

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI, TIZI-OUZOU



FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE ET DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Mémoire de fin d'études

Présenté en vue de l'obtention

du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique

Option : Contrôle

Thème:

Quantification de la couverture nuageuse en utilisant des images ciel-total

Proposé et dirigé par :

M^{me} IASSAMENE ALIA

Présenté par :

MEGHERBI OUERDIA

AHMED SAADI SAMIRA

Année universitaire 2008/2009

Soutenu le : 07/07/2009

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier particulièrement notre aimable promotrice Mme IASSAMENE pour l'aide qu'elle nous a procurée tout le long de cette thèse, ainsi que Mr HAMMOUCHE qui nous a beaucoup assisté.

Nos vifs remerciements vont aussi aux membres du jury qui ont accepté d'examiner et de juger notre travail.

Nous tenons également à remercier nos parents pour leur soutien et tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de notre modeste travail.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à :

La mémoire de mon père *DJILLALI* que j'aurais aimé voir présent aujourd'hui.

Ma très chère mère *MIASSA*.

Ma petite sœur *SABRINA*.

Ma grande sœur *NOURIA* et mon frère *ADEL* ainsi que leurs petites familles.

Mon oncle *TAHAR*, ma tante *SAIDA*, et plus particulièrement *NOUREDINE* ainsi que leurs petites familles.

A tous les étudiants du groupe contrôle.

Sans oublier ma meilleure amie *OVERDIA* et sa famille.

SAMIRA

DEDICACES

Je dédie ce travail à :

La mémoire de ma mère *LIASMINE* que j'aurais aimé voir présente aujourd'hui.

Mon père *HAMID* qui m'a soutenu dès le début de mes études et qui s'est donné beaucoup de mal.

Mes deux frères *OUZIENE* et *OUALI*.

Mon oncle *MOHEMMED* et sa femme *FARROUDJA* pour nous avoir aidé énormément.

A tous les étudiants du groupe contrôle.

Sans oublier ma meilleure amie *SAMIRA* et sa famille.

OUEBDIA

SOMMAIRE

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE TRAITEMENT D'IMAGES

I-1-Introduction.....	1
I-2-Définition d'une image.....	1
I-3-Image numérique.....	1
I-3-1- Image en niveaux de gris.....	2
I-3-2- Image en couleur RVB.....	2
I-3-3-Image binaire.....	2
I-4-notion de voisinage.....	3
I-5-L'histogramme d'une image.....	3
I-5-1-Histogramme unimodal.....	4
I-5-2-Histogramme bimodal.....	4
I-5-3-Histogramme multimodal.....	5
I-6-Amélioration d'images par modification d'histogramme.....	5
I-6-1-Négatif d'une image.....	5
I-6-2-Egalisation d'histogramme.....	6
I-6-3-Etirement d'histogramme.....	7
I-7-Le filtrage.....	9
I-7-1-Le filtrage linéaire.....	9
• Filtre Moyenneur.....	9
• Filtre Gaussien.....	10
I-7-2-Le filtrage non linéaire.....	11
• Filtre Médian.....	11

I-8-Segmentation d'image.....	13
I-8-1-Approche frontière.....	13
I-8-2-Approche région.....	13
I-9-Conclusion.....	14

CHAPITRE II : LA BINARISATION

II-1-Introduction.....	15
II-2-Le seuillage.....	15
II-2-1-Le seuillage globale.....	16
II-2-1-1-la méthode d'Otsu.....	16.
II-2-1-2-La méthode d'Otsu amélioré.....	17
II-2-1-3-La méthode de Fisher.....	18
II-2-1-4-La méthode de maximisation d'Entropie.....	19
II-2-1-5-La méthode Isodata.....	20
II-2-2-Le seuillage local.....	21
II-2-2-1-La méthode de la Trame Hexagonale.....	21
II-2-2-2-La méthode de Niblack.....	25
II-2-2-3-La méthode de Sauvola.....	26
II-2-2-4-La méthode de Wolf.....	27
II-2-3-Seuillage par blocs.....	28
II-3-Evaluation des méthodes de binarisation.....	30
II-3-1-Principe du critère intra-région de Levine et Nazif.....	30
II-4-Conclusion	31

CHAPITRE III : RESULTATS ET COMMENTAIRES

III-1-Introduction.....32

III-2-Présentation de la caméra TSI-440A.....32

III-3-Images test.....35

III-4-Seuillage global.....37

III-5-Seuillage local.....41

III-6-Seuillage par blocs.....48

III-7-Conclusion.....54

CONCLUSION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les nuages restent l'un des composants du système atmosphérique terrestre les moins assimilés, ils ont une immense influence sur le climat et les conditions météorologiques et constituent l'élément clé du cycle hydrologique sur Terre en précipitant l'eau au sol et en la transportant d'une région du globe à une autre. Puisque les nuages ont aussi une grande incidence sur le bilan radiatif de la Terre, un infime changement au niveau de leur abondance ou de leur distribution pourrait avoir des conséquences plus graves sur le climat que les gaz à effet de serre, les aérosols anthropiques ou les autres facteurs généralement associés au réchauffement de la planète. Ces constatations ont encouragé un grand nombre de scientifiques à entamer des recherches et des études sur la couverture nuageuse.

Pour entreprendre de telles activités, il est nécessaire d'acquérir quelques informations a priori sur les conditions ciel : le nombre de nuages présents, leur types ainsi que leurs positions par rapport au soleil.

Au début l'être humain s'est chargé de cette mission, mais les résultats étaient loin d'être satisfaisants à cause de contradictions et d'erreurs considérables dues au manque d'objectivité. En conséquence, des dispositifs et des instruments automatiques ont été conçus pour une observation permanente du ciel sans intervention humaine.

Notre travail constitue une étape préliminaire dans la mesure de la couverture nuageuse. Il consiste à séparer entre les nuages et le ciel clair en effectuant une binarisation sur des images issues d'une caméra TSI-440A.

Notre travail est scindé en 3 chapitres :

Dans le premier chapitre nous allons présenter quelques notions de base sur le traitement d'images.

Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de quelques méthodes de binarisation par seuillage. Deux approches de seuillage d'image seront considérées :

Celles fondées sur l'analyse de l'histogramme "seuillage global" et Celles fondées sur l'analyse locale de l'image (seuillage local)

Ces différentes méthodes seront évaluées dans le troisième chapitre en se basant sur un critère d'uniformité. Enfin nous terminerons par une conclusion générale.

CHAPITRE I :

GENERALITES SUR LE TRAITEMENT
D'IMAGES

I-1- INTRODUCTION

Le traitement d'images constitue actuellement l'une des grandes orientations du traitement de l'information acquise à partir de capteurs offrant des capacités de plus en plus importantes.

Le traitement d'images désigne un ensemble de méthodes dont l'objectif est soit de transformer des images (pour en améliorer l'apparence, ou pour les coder de manière plus compacte en vue d'une transmission), soit d'en extraire de l'information. Il s'agit donc d'un domaine très vaste, qui trouve de plus en plus d'applications, en reconnaissance des formes, en biomédicale, en télédétection,etc

I-2- DEFINITION D'UNE IMAGE

L'image est une reproduction planaire d'une scène ou d'un objet par une peinture, une sculpture, ou un instrument optique. Elle peut être considérée comme un signal bidimensionnel sous forme analogique (négatif, photographie, vidéo..), ou numérique (images numérisées suivant divers formats (images compressées ou non...) ou obtenues par des capteurs fournissant des images numérisées).

I-3- L'IMAGE NUMERIQUE [6]

L'image numérique est une image dont la surface est divisée en cellules élémentaires appelés pixels (Picture -élément) et définie comme une fonction bidimensionnelle $I(x,y)$, où x et y sont les coordonnées spatiales des pixels.

L'amplitude de I pour chaque couple (x,y) représente l'intensité de l'image en ce point, dont la valeur change selon le type d'image considérée. Dans ce cas, l'image peut être représentée par une matrice I dont les coordonnées (x,y) d'un pixel signifient l'indice ligne (x) et colonne (y).

On distingue plusieurs types d'images numériques :

I-3-1- IMAGE EN NIVEAUX DE GRIS

Dans une image en niveaux de gris, les pixels prennent des valeurs entières comprises dans l'intervalle [0 255]. L'intensité des pixels varie du noir au blanc en passant par des niveaux de gris intermédiaires (**Fig. I-1**).

I-3-2-IMAGE EN COULEUR RVB [1]

Chaque pixel est représenté par 3 composantes R,V,B, chacune correspond à une couleur de base Rouge, Vert et bleu (couleur perceptible par l'œil humain) (**Fig. I-2**). Chaque composante est codée avec des valeurs allant de 0 à 255. Lorsque les valeurs R, V et B sont égales, la couleur associée devient un niveau de gris.



Fig. I-1 : Image en niveau de gris



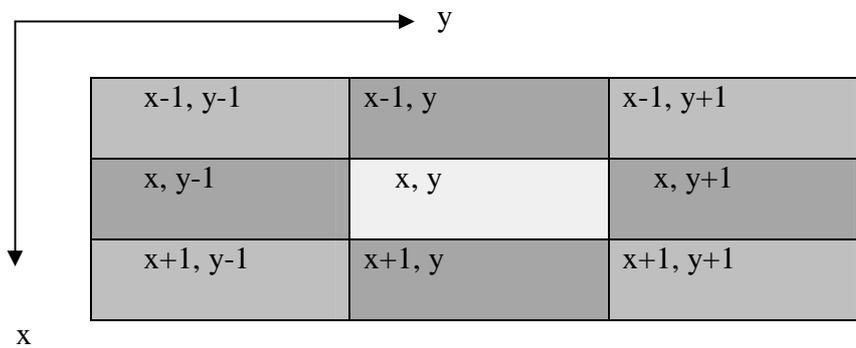
Fig. I-2 : Image couleur

I-3-3- IMAGE BINAIRE [1]

Dans ce cas, l'image est représentée par une matrice de 0 et de 1, les 0 correspondent aux pixels noir, et les 1 aux pixels blanc.

I-4- NOTION DE VOISINAGE [8]

Dans une image représentée sous forme de matrice I , un pixel $I(x,y)$ possède quatre voisins horizontaux et verticaux ainsi que 4 voisins diagonaux . L'ensemble des huit voisins du pixel $I(x,y)$ représente ce qu'on appelle les 8-voisins (8-voisinage). Ces huit voisins forment la fenêtre 3x3 du pixel $I(x,y)$ représenté dans la figure (I-3)

**Fig.I-3 : Voisinage du pixel****I-5- L'HISTOGRAMME D'UNE IMAGE [8]**

Un histogramme est un graphique statistique permettant de représenter la distribution des intensités des pixels d'une image. Il donne le nombre des pixels de l'image correspondant à chaque niveau de gris.

On distingue trois types d'histogrammes d'images :

I-5-1-HISTOGRAMME UNIMODAL

Cet histogramme n'a qu'un seul mode qui correspond au fond de l'image ou à l'objet (Fig.1-4).

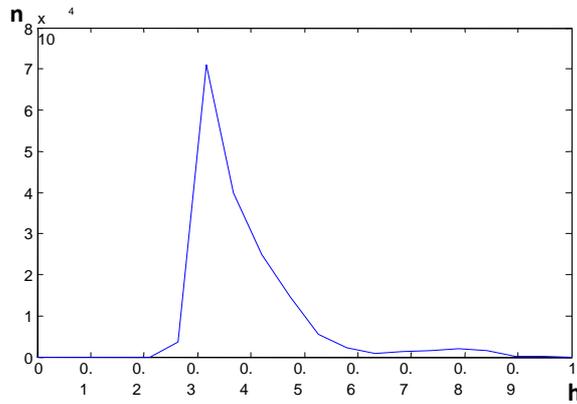


Fig. I-4: Histogramme unimodal

n : Fréquence d'apparition du niveau de gris **h**.

I-5-2-HISTOGRAMME BIMODAL

Il est formé de deux modes séparés par une vallée. Le premier représente le fond et le deuxième regroupe les pixels des objets de l'image (Fig. I-5)

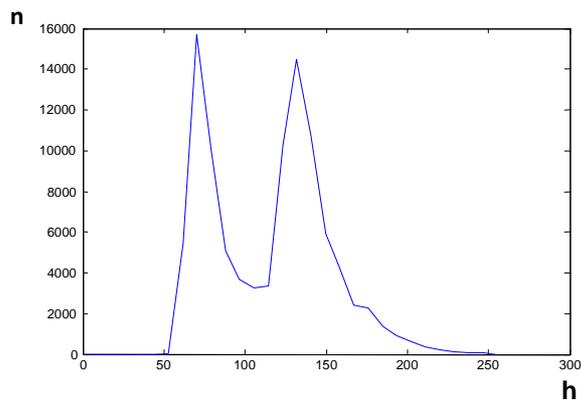


Fig. I-5 : Histogramme bimodal

I-5-3-HISTOGRAMMA MULTIMODAL

Il est formé de plusieurs modes séparés par plusieurs vallées. Ces modes indiquent la présence de différents objets de niveaux de gris différents dans l'image (Fig. I-6)

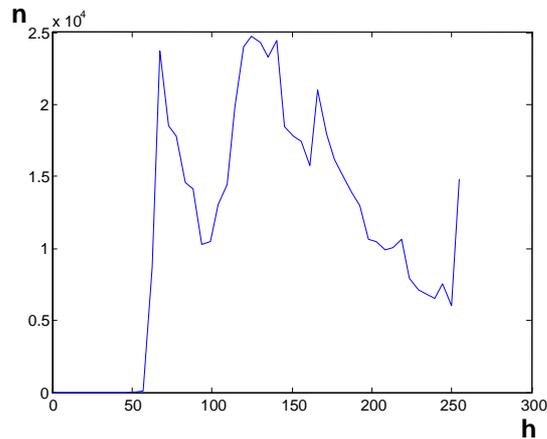


Fig.I-6 : Histogramme multimodal

I-6- AMELIORATION D'IMAGE PAR MODIFICATION D'HISTOGRAMME

Souvent l'image originale contient des informations difficilement discernables ou exploitables. On fait alors subir à cette image des opérations afin de ressortir des caractéristiques importantes.

