacunes qui hiérarchisent le tissu dans d'autres cas. Les tissus auto-construits spontanés, restent néanmoins caractérisés par une compacité élevée.

Cette étude représente un travail initial qui sera la base pour d'autres futures recherches, couvrant d'autres villes algériennes et touchant à d'autres aspects formels à l'échelle urbaine.

Mots clés

Morphologie urbaine, géométrie fractale, analyse fractale, tissu urbain, auto-construction.

Abstract

The present work makes the project of reducing, a little bit, a misunderstanding relative to the growth of spontaneous self-building neighborhoods.

It consists of two major phases. The first aims at defining morphic identity through an analysis of the fractal geometry of selected tissues within the city of Bejaia. Verification of the hypotheses relating to the morphic specificity of these tissues constitutes the object of the second phase.

The results of the comparative study between self-constructed spontaneous tissues and planned tissues show that self-constructed spontaneous neighborhoods possess a distinct morphic identity that reflects the existence of specific formal elements constituting a morphic system. From the fractal point of view, these tissues show a less homogeneous surface morphology, with an important internal complexity resulting, in some cases, by a non-geometric shape of the islets and by gaps which prioritize the tissue in other cases. Self-constructed spontaneous tissues nevertheless remain characterized by a high compactness.

This study represents an initial work that will be the basis for other future research, covering other Algerian cities and touching other formal aspects at the urban scale.

Keywords: Urban morphology, fractal geometry, fractal analysis, urban fabric, self-construction.

ملخص

العمل الحالي يجعل مشروع الحد ، قليلا ، من سوء الفهم بالنسبة لنمو الأحياء التلقائية الذاتية. وهو يتكون من مرحلتين رئيسيتين. تهدف الأولى إلى تحديد الهوية المورفولوجية من خلال التحليل الفراكتالي لأنسجة مختارة داخل مدينة بجاية. التحقق من الفرضيات المتعلقة بالهوية المورفولوجية لهذه الأنسجة يشكل الهدف من المرحلة الثانية.

تظهر نتائج الدراسة المقارنة بين الأنسجة التلقائية التي شيدت ذاتيا والأنسجة المخطط لها أن الأحياء العفوية ذات البناء الذاتي تمتلك هوية مورفولوجية متميزة تعكس وجود عناصر رسمية محددة تشكل نظامًا مورفيًا. من وجهة النظر الفراكتالية ، تظهر هذه الأنسجة مورفولوجية سطحية أقل تجانسًا ، مع تعقيد داخلي مهم ينتج ، في بعض الحالات ، عن شكل غير هندسي من الجزر والفجوات التي تعطي الأولوية للأنسجة في حالات أخرى. الأنسجة التلقائية الذاتية البناء ، ومع ذلك لا تزال تتميز بكثافة عالية. تمثل هذه الدراسة عملاً مبدئيًا سيكون أساسًا لأبحاث مستقبلية أخرى تغطي المدن الجزائرية الأخرى وتلامس الجوانب الرسمية الأخرى على المستوى المدني.

الكلمات المفتاحية:

المورفولوجيا العمرانية. الهندسة الفراكتالية. التحليل الفراكتالي. النسيج العمراني. الأنسجة التلقائية الذاتية.

SOMMAIRE

Introduction Générale

| | |
|---|----|
| I. Introduction..... | 15 |
| II. Problématique | 16 |
| III. Hypothèses..... | 16 |
| IV. Objectifs..... | 17 |
| V. Méthodologie de travail | 17 |
| VI. Le cas d'étude (la ville de Bejaia) | 18 |
| VII. Structure du mémoire | 19 |

Chapitre I : qu'est-ce que la morphologie urbaine ?

| | |
|--|----|
| 1.Introduction..... | 20 |
| 2. Qu'est-ce que la morphologie urbaine | 20 |
| 2.1. Définitions..... | 20 |
| 2.2. Origines de la morphologie urbaine..... | 22 |
| 2.3. La portée méthodologique de la morphologie urbaine..... | 26 |
| 2.3.1.L'analyse typo-morphologique urbaine..... | 28 |
| 2.3.1.1. Les écoles de la typo-morphologie | 28 |
| 2.3.1.2. Objectifs de l'approche..... | 29 |
| 2.3.2. Les analyses morphologiques mathématiques..... | 30 |
| 2.3.2.1 La morphologie mathématique..... | 30 |
| 2.3.2.2 La spacesyntax..... | 32 |
| 2.3.2.3 La morphométrie..... | 34 |
| 2.3.2.4 La géométrie fractale | 36 |
| Conclusion..... | 36 |

Chapitre II :qu'est-ce que la géométrie fractale ?

| | |
|---|----|
| 1. Introduction..... | 37 |
| 2. Qu'est-ce qu'une géométrie fractale ?..... | 37 |
| 2.1. Définitions..... | 37 |
| 2.2. La théorie fractale..... | 39 |
| 2.3. Les objets fractale..... | 39 |
| 3. Géométrie fractaleurbaine..... | 40 |
| 3.1. Définitions..... | 40 |
| 3.2. Les potentialités théoriques de la géométrie fractale urbaine..... | 40 |
| 3.3. Les caractéristique de la fractale | 41 |
| 3.4. Exemple fractale..... | 42 |
| 3.4.1. Fractales déterministes | 42 |
| 3.4.2. Fractales statistiques | 45 |
| 3.5. Les modèles théoriques fractales..... | 46 |
| 3.5.1. Le tapis de Sierpinski | 46 |
| 3.5.2. La poussière de Fourier | 47 |
| 3.5.3. Letéragone... .. | 48 |
| 3.5.4. Modèles mixtes..... | 48 |

| | |
|--|----|
| 3.5.5. Modèle multifractale..... | 50 |
| 3.5.6. Fractales aléatoires..... | 51 |
| 4. Mesurer la morphologie urbaine à partir de la géométrie fractale urbaine..... | 51 |
| 4.1. La dimension fractale..... | 52 |
| 4.2. La dendricité des bordures urbaines..... | 54 |
| 5. Les méthodes d'analyse..... | 54 |
| 5.1. Méthodes d'analyse globales..... | 55 |
| 5.1.1. Analyse du quadrillage..... | 55 |
| 5.1.2. Analyse de dilatation..... | 56 |
| 5.1.3. Analyse de corrélation..... | 67 |
| 5.1.4. Analyse gaussienne..... | 58 |
| 5.1.5. Analyse multi-fractale..... | 58 |
| 5.2. Méthode d'analyse locale..... | 59 |
| 5.2.1. Analyse radiale..... | 59 |
| 5.3. Analyse des bordures urbaines..... | 59 |
| 5.3.1 La dendricité et la fragmentation des bordures urbaine..... | 60 |
| 5.3.2 L'indice de dendricité..... | 60 |
| 5.3.3 L'indice de fragmentation..... | 60 |
| 5.3.4 L'indice de rugosité..... | 61 |
| 6. La pertinence des méthodes d'analyse..... | 61 |
| Conclusion..... | 62 |

Chapitre III : le corpus : « Takliet, Targa Ouzemour, Ancienne ville, La Plaine, Sid Ali Labhar »

| | |
|---|----|
| 1. Introduction..... | 64 |
| 2. Présentation du cas d'études..... | 64 |
| 2.1. Situation du cas d'études..... | 64 |
| 2.2. L'historique de la ville de bejaia..... | 65 |
| 2.2.1. La période précoloniale..... | 65 |
| 2.2.2. La période colonial..... | 68 |
| 2.2.3. La période post coloniale..... | 69 |
| 3. Le tissu urbain..... | 71 |
| 4. Types de quartiers..... | 71 |
| 4.1. Les quartiers Traditionnel..... | 71 |
| 4.1.1. Le quartier BabElouz..... | 71 |
| 4.2. Les quartiers planifiés..... | 72 |
| 4.2.1. Le quartier colonial « Ancienne ville »..... | 72 |
| 4.2.2. Le quartiers de la plaine..... | 73 |
| 4.2.3. Les quartiers Sid Ali Labhar..... | 74 |
| 4.3. Les quartiers auto-construits spontanés..... | 75 |
| 4.3.1. Définition..... | 75 |
| 4.3.2. Les quartiers auto-construits spontanés choisis..... | 75 |
| 4.3.2.1. Le quartier de Tkliet..... | 76 |
| 4.3.2.2. Le quartier de TargaOuzemour..... | 77 |

Chapitre IV : L'identité morphique des tissus auto-construits spontanés

| | |
|--|------------|
| 1. Introduction | 78 |
| 2. Déterminer l'identité morphique des tissus auto-construits spontanés | 78 |
| 2.1. L'analyse fractale des tissus auto-construits spontanés | 79 |
| 2.1.1. Le degré d'homogénéité | 79 |
| 2.1.2. Le degré d'hierarchie | 79 |
| 2.1.3. Le degré de complexité | 80 |
| 2.1.4. Le degré compacité | 80 |
| 2.1.5. Le degré dendricité | 81 |
| 2.1.6. Le degré de rugosité | 82 |
| 3. L'identité morphique distinctive des tissus auto-construits spontanés | 83 |
| 3.1. L'analyse fractale des tissus planifiés | 83 |
| 3.1.1. Le degré d'homogénéité..... | 83 |
| 3.1.2. Le degré d'hierarchie | 84 |
| 3.1.3. Le degré de complexité | 85 |
| 3.1.4. Le degré compacité..... | 85 |
| 3.1.5. Le degré dendricité | 85 |
| 3.1.6. Le degré de rugosité | 85 |
| 4. Étude comparative entre les tissus auto-construits spontanés et les tissus planifiés | 87 |
| 4.1. Le degré d'homogénéité, d'hierarchie et de complexité | 87 |
| 4.4. Le degré compacité | 88 |
| 4.5. Le degré dendricité des bordures | 90 |
| 4.6. Le degré de rugosité | 91 |
| 5. La comparaison des résultats de l'analyse des deux villes (Bejaia et Batna) | 93 |
| 5.1. La comparaison des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia et Batna) | 93 |
| 5.1.1. Le degré d'homogénéité, d'hierarchie et de complexité | 93 |
| 5.1.2. Le degré compacité | 95 |
| 5.1.3. Le degré dendricité des bordures | 96 |
| 5.1.4. Le degré de rugosité | 97 |
| 5.2. La comparaison des tissus planifiés des deux villes (Bejaia et Batna) | 99 |
| 5.2.1. Le degré d'homogénéité, d'hierarchie | 99 |
| 5.2.2. Le degré de complexité | 100 |
| 5.2.3. Le degré compacité | 101 |
| 5.2.4. Le degré dendricité des bordures | 101 |
| 5.2.5. Le degré de rugosité | 102 |
| Conclusion | 104 |
| | |
| Conclusion Générale | 106 |
| Bibliographie | 109 |

Liste des figures

| | |
|--|----|
| Figure 01: La structure du mémoire. | 19 |
| Figure 02: Les différents types d'isovist (I) à partir d'un point P..... | 25 |
| Figure 03 : Schéma de la portée méthodologique de la morphologie urbain | 26 |
| Figure 04 : schéma des différents types d'analyses morphologiques mathématiques..... | 30 |
| Figure 05 : quelques exemples d'éléments structurants. | 31 |
| Figure 06 : Carte axiale de la petite ville française dans la région du Var. | 34 |
| Figure 07 : Carte convexe d'une ville française dans la région du Var) | 34 |
| Figure 08 : les caractéristiques principales de base d'une fractale. | 42 |
| Figure 09: Les itérations de la courbe triadique de Von Koch. | 42 |
| Figure 10 : île de Koch après trois itérations..... | 43 |
| Figure 11 : Construction des trois premières itérations d'un ensemble de Mandelbrot-Given..... | 43 |
| Figure 12 : Itération du tamis de Sierpinski formé de triangles pleins..... | 44 |
| Figure 13 : Itération d'un tapis de Sierpinski. | 44 |
| Figure 14 : Construction d'une fractale déterministe non uniforme..... | 44 |
| Figure 15 : Fractale statistique homogène..... | 45 |
| Figure 16 : Fractale statistique hétérogène. | 45 |
| Figure 17 : Les trois premières étapes de construction d'un tapis de Sierpinski et le système d'emboîtement d'échelles des parties vides, illustré pour la troisième étape. | 46 |
| Figure 18 : Deux poussières de Fournier en deuxième Étape d'itération | 47 |
| Figure 19 : Particularités entre le tapis de Sierpinski et la poussière de Fourie | 47 |
| Figure 20 : Téragone..... | 48 |
| Figure 21 : Combinaison de deux logiques (Poussière de Fournier + Tapis de Sierpinski)..... | 49 |
| Figure 22 : Un téragone entouré d'îles et troué par des lacunes : la figure montre une partie de la fractale obtenue en deuxième étape d'itération..... | 49 |
| Figure 23 : Comparaison entre les différents modèles théoriques fractals. | 50 |
| Figure 24 : Modèles Multi fractals. | 50 |
| Figure 25 : Fractale aléatoire. | 50 |
| Figure 26 : La dendricité des bordures. | 51 |
| Figure 27: L'analyse du quadrillage. | 56 |
| Figure 28 : Analyse de dilatation d'un tissu urbain. | 57 |
| Figure 29 : Le principe de l'analyse de corrélation. | 57 |
| Figure 30 : À gauche : le principe de l'analyse de corrélation ; À droite : une bordure urbaine et une étape de lissage d'une analyse gaussienne. | 58 |

| | |
|---|----|
| Figure 31: Exemple d'extraction de la bordure. | 59 |
| Figure 32 : Analyse par Fractalyse d'un tissu urbain post traité. | 62 |
| Figure 33: La situation de la ville de Bejaia | 64 |
| Figure 34: Bejaia Comptoir Phénicien | 65 |
| Figure 35: Bejaia ville Romaine | 66 |
| Figure 36: Bejaia ville Hammadide | 67 |
| Figure 37: Bejaia ville Espagnole | 67 |
| Figure 38: Bejaia villed'intervention intra-muros | 68 |
| Figure 39: Bejaia époque française (1958-1962)..... | 69 |
| Figure 40: Evolution de la ville de Bejaia. | 70 |
| Figure 41: Quartier de Bab Elouz | 72 |
| Figure 42: Quartier Ancienne ville. | 73 |
| Figure 43: Quartier de la Plaine. | 74 |
| Figure 44: Quartier de Sid Ali Labhar. | 74 |
| Figure 45: Quartier de Takliet | 76 |
| Figure 46: Les habitations auto-construites de quartier de Takliet | 76 |
| Figure 47: Quartier de Targa Ouzemour. | 77 |
| Figure 48: Les habitations auto-construites de quartier de Targa Ouzemour | 77 |
| Figure 49: Les lacunes au sein des quartiers de Targa Ouzemour et de Takliet. | 81 |
| Figure 50: Les tissus planifiés | 83 |
| Figure 51: Les lacunes au sein des tissus auto-construits des deux villes) | 96 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau 1: Les images d'agrégats des tissus « Takliet et Targa Ouzemour ». | 81 |
| Tableau 2: Résumé des résultats issus des analyses fractales des tissus auto-construits spontanés. | 82 |
| Tableau 3: Les résultats morphiques fractales des tissus planifiés. | 86 |
| Tableau 4: Les moyennes des dimensions fractales et des facteurs de forme. | 88 |
| Tableau 5: Classement des tissus selon le degré de compacité, du plus compact au plus lâche | 89 |
| Tableau 6: Classement de la dimension fractale de corrélation de la bordure des différents tissus étudiés. | 90 |
| Tableau 7: Les résultats morphiques fractales des tissus planifiés et Auto-construits. | 92 |
| Tableau 8: Résumé des résultats issus des analyses fractales des tissus auto-construits spontanés des deux villes | 94 |
| Tableau 9: Le degré de complexité des tissus auto- construits spontanés des deux villes | 95 |
| Tableau 10: Le degré de compacité des tissus auto- construits spontanés des deux villes | 95 |
| Tableau 11: Le degré de dendricité des tissus auto- construits spontanés des deux villes. | 96 |
| Tableau 12: Le degré de rugosité des tissus auto- construits spontanés des deux villes | 97 |
| Tableau 13: Les résultats morphiques fractales des tissus Auto-construits des deux villes | 98 |
| Tableau 14: Résumé des résultats issus des analyses fractales des tissus planifiés des deux villes | 100 |
| Tableau 15: Le degré de complexité des tissus planifiés des deux villes. | 101 |
| Tableau 16: Le degré de compacité des tissus planifiés des deux villes | 101 |
| Tableau 17: Le degré de compacité des tissus planifiés des deux villes | 102 |
| Tableau 18: Le degré de rugosité des tissus planifiés des deux villes | 102 |
| Tableau 19: Les résultats morphiques fractales des tissus planifiés des deux villes | 103 |

Liste des graphiques

| | |
|---|----|
| Graphique 1: Courbes des comportements scalants issues des analyses de corrélation tissus « Takliet et Targa Ouzemour » | 79 |
| Graphique 2: Courbes des comportements scalant issues des analyses de corrélation des tissus planifiés. | 87 |
| Graphique 3: Comparaison entre les moyennes des Dcorr des deux tissus auto-construits spontanés et planifiés | 91 |
| Graphique 4: Comparaison des tissus auto-construits spontanés avec ceux planifiés selon le nombre d'itération | 92 |
| Graphique 5: Comparaison entre la moyenne des indices de dendricité des tissus auto-construits spontanés et des tissus planifiés. | 93 |
| Graphique 6: Classement des tissus selon leurs indicateurs synthétiques de rugosité | 94 |

INTRODUCTION GENERALE

1. INTRODUCTION

La ville est considérée comme un objet physique et spatial qui nécessite l'analyse et la compréhension avant de pouvoir prendre place dans un schéma plus large qui prend en compte des facteurs historiques ,politique , culturels et sociologiques. « *La ville est aujourd'hui à la fois territoire et unité de vie collective, milieu et enjeu, cadre physique et noeud de relations entre les êtres sociaux* » (Cosinschi et Racine,1998).

Devant la poussée démographique et l'urbanisation accélérée, les villes algériennes continuent à connaître une croissance « *spatiale qui s'exprime par la juxtaposition de deux aires urbaines, l'une dite structurée et produite dans le cadre officiel, l'autre informelle* ». (Hafiane, 1989)

Elles connaîtront alors l'apparition de tissus urbains amorphes et fragmentés, ce caractère répulsif est du a des ruptures politiques, historiques et a une multitude de facteurs qui existent et se superposent dans un même espace.

A ce propos, la ville de Bejaia n'a pas échappé à ce mouvement. Le processus de dynamiques urbaines motivé par des forces motrices endogènes et exogènes, liées d'une part aux tendances urbaines favorisées à l'échelle nationale et aux potentialités locales d'autre part, engendre une croissance spatiale hétérogène.

Dans ce regard, l'étude de la morphologie des villes pourrait donc contribuer à trouver des indices de l'existence de principes d'ordre. Comme il s'agit de phénomènes spatiaux, il paraît nécessaire de le développer sur la base d'une nouvelle vision géométrique, des modèles de référence qui permettent de mieux comprendre l'organisation des systèmes en question, dans notre cas celle de l'espace urbain. Une telle approche est la géométrie fractale.

Avec la multiplication des systèmes d'information géographique dans les domaines de la gestion urbaine et du cadastre, au cours des années 1990, il est devenu possible de dériver des données de plans numériques et de travailler sur la fractalité des morphologies urbaines à des échelles bien plus grandes. L'utilisation de ces données ouvre un nouveau champ d'investigation aux travaux sur la fractalité des structures urbaines, en permettant l'analyse de mesures physiques beaucoup plus précises.

Dorénavant, les détails architecturaux et urbains peuvent être pris en compte dans les analyses et peuvent contribuer à une meilleure connaissance formelle de la ville.

2. PROBLEMATIQUE

La ville est un système complexe et dynamique, Considérée comme un ensemble morphologique, historique, social et culturel différencié. Cette étude, considérera la ville comme un objet, comme un ensemble d'artefacts. Elle s'intéresse donc prioritairement au bâti physique, aux tissus urbains, à leurs morphologies et leurs formalisations et spatialisation. Face à la vigueur et la rapidité des transformations urbaines dans nos villes et quartiers, il est important de contribuer à la compréhension et à la connaissance des villes algériennes en général .Il ne projète pas de limiter les systèmes urbains à leurs réalités morphiques, mais il considère la morphologie urbaine comme une base théorique à élargir en fonction des autres facteurs qui influencent l'espace urbain. Cette étude espère pouvoir explorer en particulier la logique morphique des quartiers auto-construits spontanés, au sein des villes algériennes. Il s'avère alors indispensable de présenter dans quel sens notre intention de recherche va être orienté à travers les questions suivantes :

- a) Quelle est la logique morphique de ces quartiers ?
- b) Et quel est le sens de cette logique morphique ?

3. HYPOTHESES

Cette réflexion nous a poussées à poser les hypothèses suivantes :

- Les quartiers auto-construits spontanés possèdent une identité morphique urbaine distincte.
- Les lois morphiques constituent la logique morphique du système. Celui-ci est potentiellement connaissable et modélisable via les théories morphologiques et les outils d'analyse.

4. OBJECTIFS

Partant de ses hypothèses, de son objet et de son projet de connaissance, le présent travail s'assigne pour objectifs de :

- Définir l'identité morphique des quartiers auto-construits spontanés de la ville de Bejaïa.
- Contribuer à l'élaboration d'outils d'analyse morphologique, adaptés aux quartiers auto-construits spontanés de la ville de Bejaïa.
- Contribuer à la constitution d'une connaissance, véritablement scientifique, des quartiers auto-construits spontanés des villes algériennes.
- Contribuer, à terme, à la connaissance et à la compréhension du phénomène urbain algérien.

5. METHODOLOGIE

Se situant au sein du paradigme de la science des formes, ce travail s'interroge sur la nature et l'origine des formes des quartiers auto-construits spontanés. Il s'interroge sur l'existence de lois inhérentes qui seraient à l'origine des ressemblances et des dissemblances qui les caractérisent. Cette étude est issue des théories scientifiques de l'architecture et de l'urbanisme. Elle limite et simplifie les questionnements. Et se focalise principalement sur un objet de connaissance particulier par le biais d'une méthodologie claire et définie.

Elle s'inscrit par ailleurs, dans l'univers de l'épistémologie constructiviste le paradigme de la complexité qui donne une prépondérance à la compréhension des phénomènes sur leur explication. D'où l'ordre des priorités qu'elle adopte, en allant de la compréhension/modélisation vers l'explication.

Ce paradigme, issu de l'alliance de l'architecture, de l'urbanisme et des mathématiques, dont les précurseurs sont des philosophes tels que Focillon et Merleau-Ponty(1983), « s'articule autour de trois propositions qui sont d'ailleurs liées:

- Le but premier de la recherche urbaine doit être la forme physique et spatiale de l'objet urbain lui-même;
- Il doit y avoir une discipline analysant la forme urbaine, aspirant à des critères scientifiques, avant qu'il puisse y avoir une pratique normative rigoureuse de la planification urbaine;
- L'approche morphologique conduit à la réintégration (...) de l'urbanisme à des niveaux de planification qui généralement se dessinent selon deux axes, à savoir le niveau ou s'articule le bâtiment et le quartier immédiat d'une part et le quartier immédiat et la forme de la ville, dans son ensemble, d'autre part. » (Hillier B., 1987).

La géométrie fractale est une méthode d'analyse morphologique qui permet d'étudier et de classer les tissus urbains, à travers l'étude de leurs surfaces et de leurs bordures urbaine. Elle propose une large palette de méthodes d'analyse « Analyse de corrélation, de dilation, radiale etc. » et de mesures qui offrent plusieurs informations sur le tissu analysé et qui permettent de comprendre sa logique et de mesurer son identité morphique. Ces méthodes d'analyses seront choisies en fonction de leurs pertinences et de leur stabilité.

Le travail sera conduit par le biais du logiciel « FRACTALYSE » pour l'analyse des tissus urbains, après traitement des tissus via « ARCHICAD », Développé au sein de l'équipe "Ville, Mobilité, Territoire" du laboratoire ThéMA, le logiciel Fractalysé s'inscrit dans les travaux menés depuis plusieurs années par Pierre Frankhauser et plus récemment Cécile Tannier sur l'analyse morphologique des villes par la géométrie fractale. Fractalysé a été initialement développé pour estimer la dimension fractale de la surface bâtie des villes. Il permet le calcul des descripteurs fractals (la dimension fractale, le comportement scalant, l'extraction de la bordure totale ou de l'enveloppe d'une image, le nombre d'agrégats le nombre de lacunes).

6. LE CORPUS : « Takliet, Targa Ouzemour, Ancienne ville, La Plaine, Sid Ali Labhar »

Ce travail prend pour corpus des quartiers auto-construits situés dans la ville de Bejaïa. Celle-ci, comme la majorité des villes algériennes, dispose d'un important parc immobilier auto-construit. Toutefois, cette étude se limite aux quartiers auto-construits spontanés de la ville.

Autrement dit, elle ne prend en considération que les quartiers entièrement auto-construits, à tous les niveaux, autant urbain qu'architectural, sans intervention aucune ni des pouvoirs publics, ni des architectes ni des autres institutions de régulation ou de planification. Cette limitation est dictée par la nature du projet, qui s'intéresse à la logique morphique « urbaine » des quartiers auto-construits.

7. STRUCTURE DU MEMOIRE DE RECHERCHE :

Selon le projet de recherche présenté dans ce chapitre introductif, ce mémoire s'articule autour de cinq (04) chapitres :

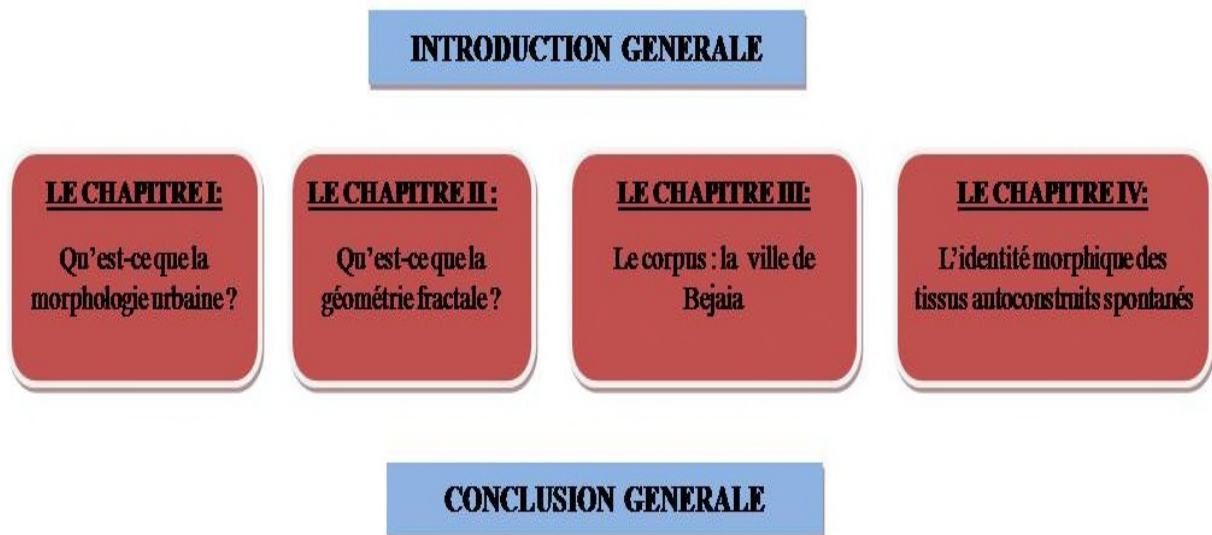


Figure 01 : La structure du mémoire.
(Source : Auteur 2018).

CHAPITRE I :
QU'EST-CE QUE LA MORPHOLOGIE
URBAINE ?

1. Introduction

Ce chapitre se penche sur la définition de la morphologie urbaine et architecturale, son historique et ses différentes approches et ce pour pouvoir choisir la méthode d'analyse qui répond le plus aux objectifs de ce travail. Plusieurs approches morphologiques développées à ce jour, ont participé chacune selon leurs objectifs dans l'analyse des systèmes architecturaux et urbains.

2. Qu'est-ce que la morphologie urbaine

2.1. Définitions

Le terme " morphologie " n'est pas uniquement synonyme de « *forme ou structure* »¹. La morphologie désigne dans un premier temps « *l'étude de la quantité, de la forme, de la répartition et de la proximité des éléments d'une structure macro- ou micrographique* »².

Ces éléments en question peuvent être un objet physique (une anatomie, une organisation, un produit,...) ou un objet mental (concepts, idées, etc....).

Cette diversité des objets traités fait qu'elle soit répondue dans plusieurs domaines ; ainsi on peut retrouver une morphologie en biologie, en linguistique, en sociologie, mais aussi en géomorphologie³. Dans toutes ces disciplines, elle forme un socle sur lequel ont été bâti des travaux théoriques qui structurent beaucoup de savoirs.

De ce fait, la morphologie se rattache également à la géographie urbaine et à l'architecture. Elle est adoptée ensuite par les urbanistes sous le nom de la morphologie urbaine.

La morphologie urbaine est « *l'étude de la forme physique de la ville, de la constitution progressive de son tissu urbain et des rapports réciproques des éléments de ce tissu qui définissent des combinaisons particulières, des figures urbaines (rues, places et autres espaces publiques...)* » (Allain, 2004).

¹Le trésor de la langue française informatisé.

²Dictionnaire de français Larousse.

³ Science de la terre.

Elle ne considère que les formes de l'environnement urbain, ignorant ainsi les phénomènes sociaux. Elle a «*Une certaine autonomie des formes et une logique intrinsèque de l'espace, qui rétroagit sur la société avec un décalage temporel*» (Ducom, 2007).

Selon Françoise Choay (1988), la morphologie urbaine est : «considérée non comme une discipline, mais comme un champ d'étude et de connaissance, dans lequel sont présents plusieurs systèmes conceptuels et théoriques s'appuyant sur des bases philosophiques diverses.

C'est une étape du chemin vers une connaissance plus pertinente de l'urbain et plus fondamentalement, de la spatialité humaine, mais aussi une simplification, une réduction à une dimension épistémologique constituant celle de la forme ».

