

ANALYSE FRACTALE DE TEXTURE : APPLICATION A L'IMAGE IRM ET CT-SCAN DE L'OS TRABECULAIRE

S.ZEHANI⁽¹⁾, M.KHIDER⁽²⁾, A.TALEB AHMED⁽³⁾, M.MIMI⁽⁴⁾

⁽¹⁾Département de Génie électrique, Université Mohamed khider de Biskra, Algérie.

Soraya_zehani@yahoo.fr

⁽²⁾ Université LTIR, USTHB, Alger, Algérie.

⁽³⁾ LAMIH UMR CNRS-UVHC 8530, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis, France.

⁽⁴⁾ Département de Génie électrique, Université Abdel Hamid Ben Badis de Mostaganem, Algérie.

RESUME

Cet article porte sur l'analyse fractale de texture, et en particulier l'analyse de la dimension fractale qui est l'un des paramètres les plus importants permettant de quantifier la complexité des images. Pour ce faire, les approches de comptage de boîtes (Box counting) qui sert à la subdivision de l'image en boîtes de carrées égaux puis le calcul de la dimension fractale, et l'approche morphologique qui se base sur l'utilisation de la différence entre l'érosion et la dilatation de chacune des carrées de l'image pour calculé la dimension fractale; ces deux approches ont été appliquées pour quantifier l'irrégularité et la fragmentation des images de textures.

Et comme application, nous avons utilisés la base de données d'INSERM U 703 Lille, qui est un ensemble des images IRM et CT-Scan de textures ROI (Region Of Interest) des os trabéculaire normales et pathologiques.

MOTS-CLES : texture osseuse, os trabéculaire, analyse fractale, dimension fractale, ostéoporose.

ABSTRACT

This article focuses on the fractal analysis of texture, and in particular the analysis of fractal dimension is one of the most important parameters for quantifying the complexity of the images. To do so, box-counting approach that serves the subdivision of the image in square boxes of equal then the calculation of fractal dimension, and the morphological approach that relies on the use of difference between erosion and dilation of each square of the image to calculate the fractal dimension, these two approaches have been applied to quantify the irregularity and fragmentation of texture images.

And as an application, we used the database of Lille INSERM U 703, which is a set of MRI images and CT-scan textures ROI (Region Of Interest) of the trabecular bone of normal and pathological.

KEYWORDS: texture bone, trabecular bone, fractal analysis, fractal dimension, osteoporosis.

1 INTRODUCTION

Dans la nature les objets varient de taille depuis l'échelle sub-atomique jusqu'à la taille de l'univers. Traditionnellement, la géométrie Euclidienne a servi comme la base de la connaissance intuitive de la géométrie de la nature. Elle a été utilisée pour décrire la structure des objets physiques. [3]

Plus récemment, Mandelbrot (1975, 1977, 1983) a introduit la notion de fractal pour designer des objets qui ont une forme très irrégulière, très interrompue ou fragmentée (géométriquement compliquée). La géométrie fractale

caractérise ces objets aux propriétés inhabituelles en géométrie classique. [3]

La dimension fractale est avant tout un paramètre permettant de quantifier la complexité d'une image. On peut par exemple utiliser ce paramètre pour classer des images en fonction de leurs complexités. [5]

La dimension fractale est utilisée dans divers domaines, tel que la biologie, la thermochimie, l'analyse d'écriture, la texture des images d'os. [5]

Dans notre papier, l'intérêt de la dimension fractale est ici de pouvoir analyser la complexité d'une texture osseuse.

Nous allons utiliser l'analyse fractale pour comparer et classer des images ROI IRM et CT-scan d'une texture osseuse de la base de données d'INSERM.

2 DEFINITION DE L'OS

L'os est un élément dur, rigide et fortement minéralisé (calcifié) entrant naturellement dans la composition du squelette du corps de l'homme. Sa structure est faite de deux types : l'os cortical appelé os compact se trouve à la périphérie de l'os, et constitue de 80% de la masse osseuse, et l'os trabéculaire formé de tiges et de travées de soutien, et constitue de 20% de la masse osseuse, présente une grande surface et est sensible aux variations métaboliques. Leur forme les a fait diviser en *os longs*, *os courts* et *os larges*.

