



République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen

Faculté des Technologie

Département Génie Électrique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour obtenir le grade de

MASTER EN ELECTRONIQUE BIO –MEDICAL

Spécialité : SIM

Thème :

**Réalisation d'une approche de segmentation :
Application sur des images cytologiques**

Présenté et soutenu en 2 Juillet 2012 par

Melle ALEM Amina

Devant le jury composé de :

Mr O. Behaddada	MA-A à l'Université Abou Bakr Belkaid- Tlemcen	Président
Mme Y. Benchaib	MA-B à l'Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen	Examineur
Mr M.A.CHIKH	Professeur à l'Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen	Encadreur
Mr M. Ammar	MC-A à l'Université de Boumerdes	Co- encadreur

Année universitaire : 2011-2012

Remerciements

En préambule à ce mémoire nous remercions ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces années d'étude.

Nous souhaitons d'adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de département d'électronique de l'université ABOU BAKR BELKAID de Tlemcen pour la richesse et la qualité de leurs enseignements et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Ensuite nous tenons à remercier notre encadreur Mr CHIKH Mohammed Amine et notre Co-encadreur Mr AMMAR Mohammed, pour l'orientation, la confiance et la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

Nous tenons aussi à remercier les membres du jury qui ont accepté d'examiner notre mémoire.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

Je dédie ce travail à:

Mes très chers parents qui se sont investis corps et âme sur ma scolarité, qui sont sacrifié pour toujours m'apporter : soutien sans limite et sans faille, tolérance et encouragement qu'ils ont bien voulu consentir pour moi. Tous les mots restent faibles pour eux exprimer ma profonde reconnaissance et qu'ils veuillent bien accepter ces lignes en guise remerciement que dieu tout puissant les bénisse à jamais eux accorde tout le bonheur qu'ils méritent et très longue vie pleine de santé.

Mon frère unique Mohammed ,

Mes chères sœurs Khadidja et Meriem,

Toute ma famille,

Ma fidèle amie Saidi Fatima Zohra,

Mes proches amis : Amina, Nadjia, Sid Ahmed, Moussa,

Mes enseignants,

Tous mes amis.

ALEM Amina

Table des matières

Table des matières	1
Liste de figures.....	4
Liste des tableaux.....	6
Liste des abréviations.....	7
Introduction Générale	8
Chapitre I – Notions médicales sur le cancer du sang	9
I. Introduction	9
II. Disciplines fondamentales en hématologie	9
II.1. La moelle osseuse.....	9
II.2. Système lymphatique et les tissus lymphoïdes.....	10
II.2.1. Système lymphatique	10
II.2.2. Les tissus lymphoïdes	13
II.3. La circulation sanguine.....	13
II.3.1. Le sang.....	14
II.3.2. Les éléments figurés du sang.....	14
II.3.3. Le plasma.....	22
III. Les pathologies du sang.....	23
III.1. Maladies liées aux Globules Rouges.....	24
III.1.1. Anémie	24
III.1.2 Les symptômes	26
III.2. Maladies liées aux Globules Blancs.....	26
III.2.1. Leucémie	26
III.2.2. Les symptômes	28
III.3. Maladies liées aux plaquettes.....	28
III.3.1. Thrombopénie.....	28

III.3.2. Thrombose	28
III.3.3. Les symptômes	29
III.4. Maladies liées aux moelles osseuses.....	30
III.4.1. Myélome	30
III.4.2. Les symptômes	30
IV. Conclusion.....	31
Chapitre II – Prétraitement et segmentation des images.....	32
I. Introduction	32
II. Généralités sur l'image	32
II.1. Image numérique	32
II.2. Caractérisation d'une image numérique.....	33
III. Prétraitement.....	36
III.1. Filtrage	36
III.1.1. Filtre moyenneur	36
III.1.2. Filtre gauss.....	37
III.1.3 Filtre médian.....	38
IV. La segmentation.....	39
IV.1. Définition	39
IV.2. Approche région classique.....	39
IV.2.1. Segmentation par seuillage d'histogramme	39
IV.2.2. Segmentation par croissance de région	42
IV.2.3. Segmentation par division –rassemblement, Split and Merge	44
IV.2.4. La méthode C-moyenne floue FCM.....	45
IV.2.5. La méthode d'Otsu	46
IV.3. Approche contour.....	47
IV.3.1. Définition	47
IV.3.2. Principe de la détection par dérivation	48

V. Morphologie mathématique	52
V.1. Elément structurant	52
V.2.L'érosion et dilatation	53
V.2.1 .Erosion.....	53
V.2.2. Dilatation	54
V.3. Les ouvertures et fermetures morphologiques	55
V.3.1. Ouverture	55
V.3.2. Fermeture.....	55
VI. Conclusion	56
Chapitre III – Résultats et interprétations	57
I. Introduction	57
II. Notre contribution	57
II.1 Acquisition d'images.....	59
II.2. Base d'images.....	60
II.3. Prétraitement.....	60
II.4. La segmentation.....	61
II.4.1. Approches de détection de discontinuité	61
II.4.2.Approche de détection de similarité	63
II.5. Résultats et interprétations	70
III. Environnement du travail	74
IV. Conclusion	75
Conclusion générale.....	76
Bibliographie	77

Liste de figures

Figure I.1. Les éléments figurés du sang	13
Figure I.2. Les globules rouges.....	14
Figure I.3. Les globules blancs	15
Figure I.4. Neutrophiles	16
Figure I.5. Eosinophiles	17
Figure I.6. Basophiles	17
Figure I.7. Lymphocytes.....	18
Figure I.8. Monocytes.....	19
Figure I.9. Les plaquettes.....	20
Figure II.1. (a) Une image en niveaux de gris, (b) agrandissement d'une zone de l'image, (c)et affichage des valeurs constituant la matrice image.....	33
Figure II.2. Filtre moyenneur : (a) Image originale, (b) Image filtrée par le l'image, filtre moyenneur	36
Figure II.3. Filtre Gauss : (a) Image originale, (b) Image filtrée par le filtre Gauss	37
Figure II.4. Filtre Médian : (a) Image bruitée, (b) Filtre Médian	38
Figure II.5. Seuillage : (a) Image en NG, (b) L'histogramme, (c) $S < 50$, (d) Seuillage automatique	40
Figure II.6. (a) Une image binaire, (b) Un tableau de valeurs correspondant.....	41
Figure II.7. Croissance de région : (a) Image originale, (b) Germe, (c) Croissance, (d) Région finale.	42
Figure II.8. Profil de contour : marche, rampe, toit, pic	46
Figure II.9. Détection de contour : (a) Image originale, (b) Détecteur Robert, (c) Détecteur Prewitt, (d) Détecteur Sobel (e) Filtre Canny, (f) Laplacien.	50
Figure II.10. Élément structurant.....	51
Figure II.11. (a) image initiale, (b) image érodée, (c) image dilatée.....	53
Figure II.12. (a) image initiale, (b) image gradient.....	55
Figure III.1. La Schéma de différentes étapes de l'analyse des images cytologiques ..	57
Figure III.2. Acquisition des images couleurs : Coloration et fixation, (b) Acquisition microscopique (c) Image couleur	58
Figure III.3. Filtrage : (a) Image au NG, (b) Filtre médian, (c) Filtre gauss, (d) Filtre moyen.	59

Figure III.4. Détection de contour : (a) Image originale, (b) Robert, (c) Prewitt, (d) Sobel, (e) Canny, (f) Laplacian.	61
Figure III.5. Le seuillage : (a) Image originale, (b) Seuillage automatique, (c) L’histogramme, (d) Le seuil<44, (e) Le seuil<90.....	63
Figure III.6. Croissance de région : (a) Image originale, (b) Homogénéité=0.11, (c) Homogénéité=0.15, (d) Superposition les contours de régions sur l’image originale.	65
Figure III.7. La méthode Otsu	66
Figure III.8. La méthode FCM	68

Liste des tableaux

Tableau III.1. Comparaison entre les trois méthodes.....	73
---	----

Liste des abréviations

CSH	Cellules Souches H ématopoïétiques.
FCM	Fuzzy - C -Means.
GB	Globule B lanc.
GR	Globule R ouge.
LH	Lymphome H odgkinien.
NG	Niveau de G ris.
RVB	espace couleur R ouge V ert B leu.

Introduction générale

Introduction générale

Introduction Générale

Le domaine du traitement d'images est un domaine qui est encore en expansion et qui touche tous les secteurs d'activités, des environnements industriels et professionnels au monde des applications grand public. Malgré les progrès significatifs réalisés ces dernières années, l'image reste aujourd'hui encore un sujet difficile et les solutions actuelles ne permettent pas toujours de résoudre de manière satisfaisante de nombreux problèmes importants.

Le traitement d'images désigne une discipline de l'informatique et des mathématiques appliquées qui étudie les images numériques et leurs transformations, dans le but d'améliorer leur qualité ou d'en extraire de l'information.

Dans le contexte de l'imagerie biomédicale le traitement automatique des images et leurs caractérisations quantitatives proposent une réponse à des besoins nouveaux : établir des diagnostics fiables et objectifs, contrôler l'action d'une thérapie, etc. Cette approche automatique a également autorisé le traitement de grandes quantités d'informations et la réalisation de texte à grande échelle en réduisant l'intervention des biologistes et des pathologistes.

Le compte rendu de cette étude sera présenté dans ce manuscrit en trois chapitres :

- Le premier chapitre sera consacré aux notions médicales sur le sang et une description détaillée sur les globules rouges, les globules blancs, les plaquettes et leurs rôles, ainsi que les pathologies qui peuvent apparaître.
- Le deuxième chapitre sera réservé aux techniques de prétraitement et les méthodes de segmentation utilisées pour résoudre le problème d'extraction du cytoplasme et du noyau.
- Dans le dernier chapitre les algorithmes décrits dans le chapitre précédent seront implémentés sur MATLAB et évalués.
- Nous terminons notre travail par une conclusion générale et nous donnons quelque perspective.

Chapitre I :

Notions médicales

sur le cancer du

sang

I. Introduction

L'hématologie est la branche de la médecine qui étudie le sang, la moelle et les ganglions. Elle a permis la compréhension de processus physiologiques et pathologiques, également applicables à d'autres tissus : le fonctionnement du globule rouge, le mode de régulation des gènes de l'hémoglobine, la spécialisation des cellules souches de la moelle osseuse, le mécanisme de la transformation maligne des cellules, etc [1]. Elle étudie plus particulièrement les cellules sanguines dont l'origine est hématopoïétique (synthèse de ces cellules dans la moelle osseuse) et qui ont un rôle pour l'oxygénation, l'immunité et la coagulation, et étudie également certaines molécules plasmatiques que sont les facteurs de coagulation [2].

II. Disciplines fondamentales en hématologie

II.1. La moelle osseuse

La moelle osseuse est un tissu situé au centre des os. Elle peut être de deux formes : la moelle jaune (tissu adipeux) qui prend le nom de moelle grise en vieillissant, et la moelle rouge, responsable de l'hématopoïèse. Cette dernière produit les différents types de cellules du sang : les globules blancs, les globules rouges, et les plaquettes.

La moelle osseuse rouge humaine produit chaque jour 350 milliards de cellules sanguines (200 milliards de globules rouges, 100 milliards de plaquettes et 50 milliards de globules blancs), qui viennent prendre la place des cellules sanguines détruites par ailleurs dans le corps. Elle contient deux types de cellules spécifiques : les cellules souches hématopoïétiques (CSH) et les cellules du stroma médullaire qui sont les cellules hématopoïétiques. Chez l'Homme, tous les os ont une activité hématopoïétique jusqu'à l'âge de 5 ans. Par la suite, cette activité s'effectue essentiellement à la moelle osseuse rouge des os courts et plats, plus précisément du sternum, des côtes (même si ce sont des os longs arqués), des vertèbres et des os coxaux (iliaques). Les os plats des crânes, de par la présence en leur sein du diploé, réalisent également l'hématopoïèse : en effet, les mailles du diploé contiennent de la moelle rouge.

Les CSH sont dites « multipotentes » : elles sont capables de se différencier en chacun des types de cellules sanguines ; chaque fois qu'une CSH se divise en deux cellules, une cellule va permettre le maintien du stock de CSH et l'autre va se différencier dans un des trois types de cellule sanguine : leucocyte, globule rouge ou plaquette. Les cellules stroma les constituent un tissu de soutien qui permet la multiplication des CSH et leur différenciation. Elles sont elles aussi capables de se différencier en de nombreux types cellulaires. L'os est traversé par des artères et des veines, ce qui lui permet d'être nourri et ce qui lui sert à faire passer les cellules issues de l'hématopoïèse de la moelle dans le sang [3].

II.2. Système lymphatique et les tissus lymphoïdes

II.2.1. Système lymphatique

Le système lymphatique n'est pas réellement une entité indépendante dans l'organisme. Il est considéré comme faisant partie du système circulatoire, dans la mesure où il est constitué de lymphes, liquide provenant du sang, qui retourne dans le sang par l'intermédiaire des vaisseaux lymphatiques.

La lymphe transporte dans tout le corps certains nutriments, en particulier les lipides. Elle distribue également les globules blancs qui luttent contre les germes. La lymphe ressemble au plasma, mais elle est plus diluée et ne contient qu'environ 5 % de protéines et 1 % de sels et d'extractifs. Elle est formée à partir de certains éléments du sang et d'autres liquides corporels, appelés liquide interstitiel ou liquide tissulaire, présents dans les espaces intercellulaires.

Une partie du liquide interstitiel retourne dans l'organisme en traversant la membrane capillaire, mais la majorité pénètre dans les capillaires lymphatiques pour devenir la lymphe. Outre les liquides interstitiels, la lymphe recueille également toutes les particules trop volumineuses pour être absorbées à travers la membrane des capillaires, comme les débris cellulaires, les globules de graisse, et les petites particules de protéine.

La lymphe est alors drainée dans les vaisseaux lymphatiques, plus larges, puis circule à travers les ganglions lymphatiques et réintègre la circulation sanguine par l'intermédiaire des veines de la région du cou. Le système lymphatique constitue ainsi un système de transport secondaire, qui ne possède pas de pompe.

La circulation de la lymphe dépend en effet de la pression du système circulatoire et de l'effet de massage des muscles [4].

- **Rôle du système lymphatique**

Il intervient dans le processus de défense de l'organisme (défense immunitaire) en permettant la circulation partout dans le corps (même en dehors de la circulation artérielle et veineuse proprement dite) des cellules de défense (anticorps, macrophages,...) et permettre ainsi l'activation de la réponse immunitaire, dite spécifique. C'est donc un élément majeur du système immunitaire ainsi que dans la cicatrisation des tissus [5].

- **L'immunité**

L'immunité, c'est la capacité de produire un type de cellules ou un type de molécules (anticorps) spécifique pour détruire un antigène donné. Si un antigène s'infiltré dans l'organisme, un anticorps est produit pour le contrer. Pour de plus amples renseignements sur des expériences menées sur des rats.

- **L'antigène**

L'antigène est une protéine. En fait, toute substance chimique, lorsqu'introduite dans l'organisme, déclenche la production d'un anticorps spécifique pour neutraliser un antigène. Les microbes entiers tels que les bactéries ou les virus ou des parties de microbes peuvent agir comme des antigènes.

- **L'anticorps**

Un anticorps est une protéine complexe utilisée par le système immunitaire pour détecter et neutraliser les agents pathogènes de manière spécifique. Les anticorps (immunoglobuline) sont sécrétés par des cellules dérivées des lymphocytes B : les plasmocytes.

- **La phagocytose**

La phagocytose, c'est le processus d'ingestion et de destruction des microbes ou de toute particule étrangère par des cellules appelées phagocytes. Elle comporte deux étapes: l'immuno-cyto-adhérence et l'ingestion.

L'immuno-cyto-adhérence, c'est la fixation solide de la membrane plasmique d'un phagocyte à un microbe ou à une substance étrangère. Le phagocyte emprisonne la particule étrangère sur une surface rugueuse telle que celle d'un vaisseau sanguin, d'un caillot ou d'une fibre de tissu conjonctif pour l'empêcher de s'échapper.

L'ingestion est un processus par lequel les prolongements de la membrane cellulaire du phagocyte, les pseudopodes, englobent le microbe. Quand le microbe est entouré, la membrane se replie vers l'intérieur et forme un sac appelé vésicule, il s'éloigne de la membrane et pénètre dans le cytoplasme. À l'intérieur du cytoplasme, le microbe entre en contact avec les lysosomes contenant des enzymes digestives et des substances bactéricides. Au moment du contact, les membranes forment une grosse structure, le phagolysosome (vésicule digestive). Les bactéries, se trouvant dans ce dernier, sont détruites dans une période allant de 10 à 30 minutes [6].

- **Fonctionnement et physiologie du système lymphatique**

Tout le corps, sauf le cerveau, dispose de réseaux de vaisseaux lymphatiques parallèles aux veines. En circulant dans les tissus intercellulaires, la lymphe se charge en déchets de l'activité des cellules. Le passage dans les ganglions permet de l'épurer. Ensuite la lymphe circule jusqu'au cœur pour y rejoindre la circulation sanguine par le canal thoracique.

La circulation de la lymphe résulte des mouvements du corps, des contractions des muscles, des contractions des fibres lisses des parois des vaisseaux lymphatiques, et le fait que les plus gros vaisseaux possèdent des valvules pour empêcher le reflux. En effet, aucun organe n'a de rôle de pompe comme cela peut-être le cas du cœur pour la circulation sanguine. Il est donc important d'avoir une activité physique relativement importante pour faciliter la circulation lymphatique. Son transport est donc beaucoup plus lent que celui du sang et la pression dans les vaisseaux lymphatiques relativement faible.

Le corps humain contient approximativement 3 litres de liquide lymphatique à l'âge adulte.

- **Fabrication de la lymphe**

La lymphe est un liquide jaunâtre de composition analogue à celle du plasma sanguin, dont elle n'est qu'un filtrat. Elle contient beaucoup d'eau, des protéines, des graisses qui ont été absorbées dans le tube digestif et des éléments permettant la défense de l'organisme : des globules blancs, notamment des lymphocytes.

La lymphe est donc du sang dépourvu de globules rouges, baignant les organes, plus pauvre en nutriments que le sang et plus riche en déchets.

Le rôle des ganglions lymphatiques est d'assurer continuellement la filtration naturelle des liquides de l'organisme et d'assurer la fabrication des lymphocytes. Ils participent à la défense spécifique immunitaire en permettant également la mise en contact entre lymphocytes et antigènes des corps étrangers, microbes, bactéries, etc....Pour cela, ils retiennent les microbes que la lymphe a pu absorber dans son parcours pour les détruire par phagocytose.

La lymphe a aussi un rôle nutritif, elle apporte au sang circulant les graisses absorbées au niveau de l'intestin grêle.

La lymphe peut également transporter des cellules dans le corps...malheureusement lors d'un cancer, elle est donc l'élément de transport des éventuelles métastases [5].