Lévy (2005) dans son livre "Formes urbaines et significations : revisiter la morphologie urbaine" explique que « l'objet principal de la morphologie est de permettre la lecture de la ville en comprenant l'évolution de la forme urbaine. Cette dernière constitue un objet d'étude construit à partir d'une hypothèse de définition, d'une représentation et d'un point de vue sur la forme » avant de poursuivre « la forme urbaine est une notion polymorphe qui peut être saisie de différents aspects selon le point de vue pris par chaque urbaniste et la définition adoptée. En croisant les différents points de vue. ».

S'agissant de la forme urbaine qui est l'objet principal de la morphologie urbaine, elle est polymorphique⁴ et polysémique⁵, d'une complexité due à la diversité des registres de forme, et de sens. Elle présente, en outre, un caractère systémique⁶ et tend à produire la forme unitaire globale de la ville.

Lévy(2005) a distingué cinq approches ou registres de la forme urbaine présentés ci-dessous.

- L'approche de la forme urbaine comme forme des " paysages urbains ", pour laquelle l'espace urbain est saisi visuellement (couleur, style, etc.) dans sa tridimensionnalité (volumétrie et gabarits) et dans son style architectural (mouvement moderne ou high-tech par exemple). (Lynch, 1960 ; Castex et al.1980).

⁴Relatif à la polymorphie : caractérise la capacité à se présenter sous différentes formes.

⁵En linguistique, se dit d'un mot ayant plusieurs sens

⁶Relatif à un système dans son ensemble

- L'approche de la forme urbaine comme " forme sociale ", pour laquelle l'espace urbain est étudié dans son occupation par les divers groupes sociaux, démographiques, ethniques ou religieux. (GrafmeyeretJoseph, 1984 ; Roncayolo, 1996).
- L'approche de la forme urbaine comme " forme des tissus urbains ", qui consiste à étudier les corrélations entre les éléments composant l'espace urbain (parcellaire, voiries, rapport espaces libres/espaces bâtis et morphologie des îlots par exemple). (Panerai et langé, 2001).
- L'approche de la forme urbaine comme " forme des tracés ". Cette approche renvoie à la forme géométrique du plan de la ville (plan organique, plan en damier ou plan radioconcentrique par exemple). (Pinon, 1994 ; Lévy, 1996).
- L'approche de la forme urbaine comme " forme bioclimatique ", pour laquelle la forme urbaine est traitée dans sa dimension environnementale, comme microclimat urbain, tant dans ses variations géographiques par quartier, que dans sa diversité liée aux types de tissu (ouvert, fermé, vertical), selon l'orientation (héliothermique), selon le site. (eau, relief, végétation). (Escourrou, 1980 ; Escourrou, 1991).

Toutes les définitions énoncées ci-dessus prouvent que la réflexion sur la morphologie urbaine est très vaste. L'analyse de ces définitions permettent de dire qu'elles mettent toutes l'accent sur :

- **La forme physique et la structure de la ville ;**
- **Le facteur temps ;**
- **L'étude systématique des formes urbaines.**

2.2. Origines de la morphologie urbaine :

Il s'agit de préciser des concepts, de clarifier la genèse de ce courant, d'en examiner le contenu théorique et les apports méthodologiques de l'approche morphologique.

Pierre Merlin⁷ a fait un brassage historique voir épistémologique par rapport au concept :

- L'approche morphologique fut un objet de recherche pour les géographes français et allemands durant l'entre-deux-guerres.

Dans les années 1940 : elle fut adoptée par des historiens de la ville, en particulier Pierre Lavedan⁸, théoricien de l'urbanisme, qui fut le premier en Europe à proposer cette approche durant son enseignement à l'institut Parisien d'urbanisme dans une vision quasi-archéologique des formes urbaines. Il est suivi par Gaston Bardet. Elle n'a été prise en charge par les architectes qu'après la deuxième guerre mondiale en réponse aux critiques du mouvement moderne.

Dans les années 1950 : Les notions et concepts théoriques sur lesquels se fonde la méthode d'analyse morphologique remontent à l'école italienne de typologie. Son principal promoteur est l'architecte Saverio Muratori, qui permit le retour à une réflexion sur la forme de la ville ; afin de dépasser la notion de bâtiment comme objet isolé et amorcer une analyse concrète du tissu.

- Il a eut de nombreux disciples qui poursuivirent son travail et apportèrent à leur tour, de nouvelles théories de l'analyse morphologique de la ville. Ce fut notamment le cas de Gianfranco Caniggia (1963), Aldo Rossi (1966) et Carlo Aymonino (1968) ; ce dernier expérimenta les concepts de Muratori en les appliquant sur d'autres villes, Ils développèrent durant cette période la notion de type et l'associèrent à celle de la morphologie urbaine.
- Gianfranco Caniggia chercha à systématiser ce mode de lecture de la ville et à approfondir les notions de type et de typologie. Il conçut que la morphologie urbaine se réalise selon un processus d'expansion et d'agrégation de types élémentaires simples. Il se consacra à l'approfondissement de cette approche considérant que la lecture des processus de structuration fournit des instruments pour intervenir dessus.

(Borruey, 2007).

⁷ Merlin Pierre : géographe et urbaniste. Parmi ses ouvrages : « La morphologie vue par les experts internationaux; morphologie urbaine et parcellaire, villes en parallèle ».

⁸ Pierre Lavedan (1885-1982), un historien urbaniste français. Parmi ses ouvrages : « Qu'est-ce que l'urbanisme ? ». Il développa une histoire globale du phénomène urbain.

D'autres chercheurs ont élargi leurs investigations dans ce domaine. Ainsi les travaux de **Lynch** en **1960**, " l'approche cognitive : imagibilité " ont pu montrer que tout individu désirant s'orienter en ville, construit une image composite en s'aidant de ce que lui offre le paysage urbain : axes, places, carrefours, etc. La démarche suivie par Kevin Lynch met l'accent sur la dimension visuelle des perceptions des structures urbaines. Le point de départ de sa recherche s'articulait autour de la question de l'orientation. Kevin Lynch cherchait à comprendre comment l'espace urbain est « lu », comment interpréter les « messages » envoyés par ses formes et comment une image mentale peut elle se former (relation entre l'image et la forme). *«Pour beaucoup de gens, " les voies" sont les éléments prédominants de leur image. Les gens observent la ville quand ils y circulent, et les autres éléments de l'environnement sont disposés et mis en relations le long de ces voies.»* (Lynch ,1960).

Puis vint **Gordon Cullen** en **1961** avec le concept de "l'analyse picturale : vision sérielle" qui traite le paysage urbain comme une série d'espaces mis en relation via l'idée de la « vision sérielle ». Processus qui peut être enregistré séquentiellement au moyen de dessins ou de photographies. Cullen propose tout au long de son livre « The Concise Townscape » des situations urbaines qu'il décrit méticuleusement selon les effets de perception alors créés : continuité, ponctuation, étroitesse, fermeture, ouverture, mais aussi anticipation, mystère, nostalgie, etc. Sont également décrits avec précision les éléments du mobilier urbain : matériaux, revêtements des sols, bancs publics, haies et clôtures, emmarchements.

Dans les années 1970 : cette approche urbanistique fut adoptée, sous le nom de "approche descriptive et classificatrice" : typo-morphologie par de nombreux architectes chercheurs français, toujours en réaction aux « échecs » de la planification urbaine. Malgré une origine commune, les travaux qu'elle inspira furent divergents :

- Le groupe G.E.F.A.U avec Borie, Micheloni et Pinon chercha à théoriser d'une manière scientifique la question morphologique à l'échelle de la ville ;
- Bruno Fortier et son équipe de l'institut Français d'architecture s'intéressèrent plutôt aux tracés urbains et au parcellaire à l'échelle de l'édifice;
- L'équipe animée par André Chastel (Françoise Boudon, André Chastel, Cousy et Hamon) a mis en évidence dans le quartier des Halles, le rapport entre le parcellaire, la forme urbaine et l'architecture urbaine (système de l'architecture urbaine : quartier des Halles à Paris 1977) » (Malfroy, 1986);

- Enfin le groupe réuni autour de Jean Castex, Philippe Panerai et Jean-Charles De Paule travaillèrent dans le droit-fil de Rossi et Aymonino sur le couple typologie–morphologie. (Castex, 1977).

Benedikt en 1979 opte, quant à lui, pour la méthode des champs visuels avec l'utilisation de "l'analyse isovist"⁹. Il crée des cartes à partir des propriétés du champ visuel prises à différents points d'un plan. Il dessine les contours de secteurs visuels égaux dans ce plan et appelle la carte résultante un « isovist » du champ visuel. Pour Benedikt, l'isovist correspond au modèle de mouvement des gens et offrent des modèles de description morphologique des espaces architecturaux et urbains.

Benedikt définit l'isovist I d'un point P comme l'ensemble des points visibles à partir de ce point ; la condition de visibilité entre deux points étant que le segment de droite qui les relie n'intercepte aucun des cotés de la figure, obstacles compris (Fig. 01).

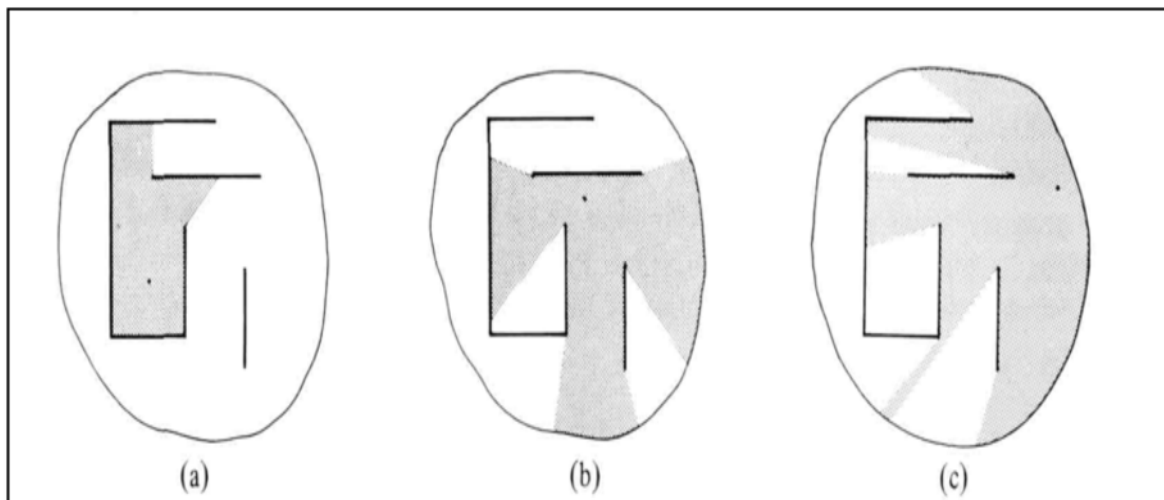


Figure 02: Les différents types d'isovist (I) à partir d'un point P.

(Source : M.L.Benedikt, 1979).

Quant à **Philippe Panerai**, il propose vers 1980 pour l'analyse des espaces urbains, une méthode qui consiste à diviser le parcours en plans. Chaque plan peut exprimer une configuration urbaine de symétrie ou de dissymétrie, d'ouverture, d'ondulation, de compétition, d'étranglement, de dérobee, de diaphragme, etc.

⁹Un isovist correspond à l'espace de visibilité d'un observateur dans un espace architectural ou urbain

La morphologie urbaine toucha aussi l'Espagne, notamment autour de la figure de Manuel de Sola-Morales et la grande Bretagne avec les travaux de **Bill Hillier** sur la morphologie socio-spatiale, qui considère comme une « *approche objective à visée scientifique dont la description mathématique est une technique de base* ». (Daas, 2012)

2.3. La portée méthodologique de la morphologie urbaine :

Sur le plan méthodologique, il y a une diversité de méthodes qui se réclament de l'approche morphologique urbaine et qui se divisent en deux grandes approches (Hassoun, 2010) :

- **Une approche physique :**

Elle examine la ville dans sa matérialité physique en vue de dégager les éléments caractéristiques et les logiques intrinsèques essentielles aux conformations urbaines ou architecturales étudiées moyennant des méthodologies d'analyse " traditionnelles " (qui se font à l'aide de représentations graphiques) et de " modélisation " (à l'aide des modèles de références et des programmes informatiques).

- **Une approche sociale :**

Elle met l'accent sur le rôle des facteurs économiques et sociaux dans la lecture de la ville (acteurs, emploi, populations, transport, gouvernance).

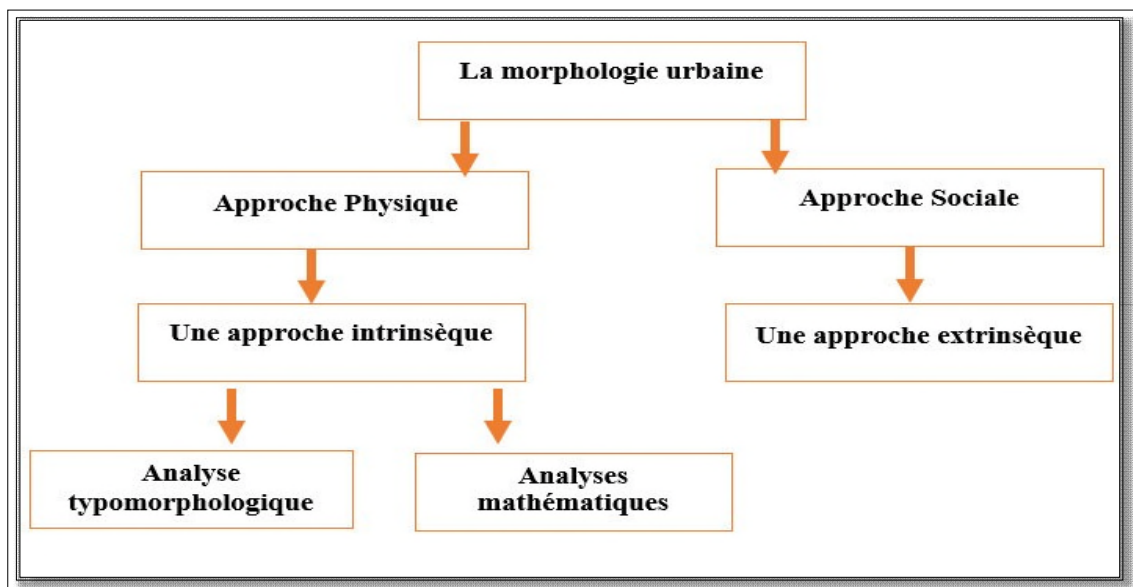


Figure03 : Schéma de la portée méthodologique de la morphologie urbaine.

(Source : Fekkous, 2012).

D'après Michael Robert **Günter Conzen**, l'un des célèbres pionniers de cette approche, le système morphologique se compose de trois éléments fondamentaux : le plan, le bâti, et l'usage du sol, ces derniers peuvent être détaillés en cinq composantes qui sont :

- **Le plan** : il peut être la forme globale d'une ville ou d'une partie de ville.
- **Le parcellaire** : c'est un système de partition de l'espace du territoire en un certain nombre d'unités foncières, les parcelles.
- **Le bâti (le tissu constructif)** : le système bâti regroupe l'ensemble des masses construites de la forme urbaine, quelle que soit leur fonction ou leur dimension.
- **L'utilisation du sol** : c'est l'occupation d'une parcelle par des formes particulières en évolution, il définit des ensembles fonctionnels (résidentiels, industriels, loisir...)
- **Le site** : c'est une partie intégrante de la forme urbaine, il se définit par la topographie, l'hydrographie et de la végétation. (Allain, 2004).

Pierre Lavedan de son côté, a étudié la structure de la ville selon les éléments suivants:

- **Le plan** : est déterminé par :
 - La topographie (les cours d'eau, les routes, les montagnes, les monuments...).
 - La trame urbaine (Échiquier; radio-centrique; organique...).
 - Les formes et les extensions (Géométrie, dimensions et sens de l'extension...).
- **Les espaces libres** : il a étudié la classification et la structure de ces espaces :
 - Les rues : classification et structure des rues.
 - Les places publiques : évolution et constitution des types de places et leur structure.
 - Les jardins : typologies de jardins (rues jardins, places jardins, et terrains de jeux).
- **La surface bâtie** : est analysée par :
 - La géométrie: occupation du sol, hauteur et échelle.
 - Agencement volumétrique: homogénéité et hétérogénéité.
 - Les techniques de construction.
- **La circulation** : où se déroule la vie urbaine. (Hassoun, 2009)

2.3.1. L'analyse Typo-Morphologique Urbaine

La typo-morphologie est : « *un ensemble de caractères organisés en un tout, constituant un instrument de connaissance par abstraction rationnelle et permettant de distinguer des catégories d'objets, d'individus et de faits.* »¹⁰

D'après Hassoun (2010), c'est « *une figure essentielle d'un bâti qui décrit de façon générique ses dispositifs fonctionnels, son expression figurale d'ensemble et son ancrage au sol (parcelle) à un moment de son parcours dans le temps. Le type architectural est un outil, issu d'une construction rationnelle, qui permet de décoder la structure d'un cadre bâti.* »

Par typologie, CH. Norberg-Schulz entend « *ce qui se réfère aux unités qui forment notre milieu et concernent la catégorie "lieu". Ce sont ces unités qui ont un nom et donnent une substance au langage de l'Architecture.* »

2.3.1.1. Les écoles de la typo-morphologie

Les deux écoles les plus connues sont l'école italienne et l'école française, mais la morphologie urbaine est née grâce à Michael Robert Günter Conzen, géographe fondateur de l'école anglo-allemande, Le travail le plus influent de Conzen était une étude morphologique détaillée du marché anglais d'Alnwick .Il y aura par la suite l'apparition de l'école italienne muratorienne en référence à l'ouvrage de Saverio Muratori publié en 1959 et qui porte sur la forme de la ville.

Ses idées seront récupérées et développées à travers ses étudiants (A. Rossi dont la théorie la plus construite a été formulée par l'architecte italien Aldo Rossi dans son livre « l'architecture de la ville » ainsi que C. Aymonino et G. Caniggia).

Plus tard, elles seront réintroduites en France par J. Castex P.Celeste et Ph. Panerai.

L'analyse typo-morphologique se base sur les deux niveaux d'étude suivants :

- **Les infrastructures** : il s'agit du tracé au sol des occupations urbaines, que sont le site, la voirie et le parcellaire.
- **Les superstructures** : cela concerne les éléments eux-mêmes d'occupations du sol, essentiellement le bâti et les espaces libres.

¹⁰Dictionnaire Le Petit Robert 2006

L'analyse typo morphologique se divise en deux parties fondamentales, l'analyse morphologique et l'analyse typologique (Benbouaziz, 2011) :

- A l'échelle macro, l'analyse morphologique consiste à définir les différents niveaux de constitution de la forme urbaine et leurs rapports entre eux et à étudier la forme urbaine dans son développement historique à partir d'éléments la composant :
Le site d'implantation (génie du lieu), le plan de la ville, le tracé des voies et les parties de la ville.
- A l'échelle micro, on procède à une typologie architecturale des différents niveaux constituant la forme du cadre bâti, elle décrit les caractéristiques ou dispositions internes des formes, ainsi que les positions et les liaisons de ces espaces les uns par rapport aux autres. Ce classement se fait selon des critères dimensionnels, fonctionnels, distributifs, constructifs et esthétiques.

2.3.1.2. Objectifs de l'approche

L'analyse typo-morphologique a plusieurs buts :

- Elle fait une évaluation critique de la forme des tissus et des organismes urbains.
 - Elle identifie des permanences structurales associées à l'identité culturelle des lieux et des contraintes relatives à la conservation du patrimoine bâti et des paysages culturels.
 - Elle définit des mesures de contrôle, des transformations du cadre bâti et d'encadrement des projets d'intervention.
 - Elle permet l'analyse du cadre bâti à différentes échelles.
 - Elle révèle la relation dialectique entre le cadre bâti avec ses producteurs et ses habitants.
- ✚ L'analyse typo-morphologique est un outil important dans la formation et dans la pratique de l'architecte et de l'urbaniste. Néanmoins, plusieurs critiques ont été émises sur cette approche. D'une part, elle se base sur une conception ancienne de la ville, qualifiée par certains de nostalgique, qui surtout renvoie à un fonctionnement et à une forme datés -et donc obsolètes - de la ville.

2.3.2. Les analyses morphologiques mathématiques

Les méthodes mathématiques reposent sur la modélisation de la forme, ainsi elles

« Supposent, sur le plan épistémologique, une compréhension objective de la forme et, sur le plan pragmatique, un outil de caractérisation systématique de l'information morphologique permettant de comparer et de discriminer les formes, et de déceler les structures morphologiques invisibles à partir des formes visibles » (Ben Saci, 2006).

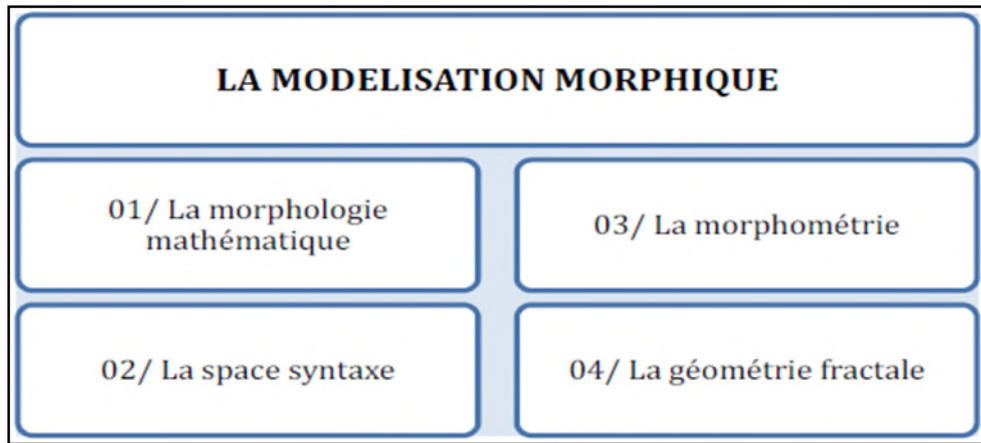


Figure 04 : schéma des différents types d'analyses morphologiques mathématiques.

(Source : Kacha, 2010).

2.3.2.1. La morphologie mathématique

La morphologie mathématique est une théorie essentiellement non linéaire, utilisée en particulier en analyse d'images, dont le but est l'étude des objets en fonction de leur forme, de leur taille, des relations avec leur voisinage (en particulier topologiques), de leur texture, et de leurs niveaux de gris ou de leur couleur.

Par les transformations qu'elle propose, elle se situe à différents niveaux du traitement d'images (filtrage, segmentation, mesures, analyse de texture) et fournit ainsi des outils pour la reconnaissance des formes (Manzarena, 2005).

- ❖ Elle a été développée à l'origine à l'Ecole des Mines à Paris. Elle repose essentiellement sur les travaux de G. Matheron effectués entre les années soixante et soixante-dix, puis sur ceux de J. Serra et de son équipe. Depuis ces premiers développements, elle a pris une ampleur internationale et plusieurs équipes s'y consacrent (Bloch, 2011).

L'Idée de base de la morphologie mathématique : comparer l'ensemble à analyser avec un ensemble de géométrie connue appelé "élément structurant".

- ❖ Un élément structurant est un ensemble qui a les caractéristiques suivantes :
 - Il possède une forme (géométrie connue).
 - Cette forme a une taille.
 - Cet élément est repéré par son origine appartenant généralement à l'élément structurant (Dubuisson, 2012).
- ❖ L'élément structurant modifie l'image au moyen d'opérations ensemblistes comme l'intersection (\cap), l'union (\cup), l'inclusion (\subset), la complémentarité (C) et la différence ensembliste (Δ).

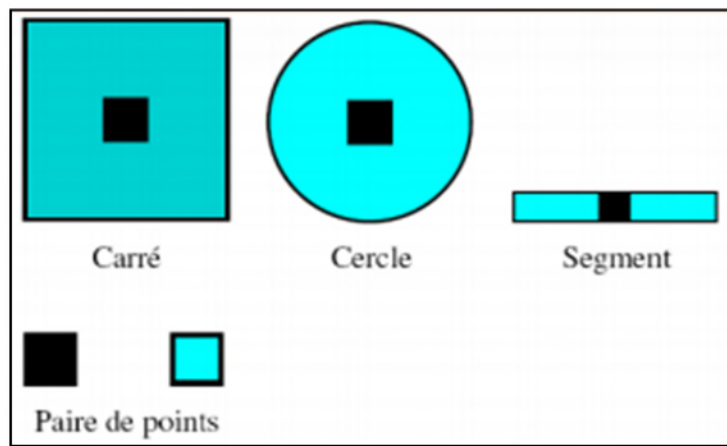


Figure 05: quelques exemples d'éléments structurants.

(Source : Morphologie mathématique. Séverine Dubuisson. Fondements du Traitement d'Images, 2006).

Les quatre opérations de base de la morphologie mathématique sont « dilatation, érosion, ouverture, fermeture », dans le cas d'images binaires et d'images à niveaux de gris :

- **La dilatation** : Elle grossit les formes, comble les trous et entraîne la connexion entre les formes proches.
- **L'érosion** : Elle diminue les formes permettant ainsi de séparer les objets au niveau de leurs étranglements. Elle fait disparaître les formes de taille inférieure à l'élément structurant. dilatation et érosion sont des opérations non réversibles.
- **L'ouverture** : (érosion suivie d'une dilatation) : Elle a pour effets de filtrer les contours, d'éliminer les petites convexités tout en conservant les concavités. Elle élimine les particules trop étroites et sépare en plusieurs composantes connexes les

particules présentant un étranglement assez long et étroit. Une ouverture algébrique est un filtre morphologique anti-extensif.

- **La fermeture** : (dilatation suivie d'une érosion) : a un effet semblable à celui de la dilatation en ce sens qu'elle renforce la connexité entre des éléments distincts mais proches ; l'érosion appliquée à la deuxième étape du processus entraîne la réduction des formes. Une fermeture algébrique est un filtre morphologique extensif.

Quelques autres opérations sont ensuite décrites : opérations géodésiques et reconstruction, filtres, transformations en tout-ou-rien, amincissement, épaissement et squelette, et pour finir les outils morphologiques principaux de segmentations (Benblidia, 2006).

- ✚ Parmi les apports de cette méthode dans le domaine de l'urbanisme, c'est la distinction parfaite entre régions habitées et non habitées à travers l'étude des textures des images analysées. Toutefois, elle ne permet pas d'identifier les quartiers masqués par la végétation, et exige principalement des images à niveaux de gris (mono spectrales) pour pouvoir identifier les structures de forme prédéfinie (bâtiment, routes, etc.). Par ailleurs, elle présente une faiblesse due au déterminisme extrinsèque que représente " l'élément structurant " utilisé pour comprendre la logique intrinsèque des tissus (Kacha, 2010).

2.3.2.2. La space syntax :

La " syntaxe spatiale " est un ensemble de théories et de techniques conçues par Bill Hillier, Julienne Hanson et leurs collègues. Depuis son émergence à partir des années soixante-dix, la syntaxe spatiale a créé des fondements théoriques et des techniques pour la représentation, l'analyse et la modélisation des espaces urbains et architecturaux à travers la réunification des sciences sociales et des analyses topologiques de l'espace urbain. Considérée comme un outil pour aider les urbanistes à simuler les effets sociaux probables de leurs conceptions.

- Les premières publications réalisées par Bill Hillier et Julienne Hanson : « la logique spatiale de l'espace » et « l'espace est une machine » regroupent les notions de base de cette théorie.
- Ces ouvrages ont permis à de nombreux chercheurs et surtout à ceux de l'University College of London (UCL) (Alan Penn, Ruth Conroy Dalton, Alasdair Turner, Alain Chiaradia, Tim Stonor, Dr Laura Vaughan...) de développer et d'élargir le domaine d'utilisation de la "space syntax".

- Un ensemble de techniques a été développé par la syntaxe spatiale pour la représentation, la procédure d'analyse qui s'intéresse aux espaces urbains libres et continus, s'appelle l'analyse alpha. L'analyse gamma quant à elle, étudie les espaces à l'intérieur des bâtiments. Cette méthode d'analyse fait appel à plusieurs notions syntactiques dont l'exploration est nécessaire en vue d'en faire une bonne application (Daas, 2012).

2.3.2.2.1. Les concepts de base de la syntaxe spatiale

Hiller et Hanson soulignent que : « *La syntaxe spatiale est un ensemble de techniques pour la représentation, la quantification et l'interprétation de la configuration spatiale des constructions pour démontrer la logique sociale de l'espace* ».

A l'échelle d'une ville, la Space Syntax étudie la configuration du réseau de voies et de places, les propriétés d'attraction ou de ségrégation spatiale qui en découlent et qui influencent très fortement la distribution des activités, les comportements des usagers et plus particulièrement leur mobilité. Cette méthode d'analyse fait appel à deux notions de base que nous allons définir : **l'axialité** et **la convexité**.

La syntaxe spatiale propose aussi d'autres propriétés et indices qui constituent des facteurs structurants dans l'analyse et la modélisation de toute configuration spatiale. Parmi ces propriétés : la configuration, la profondeur, la perméabilité, l'intégration, le génotype, l'intelligibilité et la connectivité.

- **L'axialité** : peut être considérée comme le paramètre mesurant la longueur de la ligne qui suit la rue, et l'axialité du réseau renvoie à l'élément itinéraire. Une carte axiale est une représentation spatiale qui montre les quelques lignes droites les plus longues pour l'ensemble du réseau viaire d'une ville, compte tenu de la limite de visibilité et du trajet maximal que l'on peut effectuer à pied.
- **La convexité** : est la propriété spatiale qui reflète le facteur mesurant la largeur de la rue ou des espaces qui en font partie. Dans un espace convexe, chaque personne peut apercevoir toutes les autres personnes et de partout, toutes les limites de l'espace sont visibles. Il y a une inter visibilité totale. (Daas, 2012)

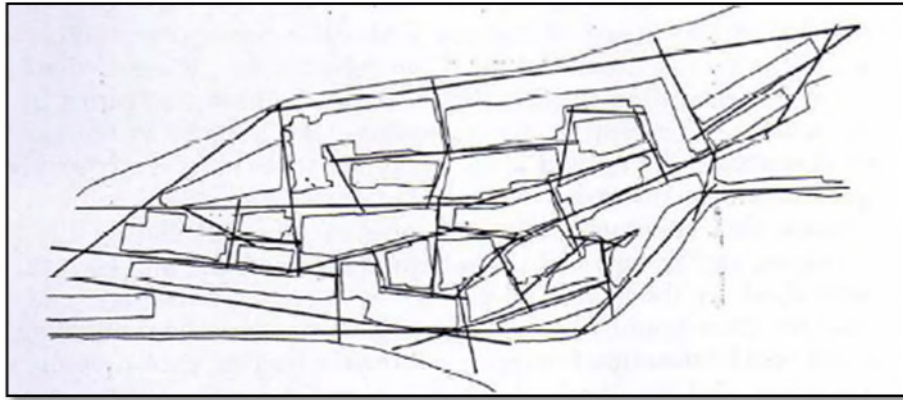


Figure 06 : Carte axiale de la petite ville française dans la région du Var.
(Source : Bill Hillier, 1984).