2.1 Définition de l'ostéoporose

L'ostéoporose est caractérisé par une fragilité osseuse due à un amincissement des lamelles osseuses, donnant au tissu osseux un caractère poreux. [8]

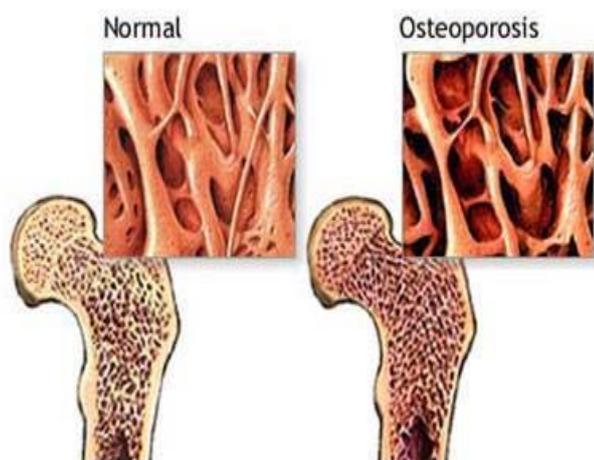


Figure 1: Image d'Os normal et pathologique

3 LA BASE DE DONNEES

Nous avons utilisées la base de données d'INSERM, U 703 Lille (Medical images of bone trabeculations) qui contient des images texture osseuses trabéculaires IRM et CT-Scan en niveau de gris, dont 20 normales et 20 pathologiques où la pathologie est l'ostéoporose. Les images de la base sont des ROI (Region Of Interest) des cas normaux et pathologiques de tailles différentes.

Nous avons choisis 5 ROI normales et 5 pathologiques pour les appliquer à nos méthodes.

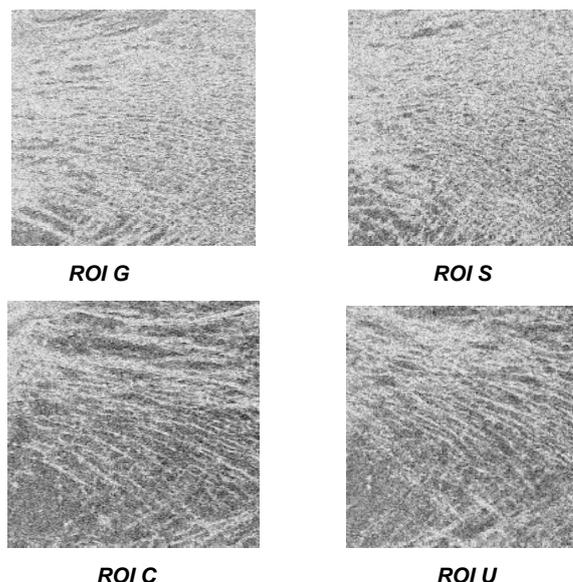


Figure 2 : quelques images ROI de la base de données utilisées: les ROI G et S Normales, les ROI C et U Pathologiques

4 PRETRAITEMENT

4.1 Filtre médian

C'est un filtre non linéaire, qui affecte à un pixel la valeur médiane des intensités dans son voisinage. Le filtre médian range par ordre croissant les intensités du voisinage, et affecte au pixel central l'intensité qui se trouve au milieu du rangement.

5 ANALYSE FRACTALE

Le mot fractal est un terme proposé par Mandelbrot (1975) qui vient du latin "fractus" et qui signifie irrégulier. Il caractérise toutes les formes géométriques qu'on peut imaginer comme faites de parties dont chacune est un modèle réduit du tout. [3]

Généralement, une fractale est un objet composé de plusieurs sous-objets. La caractéristique globale de l'objet est similaire à la caractéristique locale de chacun des sous-objets.

On dit qu'un objet est auto-similaire si c'est l'union des copies de lui-même à différentes échelles ou le processus est isotrope ou uniforme en toutes directions. Alors, un objet fractal est un objet mathématique qui est issu d'un processus itératif et qui présente un caractère d'auto-similarité.

5.1 Dimension fractale

La dimension fractale (Mandelbrot 1984) caractérise le comportement auto-similaire de la surface, c'est un nombre qui quantifie le degré d'irrégularité et de fragmentation d'un ensemble géométrique. La dimension fractale est aussi une mesure de la façon dont la forme fractale occupe l'espace.

