

SOMMAIRE

Remerciements.....	i
Dédicace.....	ii
Résumé.....	iii
La problématique.....	iv
Sommaire.....	v
Liste des figures.....	v
Introduction générale.....	1

Chapitre 1 : La télédétection et L'imagerie

I. Introduction.....	2
II. Définition de la Télédétection	2
II.2 Processus de la télédétection	2
III. Interaction rayonnement électromagnétique atmosphère.....	3
III.1.L'absorption atmosphérique	3
III.2. La diffusion atmosphérique	3
IV .Les satellites	4
IV.1. Satellites pour observation de la Terre	5
V. Les capteurs.....	5
V .1.Type d'acquisition	6
V.2. La résolution	7
VI. Domaines d'application	8
VII. Imagerie	8
VII.1 Définition.....	8
VII.2. Image numérique	8
VII.3. Caractéristiques d'une image numérique	8
VII.3.1. Pixel	8
VII.3.2 Dimension.....	9
VII.3.3 Résolution	9
VII.3.4.Bruit	9
VII.3.5. Histogramme	10
VII.3.6. Contours et textures	10

VII.3.7. Luminance	10
VII.3.8. Contraste	10
VII.4. Traitements numériques des images	10
VII.4.1.Acquisition	10
VII.4.2. Prétraitements des images.....	11
VII.4.2.1. Correction géométrique	11
VII.4.2.2. Correction radiométrique	11
VII.4.2.3. Correction atmosphérique	11
VII.4.2.4. Rehaussement de l'image	12
VII.4.3.Le traitement des images	12
VII.4.8. Rehaussement de l'image	12
VII.4.3.1. La compression.....	12
VII.4.3.2. La segmentation	12
VII.4.3.3. La classification	12
VIII. Conclusion.....	12

Chapitre 2 : La Classification

I. Introduction.....	13
II. Définition de la classification	13
III. Les différentes types de classification.....	13
III.1. Classification non exclusive	14
III.2. Classification exclusive.....	14
III.2.1. Classification non supervisée.....	14
III.2.2. Classification semi supervisée	14
III.2.3. Classification supervisée	14
IV. Les méthodes de la classification	14
IV.1. Méthode de K-means	14
IV.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)	15
IV.3. Séparateurs à Vaste Marge (SVM)	15
IV.4. Les Méthodes Biomimétique	16
IV.4.1. Classification par essaim de particules (PSO)	16
IV.4.2. Algorithmes Evolutionnaires	17
IV.4.3. Réseaux Neuronaux	18

IV.4.4. Système Immunitaire Artificiel (AIS).....	19
V. Conclusion.....	19

Chapitre 3 : Hybridation

I. Introduction.....	19
II. Les algorithmes génétiques (AGs)	19
II.1. Les fonctionnalités de AG	20
II.1.1. Initialisation	21
II.1.2. L'opérateur de croisement ou crossover	21
II.1.2.1. Croisement pour représentation binaire.....	22
II.1.2.2. Croisement pour représentation réelle	23
II.1.2.2.1. Croisement en p point.....	23
II.1.2.2.2. Croisement barycentrique	23
II.1.3. Mutation	24
II.1.3.1. Mutation pour représentation binaire	24
II.1.3.2. Mutation pour représentation réelle.....	24
II.1.3.2.1. Mutation gaussienne	24
II.1.3.2.2. Mutation par changement de classe.....	24
II.1.4. La fonction objectif	24
II.1.5. Sélection pour le remplacement	25
II.1.5.1. Remplacement générationnel.....	25
II.1.5.2. Remplacement déterministe.....	25
II.1.5.3. Remplacement stationnaire.....	25
II.1.5.4. Remplacement élitiste.....	26
II.1.6. Critère d'arrêt de l'algorithme évolutionnaire.....	26
III. Système Immunitaire Artificiel (AIS).....	26
III.1. Fonctionnalité de AIS	26
III.1.1. Déterminer l'affinité.....	26
III.1.2. La mutation dans l'AIS	27
III.1.3. La sélection	27
III.1.3.1. La sélection clonale	28
III.1.3.2. La sélection négative	28
IV. Hybridation des AG et AIS	28
V. Application	28

VI. Conclusion	28
----------------------	----

Chapitre 4 : Conception et implémentation

I. Introduction.....	29
II. Ressources Utilisées	29
II.1. Les Ressource Matérielle.....	29
II.2. Les Ressource Logicielle.....	29
III. Données Utiliser.....	29
III.1. Image Synthèse.....	30
III.2. Image satellitaire.....	30
IV. Conception.....	31
V. Description de l'application.....	31
IV.1. La sélection de l'individu.....	32
V.2. Opérateur de variation.....	32
V.2.1. Croisement.....	32
V.2.2. Mutation gaussienne.....	32
V.2.3. La fonction objectif	32
V.3. Le nombre d'itération.....	32
VI. Expérience	33
VII. Les résultats des tests.....	35
VII.1. Image synthèse.....	35
VII.2. Image satellitaire.....	36
VIII. Conclusion.....	39
Conclusion générale et perspective.....	40

La bibliographié

Résumé :

La classification est une tâche prédictive et qui consiste à regrouper les données les plus similaires dans une même classe. Ainsi deux données éloignées appartiennent à des classes différentes. Ce problème est donc d'une grande complexité et l'utilisation des algorithmes d'approximation est inévitable. Parmi ces algorithmes nous nous sommes intéressés aux méthodes biomimétiques pour la classification des images satellitaires. Ces deux méthodes sont Algorithme Génétique (AG) et Système Immunitaire Artificielle (AIS).

Mots clés : biomimétique, hybridation, traitement d'images, données spatiales.

Problématique :

La télédétection a connu lors des dernières décennies une évolution exponentielle. Son intérêt, dans différents domaines d'application, a fait que de nos jours, la terre est presque totalement imagée. De plus en plus de pays disposent de leurs propres satellites et les stations de réceptions reçoivent des centaines d'images par jour.

Les images satellitaires à l'état brut sont bruitées, peu contrastées et difficilement exploitables, elles nécessitent donc des traitements. Parmi ces différents traitements, on trouve la classification supervisée. Cette dernière consiste à définir des règles permettant de classer des objets dans des classes à partir des variables qualitatives ou quantitatives caractérisant ces objets.

Actuellement la classification supervisée s'intéresse aux méthodes biomimétiques. Plusieurs méthodes ont été appliquées telles que les fourmis, Algorithmes génétiques (AG) et Système Immunitaire Artificiel (AIS), Algorithmes Evolutionnaires et essaim de particules (Particle Swarm Optimization). Chacune de ces méthodes pose un problème d'où vient l'idée d'hybrider deux méthodes biomimétiques et AIS a fini d'obtenir un nouvel algorithme plus puissant et qui donne de meilleurs résultats.

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Processus de la télédétection.....	2
Figure I.2 : Diffusion et absorption atmosphérique	4
Figure I.3: Types de satellites	4
Figure I.4 : Satellite Landsat	5
Figure I.5: Principe de la télédétection passive.....	7
Figure I.6 : Principe de la télédétection active.....	7
Figure I.7: groupe de pixels	9
Figure II.1 : Taxonomie de la classification	13
Figure II.2 : Essaim d'oiseaux en vol	16
Figure II.3: Algorithme PSO	17
Figure II.4 : Schéma type d'un algorithme évolutionnaire	18
Figure II.5 : Les différentes couches.....	19
Figure II.6. Principe de méthode AIS	19
Figure III. 1 Vue d'ensemble d'un algorithme génétique.....	20
Figure III.2 : Croisement de deux individus proches de deux optima différents et leur descendance.....	21
Figure III.3 : Croisement entre deux chaînes binaires en un point (A) ou en plusieurs points(B).....	22
Figure III.4: Mutation d'une chaîne binaire	23
Figure III.5. Organigramme de la sélection Clonale	26
Figure III.6. Vue 3D du site d'étude.....	28
Figure IV.1 : Une image de synthèse pour le premier test.....	30
Figure IV.2 : Vue 3D du site d'étude.....	30
Figure IV.3: Organigramme de l'application.....	31
Figure IV.4 : La formule de calculer l'erreur quadratique.....	32
Figure IV.5: La formule de David-Bouldin (DBI).....	32
Figure IV.6 : L'interface principale de l'application.....	33
Figure IV.6 : L'interface principale de l'application.....	34
Figure IV.7.2 : La sélection de la population initiale.....	34

Figure IV.7.3 : Les boutons pour classification d'image.....	35
Figure IV.8 : Classification de l'image synthèse avec une itération.....	35
Figure IV.9 : Classification de l'image synthèse avec 30 itérations.....	36
Figure IV.10 : Résultat de la classification avec itération 1 st 4 (fit1/fit2).....	36
Figure IV.11 : Résultat de la classification avec itération 20 st 4 (fit1/fit2).....	37
Figure IV.11 : Résultat de la classification avec itération 20 st 4 (fit1/fit2).....	38
Figure IV.11 : Résultat de la classification avec itération 100 st 8 (fit1/fit2).....	38

I. Introduction :

Le mot télédétection désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'étudier à distance des objets ou des phénomènes. Le néologisme fait son apparition aux Etats-Unis dans les années soixante(60), lorsque des capteurs nouveaux viennent compléter la traditionnelle photographie aérienne. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et à enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, pour traiter et analyser l'information, afin de mettre en application cette dernière.