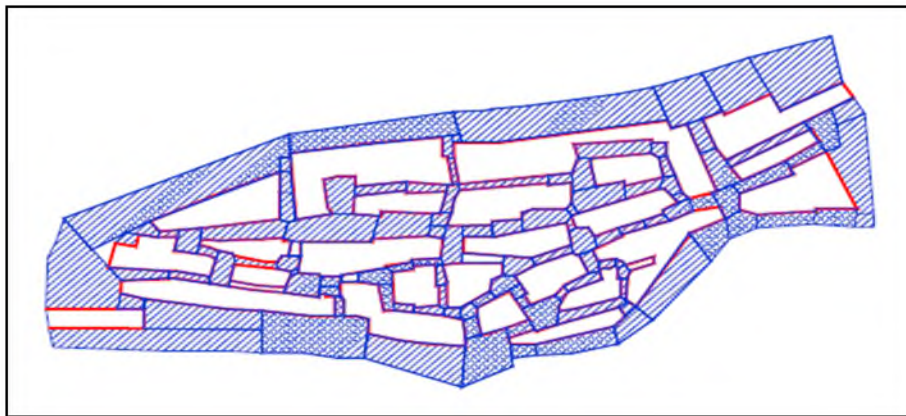


Figure07: Carte convexe d'une ville française dans la région du Var
(En rouge les constructions, en bleu les espaces convexes).
(Source: Bill Hillier, 1984)

- ✚ La space syntax a apporté une nouvelle piste d'analyse aux études morphologiques urbaines, à travers la réunification des sciences sociales et des analyses topologiques de l'espace urbain.

2.3.2.3. La Morphométrie

Le terme de " morphométrie " vient « du grec ancien où « morphê » signifie la forme, et «metron », la mesure »¹¹

« *La morphométrie repose sur l'analyse des variations de formes et de leur covariation avec d'autres variables* » (Bookstein, 1991).

¹¹Terminologie médicale, 2018

On distingue aujourd'hui la morphométrie dite traditionnelle, qui se base sur des mesures de distances entre points plus ou moins homologues sur des organismes ou leurs parties, suite aux inconvénients qu'elle présente, il y a eu une évolution vers la morphométrie géométrique par les statisticiens Kendall et Bookstein, vers la fin des années 70, qui considère la forme de façon indépendante de la taille en tant que conformation géométrique (Metairie, 2014).

La morphométrie géométrique« constitue un outil opératoire d'analyse systématique et objective des formes. L'analyse fréquentielle de la forme se fait par une décomposition hiérarchique suivant un axe d'étalonnage des basses fréquences, correspondant aux strates fondamentales de l'information morphique, aux hautes fréquences, correspondant aux strates complémentaires. La superposition des différentes couches morphiques reproduit intégralement la forme spatiale. Il s'agit de mesurer la forme selon cette décomposition hiérarchique de l'information morphique des basses aux hautes fréquences. Ceci permet de diagnostiquer et de comparer progressivement la constitution des formes fondamentales au niveau complémentaire» (Ben Saci et Zaabar, 2010).

La morphométrie permet de décrire quantitativement un concept a priori vague : celui de formes générales dans un objet. Il existe deux approches permettant de définir la morphométrie d'un objet : l'approche par contours et l'approche par points d'intérêts

- ✚ La morphométrie est donc, une méthode d'analyse morphique objective qui sert à étudier la forme et sa structure morphique à travers la comparaison de ses descripteurs énergétiques dans le même espace métrique.

2.3.2.3.1. Avantages et limites de la morphométrie :

Les descriptions morphologiques qualitatives permettent seulement de déterminer les variations morphologiques grossières. C'est pourquoi, des chercheurs se sont orientés vers la "morphométrie géométrique", qui permet de décrire quantitativement et de façon très précise les variations morphologiques. Elle s'avère performante pour comparer des objets de formes très proches.

A l'inverse, en comparant des objets de formes très différentes, il y a un risque important de perdre des informations sur les petites différences de forme, de plus du fait que l'apprentissage des méthodes est difficile.

2.3.2.4. La géométrie fractale

D'après Mandelbrot (1977) « *l'analyse fractale s'avère être une approche intéressante pour explorer la morphologie urbaine à travers les échelles : elle permet d'appréhender l'organisation spatiale à partir d'une logique multi-échelle* ».

Des travaux plus récents ont porté sur l'analyse des tissus bâtis à l'échelle des quartiers en utilisant des bases de données cartographiques plus détaillées (Batty, 1996 ; Frankhauser, 1997). Les divers travaux entrepris montrent que les analyses fractales permettent de distinguer soit, à travers les valeurs des dimensions fractales, soit, par l'aspect des courbes d'analyses obtenues, différents types de quartiers dans les tissus urbains. Il est ainsi possible d'établir un lien entre le contexte d'urbanisation et la morphologie urbaine. (Frankhauser, 2002).

3. Conclusion

La morphologie urbaine est le résultat des conditions historiques, politiques, culturelles, et notamment architecturales, dans lesquelles la ville a été créée et s'est agrandie. Elle permet la compréhension des formes urbaines, et étudier les modes de croissance de la ville au cours de l'histoire.

Sur le plan théorique, la morphologie urbaine met l'accent sur la forme physique et la structure de la ville, sur le facteur temps et sur l'étude systématique des formes urbaines. Pour son approche physique, la morphologie urbaine est composée de deux grandes catégories, l'analyse typo-morphologique, Ainsi que des analyses morphologiques dites scientifiques «Morphologie mathématique, space syntax, morphométrie ou géométrie fractale ».

Les trois premières analyses mathématiques ont donné des résultats dans différents domaines de recherche mais elles ne correspondent pas aux objectifs de cette étude.

CHAPITRE II :
QU'EST-CE QUE LA GEOMETRIE
FRACTALE ?

1. Introduction

La fin des années soixante-dix a vu se développer la notion de géométrie fractale dans de nombreux domaines de la physique. Le concept de géométrie fractale, introduit par B.B. Mandelbrot, fournit en effet un cadre solide pour l'analyse des phénomènes naturels dans divers secteurs des sciences. Roger Pynn écrit dans la revue Nature que « *si cette opinion continue à s'étendre, nous n'aurons pas longtemps à attendre avant que l'étude des fractales devienne une partie obligatoire du cursus universitaire* » (Frankhauser, 2002). La notion de fractale regroupe dans un cadre géométrique unique de nombreux travaux mathématiques antérieurs. Les objets concernés ont été inventés dès la fin du XIXe siècle par des mathématiciens comme Cantor, Peano, Le terme "fractal" a été introduit par B.B. Mandelbrot, fractal veut dire qui a été fractionné à l'infini.

2. Qu'est ce qu'une géométrie fractale

2.1. Définitions

« *Entre le domaine du désordre incontrôlé et l'ordre excessif d'Euclide, il y a désormais une nouvelle zone d'ordre fractal* .»(Mandelbrot¹²)

Fractal : « *Fractal, e, als adjectif, (latin fractus, brisé)* » .Se dit d'objets mathématiques dont la création ou la forme ne trouve ses règles que dans l'irrégularité ou la fragmentation, et des branches des mathématiques qui étudient de tels objets. Objet fractal. Géométrie fractale. La nature offre de nombreux exemples de formes présentant un caractère fractal : flocons de neige, ramifications des bronches et bronchioles, des réseaux hydrographiques, etc. »¹³

¹² Mathématicien français pionnier de l'utilisation de l'informatique pour la visualisation et l'expérimentation des mathématiques, il est le premier à avoir mis en avant la notion d'objet fractal, qu'il a popularisée dans des livres.

¹³ Dictionnaire Larousse

La géométrie fractale est une branche mathématique qui intéresse les géographes depuis une quinzaine d'années, à la suite des travaux précurseurs du mathématicien Benoît Mandelbrot durant les années soixante-dix, connu pour son ouvrage « les objets fractales » en 1975.

Son but premier fût la description de la géométrie de la nature, en s'opposant à la géométrie euclidienne : « Les nuages ne sont pas des sphères, les montagnes ne sont pas des cônes, les rivages ne sont pas des arcs de cercle, l'écorce d'un arbre n'est pas lisse et l'éclair ne trace pas de ligne droite. (...) La nature ne montre pas simplement un degré plus élevé mais un niveau complètement différent de complexité. (...) L'existence de ces structures nous oblige à étudier ces formes qu'Euclide a négligé comme ne montrant pas de forme, c'est-à-dire à investiguer la morphologie de l'amorphe » (Fankhauser, 1994).

La géométrie fractale rend compte de cette complexité et permet de l'étudier à travers l'aspect retrouvé dans plusieurs phénomènes naturels dans divers secteurs de sciences.

- La géométrie fractale « *donne de l'univers une image anguleuse et non arrondie, rugueuse et non lisse. C'est une géométrie du grêlé, du criblé, du disloqué, du tordu, de l'enchevêtré, de l'entrelacé* » (Gleick, 2008).
- Serge Thibault (1994) : « *La géométrie fractale permet de caractériser n'importe quelle forme, non plus par une démarche de type analogique, mais par une mesure propre du contenu, du contour, caractéristique de la forme étudiée.*».
- Benoît Mandelbrot(1995) considère que : « Les fractales sont des figures géométriques de structure complexe dont la création ou la forme met en jeu des règles utilisant le fractionnement, ils sont à la base d'un nouveau système de géométrie permettant de représenter des objets très irréguliers tels que les reliefs montagneux, les amas galactiques ou les côtes rocheuses très découpées. ».

Une définition à la fois précise et générale d'un objet fractal est difficile ; Mandelbrot le définit comme un ensemble qui présente des irrégularités à toutes les échelles.

C'est fondamentalement son caractère de concept géométrique qui en fait sa portée. La géométrie fractale est le complément qui manquait à la géométrie euclidienne.

2.2. La théorie fractale

Selon Desmarais (1998), la théorie fractale est géométrique et permet de développer des modèles de référence et des méthodes de mesures morphologiques. *«Elle étudie une famille de formes particulières. Le concept renvoie à des formes fragmentées, fractionnées, irrégulières, interrompue ».*

La géométrie fractale concerne le brisé, le fracturé, le grainé, l'enchevêtré. Les formes en question sont dotées d'une complexité et d'une irrégularité intrinsèques qui se manifestent à toutes les échelles d'observation. La théorie du fractal conduit à l'élaboration des modèles de référence qui permettent de classer ces formes irrégulières pour en faire ressortir les propriétés géométriques (Desmarais et Ritchot, 1998).

2.3. Les Objets fractals

Le monde des fractales est extrêmement vaste et il en existe une infinie variété. Néanmoins, les objets fractals peuvent être classés en deux catégories distinctes :

- a. **Les fractales déterministes :** Ce sont les objets fractals exacts, purement mathématiques et donc parfaitement auto-similaires. Ceux-ci peuvent être obtenus géométriquement par construction itérative (flocon de Koch, triangle de Sierpinski, ...) ou bien par des procédés calculatoires tels que l'itération de polynôme complexe (ensemble de Mandelbrot, de Julia,...). Les fractales déterministes sont les représentations d'ensembles de nombres.
- b. **Les fractales probabilistes :** L'objectif premier de Mandelbrot était de créer une nouvelle théorie mathématique capable de décrire fidèlement des objets et phénomènes naturels ou d'origine humaine. Lors de l'élaboration de cette théorie, il a principalement étudié des fractales de type probabiliste, c'est-à-dire l'ensemble des objets fractals imparfaits qui peuplent la nature et qui ont tant contribué à la popularité de la théorie fractale auprès du public. Créés à partir de processus aléatoire (ou stochastique), ces fractales approximatives possèdent une structure auto-similaire mais seulement sur une échelle finie.

Chaque objet fractal a deux caractéristiques importantes : l'**irrégularité** et l'**autosimilarité**.

3. Géométrie fractale urbaine

3.1. Définitions

« Si l'on regarde le plan d'une ville ou une carte, on s'aperçoit que la forme des tissus urbains ressemble plutôt à une tache d'huile qu'à un cercle ou à un carré. » (Frankhauser, 2013).

La géométrie fractale a permis de découvrir, dans ces divers domaines, des principes d'ordre interne, il existe aussi des raisons plus particulières qui semblent plaider en faveur de son utilisation dans les études des tissus urbains. En ce qui concerne les sciences de la ville, ce retour de la géométrie, puisque c'est de cela qu'il s'agit sur le plan des mathématiques, illustre un certain renouveau des idées galiléennes et cartésiennes concernant cette science (Blay, 1993).

En effet cette théorie a été élaborée afin de pouvoir comprendre la forme et la structure de configurations qui présentent une organisation spatio-temporelle en apparence compliquée voire complexe, chaotique (Serge, 1994).

« Frankhauser, a remarqué beaucoup de similarités entre la morphologie des tissus urbains et certains objets fractals. En effet, le phénomène urbain se caractérise par un ordre complexe sous-jacent, défini par une morphologie fragmentée, qui permet de le qualifier d'amorphe, de complexe ou d'irrégulier. Cet ordre caché peut être représenté par un ordre mathématique particulier : la géométrie fractale » (Derygke, 1996). Celle-ci est à la fois une méthode d'analyse, un outil de modélisation et un outil de réflexion.

3.2. Les potentialités théoriques de la géométrie fractale urbaine

La géométrie fractale urbaine fournit :

- La possibilité de découvrir des seuils " des ruptures " dans l'organisation spatiale des tissus urbains, elle informe sur la morphologie de cette organisation et permet de situer chaque seuil au niveau spatial;
- Une nouvelle catégorie de mesures spatiales qui ne sont pas basées sur la notion de densité, mais sur celle d'une hiérarchie des différentes échelles ;

- La possibilité de faire une comparaison morphologique et une classification des tissus urbains permettant ainsi de mieux mettre en évidence les principes d'ordre interne indécélables par d'autres approches ;
- La possibilité de concevoir (après avoir réalisé des analyses morphologiques) des structures théoriques de référence qui suivent le même principe d'ordre interne que les tissus réels ceci peut servir de point de départ pour des réflexions sur la structuration des espaces urbains (Kacha, 2010).

3.3. Les caractéristiques des fractales

La géométrie fractale se base sur « *La répétition d'un principe d'emboîtement d'échelles* » (Frankhauser, 2003). Une fractale est caractérisée par :

a. L'initiateur ou figure initiale (L)

Est la forme de la structure de base. Il s'agit en général d'un objet géométrique euclidien (un carré, un cercle,...). L'initiateur joue un rôle mineur dans la géométrie fractale.

Il représente la partie euclidienne dans un objet fractal. Il exprime si un objet ressemble plutôt à un carré ou à un cercle ou à une autre forme euclidienne. Il est lié au paramètre "facteur de forme".

b. Le générateur

La règle de répétition qui génère le système spatial hiérarchique est désignée comme le générateur de la fractale. Il définit de quelle manière on passe d'une échelle à la suivante et contient l'information sur les paramètres qui caractérisent le principe d'emboîtement.

c. L'itération

La fractale est générée en appliquant la règle de répétition de façon itérative, en passant par différentes étapes d'itération. À chaque étape, la structure générée est constituée de répliques de la figure initiale qui s'appellent les éléments ou éléments occupés (N) de la structure. L'ensemble de ces éléments occupés est désigné comme la masse occupée d'une fractale à une étape d'itération donnée.

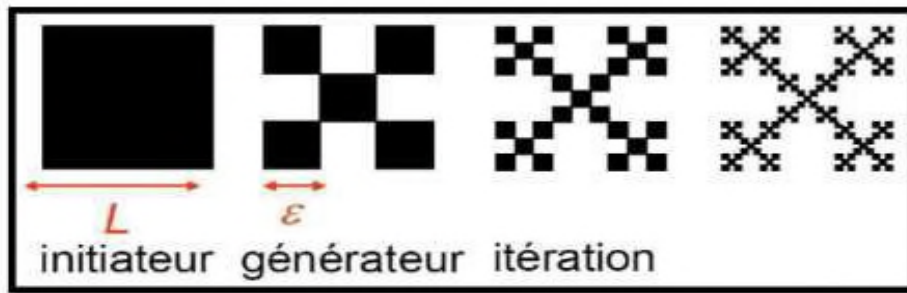


Figure 08 : les caractéristiques principales de base d'une fractale.

(Source : Frankhauser, 2003).

3.4. Exemples de fractales

3.4.1. Fractales déterministes :

On peut construire de manière extrêmement simple des structures fractales, en utilisant un processus récurrent composé d'un initiateur (l'état initial) et d'un générateur (l'opération de récurrence).

a. La courbe triadique de Von Koch (1904) :

Chaque segment de longueur ϵ est remplacé par une ligne brisée (générateur), formée de 4 segments de longueur $\epsilon/3$, suivant la relation de récurrence suivante:

- A l'itération zéro, on dispose d'un initiateur qui est un segment dans le cas de la courbe triadique de Koch, ou un triangle équilatéral dans le cas de l'île de Koch. Si l'initiateur est un segment de dimension horizontale L , à la première itération (la courbe se confond alors avec le générateur) les segments de base auront pour longueur $\epsilon_1 = L/3$, à la seconde itération ils auront pour longueur $\epsilon_2 = L/9$ puisque chaque segment est à nouveau remplacé par le générateur.

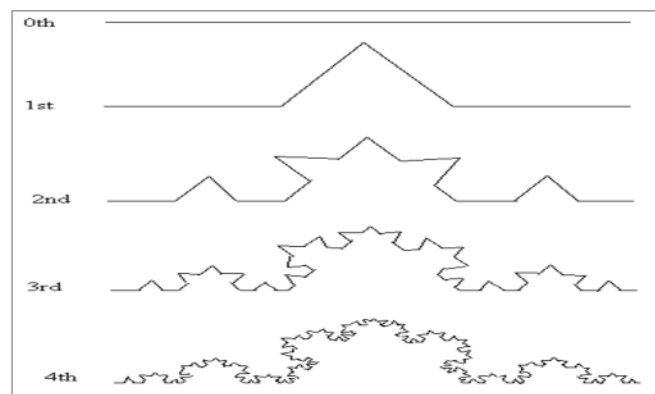


Figure 09 : Les itérations de la courbe triadique de Von Koch.

(Source : Lajoie, 2006).

- Une structure dérivée de la courbe de Koch est obtenue en choisissant un triangle équilatéral comme initiateur, on ainsi génère la très connue île de Koch.

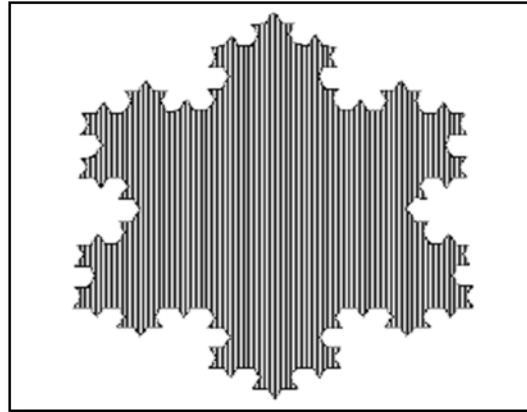


Figure 10 : île de Koch après trois itérations.

(Source : Lajoie, 2006).

b. Courbe de Mandelbrot-Given

Les processus itératifs déterministes s'avèrent d'un grand intérêt pour l'étude des structures fractales plus complexes rencontrées dans la nature, car leur caractère itératif permet souvent un calcul exact. La courbe de Mandelbrot-Given (Mandelbrot et Given, 1984) en est un exemple instructif car il simule l'amas conducteur de courant d'un réseau de résistance au voisinage du seuil de conductivité (réseau de résistances dont beaucoup sont coupées si bien que le réseau ne conduit presque plus). Il est également intéressant pour comprendre les structures multifractales.

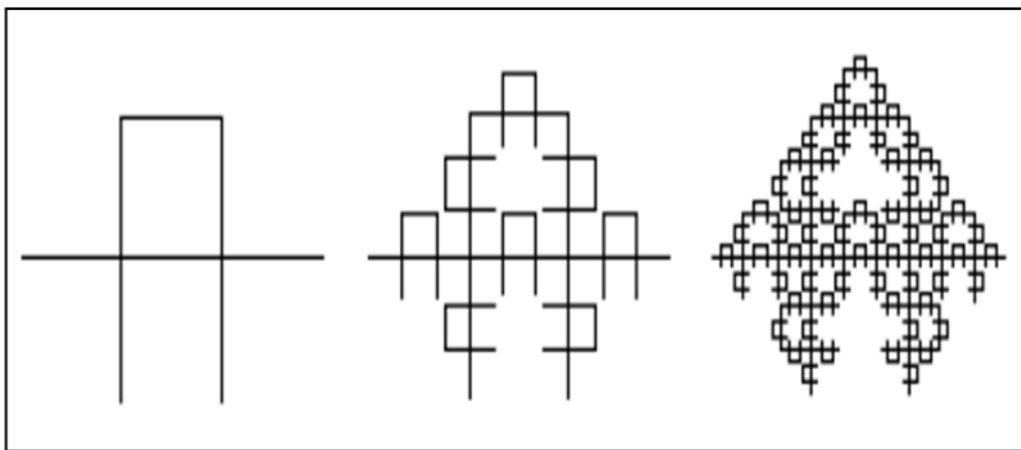


Figure 11 : Construction des trois premières itérations d'un ensemble de Mandelbrot-Given.

(Source : Lajoie, 2006).

c. « Tamis » et « Tapis »

Ces structures sont très fréquemment utilisées pour mener à terme des calculs analytiques exacts de diverses propriétés physiques (conductance, vibrations...).

- Tamis de Sierpinski :

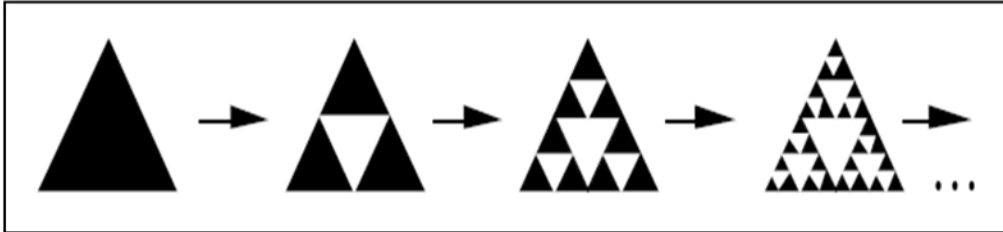


Figure 12 : Itération du tamis de Sierpinski formé de triangles pleins.

(Source : Lajoie, 2006).

- Tapis de Sierpinski :

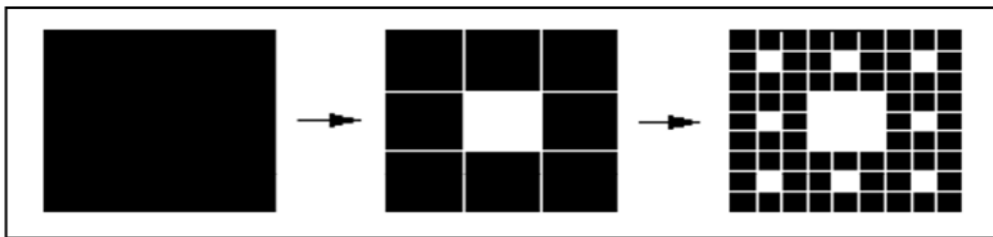


Figure 13 : Itération d'un tapis de Sierpinski.

(Source : Lajoie, 2006).

d. **Fractales non uniformes**

Une autre variation possible dans les structures fractales réside dans la présence simultanée de plusieurs échelles de dilatation. Voici un exemple d'une telle structure obtenue par itération déterministe contenant les facteurs $1/4$ et $1/2$. Sa géométrie est évidemment fractale et sa dimension D se détermine sur une seule itération.

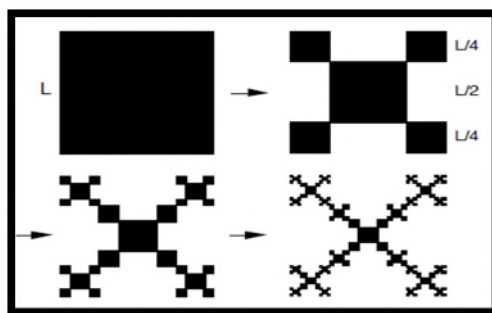


Figure 14 : Construction d'une fractale déterministe non uniforme

(Source : Lajoie, 2006).

3.4.2. Fractales statistiques

Nous avons donné jusqu'à présent des exemples de fractales déterministes (on dit aussi exactes) mais on peut aisément définir des structures statistiques. Dans ces structures la récurrence définissant la hiérarchie est régie par une ou plusieurs lois probabilistes précisant le choix de l'application de tel ou tel générateur à chaque itération.

a. Fractales homogènes

Une fractale statistique est homogène quand le volume (ou la masse) de structure est répartie uniformément à chaque niveau de hiérarchie, c'est-à-dire que les divers générateurs servant à construire la fractale conservent le rapport de masse d'un niveau au suivant.

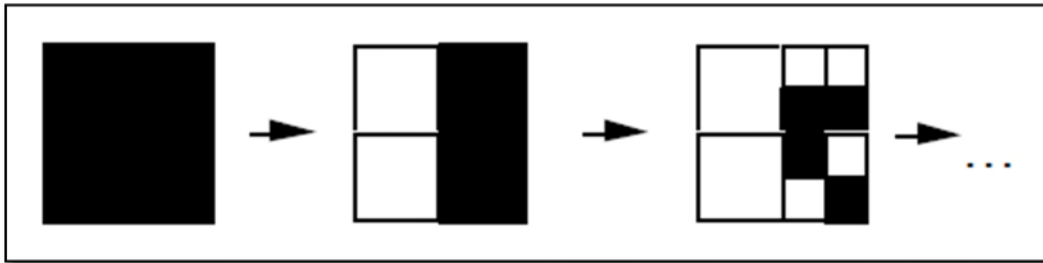


Figure 15 : Fractale statistique homogène.

(Source : Lajoie, 2006).

b. Fractales hétérogènes

Le rapport de masse β peut lui-même varier : la fractale ainsi engendrée est dite hétérogène. Une telle fractale peut servir de base à un modèle de turbulence.

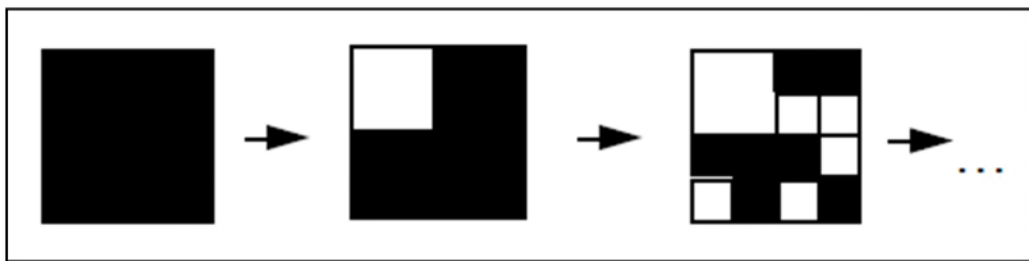


Figure 16 : Fractale statistique hétérogène.

(Source : Lajoie, 2006).

3.5. Les modèles théoriques fractals

- Le pionnier des fractals est le mathématicien franco-américain Benoit Mandelbrot. Un certain nombre de fractales avait cependant déjà été décrites pendant le demi-siècle précédent, mais plutôt comme des monstruosités mathématiques : citons l'ensemble de Cantor (Georg Cantor, 1845-1918), les courbes de Péano (Giuseppe Péano, 1858-1932), de Hilbert (David Hilbert, 1862-1943), le triangle de Sierpinski (Waclaw Sierpinski, 1882-1969) ou les ensembles de Julia (Gaston Julia, 1893-1978).
- Les modèles théoriques jouent en géométrie fractale le même rôle que les figures classiques (carrés, cercles, ellipses, sphères...) en géométrie euclidienne. Ils sont construits afin d'établir un lien entre ceux-ci et la réalité de l'organisation spatiale ainsi que le fonctionnement des tissus urbains. Le tapis de Sierpinski, la poussière de Fournier et le téragone sont les modèles les plus utilisés dans les études de Mandelbrot (1985), de Frankhauser (1997, 2003), de De-Keersmaeker (2004) et de Tannier (2006). Chaque modèle fractal dépend de la thématique étudiée (Frankhauser, 2015).

3.5.1. Le tapis de Sierpinski

D'après Frankhauser (2003), « *le tapis de Sierpinski est une structure dans laquelle tous les éléments sont connectés. Il se prête ainsi à la modélisation des tissus urbains à l'échelle de l'agglomération : à un tel niveau d'observation, on s'intéresse moins à la distinction des maisons ou des îlots, mais plus à la forme de la tache urbaine dans son ensemble* ». Il est alors constitué d'un seul agrégat.

- Le tapis de Sierpinski est une fractale obtenue à partir d'un initiateur de forme carrée avec une longueur de base L. Cet initiateur est réduit par un facteur de réduction $r=1/3$ (la longueur de base L est divisée en trois (03) éléments).