5.2 Méthode comptage de boîtes (box-counting)

5.2.1 La dimension des boîtes

La dimension des boîtes est apparue dans les années 1930 mais ses débuts semblent difficiles à retracer. On attribue son invention à des pionniers d'Hausdorff. On la retrouve sous plusieurs noms dans la littérature, ce qui peut parfois semer la confusion. Elle consiste de recouvrir l'image ou la figure à l'aide des carrés juxtaposés de côté ε , et par conséquent de calculer la dimension des boîtes qui est donnée par :

$$\dim_B F = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left[\frac{\log(N(\varepsilon))}{-\log(\varepsilon)} \right] \quad (1)$$

Où $N(\varepsilon)$ représente le nombre minimum de carrés nécessaires pour faire le recouvrement dont la mesure du côté est ε . Cette méthode performe bien pour les fractales ayant une autosimilarité stricte, c'est-à-dire que chaque partie est semblable par une transformation affine au tout.

5.2.2 L'algorithme.

Subdivisé l'image en carrés (boîtes) égaux de côté $\varepsilon \times \varepsilon$, puis on calcule le nombre des boîtes par la relation [1] :

$$N_\varepsilon(F) = \sum \left[\frac{Z_{\max}}{\varepsilon} \right] + \left[\frac{Z_{\min}}{\varepsilon} \right] \quad (2)$$

Nous commençons par le quadrillage de l'image avec des fenêtres de taille $\varepsilon \times \varepsilon$ pixels, puis le calcul de Z_{\max} et Z_{\min} qui correspondent aux intensités maximale et minimale des pixels considérés, enfin le nombre de boîtes nécessaires au pavage de l'image est obtenu par la sommation avec le premier symbole indique l'entier supérieur le plus proche et le second l'entier inférieur le plus proche.

La dimension de la boîte n'est rien d'autre que la dimension fractale D_f qui est donnée par la relation suivante :

$$D_f = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \left[\frac{\log(N_\varepsilon(F))}{\log(1/\varepsilon)} \right] \quad (3)$$

Le résultat du calcul est présenté dans un plan bi-logarithmique, et la pente de la droite n'est rien d'autre que la dimension de la boîte \dim_B de la surface qui est équivalente à la dimension fractale D_f .

5.3 Méthode morphologique [7]

Elle consiste dans le calcul en secteur couvrir la surface à être caractérisé. Pour déterminer la surface de couverture, les deux des surfaces font alors une couverture de l'érosion de niveau gris superficielle originale et la dilatation de l'image originale détermine respectivement les surfaces plus basses et supérieures. Les différences entre l'érosion et la dilatation sont additionnées sur chaque pixel. Il donnera le volume couvrant la surface de l'image. Laissez $D\varepsilon$ et $E\varepsilon$ être les résultats de dilatation et l'érosion du point central (i, j)

de circonvolution de fenêtre avec la taille ε .

$$V(\varepsilon) = \sum_i \sum_j (D_\varepsilon(i, j) - E_\varepsilon(i, j)) \quad (4)$$

Dans ce volume, on va calculer le secteur dans cette surface, on calcule le volume différentiel dV , on obtient :

$$A(\varepsilon) = \frac{dV(\varepsilon)}{d\varepsilon} \quad (5)$$

Le volume différentiel dV doit être calculé sur une image de taille constante. Nous obtenons alors l'expression suivante:

$$A(\varepsilon) = \frac{V(\varepsilon_a) - V(\varepsilon_b)}{d\varepsilon}, \text{ tel que } \varepsilon_a > \varepsilon_b \quad (6)$$

La taille de la fenêtre doit être impaire et la variation entre deux fenêtres doit être égale à 2 :

$$A(\varepsilon) = \frac{V(\varepsilon) - V(\varepsilon - 2)}{2} \quad (7)$$

Nous obtenons avec si nous utilisons la définition de la dimension fractale donnée par :

$$D_f = 3 - \frac{\log(A(\varepsilon))}{\log(\varepsilon)} \quad (8)$$

6 RESULTATS DE SIMULATION



Tableau 1 : Résultats de la méthode de comptage de boîtes

	PSI=5 :30	Psi=5 :35	Psi=5 :40
ROI	Dimension Fractale D_f		
G	2.7622	2.5091	2.1219
C	2.6466	2.3975	2.0204
S	2.6888	2.4376	2.0604
U	2.5998	2.3634	1.9785
O	2.6683	2.4218	2.0382
K	2.5823	2.3363	1.9601
B	2.5984	2.3511	1.9739
M	2.6613	2.4120	2.0362
T	2.7286	2.4708	2.0936
E	2.5992	2.3631	1.9793