I-6-1- NEGATIF D'UNE IMAGE (INVERSION)

Cette transformation consiste à inverser les extrêmes noir et blanc car pour l'œil humain certains détails se distinguent quelques fois mieux en noir sur un fond blanc qu'en blanc sur un fond noir (Fig.I-7) .

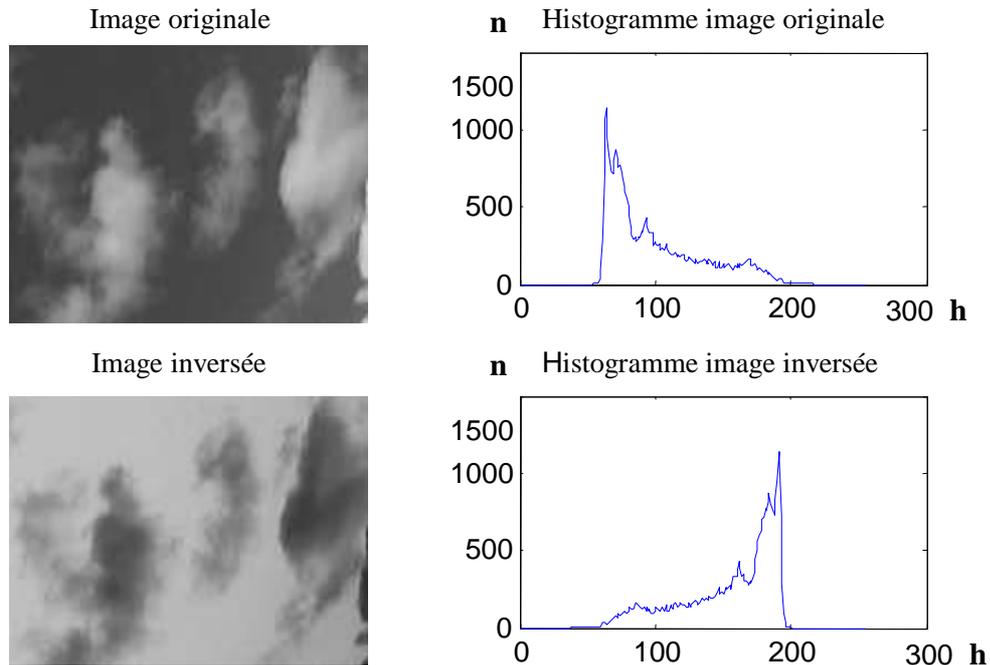


Fig. I-7: Négatif d'une image

I-6-2- EGALISATION D'HISTOGRAMME

L'égalisation d'histogramme est une transformation qui a pour but d'harmoniser la répartition des niveaux de gris de l'image, de telle manière à tendre vers un même nombre de pixels pour chacun des niveaux de gris de l'image. Cette opération vise à augmenter les nuances dans l'image comme le montre la figure (I-8).

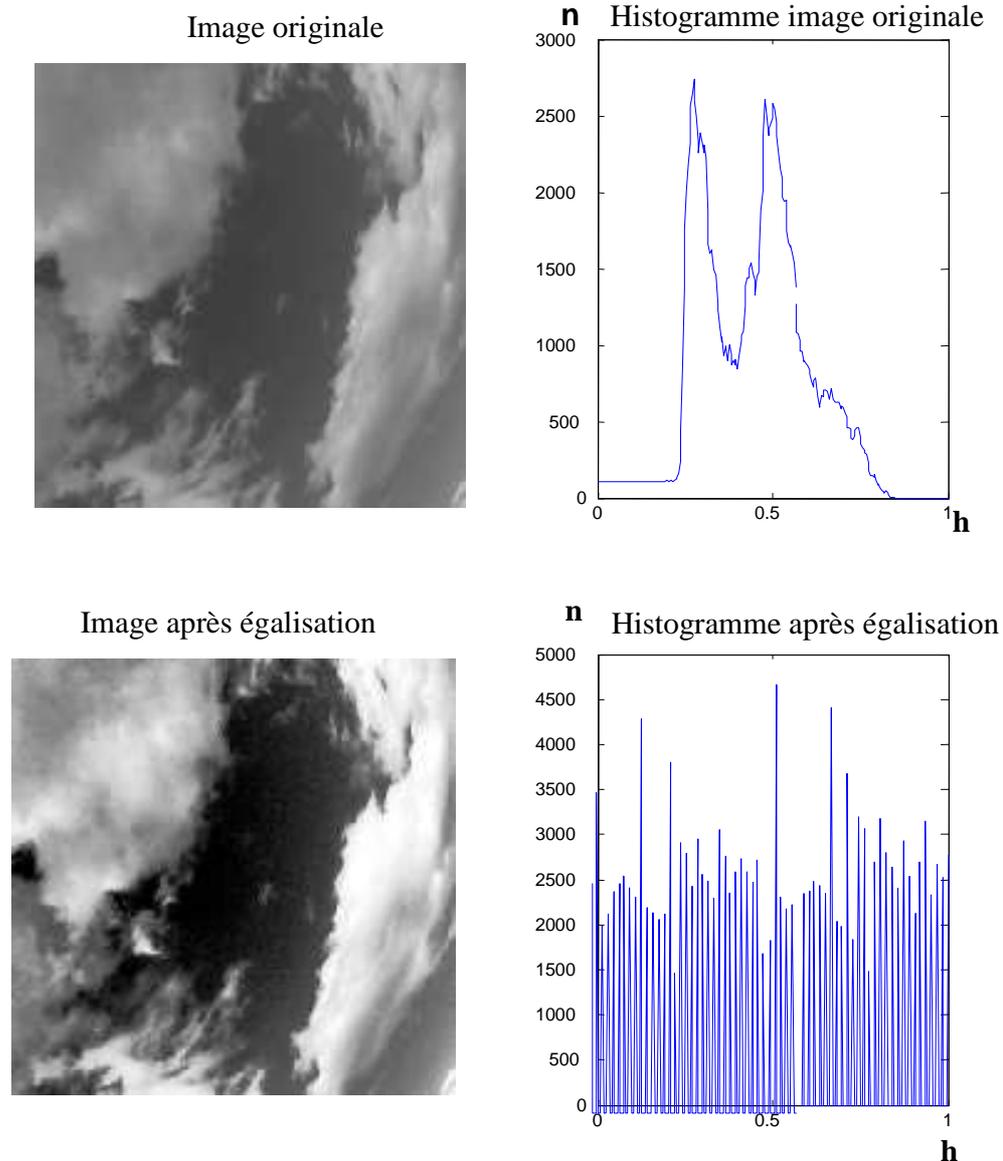


Fig. I-8 : Egalisation d'histogrammes

I-6-3- ETIREMENT D'HISTOGRAMME

L'étirement d'histogramme (aussi appelé "linéarisation d'histogramme") est l'opération qui consiste à modifier l'histogramme d'une image de telle manière à répartir au mieux les intensités sur l'échelle des valeurs disponibles. Ceci revient à étendre l'histogramme afin que la valeur d'intensité la plus faible soit zéro et que la plus haute soit la valeur maximale.

Ainsi, si les valeurs de l'histogramme sont très proches les unes des autres, l'étirement fournira une meilleure répartition et rendra les pixels déjà clairs encore plus clairs et les pixels foncés plus sombres (Fig. I-9).

Image originale

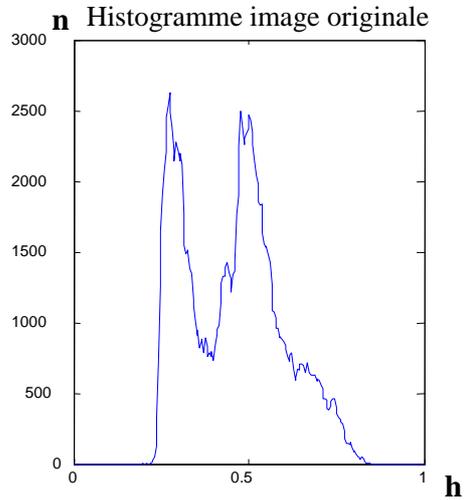
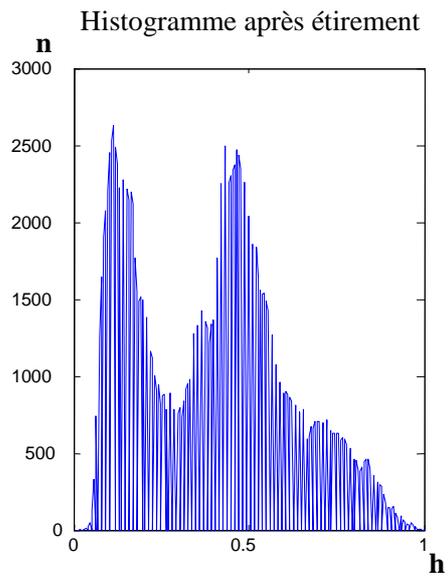


Image après étirement

**Fig.I-9 : Etirement d'histogrammes**

I-7- LE FILTRAGE

Comme tout signal, une image peut être entachée de bruit dû au capteur (camera), chaîne d'acquisition (conversion) ou aux conditions de prise de vue.

Des méthodes de filtrage bidimensionnelles ont été alors proposées afin d'éliminer ou de réduire le bruit.

I-7-1-LES FILTRES LINEAIRES

Un filtre est dit linéaire si le niveau de gris d'un pixel peut être représenté par une combinaison linéaire des niveaux de gris de ses pixels voisins.

Mathématiquement, le filtrage linéaire consiste à appliquer un produit de convolution entre l'image $I(x,y)$ et un filtre de réponse impulsionnelle $G(x,y)$ tel que :

$$N_{i,j} = \sum_{c} C_{i,j,c} * I(x,y)$$

$C_{i,j}$: Coefficients de la réponse impulsionnelle du filtre.

I : image originale.

$(W \times W)$: taille du filtre

- **FILTRE MOYENNEUR [7]**

Ce filtre de type passe bas permet de lisser les images, c'est à dire de diminuer les différences de niveaux de gris entre pixels voisins.

Le filtrage par la moyenne consiste à remplacer chaque pixel par la valeur moyenne de ses voisins (le pixel lui même y compris).

Suivant l'effet du lissage que l'on veut appliquer à l'image, on choisira une taille de filtre plus ou moins grande (3x3, 5x5..). Plus la taille du filtre est grande, plus l'image est « floue ».

Les coefficients de la réponse impulsionnelle , d'un filtre moyenneur sont représentés dans la figure ci-dessous.

Filtre 3x3

$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$
$1/9$	$1/9$	$1/9$

Filtre 5x5

$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$
$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$
$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$
$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$
$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$	$1/25$

image originale



image après filtrage moyen

**Fig. I-9 : Filtrage moyenneur****Remarque ;**

On a utilisé le bruit de type Sel et poivre pour mieux remarquer l'effet du filtrage.

- **FILTRE GAUSSIEN**

Le filtre gaussien est un opérateur de lissage également utilisé pour estomper les « détails » et le bruit.

Il consiste à appliquer localement le produit de convolution entre l'image $I(x,y)$ et une gaussienne G définie par l'équation à deux dimensions suivante :

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

G : est un masque carré dont les coefficients sont les éléments discrétisés de la gaussienne. L'intérêt du filtre gaussien est que l'on règle le degré de filtrage à travers le paramètre σ . La figure (I-10) montre l'effet d'un filtre gaussien.

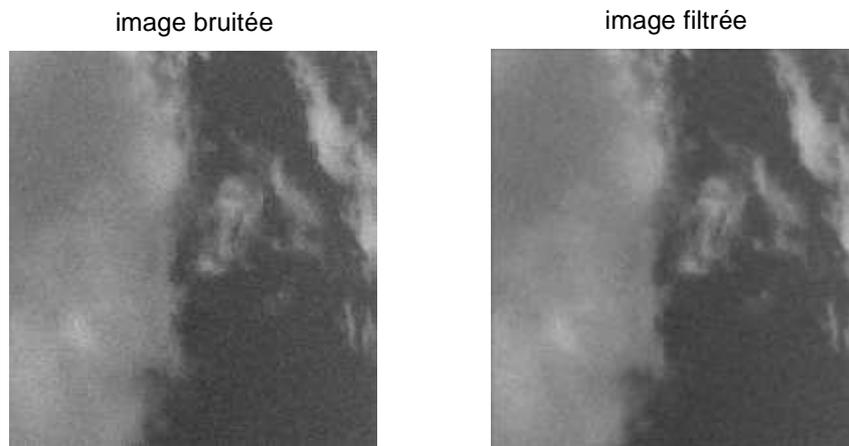


Fig .I-10 : Filtrage gaussien

I-7-2-LES FILTRES NON-LINEAIRES :

Contrairement aux filtres linéaires, un filtre non linéaire n'est pas régi par une combinaison linéaire des niveaux de gris. Parmi eux on distingue le filtre médian.

- **FILTRE MEDIAN**

Le filtre médian réalise un lissage de l'image (Fig.I-11). Chaque pixel est traité en considérant ses voisins pris sur une fenêtre de voisinage donnée.

Le pixel lui même et ses voisins forment alors un ensemble dont on calcule la « médiane ». Le pixel sera remplacé par cette valeur médiane.