II.2.2. Les tissus lymphoïdes

Les tissus lymphoïdes sont situés de telle façon qu'ils sont capables d'intercepter un agent envahisseur et d'empêcher sa propagation dans la circulation systémique. Ces tissus sont surtout présents dans les ganglions et la rate. Ils sont formés de lymphocytes: les lymphocytes T interviennent dans l'immunité cellulaire et les lymphocytes B se transforment en plasmocytes spécialisés dans la production des anticorps et assurent l'immunité humorale [6].

II.3. La circulation sanguine

Toutes nos cellules ont besoin de dioxygène, de nutriments et rejettent des produits issus de leur métabolisme, par exemple des molécules informatives (hormones) ou des déchets (urée). Leur fonctionnement nécessite donc la présence d'un système d'échange et de transport de substances entre les organes qui sont souvent spécialisés et éloignés les uns des autres (poumons, reins, tube digestif, glandes endocrines.).

Ce système est représenté par l'appareil cardio-vasculaire qui dispose de vaisseaux spécialisés (artères, veines, capillaires et vaisseaux lymphatiques) et d'une pompe propulsive: le cœur. Il est capable de s'adapter aux besoins, qu'il s'agisse de distribuer une plus grande quantité de sang à des organes (muscles lors d'un effort physique) ou qu'il s'agisse de modifier la distribution du sang selon des secteurs ou des territoires privilégiés tels que cerveau, cœur, etc [7].

II.3.1. Le sang

Le sang est un liquide rouge ,épais, circulant dans le système vasculaire sanguin, composée d'éléments cellulaires figurés (hématies, leucocytes et plaquettes) et d'une partie liquide, le plasma .Ce liquide sert à diffuser le dioxygène (O_2) et les éléments nutritifs nécessaires aux processus vitaux de tous les tissus du corps, et à transporter les déchets tels que le dioxyde de carbone (CO_2) ou les déchets azotés vers les sites d'évacuation (reins, poumons, foie, intestins). Il sert également à amener aux tissus les cellules et les molécules du système immunitaire, et à diffuser les hormones dans tout l'organisme. C'est la moelle osseuse qui produit les cellules sanguines au cours d'un processus appelé hématopoïèse. Le poids total du sang équivaut environ à 1/13 du poids du corps. Il contient 78% d'eau et 22% d'éléments solides. Sa masse volumique est de 1.05 g/ml. Son pH est de 7.3 à 7.4 [8].

II.3.2. Les éléments figurés du sang

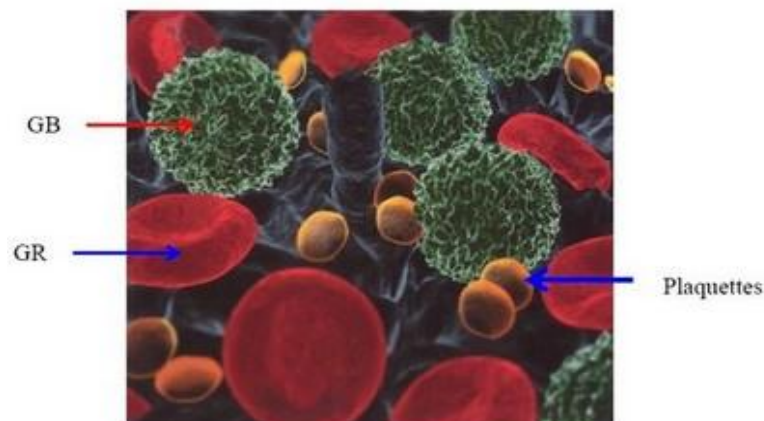


Figure I.1. Les éléments figurés du sang

- **Les globules rouges**

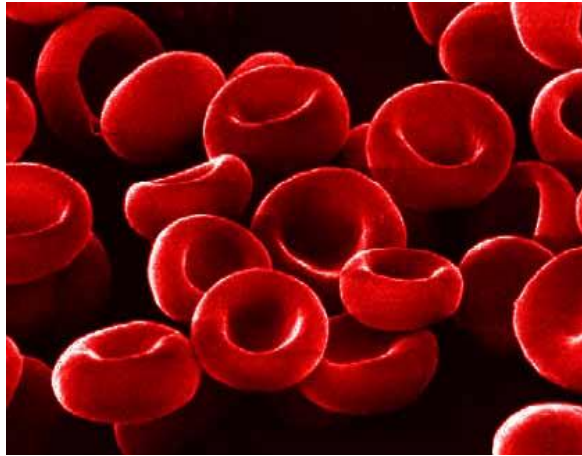


Figure I.2. Les globules rouges

L'érythrocyte (ou hématie) sont des cellules sans noyau, ovales, d'environ 7 microns. Chaque globule est globalement arrondi, mais il est capable de se déformer, en particulier en se serrant la taille, ce qui lui permet de passer dans des capillaires de diamètre inférieur à son diamètre. C'est une sorte de sac hermétique dont la membrane à double épaisseur est constituée de protéines dont la composition détermine le groupe sanguin auquel il appartient. Ce sac est rempli d'une protéine munie d'un noyau de fer, l'hémoglobine, sur lequel va se fixer l'oxygène (dans les poumons) ou le gaz carbonique (dans les tissus) selon l'endroit où se trouve le globule rouge. Les globules rouges naissent dans la moelle osseuse au sein de laquelle ils vont mûrir. Ils passent par divers stades (érythroblastes, réticulocytes...) avant d'être envoyés dans la circulation générale au stade d'érythrocyte. Ils vivent environ 120 jours, aux termes desquels ils sont piégés par le foie, la rate et la moelle osseuse pour être détruits. Leurs composants sont alors transformés en acides aminés et en éléments simples qui peuvent être immédiatement utilisés par la moelle osseuse pour constituer de nouvelles cellules. L'hémoglobine, elle, est transformée en bilirubine qui va être éliminée dans la bile. Quant au fer contenu dans l'hémoglobine, il est recyclé et sert à la constitution d'une nouvelle molécule d'hémoglobine.

- **Le rôle**

Les globules rouges chargés d'oxygène se trouvent dans le sang artériel qui achemine des nutriments aux organes pour que ceux-ci fonctionnent. Lorsqu'un globule rouge aboutit au niveau du capillaire artériel (un vaisseau fin comme un cheveu) d'un organe, il va lui délivrer de nombreuses molécules d'oxygène, lesquelles vont être immédiatement utilisées par une cellule de l'organe en question. En échange de tout cet oxygène, l'organe lui fournit un nombre équivalent de molécules de gaz carbonique qui vont prendre la place de l'oxygène sur le globule rouge, ou plus exactement sur les atomes de fer que contiennent les molécules d'hémoglobine. À ce niveau, on peut dire que la cellule a respiré (elle a absorbé de l'oxygène et rejeté du gaz carbonique).

Les globules rouges vont repartir dans la circulation veineuse et se retrouver au niveau des capillaires veineux des poumons qui vont leur fournir de l'oxygène en échange de ce gaz carbonique. Les globules rouges vivent environ 120 jours, cette opération se répète environ 350.000 fois pour chaque globule rouge [9].

- **Les globules blancs**

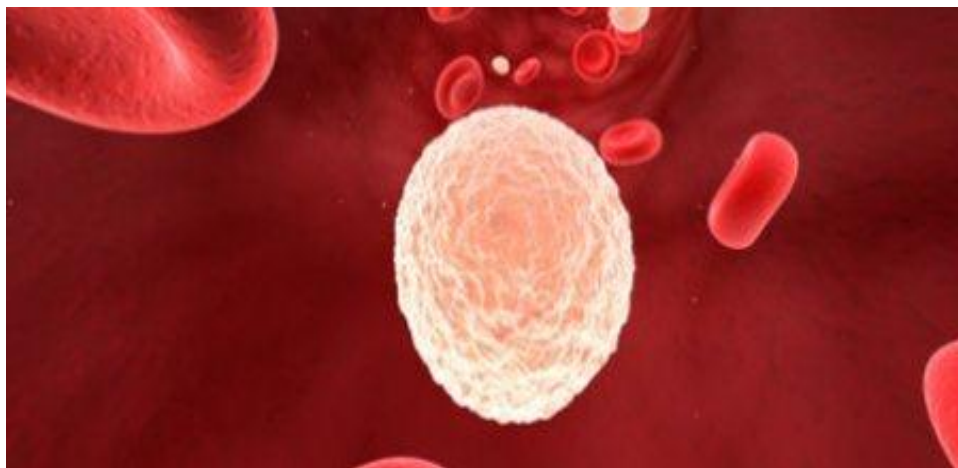


Figure I.3. Les globules blancs

Ce sont des cellules d'environ 15 microns de diamètre, plus ou moins arrondies et comportant un noyau de forme variable.

- **Les types de globules blancs**

Selon la coloration que prennent ces cellules et selon leur forme, on les classe en grandes familles de globules blancs : les polynucléaires, les mononucléaires et les lymphocytes.

- **Les polynucléaires**

Les polynucléaires (Les Granulocytes) représentent 70% des leucocytes. Ils sont les leucocytes les plus présents dans l'organisme. On distingue trois types, les neutrophiles, les basophiles et les éosinophiles.

- **Les polynucléaires neutrophiles** : représentent 99% des granulocytes. Ils ont un noyau est non coloré et très irrégulier. Ils ont un rôle de destruction des agents infectieux . C'est sur leur augmentation à la numération formule sanguine que l'on peut suspecter une infection bactérienne.

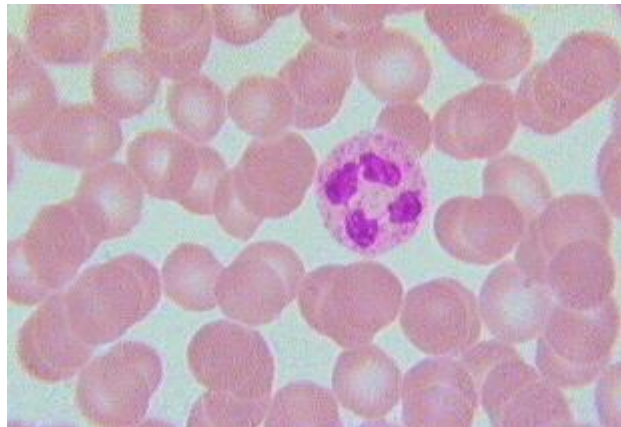


Figure I.4. Neutrophiles

- **Les polynucléaires éosinophiles** : représentent 0.7% des granulocytes dont le noyau est rouge, ont un rôle mémoire lors de la réaction allergique et jouent un rôle important dans la défense contre certains parasites et champignons.

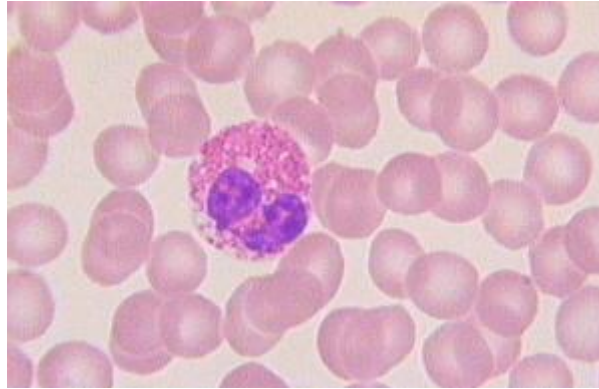


Figure I.5. Eosinophiles

- **Les polynucléaires basophiles :** sont les plus rares (0.3%) des granulocytes dont le noyau est bleuté. Dans ses cellules sont stockées de nombreuses molécules chimiques, et en particulier histamine, sérotonine et héparine. L'histamine et l'héparine servent à empêcher la coagulation dans les vaisseaux sanguins, mais aussi à augmenter la perméabilité des capillaires, ouvrant ainsi la voie à la diapédèse. Ils ont un rôle dans la mémorisation des agresseurs.

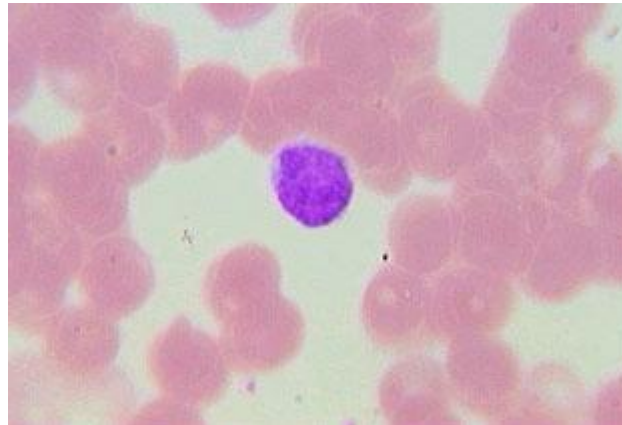


Figure I.6. Basophiles

➤ **Les lymphocytes**

Représentent 25% des leucocytes. Ils sont des leucocytes qui ont un rôle majeur dans le système immunitaire. En termes de structure et de fonction, on distingue deux lignées lymphocytaires différentes : les lymphocytes B et T.

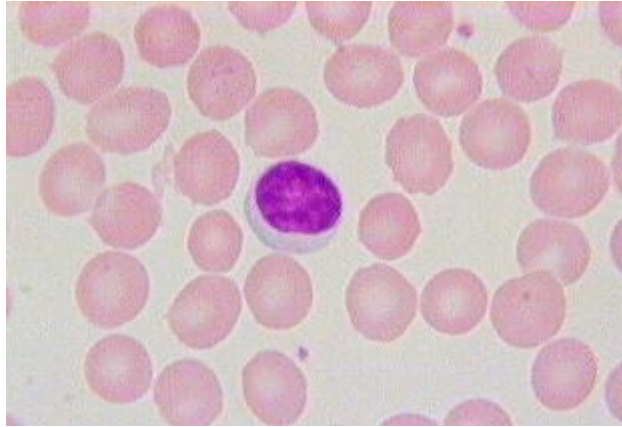


Figure I.7. lymphocytes

- **Les Lymphocytes B :** les lymphocytes B également appelés bursocytes. "B" vient de "Bone marrow" qui signifie "moelle osseuse" en anglais qui désigne l'organe où les lymphocytes B achèvent leur maturation. Ces globules blancs ont pour rôle de fabriquer des protéines de la famille des immunoglobulines appelées anticorps : ils sont donc responsables de l'immunité humorale. Pour être actifs, d'autres globules blancs tels que les macrophages, doivent leur présenter des fragments d'antigène, afin qu'ils se transforment en plasmocytes. Les plasmocytes possèdent bien plus de vésicules de Golgi, qui permettent de fabriquer des anticorps en masse (jusqu'à 5000 anticorps par seconde), afin de neutraliser efficacement les antigènes. Les plasmocytes sont donc des lymphocytes B activés et capables de produire des anticorps dirigés contre l'antigène activateur. Il existe deux types de cellule B : Les plasmocytes et les cellules B à mémoire.
- **Les Lymphocytes T :** les lymphocytes T également appelés thymocytes ou cellules T, ce sont une catégorie de lymphocytes qui jouent un grand rôle dans la réponse immunitaire. ("T" est l'abréviation de thymus). Elles sont responsables de l'immunité cellulaire : les cellules (bactéries, cellules cancéreuses) reconnues comme étrangères (c'est-à-dire autres que celles que les cellules T ont apprises à tolérer lors de leur maturation) sont détruites par un mécanisme complexe. Il existe différents types de cellule T : les Lymphocytes Tueur

(CD8+), les Lymphocytes Sécréteurs (CD4), les suppresseurs T et les régulateurs T.

➤ **Les monocytes**

Représentent 5% des leucocytes. Les monocytes sont de grosses cellules du système immunitaire (150 à 200 micromètres). Ils sont ronds avec un noyau régulier. Ils jouent un rôle dans la lutte contre certaines bactéries ou certains virus comme par exemple celui qui est responsable de la mononucléose infectieuse [10].

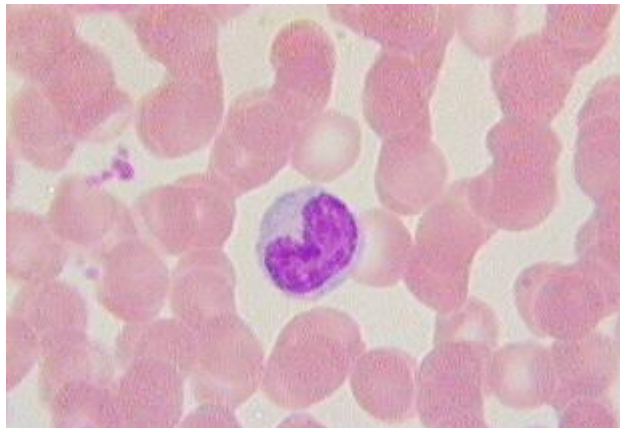


Figure I.8. Monocytes

▪ **Le rôle**

Le rôle des globules blancs se résume comme suit :

- La Production d'anticorps ;
- La Production de protéine ;
- S'attaquer aux parasites de l'organisme et les détruire ;
- Augmenter la perméabilité des capillaires sanguins ;
- Empêcher la coagulation dans les vaisseaux sanguins ;
- Activer la réaction inflammatoire ;
- Déclenchement de réaction allergique ;
- Destruction des cellules infectés ou mortes [10].

- **Les plaquettes**



Figure I.9. Les plaquettes

Les plaquettes sanguines ou thrombocytes (0,6 - 1,0 %), sont des particules cytoplasmiques sans noyau comme les globules rouges. Elles sont plus petites que ces derniers et mesurent de 2 à 4 micromètres. Mais contrairement aux globules rouges, elles contiennent des mitochondries, c'est à dire qu'elles sont capables de respirer et de produire une grande quantité d'énergie. Elles contiennent de nombreux enzymes. Elles sont responsables de la formation du clou plaquettaire débutant la coagulation sanguine [8].

Leur durée de vie est d'environ 10 jours. Chaque jour, les plaquettes détruites par le vieillissement sont remplacées par la production médullaire. Leur durée de vie est écourtée si les plaquettes sont utilisées car elles sont détruites lors de leur fonction.

Cette fonction est un des dispositifs utiles pour l'organisme pour empêcher les hémorragies lors des effractions vasculaires, qu'il s'agisse de celles physiologiques provoquées par les tiraillements tissulaires lors des mouvements, ou de celles pathologiques liées à des traumatismes.

Leur nombre normal est compris entre 150.000 et 400.000/mm³ [7].

▪ Le rôle

Le rôle des plaquettes se résume comme suit :

- Les plaquettes ont pour rôle de faire coaguler le sang ;
- Les plaquettes ont un rôle primordial dans le processus de la coagulation: elles permettent au sang de coaguler lorsqu'on se coupe : elles s'agglutinent lors d'une hémorragie pour former le caillot sanguin permettant ainsi l'interruption de l'écoulement sanguin ;
- Elles suppriment ainsi un saignement lors de l'apparition d'une brèche d'un petit vaisseau ;
- Elles servent aussi à éviter tout saignement à l'intérieur du corps ;
- Participation à la réaction inflammatoire . Les plaquettes sont capables de digérer des particules virales ou bactériennes et de libérer des substances qui vont provoquer la dilatation des vaisseaux qui est l'un des aspects de la réaction inflammatoire [11].