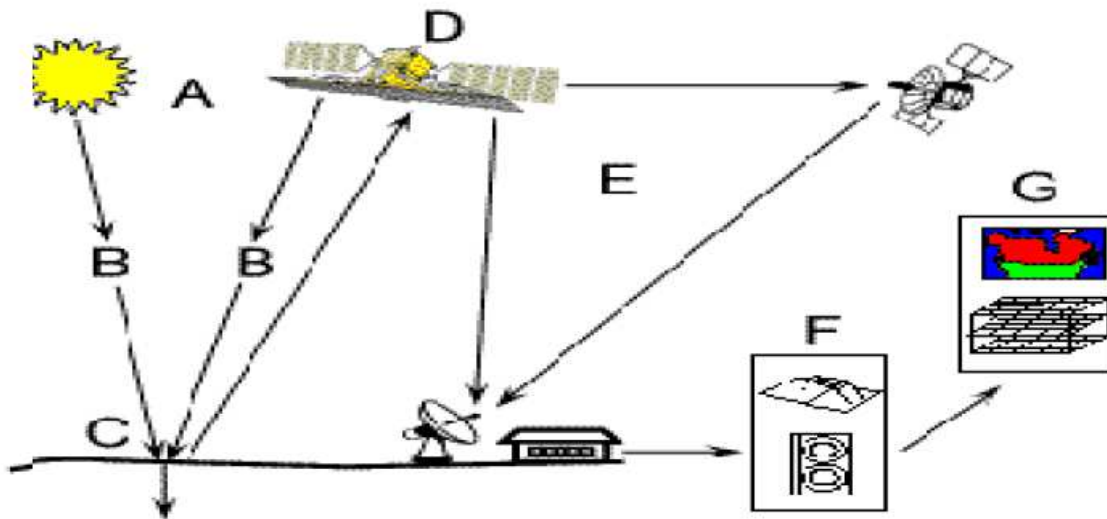
II. Définition de la Télédétection :

Le terme de télédétection a été introduit officiellement dans la langue française en 1973 et sa définition officielle est la suivante :« La télédétection est la technique qui, par l'acquisition d'images, permet d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre sans contact direct avec celle-ci.»

Autrement dit la télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et des images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes [1].

II.2 Processus de la télédétection :

La télédétection implique une interaction entre l'énergie incidente et les cibles. Le processus de la télédétection comporte sept étapes suivantes (figure I.1):



FigureI.1: Processus da la télédétection

II.1. Source d'énergie ou d'illumination (A) - À l'origine de tout processus de télédétection se trouve nécessairement une source d'énergie pour illuminer la cible.

II.2. Rayonnement et atmosphère (B) - Durant son parcours entre la source d'énergie et la cible, le rayonnement interagit avec l'atmosphère. Une seconde interaction se produit lors du trajet entre la cible et le capteur.

II.3. Interaction avec la cible (C) - Une fois parvenue à la cible, l'énergie interagit avec la surface de celle-ci. La nature de cette interaction dépend des caractéristiques du rayonnement et des propriétés de la surface.

II.4. Enregistrement de l'énergie par le capteur (D) - Une fois l'énergie diffusée ou émise par la cible, elle doit être captée à distance (par un capteur qui n'est pas en contact avec la cible) pour être enfin enregistrée.

II.5. Transmission, réception et traitement (E) - L'énergie enregistrée par le capteur est transmise, souvent par des moyens électroniques, à une station de réception où l'information est transformée en images (numériques ou photographiques).

II.6. Interprétation et analyse (F) - Une interprétation visuelle et/ou numérique de l'image traitée est ensuite nécessaire pour extraire l'information que l'on désire obtenir sur la cible.

II.7. Application (G) - La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible, pour nous en faire découvrir de nouveaux aspects ou pour aider à résoudre un problème particulier.

III. Interaction rayonnement électromagnétique atmosphère :

La propagation du rayonnement électromagnétique est perturbée au niveau de l'atmosphère par l'effet des mécanismes d'**absorption** et de **diffusion**.

III.1.L'absorption atmosphérique :

L'absorption survient lorsque des molécules présentes dans l'atmosphère absorbent l'énergie de diverses longueurs d'onde, par exemple, les molécules d'ozone absorbent les ultraviolets, les molécules de bioxyde de carbone absorbent l'infrarouge thermique, et les molécules de vapeur d'eau absorbent une partie du rayonnement infrarouge [1].

III.2. La diffusion atmosphérique :

La diffusion se produit lorsque des particules telles que la poussière, le pollen ... etc. ou des molécules gazeuses comme l'azote, l'oxygène ... etc. dévient le rayonnement de sa trajectoire initiale. Ce mécanisme dépend de la longueur d'onde, et de la taille des particules ou molécules. Ainsi, on peut distinguer trois types de diffusion :

- **La diffusion de Rayleigh** : La diffusion de Rayleigh se produit lorsque la taille des particules ou molécules est inférieure à la longueur d'onde du rayonnement.
- **La diffusion de Mie** : On parle de diffusion de Mie lorsque les particules ou molécules sont presque aussi grandes que la longueur d'onde du rayonnement.
- **La diffusion non sélective** : Ce genre de diffusion se produit lorsque la taille des particules ou molécules est plus grande que la longueur d'onde du rayonnement [1].

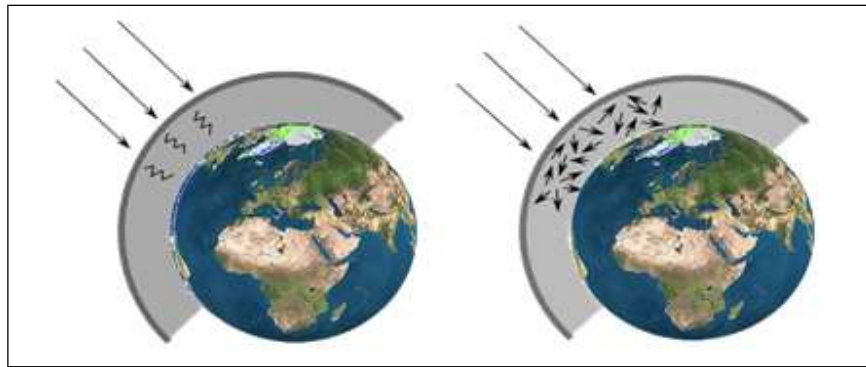


Figure I.2 : Diffusion et absorption atmosphérique (de gauche à droite)

IV .Les satellites :

Les satellites ou les plates-formes spatiales sont des véhicules mis sur orbite autour de la terre ou autour d'un autre corps céleste. Ils servent de plate-forme de collecte et de transmission de données.[2]

Les satellites peuvent être classés par rapport à leur orbite, donnant ainsi deux catégories

-Les satellites géostationnaires : Les satellites à orbite géostationnaire ont une altitude très élevée (35790 Km) et ont la même vitesse de rotation que celle de la terre donnant ainsi l'impression qu'ils sont stationnaires. Cette configuration orbitale est utilisée par les satellites météorologiques et de communications [2].

-Les satellites à défilement: Les satellites à défilement, non géostationnaire, évoluent à basse altitude (entre 600 et 1500 Km) ce qui leur permet de fournir des images assez détaillées et d'effectuer des observations cycliques de la terre. Comme satellite à défilement on peut citer SPOT (Satellite pour l'Observation de la Terre), LANDSAT qui est propriété de la NASA (National Aeronautics and Space Administration) [2].