- un pixel non représentatif dans le voisinage affectera peu la valeur médiane.
- La valeur médiane choisie étant le niveau de gris d'un des pixels considérés, on ne trouve pas alors de nouveaux niveaux de gris dans l'image. Ainsi lorsque le filtre passe sur un contour très marqué, il le préservera mieux. L'exemple suivant illustre le principe de ce filtre

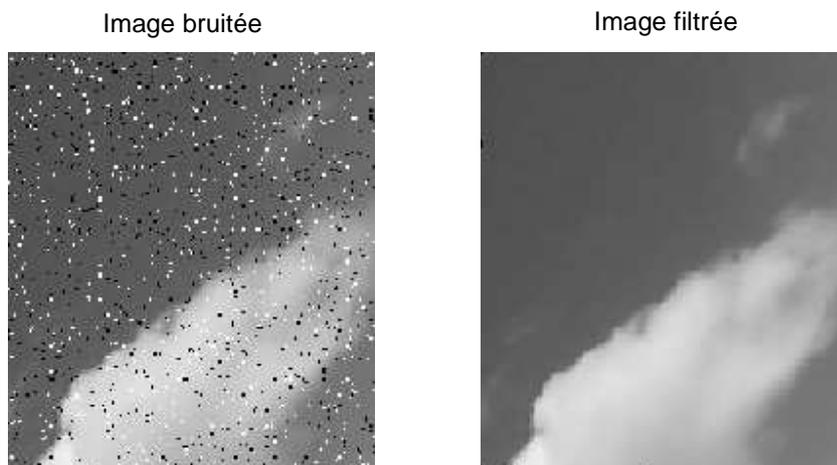


Fig.I-11 : Filtrage médian

Exemple:

Soit une image de taille (5x5) et soit une fenêtre de voisinage de taille (3x3).

5	6	2	4	8
5	100	30	55	9
8	130	122	118	7
3	99	15	11	6
1	5	6	4	3

Les niveaux de gris des pixels de la fenêtre ordonnés dans le sens croissant forment la série suivante :

11, 15, 30, 55, 99, 100, 118, 122, 130



Valeur médiane

La valeur médiane de cette liste est 99. Elle correspond à l'indice 5 (médiane) de la liste

L'application du filtre médian consiste à modifier le pixel central de la fenêtre dont le niveau de gris est initialement 122 et sa nouvelle valeur est 99.

I-8- SEGMENTATION D'IMAGE

La segmentation est un traitement essentiel et basique des images. Il consiste à partitionner une image en des sous-ensembles homogènes appelés régions R_i . Une région est un ensemble de pixels qui possèdent des propriétés communes telles que l'intensité, la texture,... etc. Le but de la segmentation est d'extraire de l'image originale un certain nombre d'entités différentes appelées objets. De nombreuses méthodes de segmentation sont proposées. on peut les classer en deux grandes approches : l'approche « *frontière* » et l'approche « *région* »

I-8-1-APPROCHE FRONTIERE

Elle est basée sur la détection des fortes variations d'intensité ou les discontinuités des propriétés des ensembles connexes de pixels. Elle regroupe les techniques de détections de contours. En général, cette approche ne conduit pas directement à une segmentation de l'image à cause de la continuité des contours. Il faut donc procéder à une fermeture de contours si on souhaite une partition complète de l'image. Les régions sont définies comme l'intérieur d'une ligne fermée.

I-8-2-APPROCHE REGION

Les méthodes de segmentation, sont construites grâce à la similarité des pixels en évaluant des critères prédéfinis pour les regrouper directement en régions. Le seuillage, la croissance de région, la division-fusion sont des exemples de méthodes de segmentation région.

I-9-CONCLUSION

Dans ce chapitre on a évoqué quelques notions de base en traitement d'images et cité quelques prétraitements consistant à transformer l'image de façon à améliorer leur visualisation ou à mettre en évidence des détails, des structures ou à faciliter l'application d'un algorithme de traitement ultérieur comme des méthodes de binarisation que nous allons présenter dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE II :

LA BINARISATION

II-1- INTRODUCTION :

La segmentation constitue une étape très importante dans tout traitement d'images. Elle consiste à séparer l'image en zones homogènes afin de mettre en évidence les objets contenus dans la scène.

La binarisation qui est un cas particulier de la segmentation permet de séparer l'image en 2 classes de pixels : des pixels blanc qui correspondent aux objets de l'image et les pixels noir qui représentent le fond de l'image.

La binarisation a fait l'objet d'intenses recherches depuis longtemps. Elle peut être abordée en utilisant principalement le seuillage. Nous présenterons dans ce chapitre quelques unes de ces méthodes de binarisation.

II-2-SEUILLAGE

Le seuillage est une technique qui a pour but de trouver une valeur de niveau de gris s appelé seuil afin de diviser les pixels de l'image en deux classes : « objet » et « fond ».

La binarisation s'effectue en comparant tous les niveaux de gris de l'image au seuil, puis d'affecter la valeur **0** aux pixels dont les niveaux de gris sont inférieurs au seuil et la valeur **1** pour les autres pixels ou inversement.

$$B(x, y) = \begin{cases} 0 & (x, y) < s \\ 1 & \text{sinon} \end{cases}$$

Où

I : Image initiale

B : Image binarisée résultante.

Si le seuil est le même pour chaque pixel on parlera alors de seuillage global. Si pour chaque pixel on détermine un seuil, on parlera alors de seuillage local.

II-2-1- SEUILLAGE GLOBALE

Un seuil unique est calculé à partir d'une mesure globale sur toute l'image. Il nous permet de décider l'appartenance d'un pixel à l'objet ou au fond.

II-2-1-1- METHODE D'OTSU

La séparation des classes se fait à partir des moments des deux premiers ordres : la moyenne et l'écart-type. Pour que le procédé soit indépendant du nombre de points dans l'image N , on normalise l'histogramme :

$$p_i = n_i/N$$

Où n_i représente le nombre de pixels ayant un niveau de gris i et N le nombre total de pixels dans l'image.

Pour chaque valeur du seuil s , on définit la moyenne et la probabilité à priori de la classe fond notée C_0 par :

$$\mu_0 = \mu(s) = \sum i * p_i$$

$$w_0 = w(s) = \sum p_i$$

On note par μ_T le niveau de gris moyen de l'image.

$$\mu_T = \mu(256)$$

256 est le nombre totale de niveaux de gris.

Si on note également w_1 la probabilité de la classe objet C_1 , alors :

$$w_1 = 1 - w(s).$$

Soient μ_0 la moyenne de la classe C_0 et μ_1 la moyenne de la classe C_1 :

$$\mu = \frac{\mu(s)}{w_0}$$

$$\mu = \frac{(\quad)}{(\quad)}$$

avec :

$$w_0\mu_0 + w_1\mu_1 = \mu_T$$

$$w_0 + w_1 = 1$$

La méthode d'Otsu consiste à chercher la valeur du seuil qui maximise la variance inter-classe suivante :

$$\sigma^2(s) = w_0 w_1 (\mu_1 - \mu_0)^2$$

ou
$$\sigma^2(s) = w(s)(1-w(s))(\mu_T w(s) - \mu(s))^2$$

II-2-1-2- AMELIORATION DE LA METHODE D'OTSU

Dans de nombreux cas le seuil trouvé par la méthode d'Otsu ne se situe pas autour de l'intersection des 2 modes de l'histogramme. Pour corriger ceci une méthode a été mise en œuvre pour mieux distinguer les 2 classes. Elle se déroule suivant les étapes suivantes :

1. Chercher un seuil initial s à l'aide de la méthode d'Otsu qui divisera l'histogramme en deux classes.
2. Chercher les modes (fréquences d'apparition maximales) notés N_0 pour la classe 0 et N_1 pour la classe 1.
3. Déterminer le seuil qui correspond au niveau de gris associé au minimum de l'histogramme entre les 2 modes.

II-2-1-3- METHODE DE FISHER :[2]

Le principe de cette méthode est presque analogue à celui d'Otsu, il s'agit de trouver le seuil s qui minimise la somme des moments centrés d'ordre 2 (somme des variances) des deux classes.

La moyenne d'une classe C_l :

$$\mu () = \frac{\sum *}{\sum}$$

i : niveau de gris

l : numéro de la classes $l=0,1$

n_i : fréquence d'apparition du niveau de gris i .

La variance σ_l d'une classe C_l est donnée comme suit :

$$\sigma (s) = \sum (i - \mu) n$$

La méthode de Fisher consiste à chercher la valeur du seuil s qui minimise la somme des variances :

En simplifiant les termes au carrés, la recherche du seuil revient à maximiser la fonctionnelle $J(s)$

$$J(s) = \sigma (s) + \sigma (s)$$

$$J(s) = \frac{(\sum_{\epsilon} *)}{\sum_{\epsilon}} + \frac{(\sum_{\epsilon} *)}{\sum_{\epsilon}}$$

II-2-1-4- METHODE DE MAXIMISATION D'ENTROPIE [12]

L'entropie est souvent définie comme une mesure de la quantité d'information. Elle est très utilisée en segmentation pour maximiser la quantité d'information de l'image binaire.

On associe à un histogramme l'entropie E donnée par :

$$E = - \sum p_i \log p_i$$

Avec $M = 256$ (nombre de niveaux de gris)

En divisant l'histogramme en 2 classes par un seuil s , on obtient deux distributions avec deux entropies, l'une correspond à la classe objet l'autre à la classe fond.

$$E(C) = - \sum p_i \log p_i$$

$$E(C) = - \sum p_i \log p_i$$

Avec :

$$p = \sum p_i$$

n_i : Fréquence d'apparition.

N : nombre de pixel total.

P_i : probabilité d'apparition du niveau de gris i .

P_t : probabilité d'appartenance à la classe fond

$E(C)$: entropie de la classe fond.

$E(C)$: entropie de la classe objet

Le principe de la méthode est de calculer la valeur du seuil qui maximise l'entropie totale E_T :

$$E_T = E(C_0) + E(C_1)$$

II-2-1-5-METHODE ISODATA [13]

Cette méthode permet de fixer un seuil en séparant l'histogramme en deux classes itérativement en fonction de la connaissance a priori des valeurs associées à chaque classe. Son algorithme est le suivant :

1. Déterminer l'intervalle [min, max] des valeurs non nulles de l'histogramme.
2. Estimation des valeurs moyennes initiales μ_0 et μ_1 en divisant l'intervalle en deux parties équidistantes à partir d'un seuil initial s_0 calculé comme suit :

$$s = \frac{\min + \max}{2}$$

$$\mu = \frac{\sum *}{\Sigma} \quad \mu = \frac{\sum *}{\Sigma}$$

3. Calcul du seuil s par la formule suivante :

$$s = \frac{\mu + \mu}{2}$$

4. Calcul des nouvelles moyennes μ_0 et μ_1 des nouvelles classes séparées par le seuil s :

$$\mu = \frac{\sum *}{\Sigma} \quad \mu = \frac{\sum *}{\Sigma}$$

5. Refaire les étapes 3 et 4 jusqu'à ce que valeur du seuil ne change plus.
6. Binarisation de l'image par le seuil trouvé.

II-2-2- SEUILLAGE LOCAL

II-2-2-1- METHODE DE LA TRAME HEXAGONALE [5]

C'est une méthode de seuillage adaptative, elle tient en compte le voisinage ainsi que la position du pixel dans l'image.

Elle comprend 3 étapes:

1. Calcul d'une matrice moyennée.
2. Calcul du seuil.
3. Binarisation.

1- Le calcul de la matrice moyennée :

Un élément structurant de type hexagonal appelé trame, est déplacé sur l'image. La valeur de chaque pixel dans l'image originale sera modifiée en une autre qui est le résultat d'un produit de convolution entre la trame et la fenêtre image dont le pixel considéré est le centre.

Il existe 2 modèles de trames hexagonales :

- Une trame 1 centrée :

$$\begin{array}{ccc} & 1 & & 1 & \\ 1 & & 1 & & 1 \\ & 1 & & 1 & \end{array}$$

Cette trame est mise sous la forme matricielle :

0	1	0	1	0
1	0	1	0	1
0	1	0	1	0

- Une trame 0 centrée :

	1		1	
1		0		1
	1		1	

La forme matricielle de cette trame est la suivante :

0	1	0	1	0
1	0	0	0	1
0	1	0	1	0

Remarque : La trame 0 centrale ne prend pas en considération le pixel à traiter lors de son passage sur l'image.

Exemple d'application :

Soit la fenêtre image suivante :

2	1	5	0	6	2	1	4
1	2	1	2	0	1	6	10
2	3	1	15	6	2	3	1
0	10	9	12	0	16	4	3
2	3	3	8	7	7	10	4

Le passage de la trame 1 centrale sur la fenêtre centrée sur le pixel de coordonnées (2,3) modifie sa valeur comme suit:

$$M(2,3) = 1/7 * (1+0+1+1+0+3+15) = 3$$

M étant la matrice moyennée produite par cette opération de filtrage.

2	3	5	0	8	2	1	4
1	2	3	x	x	x	6	10
2	3	x	x	x	x	3	1
0	10	x	x	x	x	4	3
2	3	3	8	7	7	10	4

Le même calcul est appliqué au reste des pixels dont les coordonnées (x,y) sont telles que :

$2 \leq x \leq l-1$ et $3 \leq y \leq c-2$ l et c sont respectivement le nombre de lignes et de colonnes de l'image

Cette restriction permet d'éviter les coordonnées négatives.

Les valeurs des bords restent telles quelles sont.

2- Calcul du seuil de binarisation

Après obtention de la matrice moyennée on passe à l'étape suivante qui consiste à calculer un seuil pour chaque pixel. Celui-ci dépend de sa position dans l'image ainsi que celles de ses voisins.