II.3.3. Le plasma

Le plasma est la composante liquide du sang dans laquelle baignent les éléments figurés (globules rouges, globules blancs et les plaquettes) [8], il constitue environ 55% du volume sanguin total. Il peut être séparé des globules par centrifugation du sang additionné d'un anticoagulant. Le plasma est un liquide clair, plus ou moins jaunâtre. Son pH varie de 7.33 à 7.45 et sa masse volumique est de 1.023 g/ml [12].

Il composé principalement :

- **D'eau (environ 90%) chargée de sels minéraux**

Les sels minéraux sont sous forme ionisée (sodium, potassium, calcium, magnésium, chlorures, carbonates, phosphates). Ce sont des électrolytes responsables de la pression osmotique du plasma, c'est à dire de la force qui régit les transferts d'eau entre les cellules et le sang. On dose les électrolytes grâce à l'ionogramme sanguin [13].

- **Les protéines plasmatiques**

Il y a 70 à 80g de protéines par litre de sang. On y trouve notamment l'albumine, les protéines du système du complément, et les protéines de la coagulation dont le fibrinogène [13].

On peut séparer les protéines du sang par la technique d'électrophorèse. Les molécules de protéines, soumises à l'action d'un champ électrique, migrent à des vitesses variables selon leur charge électrique et leur taille [12].

L'albumine est la plus importante des protéines plasmatiques qui contribue au transport des fluides au sein de l'organisme. Elle détermine la pression oncotique qui permet de maintenir l'eau dans le sang. Les gamma-globulines sont les anticorps ou immunoglobulines qui permettent d'assurer les défenses spécifiques de l'organisme. Le fibrinogène est une grosse molécule constituant normalement 4 à 6% des protéines plasmatiques totales. Il joue un rôle dans la coagulation du sang [13].

- **Les substances organiques**

Il s'agit de molécules non ionisées. Ce sont des glucides, les lipides, les vitamines et les déchets azotés du métabolisme cellulaire (l'urée, la créatinine, l'acide urique et l'ammoniaque) [13].

Remarque : sans plasma, les cellules sanguines ne pourraient pas être transportées à travers le corps.

III. Les pathologies du sang

Les maladies hématologiques sont nommées hémopathies. L'hématologie est communément divisée en trois sous catégories, en fonction du groupe de cellules étudiée (globules rouges, leucocytes, plaquettes). Cette subdivision reste incomplète, puisque de nombreuses maladies affectent certains ou tous les composants du sang et de la moelle osseuse.

Une grande partie des hémopathies est due soit au manque soit à l'excès de synthèse de ces composants du sang, pour les cellules sanguines il s'agit d'un problème lors d'une

étape de l'hématopoïèse (synthèse des cellules sanguines dans les os) ou dans la différenciation au niveau des organes lymphoïdes secondaires, et pour les facteurs de coagulation d'un problème au foie.

Il peut également s'agir d'une perte excessive en périphérie ou de la synthèse de cellules non fonctionnelles.

On retrouve donc en excès ou en défaut certaines cellules dans un ou plusieurs de ces compartiments : la moelle osseuse, le sang et les organes lymphatiques secondaires [2].

III.1. Maladies liées aux Globules Rouges

III.1.1. Anémie

L'anémie, ou pauvreté du sang, est un nom générique qui regroupe de nombreuses maladies et qui se caractérise par une diminution de la concentration en hémoglobine et par le manque de globules rouges. Ce manque entraîne un mauvais transport de l'oxygène par le sang. Pour que le taux d'hémoglobine soit normal, il doit y avoir équilibre entre les globules rouges produits dans la moelle osseuse et ceux détruits, en particulier dans la rate. La production des globules rouges dépend du bon fonctionnement de certains organes et de l'apport adéquat en vitamines (B12, B9, et C) et en fer [14].

Il existe de nombreuses formes d'anémie :

- **Anémie Ferriprive** : (ou ferrique) la forme la plus répandue qui provient d'une carence en fer et qui peut être causée par une alimentation pauvre en fer, des règles abondantes, certains médicaments ou la grossesse.
- **Anémie aplasique** : (ou aplastique) est une maladie rare qui survient quand la moelle osseuse ne produit plus assez de globules rouges.
- **Anémie mégaloblastique** : concerne les cas où la moelle osseuse produit des globules rouges déformés et très gros qu'on appelle mégaloblastes. [14]
- **Anémie drépanocytaire**: les globules ont une forme étirée réduisant leur capacité de transport d'oxygène. C'est une mutation des molécules d'hémoglobine. [15]

- **Anémie Hémolytique** : est due à la perte ou la destruction anormale des globules rouges dans les vaisseaux sanguins, la rate ou le foie [15]. Elle peut être héréditaire. Si elle est acquise, cela peut être dû à une réaction du système immunitaire, à la présence de toxines dans le sang ou à des infections. L'anémie peut également être causée par une maladie chronique comme le cancer, des maladies du foie, des maladies chroniques inflammatoires, le sida ainsi que les maladies qui engendrent des hémorragies persistantes [14].
- **Anémie sidéroblastique** : est caractérisée par des globules rouges de petite taille qu'on appelle « anémie microcytaire » [14].
- **Anémie de Fanconi** : cette maladie, qui porte le nom du pédiatre suisse Guido Fanconi qui l'a initialement décrite, est une anémie à forte composante génétique qui conduit au dysfonctionnement de la moelle osseuse. Caractérisée par une diminution de cellules sanguines dans la circulation périphérique due à une diminution de l'hématopoïèse, elle se révèle chez les patients génétiquement prédisposés souvent avant 12 ans. Mais elle peut aussi survenir suite à une irradiation, une exposition à une substance chimique favorisante ou à une infection. Elle conduit dans de nombreux cas au développement d'anémie myéloïde aiguë ou d'autres cancers [15].
- **Cyanose** : la cyanose est l'apparition d'une coloration bleuâtre de la peau causée par un trouble de la circulation, par une altération de l'oxyhémoglobine ou par un trouble de l'hématose. La cyanose peut être la conséquence, entre autres, de troubles pulmonaires, de malformations cardiaques congénitales, d'une mauvaise circulation du sang, d'une anémie ou d'une intoxication.
- **Dépression Médullaire** : ou dépression de la moelle osseuse ; ralentissement, voire blocage, des fonctions de la moelle osseuse par un traitement chimio thérapeutique (effet indésirable) ou par la maladie elle-même. La dépression de la moelle osseuse peut entraîner des infections, une anémie ou des problèmes de coagulation, étant donné son rôle d'usine pour les globules sanguins.
- **Thalassémie** : anémie infantile due à une anomalie héréditaire de l'élaboration d'hémoglobine. Elle est surtout répandue parmi les populations du bassin méditerranéen [15].

III.1.2 Les symptômes

Les symptômes communs à plusieurs anémies sont :

- La pâleur du teint ;
- Une fatigue inexplicée ;
- Une perte d'énergie ;
- Une somnolence ;
- Des maux de tête ;
- De la tachycardie, des palpitations ;
- Des cheveux cassants ou des ongles aplatis ;
- Trouble de l'ouï, de la vision et de la digestion ;
- Absence de règle ;
- Impuissance ;
- Fièvres ;
- De signes de destruction excessive de ces globules rouges trop grands et non fonctionnels : jaunisse ou yeux jaunes, selles et urines foncées.

Si l'anémie s'aggrave, elle peut provoquer une accélération inhabituelle du rythme cardiaque et des étourdissements. La prévention et les traitements varient en fonction de la cause de l'anémie, il est donc indispensable de pratiquer des examens et analyses complémentaires [15].

III.2. Maladies liées aux Globules Blancs**III.2.1. Leucémie**

La leucémie est une maladie qui se caractérise par un accroissement considérable du nombre des globules blancs. Elle affecte la moelle osseuse et le système lymphatique. Étant donné que la moelle osseuse est responsable de la production des cellules souches du sang on appelle aussi cette maladie le cancer du sang. Les cellules souches sont des cellules sanguines qui ne sont pas encore parvenues à la maturité. Normalement les cellules souches peuvent se développer en trois types de cellules notamment : les globules rouges, les globules blancs ou les plaquettes. La leucémie occasionne l'apparition de globules blancs en quantité anormale et cela occasionne un déséquilibre général dans le corps.

Il existe différents types de leucémie. On les distingue d'abord selon le type de cellules souches dont elles proviennent :

- **Leucémies Aiguës** : les leucémies aiguës sont diagnostiquées lorsque l'organisme contient plus de 50% de blastes, c'est à dire de cellules jeunes et immatures. Ces leucémies étaient dites "aiguës" car en l'absence de traitement, la mort survient en quelques semaines. Actuellement, grâce aux chimiothérapies, on obtient des rémissions longues et des guérisons.
- **Leucémies Chroniques** : dans ces leucémies chroniques, le nombre de cellules blastiques retrouvées dans la ponction de moelle est inférieur à 50%. La terminologie "chronique" traduit le fait qu'en général ces maladies se prolongent plus que les leucémies aiguës, mais ce n'est pas une règle absolue. Cette leucémie peut toucher tout les types de leucocytes :
 - Pour les granulocytes, c'est une leucémie myéloïde chronique ;
 - Pour les lymphocytes, c'est une leucémie lymphoïde chronique ;
 - Pour les monocytes, c'est une leucémie myéломocyttaire [17].
- **Lymphome** : un lymphome est un cancer du sang qui se développe dans le système lymphatique et qui peut s'installer dans n'importe quelle partie du corps. La fréquence de ce cancer a doublé en vingt ans. Le problème majeur avec le lymphome est l'absence de symptômes spécifiques, essentiels pour un dépistage précoce.
- **La maladie de Waldenström** : la maladie de Waldenström est une hémopathie maligne rare (cancer du sang), caractérisée par la prolifération d'un lymphocyte B entraînant un taux anormal de lymphocytes B dans le corps.
- **Le Syndrome de Shwachman-Diamond** : ce syndrome entraîne une production anormale des globules blancs ou à une production basse de celui-ci, ce qui a pour conséquence que le corps est moins bien défendu contre les infections et autres virus.
- **La maladie de Wegener** : cette maladie se caractérise par des inflammations des parois des petites artères. Les inflammations des vaisseaux entraînent une nécrose des tissus des organes. De plus, on observe des accumulations caractéristiques de cellules inflammatoires (granulomes), en l'occurrence dans le nez et les poumons. Mais les reins sont également souvent touchés, de même que la peau, les yeux, les

articulations, le système nerveux central et périphérique et le tube digestif. Vus les dommages subis par l'organe atteint, cette maladie peut être grave et rendre une immunosuppression de longue durée nécessaire [18].

- **La maladie de Hodgkin :** le lymphome de Hodgkin (LH) ou lymphome hodgkinien est un type de lymphome caractérisé par la présence de grandes cellules atypiques, les cellules de Reed- Sternberg [19].
- **Les lymphomes non-hodgkiniens :** les lymphomes non hodgkiniens sont des néoplasies développées à partir des tissus lymphoïdes. Un lymphome est un cancer du système lymphatique aux dépens des lymphocytes [20].

III.2.2. Les symptômes

- Pas de symptôme durant les premiers stades de la maladie ;
- Présence de fièvre due aux infections. Cela peut devenir fréquent à cause de l'affaiblissement du système immunitaire dû aux manques de globules blancs ;
- Fatigue généralisée ;
- Sueurs nocturnes ;
- Maux de tête ;
- Vomissements ;
- Perte d'appétit ;
- Douleurs dans les articulations [21].

III.3. Maladies liées aux plaquettes

III.3.1. Thrombopénie

C'est la diminution anormale du nombre de plaquettes dans le sang. Ce taux est mesuré au cours de la numération formule sanguine. Le taux normal de plaquettes est compris entre 200.000 et 400.000/mm³. Le contraire de la thrombopénie est la thrombocytose ou hyperplaquettose (nombre trop élevé de plaquettes dans le sang) [22].

III.3.2. Thrombose

Une thrombose est un caillot de sang qui se forme dans une veine (thrombose veineuse) ou une artère (thrombose artérielle). La coagulation du sang se produit lorsque la circulation sanguine est ralentie par une immobilisation du membre (jambe) ou par un obstacle (athérome).

La thrombose veineuse peut mener à une phlébite, une obstruction de la circulation veineuse qui entraîne une douleur, une sensation de chaleur locale et un gonflement de la jambe.

La thrombose artérielle peut finir par obstruer l'artère et conduire à une ischémie [23].

III.3.3. Les symptômes

Ce sont des hémorragies :

- Sous la peau, sous forme de purpura thrombopénique ou parfois d'ecchymoses spontanées ou de bleus sans cause apparente ou pour des traumatismes minimes ;
- Des saignements de nez à répétition ;
- Des saignements digestifs entraînant soit des hémorragies massives ce qui est rare, soit plutôt de petits saignements qui passent inaperçus et qui provoquent à la longue une fatigue et une pâleur importante par anémie ;
- Des saignements dans le cerveau, qui peuvent être graves car ils provoquent des accidents vasculaires cérébraux [22].

III.4. Maladies liées aux moelles osseuses

Les maladies de la moelle osseuse peuvent être classées en différentes catégories :

Les aplasies, pauvreté de la moelle osseuse en cellules souches des différentes lignées, sont généralement dues à une lésion des cellules souches. La toxicité de certains médicaments peut être en cause.

Les maladies dues à des toxiques ou à des déficits en vitamines (médicaments, toxiques industriels comme le benzène ; carence en acide folique, en vitamine B12) empêchent le développement normal des cellules de la moelle.

Les proliférations anormales des cellules présentes dans la moelle s'observent au cours de différents types de maladie maligne (leucémie, myélome, etc.).

L'envahissement par des cellules normalement absentes dans la moelle se rencontre en cas de métastases de cancer. La fibrose de la moelle s'observe au cours des

myélofibroses (augmentation du réseau de collagène situé autour des cellules souches de la moelle osseuse) [23].

III.4.1. Myélome

Le myélome, appelé aussi maladie de Kahler, est une maladie maligne, un cancer de la moelle contenue dans certains os de notre organisme, la moelle osseuse. À la suite d'événements inconnus, un plasmocyte, une des cellules blanches de la moelle, devient anormal et ne tient plus compte de l'environnement et des signaux de l'organisme qui contrôlent son développement et son fonctionnement. Il se met alors à se multiplier de façon incontrôlée et cette prolifération envahit la moelle aux dépens des autres cellules et de l'os qui l'entoure. Elle touche souvent plusieurs régions osseuses, d'où le nom de myélome multiple [24].

III.4.2. Les symptômes

- Les douleurs sont essentiellement osseuses et sont souvent associées à une fatigue. Elles sont assez permanentes et non calmées de façon évidente par le repos. Elles sont généralement localisées au niveau de la colonne vertébrale et liées aux destructions osseuses.
- La fatigue : symptôme peu spécifique, l'anémie peut être la conséquence de l'augmentation des protéines dans le sang, donc de la viscosité du sang. En effet, l'anticorps fabriqué en grande quantité peut rendre le sang tellement visqueux qu'il ne circule plus correctement au niveau des petits vaisseaux. Ce phénomène entraîne des problèmes respiratoires et des problèmes neurologiques qui s'accompagnent d'un ralentissement idéative et d'une grande fatigue.
- L'hypercalcémie : le myélome provoque une déminéralisation osseuse, une destruction de l'os, qui peut apparaître avant les douleurs, avec comme conséquence un afflux de calcium dans le sang, d'où une augmentation de la calcémie, taux de calcium sanguin. Le calcium est généralement stable dans le sang aux environs de 100 mg/litre. Il sert en outre au fonctionnement musculaire, et en cas de manque apparaissent des fourmillements, des crampes musculaires, des crises de tétanie, ainsi que des problèmes cardiaques. Quand au contraire la calcémie est augmentée, comme dans le myélome, apparaissent des douleurs abdominales, des nausées, des vomissements, des signes de déshydratation, voire une confusion, et des troubles du rythme cardiaque.

- Une anémie : elle peut être plus ou moins importante et révéler la maladie. Le fonctionnement anormal de la moelle osseuse est associé à une diminution de la fabrication des globules rouges [25].

IV. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude brève sur l'hématologie et ses disciplines fondamentales ainsi qu'une représentation détaillée de sang et ses éléments figurés (GB, GR, plaquettes, plasma), leurs morphologies et les anomalies de chaque type d'élément qui peut être détecté lors de l'analyse microscopique.

Dans le chapitre suivant, nous présentons les techniques de prétraitement et les méthodes de segmentation utilisées pour résoudre le problème d'extraction du cytoplasme et noyau.

Chapitre II :

Prétraitement et segmentation

des images

I. Introduction

La segmentation d'image constitue une partie clé d'un tel système qui conditionne toutes les étapes ultérieures. La segmentation est un domaine réputée difficile en analyse d'images. En effet il n'existe pas de théories s'appliquant à différents types d'images, mais plutôt des méthodes variées que l'on choisit et que l'on développe pour résoudre des problèmes d'analyse sur un type d'image bien défini. Le choix de la méthode est généralement motivé par la représentation d'images que l'on choisit d'adopter.

En imagerie médicale microscopique, ce choix est d'autant plus difficile que l'on a à traiter différents types d'images selon les organes étudiés, la coloration adaptée, la variabilité des objets cellulaires et tissulaires observés.

II. Généralités sur l'image

II.1. Image numérique

On désigne sous le terme d'image numérique toute image (dessin, icône, photographie ...) acquise, créée, traitée, stockée sous forme binaire (suite de 0 et de 1) :

- Acquise par des dispositifs comme les scanners, les appareils photo ;
- Créée directement par des programmes informatiques ;
- Traitée grâce à des outils informatiques. Il est facile de la modifier en taille, en couleur, d'ajouter ou supprimer des éléments ;
- Stockée sur un support informatique (disquette, disque dur, CD-ROM ...) [26].

L'image numérique date des années vingt. Elle est née d'un besoin de codage de l'image analogique pour sa transmission sur le câble transatlantique [Gonzalez et Wintz 1977]. Dans une image, x et y sont les coordonnées spatiales des points de l'image et chaque point ainsi repéré chaque pixel porte une information de niveau de gris, de couleur, etc [27].

II.2. Caractérisation d'une image numérique

L'image est ensemble structurée d'informations caractérisée par les paramètres suivants :

- **Pixel**

Le pixel représente le plus petit point distinguable dans une image. Chaque pixel possédant une teinte à savoir le caractère indiquant la couleur dominante perçue.

Le nombre total de pixels d'une image numérique définit la résolution de l'image. Si le bit est la plus petite unité d'information que peut traiter un ordinateur, le pixel est le plus petit élément que peuvent manipuler les matériels et logiciels d'affichage ou d'impression, lorsqu'ils produisent une image. Les pixels possèdent une représentation binaire au sein de l'ordinateur. Le nombre de bits intervenant dans le codage d'un pixel définit le nombre maximal de teintes différentes que peut prendre le pixel. Ainsi, un pixel codé avec un bit pourra prendre une teinte parmi deux, suivant que le bit vaut 0 ou 1 [28].