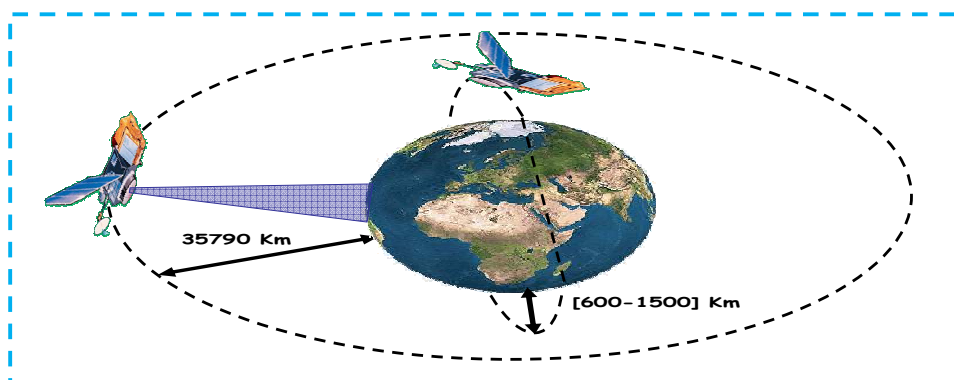


Figure I.3: Types de satellites.

IV.1. Satellites pour observation de la Terre :

- ✓ **Landsat** :Le premier satellite d'observation Landsat1 a été lancé par la NASA en 1972. Connu à l'origine sous l'acronyme ERTS-1 (Earth Resources Technology Satellite), Landsat avait été conçu pour tester la faisabilité d'une plate-forme multispectrale d'observation de la Terre non habitée. Depuis, le programme Landsat a permis l'acquisition de données surtout les coins de la planète.

Les satellites de la série Landsat portent plusieurs capteurs comme les systèmes de caméras RBV (Return Beam Vidicon), le système MSS (Multi Spectral Scanner), et plus tard, le TM (Thematic Mapper) Chacun de ces capteurs a une fauchée de 185 km, avec une scène complète de 185 km sur 185 km [3].

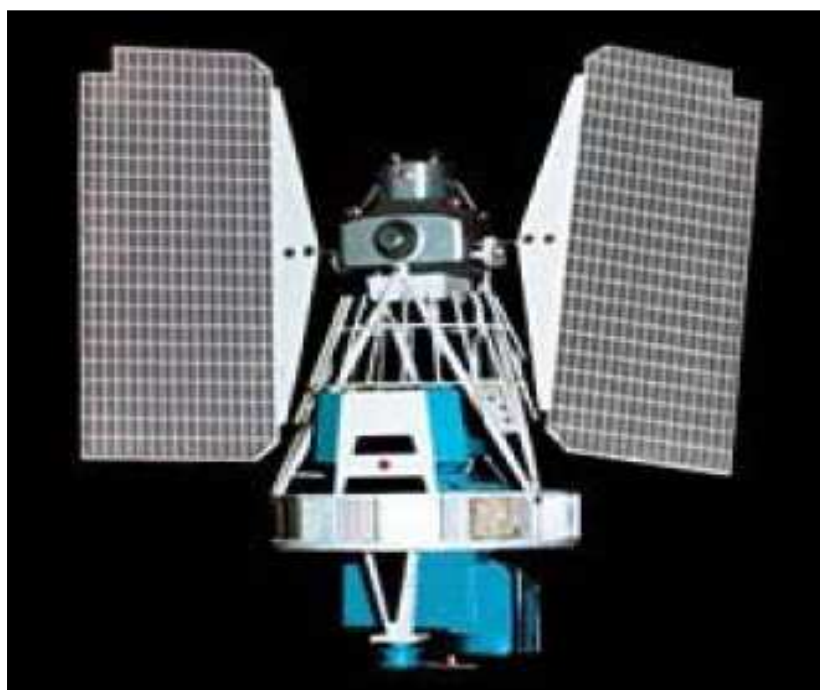


Figure I.4 : Satellite Landsat.

- ✓ **SPOT** :Le système SPOT (Système pour l'observation de la Terre) est une série de satellites d'observation de la Terre qui ont été conçus et lancés par le Centre National d'Études Spatiales (CNES) de la France, avec l'aide de la Belgique et de la Suède. SPOT-1 a été lancé en 1986, et a été suivi d'autres satellites lancés à tous les trois ou quatre ans. Tous les satellites SPOT ont deux balayeurs multibandes HRV (haute résolution visible) à barrettes, qui peuvent être opérés indépendamment ou simultanément [3].
- ✓ **IRS** :La série des satellites IRS (Indian Remote Sensing satellite) combine les caractéristiques des capteurs de Landsat MSS et TM et du capteur HRV de SPOT. Le

troisième satellite de la série, IRS-1C, lancé en décembre 1995, a trois capteurs : une caméra de haute résolution panchromatique à une bande (PAN), le capteur à quatre bandes LISS-III (Linear Imaging Selfscanning Sensor) de résolution moyenne, et le capteur à deux bandes WiFS (Wide Field of View) de faible résolution. Le tableau suivant décrit les caractéristiques de chaque capteur [3].

- ✓ **ALSAT1** :est un micro satellite algérien d'observation de la terre lancé le 28 novembre 2002, réalisé par le **CNTS** au centre spatiale de « **SURRY** » en Angleterre. Alsat1 fournit des images dans trois bandes spectrales : **Vert** (0.52-0.60 μm), **rouge** (0.63-0.69 μm), **PIR** (0.77-0.90 μm) [3].

V. Les capteurs :

Sont des instruments qui recueillent de l'énergie radiative provenant de la scène visée et délivrent un signal électrique correspondant et mesurable.

V.1. Type d'acquisition :

Dans la gamme des équipements disponibles pour la mesure de la radiométrie, il existe deux catégories d'instruments.

- **Les instruments passifs** :constitués par des radiomètres qui mesurent un rayonnement d'origine naturelle, le rayonnement réfléchi ou l'émission thermique de la scène. Ce sont les radiomètres opérant dans le visible et le proche infrarouge ($0.4\mu\text{m} < \lambda < 2\mu\text{m}$) et dans l'infrarouge thermique ($3\mu\text{m} < \lambda < 5\mu\text{m}$ et $8\mu\text{m} < \lambda < 14\mu\text{m}$).

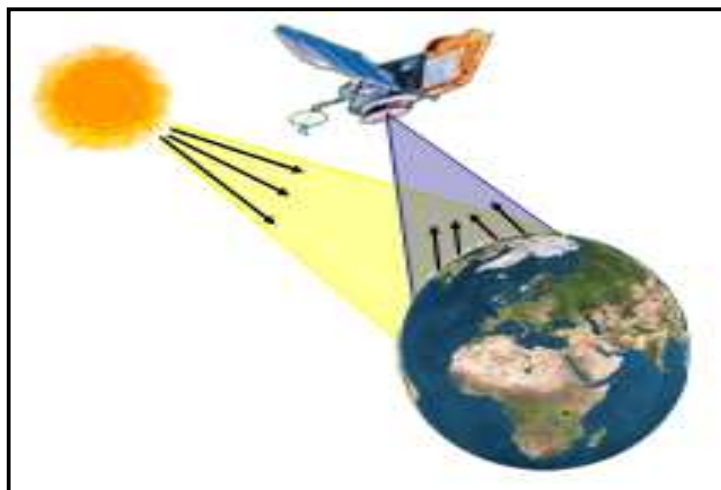


Figure I.5:Principe de la télédétection passive

- **Les instruments actifs** :regroupant les appareils qui émettent leurs propres rayonnements pour illuminer la scène et mesurent le signal rétrodiffusé dans sa direction. Ce sont des radiomètres opérant dans le domaine des hyperfréquences ($1\text{cm} < \lambda < 30\text{cm}$).