Pour chaque pixel on calcule la valeur moyenne des niveaux de gris de ses plus proches voisins.

Ce traitement s'effectue sur des fenêtres de taille (3*3) dans notre cas. Le résultat est une matrice de valeurs moyennes qui aura les mêmes dimensions que celles de l'image originale.

Exemple : Soit la fenêtre image suivante :

2	1	1	3	0	7
8	1	1	2	6	3
4	5	2	2	1	1
2	2	3	3	4	2
0	4	4	2	1	0

la valeur du pixel de coordonnée (2,3) sera modifiée, sa valeur sera donnée par :

$$\text{Moy}(2,3) = (1/9) * (1+1+3+1+1+2+5+2+2)$$

Donc $\text{Moy}(2,3)=2$ est la nouvelle valeur du pixel dans la matrice moyenne

Comme pour l'étape précédente, les pixels des bords ne sont pas concernés par ce traitement.

Le même calcul expliqué dans l'exemple ci-dessus, est appliqué à tous les pixels de coordonnées : $2 \leq x \leq l-1$ et $2 \leq y \leq c-1$ de l'image initiale pour obtenir la matrice moyenne.

Le résultat final de cette étape est une matrice de seuils S dont chaque élément est donné par

$$S(x,y) = I(x,y) - \text{Moy}(x,y) \quad I : \text{image initiale.}$$

Moy : matrice des moyennes.

3-Binarisation

Chaque pixel de l'image initiale sera comparé à son seuil correspondant. La binarisation s'effectue comme suit :

$$B(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{si } I(x,y) - M(x,y) < (,) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Avec : I : image initiale

M : matrice moyennée résultat du passage de la trame calculée dans l'étape (1)

S : matrice seuil calculée lors de l'étape (2)

B : Image binaire

II-2-2-2- METHODE DE NIBLACK [11]

L'idée principale de la méthode de Niblack est de faire varier la valeur du seuil sur toute l'image en se basant sur la moyenne locale et l'écart-type. Le seuil du pixel est calculé comme suit :

$$S(x,y) = \mu(x,y) + k \cdot \sigma(x,y)$$

Ou :

k : est une constante qui varie selon le type d'image.

$\mu(x,y)$ et $\sigma(x,y)$ sont respectivement la moyenne et l'écart-type des valeurs des niveau de gris dans le voisinage local de taille $w \times w$ centré par le pixel (x,y) telles que

$$\mu(x,y) = \frac{1}{w \times w} \sum_{i=-w/2}^{w/2} \sum_{j=-w/2}^{w/2} I(x+i, y+j)$$

$$\text{et } \sigma(x,y) = \sqrt{\frac{1}{w \times w} \sum_{i=-w/2}^{w/2} \sum_{j=-w/2}^{w/2} I(x+i, y+j)^2 - \mu(x,y)^2}$$

La fenêtre du voisinage doit être suffisamment petite pour préserver les détails et assez large pour éliminer le bruit.

II-2-2-3- METHODE DE SAUVOLA [10] [11]

Sauvola propose une nouvelle formule pour calculer la valeur du seuil pour chaque pixel :

$$s(x, y) = \mu(x, y)[1 - k\alpha]$$

avec : $\alpha = 1 - \frac{(\cdot)}{(\cdot)}$

k : paramètre de valeur positive à fixer.

R : rang dynamique de la variance (R=128).

La contribution de l'écart-type devient adaptative.

II-2-2-4-METHODE DE WOLF [10]

Les résultats obtenus avec les méthodes de Niblack et Sauvola lors de la binarisation des documents ne sont pas satisfaisants. C. Wolf a proposé une nouvelle formule pour le calcul du seuil s donnée comme suit:

$$s(x, y) = \mu(x, y) - k\alpha[\mu(x, y) - M]$$

$$\alpha = 1 - \frac{\sigma(x, y)}{R}$$

Où $R = \max(\sigma)$

k : paramètre de valeur positive

M : valeur de l'intensité minimale dans l'image

II-2-3-SEUILLAGE PAR BLOCS

Cette méthode de seuillage consiste à diviser l'image en plusieurs blocs B_i , et de les seuiller séparément.

Un bloc peut contenir une partie du fond de l'image, une partie d'un objet ou les deux à la fois.

Dans le cas où le bloc est homogène c'est-à-dire représente une partie du fond ou de l'objet, on calcule sa moyenne notée μ_i donnée par :

$$\mu_i = \frac{1}{N_i} \sum_{k=0}^{255} n_k * k$$

Avec :

i : Le numéro du bloc.

N_i : Le nombre de pixel dans le bloc i

k : Niveau de gris

n_k : Fréquence d'apparition du niveau de gris k

Cette moyenne sera comparée à une moyenne référence μ_{ref} dont la valeur est choisie dans la plage $[100,140]$ (au milieu de l'histogramme)

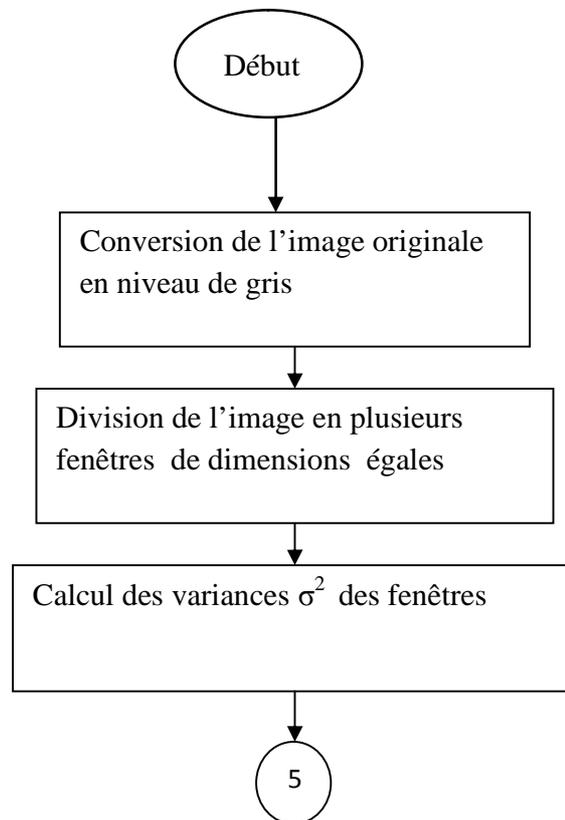
Si $\mu_i < \mu_{ref}$ la valeur 0 sera associée à tout les pixels du bloc i , la valeur 1 leur sera affectée dans le cas contraire.

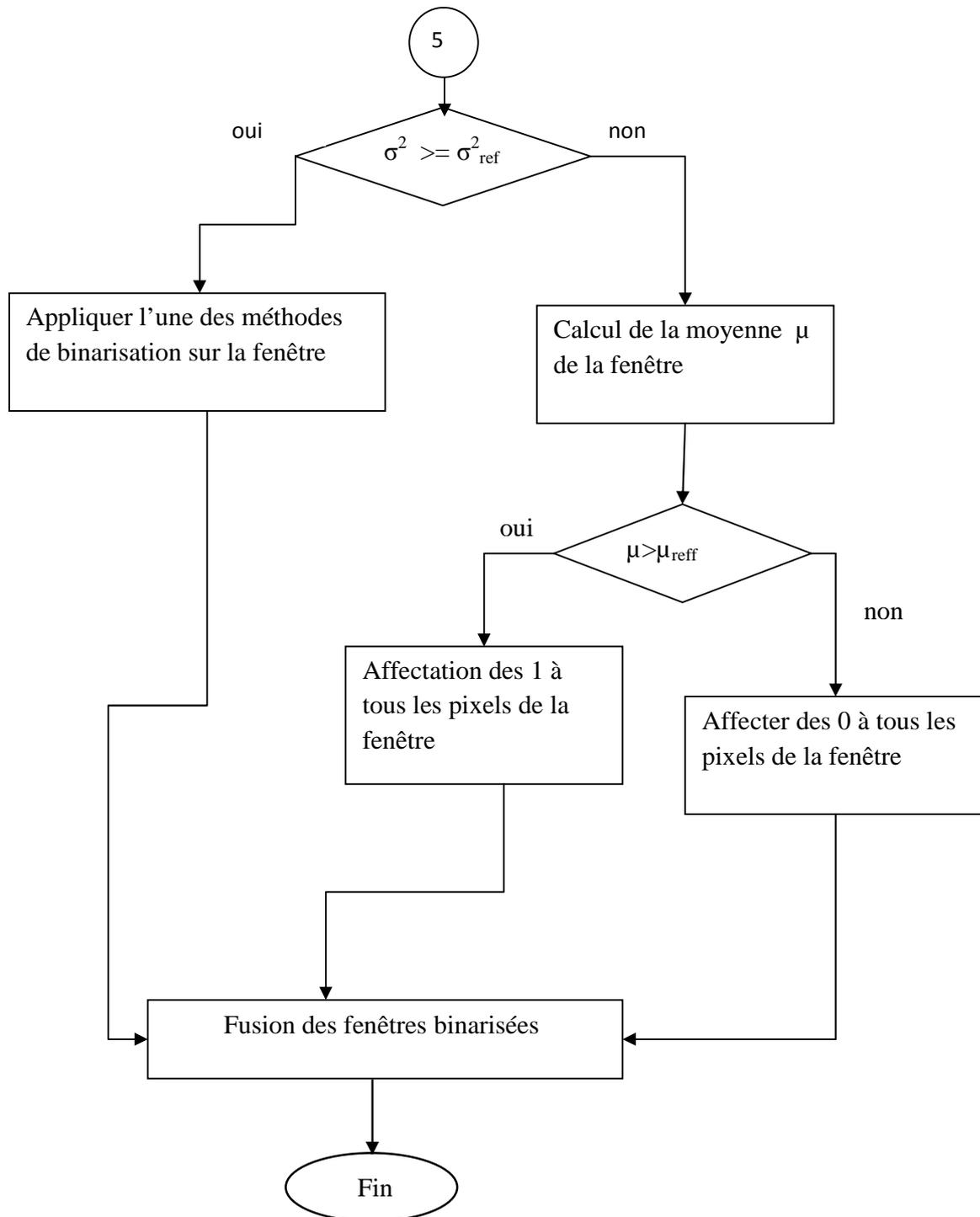
Pour les blocs inhomogènes contenant à la fois le fond et l'objet, une des méthodes de seuillage global vues précédemment leur sera appliquée. Un critère d'homogénéité doit donc être défini.

Lors de notre travail la variance du bloc est choisie comme prédicat d'homogénéité. Comme pour la moyenne, une variance de référence notée σ_{ref}^2 calculée pour une image homogène est comparée à la variance de chaque bloc σ_i^2 tel que :

le bloc i est homogène, Si $\sigma < \sigma$
le bloc i est inhomogène, Si $\sigma > \sigma$

Les blocs seuillés seront fusionnés pour obtenir l'image binarisée finale.





Organigramme de la méthode division en blocs

II-3-EVALUATION DES METHODES DE BINARISATION

La binarisation d'une image est une étape clé dans le traitement d'image où plusieurs méthodes ont été proposées. Mais en général une technique est plus ou moins adaptée à un type d'images, il est donc indispensable d'établir un test d'évaluation sur une méthode de binarisation pour mesurer sa qualité et son efficacité.

Une évaluation visuelle peut être opérée par un humain spécialisé dans le domaine, sauf qu'elle est loin d'être objective du moment que ça dépend de l'objectif visé par l'opérateur, et qui a déjà une idée du résultat de la binarisation. De plus cette évaluation est purement qualitative car elle permet de prononcer sur le fonctionnement d'un algorithme sans pouvoir pour autant confronter plusieurs algorithmes et méthodes pour une seule image. En conséquence plusieurs critères d'évaluation quantitative ont été suggérés, certains d'entre eux nécessitent une image de référence et d'autres exigent des connaissances a priori sur l'image.

Le modèle choisi pour comparer les techniques de binarisation est le critère intra région de Levine et Nazif. Il est basé sur le calcul d'uniformité des régions par estimation des variances des classes.

II-3-1- CRITERE D'EVALUATION INTRA-REGION DE LEVINE ET NAZIF [9]

Dans une image bien binarisée, les 2 régions : le fond et l'objet doivent être uniformes, Levine et Nazif ont mesuré cette uniformité, elle est donnée par :

$$U = 1 - \sum_{i=1}^2 \frac{\sigma_i}{\mu_i} = 1 - \sum_{i=1}^2 \frac{\sigma_i}{\mu_i}$$

Avec : i : le numéro de la région.

σ_i : Variance d'une région calculée comme suit

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} (I(j) - \mu_i)^2}$$

C est un facteur de normalisation égal à la variance maximale calculée comme suit :

$$C = \sigma_{max}^2 = \frac{(I_{max} - I_{min})^2}{2}$$

N_i : Le nombre de pixels d'une région

$I(j)$: Le niveau de gris du pixel j

R_i : la région i.

L'évaluation s'effectue suivant l'algorithme:

1-Calculer pour chacune des deux classes de l'image binarisée :

- Le nombre de pixels.
- La moyenne.
- La variance.

2-Calcul de l'uniformité.

Notons que plus l'uniformité est grande, plus la binarisation est meilleure.

II-4-CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons présenté quelques méthodes de seuillage d'images. Il ya lieu de distinguer le seuillage global ou un seul seuil est utilisé pour binariser l'image contrairement au seuillage local où chaque pixel dispose d'un seuil de binarisation

CHAPITRE III :

RESULTATS ET COMMENTAIRES

III-1-INTRODUCTION :

Lors du 2^{ème} chapitre, nous avons présenté plusieurs méthodes de seuillage permettant la binarisation d'image. Ces méthodes seront évaluées dans ce chapitre en les appliquant sur des images issues d'un radar appelé TSI-440A. Les images captées par ce radar décrivent la présence des nuages sur un ciel clair.