- **Niveau de gris**

Le niveau de gris est la valeur de l'intensité lumineuse en un point. Le pixel peut prendre des valeurs allant du noir au blanc en passant par un nombre fini de niveaux intermédiaires. Donc pour représenter les images à niveaux de gris, on peut attribuer à chaque pixel de l'image valeur correspondante à la quantité de lumière renvoyée. Cette valeur peut être comprise par exemple entre 0 et 255. Chaque pixel n'est donc plus représenté par un bit mais par un octet. Pour cela il faut que les outils utilisés pour afficher l'image soient capables de produire les différents niveaux de gris correspondant [28].

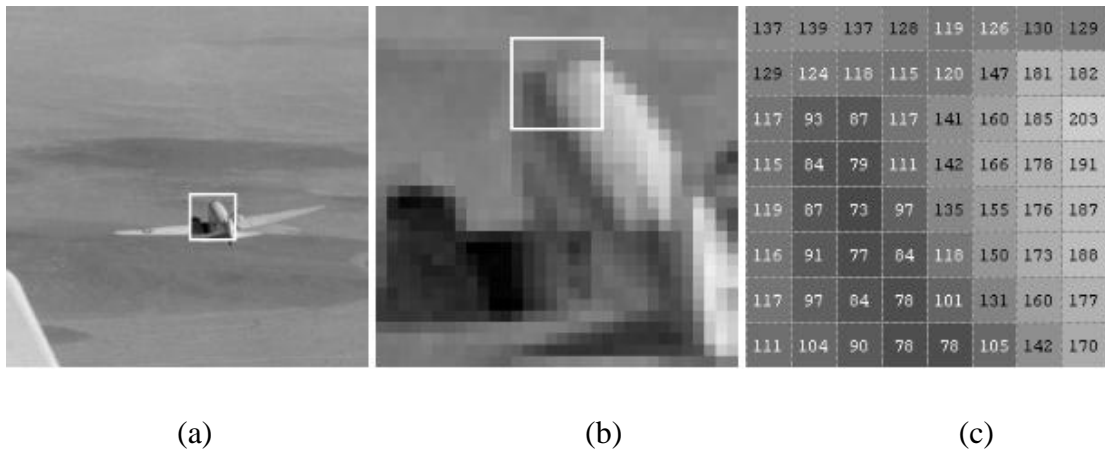


Figure II.1 : (a) Une image en niveaux de gris, (b) agrandissement d'une zone de l'image, (c) et affichage des valeurs constituant la matrice image.

- **Dimension**

La dimension d'une image est le nombre des lignes de la matrice image multiplié par le nombre de colonnes ce qui va nous donner le nombre des pixels dans l'image.

- **Résolution**

Pendant la production d'image chaque moniteur ou imprimante atteint un certain niveau de clarté et de finesse des détails de l'image, dans les moniteurs la résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de mesure, c'est aussi le nombre de pixels affichables sur le moniteur, plus grand est ce nombre, plus meilleure est la résolution.

- **Bruit**

A chaque étape de l'acquisition d'une scène, des perturbations (rayures poussières, amplification, quantification) vont détériorer la qualité de l'image. Ces perturbations sont regroupées sous le nom de bruits d'image.

Ce bruit d'image sera ici considéré comme une variation brusque de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins.

- **Histogramme**

L'histogramme des niveaux de gris ou des couleurs d'une image est une fonction qui donne la fréquence d'apparition de chaque niveau de gris (couleur) dans l'image. Il permet de donner un grand nombre d'informations sur la distribution des niveaux de gris et de voir entre quelles bornes est répartie la majorité des niveaux de gris dans les cas d'une image trop claire ou trop foncée.

- **Luminance**

On peut dire qu'une image a une bonne luminance si la majorité de ses pixels ont un degré plus haut de luminosité ce qui correspond à l'éclat et la brillance de l'image.

- **Contraste**

Le contraste est directement dépendant des degrés de luminances des pixels d'une image, il est défini par la différence des niveaux d'intensités entre deux régions, notamment les régions sombres et les régions claires.

- **Contour et texture**

Le contour est un ensemble de points qui délimitent un ou plusieurs objets dans une image, ou la différence des niveaux des pixels voisins est significative. Tandis que la texture est la structure interne des objets de l'image ou chaque deux texture sont séparées par des contours.

- **Image en couleur**

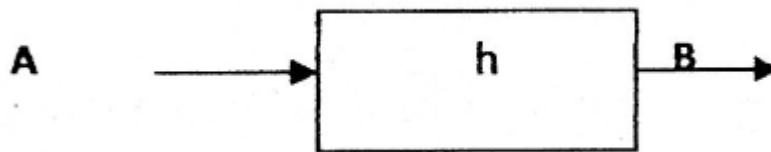
La façon la plus simple de représenter une image numérique est de considérer des matrices où chaque case représente une composante de la couleur de l'image. Il existe ensuite plusieurs manières de coder la couleur d'une image, la plus connue étant le codage RVB (où les composantes rouge, vert et bleu de chaque pixel sont codées). Mais il existe aussi les représentations CMY (*Cyan, Magenta, Yellow*), YCbCr (*Luminance, Chrominances*) qui sont très utilisées en détection de contours, surtout pour la composante qui représente l'intensité lumineuse du pixel. Chacun des éléments de la matrice est codé sur un certain nombre de bits ce qui correspond à un certain nombre de niveaux. Par exemple, pour un pixel en niveaux de gris codé sur 8 bits, on a $2^8 = 256$ niveaux de gris différents, donc chaque élément du tableau est compris entre 0 et 255 [29].

III. Prétraitement

III.1. Filtrage

En imagerie médicale, la qualité de l'image joue un rôle extrêmement important dans l'élaboration d'un diagnostic. Dans cette perspective, le filtrage constitue une étape de très grande importance dans le prétraitement.

Soit $A [i, j]$ une image numérique et $B [i, j]$ l'image filtrée, tel que :



$$B (i, j) = A (i, j) * h (m, n) = \sum_{m=-1}^{+1} \sum_{n=-1}^{+1} h(m, n) \cdot A (i+m, j+n).$$

h : appelé noyau ou masque de convolution de la taille $m \times n$, généralement ce sont des matrices carrées dont le nombre de lignes et de colonnes est impair.

III.1.1. Filtre moyenneur

Ce filtre calcule la moyenne des niveaux de gris des pixels situés dans une fenêtre carrée généralement de la taille « 3*3 » puis on remplace la valeur du pixel central par cette moyenne :

$$B [i, j] = \frac{1}{M} \sum_m \sum_n A [i + m, j + n]$$

Où M est le nombre de pixels de la fenêtre considérée (dans ce cas $M=9$) et $h (m, n) = 1$, donc le masque du filtre moyen est défini comme suivant :

$$h = \frac{1}{9} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Le filtre moyen est un filtre qui supprime le bruit et les détails dans une image, il provoque l'atténuation des frontières de l'objet et introduit un effet de flou.

Exemple :



(a)



(b)

Figure II.2. Filtre moyenneur

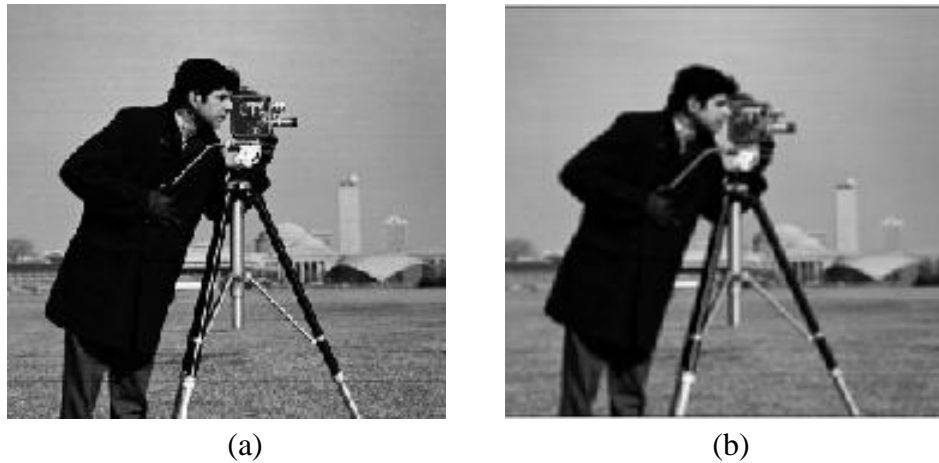
(a) Image originale, (b) Image filtrée par le filtre moyenneur

III.1.2. Filtre gauss

Ce filtre est de la même famille que le filtre moyen. Il est basé sur le même principe. En effet l'intensité d'un pixel dépend de celle de ces voisins : Soit $U(x)$ le niveau de gris en un point x de l'image à traiter et G_δ la gaussienne d'écart type δ donnée par la formule suivante :

$$G_\delta = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} \exp\left(\frac{-|X|^2}{2\delta^2}\right)$$

Un inconvénient évident du filtrage gaussien est qu'il ne lisse pas uniquement le bruit mais il efface aussi les contours, les rendant difficilement identifiables.



(a)

(b)

Figure II.3. Filtre Gauss

(b) Image originale, (b) Image filtrée par le filtre Gauss

III.1.3 Filtre médian

Le filtre médian est bien connu en traitement d'images. Il trie les valeurs des points contenus dans une fenêtre, puis garde l'intensité médiane. Ce filtre non linéaire permet d'écarter les valeurs aberrantes de points dues à des bruits.

- **Application**

Afin d'éliminer l'effet de flou, nous avons implémenté un filtre médian, donné par l'algorithme suivant :

- Choisir une fenêtre dont la taille est un nombre impair ;
- Trier les éléments de la fenêtre dans l'ordre croissant ;
- Affecter au pixel central la valeur moyenne [30].

Exemple :



Figure II.4. Filtre Médian
(a)Image bruitée, (b) Filtre Médian

IV. La segmentation

IV.1. Définition

La segmentation est une des étapes critiques de l'analyse d'images qui conditionne la qualité des traitements d'images effectués ultérieurement. Elle permet d'isoler dans l'image les objets sur lesquels doit porter l'analyse, de séparer, dans une image, les régions d'intérêt du fond.

En effet, à partir des résultats de la segmentation, il est possible d'identifier les objets d'une scène. Par rapport aux images en niveaux de gris, la segmentation d'images couleur est un domaine de recherche assez récent. En effet, pendant plusieurs années beaucoup d'attention a été focalisée sur la segmentation d'images en niveaux de gris. La segmentation peut être manuelle ou automatique [31].

IV.2. Approche région classique

IV.2.1. Segmentation par seuillage d'histogramme

Les méthodes basées sur les points sont celles qui s'appliquent directement sur des points sans aucune considération pour la structure de la région. L'information localisée par point est utilisée pour décider si oui ou non le point appartient à la région désirée.

- **Seuillage**

Cette méthode est probablement la méthode la plus simple parmi les méthodes de segmentation. Un seuil est choisi pour créer une partition binaire des intensités des points. Tous les points ayant une intensité supérieure au seuil sont regroupés dans une classe et ceux ayant une intensité inférieure au seuil sont placés dans une autre classe. En effet, certaines images sont biaisées, représentant des objets dont l'intensité n'est pas homogène, ou avec des parties de l'image plus contrastées que d'autres. Il peut être intéressant dans ce cas de recourir à un seuillage non-uniforme : on partage l'image en différentes régions, sur lesquelles on effectue un seuillage avec un seuil différent. De la même manière, on peut estimer la variation d'intensité entre deux zones en interpolant le seuil entre différentes régions.

Les seuils peuvent être fixes ou calculés en fonction de l'image. Dans ce cas, la méthode la plus courante consiste à calculer les seuils à partir de l'histogramme de l'image (Ridler and Calvard, 1978; Trier and Jain, 1995). L'histogramme des intensités d'une image représente, pour chaque intensité le nombre de points de l'image ayant cette intensité. L'utilisation de cette méthode part de l'hypothèse que chaque pic, ou mode, de l'histogramme correspond à un certain objet de l'image. La recherche du seuil optimal consiste à partager l'histogramme suivant ses différents modes, c'est-à-dire à trouver les zones d'intensité minimale entre deux modes.

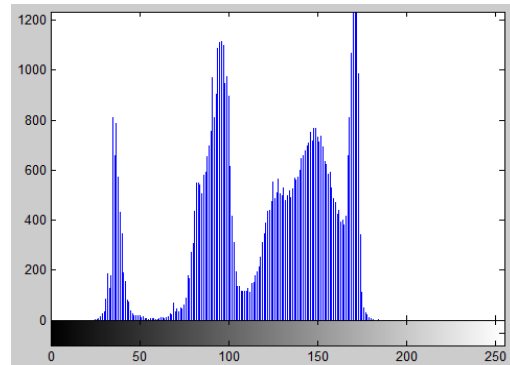
Bien que simple, cette méthode est très efficace pour la segmentation d'images ayant un très bon contraste entre les régions. Elle est généralement utilisée comme une première étape vers une segmentation.

Le principal inconvénient de cette technique est que les résultats dépendent des seuils utilisés. Toute modification aux valeurs des seuils peut donner une autre région segmentée. Les seuils sont généralement générés d'une manière interactive en utilisant un retour visuel sur l'histogramme de l'image. Un autre inconvénient est que cette technique est très sensible au bruit et à la non-homogénéité des intensités [32].

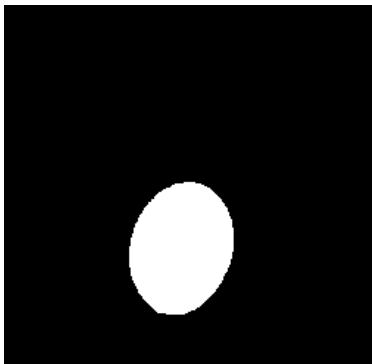
Exemples :



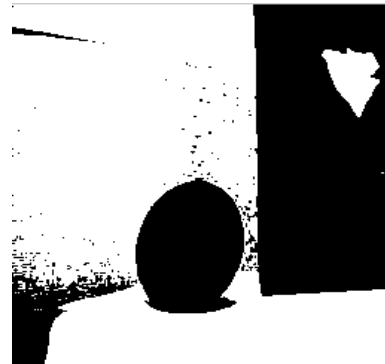
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure II.5. Seuillage

(a)Image en NG, (b) L'histogramme, (c) $S < 50$, (d) Seuillage automatique.

▪ **Image binaire**

Les images binaires sont des images en niveau de gris particulières, dont les valeurs valent soit 0 (noir), soit 1 (blanc). On cherche souvent à se ramener les images de départ à des images binaires, car il est très facile ensuite d'identifier les objets présents(Figure II.6).

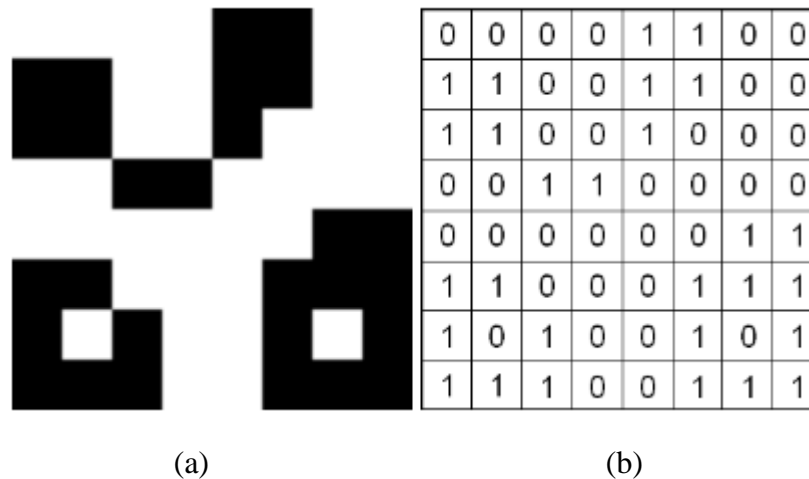


Figure II.6 : (a) Une image binaire, (b) Un tableau de valeurs correspondant.

L'image est représentée en négatif (les valeurs 1 sont en noir, les valeurs 0 sont en blanc), afin de mieux visualiser les structures [32].

IV.2.2. Segmentation par croissance de région

La croissance de régions est probablement la technique la plus simple en ce qui concerne cette approche. Elle consiste à extraire une zone d'intérêt d'une image en faisant croître une région à partir d'un ou de plusieurs germes constituant un sous-ensemble de la zone recherchée. La croissance est régie par un critère de propagation pouvant être basé sur des propriétés colorimétriques, mais également géométriques ou topologiques. La croissance de région est rarement utilisée seule, mais généralement dans le cadre d'un ensemble d'opérations de traitement d'images. La qualité de la segmentation obtenue par ce type d'approche est liée à la pertinence du critère de propagation et au choix des germes, qui requièrent donc un temps de paramétrisation important.

Un inconvénient majeur de cette méthode est la nécessité du choix d'un point de départ (germe) pour construire la région d'intérêt (Agrégation de pixels) [27].

Algorithme de croissance de région :

Pour chaque pixel $I(i, j)$ Faire

Si $I(i, j)$ n'a pas déjà été traité

Alors Sauvegarder (i, j) , Croissance (i, j) , Incrémenter Région

Fin Pour

Croissance (i, j)

Pour tout Pixel (k, l) adjacent à $I(i, j)$

%Pour tous les 8pixels

Si (Pixel (k, l) pas déjà traité)

ET (Critère (Pixel (k, l)) = Critère ($I(i, j)$))

Alors Croissance (k, l)

Fin Pour

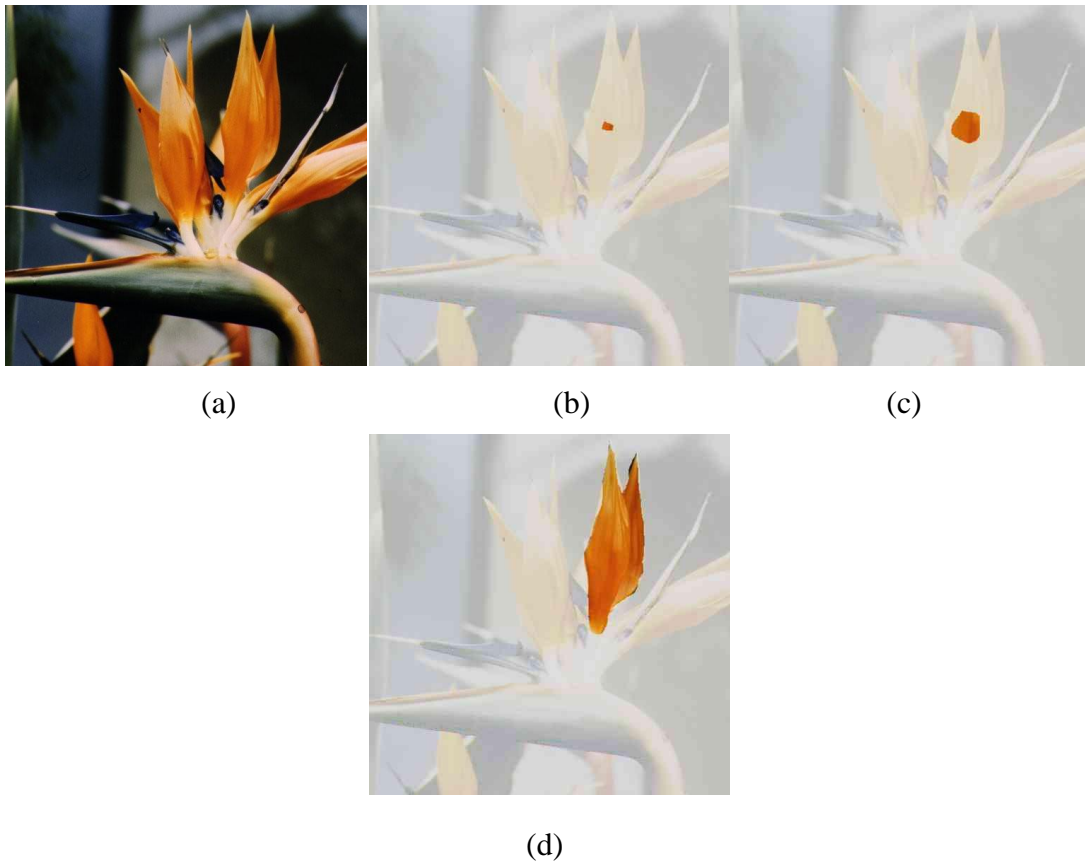
Exemples :

Figure II.7. Croissance de région

(a) Image originale, (b) Germe, (c) Croissance, (d) Région finale.