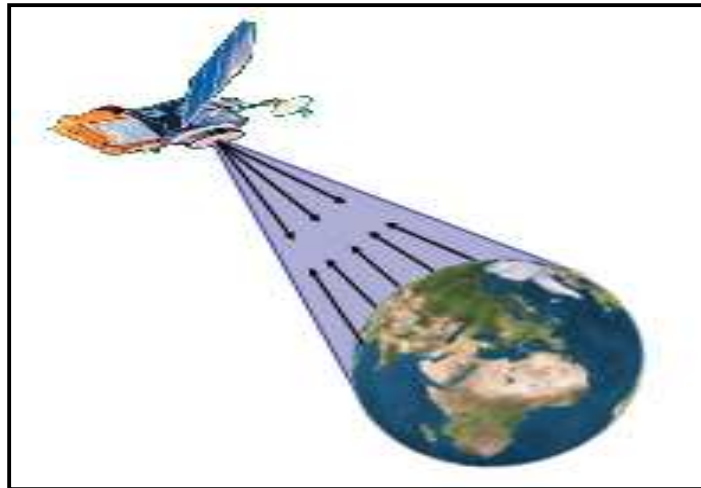


Figure I.6:Principe de la télédétection active

V .2. La résolution :

La résolution est une mesure de la capacité d'un système optique de séparer des signaux proches spatialement et/ou spectralement. La capacité de mesurer une information par télédétection exige la considération prudente de quatre types de résolution: radiométrique, spatiale, spectrale, et temporelle [4].

A-La résolution spatiale : On appelle résolution spatiale, tache d'analyse ou encore tache élémentaire la surface minimale que peut distinguer un capteur. Cette résolution s'exprime en mètre ou kilomètre et mesure-le coté d'un pixel. Les images satellitaires sur lesquelles seuls les grands éléments sont visibles ont une résolution spatiale grossière ou basse. Les images à résolution fine ou élevée permettent l'identification des éléments de plus petites dimensions.

B-La résolution spectrale : La résolution spectrale d'un capteur représente l'intervalle de longueur d'onde dans lequel le capteur a la capacité d'enregistrer l'énergie reçue.

C-La résolution radiométrique : Cette résolution est définie par le seuil de sensibilité du capteur. Elle représente la plus faible intensité radiométrique (dans chaque bande spectrale) que le capteur est capable de détecter. Ainsi, plus la résolution radiométrique est grande plus la qualité thématique des images est bonne.

D-La résolution temporelle : La résolution temporelle représente le temps que prend le satellite pour effectuer un cycle orbital complet, et donc pour observer de nouveau la même scène à partir du même point dans l'espace.

VI- Les domaines d'application de la télédétection :

La dernière étape du processus consiste à utiliser l'information extraite de l'image pour mieux comprendre la cible.

Parmi les applications de télédétection on trouve trois grands domaines d'application en milieu professionnel peuvent être distingués :

- Le domaine des sciences de la terre et de l'atmosphère,
- Le domaine de la surveillance de l'environnement, de la gestion des ressources renouvelables et de l'analyse des paysages.
- Le domaine de l'aménagement urbain, périurbain de la cartographie topographique et de l'aménagement du territoire.

VII. Imagerie :

VII.1- Définition d'image :

L'image est une représentation d'une personne ou d'un objet par la peinture, la sculpture, le dessin, la photographie, le film, etc. C'est aussi un ensemble structuré d'informations qui, après affichage sur l'écran, ont une signification pour l'œil humain. Elle peut être décrite sous la forme d'une fonction $I(x,y)$ de brillance analogique continue, définie dans un domaine borné, tel que x et y sont les coordonnées spatiales d'un point de l'image et I est une fonction d'intensité lumineuse et de couleur. Sous cet aspect, l'image est inexploitable par la machine, ce qui nécessite sa numérisation [5].

VII.2. Image numérique :

Contrairement aux images obtenues à l'aide d'un appareil photo, ou dessinées sur papier, les images manipulées par un ordinateur sont numériques. L'image numérique est l'image dont la surface est divisée en éléments de tailles fixes appelés cellules ou pixels, ayant chacun comme caractéristique un niveau de gris ou de couleurs prélevé à l'emplacement correspondant dans l'image réelle, ou calculé à partir d'une description interne de la scène à représenter.

La numérisation d'une image est la conversion de celle-ci de son état analogique (distribution continue d'intensités lumineuses dans un plan xOy , en une image numérique représentée par une matrice bidimensionnelle de valeurs numériques $f(x,y)$ où x, y : coordonnées cartésiennes d'un point de l'image [6].

$f(x, y)$: niveau de gris en ce point Pour des raisons de commodité de représentation pour l'affichage et l'adressage, les données images sont généralement rangées sous formes de tableau I de n lignes et p colonnes.

VII.3.Caractéristiques d'une image numérique :

L'image est un ensemble structuré d'informations caractérisé par les paramètres suivants:

VII.3.1.Pixel :

Le pixel est le plus petit point de l'image, c'est une entité calculable qui peut recevoir une structure et une quantification. 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. La lettre A, par exemple, peut être affichée comme un groupe de pixels [7].

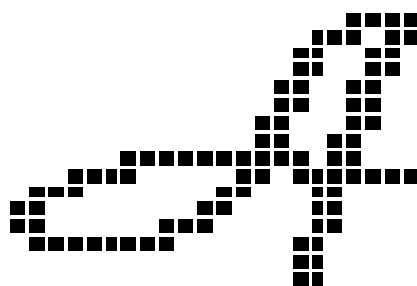


Figure I.7: groupe de pixels.

VII.3.2. Dimension :

C'est la taille de l'image. Cette dernière se présente sous forme de matrice dont les éléments sont des valeurs numériques représentatives des intensités lumineuses (pixels). Le nombre de lignes de cette matrice multiplié par le nombre de colonnes nous donne le nombre total de pixels dans une image [8].

VII.3.3. Résolution :

C'est la clarté ou la finesse de détails atteinte par un moniteur ou une imprimante dans la production d'images. Sur les moniteurs d'ordinateurs, la résolution est exprimée en nombre de pixels par unité de mesure [7].

VII.3.4. Bruit :

Un bruit (parasite) dans une image est considéré comme un phénomène de brusque variation de l'intensité d'un pixel par rapport à ses voisins, il provient de l'éclairage des dispositifs optiques et électroniques du capteur [6].

VII.3.5.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. Pour diminuer l'erreur de quantification, pour comparer deux images obtenues sous des éclairages différents [9].

VII.3.6.Contours et textures :

Les contours représentent la frontière entre les objets de l'image, ou la limite entre deux pixels dont les niveaux de gris représentent une différence significative [9].

VII.3.7. Luminance :

C'est le degré de luminosité des points de l'image. Elle est définie aussi comme étant le quotient de l'intensité lumineuse d'une surface par l'aire apparente de cette surface, pour un observateur lointain, le mot luminance est substitué au mot brillance, qui correspond à l'éclat d'un objet [10].

VII.3.8. Contraste :

C'est l'opposition marquée entre deux régions d'une image, plus précisément entre les régions sombres et les régions claires de cette image. Le contraste est défini en fonction des luminances de deux zones d'images [10].

VII.4.Traitements numériques des images :

Le traitement d'images joue désormais un rôle prépondérant dans un grand nombre de domaines tels que l'imagerie médicale, satellitaire. On regroupe le traitement de l'image en quatre phases :

- Acquisition.
- Prétraitement.
- Traitements.
- Analyse et interprétations du résultat de la phase de traitement.

VII.4.1.Acquisition :

Le traitement des images satellitaires a pour but d'exploiter les informations riches et variées caractérisant l'image numérique. Pour ce faire, un ensemble de techniques est mis en œuvre.

Les images satellitaires, à l'état brut ne reflètent pas vraiment la réalité, car les mesures effectuées sont entachées d'erreurs dues au plusieurs facteurs, liées à la position de l'objet, aux effets de reliefs, etc. Ce qui a mené à mettre en place un ensemble d'outils permettant le traitement des effets perturbateurs (les prétraitements) [11].

VII.4.2. Prétraitements des images:

Le traitement d'image recouvre l'ensemble des techniques consistant à modifier une image dont le but de faciliter son interprétation ou d'extraire des informations d'ordre quantitatif: exemple occupation du sol.

Il faut avoir à l'esprit que l'œil est un senseur de contraste et que le cerveau est un interpréteur de ce contraste. Le traitement de l'image a pour but le plus souvent de restituer l'information sous la forme la plus contrastée possible en faisant usage de niveau de densité du noir et du blanc ou de la couleur.

Les images obtenues après acquisition ne sont pas utilisables directement pour une interprétation aisée. La présence de défaut ne permet pas d'avoir une qualité à une définition uniforme pour l'ensemble d'une campagne de prise de vue. [11].

VII.4.2.1. Correction géométrique : Toutes les images brutes obtenues par la télédétection affichent, au départ, une ou plusieurs formes de distorsion géométrique. Les corrections géométriques sont appliquées sur les images pour réduire ces déformations géométriques intervenues lors de l'enregistrement de la scène.