Le but de notre évaluation consiste à déterminer quelle méthode de binarisation est capable d'extraire convenablement la masse nuageuse en se basant sur le critère d'uniformité de Levine et Nazif

III-2-PRESENTATION DE LA CAMERA TSI -440 A:

Le TSI-440 est une caméra vidéo numérique en couleurs offrant une vue dite horizon à horizon, Il est doté d'une lentille hémisphérique tournante qui lui permet d'avoir un champ de vision de 160° et sur laquelle est placé un ruban noir qui empêche l'incidence directe des rayons solaires sur sa surface (Fig.III-1)

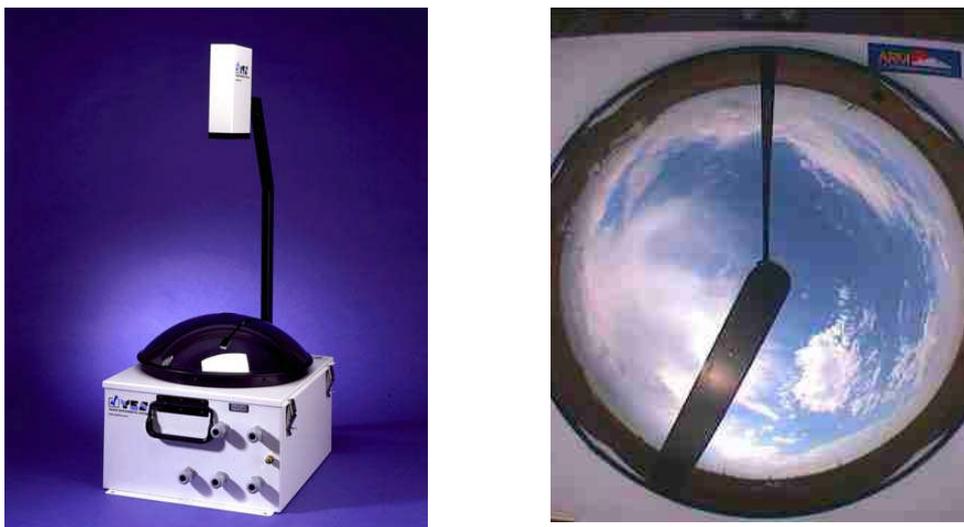


Fig.III-1 :Caméra TSI-440A Total Sky Imager

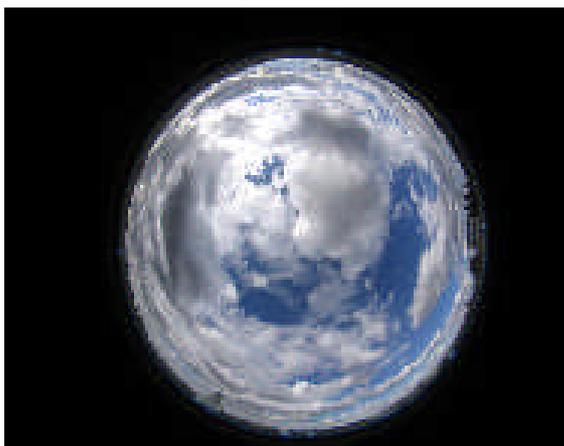
Le TSI est un appareil fonctionnant exclusivement à la lumière du jour, il capte des images à intervalle de temps régulier (chaque minute, 5 minutes pour les anciens modèles).

Ces images ont une résolution de 352 x 288 pixels et sont enregistrées sous forme JPEG.

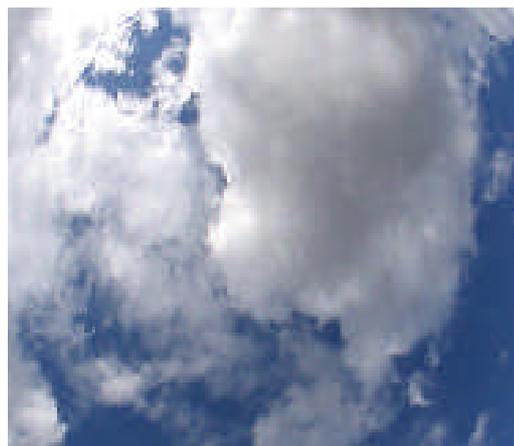
Le tableau ci-dessous, extrait de la documentation technique, donne quelques caractéristiques de cet appareil

Image Resolution:	352 x 288 color, 24-bit JPEG format
Sampling rate:	Variable, with max of 30 sec
Operating Temperature:	-40°C to +44° C
Weight/Size:	Approx.70 lbs.(32 kg); dims: 20.83"x18.78"; height is 34.19"; mounts on 16.75x12" 1/4-20 bolt square
Power Requirements:	115/230 Vac; mirror heater duty cycle varies with air temperature: 560W with heater on / 60W off
Software:	None required for immediate real time display; uses Internet Explorer or Netscape Browsers on MS-Windows, Mac, UNIX (an optional DVE/YESDAQ package is available for data archiving, display, MPEG day movie creation and data reprocessing)
Data Telemetry:	LAN Ethernet (TCP/IP), telephone modem (PPP) or Data Storage Module option (for off grid sites)

La figure (III-2) donne un exemple d'image fournie par le radar TSI-440A.



a-Image complète



b-Une partie de l'image

Fig.III-2 : Image fournie par la caméra TSI-440A

III-3-IMAGES TEST:

Les images utilisées dans nos tests sont des images fournies par la TSI-400 durant la journée du 20/02/2006 à des horaires différentes. A cause de la lentille hémisphérique, l'image complète fournie par le radar se trouve plate au milieu et courbée sur ses bords.

Pour éviter des procédures de recalage, nous avons choisis de traiter une partie de cette image extraite à son milieu.

La figure (III-3) montre ces trois images test que nous avons choisi pour mener notre évaluation.

Ces images contiennent des nuages de formes, de volumes et de couleurs différents. La représentation de ces images en niveaux de gris ainsi que leurs histogrammes sont illustrées par les figures (III-4) et (III-5).



Image 1

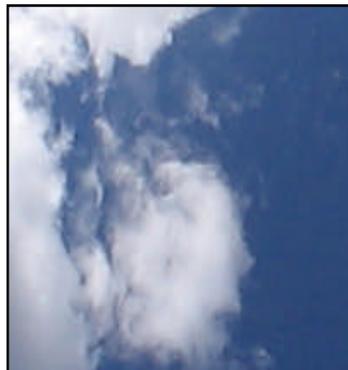


Image 2



Image 3

Fig.III-3: Images test

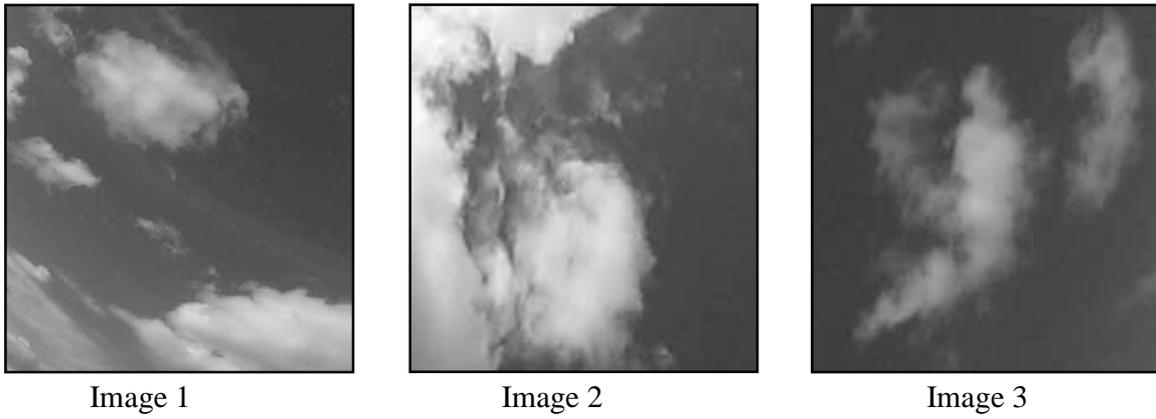


Fig.III-4 : Images en niveaux de gris

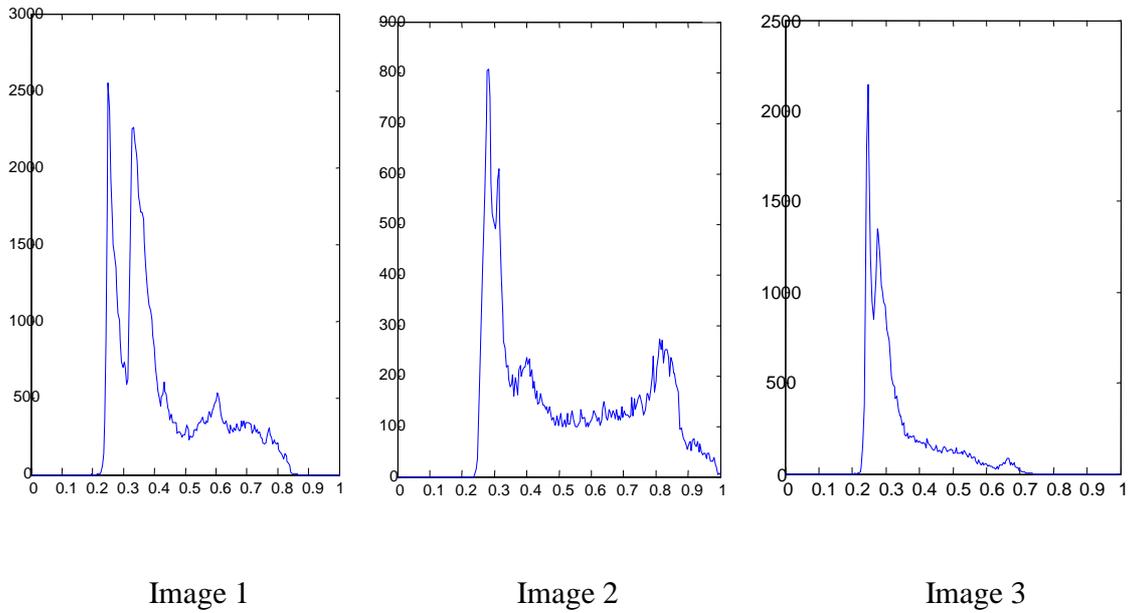


Fig.III-5 : Histogrammes des images test

III-4-SEUILLAGE GLOBAL :

Cinq méthodes de seuillage global à savoir, les méthodes d'Otsu et Otsu améliorée de Fisher, par maximisation d'entropie et d'Isodata, sont appliquées sur les trois images test.

Les figures (III.6), (III.7), (III.8), regroupent les images binaires obtenues par les 5 méthodes de seuillage global sur les 3 images test.

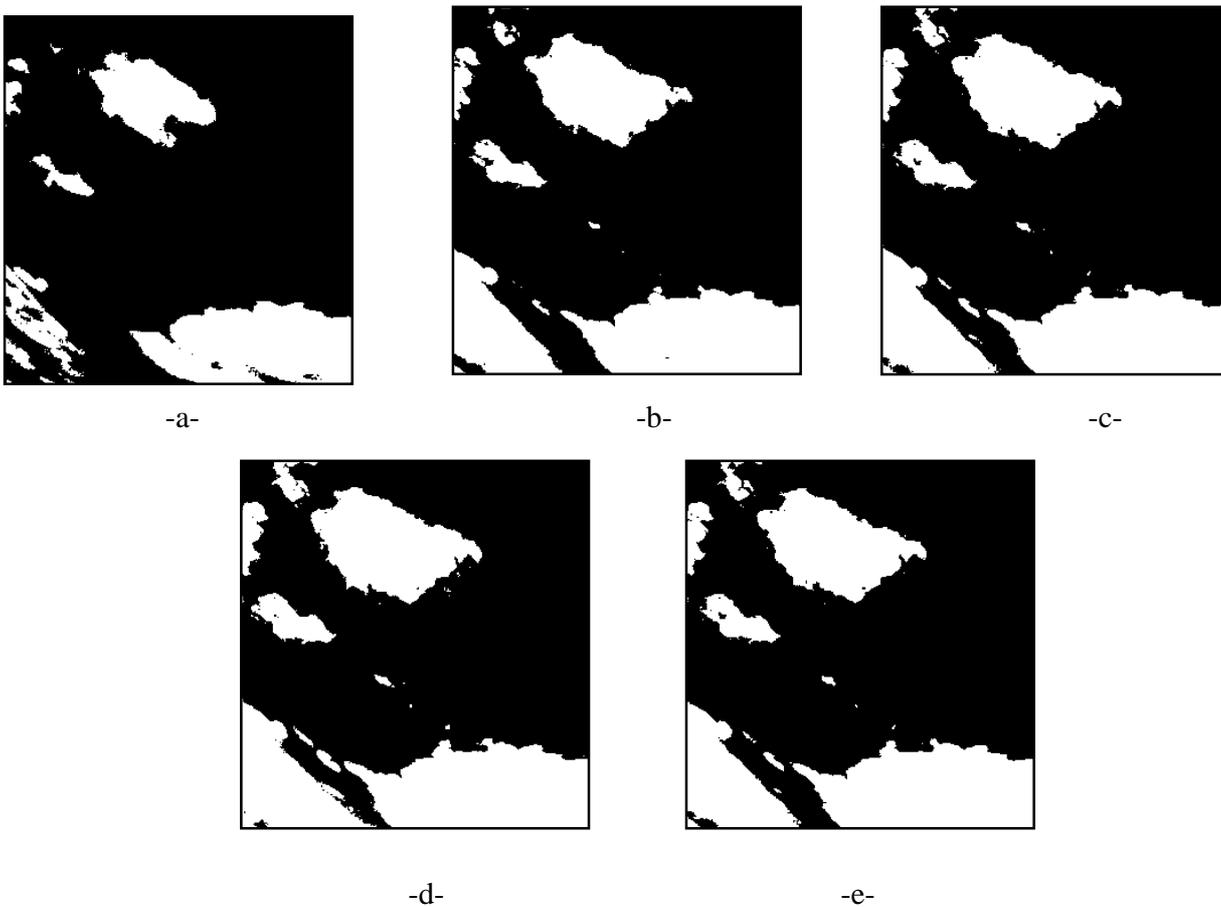


FIG.III-6 : Résultats de la binarisation de l'image 1

a : la méthode d'Otsu.

b : la méthode d'Otsu après amélioration

c : la méthode de Fisher.

d : la méthode d'entropie.

e : la méthode Isodata.