IV.2.3. Segmentation par division –rassemblement, Split and Merge

L'algorithme Split_and_merge a été proposé par Horowitz et Pavlidis en 1974. Le processus est décomposé en deux étapes. L'image initiale peut être une première partition résultant d'une analyse grossière ou bien l'image brute. Dans la première étape, ou division, on analyse individuellement chaque région X_i . Si celle-ci ne vérifie pas le critère d'homogénéité, alors on divise cette région en blocs (le plus généralement en 4 quadrants) et l'on réitère le processus sur chaque sous-région prise individuellement. On peut tout à fait initier le processus en considérant que la première région est composée de toute l'image.

Dans la deuxième étape, ou réunion, on étudie tous les couples de régions voisines (X_k, X_i). Si l'union de ces deux régions vérifie le critère d'homogénéité, alors, on fusionne les régions. La principale difficulté de cette approche réside bien sûr dans le parcours de l'ensemble de tous les couples de régions voisines [33].

Algorithme des méthodes de division et fusion :**Etape 1 : Split (Module de division)**

t := vrai

Tant que t faire

Début

t := faux

Pour chaque région R_k faire

Si $Pred1(R_k)=faux$ alors

début

t := vrai

partager R_k en N_k régions suivant un critère donné

fin

Fin.

Etape 2 : Merge (Module Fusion)

t := vrai

Tant que t faire

Début

t := faux

Pour chaque région R_k adjacente à R_j faire

Si $Pred2(R_j \cup R_k) = \text{vrai}$ alors

début

$t := \text{vrai}$

fusionner R_j et R_k

fin

Fin.

IV.2.4. La méthode C-moyenne floue FCM

Fuzzy C-Means (FCM) est un algorithme de classification non-supervisée floue. Il introduit la notion d'ensemble flou dans la définition des classes : chaque point dans l'ensemble des données appartient à chaque cluster avec un certain degré, et tous les clusters sont caractérisés par leur centre de gravité.

Comme les autres algorithmes de classification non supervisée, il utilise un critère de minimisation des distances intra-classe et de maximisation des distances inter-classe, mais en donnant un certain degré d'appartenance à chaque classe pour chaque pixel. Cet algorithme nécessite la connaissance préalable du nombre de clusters et génère les classes par un processus itératif en minimisant une fonction objective. Ainsi, il permet d'obtenir une partition floue de l'image en donnant à chaque pixel un degré d'appartenance (compris entre 0 et 1) à une classe donnée. Le cluster auquel est associé un pixel est celui dont le degré d'appartenance sera le plus élevé.

Les principales étapes de l'algorithme Fuzzy C-means sont :

- La fixation arbitraire d'une matrice d'appartenance ;
- Le calcul des centroïdes des classes ;
- Le réajustement de la matrice d'appartenance suivant la position des centroïdes ;
- Calcul du critère de minimisation et retour à l'étape 2 s'il y a non convergence de critère [34].

L'algorithme de FCM :

1. Soit $X^i = (x_1, x_2, \dots)$ les vecteurs représentant les individus à classer.
2. Fixer les paramètres :
 - m : coefficient flou.
 - C : le nombre de classes.
 - ε : critère d'arrêt.
3. Initialiser le vecteur V par C centre aléatoirement choisis.
4. Calculer la matrice U de la taille $(C \times n)$ par les équations :

$$\mu_{ik} = \left(\sum_{j=1}^C (D_{jk})^{\frac{2}{m-1}} \right) / \left(\sum_{j=1}^C (D_{jk})^{\frac{2}{m-1}} \right)$$

D_{jk} est la distance entre l'individu k et le centre V_j .

5. Calculer le nouveau centre de chaque classe à l'aide de l'équation :

$$V_i = \left(\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m x_k \right) / \left(\sum_{k=1}^n (\mu_{ik})^m \right)$$

6. Mettre à jour la matrice U et incrémenter le compteur t .
7. Calculer la distance entre les nouveaux et les anciens centres par :

$$h = \|V^{t-1} - V^t\|$$

8. Répéter les étapes de 3 à 6 tant que $h > \varepsilon$ [35].

IV.2.5. La méthode d'Otsu

La méthode d'Otsu essaye de trouver le seuil T qui sépare l'histogramme de façon optimale en deux segments (qui maximise la variance inter-segments ou bien qui minimise une mesure de variance intra-segments). Le calcul de la variance inter classes ou intra classes est basée sur l'histogramme normalisé $H = [h_0 \dots h_{255}]$ de l'image d'où $h_i = 1$.

La variance inter classes pour chaque seuil t est donnée par :

$$\sigma_{inter}^2 = q_1(t) \times q_2(t) \times [\mu_1(t) - \mu_2(t)]^2 \quad [36].$$

Les grandes lignes de l'Algorithme d'Otsu :

1. On balaie toutes les valeurs de seuil possible T.
2. Pour chaque seuil T :
 - On calcule les moyennes et les variances de chaque classe

Moyenne μ_1 et μ_2

$$\mu_1 = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} h(i) \quad \text{et} \quad \mu_2 = \frac{1}{256-T} \sum_{i=T}^{255} h(i)$$

Variances σ_1^2 et σ_2^2

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^{T-1} (h(i) - \mu_1)^2 \quad \text{et} \quad \sigma_2^2 = \frac{1}{256-T} \sum_{i=T}^{255} (h(i) - \mu_2)^2$$

- On s'intéresse à la variance intra-classes

$$\sigma_w^2 = P_1 \cdot \sigma_1^2 + P_2 \cdot \sigma_2^2$$

Avec :

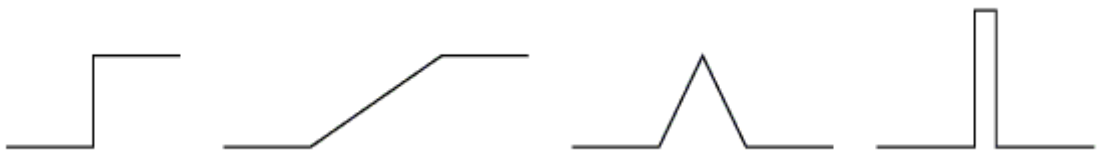
$$P_1 = \frac{1}{N.M} \sum_{i=0}^{T-1} h(i) \quad \text{et} \quad P_2 = \frac{1}{N.M} \sum_{i=T}^{255} h(i)$$

3. Le seuil optimal est celui qui donne σ_w^2 minimum [37].

IV.3. Approche contour**IV.3.1. Définition**

Dans une image, un contour peut être considéré de différentes manières. Nous allons décrire ici trois principales manières de considérer un contour :

Premièrement, un contour peut être vu comme un changement brusque de l'intensité de l'image existe plusieurs types de variations comme le montre la figure.



FigureII.8. Profil de contours : marche, rampe, toit, pic

Deuxièmement, une façon très proche de celle citée ci-dessus est de considérer les contours comme une différence sur la couleur.

Troisièmement, si on considère l'image comme étant un signal 2D, on peut passer dans le domaine fréquentiel (par transformée de Fourier ou d'ondelette par exemple).

IV.3.2. Principe de la détection par dérivation

Lorsque l'on considère un contour comme une variation de l'intensité lumineuse, on pense tout naturellement à la dérivation pour déterminer les variations de l'image.

Dans ce cas, on applique généralement la dérivation à la luminance de l'image. Cette dérivation va donc annuler les zones de faibles variations (intensités uniformes) et retourner de forts coefficients lors de variations importantes (contours). Tout d'abord, afin de pouvoir effectuer une dérivation à l'image, il va falloir discrétiser les équations de dérivation car on ne peut appliquer une dérivation continue sur une fonction discrète. L'élément minimal étant le pixel, les dérivées premières dans les directions x et y s'écrivent :

$$\frac{dI}{dx}(x, y) = I(x-1, y) - I(x, y) \text{ et } \frac{dI}{dy}(x, y) = I(x, y-1) - I(x, y)$$

Nous allons présenter des filtres qui une fois appliqués à l'image selon le principe de filtrage, donnent une image résultante correspondant à des dérivées. Par exemple, les filtres correspondant aux dérivées partielles en x et en y d'ordre 1 sont :

$$\begin{bmatrix} 1 & -1 \end{bmatrix} \text{ et } \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

Les deux principales techniques de détection de contour utilisant les dérivations sont :

- **L'approche du gradient**

Elle consiste à extraire les zéros de la dérivée seconde dans la direction du gradient.

$$\vec{G} = \begin{pmatrix} dI/dx \\ dI/dy \end{pmatrix}$$

Voici quelques exemples sur les détecteurs gradient :

- **Détecteur Robert**

La technique de détection proposée par Robert est une application directe du calcul du gradient et consiste à utiliser deux filtres linéaires pour calculer les dérivées dans les directions $\pi/4$ et $3\pi/4$:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \text{ et } \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

Ce détecteur est malheureusement très localisé et donc très sensible au bruit, ce qui nuit grandement à ses performances. Les autres sont moins sensibles au bruit et offrent de meilleurs résultats.

- **Détecteurs Sobel et Prewitt :**

Ces détecteurs utilisent un filtre linéaire qui a l'avantage d'effectuer deux opérations en même temps, soit un lissage de l'image et une dérivation. Ils restent sensibles au bruit mais donnent de bons résultats sur des images non bruitées. Voici les deux filtres impliquant un opérateur horizontal et un opérateur vertical.

$$\begin{bmatrix} 1 & \alpha & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -\alpha & -1 \end{bmatrix} \quad \text{et} \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ \alpha & 0 & -\alpha \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

$\alpha = 1$ pour Prewitt

$\alpha = 2$ pour Sobel

Ces opérateurs calculent les variations dans seulement deux directions et ont tendance à donner des contours légèrement épais, ce qui dans certains cas peut être gênant. Cependant, il existe des détecteurs qui font des rotations sur les coefficients des filtres pour inclure des dérivées dans d'autres directions. C'est ce que fait le détecteur suivant.

- **Détecteur de Kirsch**

Lorsque plusieurs contours se rejoignent en un point, la détection sur seulement deux directions peut être insuffisante. La détection de Kirsch utilise huit filtres calculant les contours dans huit directions différentes. Cependant, les faibles résultats et la lourdeur de ce détecteur font qu'il est peu utilisé.

$$\begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix} \dots$$

Les autres filtres sont obtenus en continuant la rotation des coefficients. Il est aussi possible d'utiliser les huit filtres dans ces mêmes directions pour les dérivations de Sobel et Prewitt.

Les techniques suivantes utilisent des filtres différents pour calculer les contours. Plutôt qu'une simple dérivation, on filtre l'image avant de la dériver [29].

- **Le filtre Canny**

Canny a proposé en 1983 une étude théorique de la détection de contour. Son étude s'est limitée au cas de la dimension 1, c'est à dire la détection des variations dans un signal bruité.

Il a le premier formalisé trois critères que doit valider un détecteur de contour :

- **Détection** : robustesse au bruit ;
- **Localisation** : précision de la localisation du point contour ;
- **Unicité** : une seule réponse par contour.

A chaque critère est associée une formule mathématique. La maximisation de ces critères conduit à la résolution d'une équation différentielle dont la solution est le filtre f , qui permet la détection du contour. La position du contour correspond à :

$$\text{Max} (I * f) (x)$$

En fixant des conditions initiales, Canny a montré que cette solution générale pouvait être approximée par :

$$f(x) = -(x / \text{tau}^2) e^{-\frac{x^2}{2\text{tau}^2}}$$

C'est à dire la dérivée du filtre gaussien.

Le passage à un espace à 2 dimensions (une image) se fait alors simplement car le filtre gaussien étant séparable, on a :

$$f(x, y) = f(x) \cdot f(y)$$

Le calcul du gradient sur une image se ramène donc à deux balayages (un en ligne et un en colonne).

- **L'approche Laplacien**

Elle revient à chercher les pixels où le Laplacien s'annule.

$$L(x, y) = \frac{d^2 I}{dx^2} + \frac{d^2 I}{dy^2}$$

On peut calculer le Laplacien grâce aux filtres d'approximation suivants :

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \text{ ou } \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Dans la suite, nous verrons plusieurs détecteurs basés sur la dérivation discrète d'une image. Comme la manière de faire cette dérivation n'est pas unique, il existe un grand nombre de filtres permettant d'approcher les résultats. Ce sont ces filtres que nous présentons maintenant [33].

Exemples :

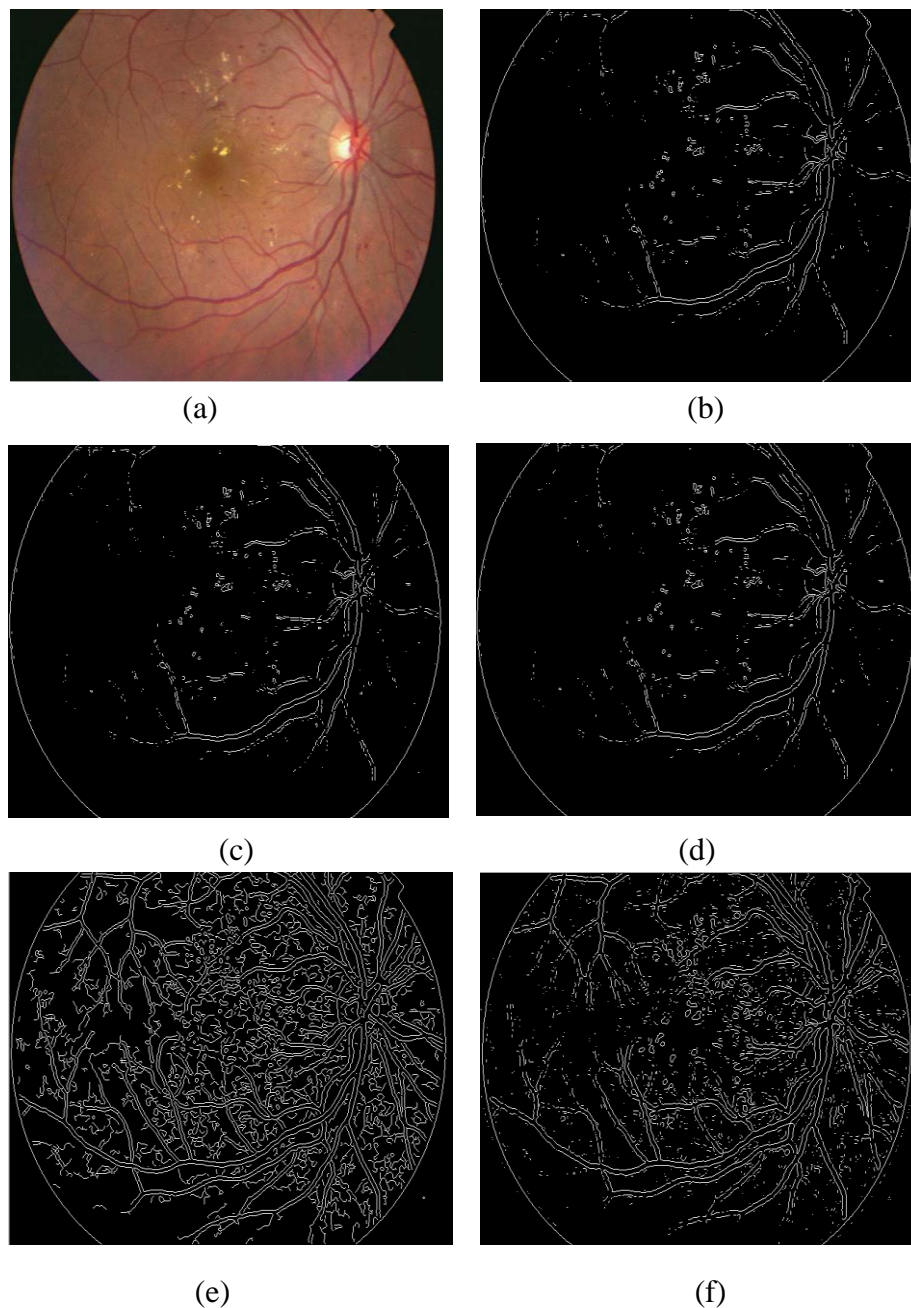


Figure II.9 . Détection de contour

(a)Image originale, (b) Détecteur Robert, (c) Détecteur Prewitt, (d) Détecteur Sobel
(e) Filtre Canny, (f) Laplacien.

V. Morphologie mathématique

La morphologie mathématique est une théorie de traitement non linéaire de l'information apparue en France dans les années 60 (G. Matheron & J. Serra, Ecole des Mines de Paris), et qui est aujourd'hui très largement utilisée en l'analyse d'images.

Le principe de base de la morphologie mathématique est de comparer l'image à analyser par rapport à un ensemble de géométrie connue appelé élément structurant que l'on déplace de façon à ce que son origine passe par toutes les positions de l'image, pour mettre en évidence certaines caractéristiques de l'image [38].

V.1. Élément structurant

L'élément structurant est un objet de référence permettant d'étudier les images ou objets binaires à l'aide d'opérateurs (réunion, intersection). Il est caractérisé par sa forme et sa taille.

L'élément structurant est déplacé de façon à ce que son centre x passe successivement par toutes les positions possibles dans l'image binaire [30].