VII.4.2.2 Correction radiométrique : La correction radiométrique est appliquée sur les images pour réaffecter à chaque pixel une valeur radiométrique la plus proche possible de celle mesurée sur le terrain. Les corrections radiométriques comprennent entre autres, la correction des erreurs dues aux irrégularités du capteur, aux bruits dus au capteur ou à l'atmosphère.

VII.4.2.3 Correction atmosphérique : Le signal lumineux mesuré par les capteurs d'un satellite traverse deux fois l'atmosphère terrestre, la première fois lors du trajet soleil – cible et la seconde lors du trajet cible – capteurs. A chacun de ces deux traversées, le rayonnement électromagnétique va subir des transformations dues aux propriétés physico-chimiques des deux composants majeurs de l'atmosphère terrestre qui sont les gaz (oxygène, ozone, vapeur d'eau...) et les aérosols.

VII.4.2.4 rehaussement de l'image : Les fonctions de rehaussement ont pour but de rendre les images plus lisibles. Ils permettent une meilleure exploitation des nuances présentées dans l'image, ainsi qu'une amélioration de l'apparence pour aider l'interprétation et l'analyse visuelles. Les rehaussements se divisent en trois grandes catégories : rehaussements radiométriques , rehaussements géométriques et composition colorée.

VII.4.3.Le traitement des images :

Le traitement d'image recouvrer l'ensemble des techniques consiste à modifier une image dont le but de faciliter son interprétation ou d'extraire des informations d'ordre quantitatif.

VII.4.3.1. La compression :

Qui a pour but de faciliter le traitement et surtout le stockage des images par une réduction adéquate de leur volume d'information.

VII.4.3.2. La segmentation :

La segmentation est un processus qui consiste à découper une image en régions connexes présentant une homogénéité selon un certain critère déterminé : la couleur, texture, contour. L'union de ces régions doit redonner l'image initiale [12]. elle consiste à créer une partition de l'image A en sous-ensembles R_i appelés régions tel qu'aucune région ne sera vide, l'intersection entre deux régions soit vide et l'ensemble de régions recouvre toute l'image. Une région est un ensemble de pixels connexes ayant des propriétés communes qui les différencient des pixels des régions voisines [13].

VII.4.3.3. La classification :

Qui permet le partitionnement de l'image en régions homogènes appelées classes, ces dernières sont construites à partir des attributs de pixels (niveau de gris, texture, *etc.*).

La classification a pour but d'identifier les classes auxquelles appartiennent les objets. Elle consiste à regrouper des ensembles de pixels similaires en classes tout en se basant sur les valeurs radiométriques des pixels ou en intégrant les relations de voisinage entre eux.

VIII. Conclusion :

Un des principaux buts de la télédétection est l'extraction des informations significatives de l'image ; afin de les appliquer dans différents domaines d'application. Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés à l'un des traitements utilisés, qui est la classification.

I. Introduction :

Un but réaliste est la classification des cultures sur une image satellitaire. A chaque point de l'image, on souhaite pouvoir attribuer une étiquette parmi une collection définie auparavant. Cette collection d'étiquettes est ce que l'on appelle l'ensemble des classes. Un ensemble des classes pourrait être : ville, campagne, mer, montagne. En zone agricole, un ensemble de classes serait : blé, orge, soja, maïs, forêt, route.

Dans ce chapitre, nous donnerons les définitions intuitives et formelles de la classification, nous définirons quelques notions importantes (distances, similarités, etc.), nous discuterons de la complexité du problème puis nous ferons un tour d'horizon des méthodes de résolutions dédiées au problème.

II. Définition :

La classification consiste à regrouper des pixels en catégories les plus homogènes possibles, autrement dit c'est la création des classes contenant les pixels les plus similaires. La partition de l'image en ensembles de pixels représentant une même occupation du sol.

III. Les différents types de classification :

Il existe plusieurs types de classifications: supervisée, non supervisée, hiérarchique, partitionnement, floue, exclusive, etc [14]. a proposé une taxonomie qui permet d'organiser ces types de manière claire et hiérarchique [FigureII.1].

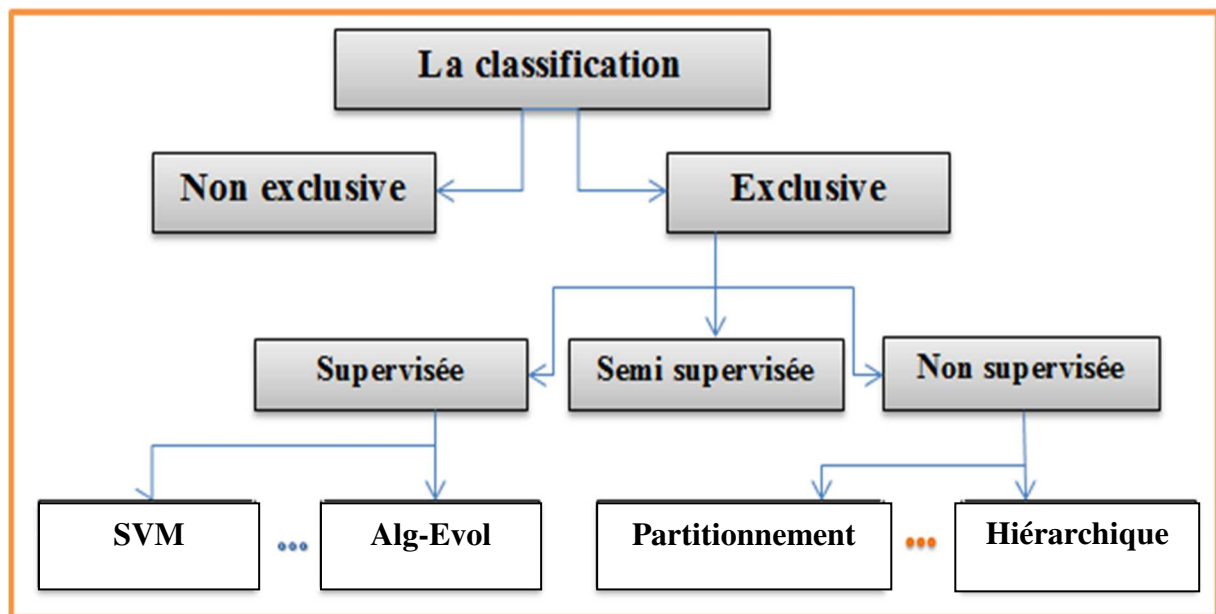


Figure II.1 : Taxonomie de la classification.

Par cette Taxonomie de la classification on peut définir les types comme suit :

III.1. Classification non exclusive (ou classification floue):

La classification non exclusive est non pas l'affectation d'un objet à une classe unique, mais plutôt le calcul de la probabilité d'appartenance de l'objet à chaque classe. La somme des probabilités d'appartenance d'un objet aux différentes classes doit être égale à 1.

III.2. Classification exclusive:

La classification exclusive consiste à affecter chaque objet à une classe unique. Il en existe deux types :

III.2.1. Classification non supervisée:

La classification non supervisée est une classification aveugle qui consiste à affecter un objet à des classes dont le nombre est inconnu et qui n'ont aucune signification particulière a priori. Il s'agit donc d'un regroupement de données par similitude dans des classes homogènes.

III.2.2. Classification semi supervisée:

Le contexte semi-supervisé qui se situe à l'intersection entre le contexte supervisé et le contexte non supervisé, est alors une solution alternative. Il se caractérise par la présence de quelques informations disponibles sur l'ensemble des données. Ces informations sont représentées soit sous la forme de quelques données labellisées, soit sous la forme de ressemblance ou dissemblance au sein de couples de données [15].

III.2.3. Classification supervisée:

La classification supervisée consiste à affecter un objet à des classes dont le nombre est connu, ayant une signification et une interprétation bien précise et disposant d'une population de base. La classification supervisée est, en général, issue d'un apprentissage avec des données initiales (échantillons) qu'un expert va classer et qui serviront de modèles aux futurs objets classés.

Pour la classification supervisée on dispose d'échantillons (des vérités terrain) donc un nombre fini de classes. Elle nécessite l'intervention d'un expert [15].

La dernière étape d'une classification d'image consiste à valider ou pas la classification en évaluant sa pertinence. Pour cela on peut consulter le taux de pixels bien classés dans une matrice de confusion réalisée grâce à un fichier de référence représentant la réalité du terrain.