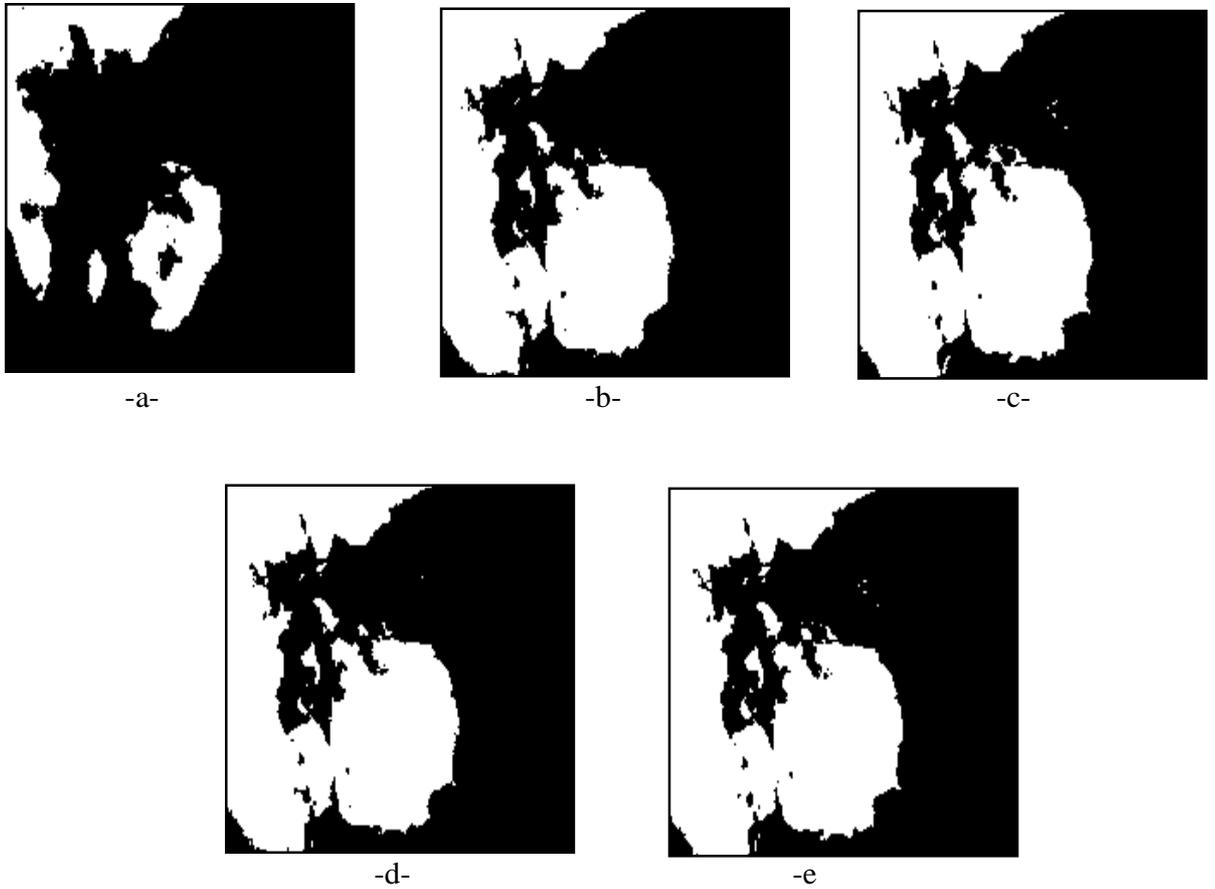


FIG.III-7 : résultats de la binarisation de l'image 2

a : la méthode d'Otsu.

b : la méthode d'Otsu après amélioration

c : la méthode de Fisher.

d : la méthode d'entropie.

e : la méthode Isodata.



FIG.III-8 : résultats de la binarisation de l'image 3

a : la méthode d'Otsu.

b : la méthode d'Otsu après amélioration

c : la méthode de Fisher.

d : la méthode d'entropie.

e : la méthode Isodata.

Le tableau suivant regroupe les valeurs des seuils ainsi que les valeurs d'uniformité déterminées par les méthodes de seuillage global.

	Image 1		Image 2		Image 3	
	Uniformité	seuil	Uniformité	seuil	Uniformité	seuil
OTSU	0.9424	0.5961	0.8966	0.7921	0.9390	0.3882
Amélioration OTSU	0.9485	0.5137	0.9392	0.5843	0.9434	0.4196
Fisher	0.9466	0.4863	0.9387	0.5569	0.9408	0.4000
Entropie	0.9446	0.4706	0.9391	0.5765	0.9446	0.4314
ISODATA	0.9473	0.4941	0.9389	0.5647	0.9429	0.4157

Tab.III-1 : Valeurs des seuils et du critère d'uniformité obtenues par les méthodes de seuillage global

Interprétation des résultats :

En se basant sur l'aspect visuel toutes les méthodes donnent de bon résultats pour les 3 images testées. En considérant la 1^{ère} et la 2^{ème} image, la méthode d'Otsu donne un moins bon résultat par rapport aux autres méthodes qui arrivent à détecter même les petits nuages gris et sombres. Cependant ces résultats semblent meilleurs sur la 3^{ème} image

En se basant sur les critères d'uniformités, la méthode d'Otsu améliorée est la plus performante

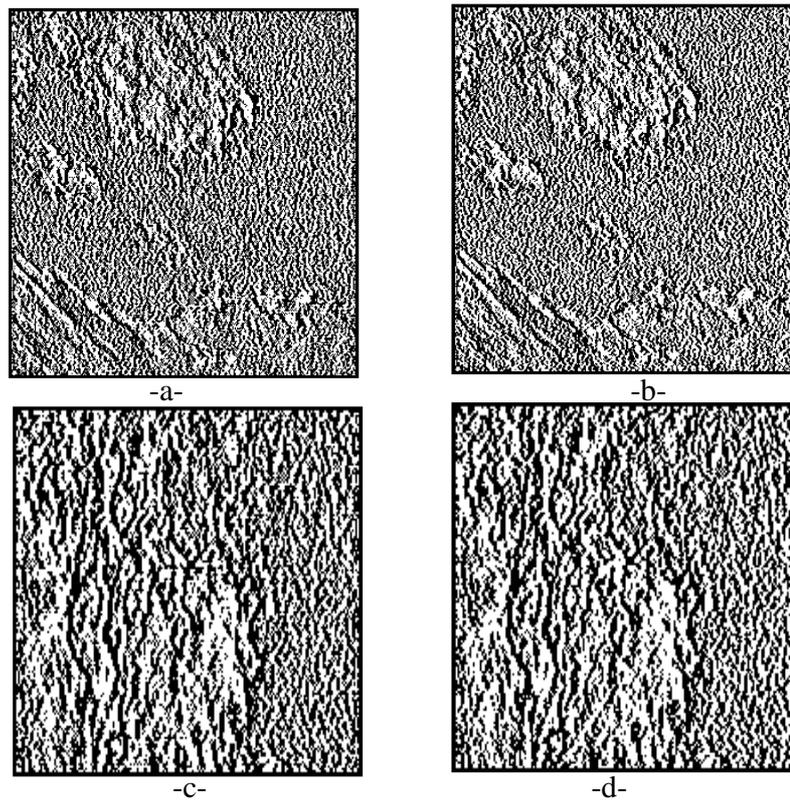
III-5-SEUILLAGE LOCAL

Dans cette section, nous allons évaluer les méthodes de seuillage local qui sont :

- La méthode de la trame hexagonale.
- La méthode de Niblack.
- La méthode de Sauvola.
- La méthode de Wolf.

III-5-1-METHODE DE LA TRAME HEXAGONALE :

L'application de cette méthode peut-être effectué selon le choix de la trame 1-centrale ou 0 centrale .Le tableau (III-2) contient les valeurs du critère d'uniformité obtenues par les deux trames et les images binaires correspondantes sont illustrées sur la figure (III-9)



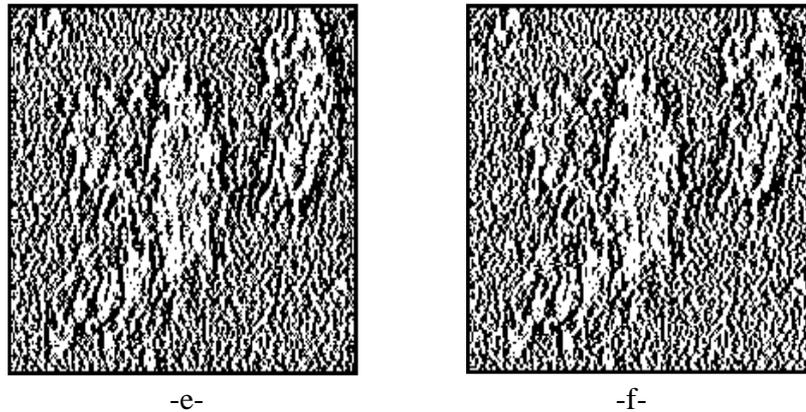


Fig.III-9 : Résultats de binarisation par la trame hexagonale

- a : Image 1 après passage de la trame 1 centrale
- b : Image 1 après passage de la trame 0 centrale.
- c : Image 2 après passage de la trame 1 centrale
- d : Image 2 après passage de la trame 0 centrale.
- e : Image 3 après passage de la trame 1 centrale
- f : Image 3 après passage de la trame 0 centrale.

L'application de cette méthode sur l'image originale a malheureusement donné de mauvais résultats de binarisation quelque soit la trame utilisée. La figure (III-11) montre que le prétraitement par le filtre médian n'est pas adéquat. Le tableau (III-2) donne les différentes valeurs du critère d'uniformité. Pour améliorer ces résultats, nous avons procédé à un prétraitement qui est l'étirement d'histogramme avant la binarisation (Fig.III-10).

Les trois images test sont bien binarisées après étirement d'histogrammes, l'évaluation par le critère de Levine et Nazif confirme ce résultat.



Image 1



Image 2



Image 3

Fig.III-10 : Résultats de binarisation par la trame hexagonale après étirement d'histogramme.



Fig.III-11 : Image 3 binarisée après filtrage médian

		Sans prétraitements		Après filtrage médian		Après étirement de l'histogramme	
		Trame 0 centrale	Trame 1 centrale	Trame 0 centrale	Trame 1 centrale	Trame 0 centrale	Trame 1 centrale
Uniformité	Image 1	0.7816	0.7806	0.8667	0.8658	0.9210	0.9217
	Image 2	0.6714	0.6705	0.8063	0.8060	0.8791	0.8823
	Image 3	0.8523	0.8505	0.9236	0.9223	0.8938	0.8947

Tab.III-2 : Critères d'uniformité obtenus par la méthode de la trame hexagonale.

Interprétation des résultats

Les résultats de la méthode de la trame avant l'application de prétraitements sont décevants pour les deux modèles de trame.

Ceci est constaté visuellement et après application du critère d'évaluation.

L'application du filtre médian n'est pas efficace, par contre l'étirement de l'histogramme améliore la qualité du résultat. Les critères de Levine et Nazif confirment cela.

III-5-2-METHODE DE NIBLACK

Rappelons que la méthode de Niblack nécessite la connaissance au préalable de deux paramètres qui sont k et la taille de la fenêtre du voisinage ($W \times W$)

Le tableau (III-3) donne les valeurs du critère d'uniformité pour différentes valeurs de k et W .

k		-0.2	-0.1	0.1	0.2
Voisinage 3x3	Image 1	0.7900	0.7855	0.7790	0.7783
	Image 2	0.6740	0.6740	0.6645	0.6595
	Image 3	0.8595	0.8537	0.8454	0.8449
Voisinage 7x7	Image 1	0.8016	0.7940	0.7802	0.7757
	Image 2	0.7064	0.6969	0.6750	0.6630
	Image 3	0.8739	0.8657	0.8483	0.8421

Tab.III-3 : Critères d'uniformité obtenues par la méthode de Niblack.

La figure (III-12) montre les trois images binarisées par la méthode de Niblack



Image 1

Image 2

Image 3

Fig.III-12 : Résultats de la méthode de Niblack avec $k=-0.2$ et $W=7$.

III-5-3-METHODE DE SAUVOLA :

Comme pour la méthode de Niblack, la méthode de Sauvola dépend du paramètre k et de la taille de la fenêtre de voisinage W (Tab. III-4)

k		0.05	0.02	0.01	0.005
Voisinage 3x3	Image1	0.8604	0.8481	0.8331	0.8105
	Image2	0.7989	0.7707	0.7433	0.7107
	Image3	0.9046	0.8920	0.8783	0.8639
Voisinage 7x7	Image1	0.8575	0.8378	0.8188	0.8033
	Image2	0.7849	0.7532	0.7308	0.7117
	Image3	0.8979	0.8854	0.8747	0.8668

Tab.III-4 : Critères d'uniformité obtenues par la méthode de Sauvola.