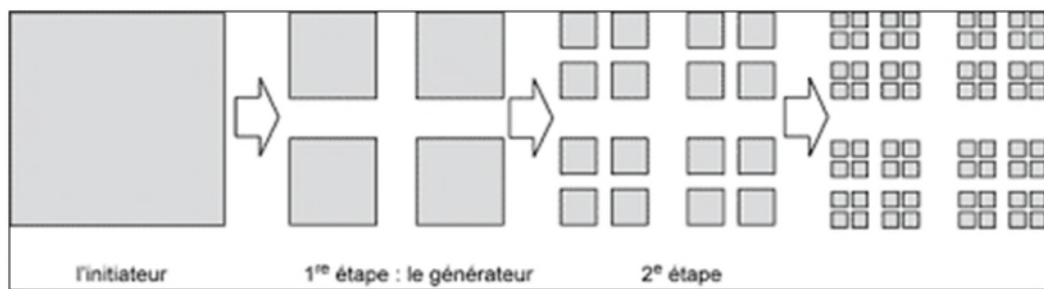


Figure 17: Les trois premières étapes de construction d'un tapis de Sierpinski et le système d'emboîtement d'échelles des parties vides, illustré pour la troisième étape.

Source : <https://journals.openedition.org/rge/268>

3.5.2. La poussière de Fournier

La poussière de Fournier est une fractale obtenue à partir d'un initiateur de forme carrée, dont les éléments ne sont plus connectés. Le nombre d'agrégats croît au fil des itérations contrairement au tapis de Sierpinski qui est constitué d'un seul agrégat. Il deux types de poussières de Fournier. La figure «a» représente une poussière de $N=4$ et un facteur de réduction $r=2/5$. Cette poussière ressemble au plan d'un quartier. Dans la figure «b», les éléments sont placés de façon à laisser une lacune centrale. Ce type de modèles peut servir de référence pour étudier les tissus urbains à l'échelle du quartier urbain, les îlots sont séparés par la voirie et organisés en réseau hiérarchisé (Frankhauser et *al.*, 2003).

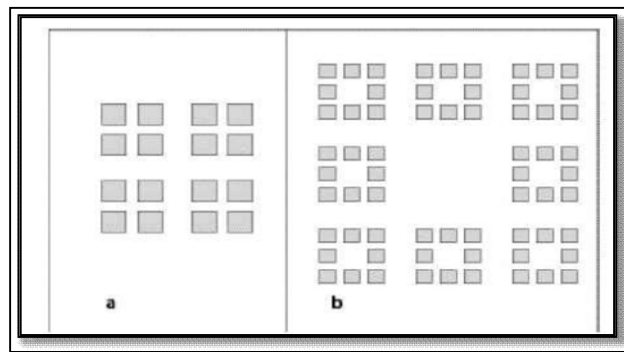


Figure 18 : Deux poussières de Fournier en deuxième Étape d'itération
(Source: Frankhauser et *al.*, 2003)

L'intérêt principal du tapis de Sierpinski et de la poussière de Fournier est la répartition non homogène de la surface bâtie. Le tapis de Sierpinski est constitué d'un seul agrégat avec des éléments assemblés qui forment une seule unité connexe, alors que la poussière de Fournier est composée de plusieurs éléments de même taille mais de nature isolée. Toutefois, les deux modèles sont purement surfaciques et suivent la même loi de distribution

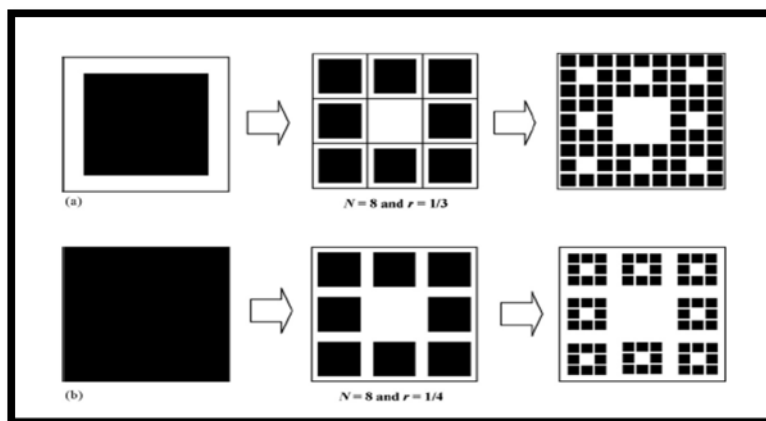


Figure 19 : Particularités entre le tapis de Sierpinski et la poussière de Fourier.
(Source : Frankhauser, 2015).

3.5.3. Le téragone

Le téragone est un modèle fractal adapté à l'étude de la bordure urbaine. Il génère un objet de topologie linéaire dont la figure initiale est une section de droite de longueur donnée (L), le générateur remplace cette figure par un polygone composé de $N = 8$ sections de droite de longueur $1/4 L$. Cette logique est ensuite appliquée à chacune des huit sections de droite. La figure 16 montre l'exemple d'une ville compacte de forme carrée avec une bordure lisse. Au cours des itérations la structure du téragone s'étend en surface et la bordure ressemble de plus en plus, par son aspect dendrique, aux tissus urbains réels.



Figure 20 : Téragone

(Source : Frankhauser ,2015)

3.5.4. Modèles mixtes :

Selon Frankhauser (2003), il est possible de combiner les caractéristiques des différents modèles pour construire des modèles complexes et mixtes qui illustrent la richesse des formes qui peuvent être obtenues en recourant à la géométrie fractale.

❖ Exemple 01 : Poussière de Fournier + Tapis de Sierpinski

- ❖ Le générateur composé du nombre total $N_{tot} = N_{ext} + N_{int} = 13$ éléments ;
 - ❖ Le facteur de réduction $r = 1/5$;
 - ❖ Nombre d'éléments extérieurs $N_{ext} = 4$ = Des îles extérieures à l'agrégat central ;
 - ❖ Nombre d'éléments intérieurs $N_{int} = 9$ = éléments connectés.
- (12 N_{tot} est le nombre total d'éléments, dans ce modèle, on trouve 09 éléments intérieurs (N_{int}) représentés dans le cadre bleu (qui forment un tapis de Sierpinski) et 04 éléments extérieurs (N_{ext}) représentés dans des cadres rouges (qui forment la poussière de Fournier))

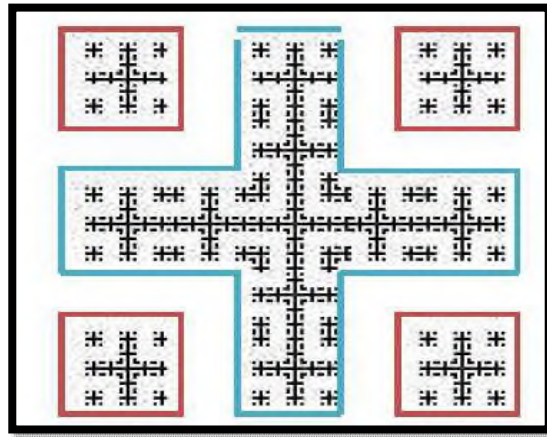


Figure 21 : Combinaison de deux logiques (Poussière de Fournier + Tapis de Sierpinski).

(Source : Frankhauser ,2003).

❖ **Exemple02 : Le téragone +agrégats de type « lacune et île »**¹⁴

- ❖ On indique un modèle complexe qui réunit la logique du téragone avec des agrégats de tailles différentes. Le téragone est une section de droite réduite par un facteur $r = 1/5$ et un générateur $N_{bor}^{15} = 10$. S'ajoutent à ceci, deux « îles » carrées, constituée chacune de $N_{île} = 4$ éléments de même taille que les éléments du téragone. Les îles localisées à l'intérieur du téragone deviennent des lacunes vides. Le Générateur du téragone est alors composé d'un agrégat central qui contient quatre lacunes à l'intérieur et qui est entouré de quatre îles à l'extérieur.

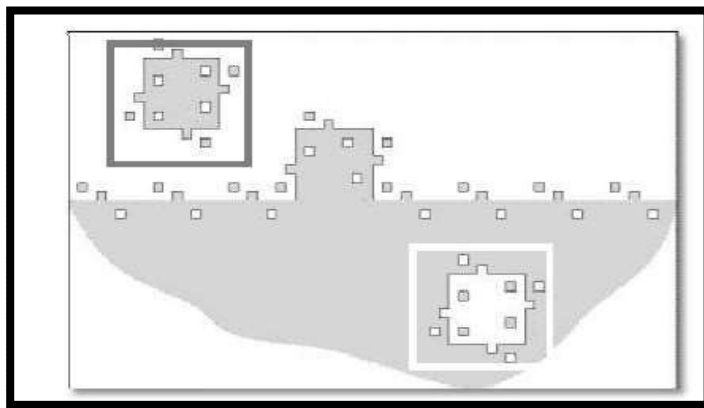


Figure 22: Un téragone entouré d'îles et troué par des lacunes : la figure montre une partie de la fractale obtenue en deuxième étape d'itération.

(Source : Frankhauser et *al.*, 2003)

¹⁴-Les lacunes sont les vides représentés en blanc.

-Les îles sont des agrégats bâtis représentés en gris.

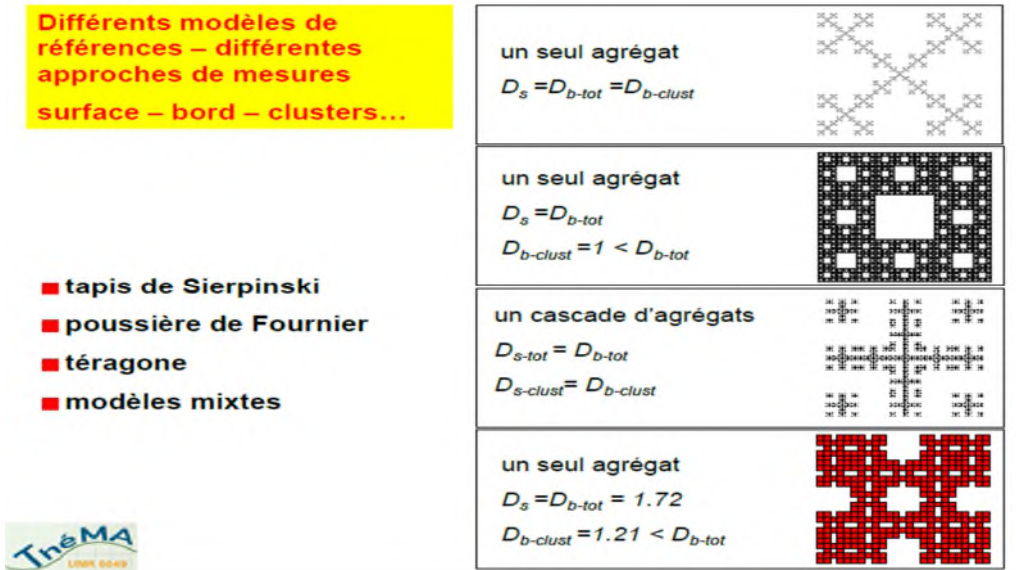


Figure 23: Comparaison entre les différents modèles théoriques fractals.

(Source : Pierre Frankhauser ; Laboratoire ThéMA).

3.5.5. Modèle multifractal

Une structure multi fractales est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs de réduction r_i dans un générateur, au cours de l'itération apparaissent ainsi des facteurs mixtes du genre $r_1^n \cdot r_2^m$. Dans la figure on a appliqué deux facteurs de réduction au même carré. Le premier facteur $r_1 = 1/2$ sert à générer un carré qui est placé au centre du carré initial et un second facteur $r_2 = 1/4$ est utilisé pour générer les quatre carrés placés autour du carré central. L'étape suivante montre déjà des carrés de trois tailles différentes qui correspondent aux facteurs mixtes. En opposition aux multi fractales on parlera d'**unifractals** pour désigner des structures à un seul facteur de réduction.

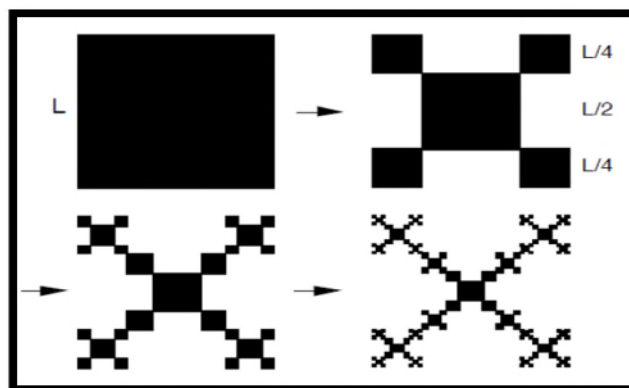


Figure 24 : Modèles Multi fractals.

(Source : Frankhauser, 2015).

3.5.6. Les fractals aléatoires

L'aspect symétrique des fractales construites ne correspond pas aux structures observées qui paraissent irrégulières, tels que les tissus urbains. Afin d'obtenir des figures d'allure moins artificielle, il est possible d'introduire des éléments aléatoires dans la construction d'une fractale sans que ses propriétés fractales ne soient changées. Par exemple dans le cas d'un tapis de Sierpinski, comme le générateur n'est défini que par les paramètres N et r , il paraît possible de choisir à chaque étape la position des éléments à condition de respecter les lacunes engendrées lors des étapes précédentes.

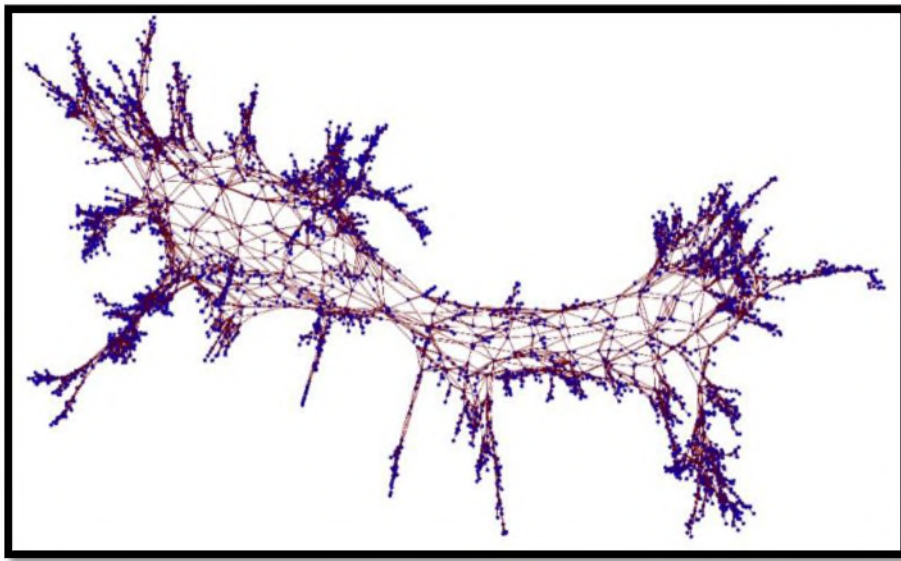


Figure 25:Fractale aléatoire.

(Source : Kacha, 2010).

4. Mesurer la morphologie urbaine à partir de la géométrie fractale urbaine

Modèles fractals et méthodes de mesures sont étroitement liés : les descripteurs fractals transcrivent certaines propriétés hiérarchiques dans l'organisation interne d'une structure qui ne trouvent une interprétation concrète qu'en se servant de modèles fractals de référence. Ces modèles fractals jouent un rôle équivalent aux références dont nous nous servons dans la géométrie euclidienne, telles que le cercle ou le carré, les deux descripteurs principaux sont :

- La dimension fractale
- La dendricité des bordures.

4.1. La dimension fractale

«Une des caractéristiques principales de tout objet fractal est sa dimension fractale, dénotée D . Elle mesure son degré d'irrégularité et de brisure.» (Mandelbrot, 1975).

Dans cette loi le paramètre D représente la dimension fractale. Qui est « Une des caractéristiques principales de tout objet fractal est sa dimension fractale, dénotée D . Elle mesure son degré d'irrégularité et de brisure »¹⁶. La dimension fractale permet de décrire les structures euclidiennes telles qu'une surface uniforme, un point ou une ligne et de caractériser certaines répartitions pour lesquelles les mesures "traditionnelles", comme la densité, varient en fonction de la surface de référence. Elle décrit aussi la principale caractéristique de la géométrie fractale qui est l'organisation hiérarchique d'un système spatial. L'idée est de couvrir la structure en question par des objets géométriques et des éléments de taille donnée (par exemple des carrés de longueur de base ϵ). Et de déterminer le nombre minimal d'objets nécessaires pour couvrir la structure.

$$D = - \log N / \log r$$

- D : La dimension fractale est un paramètre invariant qui ne dépend pas de l'étape d'itération n .
- N : le nombre d'éléments de l'étape d'itération n .
- r : est un facteur de réduction de l'étape d'itération n .

Cette relation ne convient pas à l'analyse des fractals aléatoires, ceci nous amène à utiliser des méthodes qui permettent de trouver le nombre $N(\epsilon)$ d'éléments (occupés) de couverture de taille ϵ , en faisant varier le paramètre ϵ . (On choisit une représentation bi-logarithmique entre $N(\epsilon)$ et ϵ). On obtient dans ce cas :

$$\log N(\epsilon) = \text{Const} \pm D \times \log \epsilon$$

¹⁵Frankhauser, La « ville fractale » et la fractalité des villes, La ville émergente Résultats de recherches, PUCA 2002

Selon Frankhauser (2003), il est possible de reformuler la loi fractale $N(\epsilon)$ sous la forme suivante qui inclut a et c :

$$N(\epsilon) = a \times \epsilon^{-D} + c$$

Où:

- a est une constante qui s'appelle le préfacteur ou « facteur de la forme ». Il décrit l'aspect de la structure qui n'est pas lié à sa fractalité.
 - Il caractérise la forme générale de l'objet et il donne une information grossière sur la forme euclidienne de l'objet.
 - c : est un paramètre de position.
- ❖ La dimension fractale est en cohérence avec la géométrie euclidienne et les fractales se situent par leur morphologie entre une structure linéaire de $D=1$ et une surface plane de $D=2$. « La valeur de la dimension fractale caractérise le degré de concentration de la masse dans une zone choisie de la structure, autrement dit, le degré d'homogénéité ou de non-homogénéité de la répartition de la masse. Une valeur proche de deux correspond à une structure assez homogène, donc faiblement hiérarchisée, tandis qu'une valeur proche de zéro transcrit une forte hiérarchie avec des concentrations de masse importantes à certains endroits » (Ibid, 2003).

La courbe du comportement scalant

Le comportement scalant est une courbe issue des analyses fractales qui montre la variabilité de la dimension fractale des tissus étudiés. Elle permet de comprendre la répartition des espaces bâtis et de segmenter les zones selon leur organisation spatiale. La courbe issue des analyses de corrélation montre la moyenne de la variation de la dimension fractale mais celle issue des analyses radiales montre la variation détaillée de la répartition du bâti.

- ❖ Dans ce cas, l'utilisation de plusieurs méthodes s'avère enrichissante, car chacune d'elles fournit des informations complémentaires sur une même structure. Nous présentons maintenant quelques-unes de ces méthodes d'analyse. Celles qui sont utilisées dans cette recherche sont celles jugées être les mieux adaptées au sujet.

4.2. La dendricité des bordures urbaines

La dimension fractale de la bordure mesure l'allongement progressif de la bordure d'un tissu urbain. Ce phénomène est appelé « dendricité d'une bordure ».

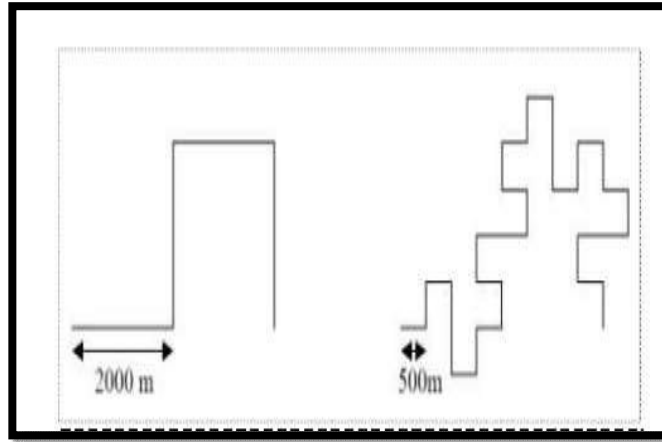


Figure 26 : La dendricité des bordures.

(Source : Frankhauser et *al.*, 2003).

La longueur mesurée se calcule en multipliant le nombre $N(\epsilon)$ par la longueur des éléments de mesure ϵ :

$$l/l' = N(\epsilon) / N'(\epsilon') = (\epsilon/\epsilon')^D$$

- ❖ D = la dimension fractale de la bordure ;
- ❖ $N(\epsilon)$ = le nombre d'éléments dans l'étape d'itération n ;
- ❖ ϵ = la taille de la fenêtre d'analyse « couverture » dans l'étape d'itération n ;
- ❖ $N'(\epsilon')$ = le nombre d'éléments dans l'étape d'itération n' ;
- ❖ ϵ' = la taille de la fenêtre « couverture » dans l'étape d'itération n' ;
- ❖ l = la longueur mesurée dans l'étape d'itération n ;
- ❖ l' = la longueur mesurée dans l'étape d'itération n' .

5. Les méthodes d'analyse

L'analyse fractale offre un certain nombre de méthodes d'analyse qui transcrivent des informations morphiques sur l'organisation spatiale des tissus urbains. Ces méthodes se divisent en deux classes :

- ❖ La première classe regroupe les **méthodes d'analyse globales**, qui décrivent les organisations en question, à l'intérieur de la fenêtre d'analyse. Ces méthodes transcrivent la moyenne des informations fractales. Si l'on cherche, par exemple, la dimension fractale de surface d'un tissu urbain donné, les méthodes globales donnent la moyenne de cette dimension dans la fenêtre d'analyse qui occupe tout le tissu urbain.
- ❖ La deuxième classe est celle des **méthodes d'analyse locales**. Elle donne une information morphique plus détaillée sur l'organisation spatiale du tissu urbain en question. Elle détaille les méthodes d'analyses globales et fournit des informations relatives à des endroits variables dans la même fenêtre d'analyse (Fekkous, 2015).

5.1. Méthodes d'analyse globales

Les méthodes de mesure globales se composent de plusieurs méthodes d'analyse, non seulement de type surfacique, mais aussi des bordures. Les analyses surfaciques sont les analyses du quadrillage, de dilatation, de corrélation et l'analyse multifractale. L'analyse de corrélation et l'analyse gaussienne forment les analyses des bordures.

5.1.1. L'analyse du quadrillage

Elle consiste à couvrir la structure à analyser par un quadrillage dont on fait varier la maille ε . Pour chaque valeur ε on compte le nombre de mailles $N(\varepsilon)$ qui contiennent au moins un point occupé. La « dimension du quadrillage » (D_q) donne une information générale sur l'organisation spatiale à l'intérieur de la zone couverte par le maillage. Ses inconvénients sont la difficulté de trouver un algorithme qui permet de reproduire cette logique sur ordinateur tout comme elle produit certaines ambiguïtés qui sont dues à la modification de la position ou de la taille de la fenêtre.

D'après Frankhauser (1998), « *cette méthode semble bien adaptée à l'analyse de structures numérisées, il convient de mentionner qu'il existe souvent certains problèmes pratiques. Ainsi en variant le paramètre ε de façon continue, on obtient des erreurs systématiques* ».

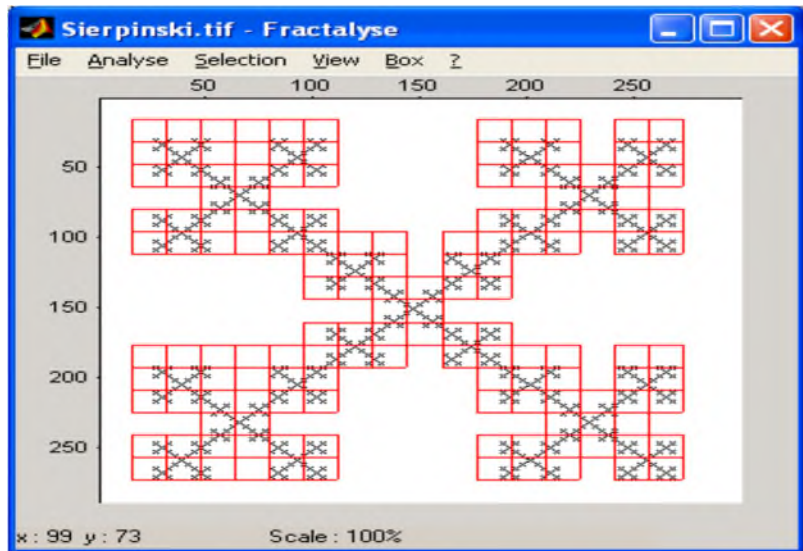


Figure 27:L'analyse du quadrillage.

(Source : Auteur 2018).

5.1.2. L'analyse de dilatation

Pour faire disparaître les détails jusqu'à l'apparition d'un agrégat de masse importante, il faut une dilatation progressive et itérative, pixel par pixel, des tissus sélectionnés. « Le principe est simple: à chaque étape de dilatation, on élargit l'emprise des pixels noirs d'une valeur ϵ de façon à faire progressivement disparaître les espaces blancs entre les pixels. Au bout de quelques étapes, des agrégats se forment: ceux-ci s'étendent dans les étapes ultérieures et finissent par se rejoindre jusqu'à l'obtention d'une masse compacte. A ce moment, on peut extraire la bordure générale de l'agrégat final ainsi formé pour l'analyser. » (Badariotti, 2005)

Il paraît possible aussi de faire une classification morphologique des différents tissus analysés à partir du nombre d'itérations ou d'étapes qui sont nécessaires pour former un seul agrégat à la bordure bien nette. Ce nombre donne une indication sur la taille des lacunes « les vides ».

L'analyse de dilatation présente alors un double intérêt. D'une part, elle facilite l'extraction de la bordure urbaine des différents tissus à analyser et d'autre part, elle informe sur leur degré de compacité à travers le nombre d'itérations qui ont été nécessaire à l'extraction de la bordure urbaine.

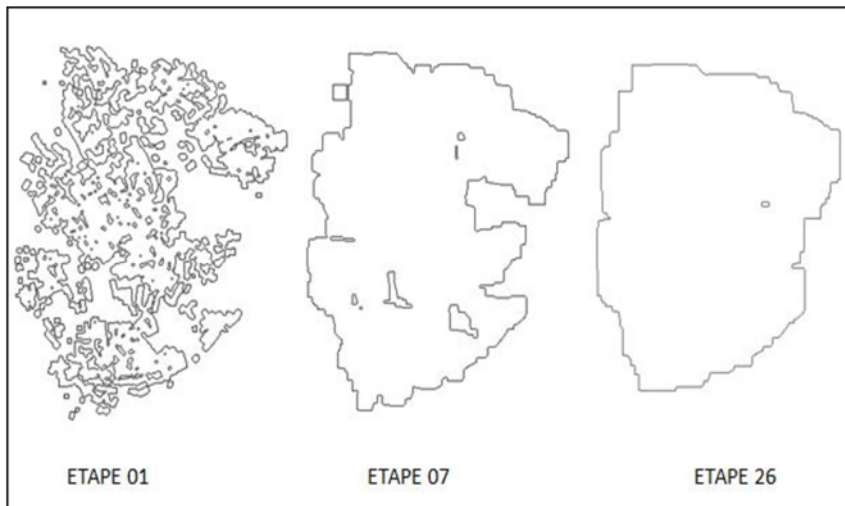


Figure 28 : Analyse de dilatation d'un tissu urbain.

(Source : Auteur 2018).

5.1.3. L'analyse de corrélation

L'analyse de corrélation est une mesure globale de la fractalité d'une image, puisque ce sont des valeurs moyennes qui sont calculées à chaque étape pour toute l'image. Elle renseigne dans quelle mesure la surface bâtie est répartie de façon plus ou moins homogène. Cette analyse fournit des informations sur le degré d'homogénéité, d'hierarchie et de complexité à travers la dimension fractale de corrélation, le facteur de forme et la courbe du comportement scalant. Elle opère de la même manière que la méthode précédente, mais le comptage est réalisé à partir de tous les points de la surface bâtie dans une zone choisie (Frankhauser ,2005)

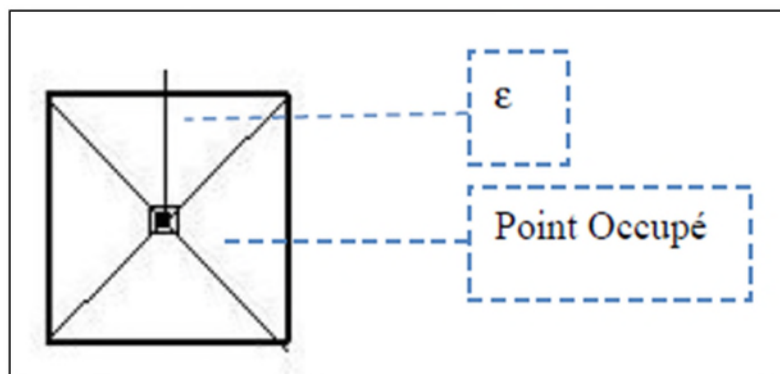


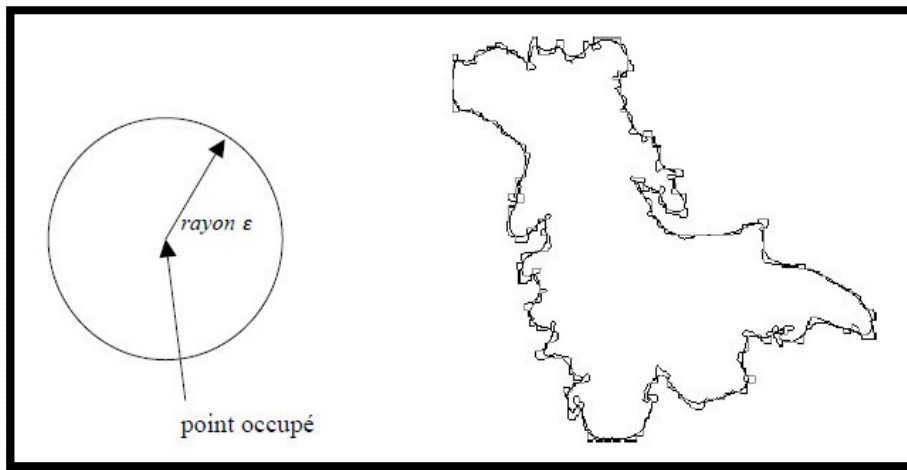
Figure 29 : Le principe de l'analyse de corrélation.