IV. Les Méthodes de la classification:

Il existe plusieurs méthodes de classification dans ce qui suit on va présenter quelques méthodes :

IV.1. Méthode de K-means:

Cette méthode s'applique pour des classifications non supervisées. Elle regroupe des méthodes similaires : classification par réallocation, k plus proches voisins. On la rencontre plus souvent sous le nom de K-means.

On fixe le nombre de classes k a priori, avant toute analyse. On tire de façon aléatoire (uniforme) k centres de classes parmi les n individus. Ensuite, on affecte chacun des individus au centre le plus proche possible (au plus proche voisin). Puis, on effectue « une mise à jour ». Chaque centre est considéré comme le barycentre des groupes d'individus obtenus. Le « nouveau » centre d'une classe correspond donc au barycentre des individus appartenant à cette classe [16].

On applique ce processus jusqu'à stabilisation, c'est-à-dire jusqu'à ce que les centres de classe ne changent plus. Les classes se stabilisent en un nombre fini d'itérations. Au fil des itérations, l'inertie à l'intérieur d'une classe diminue. Tandis que l'inertie entre les classes augmente [17].

IV.2. Analyse en Composantes Principales (ACP) :

C'est un outil puissant pour analyser les corrélations entre plusieurs variables. Permet d'obtenir de nouvelles variables non corrélées à forte variance, cette technique s'applique à des tableaux décrivant chaque individu par p variables quantitatives X_k . Les techniques classiques ne permettent que l'étude de la liaison entre deux variables comme: corrélation, régression et nuage de points par exemple.

L'objectif de cette méthode est de faire une synthèse de l'ensemble du tableau afin de :

- synthétiser les liaisons entre variables (cercle des corrélations), définir les variables qui vont dans le même sens, dans un sens opposé, indépendantes.
- représenter dans un plan les individus afin de déterminer les individus proches ou éloignés, les regrouper en classe homogène, On parle de topologie des individus.
- construire de nouvelles variables, appelées composantes principales, non corrélées et qui permettent de synthétiser l'information.

Ainsi, au lieu d'analyser le tableau à travers p variables, on se limitera à l'étude de quelques variables synthétiques, les composantes principales.

La difficulté sera de donner un sens à ces variables et de proposer une analyse des résultats [18].

IV.3. Séparateurs à Vaste Marge (SVM):

Cette technique est une méthode de classification à deux classes qui tente de séparer l'ensemble des exemples en cherchant alors l'hyperplan qui sépare les exemples positifs des exemples négatifs, en garantissant que la marge entre le plus proche des positifs et des négatifs soit maximale. Cela garantit une généralisation du principe car de nouveaux exemples pourront ne pas être trop similaires à ceux utilisés pour trouver l'hyperplan mais être situés d'un côté ou de l'autre de la frontière. L'intérêt de cette méthode est la sélection de vecteurs supports qui représentent les vecteurs discriminant grâce auxquels est déterminé l'hyperplan. Les exemples utilisés lors de la recherche de l'hyperplan ne sont alors plus utiles et seuls ces vecteurs supports sont utilisés pour classer un nouveau cas, ce qui peut être considéré comme un avantage pour cette méthode [18].

Parmi les objectifs du SVM possèdent des fondements mathématiques solides. Les exemples de test sont comparés juste avec les supports vecteur et non pas avec tous les exemples d'apprentissage, décision rapide. La classification d'un nouvel exemple consiste à voir le signe de la fonction de décision $f(x)$.

IV.4 Les Méthodes Biomimétique:

Est une pratique scientifique consistant à imiter, ou à s'inspirer des systèmes naturels, ou vivants. Parmi les exemples de ce domaine, on retrouve entreautres : formes de poissons pour l'aérodynamisme de voitures, ou autres véhicules, ou encore l'algorithme de colonies de fourmis pour la recherche du plus court chemin dans un graphe.....etc.

IV.4.1. Classification par essaim de particules (ParticleSwarmOptimization) :

Le comportement collectif des animaux a toujours été une source d'inspiration pour résoudre des problèmes d'optimisation. On a pu constater que certains groupes (certaines espèces de poissons, des oiseaux, insectes sociaux, etc.) avaient un comportement très complexe alors que les individus qui les composent n'ont accès qu'à des informations limités et réagissent selon un schéma assez simple. L'observation des groupes en essaim (voir **Figure II.2**) a permis l'élaboration d'une méta-heuristique appelée PSO. Elle a été proposée pour la première fois par Kennedy et al. En 1995 pour l'optimisation de fonctions continues sur l'espace R^d et reste encore jusqu'à aujourd'hui utilisée dans le domaine continu. Le principe de cet algorithme est de générer aléatoirement N_p particules Z_i appartenant à l'espace de recherche (ici R^d) et d'associer à chacune une vitesse V_i appartenant également à l'espace de recherche. On effectue N_b itération, et pour chaque Itération t on déplace les particules selon la formule suivante :

$$V_{id}(t + 1) = \omega V_{id}(t) + C_1 \phi_1 (P_{id} - X_{id}(t)) + C_2 \phi_2 (P_{gd} - X_{id}(t))$$

$$X_{id}(t + 1) = X_{id}(t) + V_{id}(t + 1)$$

Où ϕ_1 et ϕ_2 sont des nombres réels aléatoires inférieurs à ϕ_{max} qui est un paramètre de l'algorithme. ω est le poids de l'inertie. C_1 et C_2 sont des constantes d'accélération. Enfin P_{i} est la meilleure position trouvée par la particule i jusqu'à présent et P_g la meilleure solution globale trouvée par une particule jusqu'à présent [19].



Figure II.2 : Essaim d'oiseaux en vol. – [E1]

PSO pour la classification de données :**Début :**

Initialiser toutes les particules avec K centres de gravités aléatoires chacune.

Pour nb=1 à max nb faire

Pour toutes les particules i faire

Pour tous les objets o faire

 Calculer la distance entre o et tous les centres de gravité

 Affecter o à la classe dont le centre est le plus proche

 Fin pour

 Calculer la fonction f (Z_i)

Fin pour

 Calculer la meilleure position locale pour chaque particule ainsi que la meilleure position globale.

 Mettre à jour la position et la vitesse des particules selon les formules du PSO.

Fin pour

Fin.

Figure II.3: Algorithme PSO [19].

IV.4.2. Algorithmes Evolutionnaires:

Les algorithmes évolutionnaires EAs (Evolutionary-Algorithms) sont inspirés du concept de la sélection naturelle élaboré par Darwin et le principe de la procréation selon les règles de Mendel. Le principe darwinien stipule que l'apparition d'espèces distinctes se fait par le biais de la sélection naturelle de variations individuelles. Cette sélection naturelle est fondée sur la lutte pour la vie, due à une population tendant naturellement à s'étendre mais disposant d'un espace et de ressources finis. Il en résulte que les individus les plus adaptés tendent à survivre plus longtemps et à se reproduire plus aisément. Le terme « adapté » se réfère à l'environnement que l'on peut définir comme étant l'ensemble des conditions externes à un individu, ce qui inclut les autres individus. Les lois de variation (croisements et mutations) furent expliquées plus tard par Mendel, puis par la génétique moderne [20].

Les algorithmes évolutionnaires se décomposent généralement en 7 étapes (**Figure II.4**).