La figure(III-13) illustre les résultats de la binarisation des 3 images avec la méthode de Sauvola.

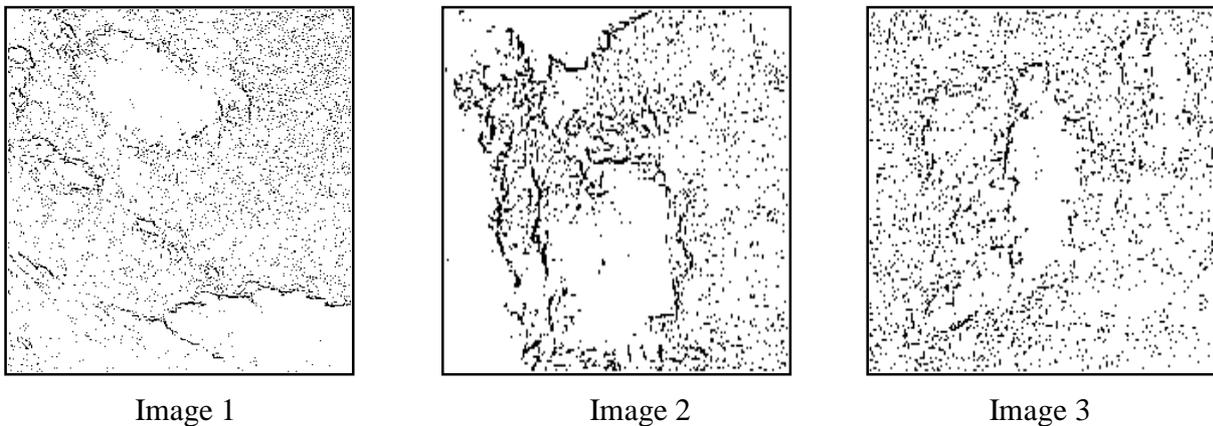


Fig.III-13 : Résultats de la méthode de Sauvola avec $k=0.02$ et $W=3$.

III-5-4-LA METHODE DE WOLF :

Le tableau (III-5) donne les valeurs du critère d'uniformité obtenues par la méthode de Wolf pour différentes valeurs des paramètres k et W .

k		0.05	0.02	0.01	0.005
Voisinage 3x3	Image 1	0.8598	0.8450	0.8223	0.8020
	Image 2	0.7896	0.7657	0.7347	0.7023
	Image 3	0.8993	0.8797	0.8656	0.8566
Voisinage 7x7	Image 1	0.8489	0.8273	0.8094	0.7976
	Image 2	0.7684	0.7464	0.7236	0.7058
	Image 3	0.8868	0.8734	0.8662	0.8617

Tab.III-5 : Critères d'uniformité obtenues par la méthode de Wolf.

La figure (III-12) montre les trois images binarisées par la méthode de Wolf avec $k=0,02$ et $w=3$

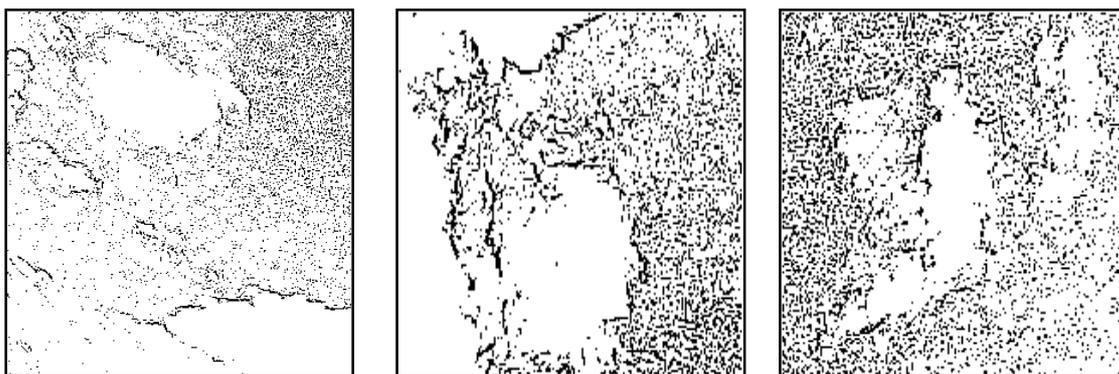


Image 1

Image 2

Image 3

Fig.III-14 : Résultats de la méthode de Wolf.

Interprétation des résultats des méthodes Niblack, Sauvola et Wolf

Les méthodes Niblack et Sauvola et Wolf ont donné des résultats décevants pour les trois images utilisées du fait que les histogrammes des images ne sont pas bimodaux alors que ces méthodes sont spécialement destinées aux images dont l'histogramme présente 2 classes comme les documents textes.

Les prétraitements appliqués ainsi que la variation des fenêtres locales pour les trois images n'améliorent guère la qualité des résultats.

III-6-METHODE DE SEUILLAGE PAR BLOCS

Les tableaux (III-6), (III-7) et (III-8) montrent les valeurs du critère d'uniformité en fonction de la taille du bloc et en fonction de la méthode de seuillage global. Les figures (III-15) à (III-18) montrent les images binaires correspondantes.

Taille de fenêtre \ méthode	2*2	5*5	10*10
Otsu	0.9443	0.9403	0.9123
Fisher	0.9467	0.9389	0.9101
entropie	0.9423	0.9127	0.9131
ISODATA	0.9447	0.9387	0.9188

Tab.III-6 : Critère d'uniformité de l'image 1 binarisée par la méthode du seuillage en blocs

Taille de fenêtre méthode	2*2	5*5	10*10
Otsu	0.9231	0.9144	0.8788
Fisher	0.8981	0.9049	0.8685
entropie	0.9181	0.8977	0.8825
ISODATA	0.9235	0.9088	0.8824

Tab.III-7 : Critère d'uniformité de l'image 2 binarisée par la méthode du seuillage en blocs

Taille de fenêtre méthode	2*2	5*5	10*10
Otsu	0.9443	0.9403	0.9123
Fisher	0.9467	0.9389	0.9101
entropie	0.9423	0.9127	0.9131
ISODATA	0.9447	0.9387	0.9188

Tab.III-8 : Critère d'uniformité de l'image 3 binarisée par la méthode du seuillage en blocs

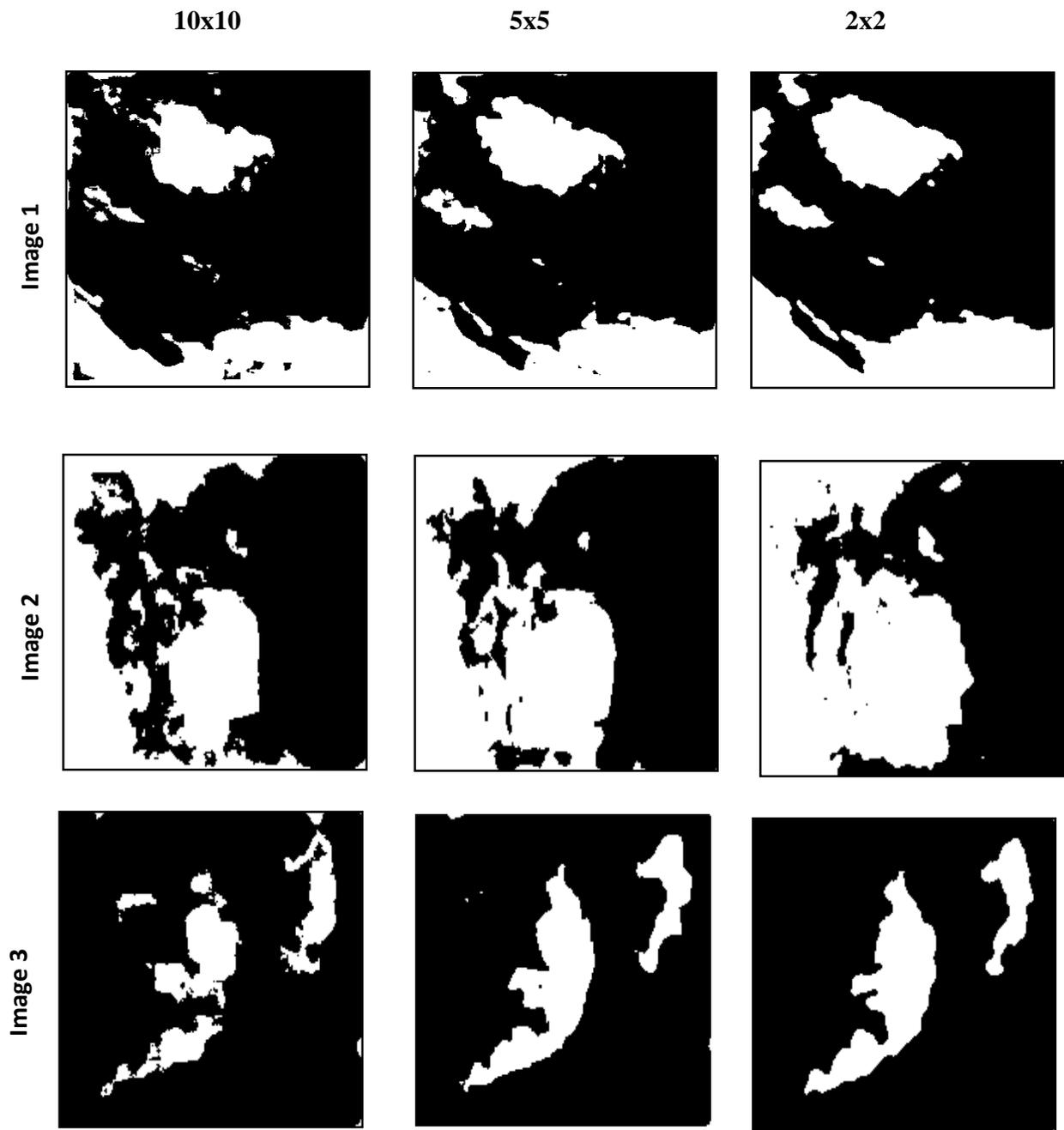


Fig.III-15 : Résultats de binarisation par la méthode Otsu par blocs.