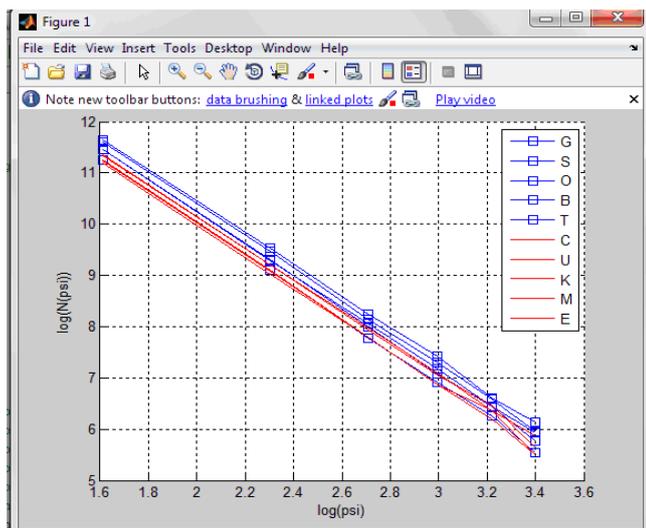


Figure 3 : Résultat du comptage de boîtes pour ψ de 5 à 30

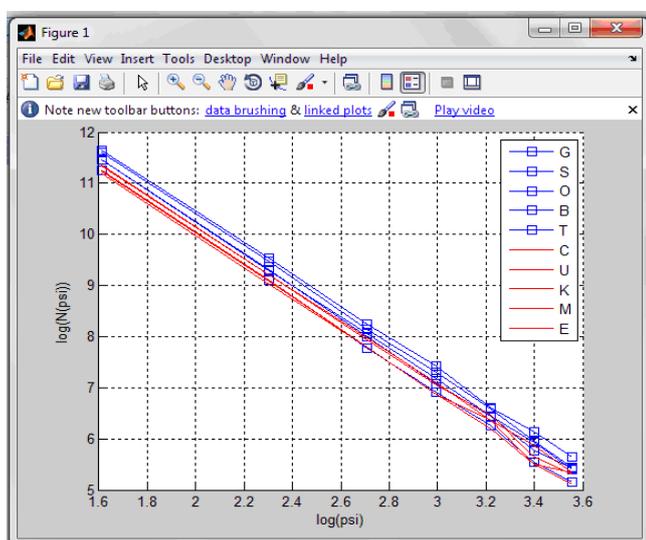


Figure 4 : Résultat du comptage de boîtes pour ψ de 5 à 35

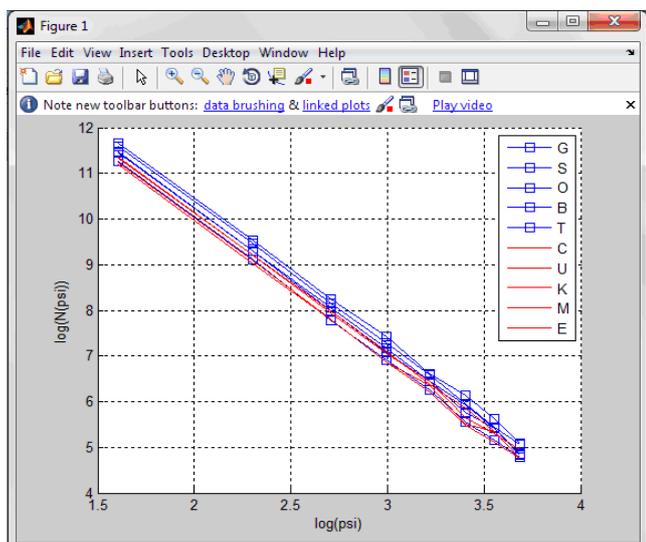


Figure 5 : Résultat du comptage de boîtes pour ψ de 5 à 40

Tableau 2 : Résultats de la méthode de comptage de boîtes et morphologique

ROI	Dimension Fractale D_f	
	$\Psi=5 : 5 : 30$ (Box-counting)	$\Psi=5 : 2 : 13$ (Morphologique)
G	2.7622	2.5521
C	2.6466	2.7399
S	2.6888	2.5890
U	2.5998	2.6412
O	2.6683	2.5571
K	2.5823	2.6029
B	2.5984	2.3822
M	2.6613	2.6656
T	2.7286	2.7276
E	2.5992	2.7028

7 DISCUSSION DES RESULTATS

D'après les résultats obtenus à partir de notre algorithme, nous avons trouvé les résultats suivants de la dimension fractale D_f

Nous avons utilisés la méthode de comptage de boîtes et les résultats sont mentionnés dans le tableau 1, nous avons varié la taille des boîtes et pour chaque cas, mentionnés les valeurs de la dimension du boîte qui est la valeur de la dimension fractale (D_f).