(Source : Kacha Lamia ,2010).

5.1.4. L'analyse gaussienne

Cette méthode est utilisée pour ville ou un tissu urbain. Pour déterminer sa dimension fractale, il faut varier la variance « ϵ » et mesurer pour chaque valeur « ϵ » la longueur de la courbe lissée mise en valeur avec la variance. Plus la variance est élevée, plus le lissage est fort et plus les détails de la structure disparaissent. Ceci correspond à une résolution faible qui efface tous les détails. En revanche un lissage de faible portée rend compte des détails de la structure.

Figure 30 : À gauche : le principe de l'analyse de corrélation ; À droite : une bordure urbaine



et une étape de lissage d'une analyse gaussienne.

(Source : Frankhauser *et al.*, 2003).

5.1.5. L'analyse multifractale

L'analyse multifractale, comme l'indique son nom, est adaptée aux modèles multifractals. Elle permet de mesurer la fractalité d'une structure qui suit plusieurs lois fractales. Elle repose sur le principe de l'analyse du quadrillage. Dénombrant le nombre de pixels qui composent la surface réellement occupée (1, 2...ou n points) à l'intérieur de chaque maille. Il est possible alors de calculer une série de dimensions fractales D_n où $n = 2, 3, 4 \dots$ qui informent sur la présence de 2, 3 ..., n points, situés à une distance inférieure à ϵ les uns des autres.

5.2. Méthodes d'analyse locales

5.2.1. L'analyse radiale

Est une méthode d'analyse locale qui permet de segmenter des zones en fonction de leur comportement fractal. « Elle rappelle la situation d'un observateur qui se positionne à un certain endroit dans une ville et qui élargit progressivement son champ de vision. » (Frankhauser, 1998). Elle consiste à entourer chaque point occupé « le centre de comptage » par un carré ou un cercle dont la taille est progressivement agrandie. Pour chaque valeur ε , on compte le nombre N de pixels occupés à l'intérieur du carré ou du cercle.

On peut ensuite à chaque étape calculer la dimension fractale D , et suivre ses variations étape par étape, au fur et à mesure que ε grandit: la représentation des variations de D forme la courbe du comportement scalant.

5.3. Analyse des bordures urbaines

L'analyse des bordures extraites moyennant l'analyse de dilatation se fait par le biais de deux types d'analyse : l'analyse de corrélation et l'analyse. Les dimensions fractales issues de ces analyses permettent de comprendre la logique morphique de la bordure étudiée et de calculer ses indices morphiques de dendricité, défragmentation et de rugosité. Ceux-ci informent sur le degré de dendricité, de fragmentation et de rugosité de la bordure du tissu considéré.

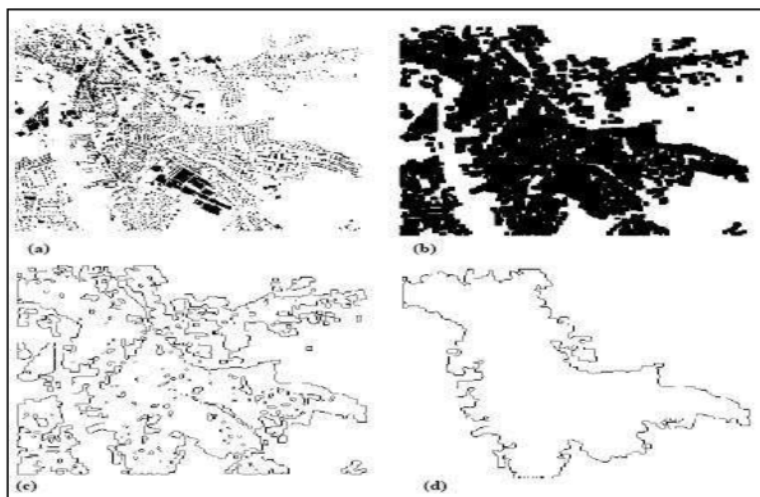


Figure 31: Exemple d'extraction de la bordure.
(Source : Ibid).

- (a) Le tissu analysé.
- (b) Le même tissu en deuxième étape de dilatation.
- (c) La bordure totale.
- (d) La bordure de l'agrégat principal.

5.3.1. La dendricité et la fragmentation des bordures urbaines

La forme des tissus obtenue après dilatation rappelle la logique du téragone. Elle donne la possibilité de définir une dimension fractale qui décrit la seule dendricité de la bordure des agrégats D_{bord} et une autre dimension totale D_{tot} qui mesure la dendricité de l'ensemble des bordures. La comparaison des deux dimensions D_{bord} et D_{tot} permet de mettre en évidence la fragmentation de l'espace bâti.

- Si les deux dimensions sont élevées, la dendricité et la fragmentation sont fortes, alors la morphologie de la surface et du périmètre sont hétérogènes ;
- Si les deux dimensions sont faibles, l'espace est peu fragmenté et les bordures sont assez lisses ce qui indique une structure assez homogène en surface comme en périmètre.
- Si D_{tot} est beaucoup plus élevée que D_{bord} , la fragmentation est forte, mais les bordures sont plutôt lisses. Ceci signifie une organisation spatiale de morphologie hétérogène en surface avec une bordure lisse.

5.3.2. L'indice de dendricité (δ)

Exprime la relation entre la masse bâtie et la bordure.

$$\delta = D_{bord} / D_{surf}$$

Si on applique cet indice aux modèles fractals de référence, on obtient :

- pour un tapis de Sierpinski et une poussière de Fournier $\delta = 1$;
- pour un objet géométrique euclidien on obtiendrait $\delta = 2$;
- Le téragone se situe entre ces deux valeurs.

5.3.3. L'indice de fragmentation (φ)

Sert à mesurer le degré de fragmentation dans les structures urbaines. Il établit une relation entre l'allongement de la bordure totale de tous les agrégats et celle du bord de l'agrégat principal.

- D_{tot} indique si la structure observée est constituée d'un grand nombre d'agrégats isolés (« îles ») contenant des lacunes ou pas.
- D_{bord} indique la dendricité des bordures. (Frankhauser, 2003).

5.3.4. L'indicateur synthétique de rugosité (I_s)

L'indicateur synthétique de rugosité, a été constitué en référence à la dimension euclidienne. Il mesure synthétiquement l'écart à la dimension 2 pour D_{surf} et l'écart à la dimension 1 pour D_{bord} . Sa formule est la suivante:

$$I_s = (2 - D_{surf}) - (1 - D_{bord})$$

Cet indice croît avec la rugosité et la complexité du tissu. Pour une forme euclidienne, homogène en surface et en bordure, il est égal à zéro ($I_s=0$). Pour une forme plus rugueuse et complexe, il est compris entre un et deux ($1 < I_s < 2$). Dans ce cas :

- Si la dimension surfacique est égale à celle de la bordure et proche de un ($D_{surf} = D_{bord} =$ proche de 1), la forme de surface est très hétérogène, mais contenue dans un périmètre très lisse. L'ensemble est rugueux.
- Si la dimension surfacique est égale à celle de la bordure et proche de deux ($D_{surf} = D_{bord} =$ proche de 2), c'est la situation inverse. Une forme à surface lisse est contenue par un pourtour ultra-dentelé, le tout apparaissant également rugueux.
- Si la dimension surfacique est égale à celle de la bordure et proche de un et demi ($D_{surf} = D_{bord} =$ proche de 1,5). Périmètre et surface sont également hétérogènes. C'est le cas pour certaines configurations fractales théoriques, comme le tapis de Sierpinski

6. Les logiciels d'analyse utilisés:

❖ Fractalyse:

Le logiciel Fractalyse est développé au sein de l'équipe "Mobilités, Ville et Transports" du laboratoire ThéMA. Il s'inscrit dans les travaux menés depuis plusieurs années par Pierre Frankhauser et plus récemment Cécile Tannier sur l'analyse morphologique des villes par la géométrie fractale. u la poussière de Fourier. (Badariotti, 2005).

Fractalyse a été initialement développé pour estimer la dimension fractale de la surface bâtie des villes. Il peut être utilisé pour calculer la dimension fractale d'une image noir et blanc, d'une courbe ou d'un réseau. Il contient aussi quelques outils de traitement d'image.

Fractalyse effectue les analyses et traitements d'images à partir de fichiers au format TIFF ou BMP (en noir et blanc).

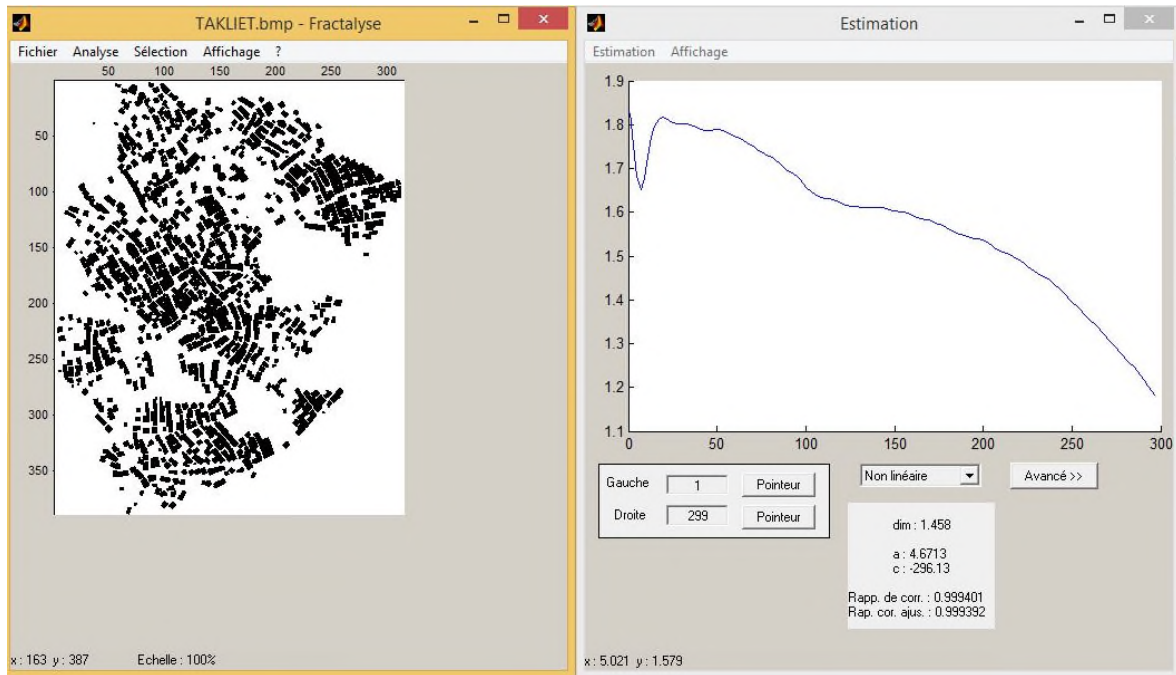


Figure 32: Analyse par Fractalyse d'un tissu urbain post traité.

(Source : Auteur 2018).

7. Conclusion

A travers l'approche fractale, l'objectif sera de mieux relier la morphologie urbaine, au sens urbanistique du terme (la forme architecturale de la ville). Ce chapitre s'est attaché à expliquer toutes les notions relatives à la question de la géométrie fractale et son utilisation dans la description des morphologies urbaines. Il a répertorié les méthodes d'analyse pouvant servir d'outil de base à la construction du modèle d'analyse de ce mémoire. L'analyse des différents aspects de la structure urbain et tels que la distribution de la surface bâtie ainsi que les analyses de bordure montre que la dimension fractale représente une mesure quantitative qui peut servir à déterminer toutes sortes de sous-systèmes présentant une organisation hiérarchique. On obtient ainsi une possibilité de comparer différentes villes au vu des propriétés de ces sous- systèmes. Le (**tableau 1**) suivant résume les descripteurs morphiques de l'analyse fractale utilisés.

| | DEFINITIONS | METHODE D'ANALYSE | INDICATEUR |
|----------------------------------|---|---------------------------------------|--|
| 1. Le degré d'homogénéité | Décrit l'égalité plus ou moins grande des valeurs d'une variable ou d'une combinaison de caractéristiques dans un ensemble urbain. Un tissu homogène est un type de tissu défini par une plus grande ressemblance entre les unités qui le composent. Le degré d'hétérogénéité est son antonyme. | L'analyse de corrélation | La dimension fractale « D » |
| 2. Le degré d'hierarchie | Décrit une forme d'organisation spatiale d'une échelle à l'autre. Son indicateur est le nombre de lacunes « le vide » qui hiérarchise le tissu en question. Un tissu hiérarchisé est un type de tissu caractérisé par une forte existence d'espaces non bâtis. | L'analyse de corrélation | La dimension fractale « D » |
| 3. Le degré de complexité | Décrit l'irrégularité plus ou moins grande de la taille et de la forme des unités qui forment le tissu urbain. Le degré de complexité a une relation directe avec le degré d'hétérogénéité. | L'analyse de corrélation. | Le facteur de forme « α » |
| 4. Le degré de compacité | Un tissu est compact lorsque les lacunes « le non bâti » sont inférieures aux masses occupées « le bâti ». Lorsque les lacunes sont supérieures aux masses occupées, le tissu est lâche. | L'analyse de dilatation | Nombre d'itérations « N » |
| 5. Le degré de dendricité | Détermine si la morphologie du périmètre ou de la bordure est de nature sinueuse ou plutôt lisse « forme géométrique simple » | L'analyse gaussienne | $\delta = D_{surf} / D_{bord}$ |
| 6. Le degré de rugosité | Détermine l'incohérence qui existe entre la dimension fractale de surface et la dimension fractale de bordure. | L'analyse de corrélation des bordures | $I_s = (2 - D_{surf}) - (1 - D_{bord})$ |

Tableau 01 : Les descripteurs morphiques de l'analyse fractale utilisée. (Source : Kacha, 2010).

CHAPITRE III :
LE CORPUS « TAKLIET, TARGA
OUZEMOUR, ANCIENNE VILLE, LA
PLAINE, SID ALI LABHAR »

1. Introduction

Le présent chapitre fait l'objet de deux titres, le premier est consacré à étudier la ville de Bejaia et son évolution historique qui a vu l'apparition des différents quartiers, dont certains seront choisis comme corpus d'étude. Le deuxième titre fut la présentation de ces quartiers et leurs principales caractéristiques.

2. Présentation du cas d'étude.

2.1. Situation géographique de la ville de Bejaia

La ville de Bejaia est le cas d'étude de ce mémoire, elle se présente au centre de la façade méditerranéenne de l'Afrique du nord, au nord-est de l'Algérie. Bejaia se situe au Nord de l'Algérie. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par les wilayas de Bouira et de Bord Bou-Arredj, à l'Ouest par la wilaya de Tizi-Ouzou et à l'Est par les wilayas de Sétif et Jijel.

La ville de Bejaia se situe à une distance de 230 Km à l'Est de la ville d'Alger, à l'extrême Ouest d'une baie formée par le cap BOUAK à l'Est et le cap CARBON à l'Ouest, accrochée au flanc du mont GOURAYA,

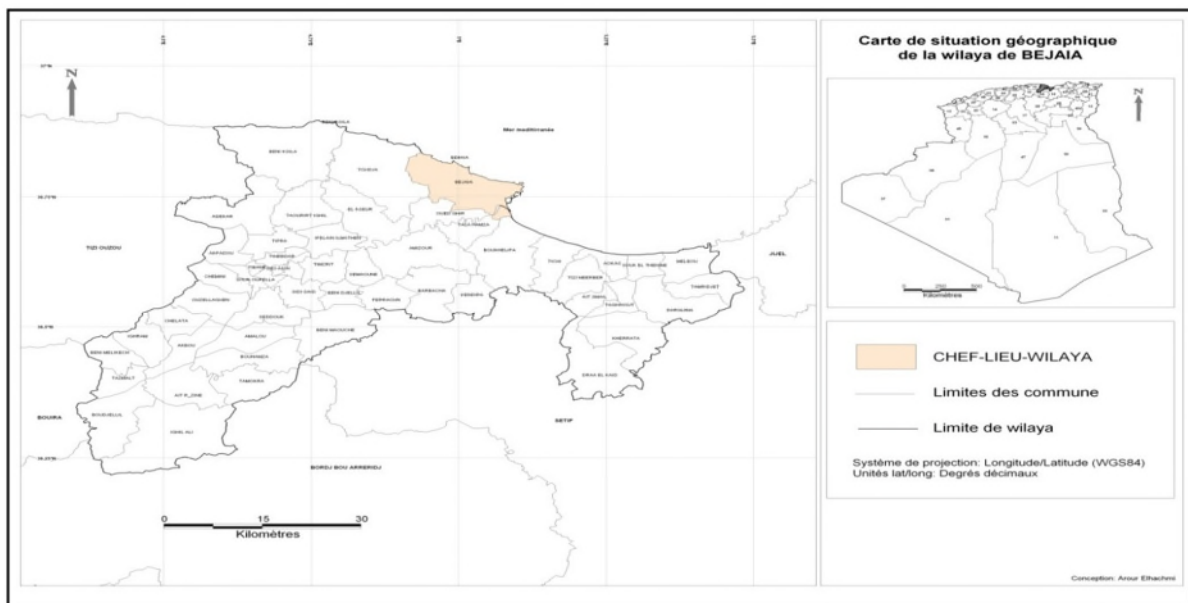


Figure 33 : La situation de la ville de Bejaia.

(Source : Arour, 2017).

2.2 . L’historique de la ville de Bejaia

La ville est un organisme vivant, qui change, et se développe à travers le temps.« Les villes sont le produit d’un processus de stratification et de cumulation de traces et de tracés.» (Saidouni, 2000).

La ville de Bejaia d’après son tissu actuel n’est que le résultat d’une stratification complexe issue de la superposition de plusieurs couches historiques précoloniale, coloniale et postcoloniale, mettant en valeur des éléments récurrents qui définissent les concepts phares à base desquels l’urbanisme d’une ville s’est fondé.

Nous essayerons de retrouver et de comprendre brièvement les éléments urbains et concepts opératoires qui ont orienté et dirigé la formation et la transformation urbaine de la ville. Panerai (1980) a dit en ce sens « *Connaitre une ville n’est pas simple surtout quand elle est vaste et que chaque époque est venue déposer sans trop de précaution sa marque sur celle des générations précédente.* »

2.2.1. La période précoloniale

La ville de Bejaia renferme de nombreux vestiges historiques, son tissu urbain est caractérisé par une continuité ininterrompue d’occupation:

➤ Période phénicienne.

- L’ère phénicienne, première occupation humaine à Bejaia, date du 7eme siècle av JC,
- Les phéniciens se sont installés a Bejaia pour deux raisons :
- L’existence des caps protecteurs (cap carbonet cap bouak)
- La présence de la population (pour les échanges commerciaux)

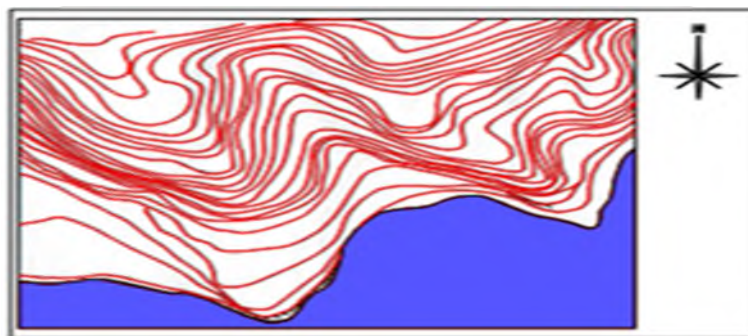


Figure 34 : Bejaia Comptoir Phénicien

(Source : Gsell, 1929)

➤ **Période Romaine: Salade (III av JC).**

L'époque Romaine 33 av JC la ville fut confinée dans une muraille d'environ 3km. La fondation de la ville romaine s'est faite par stratification de la ville sur le comptoir phénicien, et par la construction des remparts (limites).

Les faits urbains:

- Fortification de la ville par une muraille de 3000m, percée par quatre portes (assurant les liaisons et les échanges avec l'extérieur).
- Aménagement d'un port.
- Construction de certains édifices importants: temple, aqueduc...

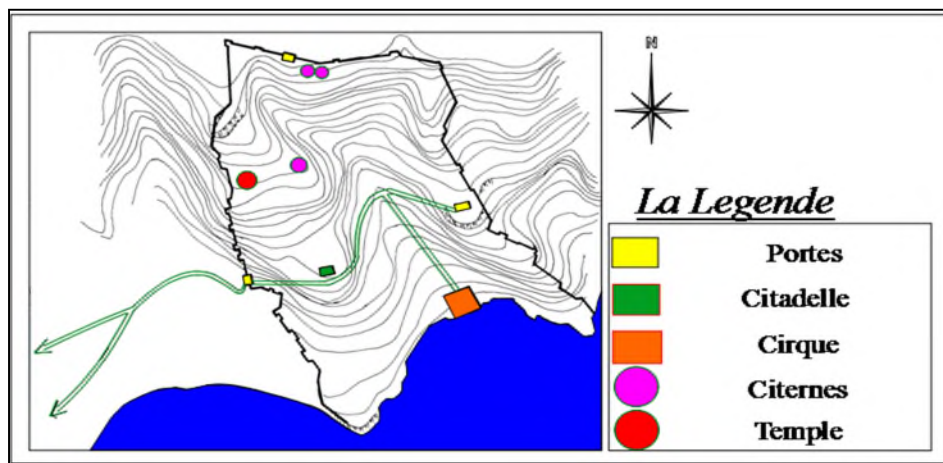


Figure 35: Bejaia ville Romaine.

(Source : Gsell, 1929)

➤ **La période Hammadite: (1067-1152)**

A l'époque Hammadite (1067 – 1152), Bejaia fut la nouvelle capitale de Beni Hammad, construite par « El Nacer » successeur de Hammad, qui lui donna un cachet particulier et la nomma « EL NACERIA ».

Les faits urbains:

- Elargissement du mur de l'enceinte avec création de nouvelles portes urbaines,...
- le nombre de porte à six.
- Construction de palais et de mosquées et aménagement de jardins.
- Construction de forts.
- Edification de la casbah

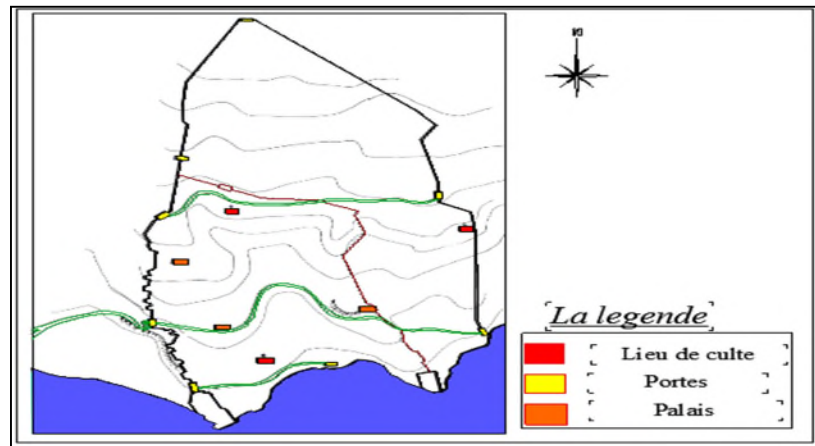


Figure 36 : Bejaia ville Hammadite.
(Source : Gsell, 1929).

➤ **La période Espagnole; Bujia (1510-1556)**

À la fin du XIIIe Siècle, la ville est entraînée dans le déclin de la dynastie Hafsïd, qui ne résiste pas à l’envahisseur espagnol. La colonisation espagnole dura 45ans de 1510 à 1555, la ville de Bejaia durant cette période reçu un nouveau nom BUGGIA, animé par l destruction et la domination, les espagnols stratifièrent leur installation en se superposant sur le plan Hammadite.

Les faits urbains:

- Destruction massive de tout symbole représentant la civilisation musulmane.
- Rétrécissement de l'enceinte de la ville.
- Edification de forts supplémentaires (Barral, Gouraya, Abdelkader, Casbah).

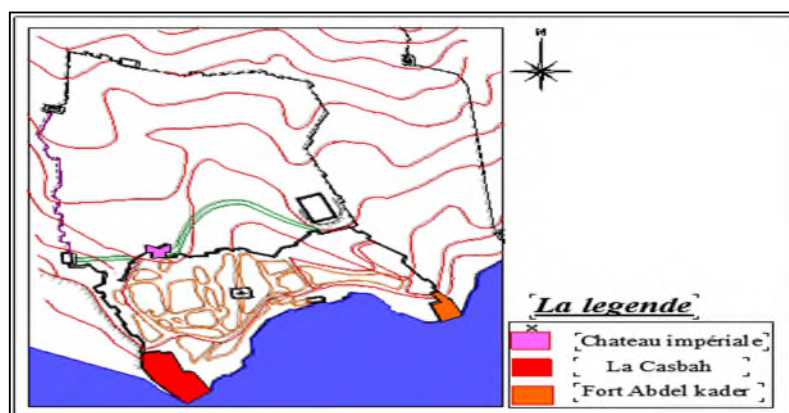


Figure 37 : Bejaia ville Espagnole.
(Source : Gsell, 1929).

2.2.2. La période coloniale « Bougie »

L'établissement français à Bougie était consacré au renforcement de leur situation, à l'appropriation et à la réinterprétation des lieux. Les colons la nomment Bougie.

➤ Intervention intra-muros 1833-1871.

Les faits urbains:

- Réduction de l'enceinte de la ville.
- Restructuration du tissu précolonial et mise en valeur de l'espace public.
- Elargissement de voies.



Figure 38 : Bejaia ville d'intervention intra-muros.
(Source : Gsell, 1929).

➤ Intervention extra-muros (1871-1962)

Jusqu'à 1871, l'extension de la ville de Bejaia s'est toujours faite à l'intérieur des remparts. C'est à dire une densification intra-muros. L'événement des chemins de fer (élément générateur du développement urbain à l'extérieur de l'ancienne ville) fut le point de départ de l'extension de la ville vers la plaine : extension extra-muros.

Les faits urbains:

- L'élargissement du port (remblais important qui fera reculer la mer de 50m) et sa réorganisation en trois grandes parties.
- Extension de la ville sur la plaine grâce à l'avancement des chemins de fer (prison, gare, hôpital Franz Fanon, théâtre,...).
- Découverte du pétrole et création du port pétrolier
- Installation d'une grande zone industrielle dans la partie centrale de la plaine (loin de la ville).

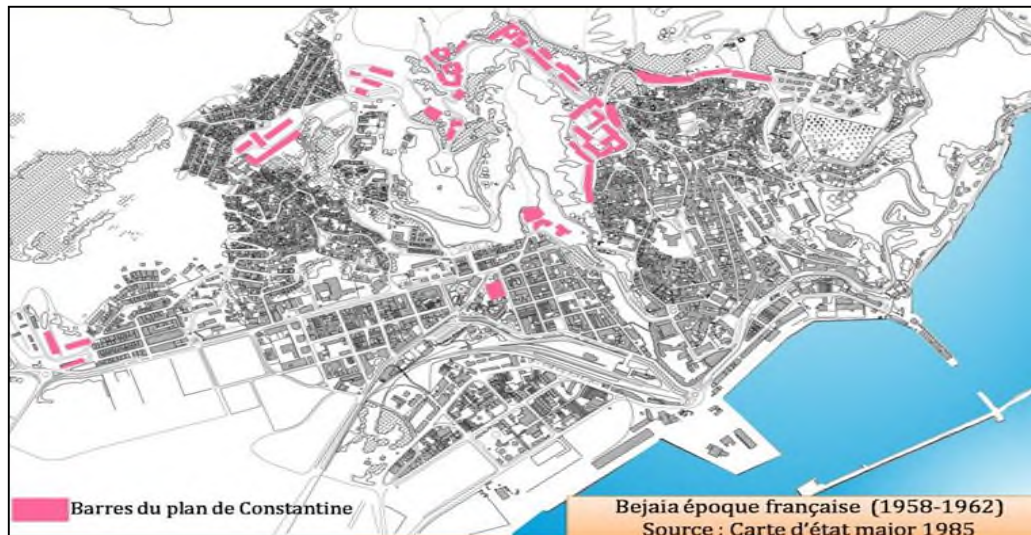


Figure 39: Bejaia époque française (1958-1962).

(Source: carte état major 1985)

2.2.3. La période post coloniale

➤ **Entre 1962 et 1974 :**

- Emergence du tissu urbain anarchique engendré par l'exode rural.

➤ **Entre 1974 et 1990 :**

- En 1974, Bejaia se détacha du département de Sétif et sera élevé au rang du chef-lieu de wilaya et se dotera d'un PUD qui reprendra l'idée du plan de Constantine (zoning).
- Urbanisation accentué le long du parcours agricole, et la construction de cités (Iheddaden et Sidi-Ahmed) en plusieurs tranches afin de régler le problème de logement.
- Ces deux opérations eurent comme retombée l'apparition d'autres quartiers spontanés.

➤ **Entre 1990 et 2010 :**

- Densification du tissu urbain formé par les établissements spontanés (qui n'ont pas fait l'objet d'une étude approfondie). Ce tissu donne à la ville, la forme d'un fer à cheval qui contourne la zone, suivant le relief.
- Des interventions récentes le long du " boulevard Krim Belkacem" ou des projets de gabarit de (R+7 : immeuble multi fonctionnels).
- Une pression urbaine sur la zone industrielle vu l'importante assiette foncière qu'elle présente.