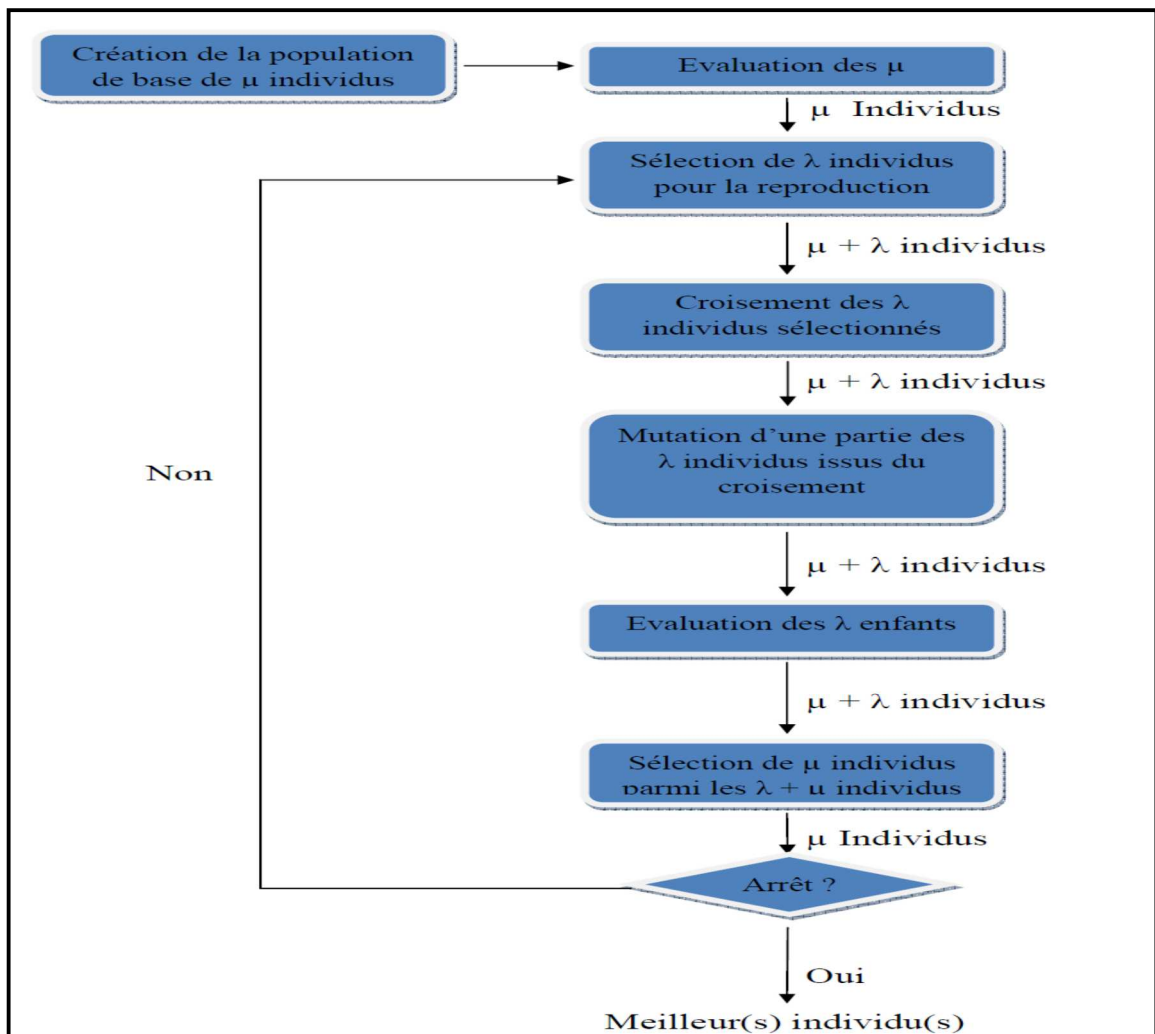


Figure II.4 : Schéma type d'un algorithme évolutionnaire. [20]

IV.4.3. Réseaux Neuronaux:

Les classifieurs neuronaux offrent d'emblée un intérêt d'ordre pratique. Les paramètres du système neuronal s'adaptent progressivement aux propriétés de la signature, au fur et à mesure qu'on lui fournit des exemples connus, c'est-à-dire des pixels des zones d'entraînement et la catégorie thématique associée.

Le modèle de réseau de neurones le plus communément utilisé pour la classification d'images en télédétection est le perceptron multicouche, entraîné avec l'algorithme de rétro-propagation.

La fonction du perceptron est de faire correspondre à un vecteur d'entrée x , un vecteur de sortie y . Les composantes du vecteur d'entrée sont les valeurs radiométriques ou d'autres variables dont dépendent les classes affectées aux sorties ; en règle générale, les entrées sont normalisées de sorte que ses valeurs soient comprises entre 0 et 1. Le vecteur de sortie représente les classes spectrales ou thématiques dans le sens d'une classification supervisée.

L'entrée nette d'une unité dans un perceptron multicouche est une somme pondérée des sorties des unités de la couche précédente [20].

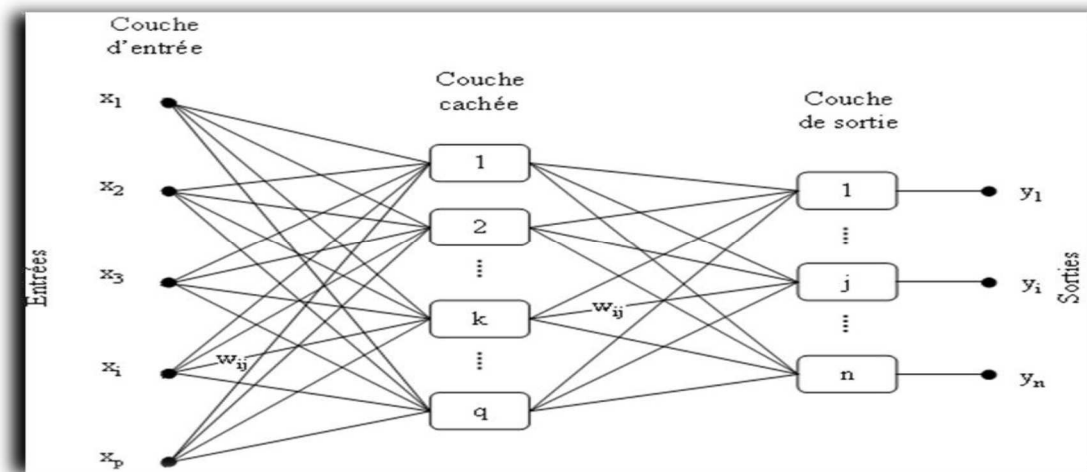


Figure II.5 : Les différentes couches [20].

IV.4.4. Système Immunitaire Artificiel (AIS):

Ce système, composé d'organes, de cellules et de molécules, assure le maintien de l'intégrité de l'organisme qu'il défend. Ainsi, il peut être défini comme étant, l'ensemble des mécanismes biologiques permettant à l'organisme de reconnaître et de tolérer ce qui lui appartient en propre, et de reconnaître et de rejeter ce qui lui est étranger (le non soi) : les substances étrangères ou les agents infectieux auxquels il est exposé, mais aussi, ses propres constituants altérés (comme les cellules tumorales). Ce mécanisme de reconnaissance intelligent a été modélisé pour donner naissance au système immunitaire artificiel AIS (Artificial Immune System) [20].

La figure au-dessus nous explique le principe de cette méthode de la classification

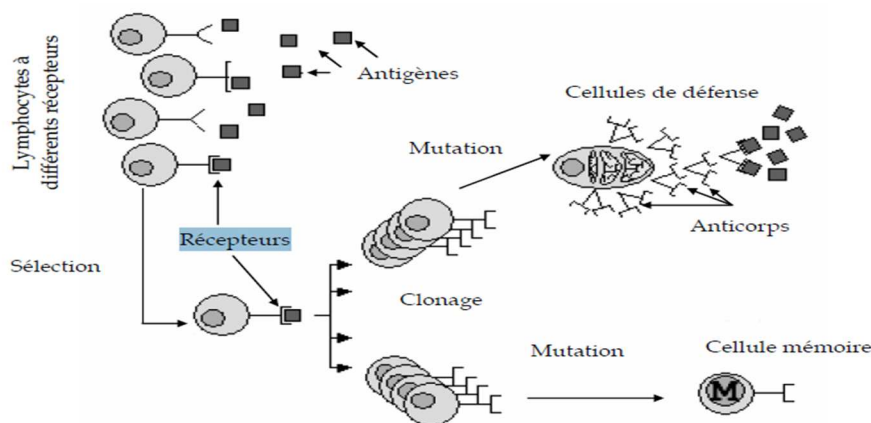


Figure II.6. Principe de méthode AIS [20].

V. Conclusion :

Dans ce chapitre nous sommes intéressés à la classification et ces méthodes. Chaque méthode a des avantages et des inconvénients d'où vient l'idée de l'hybridation de deux méthodes afin d'assurer un résultat satisfaisant en un temps de calcul acceptable.

I. Introduction :

Dans le but de résoudre des problèmes complexes, des idées inspirées à partir de mécanismes naturels ont été exploitées pour développer des heuristiques inspirées de la nature. Ces dernières sont réputées plus robustes et plus efficaces. Parmi elles, dans ce chapitre, on va s'intéresser au AG (Algorithmes Génétiques) et AIS (Système Immunitaire Artificiel) tout en procédant à les hybrider.