Pour le premier cas ; pour une variation de la taille des boîtes de 5 à 30 pixels carrées, la D_f des images saines varies entre 2.59 jusqu'à 2.76 et pour les images pathologiques varies de 2.58 jusqu'à 2.66.

Pour le deuxième cas ; pour une variation de la taille des boîtes de 5 à 35 pixels carrées, la D_f des images saines varie entre 2.35 jusqu'à 2.50 et pour les images pathologiques entre 2.33 jusqu'à 2.41.

Pour le troisième cas ; pour une variation de la taille des boîtes de 5 à 40 pixels carrées, et comme résultats, la D_f pour les images saines entre 1.97 jusqu'à 2.12 et pour les images pathologiques entre 1.96 jusqu'à 2.03.

REMARQUE

Les valeurs des D_f varient selon l'algorithme des auteurs. D'après ces résultats ; nous remarquons qu'il existe un chevauchement entre les valeurs des D_f des images saines et celle pathologiques, et par conséquent, nous nous ne pouvons pas faire une classification par cette méthode de comptage de boîtes, ce qui explique les courbes obtenues (figures 3, 4 et 5) de l'exécution de notre programme ; les lignes en bleu représentent les images saines et les lignes en rouge pour celle pathologiques.

Pour ce fait, nous avons utilisé la deuxième méthode qui est la méthode morphologique, qui se base sur l'utilisation de la différence entre l'érosion et la dilatation de chacune des

carrées de l'image pour calculé la Df , et nous avons trouvé la Df des images saines varie entre 2.38 et 2.58 et pour les images pathologiques entre 2.60 jusqu'à 2.73. Nous remarquons qu'il y a une bonne séparation entre les images saines et celle pathologiques, à part pour l'image de ROI T qui est normalement une ROI saine mais son Df vaut 2.72 qui est dans l'intervalle des images pathologiques.

Donc, d'après les résultats de cette méthode morphologique, nous avons classé 9 images dans leur vraie classe parmi 10 images, alors le taux de réussite est de 90%.

8 CONCLUSION

La dimension fractale est considérée comme l'indice universel du degré de l'irrégularité des courbes.

Dans cet article, nous avons présenté une méthode de classification des images de la base de données d'INSERM de (l'os trabéculaire) basé sur le calcul de la dimension fractale.

Chaque image est une ROI caractérise la partie intéressante de l'image.

Nous avons utilisé la méthode de comptage de boîtes pour le calcul de la dimension fractale qui n'a pas donnée une bonne séparation entre les classes.

Par contre, la méthode morphologique a donnée une meilleure séparation par rapport à la méthode de comptage de boîtes.

Et comme perspectives, nous proposons d'utiliser d'autres paramètres fractales, comme la lacunarité fractales pour la classification des images de textures.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] A.Taleb-Ahmed. "Analyse multifractale de la texture par la méthode MMTO2D: Application à l'ostéoporose à partir d'image IRM", CITIC 2009 Sétif, Algérie.
- [2] Mohamed Ould Djibril, R. Oulad Haj Thami, R. Benslimane, M. Daoudi. "Une nouvelle technique pour l'indexation des arabesques basée sur la dimension fractale", Univ. Mohamed V, Maroc.
- [3] Jose MACOR. "Développement de Technique de Prédiction de Pluie Basée sur les Propriétés Multi-échelles des données Radar et satellites", Thèse de doctorat de l'école nationale des ponts et chaussées, Oct 2007.
- [4] JOSIANE LAJOIE. "La géométrie fractale", Mémoire de master de l'université du Québec à Trois-Rivières, Juin 2006.
- [5] Yohann TETART & Mohamed OUAHI. "Caractérisation de motifs de dentelles par la dimension fractale", Master ASE SII, USTL, Février 2007.
- [6] Boualem HADDAD, Leila SADOUKI, Henri SAUVAGEOT & Abd El Hamid ADANE. "ANALYSE DE LA DIMENSION FRACTALE DES ÉCHOS RADAR EN ALGÉRIE, FRANCE ET SÉNÉGAL", *Téledétection*, 2006, vol. 5, n°4, p. 299-306.
- [7] A.Taleb-Ahmed, P.Dubois, E.Duquenoy. "Analysis methods of CT-scan images for the characterization of bone texture: First results", *Pattern Recognition Letters* 24 (2003) 1971-1982.
- [8] Nouveau Larousse médical, librairie Larousse, Canada 1981.