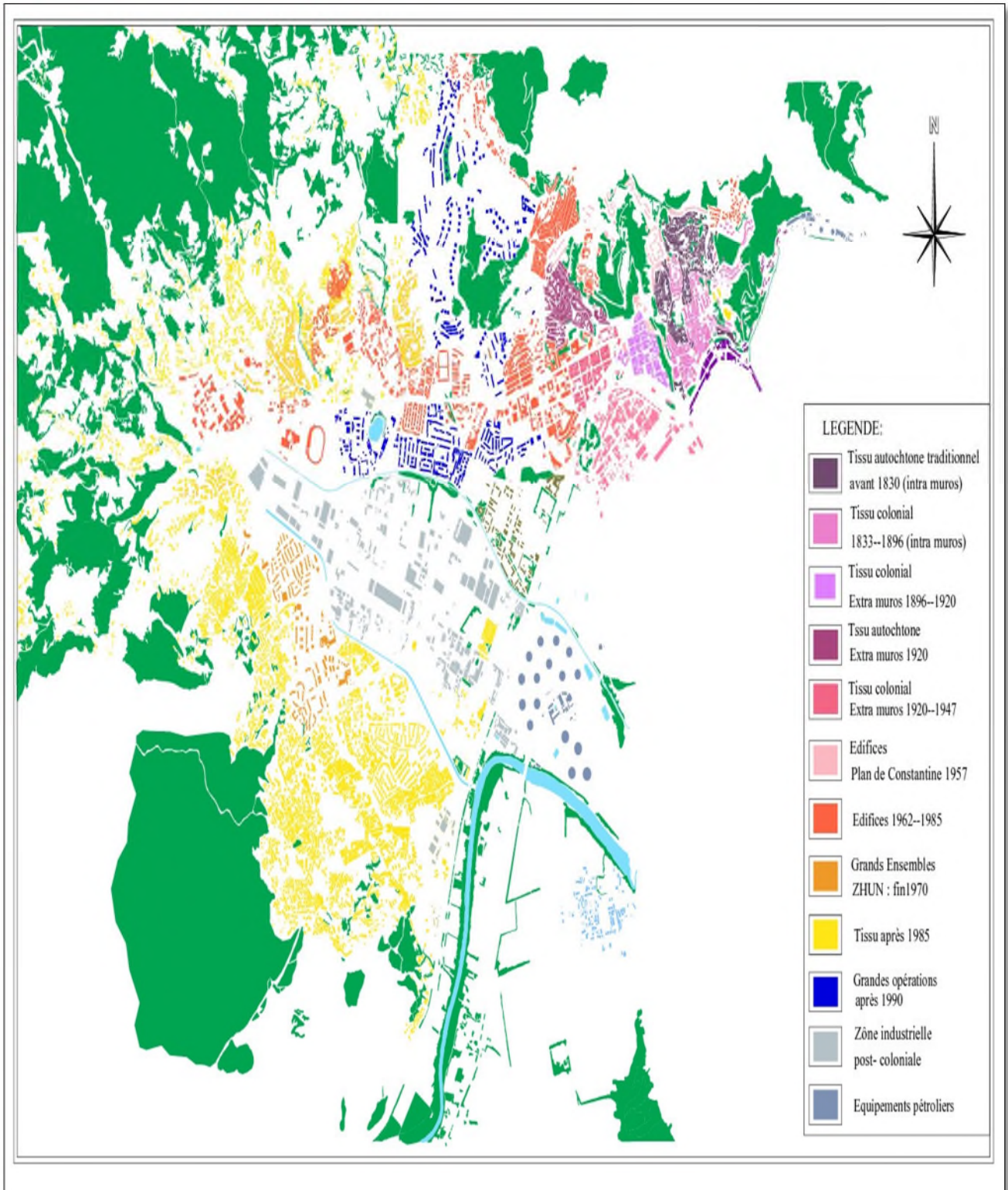


Figure 40 : Evolution de la ville de Bejaia.

(Source : B.E.T AXXAM, 2018).

3. Le tissu urbain :

Ce concept est utilisé en urbanisme pour décrire le rapport entre espace bâti en milieu urbain. Ce terme peu géographique, mais imagé pour rendre un espace, correspond à l'ensemble des dispositifs spatiaux et distributions spatiales d'un espace. Il comprend le réseau urbain (villes reliées par des axes sur lesquels circulent des flux). Il est basé sur une organisation hiérarchique des villes entre elles, sur un maillage plus ou moins serré. (Golliard, 2000).

4. Les types de quartiers.

Un quartier est une sous-division d'une ville ou d'un village, qui dispose d'une identité assez particulière et dont les habitants partagent un sentiment d'appartenance. Dans la ville de Bejaia il est possible de distinguer trois types de quartiers : les quartiers planifiés (coloniaux, les, les grands ensembles d'habitat collectif, les lotissements.....), les quartiers auto-construits spontanés (qualifiés improprement d'habitat illicite, spontané) et les quartiers traditionnels.

4.1. Le quartier Traditionnel

Dans la ville de Bejaia existe que un quartier traditionnel qui se trouve a l'ancienne ville, nommé « quartier Bab Elouz »

4.1.1. Quartier Bab Elouz.

Bab Elouz se situe à l'ancienne ville (dans un quartier colonial). Il est limité au Nord par la place Larbaoui, à l'Est par l'hôpital Frantz Fanon au Sud par la rue de Djouder, et à l'Ouest par la rue de Rachid Bouzar.

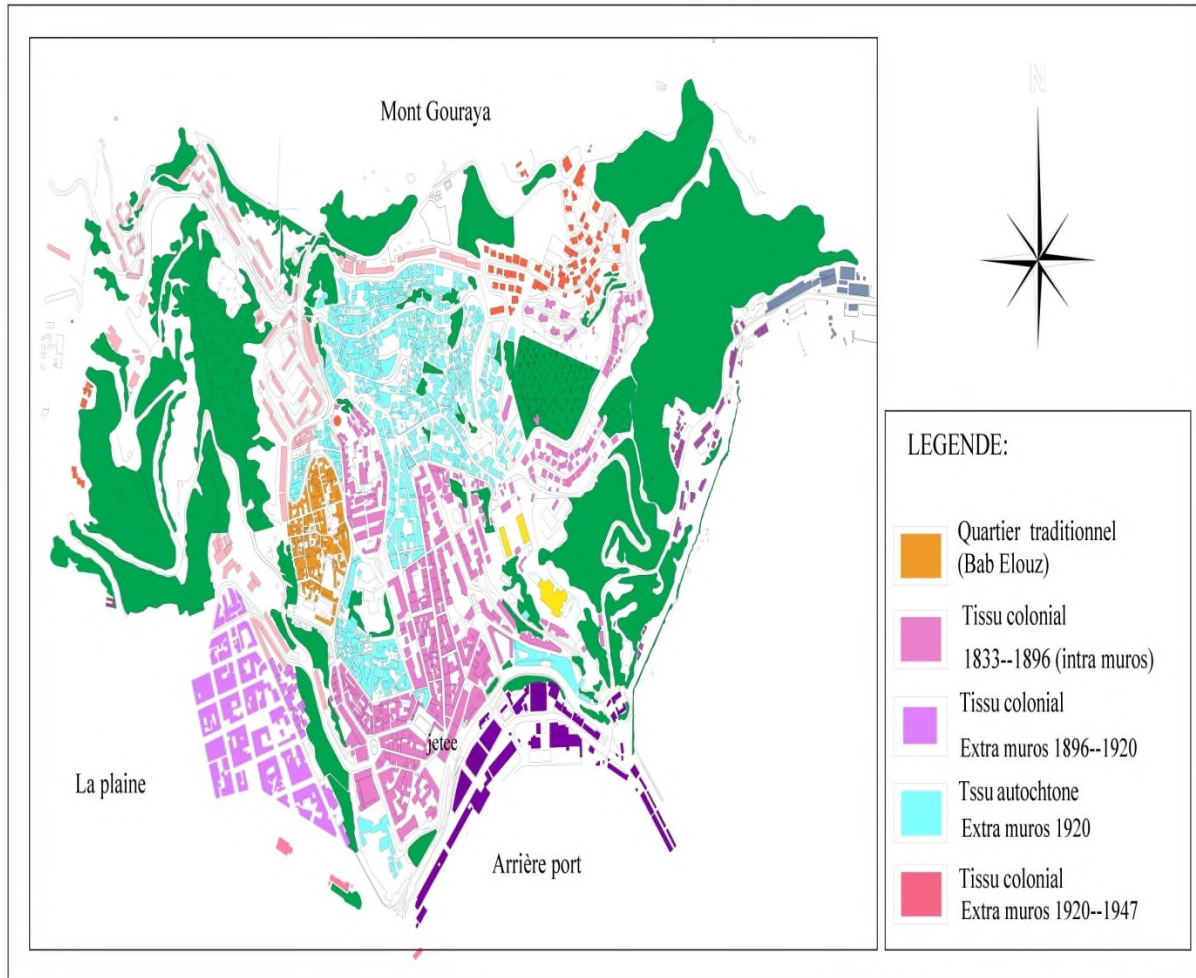


Figure 41: Quartier Bab Elouz.

Source : B.E.T AXXAM,2018).

4.2. Les quartiers planifiés

4.2.1. Le quartier colonial « Ancienne ville »

Le quartier Ancienne ville est situé au NordEst de la ville de Bejaia. Il est limité au Nord par le mont de Gouraya, à l'Est par les Oliviers, au Sud par l'Arrière Port à l'Ouest par le quartier de la Plaine

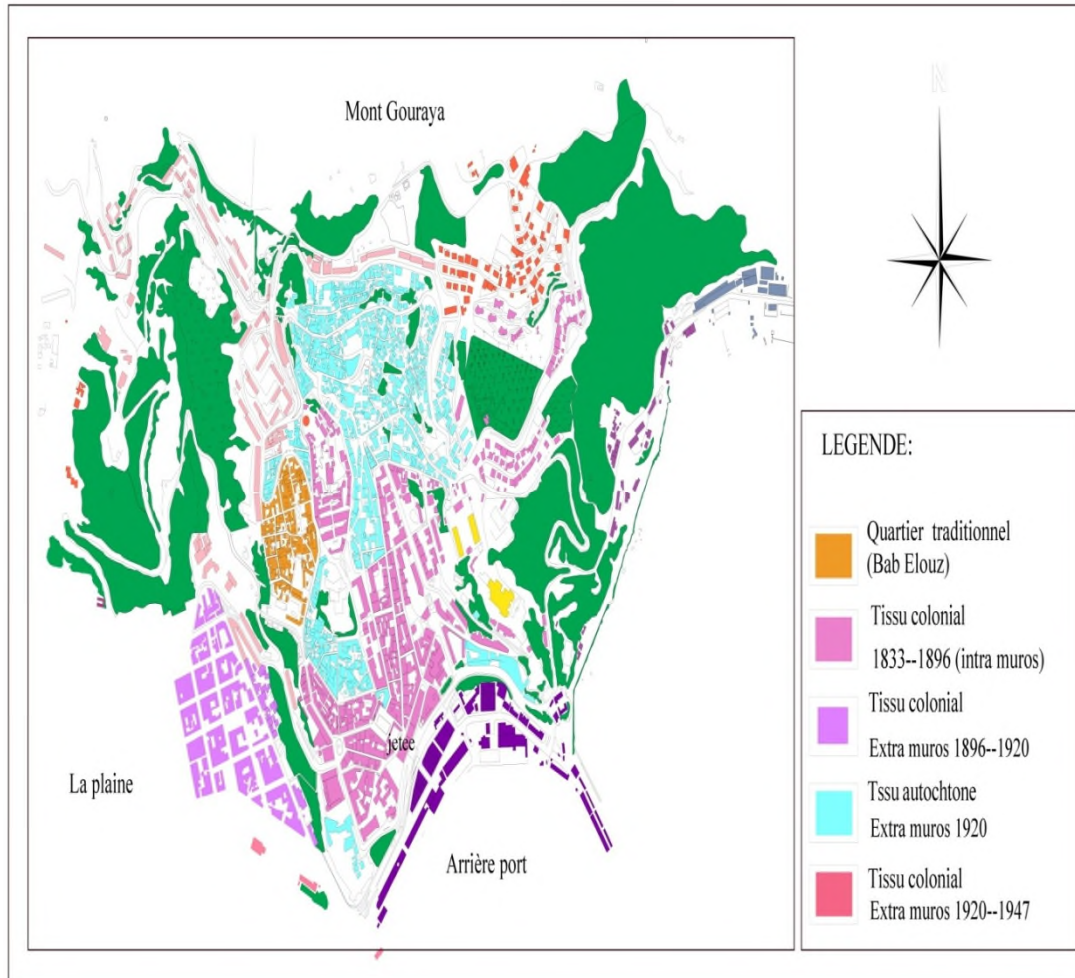


Figure 42: Quartier Ancienne ville.
(Source : B.E.T AXXAM, 2018)

4.2.2. Le quartier de la plaine :

Le quartier de la plaine est situé au Nord Est de la ville de Bejaia. Il est limité au Nord par la rue de la liberté, à l'Est par la rue des frères Chikouri, au Sud par l'Arrière Port à l'Ouest par la Zone Industrielle

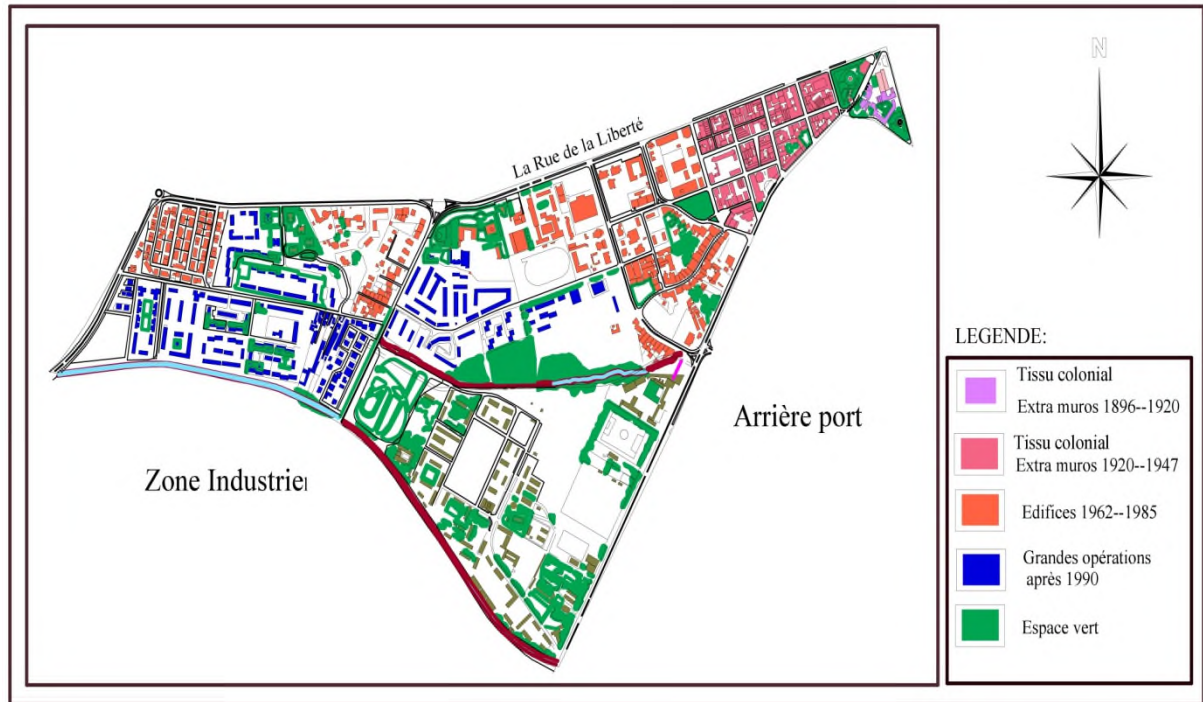


Figure 43: Quartier la Plaine.
(Source : B.E.T AXXAM, 2018).

4.2.3. Le quartiers Sid Ali Labhar.

Le quartier Sid Ali Labhar est situé au Sud de la ville de Bejaia. Il est limité au Nord par Sonatrach, au Sud par Aéroport à l'Ouest par la S.N.T.R.

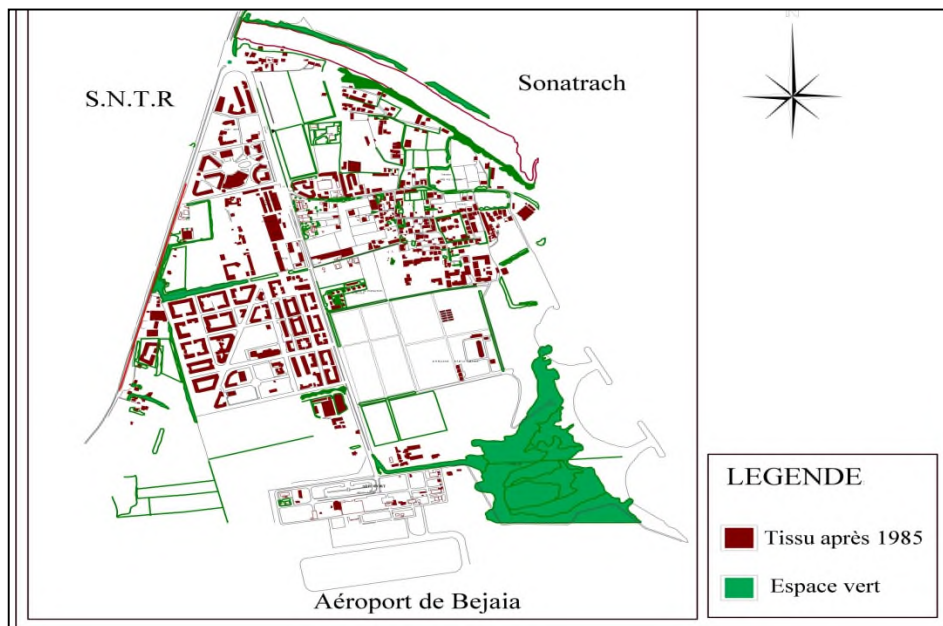


Figure 44: Quartier Sid Ali Labhar.
(Source : B.E.T AXXAM, 2018)

4.3. Les quartiers auto-construits spontanés

4.3.1 Définition

« *L'auto-construction est le nom donné à l'action, pour un particulier, de réaliser sa propre maison sans, ou pratiquement sans, l'aide de professionnels du bâtiment.* » (DUC Batna, 2007).

Ce type d'habitat qui étant une nouvelle conception et construction du logement individuel échappe d'abord au concept classique connu sous le nom de bidonville par ses matériaux nouveaux : béton et aciers, ensuite, il s'installe dans la durabilité comme le résume Saidi (2001) « *Certes, surtout dans les premiers temps de leur existence, ces quartiers ont, dans bien des cas un statut foncier plus ou moins précaire allié à la pauvreté des matériaux utilisés et la médiocrité des techniques mises en œuvre pour les assembler* »

Par contre : « *Il faut se rendre à l'évidence et ne plus opposer cet adjectif « précaire » à ces formes d'habitat qui existent depuis des décennies qui se transforment progressivement et qui ne paraissent pas près de disparaître* ».

- ❖ Par cette apparence changeante, plusieurs définitions se présentent :
- Spontané : spontanéité du geste constructif en fonction du besoin.
- Informel : changement continu et évolutif sans apriori de « forme ».
- Illicite : illégalité administrative sans permis de construire.
- Sous intégré : occupé par une population souvent d'origine rurale.

Toutes ces définitions expliquent, plus ou moins bien, ce type d'habitat suivant la discipline d'étude menait (sociologie ; économie ; urbanisme...). Pourquoi auto construit ? Il s'agit de la participation de la population au processus de conception – de Production de son espace et de son cadre bâti. (Mammeri ,2011).

4.3.2. Les quartiers auto-construits spontanés choisis

4.3.2.1. Le quartier Takliet

Le quartier Takliet est situé au Sud-ouest de la ville de Bejaia. Il est limité au Nord par le quartier Ihadadden, à l'Est par le quartier Ighil Ouazoug, à l'Ouest par le quartier de Dar Djebel.

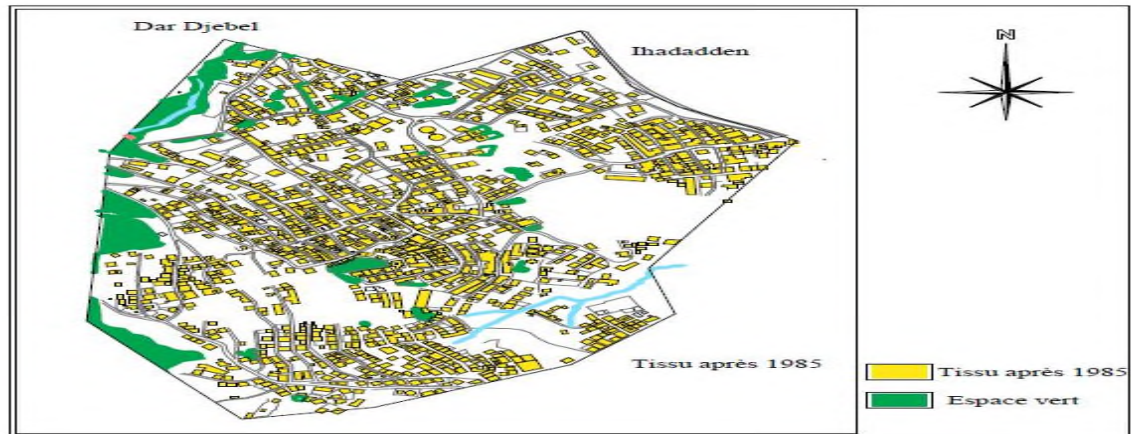


Figure 45: Quartier Takliet.

(Source B.E.T AXXAM, 2018).



Figure 46: Les habitations auto-construites du quartier Takliet

(Source : Auteur, 2018).

4.3.2.2. Le quartier Targa Ouzemour

Il occupe la partie Ouest de la ville de Bejaia. Il est limité par le quartier Tala Markha au Nord- Est, le quartier Amtik N'Tafath au Nord-Ouest et par la route de Boukhiana au Sud

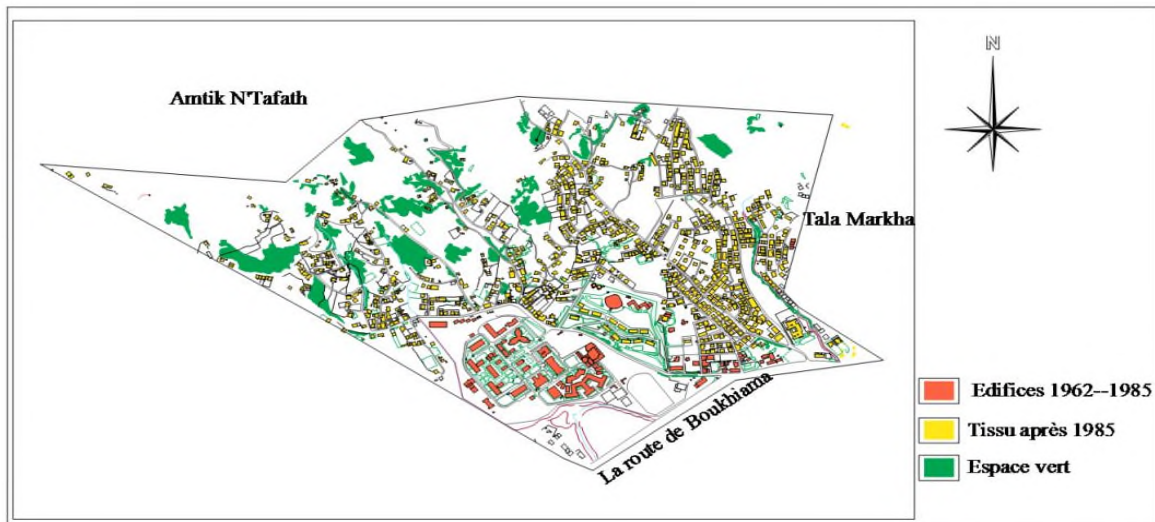


Figure 47: Quartier Targa Ouzemour .

(Source : B.E.T AXXAM, 2018)



Figure 48: Les habitations auto-construites du quartier Targa Ouzemour.

(Source : Auteur, 2018).

CHAPITRE IV :
IDENTITE MORPHIQUES DES TISSUS
AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

1. Introduction

Ce chapitre est consacré à la description des quartiers auto-construits spontanés au sein de la ville de Bejaia, à travers une analyse morphologique fractale de leurs tissus urbains, et lequel est divisé en trois (03) parties. La première est intitulée « identité morphique des tissus auto-construits spontanés » qui consiste en l'analyse de tissus auto-construits spontanés et les tissus planifiés de la ville de Bejaia, afin de déterminer leur identité morphique et de comprendre leur logique d'organisation. La deuxième partie s'intéresse à « l'identité morphique distinctive des tissus auto-construits spontanés » qui va traiter, à travers une étude comparative des tissus auto-construits spontanés avec les tissus planifiés, la dernière partie est une étude comparative entre les tissus de la ville de Bejaia et les tissus de la ville de Batna afin de déterminer la logique morphique de ces deux villes algériennes.

2. Déterminer l'identité Morphique Des Tissus Auto-Construits spontanés.

L'analyse fractale offre une large palette de méthodes d'analyses et d'indicateurs qui permettent de caractériser les tissus urbains et d'en mesurer l'identité morphique. Les indicateurs utilisés pour l'analyse morphologique des tissus auto-construits spontanés sont :

-Le degré d'homogénéité : renseigne sur l'homogénéité ou l'hétérogénéité de la répartition des espaces bâtis par le biais de la mesure de la dimension fractale de corrélation D . Une valeur proche de deux correspond à un tissu assez homogène, une valeur proche de zéro transcrit une forte hétérogénéité dans la répartition des espaces bâtis.

-Le degré d'hierarchie : renseigne sur l'hierarchie de la répartition des espaces bâtis par le biais de la mesure de la dimension fractale de corrélation D et l'étude du comportement scalant. Une valeur proche de deux avec un comportement scalant moins fluctuant correspond à un tissu faiblement hiérarchisée, une valeur proche de zéro et un comportement scalant fluctuant transcrivent une forte hiérarchie.

-Le degré de complexité : renseigne sur la complexité du tissu étudié par le biais de la mesure du facteur de forme « a ». Plus la valeur est grande, plus le tissu est complexe.

-Le degré de compacité : renseigne sur la compacité ou la densité du tissu par le biais du nombre d'itérations issu des analyses de dilatation.

-Le degré d'homogénéité de la bordure : renseigne sur l'homogénéité ou l'hétérogénéité de la bordure urbaine par le biais de la mesure de la dimension fractale de corrélation de la bordure « D_{bord} ».

-Le degré de dendricité : renseigne sur la dendricité de la bordure urbaine par le biais de l'indice de dendricité « δ ».

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

-Le degré de rugosité : renseigne sur la rugosité d'un tissu urbain par le biais de l'indice synthétique de rugosité « Is ».

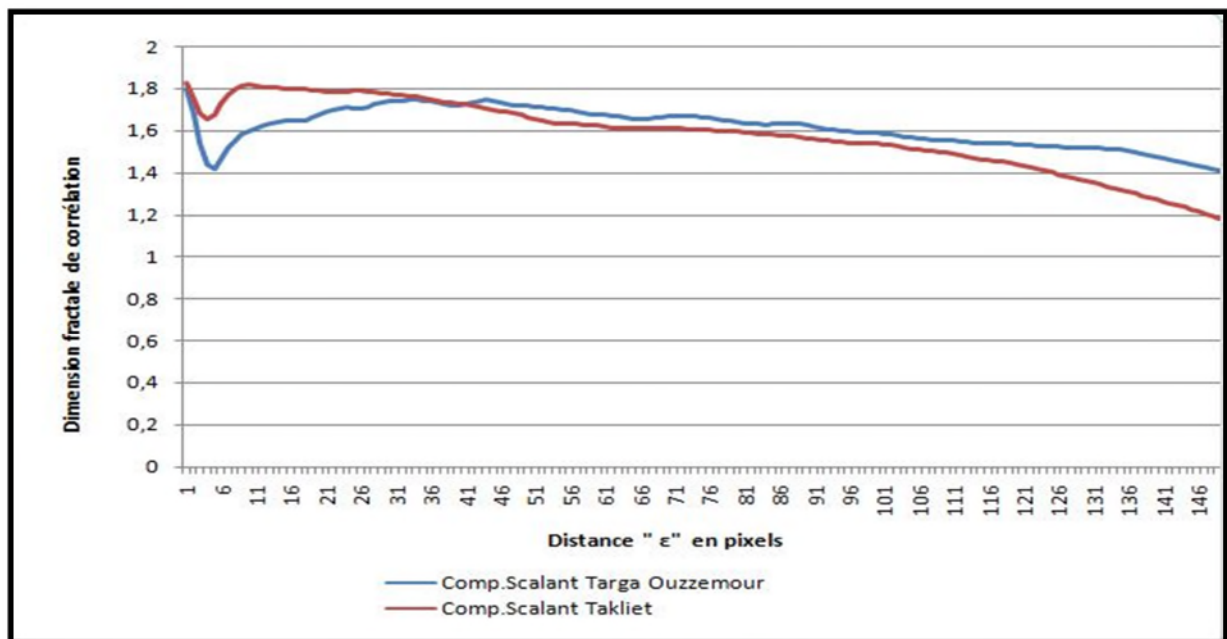
2.1. L'analyse fractale des tissus auto-construits spontanés.

2.1.1. Le degré d'homogénéité des tissus auto-construits spontanés

Le degré d'homogénéité de la surface bâtie est mesuré par le biais de la dimension fractale de corrélation Celle-ci varie entre 0 et 2. Plus le tissu est homogène plus sa valeur tend vers 2, plus il est hétérogène, plus sa valeur tend vers zéro.

Dans ce cas, les valeurs des dimensions fractales de corrélation différenciées, varient entre 1.18 et 1.82.

Le tissu de «Takliet » a une dimension fractale (1.46) et celui de «TargaOuzemour» avec une dimension fractale de (1.55).Dans ce cas la dimension fractale est(proche de 1.5).donc le périmètre et la surface sont également hétérogènes.



Graph 01: Courbes des comportements scalants issues des analyses de corrélation des tissus « Takliet et TargaOuzemour ».

(Source : Auteur, 2018).

2.1.2. Le degré d'hierarchie des tissus auto-construits spontanés

Les courbes de comportement scalant permettent de comprendre la structure du bâti et de mesurer l'homogénéité de sa répartition en vue d'établir la différence entre les tissus. Cette étape sert à vérifier si les comportements scalants des tissus analysés suivent les mêmes tendances ou pas.

D'après l'analyse de corrélation des tissus « Takliet et TargaOuzemour ». On remarque que les courbes de comportement scalant varient entre 1.18 et 1.83. Ces courbes vont presque dans le même sens. Ceci signifie que ces tissus se caractérisent par un bâti peu hiérarchisé. Ça correspond à des espaces non bâtis qui hiérarchisent les tissus.