Exemple :

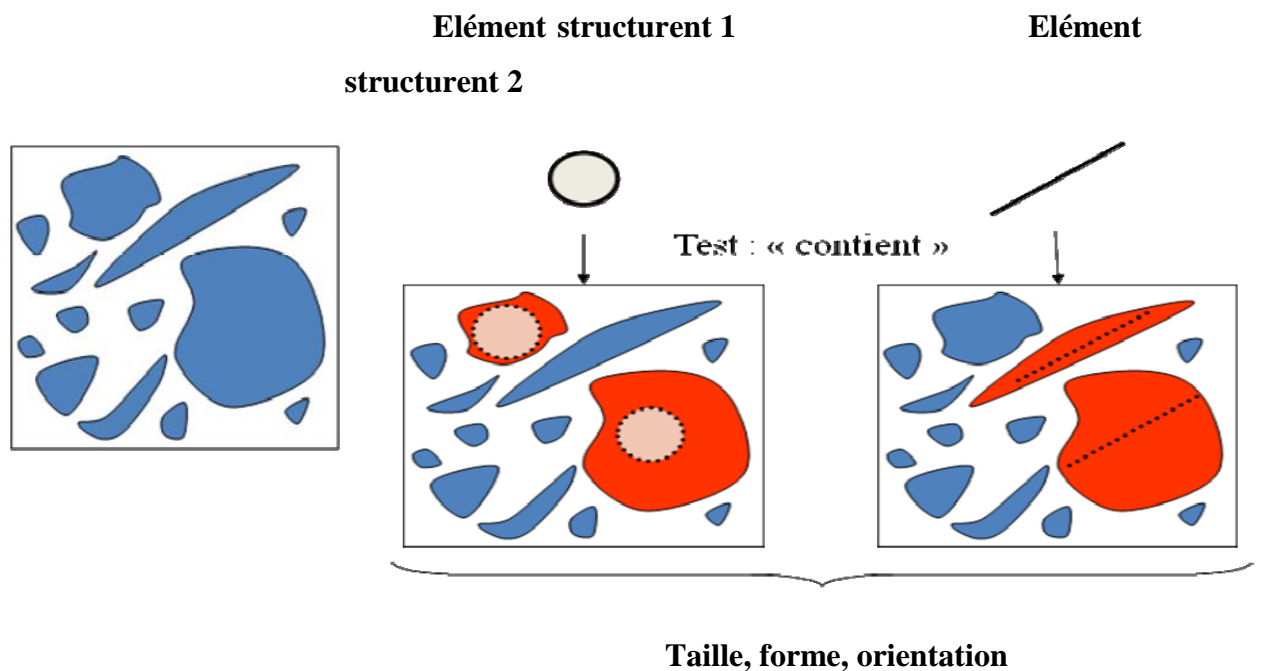


Figure II.10. Élément structurant

V.2.L'érosion et dilatation

L'érosion et la dilatation sont les opérateurs de base de la morphologie mathématique.

Elles sont `à l' origine d'un très grand nombre de transformations plus élaborées (fonction de distance, filtres morphologique, gradient morphologique...) [30].

Dans ce qui suit, nous nous contenterons d'évoquer ces opérateurs, leurs définitions et leurs propriétés.

V.2.1 .Erosion

L'érosion morphologique d'un objet X par l'élément structurant B est définie par le principe de dualité :

$$\varepsilon_B(\overline{X}) = \overline{\delta_B(X)}$$

$$\varepsilon_B(X) = \overline{\delta_B(\overline{X})} = \overline{X \oplus \overline{B}} = \overline{\bigcup_{b \in \overline{B}} X_b} = \bigcap_{b \in \overline{B}} X_b = X \ominus \overline{B}$$

$\varepsilon_B(X) = \{ Z / B_Z \subset X \}$: C'est le lieu géométrique des points z (centre de l'élément structurant B) tels que B_z est inclus dans X .

- **Caractéristiques de l'image érodée**

- Les objets de taille inférieure à celle de l'élément structurant disparaissent de l'image résultat.
- Les autres objets sont amputés d'une partie correspondant à la taille de l'élément structurant.
- S'il existe des trous dans les objets, c'est à dire des morceaux de fond à l'intérieur des objets, ils sont accentués.
- Des parties d'un objet initialement reliées entre elles peuvent être séparées.
- Une érosion avec un élément structurant de taille importante peut se souvent se réaliser en répétant plusieurs fois une érosion avec un élément structurant de taille plus faible [39].

V.2.2. Dilatation

La dilatation binaire d'un ensemble X par un élément structurant B est définie comme l'ensemble obtenu par addition de Minkowski de X par le symétrique de B par rapport à son \check{B} centre :

$$D(X, B) = X \oplus \check{B} = \{x + y / x \in X, y \in \check{B}\}.$$

$\delta_B(X) = \{Z / B_Z \cap X \neq \emptyset\}$: C'est le lieu géométrique des points z tels que B_z intersecté X .

- **Caractéristiques de l'image dilatée**

- La dilatation est l'opération duale (ou inverse) de l'érosion: elle consiste à éroder le complémentaire de l'image, puis à compléter le résultat.
- Tous les objets grossissent d'une partie correspondant à la taille de l'élément structurant.
- S'il existe des trous dans les objets, c'est à dire des «morceaux» de fond à l'intérieur des objets, ils peuvent être comblés.
- Si des objets sont situés à une distance moins grande que la taille de l'élément structurant, ils peuvent fusionner.
- Une dilatation avec un élément structurant de taille importante peut se souvent se réaliser en répétant plusieurs fois une dilatation avec un élément structurant de taille plus faible [39].

Exemples :

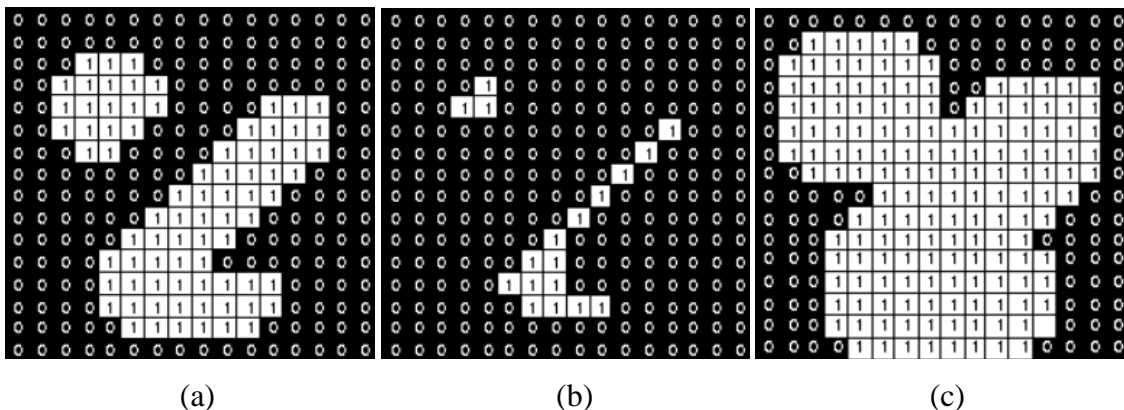


Figure II.11. (a) image initiale, (b) image érodée, (c) image dilatée

V.3. Les ouvertures et fermetures morphologiques

V.3.1. Ouverture

L'ouverture ensembliste par un élément structurant B est la combinaison d'une érosion par B suivie par une dilatation par le transposé de B :

$$O^B(X) = D^{\check{B}}(E^B(X))$$

On note :

$\Upsilon_B(X) = X \circ B = \delta_{\check{B}}(\varepsilon_B(X)) = (X \ominus \check{B}) \oplus B$: l'ouverture morphologique de X par B .

- **Caractéristiques de l'image résultat**

L'ouverture a pour propriété d'éliminer toutes les parties des objets qui ne peuvent pas contenir l'élément structurant [39].

V.3.2. Fermeture

La fermeture ensembliste par un élément structurant B est la combinaison d'une dilatation par B suivie par une érosion par le transposé de B :

$$F^B(X) = E^{\check{B}}(D^B(X))$$

On note :

$\varphi_B(X) = X \bullet B = \varepsilon_{\check{B}}(\delta_B(X)) = (X \oplus \check{B}) \ominus B$: la fermeture morphologique de X par B .

- **Caractéristiques de l'image résultat**

La fermeture a pour propriété de combler tous les espaces entre les objets qui ne peuvent pas contenir l'élément structurant [39].

- **Le gradient morphologique**

La détection de contours représente une tâche importante en traitement d'images. La morphologie mathématique propose des outils non-linéaires de détection de contours, comme le gradient morphologique [38].

Le gradient morphologique : aussi appelé gradient de Beucher du nom de son inventeur, est défini par:

$$\text{Grad}_B(X) = \delta_B(X) - E_B(X)$$

Le gradient morphologique interne :

$$\text{Grad}^{\Gamma}(X) = X - E^B(X)$$

Le gradient morphologique externe:

$$\text{Grad}^{\Gamma}(X) = \delta_B(X) - X$$

Le gradient morphologique mesure en fait en chaque point de l'image la différence entre le maximum et le minimum des niveaux de gris sur le voisinage défini par l'élément structurant [40].

Exemple :



(a)

(b)

Figure II.12 : (a) image initiale, (b) image gradient

VI. Conclusion

La segmentation d'images est un domaine vaste où l'on retrouve de très nombreuses approches. Elle est de loin la phase la plus délicate de l'analyse d'images car elle doit permettre d'interpréter la scène aussi bien que le ferait un observateur. Elle conditionne des prétraitements et amélioration de l'image segmentée.

Dans ce chapitre nous avons présenté en détail des méthodes de segmentation intéressantes pour notre travail, elles concernent la méthode **Fuzzy-C-means** et la méthode d'**Otsu**, les résultats expérimentaux seront discutés dans le chapitre suivant.

Chapitre III :

Résultats et interprétations

I. Introduction

La segmentation, un traitement de base ayant pour but de partitionner l'image en des régions homogènes qui représentent normalement les objets, est un problème classique mais très considéré. C'est évident qu'il n'existe pas toujours une solution idéale pour tous les cas. Plusieurs solutions ont été proposées pour résoudre ce problème de segmentation d'images du plus général au plus particulier. Cependant, chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients tels que la manipulation des paramètres, la complexité de calcul.

Ce dernier chapitre est consacré à l'application des algorithmes pour l'extraction du noyau et du cytoplasme que nous avons déjà présenté dans le chapitre précédent, ainsi que les résultats obtenus.

II. Notre contribution

L'objectif de notre travail est de séparer le noyau et le cytoplasme de globule blanc par des méthodes de la segmentation pour l'aide au diagnostic en cancérologie. Le schéma de la figure suivante « Figure III.1 » illustre la mise en œuvre de notre approche avec ses différentes étapes :

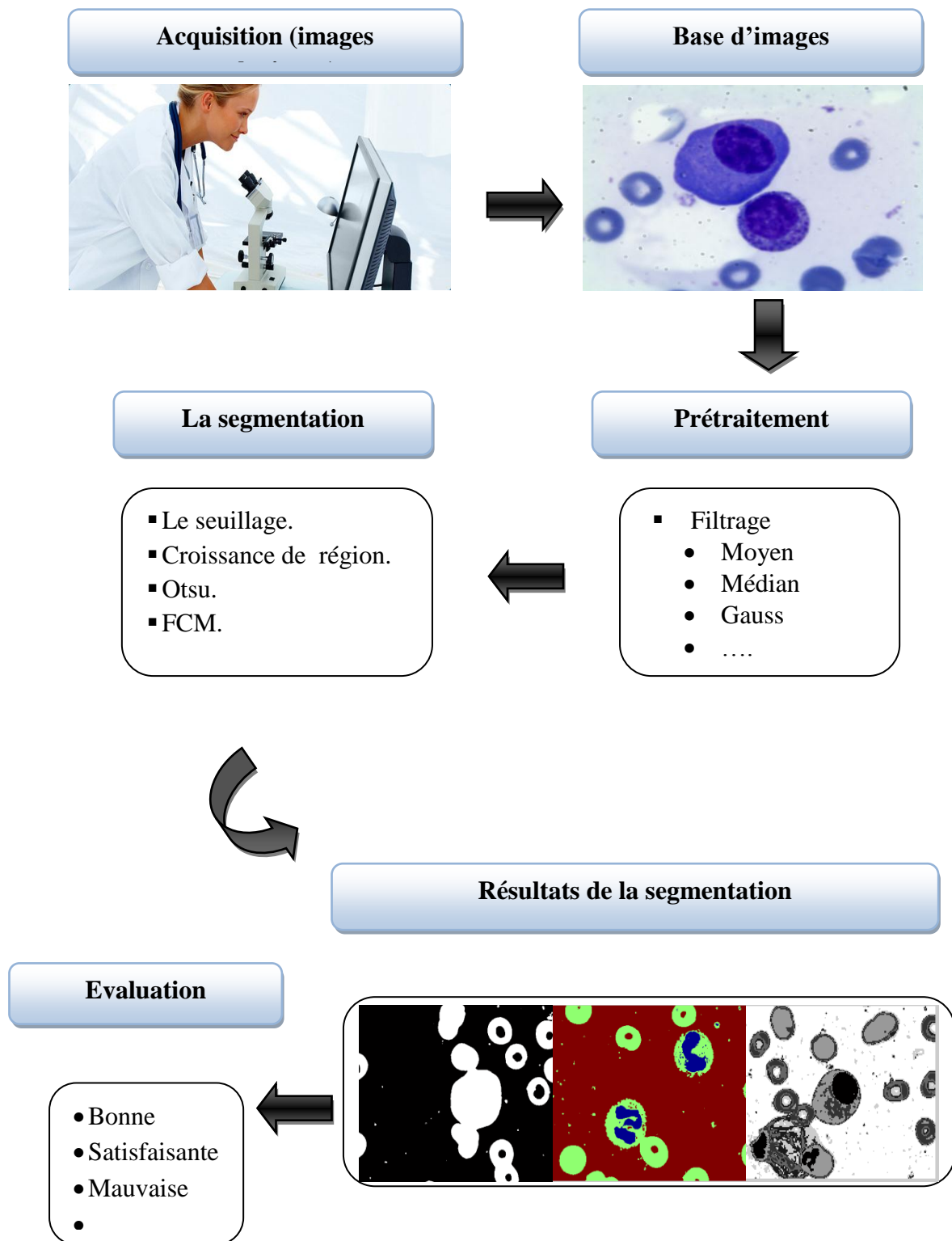


Figure III.1. Schéma de différentes étapes de l'analyse des images cytologiques

II.1 Acquisition d'images

Le processus d'acquisition des images est schématisé par la figure suivante :

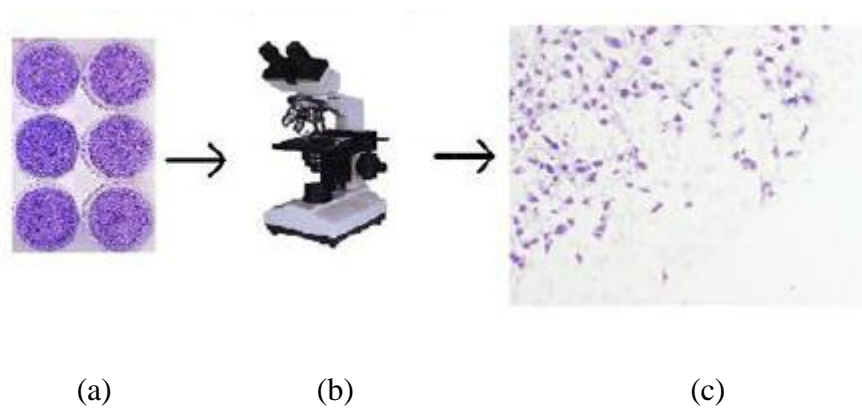


Figure III.2. Acquisition des images couleurs

(a) Coloration et fixation (b) Acquisition microscopique (c) Image couleur.

- **Fixation**

La procédure de fixation et coloration permet :

- D'augmenter la visibilité des cellules ;
- D'accentuer les particularités morphologiques des cellules ;
- De conserver l'échantillon en vue d'expériences ultérieures.

- **Coloration**

Après la fixation, vient l'étape de coloration qui met en évidence certaines structures afin d'en faciliter l'étude.

- Bleu de méthylène.
- Eosine.

Une meilleure acquisition de l'image d'une plaque cellulaire permet d'avoir une bonne qualité en termes d'exploitation des informations que contient cette dernière. Même avec une meilleure acquisition nous avons besoin d'appliquer des traitements sur l'image. A fin de rendre nos résultats plus fiables.

II.2. Base d'images

La base d'images sur laquelle nous avons travaillé est réelle. Elle est acquise dans le service d'hémobiologie de Tlemcen CHU. Il s'agit de six images couleurs de taille [768 x3072] et de type 'bmp'.

II.3. Prétraitement

Avant la segmentation des images, il faut procéder par un prétraitement destiné à réduire le bruit et de renforcer les contrastes locaux. Cette étape ne doit pas altérer l'information utile contenue dans l'image et donc par conséquent améliorer la qualité de la segmentation.

Le prétraitement fait appel aux techniques de filtrage qui a le principe de modifier la valeur des pixels d'une image. C.-à-d. il s'agit de créer une nouvelle image en se servant des valeurs des pixels de l'image d'origine.

Nous avons appliqué les filtres moyen, médian et gaussien sur les images de la base qui sont illustrées ci-dessous :

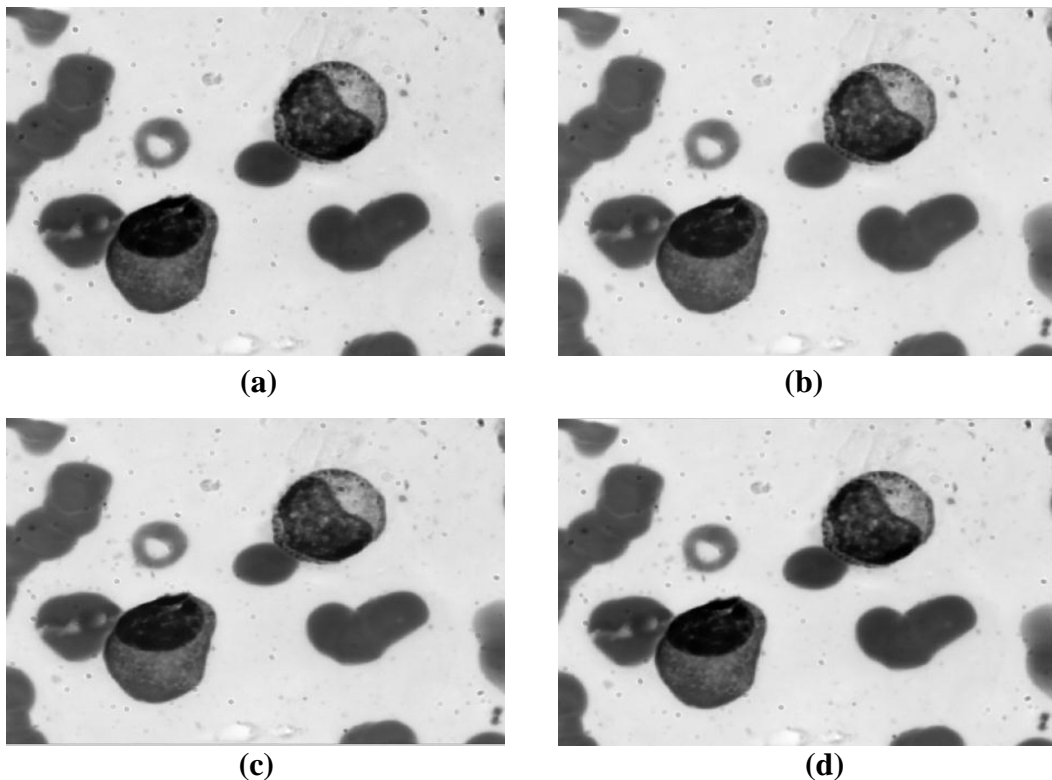


Figure III.3. Filtrage

(a)Image au NG, (b) Filtre médian, (c) Filtre gauss, (d) Filtre moyen

Nous remarquons qu'après avoir appliqué les différents filtres sur nos images le résultat reste le même ce qui signifie qu'elles ne sont pas bruitées.