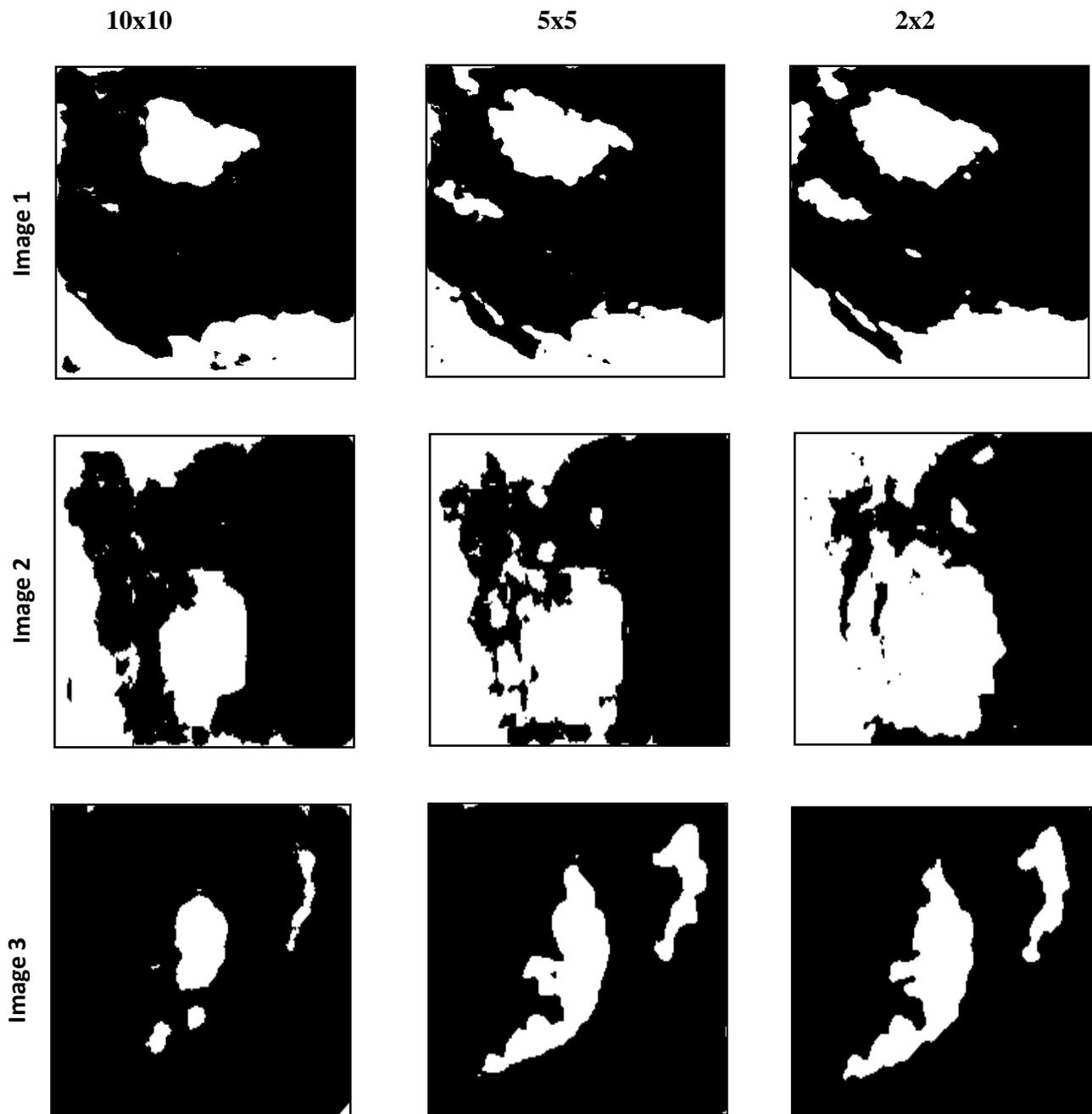


Fig.III-16 : Résultats de binarisation par la méthode Fisher par blocs

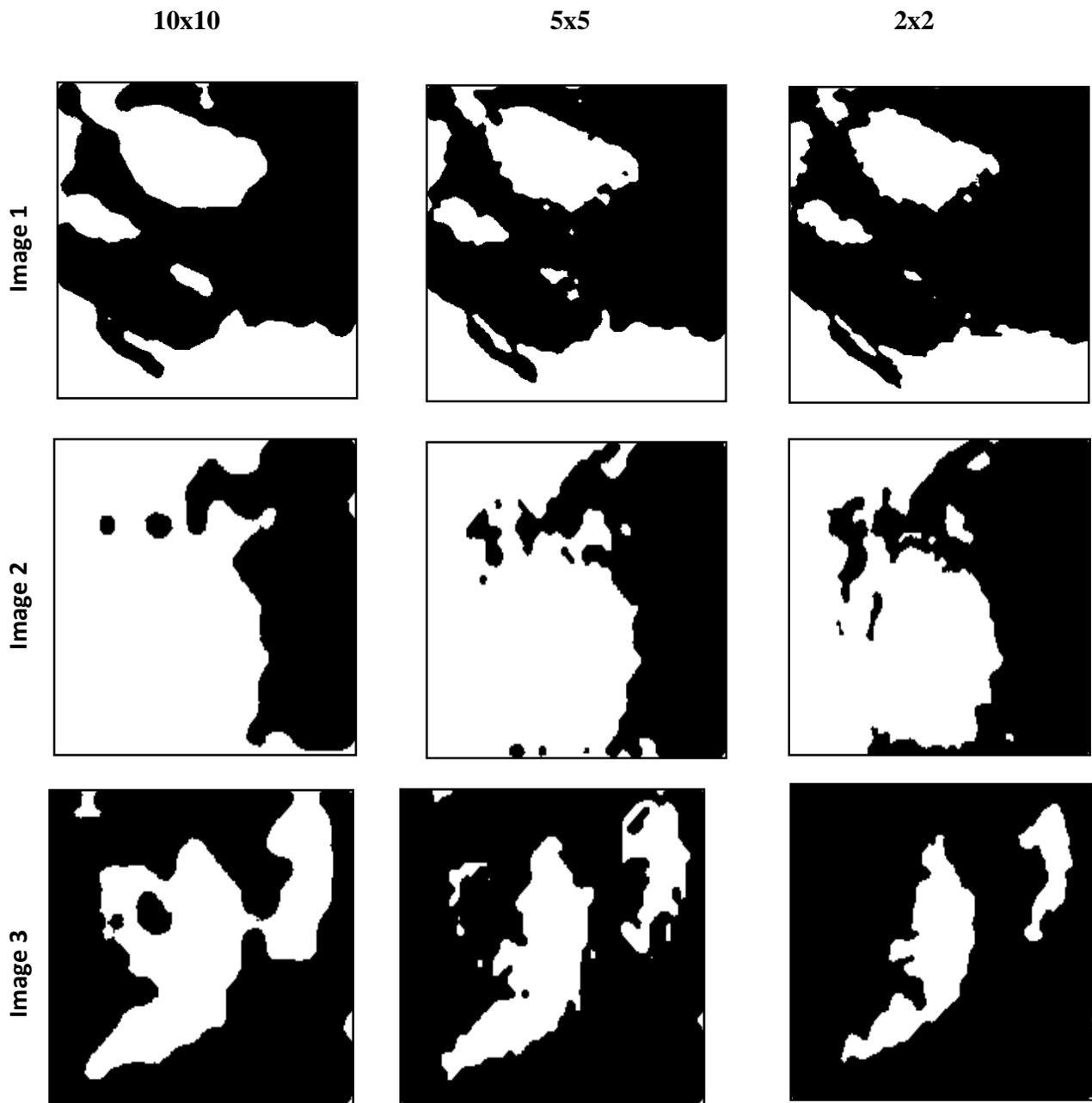


Fig.III-17 : Résultats de binarisation par la méthode d'entropie par bloc

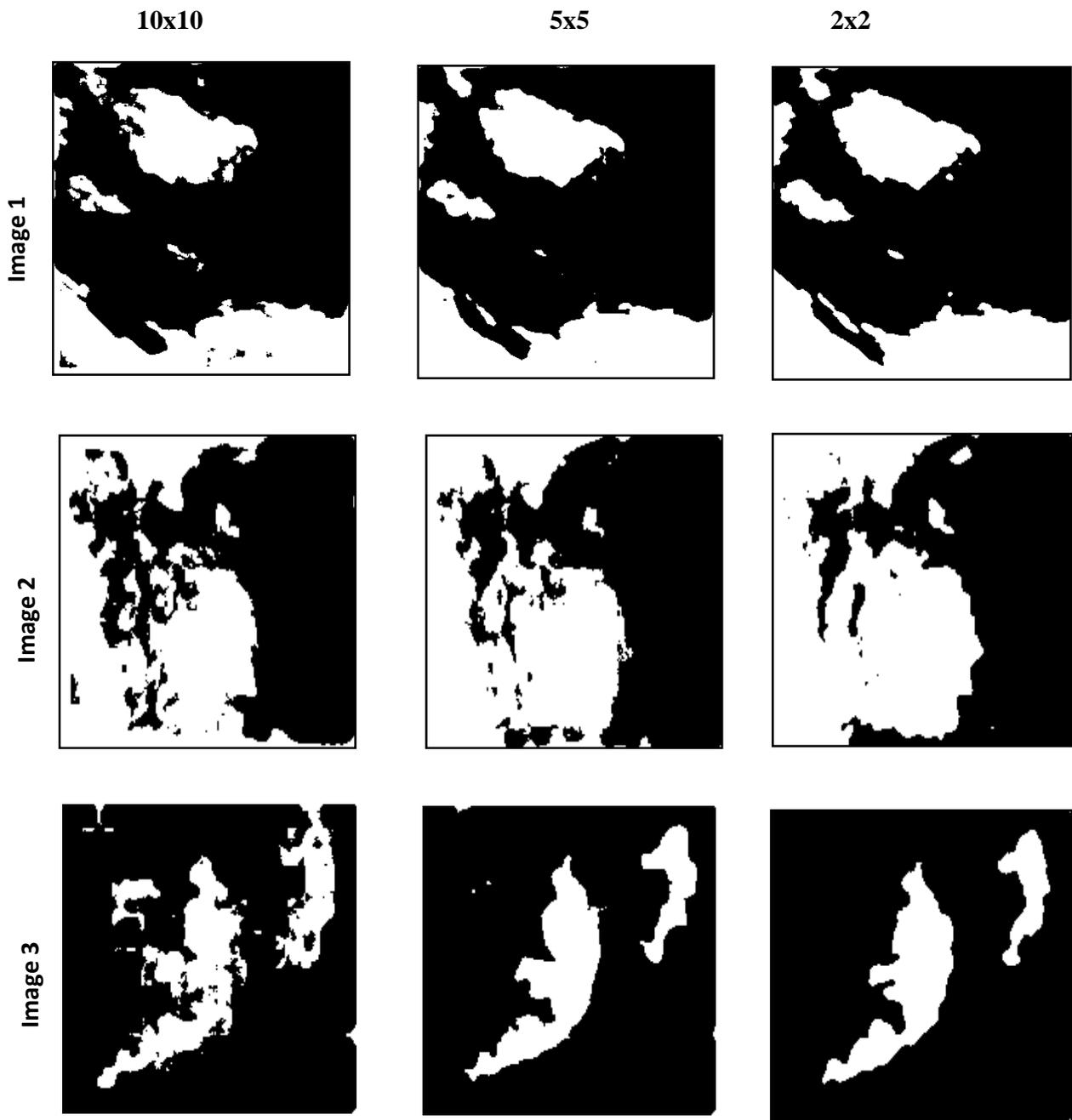


Fig.III-18 : Résultats de binarisation par la méthode Isodata par blocs

Interprétation des résultats :

Lors de la fusion des fenêtres un « effet bloc » apparaît sur l'image finale binarisée, pour l'éliminer un filtrage moyenneur est appliqué à la matrice des seuils calculés pour chaque bloc. La taille du filtre choisie est proportionnelle à celle des blocs.

La qualité des résultats du seuillage varie avec la dimension des blocs. Pour les fenêtres de taille 10x10 les méthodes Isodata et Otsu donnent en général de bons résultats pour les trois images de test et tiennent compte des petits nuages.

Pour les fenêtres de taille 2x2 et 5x5 la méthode Isodata fournit de meilleurs résultats pour les images 1 et 2.

L'application du seuillage par bloc sur l'image 3 ne permet pas de détecter la totalité des nuages

III-7-CONCLUSION

On peut dire que ces résultats nous font prendre conscience que chaque algorithme a ces spécificités, donc il est du devoir de l'utilisateur de choisir celui qui est le plus adapté à un type d'images bien déterminé.

Du point de vue rapidité les algorithmes de seuillage global sont très rapides, mais leur fiabilité est toute relative.

Au contraire les algorithmes de seuillage local et par blocs sont moins rapides mais plus complexe.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Dans ce mémoire nous avons présenté une panoplie de méthodes de seuillage globales et locales afin d'analyser la couverture nuageuse d'un ciel à partir des images issues d'un radar TSI-440-A.

La binarisation par seuil indépendant de la position (seuillage globale) est l'approche la plus simple car la valeur du seuil est applicable pour toute l'image. Plusieurs stratégies existent, la plus part d'entre elles sont basées soit sur l'histogramme de l'image comme la méthode d'Otsu, de Fisher et d'Isodata, soit sur l'entropie de l'histogramme comme la méthode par maximisation de l'entropie. Une amélioration de la méthode d'Otsu a été proposée afin de garantir la position du seuil à l'intersection de deux modes de l'histogramme.

Les méthodes locales permettent de définir pour chaque point de l'image un seuil particulier. Plusieurs méthodes locales existent. Certaines, s'appuient sur la subdivision de l'image en des fenêtres dans lesquelles des seuils sont calculés par une des méthodes de seuillage globale. D'autres comme les méthodes de la trame hexagonale, Niblack, Sauvola et Wolf considèrent une fenêtre de voisinage centrée sur chaque pixel qu'on fera glisser le long de l'image, un seuil est alors déterminé pour chaque pixel en tenant compte des pixels contenus dans cette fenêtre de voisinage. Les problèmes dans les méthodes locales sont relatifs au choix de la dimension des fenêtres et certains paramètres de réglage.

L'application des méthodes de binarisation sur des images de nuages montrent que les meilleures méthodes de binarisation sont celles de l'amélioration d'Otsu puis celle d'Isodata car elles prennent en considération plusieurs types de nuages et ne négligent pas les petits ni les nuages sombres et condensés. De plus les uniformités sont importantes pour ces deux méthodes.

Malgré la grande diversité des méthodes, l'automatisation de la technique de binarisation présente encore des difficultés.

Notons que ce travail nous a permis d'enrichir nos connaissances dans le domaine du traitement d'images. Et nous souhaitons enfin que notre travail sera utile pour des études ultérieures.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

1. GILLE BUREL
« Introduction au traitement d'images »
Edition : Hermes science publication 2001
2. JEAN-PIERRE COCQUEREZ et SYLVIE PHILIPP
« Analyse d'image : filtrage et segmentation »
Masson 1997
3. CATHERINE ACHARD
« Cours de traitement d'images »
Site web : www.iramis.cea.fr
4. Mr .DEHBI .R et Mr.cherifi.F
« Segmentation d'images texturées par les statistiques de rang des niveaux de gris »
Mémoire d'ingénieur d'état.UMMTO .1998
5. PECAUD CHRISTOPHER ,LYNCEE JEAN LOUI et DESS GIE
« Seuillage et segmentation d'images texturées » année 2000-2001
Site web : www.dill.univ-mrs.fr
6. GANZALEZ ,WOODS and EDDINS
« Digital image processing using matlab »
Editeur : Prentice Hall (12 février 2004)
7. J.DESACHY
« Analyse d'image : note de cours version 1.3 »
Site web : www.univ-ag.fr
8. F.RAOUL
« Local binary segmentation of digital image by histogram » année 1998
Site web : www.freepatentsonline.com
9. AMIR SAMIR
« Evaluation de la segmentation d'images sans référence : étude et implémentation »
Mémoire d'ingénieur d'état. Université de BLIDA .Promotion 2004-2005

10. CRISTIAN WOLF and JEAN-MICHEL JOLION
« Extraction and recognition of artificial text in multimedia document »
R FVBR-200201
11. CRISTIAN WOLF and JEAN-MICHEL JOLION
« Détection et extraction de texte de la vidéo »
<http://www.irit.fr/ACTIVITES/ORASIS2001/images/docs/wolf.pdf>
12. RACHID HARBA , GERARD JAQUET et MICHEL RAUTUREAU
« traitement de 3 images MEB issues de la même scène ».
<http://mmm.edpsciences.org>
13. FREDERIC GARDEUX, JACQUE MARSOT
« Dispositifs de protection par vision »
<http://www.inrs.fr/inrs-pub>