2.1.3. Le degré de complexité des tissus auto-construits spontanés

Le facteur de forme « a » offre une information sur le degré de complexité des tissus. Les tissus étudiés présentent une valeur de « a » comprise entre 1.72 et 4.68. Le tissu le moins complexe est TargaOuzemour avec une valeur de 1.715, alors que le tissu de Takliet a un degré de complexité très élevé égal à 4.671.

Il est possible de remarquer qu'il y a une relation entre le degré de complexité et celui d'hiérarchie et d'homogénéité, le facteur de forme (a) varie inversement à (D). TargaOuzemour a une dimension fractale de 1.552 et un facteur de forme de 1.7155. Ceci traduit une morphologie assez homogène, peu hiérarchisée et peu complexe.

Les descripteurs morphiques du tissu de Takliet ont une dimension fractale de 1.46 et un facteur de forme de 4.68 qui informent sur une morphologie moins homogène, plus hiérarchisée et plus complexe.

2.1.4. Le degré de compacité des tissus auto-construits spontanés

L'analyse de dilatation a donné le nombre d'itérations nécessaire à la dilatation de chaque tissu. Celui-ci informe sur le degré de compacité du tissu en question. Cette analyse a montré que les tissus auto-construits spontanés ont des valeurs qui varient entre 26 et 28 itérations révélant ainsi une compacité élevée. Le nombre d'itérations de quartier Takliet montrent qu'il est faiblement connexe par rapport à celui de Targa Ouzemour car ce dernier contient de grandes lacunes « espaces non bâtis ».



Figure 49 : Les lacunes au sein des quartiers « Targa Ouzemour et de Takliet ». (Source : Auteur, 2018).

2.1.5. Le degré de dendricité des tissus auto-construits spontanés

La morphologie des bordures urbaines se mesure à l'aide de trois descripteurs fractals : la dimension fractale de corrélation des bordures, la dimension gaussienne et l'indice de dendricité. Ces derniers montrent que les tissus auto-construits spontanés ont une morphologie peu homogène (Dbord varie entre 1.147 et 1.158) et moins dendrique (des valeurs proches 1). Il est par ailleurs, possible de remarquer cette hétérogénéité à travers les images des agrégats obtenus par l'analyse gaussienne et présentées dans ce (tableau 1).

| TISSU | IMAGE DE L'AGREGAT | TISSU | IMAGE DE L'AGREGAT |
|---------|--------------------|----------------|--------------------|
| TAKLIET | | TARGA OUZEMOUR | |

Tableau 01: Les images d'agrégats des tissus « Takliet et Targa Ouzemour ».

(Source : Auteur, 2018).

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

2.1.6. Le degré de rugosité des tissus auto-construits spontanés

A l'aide de deux dimensions fractales de corrélation, l'une surfacique et l'autre de bordure, il est possible de mesurer la rugosité des tissus à travers l'indicateur synthétique de rugosité.

L'indice de rugosité de tissus auto-construits spontanés varie entre « 0.59 et 0.7 » ce qui signifie une situation rugueuse où la surface est moins homogènes ($1.45 < D_{surf} < 1.56$) avec des valeurs proches de 1.5 et la bordure est dendrique ($1.14 < D_{bord} < 1.16$) avec des valeurs (proches de 1). Le tableau suivant résume les données issues des différentes analyses.

| Tissus | Degré d'homogénéité | Degré d'hierarchie | Degré de complexité | Degré de compacité | Degré d'homogénéité de la bordure | Degré de dendricité | Degré de rugosité |
|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------|
| TAKLIET | 1.458 | | 4.671 | 28 | 1.158 | 1.259 | 0.7 |
| TARGA OUZZEMOUR | 1.552 | | 1.715 | 26 | 1.147 | 1.253 | 0.595 |

Tableau 02:Résumé des résultats issus des analyses fractales des tissus auto-construits spontanés.

(Source : Auteur, 2018).

Interprétation des résultats

Les résultats obtenus révèlent que les mesures fractales permettent une description distinctive des différents tissus étudiés. Les tissus auto-construits spontanés sont des tissus de morphologie surfacique moins homogène, avec une complexité interne importante se traduisant, dans certains cas, par la forme non géométrique des îlots et par les lacunes qui hiérarchisent le tissu dans d'autres cas. Les tissus auto-construits spontanés, restent néanmoins caractérisés par une compacité élevée.

3. L'identité morphique distinctive des tissus auto-construits spontanés

Cette partie aborde, à travers une étude comparative, cet effet, deux tissus planifiés et un tissu colonial qui a été retenu pour être comparés aux tissus précédemment décrits.

Les tissus choisis sont : un tissu colonial «ancienne ville» et deux tissus planifiés « La plaine et Sid Ali Labhar ». Le choix de ces trois tissus répond à des critères. Le premier est le critère historique, c'est pour cela que nous avons choisi le quartier historique de la ville de Bejaia qu'est (Ancienne ville), le deuxième tissu (Sid Ali Labhar), la raison pour laquelle ce il a été retenu est qu'il a été créé dans la même période que les tissus auto-construits spontanés. Enfin le troisième tissu (la Plaine) a été choisi parce qu'il a connu une évolution durant plusieurs périodes (de la période pré-coloniale jusqu'à la période post coloniale).

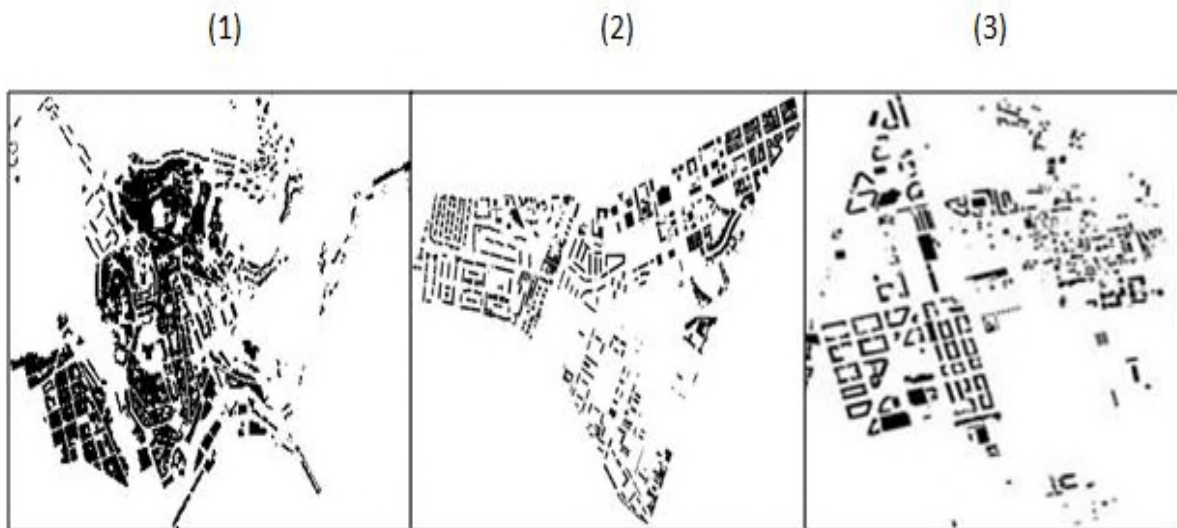


Figure 51: Les tissus planifiés (1) : Ancienne ville, (2) : La plaine et (3) : Sid Ali Labhar
(Source : Auteur, 2018)

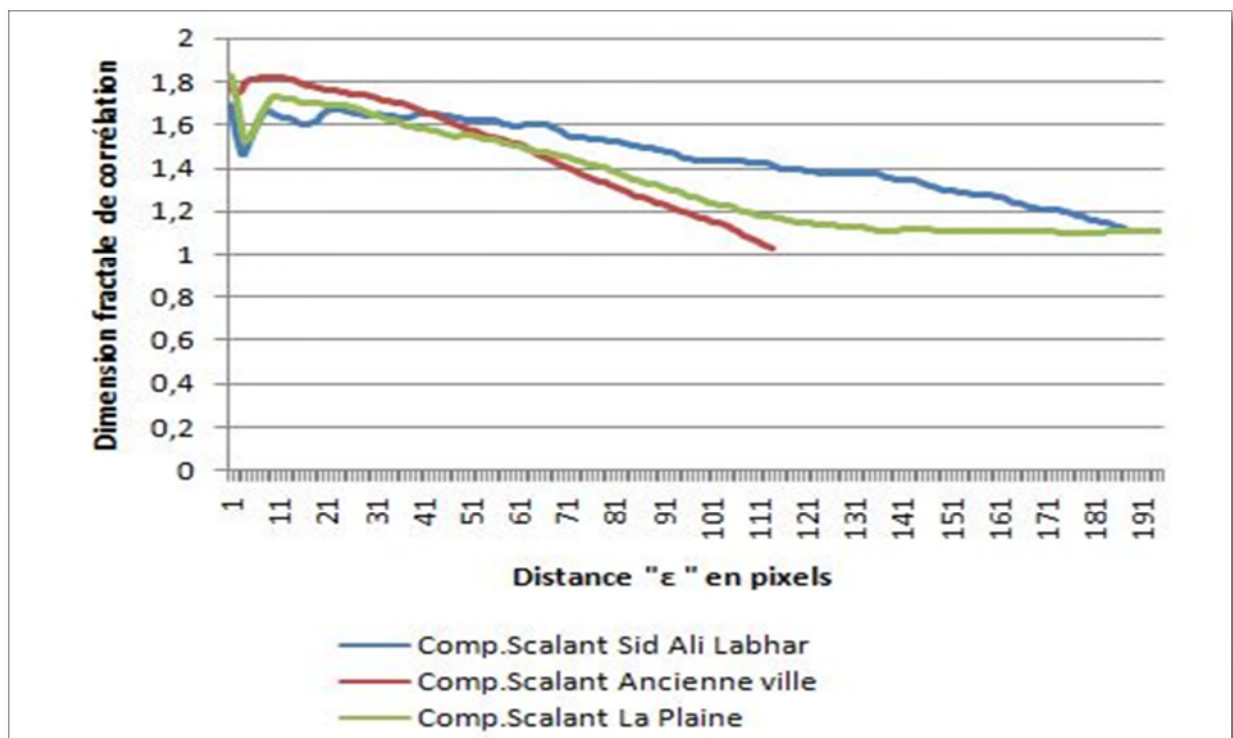
3.1. L'analyse fractale des tissus planifiés.

3.1.1. Le degré d'homogénéité des tissus Planifiés

Les courbes du comportement scalant issues des analyses surfaciques de corrélation vont dans le même sens et suivent la même tendance, elles varient de 1 à 1.82 .Ceci s'explique par une morphologie moins homogène.

Le tissu de « la Plaine » a une dimension fractale moins élevée (1.129).C'est le tissu le moins homogène car il s'agit d'un tissu qui a été créé en plusieurs période (colonial, postcolonial), ce qui a augmenté la valeur de « a ».

Le tissu colonial « Ancienne ville » a une dimension fractale de 1.29 et donc une morphologie moins homogène. Cette situation s'explique par la forme trapézoïdale des îlots qui ont modéré la valeur de la dimension fractale « D » et augmenté celle du facteur de forme « a ».



Graphe 02:Courbes du comportement scalant issues des analyses de corrélation des tissus planifiés.

(Source : Auteur, 2018)

3.1.2.Le degré d'hierarchie des tissus Planifiés

Cette étape cherche à vérifier si les comportements scalants des tissus analysés suivent les mêmes tendances ou pas.

D'après l'analyse de corrélation des tissus planifiés on remarque que les courbes de comportement scalant varient entre 1 et 1.82.

La courbe de comportement scalant de tissu « Sid Ali Labhar » est de morphologie plus hiérarchisée. Ces fluctuations correspondent à des espaces non bâtis qui hiérarchisent le tissu.

3.1.3. Le degré de complexité des tissus Planifiés

Le facteur de forme « a » offre une information sur le degré de complexité des tissus. D'après cette étude, nous avons remarqué que la valeur de « a » est comprise entre (5.35) et (17.33).

Les tissus les moins complexes sont ceux de « Ancienne ville » et de « Sid Ali Labhar » avec des valeurs respectives de (9.91) et de (5.35).

Le tissu de « la Plaine » possède une valeur de « a » plus élevée, égale à (17.33) ce qui signifie une complexité très élevée.

3.1.4. Le degré de compacité des tissus Planifiés

L'analyse de dilatation a donné le nombre d'itérations nécessaire à la dilatation de chaque tissu. Cette analyse a montré que les tissus planifiés ont des valeurs qui varient entre 31 et 49 itérations révélant ainsi une compacité élevée. Le nombre d'itérations des quartiers « Ancienne ville » et « la Plaine » est faible par rapport à celui de « Sid Ali Labhar » car ils contiennent de grandes lacunes « espaces non bâtis ».

3.1.5. Le degré de dendricité des tissus planifiés

L'indice de dendricité montre que les tissus planifiés ont une morphologie moins homogène (D_{bord} varie entre 1.05 et 1.07) et fortement dendrique des valeurs (proches de 01).

3.1.6. Le degré de rugosité des tissus planifiés

L'indice de rugosité de tissus planifiés varie entre « 0.72 et 0.94 » ce qui signifie que dans un périmètre très lisse, l'ensemble reste donc rugueux. ($1.12 < D_{surf} < 1.33$) avec des valeurs proches de deux (01) et la bordure est dendrique ($1.05 < D_{bord} < 1.07$) avec des valeurs (proches de 1).

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| Tissus | Degré d'homogénéité | Degré d'hierarchie | Degré de complexité | Degré de compacité | Degré de dendricité | Degré de rugosité |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|-------------------|
| ANCIENNE VILLE | 1.298 | | 9.911 | 32 | .204 | 0.78 |
| LA PLAINE | 1.129 | | 17.33 | 31 | 1.446 | 0.936 |
| SID ALI LABHAR | 1.332 | | 5.357 | 49 | 1.258 | 0.727 |

Tableau 03: Les résultats morphiques fractales des tissus planifiés.

(Source : Auteur, 2018).

Synthèse des résultats

Les résultats des analyses morphologiques fractales des tissus planifiés ont montré qu'ils se caractérisent par une morphologie moins homogène. Cette situation s'explique par la forme trapézoïdale des îlots, avec un périmètre très lisse en surface comme en bordure. Ils rappellent une logique euclidienne. Une compacité médiocre qui se traduit par un nombre d'itérations très élevé.

3. Étude comparative entre les tissus auto-construits spontanés et les tissus planifiés

Cette étape sert à mettre en exergue les différences qui séparent les tissus auto-construits spontanés de ceux planifiés.

4.1. Degré d'homogénéité, d'hierarchie et de complexité

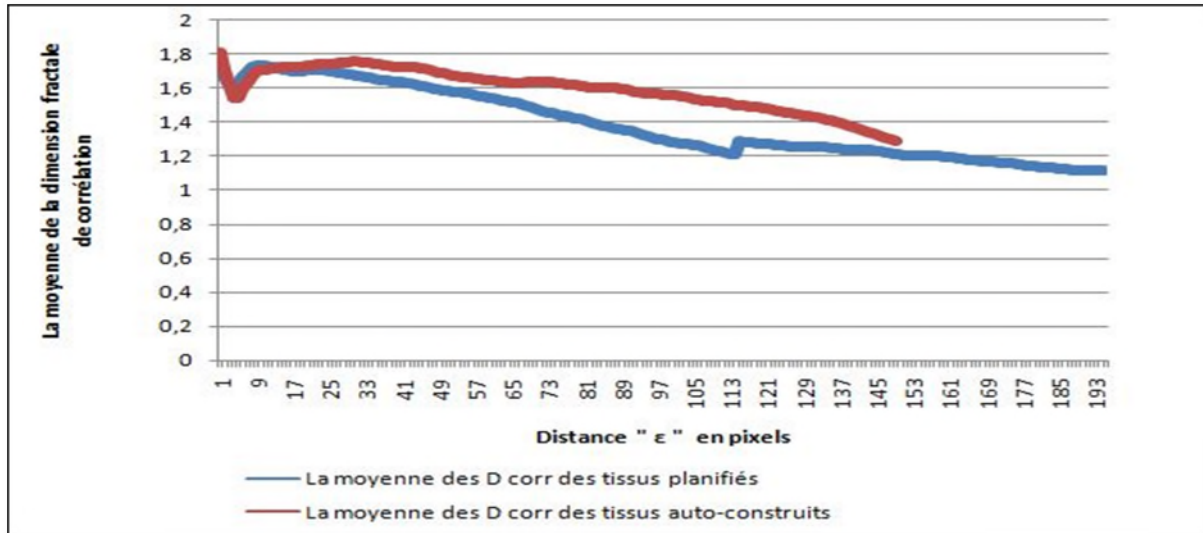
D'après les analyses surfaciques précédentes, il est possible de remarquer que les dimensions fractales surfaciques de corrélation des deux types de tissus, l'auto-construit spontané et planifié sont proches.

Elles varient entre 1.12 et 1.82. Cette situation ne signifie nullement la similarité morphique des deux tissus analysés, car l'information morphique donnée est une information globale issue d'une analyse globale « analyse fractale de corrélation » qui donne la moyenne de tout le tissu analysé. Pour déceler la différence de variation de la dimension fractale.

Le graphique et le tableau montrent la différence entre les tissus auto-construits spontanés et ceux planifiés à travers les courbes de comportement scalant issues des analyses surfaciques de corrélation, la courbe de comportement scalant des tissus auto-construits spontanés est plus fluctuante que celle des tissus planifiés. Car ils existent des formes trapézoïdales dans ce dernier tissu.

La moyenne des facteurs de forme des tissus auto-construits spontanés est moins élevée que celle des tissus planifiés, ce qui montre que les tissus auto-construits spontanés sont moins complexes.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANÉS



Graph 03: Comparaison entre les moyennes des Dcorr des deux tissus auto-construits spontanés et planifiés.
(Source : Auteur, 2018).

| Tissu | La moyenne des dimensions fractales | La moyenne des facteurs de forme |
|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Auto-construit spontané | 1.505 | 3.1934 |
| Planifié | 1.253 | 10.8662 |

Tableau 04: Les moyennes des dimensions fractales et des facteurs de forme.

(Source : Auteur, 2018)

4.2. Degré de compacité

Le nombre d'itérations des tissus planifiés est plus important que celui des tissus auto-construits spontanés. Il est possible de catégoriser les tissus analysés en deux groupes. Le premier groupe correspond aux tissus auto-construits spontanés. Ces tissus sont les plus compacts et clustérisent au bout de 18 itérations. Le deuxième groupe correspond aux tissus planifiés. Ces tissus sont plus lâches et coagulent au bout de 49 itérations.

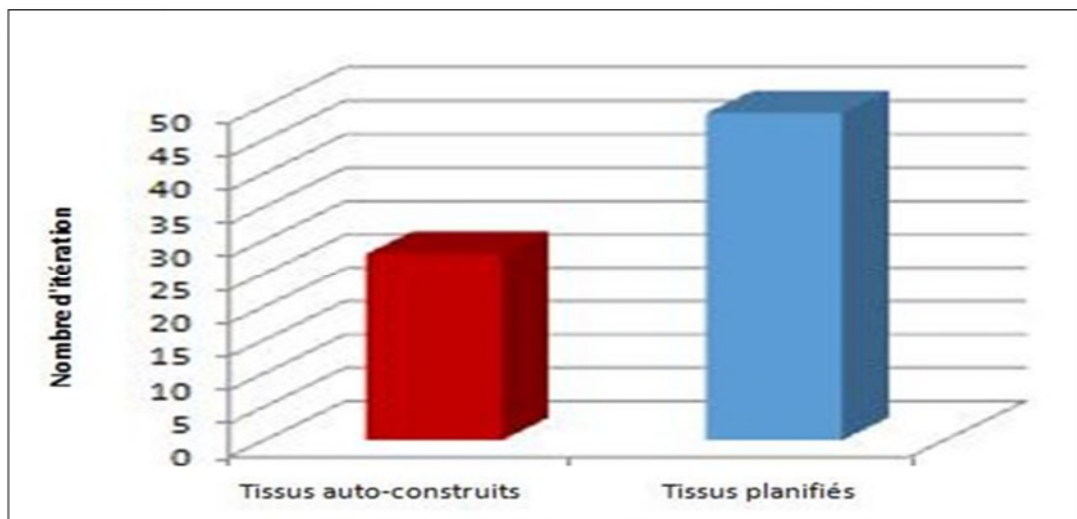
Les tissus planifiés contiennent des espaces verts et espace non bâtis. A l'exemple du quartier de Sid Ali Labhar, On notera également la présence des stades ainsi qu'une zone militaire dans le quartier "la Plaine" et des voiries plus larges par rapport à celles existantes dans les quartiers auto-construits.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| Tissus | Nombre d'itérations |
|-----------------|---------------------|
| TARGA OUZZEMOUR | 26 |
| TAKLIET | 28 |
| LA PLAINE | 31 |
| ANCIENNE VILLE | 32 |
| SID ALI LABHAR | 49 |

Tableau 05: Classement des tissus selon le degré de compacité, du plus compact au plus lâche.

(Source : Auteur, 2018).



Graph 04: Comparaison des deux tissus selon le nombre d'itération.

(Source : Auteur, 2018)

Le tableau suivant montre une catégorisation, selon les valeurs des dimensions fractales de corrélation, des tissus étudiés. Les tissus auto-construits spontanés ont des valeurs plus diversifiées qui sont proches de 1.5, ce qui signifie un périmètre hétérogène, alors que les tissus planifiés ont des valeurs qui tendent vers 1, ce qui signifie un périmètre très lisse, cette différence revient à une zone d'activité qui se situe à la limite des tissus planifiés.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

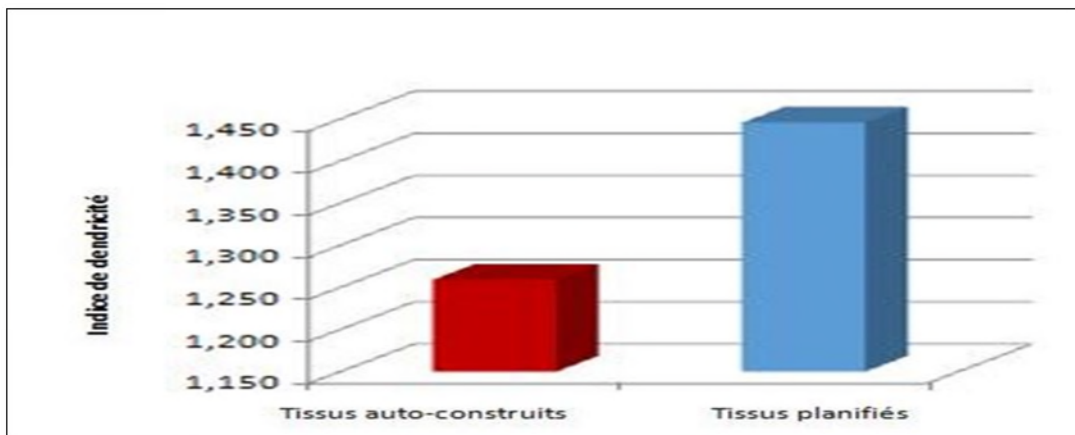
| Tissus | | Dbordcorrélacion | La moyenne Dbord |
|---------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| auto-construits spontanés | TAKLIET | 1.158 | 1.1525 |
| | TARGA OUZZEMOUR | 1.147 | |
| planifiés | ANCIENNE VILLE | 1.078 | 1.0673 |
| | LA PLAINE | 1.065 | |
| | SID ALI LABHAR | 1.059 | |

Tableau 6: Classement de la dimension fractale de corrélation de la bordure des différents tissus étudiés.

(Source : Auteur, 2018).

4.3. Degré de dendricité des bordures

Les graphiques indiquent les indices de dendricité des deux tissus. Nous avons remarqué que l'indice de dendricité des tissus planifiés se rapprochent de 1.5 révélant ainsi une situation faiblement dendrique et qui se réfère à un objet géométrique euclidien « $\delta = 1.5$ ». Ceci est du au mode de planification rectiligne et régulier.



Graphe 05: Comparaison entre la moyenne des indices de dendricité des deux tissus.

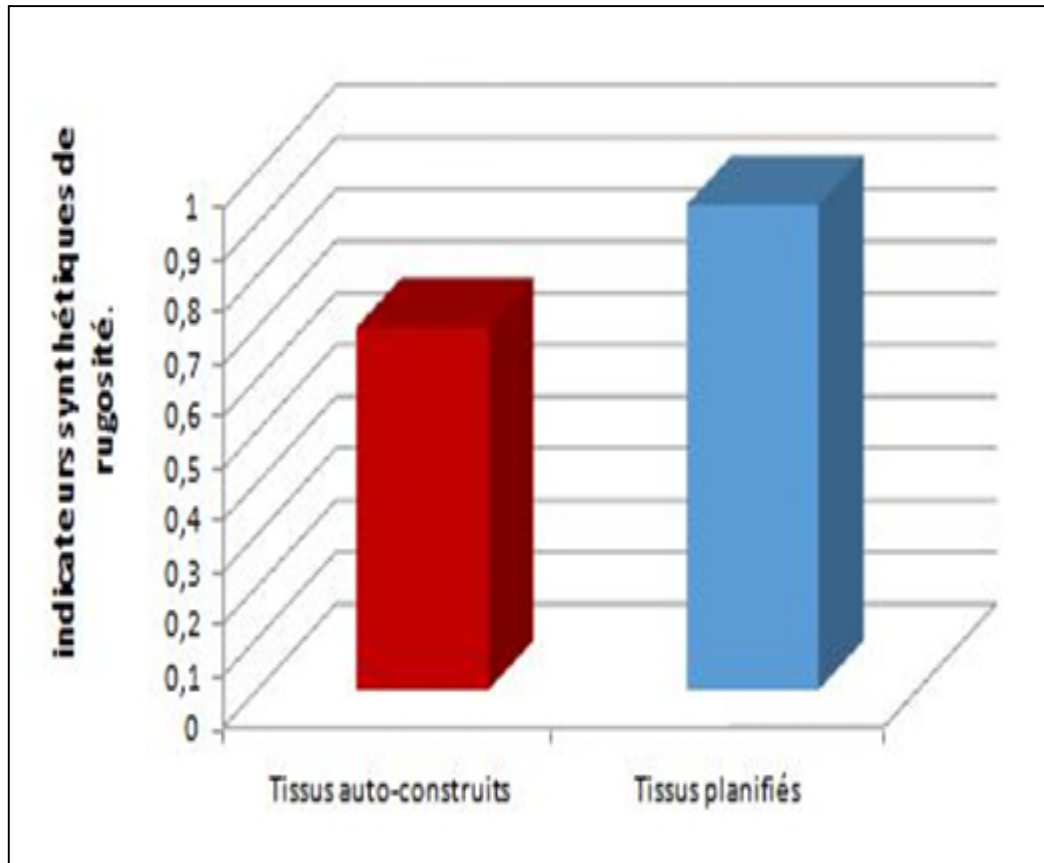
(Source : Auteur, 2018)

4.4.Degré de rugosité

Ce graphique révèle deux groupes de valeurs pour le degré de rugosité.

- Le premier groupe, celui des tissus auto-construits spontanés varie de 0.5 à 0.7.

-Le deuxième groupe, celui des tissus planifiés, varie de 0.7 à 1. Dans ce cas, nous avons affaire à un périmètre très lisse: l'ensemble reste donc rugueux.



Graph 06: Classement des tissus selon leurs indicateurs synthétiques de rugosité.

(Source : Auteur, 2018).

Synthèse des résultats:

D'après ce tableau, les tissus étudiées se sont révélés être de morphologie surfacique moins homogène, mais chaque tissu est doté d'une complexité interne et possède des bordures dendriques et une morphologie rugueuse qui le caractérise par rapport à l'autre.

Les résultats confirment clairement que les tissus analysés ont la même logique morphique.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| Tissus | Auto-construits | Planifiés |
|--|---|---|
| Degré d'homogénéité | Moins homogène | Moins homogène |
| Degré d'hierarchie | Un comportement scalant moins stable | Comportement scalant Moins stable |
| Degré de complexité | Plus complexe | Complexe |
| Degré de compacité | Compacte (dense) | Moins compacte (très lâche) |
| Degré d'homogénéité de la bordure | Périmètre hétérogène Compacte | Périmètre très lisse |
| Degré de dendricité | Bordure moins dendrique | Bordure très Lisse (faible dendricité) |
| Degré de rugosité | Moins Rugueux | Rugueux |

Tableau 07 : Les résultats morphiques fractales des tissus planifiés et Auto-construits.

(Source : Auteur, 2018).

5. Etude comparative entre les résultats de l'analyse des deux villes algériennes (Bejaia et Batna)

Dans cette partie l'objectif sera de comparer les résultats obtenus concernant les tissus urbains de la ville de Bejaia par rapport aux résultats obtenus par Docteur KACHA dans sa thèse de magistère intitulée « Analyse morphologique des quartier auto-construits spontanés »(cas de la ville de Batna).

5.1. Comparaison des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia et Batna)

5.1.1. Le degré d'homogénéité et degré d'hierarchie des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna)

Ce tableau résume le degré d'homogénéité et le degré d'hierarchie des tissus auto-construits spontanés des deux villes Bejaia et Batna. Dans la présente comparaison, on remarque que les valeurs des dimensions fractales de corrélation des tissus auto-construits spontanés de la ville de Batna varient entre 1.63 et 1.75 (proche de 2), ce sont donc des tissus homogènes contrairement aux tissus de la ville de Bejaia qui sont moins homogènes avec des valeurs de 1.44 et 1.55 (proche de 1.5).

| | Tissus | Degré d'homogénéité | Degré d'hierarchies |
|---------------|---------|---------------------|---------------------|
| BEJAIA | Takliet | 1.458 | |

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| | | | |
|--------------|----------------------|-------|--|
| BATNA | Targaouzemour | 1.552 | |
| | Z'Mala | 1.75 | |
| | Kechida | 1.63 | |

Tableau 08:Résumé des résultats issus des analyses fractales des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna)

(Source : Auteur, 2018).