II.4. La segmentation

L'analyse de l'image fait appel à la segmentation où l'on va tenter d'associer à chaque pixel de l'image un label en s'appuyant sur l'information portée (niveaux de gris ou couleur), sa distribution spatiale sur le support image, des modèles simples (le plus souvent des modèles géométriques).

La segmentation peut être réalisée par deux principales approches :

II.4.1. Approches de détection de discontinuité

La détection de contour est une étape préliminaire à de nombreuses applications de l'analyse d'images. Les contours constituent en effet des indices riches, au même titre que les points d'intérêts, pour toute interprétation ultérieure de l'image.

Donc l'approche contour consiste à identifier les transitions entre les régions à l'aide de techniques de détection de contour que nous allons appliquer ci-dessous :

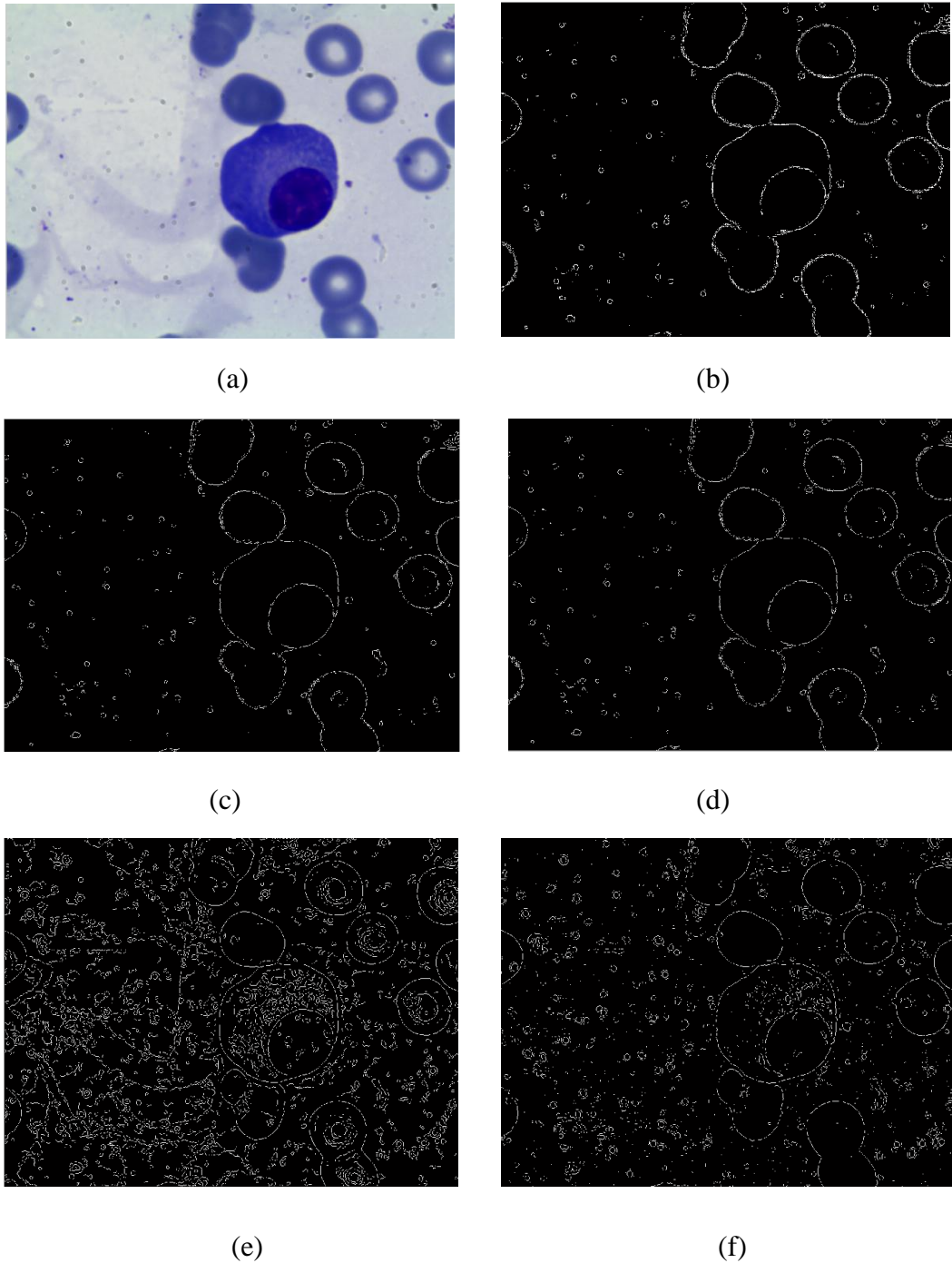


Figure III.4. Détection de contour

(a) Image originale, (b) Robert, (c) Prewitt, (d) Sobel, (e) Canny, (f) Laplacian

Les approches de la détection de contours nous offrent de mauvais résultats car elles ont détecté des contours d'objets inutiles surtout dans le filtre Canny.

II.4.2.Approche de détection de similarité

L'approche région permet donc d'aboutir directement à une partition de l'image. Dans cette approche nous avons appliqué des différentes méthodes constituées de : Le seuillage, la croissance de région, les méthodes d'otsu et fuzzy -c- means.

- **Le seuillage**

Le seuillage d'images est la méthode la plus simple de segmentation d'images. À partir d'une image en niveau de gris, le seuillage d'image peut être utilisé pour créer une image comportant uniquement deux valeurs, noir ou blanc.

Nous avons appliqué cette méthode sur les images de base qui sont illustrées ci-dessous :

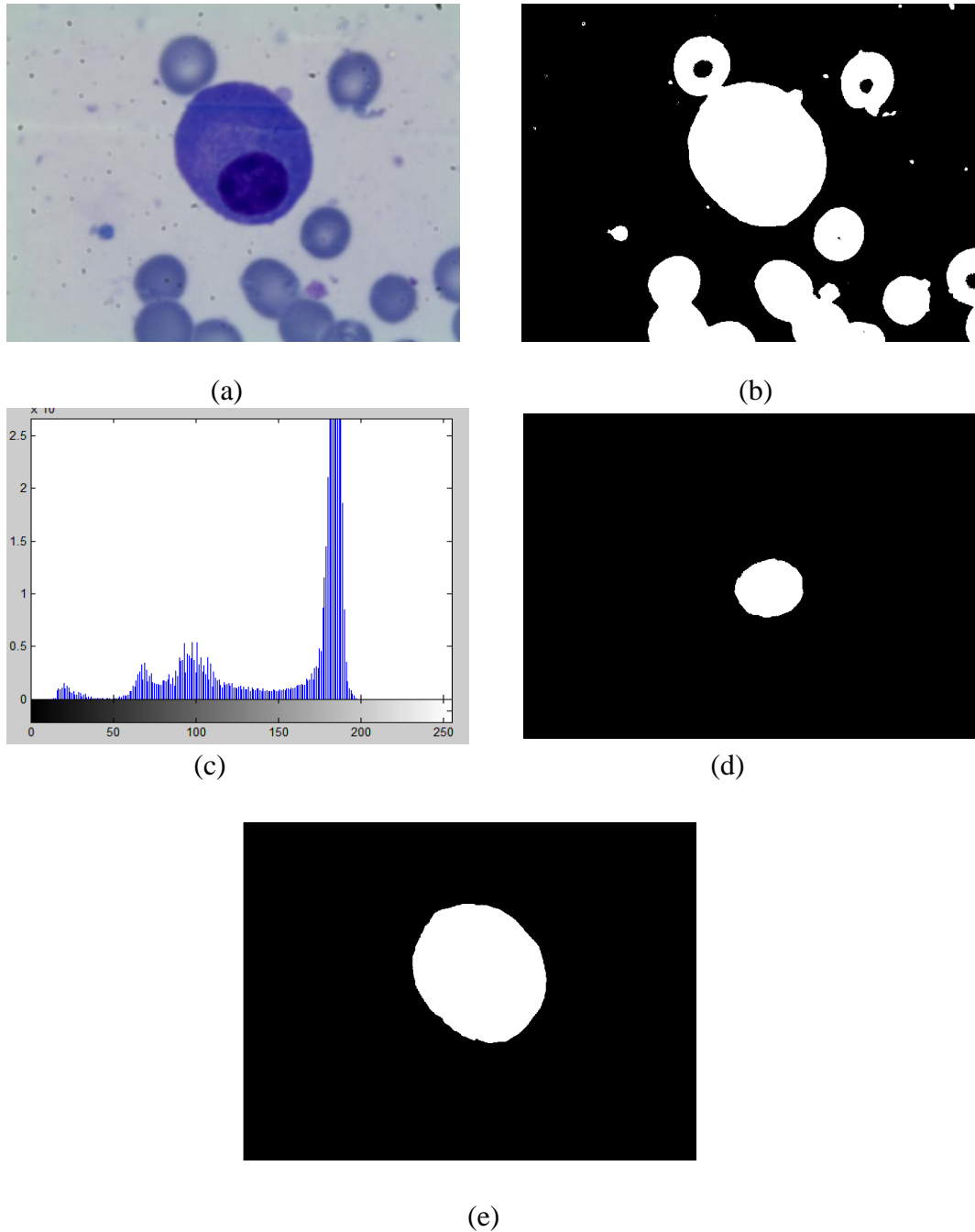


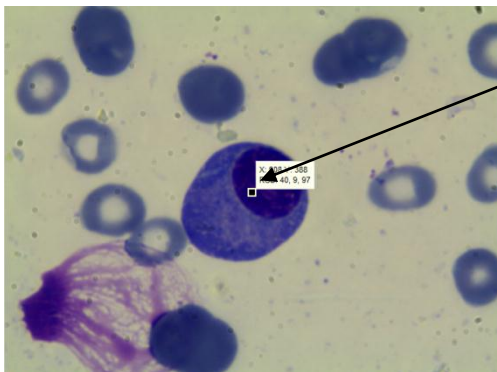
Figure III.5. Seuillage

(a) Image originale, (b) Seuillage automatique (c) L'histogramme, (d) Le seuil<44, (e) Le seuil<90.

Dans cette approche nous avons appliqué la méthode la plus simple : le seuillage. Cette méthode nous a donné de bon résultat dans le cas du seuillage manuelle car nous avons pu séparer le noyau et le cytoplasme du globule blanc à l'aide de la répartition des pixels de l'histogramme. Tandis que les résultats obtenus par le seuillage automatique sont assez médiocres, en effet cette méthode a été incapable de séparer le noyau et le cytoplasme du globule blanc.

- **Croissance de région**

Les algorithmes de croissance de régions sont fondés sur l'agrégation progressive des pixels à partir d'un point initial appelé « germe », selon un critère .les points voisins du germe sont successivement examinés ; s'il vérifient le critère d'agrégation, ils sont inclus à la région et deviennent à leur tour un germe ; dans le cas contraire, ils sont rejetés .



Le point initial « germe ».

x=508 ; y=388

Nous avons appliqué l'algorithme sur nos images, nous avons obtenus les résultats suivants :

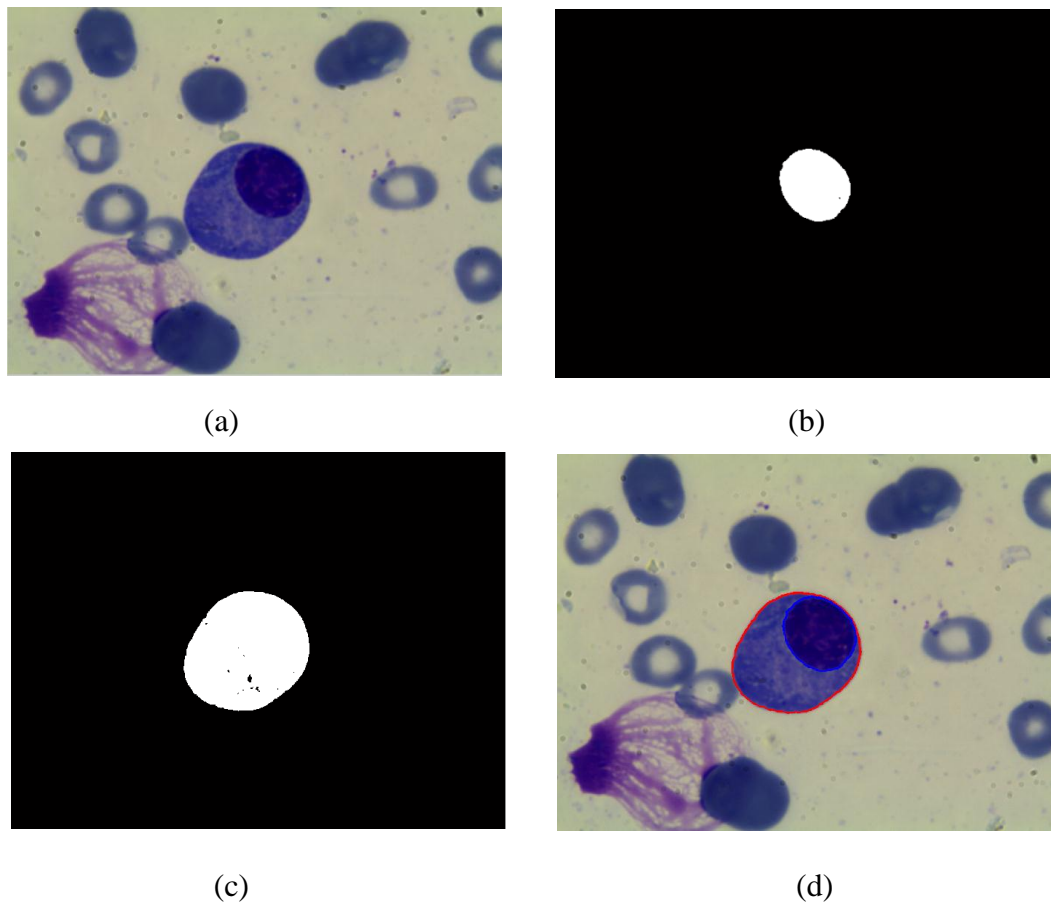


Figure III.6. Croissance de région
 (a) Image originale, (b) Homogénéité=0.11, (c) Homogénéité=0.15,
 (d) Superposition les contours de régions sur l'image originale.

La méthode croissance de région nous a donné des bons résultats, elle consiste à l'extraction des objets qui nous intéressent (le noyau et le cytoplasme). Et on a pu différencier chaque région par superposer les contours de ces derniers sur l'image originale.

- **La méthode Otsu**

La méthode que nous avons utilisé est une méthode de seuillage multi-niveaux basée sur la méthode de Otsu .Elle consiste à déterminer, pour un nombre de régions donné, les valeurs optimales des différents seuils en se basant sur la variance des subdivisions.

Nous avons appliqué cette méthode sur nos images et voici ce que nous avons obtenu comme résultats :

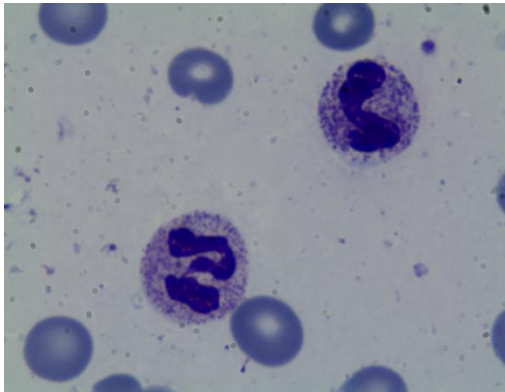
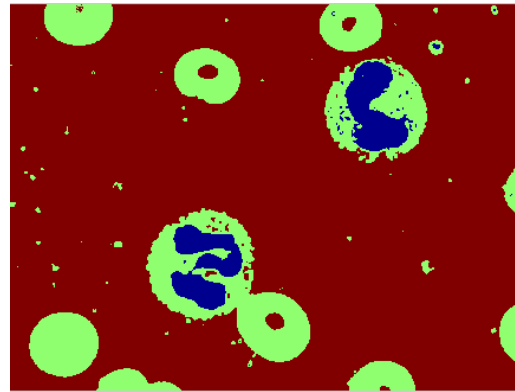


Image originale 1



N=3

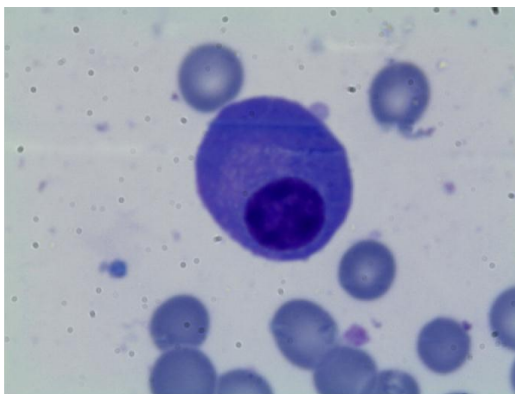
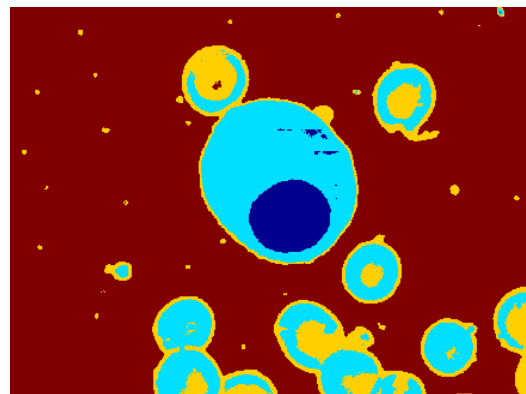


Image originale 2



N=4

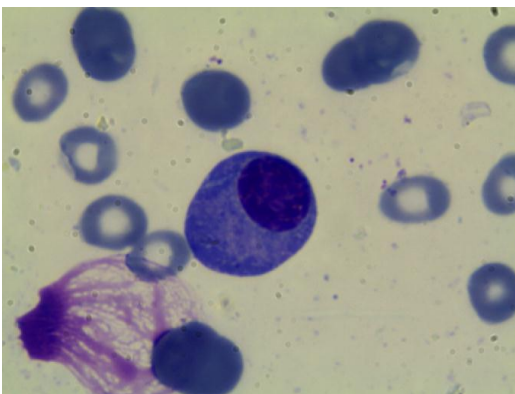
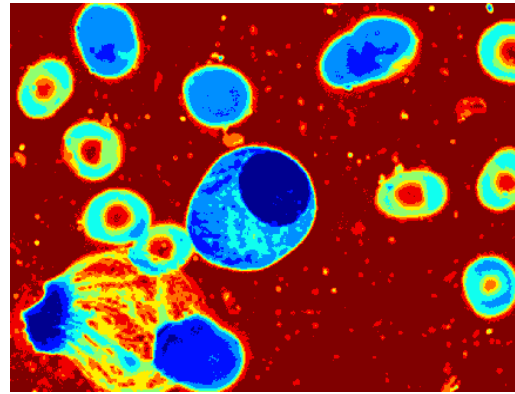


Image originale 3



N=9

Figure III.7. La méthode Otsu

Dans cette méthode nous avons essayé de déterminer le nombre de classes idéal pour pouvoir séparer le noyau et le cytoplasme.