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

5.1.2. Le degré de complexité des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna)

Nous avons obtenu des résultats qui indiquent que les degrés de complexité varient entre 1.7 et 4.6. Ils nous informent que les deux villes « Batna et Bejaia » sont moyennement complexes.

| | Tissus | Degré de complexité |
|---------------|----------------------|----------------------------|
| Bejaia | Takliet | 4.671 |
| | TargaOuzemour | 1.715 |
| Batna | Z'Mala | 1.86 |
| | Kechida | 3.06 |

Tableau 09:Le degré de complexité des tissus auto- construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna)

(Source : Auteur, 2018).

5.1.3. Degré de compacité des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia et Batna)

Concernant le degré de compacité ; il existe une différence entre les tissus des deux villes. Le degré de compacité dans la ville de Bejaia est plus élevé par rapport à celui de la ville de Batna.

Le nombre d'itérations de Batna montrent qu'il est faiblement connexe par rapport à celui de Bejaia car ce dernier contient de grandes lacunes « espaces non bâtis ».

| | Tissus | Degré de compacité |
|---------------|----------------------|---------------------------|
| Bejaia | Takliet | 28 |
| | TargaOuzemour | 26 |
| Batna | Z'Mala | 16 |
| | Kechida | 17 |

Tableau 10:Le degré de compacité des tissus auto- construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna).

(Source : Auteur, 2018).

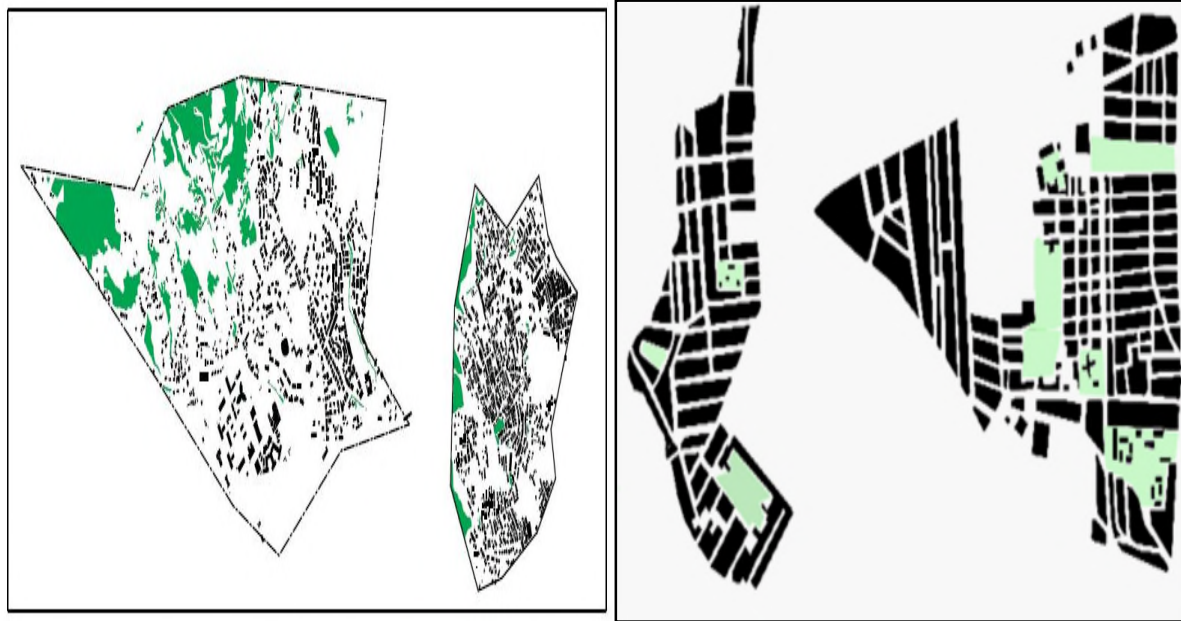


Figure 50: Les lacunes au sein des tissus auto-construits des deux villes (Bejaia, Batna).

(Source : Auteur, 2018).

5.1.4. Le degré de dendricité des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna)

Les indices de dendricité montrent que les tissus de la ville de Batna ont une morphologie homogène et fortement dendrique (des valeurs proches 1.5), par contre ceux de la ville de Bejaia ont une morphologie moins homogènes et moins dendrique (des valeurs proches de 1).

| | Tissus | Degré de dendricité |
|---------------|----------------------|----------------------------|
| Bejaia | Takliet | 1.25 |
| | TargaOuzemour | 1.25 |
| Batna | Z'Mala | 1.45 |
| | Kechida | 1.42 |

Tableau 11: Le degré de dendricité des tissus auto- construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna).

(Source : Auteur, 2018).

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

5.1.5. Le degré de rugosité des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna)

Concernant le degré de rugosité nous avons remarqué que n'y a pas une grande différence entre les deux villes. La valeur de ce degré varie entre 0.45 et 0.7 (proche de 1), ce qui signifie une situation rugueuse.

| | Tissus | Degré de rugosité |
|--------|---------------|-------------------|
| Bejaia | Takliet | 0.7 |
| | TargaOuzemour | 0.59 |
| Batna | Z'Mala | 0.45 |
| | Kechida | 0.5 |

Tableau 12: Le degré de rugosité des tissus auto-construits spontanés des deux villes (Bejaia, Batna)

(Source : Auteur, 2018)

Synthèse des résultats de la comparaison :

D'après ce tableau récapitulatif des résultats de la comparaison des tissus auto-construits des deux villes de Batna et Bejaia. Nous avons pu constater certaines différences : hiérarchie, complexité, compacité, dendricité et rugosité entre les tissus de ces deux villes.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| ville | BEJAIA | BATNA |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Degré d'homogénéité | Moins homogène | Moins homogène |
| Degré d'hierarchie | Un comportement scalant moins stable | Un comportement scalant fluctuant |
| Degré de complexité | plus complexe | complexe |
| Degré de compacité | Compacte (dense) | Compacte (Très dense) |
| Degré d'homogénéité de la bordure | Périmètre hétérogène Compacte | Périmètre hétérogène |
| Degré de dendricité | Bordure moins dendrique | Bordure dendrique |
| Degré de rugosité | Plus Rugueux | rugueux |

Tableau 13: Les résultats morphiques fractales des tissus Auto-construits des deux villes (Bejaia, Batna)

(Source : Auteur, 2018)

5.2. Comparaison entre les tissus planifiés des villes de Bejaia et de Batna

5.2.1. Le degré d'homogénéité et degré d'hierarchie des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna)

Les valeurs des dimensions fractales de corrélation des tissus planifiés de la ville de Batna varient entre 1.8 et 1.82 (proche de 2), ils sont donc des tissus très homogènes contrairement aux tissus de la ville de Bejaia qui sont moins homogènes avec des valeurs varient de 1.12 à 1.33 (proche de 1.5).

| | Tissus | Degré d'homogénéité | Degré d'hierarchies |
|---------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| BEJAIA | Ancienne ville | 1.29 | |
| | La Plaine | 1.12 | |
| | Sid Ali Labhar | 1.33 | |

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| | | | |
|--------------|-------------------------------|-------------|--|
| BATNA | Tissu colonial | 1.80 | |
| | Lotissement Elboustane | 1.82 | |
| | Lotissement Kemmouni | 1.82 | |

Tableau 14:Résumé des résultats issus des analyses fractales des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna).

(Source : Auteur, 2018).

5.2.2. Le degré de complexité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna)

Le tableau ci-dessous nous montre la différence entre le degré de complexité des tissus planifiés qui est plus élevé dans la ville de Bejaia variant entre (5.35 et 17.33) par rapport à la ville de Batna qui varient de 1.66 et 2.06. Ce qui signifie que la complexité très élevée dans la ville de Bejaia.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| | Tissus | Degré de complexité |
|---------------|------------------------|----------------------------|
| Bejaia | Ancienne ville | 9.91 |
| | La Plaine | 17.33 |
| | Sid Ali Labhar | 5.35 |
| Batna | Tissu colonial | 1.80 |
| | Lotissement Elboustane | 1.66 |
| | Lotissement Kemmouni | 2.06 |

Tableau 15:Le degré de complexité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna).
(Source : Auteur, 2018).

5.2.3. Le degré de compacité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna)

D'après les résultats sus indiqués,le degré de compacité des tissus planifiés dans la ville de Batna est moins élevé que celui de la ville de Bejaia. Ce qui signifie que la ville de Batna est une ville dense contrairement à la ville de Bejaia.

| | Tissus | Degré de compacité |
|---------------|------------------------|---------------------------|
| Bejaia | Ancienne ville | 32 |
| | La Plaine | 31 |
| | Sid Ali Labhar | 49 |
| Batna | Tissu colonial | 25 |
| | Lotissement Elboustane | 20 |
| | Lotissement Kemmouni | 22 |

Tableau 16:Le degré de compacité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna).(Source : Auteur, 2018).

5.2.4. Le degré de dendricité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna)

La ville de Batna possède un degré de rugosité des tissus planifiés plus haut variant entre 1.71 et 1.73 (proche de 2) par rapport à la ville de Bejaia, qui se réfère à un objet géométrique euclidien « $\delta= 2$ ». Ceci est du au mode de planification rectiligne et régulier.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

| | Tissus | Degré de compacité |
|---------------|-------------------------------|---------------------------|
| Bejaia | Ancienne ville | 1.20 |
| | La Plaine | 1.44 |
| | Sid Ali Labhar | 1.25 |
| Batna | Tissu colonial | 1.71 |
| | Lotissement Elboustane | 1.75 |
| | Lotissement Kemmouni | 1.73 |

Tableau 17:Le degré de compacité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna).(Source : Auteur, 2018).

5.2.5. Le degré de rugosité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia,Batna)

La ville de Bejaia contrairement à la ville de Batna ; possède un degré de rugosité des tissus planifiés plus haut (proche de 1) résultat appuyé par une petite comparaison résumée dans le tableau suivant qui confirme que Bejaia est plus rugueuse que la ville de Batna.

| | Tissus | Degré de rugosité |
|---------------|-------------------------------|--------------------------|
| Bejaia | Ancienne ville | 0.78 |
| | La Plaine | 0.93 |
| | Sid Ali Labhar | 0.72 |
| Batna | Tissu colonial | 0.26 |
| | Lotissement Elboustane | 0.22 |
| | Lotissement Kemmouni | 0.23 |

Tableau 18:Le degré de rugosité des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna). (Source : Auteur, 2018).

**CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS
SPONTANES**

Synthèse générale des résultats de la comparaison :

Le tableau suivant résume les résultats de la comparaison des tissus planifiés des deux villes Bejaia et Batna. et confirme les similarités existantes entre deux villes, malgré l'existence de certaines différences.

| ville | BEJAIA | BATNA |
|--|---|--|
| Degré d'homogénéité | Moins homogène | Plus homogène |
| Degré d'hierarchie | Comportement scalant Moins stable | Comportement scalant moins stable |
| Degré de complexité | Complexe | Moins complexe |
| Degré de compacité | Moins compacte (très lâche) | Moins compacte (lâche) |
| Degré d'homogénéité de la bordure | Périmètre très lisse | Périmètre homogène |
| Degré de dendricité | Bordure très Lisse (faible dendricité) | Bordure très lisse |
| Degré de rugosité | Rugueux | Moins rugueux |

Tableau 19: Les résultats morphiques fractales des tissus planifiés des deux villes (Bejaia, Batna).

(Source : Auteur, 2018).

6. Conclusion

Le présent chapitre a pour but de répondre à l'objet de recherche de ce mémoire et de confirmer ou d'infirmer ses hypothèses. La première phase d'analyse permis de décrire les tissus auto-construits spontanés au sein de la ville de Bejaïa, à travers une analyse morphologique fractale. Les résultats montrent clairement que tous les tissus ont la même logique morphique urbaine.

Les résultats obtenus révèlent que les mesures fractales permettent une description distinctive des différents tissus étudiés. Les tissus auto-construits spontanés sont des tissus de morphologie surfacique moins homogène, avec une complexité interne importante se traduisant, dans certains cas, par la forme non géométrique des îlots et par les lacunes qui hiérarchisent le tissu dans d'autres cas. Les tissus auto-construits spontanés, restent néanmoins caractérisés par une compacité élevée.

La deuxième phase d'analyse a pour but la vérification de l'hypothèse principale relative à la spécificité de l'identité morphique des tissus en question. Elle opère une analyse morphologique fractale de tissus « planifiés » qu'elle compare aux tissus auto-construits spontanés. Elle montre dans un premier temps, que tous les tissus planifiés analysés possèdent la même logique morphique urbaine. Ils se caractérisent par une stabilité au niveau de toutes les mesures fractales.

Les résultats des analyses morphologiques fractales des tissus planifiés ont montré qu'ils se caractérisent par une morphologie moins homogène. Cette situation s'explique par la forme trapézoïdale des îlots, avec un périmètre très lisse en surface comme en bordure. Ils rappellent une logique euclidienne. Une compacité médiocre qui se traduit par un nombre d'itérations très élevé.

La comparaison des deux logiques morphiques urbaines révèle que les tissus auto-construits spontanés possèdent une identité morphique urbaine distinctive.

CHAPITRE IV : L'IDENTITE MORPHIQUE DES TISSUS AUTO-CONSTRUITS SPONTANES

La troisième phase d'analyse cherche à déterminer si la logique morphique des tissus auto-construits spontanés est la même pour toutes les villes algériennes.

La comparaison effectuée entre l'analyse faite dans ce mémoire et les résultats obtenus par Dr. KACHA concernant les tissus auto-construits spontanés de Batna, a détecté des ressemblances et des différences entre les deux grandes villes Bejaia et Batna. Les deux villes possèdent les mêmes types de quartiers, néanmoins ces types n'ont pas les mêmes caractéristiques. En effet, dans la ville de Batna les quartiers auto-construits sont les plus dominants, car ils sont apparus pendant la période coloniale comme révolte contre les réformes socialistes, juste après les quartiers traditionnels qui avaient un grand impact sur ce type de quartiers, au point où ces quartiers auto-construits spontanés ont adaptés les mêmes données historiques et socioculturelles. D'autre part la ville de Bejaia est marquée par la similitude entre les quartiers planifiés et auto-construits, ces derniers étaient le résultat d'une urbanisation sur les pieds des collines, contrairement à Batna les quartiers traditionnels dans cette ville se limitent dans un petit seul quartier dénommé « BabElouz » entouré par un quartier colonial qui a diminué de son influence.

CONCLUSION GENERALE

1. Conclusion générale

Le présent mémoire fait le projet de contribuer à la compréhension et à la connaissance des tissus auto-construits spontanés. Il approche ces tissus comme un système complexe composé d'une multitude de sous-systèmes enchevêtrés et faisant eux-mêmes système. Au sein de ce système global, il prend pour objet de connaissance le système morphique des tissus en question.

« Quelle est la logique morphique de ces tissus ? » telle est la question centrale sur laquelle se focalise ce travail de recherche. En vue de trouver une réponse à cette interrogation et de vérifier les hypothèses anticipées, ce travail s'articule autour de quatre chapitres.

Le premier chapitre qui s'intitule « Qu'est-ce que la morphologie urbaine ? » .Il constitue un exposé théorique sur la morphologie urbaine et ses méthodes d'analyse. Il s'assigne pour objectifs de définir la morphologie urbaine et de mettre en lumière ses différentes méthodes d'analyses et aboutit au choix de la méthode d'analyse morphologique qui répond le mieux aux objectifs du présent mémoire, à savoir la géométrie fractale.

Le deuxième chapitre « Qu'est-ce que la géométrie fractale ? » est le compte rendu d'une recherche théorique sur la géométrie fractale et ses méthodes d'analyse. Il définit la géométrie fractale et met en exergue ses différentes méthodes d'analyse et les descripteurs fractals qu'elle utilise pour caractériser les tissus analysés. Ce chapitre aboutit à la construction d'un protocole d'analyse morphologique qui répond à l'objet de recherche de ce travail.

Le troisième chapitre « Le corpus », a pour but de définir et de situer les quartiers autoconstruits spontanés dans le contexte à la fois spatial et temporel de la ville de Béjaia.

Le quatrième chapitre « l'identité morphique des tissus auto-construits spontanés» se consacre à la caractérisation des quartiers auto-construits spontanés au sein de la ville de Bejaia par le biais de l'analyse morphologique fractale de leurs tissus urbains. Il s'articule autour de trois phases. La première, s'occupe de la caractérisation des tissus auto-construits spontanés au sein de la ville de Bejaia. Les résultats confirment clairement que les tissus analysés ont la même logique morphique La deuxième mesure la spécificité d'identité

morphique des tissus en question via leur comparaison à des tissus planifiés. Les résultats montrent que les tissus auto-construits spontanés possèdent une identité morphique urbaine distinctive. Enfin, la troisième phase d'analyse explore la différence entre les tissus auto-construits spontanés des deux villes algériennes Bejaia et Batna ainsi l'origine de la logique morphique des tissus auto-construits spontanés.

2. Les apports scientifiques du travail de recherche élaboré

Les apports du présent travail sont nombreux et peuvent être classés en trois grandes catégories. La première catégorie est celle de l'apport théorique, la seconde est celle de l'apport méthodologique et paradigmatique tandis que la dernière a trait à la connaissance urbaine.

a. Apport théorique du mémoire :

En s'inscrivant dans le paradigme des approches scientifiques de l'espace et en soumettant les tissus urbains algériens à une analyse morpho-fractale, le présent mémoire a introduit le concept « d'identité morphique urbaine ». Il en a fait un outil de mesure objectif qui se définit par des caractères clairement identifiables et mesurables qui sont en l'occurrence :

- Le degré d'homogénéité du tissu, mesurable via la dimension fractale « D » ;
- Le degré de complexité du tissu, mesurable par le biais du facteur de forme « a » ;
- Le degré de compacité du tissu, mesurable grâce au nombre d'itérations nécessaires à la dilatation du tissu considéré ;
- Le degré de dendricité de la bordure du tissu, mesurable moyennant l'indice de dendricité « δ » ;
- Le degré de rugosité du tissu, mesurable par le truchement de l'indice synthétique de rugosité « I_s ».

b. Apport méthodologique et paradigmatique du mémoire :

En adoptant une position morphologique et en recherchant des outils de mesure objectifs et rationnels, le présent mémoire explore une nouvelle voie de recherche dans le champ des études urbaines algériennes en général et dans sa part relative aux tissus auto-construits

spontanés en particulier. Il montre la possibilité d'élaborer des recherches urbaines qui s'inscrivent en dehors des sphères géographiques et sociologiques qui dominent actuellement la recherche urbaine algérienne.

c. Apport de connaissance

Le principal apport de connaissance du présent mémoire est la caractérisation objective de l'instance morphique du système urbain des tissus auto-construits spontanés des villes algériennes. Celui-ci se distingue par :

- un degré d'homogénéité variant entre 1.18 et 1.82.
- un degré d'hierarchie également moyen avec concordance des comportements scalants.
- un degré de complexité très important.
- un nombre d'itérations élevé (26 à 28 itérations), symptomatique d'une morphologie compacte (dense)
- Un degré de dendricité indiquant une bordure moins dendrique.
- Un degré de rugosité élevé qui implique une surface moins homogène et une bordure hétérogène (moins rugueux).

3. Les résultats contingents

En plus des résultats suscités, ce travail a fourni quelques résultats contingents qui ouvrent la voie à de futurs de travaux de recherche. Il s'agit en l'occurrence de la caractérisation morphique des tissus planifiés, à la fois coloniaux et contemporains, et des tissus auto-construits spontanés.

a. L'identité morphique des tissus planifiés

- Un degré d'homogénéité variant entre 1 et 1.82 ;
- Un degré d'hierarchie important où toutes les courbes de comportements scalants vont dans le même sens et moins stable ;

- Un degré de compacité très faible (31-49 itérations) et donc une morphologie très lâche (moins compacte) qui se traduit par la différenciation des traitements des espaces libres.
- Un degré de dendricité (1.2-1.4) qui se réfère a une bordure très lisse (faible dendricité)
- Un degré de rugosité très élevé (0.72-0.94) qui se réfère a une bordure très lisse (rugueux).

4. Les limites du travail

Comme tout travail scientifique, le travail de recherche ici élaboré possède ses propres limites. Celles-ci ont surtout trait à la taille du corpus retenu. En effet, le travail ici entrepris se limite à l'étude de tissus auto-construits spontanés qui appartiennent à la ville de Bejaïa. L'élargissement de ce corpus à d'autres tissus auto-construits spontanés qui appartiendraient à d'autres villes d'Algérie, donnerait plus de solidité aux généralisations auxquelles il aboutit.

5. Les perspectives de recherche

Les limites suscitées constituent des perspectives de recherche, élargissant le corpus d'étude, couvrants d'autres villes algériennes et touchants à d'autres aspects formels à l'échelle urbaine et même architecturale afin de contribuer à la constitution d'une connaissance, véritablement scientifique, des quartiers auto-construits spontanés des villes algériennes. Il est possible aussi d'élargir le corpus pour couvrir d'autre tissus coloniaux, planifiés ou traditionnels dans le but de contribuer à la connaissance et à la compréhension du phénomène urbain algérien.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

• OUVRAGES

ALLAIN, R. (2004). *Morphologie urbaine. Géographie, aménagement et architecture de la ville*. Paris: A. Colin, 254 p.

BEN SACI, A. (2006). *Identification des formes*, dans: conception d'architecture. France: l'Harmattan.

BEN SACI, A., ZAABAR, R. (2010). *Étude morphométrique des îlots de la Médina de Tunis: logiques de morphogenèse et valeurs sociales*, Dans : Les formes du patrimoine architectural, pp.167-182.

BOOKSTEIN, F.L., (1997). *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS.

CASTEX J et al. (1977). *Formes urbaines: de l'îlot à la barre* . Paris: Dunod.

COSINSCHI M. et RACINE J.B., 1998. Géographie urbaine, in : Bailly A. (dir.), *Les Concepts de la géographie urbaine*. Paris : Armand Colin.

DELOCHE, B., *Pour une atypologie systémique, l'attribution des sièges lyonnais anonymes du XVIIIe siècle. recherches sur la typologie et les types architecturaux*, L'Harmattan.

Denis, R., Desmarais, G., Ritchot, G., (2003) . *La géographie structurale*. In: *L'information géographique*, volume 67, n°4., pp. 381-382.

DERYCKE P.H., HURIOT J.M. et PUMAIN D., (1997). *Penser la ville. Théories et modèles*, pp. 440-442. Paris: Anthropos (coll. Villes) p.596.

EGLASH, R., (1999). *African Fractals: modern computing and indigenous design*. New Brunswick: Rutgers University Press.

GAUTHIEZ, B., (2003). Article « *Morphologie urbaine* », dans "Espace urbain. Vocabulaire et morphologie". Paris: Patrimoine.

GLEICK, J., JEANMOUGN, CH. (2008). *La théorie du chaos - Vers une nouvelle science*. Édition revue et corrigée.

HAFIANE, A. (1989). *Les défis à l'urbanisme*. Alger: Office des publications universitaires.

HILLIER, B. HANSON, J. (1984). *The social logic of the space*. Cambridge: Cambridge University Press.

HILLIER B., « *La morphologie de l'espace urbain : l'évolution de l'approche syntaxique*, in ». « Architecture & Comportement », Vol. 3, N°3, p. 205-216, Londres, 1987.

BIBLIOGRAPHIE

LEVY, A. (2005). "*Formes Urbaines et significations : revisiter la morphologie urbaine*". Espace et société. No 122, Pages 25 - 48.

LYNCH, K., (1969). *L'image de la cité*, Paris, Dunod, p. 222. Traduction de *The image of the city*, Cambridge, M.I.T. Press, 1960.

MALFROY, S. (1986). *L'approche morphologique de la ville et du territoire*. Zurich:Campagno.

MANDELBROT, B. (1975). *Les objets fractals*. France: Champs Flammarion.

MANDELBROT, B. ET HUDSON, R. (2005). *Une approche fractale des marchés*, éditions Odile Jacob.

MERLIN, P., CHOAY, F., et al. (1988). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, Paris, PUF.

MERLIN, P., (éd.) 1990, *Morphologie urbaine et parcellaire ; Formes urbaines, villes en parallèle*. In: *Annales. Économies, Sociétés, Civilisations*. 45^e année, N. 2.

NORBERG-SCHULZ, CH. (2017). *L'Art du lieu. Architecture et paysage, permanence et mutations*. MARDAGA - 3^e EDITION.

PANERAI, P., CASTEX, J., & DEPAULE, J. C. (1997). *Formes urbaines: de l'îlot à la barre*. Editions Parentheses.

PANERAI, P., (2000). *Analyse urbaines*, collection Eupalion .

ROSSI, A. (1984). *L'architecture de la ville*. Paris: l'Equerre.

SAIDOUNI, M. (2000). *Eléments d'introduction à l'urbanisme*. Alger: Casbah.

• ARTICLES

BADARIOTTI, D. (2005). *Des fractales pour l'urbanisme? : quelques pistes de réflexion à partir de l'exemple de*. *Cahiers de Géographie du Québec* . Volume 49, n° 137, pp. 133-156.

BELGUIDOUM, S. (2008). *La ville en question- analyse des dynamiques urbaines en Algérie*. Penser la ville. Khenchela, Algérie.

BENEDIKT, ML. (1979). *School of Architecture*. University of Texas at Austin, Austin, Texas 78712, USA.

BLOCH, I., (2012). *Morphologie mathématique et traitement d'images*.

BORRUEY R, ORILLARD C. (2007). *L'architecture des territoires métropolisés*. Territoires Méditerranéens, cahier n ° 10.

BIBLIOGRAPHIE

- DE-KEERSMAECKER et al. (2004). *Formes périurbaines, Dimensions fractales et réalité périurbaines. L'exemple du sud de Bruxelles*. Espace géographique, pp. 219-240.
- DESMARAIS G, RITCHOT G. (1998). *La modélisation dynamique en géographie humaine*. Cahiers de Géographie du Québec u Volume 42, n° 117, pp. 329-332.
- DUCOM, E., (2007). *Permanence des formes urbaines à travers le modèle des fringe belts*.
- ESCOLANO UTRILLA ET AL. (2009). *Processus de fragmentation des structures spatiales du Grand Santiago (Chili)*. Sur Revue Géographique de l'Est [Enligne], vol. 45 / 3-4 | 2005.
- FRANKHAUSER, P. (1997). *L'approche fractale. Un nouvel outil de réflexion dans l'analyse spatiale des agglomérations urbaines*. Population ,pp. 1005-1040.
- FRANKHAUSER, P. (1998). *La formation fractale des tissus urbains*. Cahiers de Géographie du Québec • Volume 42, n° 117 , pp. 379-398.
- FRANKHAUSER, P. (2002). *L'analyse fractale pour décrire la structure spatiale des villes*. ThéMA - CNRS. Images de Franche-Comté n°26.
- FRANKHAUSER, P. (2003). *Morphologie des "Villes émergentes" en Europe à travers les analyses fractales*. Rapport de recherche, PUCA (chef du projet : G. Dubois-Taine).
- FRANKHAUSER, P. (2005). *L'approche fractale de la périurbanisation*. 5ème rencontre francophone de socio-économie des transports, Budapest.
- GENRE-GRANDPIERRE, C. ET AL. (1998). *La géométrie fractale, un nouvel outil d'analyse et de réflexion pour l'investigation des réseaux de transport*. Cahiers Scientifiques du Transport, n°33.
- LEFEBVRE, H. (1967). *Sur la notion de quartier*. Cahiers de l'IAURP , N° 7.
- RALPH H. ET STEPHEN E. (2003). *Conception, organisation et évaluation de réseaux de transport locaux durables*. Revue internationale des sciences sociales 2/2003 (n° 176), p. 243-260.
- THIBAUT, S., (1995). *Morphologie et croissance des réseaux techniques urbains : Approche par les fractals*. Flux - Cahiers scientifiques internationaux Réseaux et territoires, Metropolis / Université Paris-Est Marne la Vallée, pp.17-30.

- **THESES ET MEMOIRES :**

ATHAMENA, K . (2012) *modélisation et simulation des microclimats urbains : étude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des éco-quartiers*. Thèse de doctorat, école centrale, Nantes.

BIBLIOGRAPHIE

BENBOUAZIZ, A. (2011) *Les transformations architecturales et morphologiques de l'habitat traditionnel dans les Aurès : Cas de Menaâ*. Thèse de Magister. Université Mohamed Khider, Biskra.

BOULKROUNE, H .(2006). *L'Expression de deux architectures à travers deux parcours urbains : villes de Constantine et Annaba*, thèse de doctorat , Université Mantouri, Constantine.

DAAS, N (2012). *Etude morphologique des agglomérations vernaculaires aouessiennes*, Mémoire de Magister Université Hadj Lakhdar, Batna.

FEKKOUS, N . (2015). *L'étalement urbain et les contraintes physiques et Naturelles « Cas d'étude : La ville de Batna »*, mémoire de magister en architecture. Université Mohamed Khider, Biskra.

HASSOUN, K (2010). *L'abduction en conception architecturale : une sémiologie hypostatique*, thèse de doctorat, université Laval, Québec.

KASHA, L. (2010). *Analyse morphologique des quartiers Auto-construits spontanés « cas de la ville de Batna »*, mémoire de magister en architecture, Université de Batna.

MAMMARI, N .(2011). *Habitat "Auto-Construit" à Batna, Processus d'intégration « Cas du quartier populaire Bouakal »*, mémoire de magister en architecture, Université Mentouri, Constantine.

- **Autres**

Dictionnaire Le trésor de la langue française informatisé <http://atilf.atilf.fr/>

Dictionnaire de français Larousse <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>

Le Petit Robert de la langue française, Edition 2006.

MANZARENA, A.,(Enseignant chercheur) (2005). Cours de morphologie mathématique à l'UPMC.

AROOUR, E., .Le découpage administratif de l'Algérie.(en ligne) disponible sur (<http://decoupageadministratifalgerie.blogspot.com/2014/10/cartereseauroutierBEJAIA.htm>).

COLLICARD, Jean-Paul. La région Rhône-Alpes : le tissu urbain. (en ligne) Novembre 2000, disponible sur (http://www.acgrenoble.fr/histoire/tice/cartemois/n8/rhonealpes2.htm#_ftn1).

GSELL, S. Histoires ancienne de l'Afrique du nord, (en ligne) disponible sur (<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k555117/f5.image>).

Dubuisson, S., (2006). Morphologie mathématique. Fondements du Traitement d'Images, UPMC Sorbonnes Universités.