Nous avons obtenu des résultats satisfaisants pour les images 1 et 2 par contre le résultat de l'image 3 est moins bon parce que nous avons différentes teintes de gris.

- **La méthode Fuzzy-C-Means**

Cet algorithme nécessite la connaissance préalable du nombre de clusters et génère les classes par un processus itératif en minimisant une fonction objective.

Nous avons appliqué l'algorithme sur nos images, nous avons obtenu les résultats suivants :

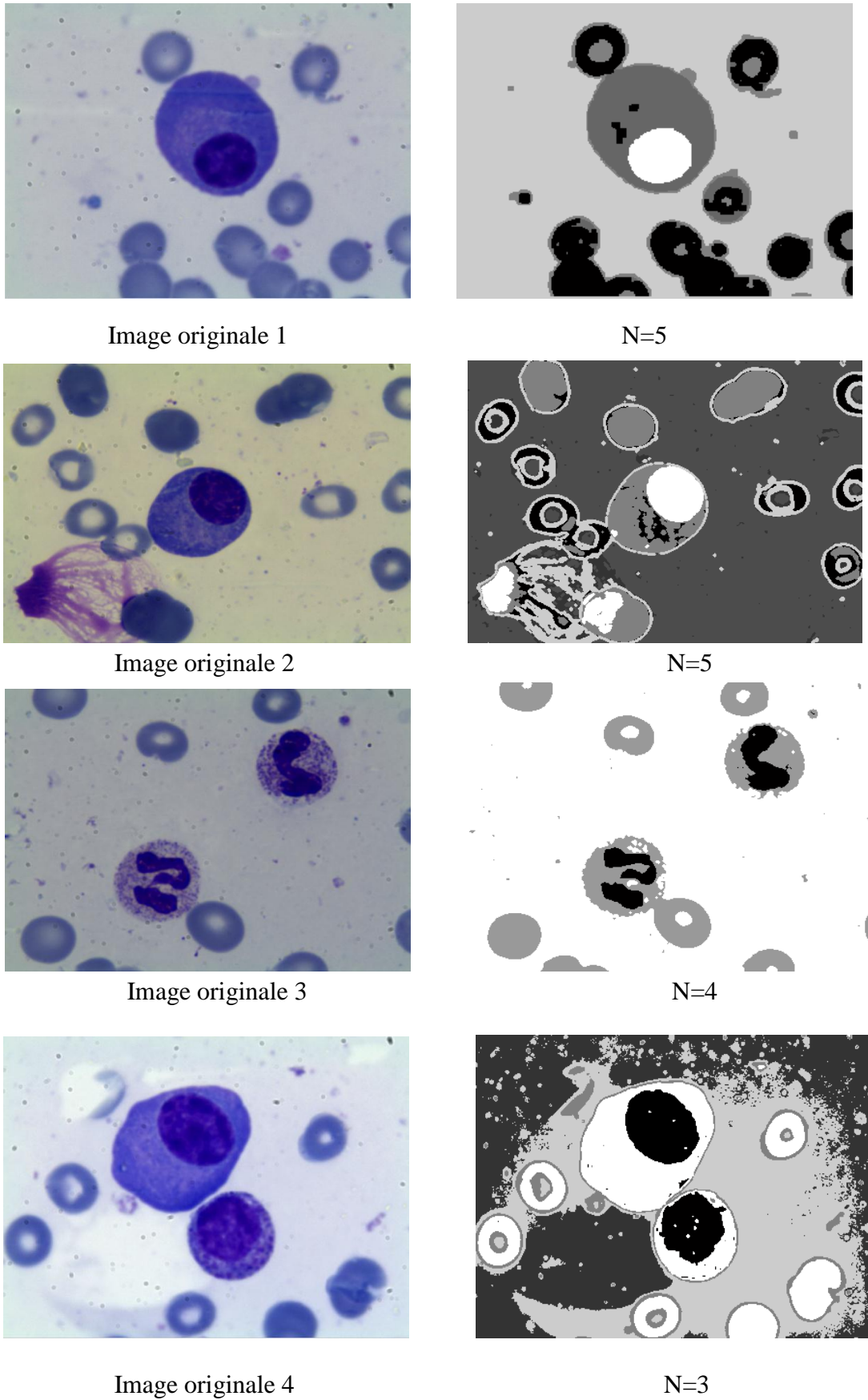


Figure III.8. La méthode FCM

Cette méthode nous a donné les résultats satisfaisants en nous permettant d'extraire le noyau et le cytoplasme du globule blanc pour chaque image et ceci en initialisant le nombre de classes (cluster) et en ayant recours à quelques opérateurs morphologiques (imdilate, imclose,...)

II.5. Résultats et interprétations

Puisque nous avons des images qui ne sont pas bruitées donc on n'a pas besoin de l'étape du prétraitement, en suite nous avons fait appel aux différentes techniques de la segmentation.

- **Approche contour**

- **L'approche gradient**

Consiste à extraire les extrema locaux de la norme N . Le but du calcul du gradient est de déterminer la direction selon laquelle la variation locale des niveaux de gris est la plus forte (direction du gradient) ainsi que l'intensité de cette variation (norme du gradient).

Il s'agira d'effectuer une sélection des contours les plus marqués, c'est-à-dire les points de plus fort contraste par un seuillage adéquat.

Dans nos images nous avons appliqué des différents opérateurs de gradient : Robert, Prewitt, Sobel. Pour chaque opérateur, deux masques sont utilisés de façon à déterminer le gradient de l'image dans deux directions orthogonales, horizontale et verticale.

✓ Le majeur inconvénient de ces masques réside dans leur forte sensibilité au bruit du fait de l'implémentation de la dérivation, mais ce n'est pas le cas de nos images.

- **Le filtre Canny**

Est une approche analytique plus élaborée et employée, Il s'agit d'une technique de filtrage optimal. Il a en effet cherché à déterminer le contour de façon analytique à partir de trois critères :

- Un critère de bonne détection garantissant une réponse forte en sortie du filtre même en présence de faibles contours sur l'image d'entrée, mais pour le cas de nos images cette caractéristique est considéré comme un inconvénient ;

- Un critère de bonne localisation du contour ;
- Un critère d'unicité de la réponse permettant d'assurer une seule détection pour un contour et ainsi d'éviter les effets de rebond.

- **L'approche Laplacian**

Il s'agit de détecter les passages par zéro en conservant uniquement les passages les plus marqués. En effet, la technique est particulièrement sensible au bruit en raison de la double dérivation. Il s'agit donc de ne pas considérer le bruit, comme un contour.

✓ Ces approches ne conviennent pas à nos images.

- **Approche région**

- **Le seuillage**

C'est la méthode la plus simple basée sur la séparation entre les objets en s'intéressant à l'information en niveaux de gris.

Le but du seuillage est de localiser les zones globulaires et tous les pixels appartenant à cette région.

Les avantages du seuillage :

- Universel, temps réel, simplicité d'implémentation.
- Bon Fonctionnement sur des histogrammes multi-modaux.

Les inconvénients :

- Le principal inconvénient de cette technique est que les résultats dépendent des seuils utilisés. Toute modification aux valeurs des seuils peut donner une autre région segmentée. Les seuils sont généralement générés d'une manière interactive en utilisant un retour visuel sur l'histogramme de l'image.
- Un autre inconvénient est que cette technique est très sensible au bruit et à la non-homogénéité des intensités.

- **Croissance de région**

L'objectif de cette méthode est de faire grossir une région en agglomérant des pixels voisins.

Les avantages de la Croissance de région :

- Méthode rapide.
- Conceptuellement très simple.

Les inconvénients de la Croissance de région :

- Méthode locale : aucune vision globale du problème. en pratique, il ya presque toujours un chemin continu de points connexes de couleur proche qui relie deux points d'une image.
- Tenir compte de l'homogénéité globale donne un algorithme sensible à l'ordre de parcours des points.
- Algorithme très sensible au bruit, peu stable.
- Un inconvénient majeur de cette méthode est la nécessité du choix d'un point de départ (germe) pour construire la région d'intérêt (Agrégation de pixels).

▪ La méthode d'Otsu

- Cette méthode est simple à implémenter et donne de bons résultats en général. Cependant, dans les cas des images de documents, les résultats ne sont pas nets, deux différents objets peuvent être confondus.
- Basé sur le fait que les classes sont bien définies et regroupées.
- Un inconvénient majeur de cette méthode est la nécessité du choix de nombre de classes pour construire la région d'intérêt.

▪ Fuzzy c means

- Le FCM est un algorithme très puissant, il est moins sensible aux minimax locaux car à chaque itération aucune décision binaire n'est prise.
- FCM donne une segmentation peu performante étant donné la similitude entre certaines parties du fond de l'image et des caractères.
- Nous remarquons que lorsque les contours ne sont pas bien définis, la segmentation devient difficile.
- Nous avons appliqué la segmentation Fuzzy C-means sur une série d'images en couleur, Après un traitement des fonctions utilisées, nous

avons pu observer que, de manière générale, l'algorithme étudié permet une bonne segmentation et offre des bons résultats.

- D'un point de vue temps de calcul, FCM s'avère être plus efficace pour des images à haute résolution
 - On remarque que le temps de calcul n'est jamais identique pour chaque application d'algorithme étant donné qu'il est influencé par la position initiale des centroides, qui est calculée aléatoirement.
- **Comparaison entre les trois méthodes**
- Nous avons constaté que les deux algorithmes « FCM et Otsu » nécessitent une connaissance préalable du nombre de clusters à déterminer, ce qui rend impossible une éventuelle automatisation du processus. Par leur caractère itératif, ils s'avèrent inefficaces lorsque le nombre de clusters devient important.
 - Il ressort que la méthode croissance de région est plus rapide que les autres algorithmes « FCM et Otsu ».

Critère de comparaison	Croissance de région	La méthode d'Otsu	La méthode Fuzzy-c- means
La segmentation	Bonne segmentation	Satisfaisante	Bonne segmentation
Vitesse d'exécution	Rapide	Moins rapide	Lente
Bruit	Très sensible au bruit	sensible au bruit	sensible au bruit
Impact des différents paramètres	L'initialisation d'un point de départ (germe). Le critère. L'homogénéité (seuil)	L'initialisation de nombre de clusters	L'initialisation de nombre de classes

Tableau III.1. Comparaison entre les trois méthodes

Remarque :

L'approche région nous a donné de meilleurs résultats par rapport à l'approche contour.

III. Environnement du travail

Pour ce travail, nous avons utilisé l'environnement MATLAB.

C'est un outil de simulation largement diffusé, il effectue une présentation claire et concise des techniques. MATLAB offre une très grande capacité de traitement et une souplesse remarquable par rapport à d'autres moyens de simulation, il permet de programmer, de manière très rapide, différents calculs scientifiques et notamment ceux qui font appel à la manipulation des matrices ; il supporte la vectorisation de la plus part des algorithmes de traitement d'images.

IV. Conclusion

Dans le contexte de l'imagerie biomédicale, le but d'un système de segmentation automatique des images cytologiques sont en effet multiples : aide au diagnostic, contrôler l'action d'une thérapie, suivi de l'évolution de l'état du patient, etc.

Après la définition de notre contribution nous avons utilisé des différentes approches de la segmentation en particulier les méthodes Croissance de région, Otsu et FCM qui nous ont donné des résultats satisfaisants afin de séparer le noyau et le cytoplasme du globule blanc.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

Tout au long de ce projet nous avons constaté que l'analyse d'images en général, la segmentation en particulier est un domaine très large qu'on ne peut pas cerner ou limiter à une seule approche ou une méthode particulière.

Après de nombreuses années consacrées à la recherche d'une méthode de segmentation optimale, les chercheurs ont compris que la segmentation idéale n'existait pas. On peut même montrer que le problème de la segmentation est le plus souvent un problème mal posé. Etant donnée une image, il existe toujours plusieurs segmentations possibles. Une bonne méthode de segmentation sera donc celle qui permettra d'arriver à une bonne interprétation. Elle devra être capable de simplifier l'image sans pour autant en avoir trop réduit le contenu. Entre autres, elle devra éviter les choix irréversibles. L'avenir de la segmentation est dans le pilotage aval pour chaque application.

Dans ce travail de recherche nous avons remarqué qu'il existe de nombreuses méthodes et d'algorithmes de segmentation d'images. Notre but est de mettre en œuvre des algorithmes de segmentation pour l'extraction des globules blancs (le noyau et le cytoplasme) afin de renforcer l'aide diagnostic, de minimiser les erreurs médicales et le suivi de l'évolution de certaines maladies, etc..

Nous avons utilisé les méthodes de Croissance de région, Otsu et FCM pour réaliser la tâche de la segmentation.

Ces résultats ne sont pas une fin en soit. Au contraire ils nous mènent à poser les questions sur des perspectives intéressantes comme une segmentation automatisée sans la présence de l'expert médical en faisant appel à d'autres méthodes de segmentation afin d'obtenir une extraction plus précise.

Aussi en perspective, nous proposons d'améliorer l'extraction du noyau et du cytoplasme du globule blanc à travers la méthode de segmentation de Mean Shift afin de faire converger un point vers le maximum local le plus proche.

Bibliographie

Bibliographie

Bibliographie :

- [1] http://www.questmachine.org/article/Le_sang_et_son_r%C3%B4le
- [2] <http://fr.wikipedia.org/wiki/H%C3%A9matologie>
- [3] http://fr.wikipedia.org/wiki/Moelle_osseuse
- [4] <http://dictionnaire.doctissimo.fr/definition-systeme-lymphatique.htm>
- [5] <http://anatomieludique.unblog.fr/le-systeme-lymphatique/>
- [6] <http://www.doctissimo.fr/html/sante/atlas/niv2/systeme-lymphatique.htm>
- [7] <http://membres.multimania.fr/renejacquemet/sport/sang/sang.html>
- [8] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Sang>
- [9] <http://www.docteurcllic.com/encyclopedie/globules-rouges.aspx>
- [10] <http://les-globules-blancs-granulocytes-basophiles-eosinophiles-neutrophiles-lymphocytes-monocytes.html>
- [11] <http://sante-medecine.commentcamarche.net/faq/2038-numeration-formule-sanguine-nfs-les-plaquettes#role-des-plaquettes>
- [12] L.Karlin et T.Coman. « Hématologie ».
- [13] <http://www.dondusang.net/rewrite/article/2377/le-sang-c-est-quoi/les-composants-du-sang/globules-rouges,-plaquettes,-plasma...-quel-role-jouent-ils-dans-l-organisme.htm?idRubrique=95>
- [14] <http://www.web-libre.org/dossiers/anemie,2631.html>
- [15] <http://forum.maladies-du-sang.com/viewtopic.php?id=10>
- [16] <http://www.docteurcllic.com/maladie/anemie-de-biermer.aspx>
- [17] <http://www.docteurcllic.com/maladie/leucemie.aspx#D%C3%A9finition>
- [18] <http://www.e-sante.fr/lymphome-cancer-sang-difficile-iagnostiquer/actualite/1071>
- [19] http://fr.wikipedia.org/wiki/Maladie_de_Hodgkin
- [20] <http://www.modedevieanticancer.com/leucemie.asp>
- [21] <http://www.docteurcllic.com/maladie/thrombopenie.aspx>
- [22] http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/medecine-2/d/thrombose_2857/
- [23] http://www.larousse.fr/encyclopedie/medical/moelle_osseuse/14583
- [24] <http://www.myelomepatients.info/index.php?display=article&rubId=1184&articleId=11392>
- [25] <http://www.myelomepatients.info/index.php?display=article&rubId=1185&articleId=11403>
- [26] <http://perso.univ-lyon2.fr/~mollon/image/ImageNumerique.pdf>

Bibliographie

- [27] Jean-Jacques, « Rousselle Les conteurs actifs, une méthode de segmentation. Application à l'imagerie médicale »,2003
- [28] Slimani Abdeldjalil et Selmane Mohamed Imad, « segmentation des images médicales IRM par la méthode des contours actifs sur le modèle de Mumford-Shah », 2006.
- [29] GUESDON VINCENT, « Détection efficace de contours d'images »,2004
- [30] Boussedi Rym Sabrine et Kenadil Meryem, « Segmentation des tumeurs cérébrales par la ligne de partage des eaux sur des images IRM », 2011
- [31] http://urfist.enc.sorbonne.fr/anciensite/image_numerique/segmentation.htm
- [32] Richard Moussa, « Segmentation multi-agents en imagerie biologique et médicale : Application aux IRM 3D »,2001
- [33] http://glotin.univ-tln.fr/MCBIR/Segmentation_images_principes.pdf
- [34] D'Hondt Frédéric et El Khayati Brahim, « Etude de méthodes de Clustering pour la segmentation d'images en couleurs », Faculté Polytechnique de Mons, 5^{ème} Electricité, 2004.
- [35] Sahbani Mahersia Hela et Hamrouni Kamel, « Segmentation d'images texturées par transformée en ondelettes et classification C-moyenne floue », 2005
- [36] Abderrahmane Kefali, Toufik Sari et Mokhtar Sellami « Evaluation de plusieurs technique de seuillage d'images de documents Arabes Anciens »,2009
- [37] Caroline Rougier, « Traitement d'images » Université de Montréal, 2008
- [38] http://urfist.enc.sorbonne.fr/anciensite/image_numerique/chapitre3.htm
- [39] F. Cabestaing « Traitement d'Images. Morphologie Mathématique » Master G2I, Option SID.
- [40] http://perso.telecom-paristech.fr/~maitre/BETI/localisation_et_epaisseur/pres_GM.html

Résumé

Le travail réalisé dans notre projet de master entre dans le cadre de l'aide au diagnostic en cancérologie. L'objectif principal consiste à analyser des images de frottis sanguin par des méthodes de traitement numérique (segmentation) des images telle que la croissance de région, la méthode Otsu et Fuzzy- c- means qui permettent d'extraire le noyau et le cytoplasme du globule blanc.

Mots-clefs: L'analyse d'images, segmentation, croissance de région, Otsu, FCM.

Abstract

The work done in our master project is a part of the diagnostic help on cancer. The main objective is to analyze images of blood smears by methods of digital images processing (segmentation) such as, region growing, the Otsu method and Fuzzy-c-Means that extract the nucleus and cytoplasm of white blood cell.

Key words: Images analyze, segmentation, region growing, Otsu, Fuzzy-c-Means.

ملخص

العمل المنجز في مشروع الماستر هو جزء من مساعدات التشخيص على السرطان. و يتمثل الهدف الرئيسي في تحليل الصور من مساحات الدم عن طريق أساليب معالجة الصور الرقمية (التقسيم) كمنطقة التقسيم المتزايد و طريقة Fuzzy-C-Means و Otsu التي تساعد على استخراج النواة و السيتوبلازم من خلايا الدم البيضاء.

الكلمات المفتاحية: تحليل الصور – تقسيم – التقسيم المتزايد – Fuzzy-C-Means – Otsu .