II. Les Algorithmes génétiques (AG) :

Les algorithmes génétiques, inventés par John Holland dans les années 1960, sont une classe de méthodes de recherche qui s'inspirent des principes de l'évolution naturelle.

Dans un algorithme génétique, une hypothèse est codée sous la forme d'une séquence correspondant à un chromosome. À partir d'une population initiale de ces chromosomes, on applique un cycle de sélections, croisements et mutations dans l'espoir d'évoluer vers une population plus adaptée au problème à résoudre, spécifié par la fonction d'évaluation (la fonction fitness)[22]. La mise en œuvre d'un algorithme génétique nécessite d'étudier les quatre points suivants:

- ❖ Choix du codage des hypothèses.
- ❖ Choix de la fonction d'évaluation.
- ❖ Choix des opérateurs génétiques de sélection, croisement et de mutation.
- ❖ Choix des valeurs des paramètres (taille de la population, probabilité de croisement et de mutation, critère d'arrêt).

II.1. Les fonctionnalités de AG :

Les algorithmes génétiques fournissent des solutions aux problèmes n'ayant pas de solutions calculables en temps raisonnable de façon analytique ou algorithmique. Selon cette méthode, des milliers de solutions (génotypes) plus ou moins bonnes sont créés au hasard puis sont soumises à un procédé d'évaluation de la pertinence de la solution mimant l'évolution des espèces : les plus "adaptés", c'est-à-dire les solutions au problème qui sont les plus optimales survivent davantage que celles qui le sont moins et la population évolue par générations successives en croisant les meilleures solutions entre elles et en les faisant muter, puis en relançant ce procédé un certain nombre de fois afin d'essayer de tendre vers la solution optimale. Les étapes suivantes expliquent le fonctionnement de l'algorithme génétique:

- **Etape 1** : Création d'une population de base de μ individus (les individus étant des solutions au problème à résoudre). Cette population peut être créée aléatoirement ou grâce à une autre heuristique ou méta-heuristique.
- **Etape 2** : Evaluation des individus composant la population par la fonction objectif (qui doit juger de la qualité des solutions).
- **Etape 3** : Sélection de λ individus dans la population pour le croisement. Un individu peut être sélectionné plusieurs fois. Le rapport entre λ et μ dépend généralement des politiques de remplacement que nous verrons ultérieurement.
- **Etape 4** : Croisement des λ individus sélectionnés.

- **Etape 5** : Mutation d'une partie des λ enfants (individus issus du croisement). Le taux de mutation est le pourcentage d'enfants qui vont subir une mutation, c'est un paramètre de l'algorithme.
- **Etape 6** : Evaluation par la fonction objective des λ enfants résultants des croisements et des mutations.
- **Etape 7** : Sélection de μ individus parmi la population de $\mu + \lambda$ individus (parents et enfants). Cette sélection se fait selon une politique de remplacement dont il existe plusieurs types et que nous verrons ultérieurement. A la fin de cette étape, si un critère d'arrêt est atteint, l'algorithme s'arrête et le ou les meilleurs individus sont sélectionnés. Dans le cas contraire, on recommence le processus à l'étape de sélection (étape 3) [22].

II.1.1. Initialisation :

Chaque paramètre d'une solution est assimilé à un gène, toutes les valeurs qu'il peut prendre sont les allèles de ce gène, on doit trouver une manière de coder chaque allèle différent de façon unique (établir une bijection entre l'allèle "réel" et sa représentation codée). Un chromosome est une suite de gène, on peut par exemple choisir de regrouper les paramètres similaires dans un même chromosome (chromosome à un seul brin) et chaque gène sera repérable par sa position (Figure III.1): son locus sur le chromosome en question. Chaque individu est représenté par un ensemble de chromosomes, et une population est un ensemble d'individus.

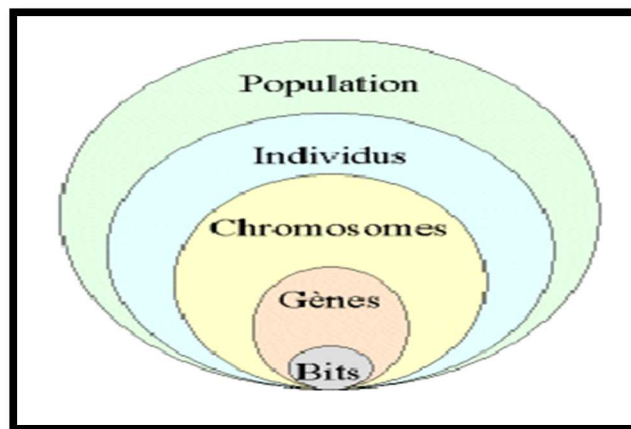


Figure III. 1 Vue d'ensemble d'un algorithme génétique [22].

II.1.2. L'opérateur de croisement ou crossover

Le croisement est le premier des opérateurs de variation; Il consiste à engendrer des enfants à partir de deux parents ou plus (en effet, on peut utiliser plus de deux parents pour engendrer un enfant). Les enfants ainsi obtenus doivent avoir des caractéristiques de chacun des parents. Les méthodes de croisement dépendent fortement de la représentation des individus (binaire, réelle, etc.). Cependant on peut citer deux règles importantes [22].

- Premièrement, le choix des caractéristiques empruntées aux parents doit avoir une part aléatoire, car il serait néfaste pour la diversité de la population que deux parents donnent toujours les mêmes enfants.
- Deuxièmement, les individus croisés doivent être assez « proches » entre eux (selon une distance définie sur les individus), car comme le montre la figure II.2., deux parents proches de deux optima locaux différents donnent souvent une descendance médiocre.

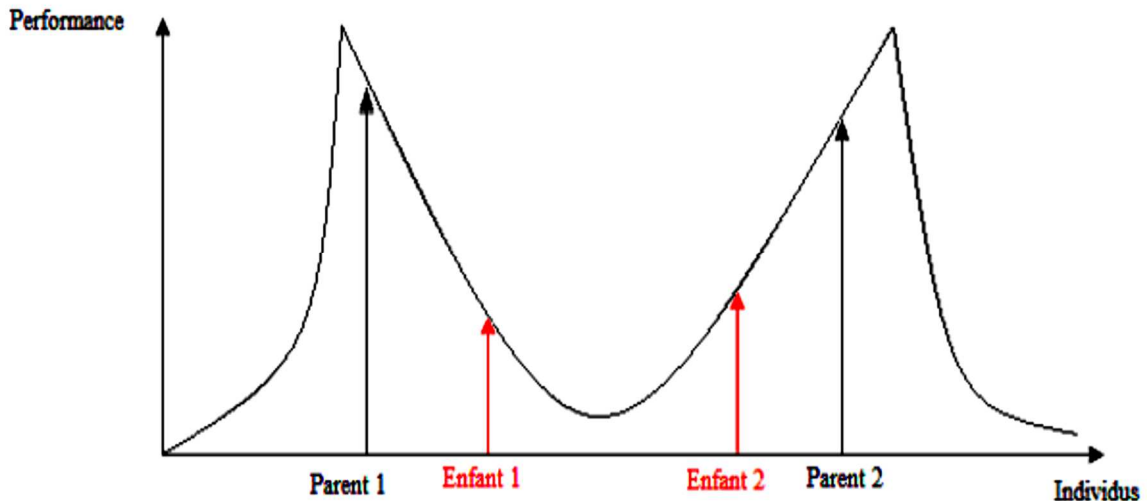


Figure III.2: Croisement de deux individus proches de deux optima différents et leur descendance [23].

II.1.2.1 Croisement pour représentation binaire :

Dans une représentation binaire, les individus sont représentés par des chaînes binaires (S0,1T). Il en existe plusieurs types. Le croisement en un point de deux chaînes binaires consiste à choisir un « point de coupure » (c'est-à-dire une position dans la chaîne) à partir duquel les données sont échangées entre les deux parents [Fig III.3.a]. Sur le même principe, on peut faire un croisement à plusieurs points de coupure [Fig III.3.b]. On peut faire en sorte que le nombre de points de coupure soit aléatoire, à l'aide d'un masque binaire de même longueur que les chaînes à croiser. Si le masque comporte un 1 à la i -ième position, les i -ièmes symboles des deux parents sont échangés, si c'est un zéro les i -ièmes symboles des parents ne changent pas [23].

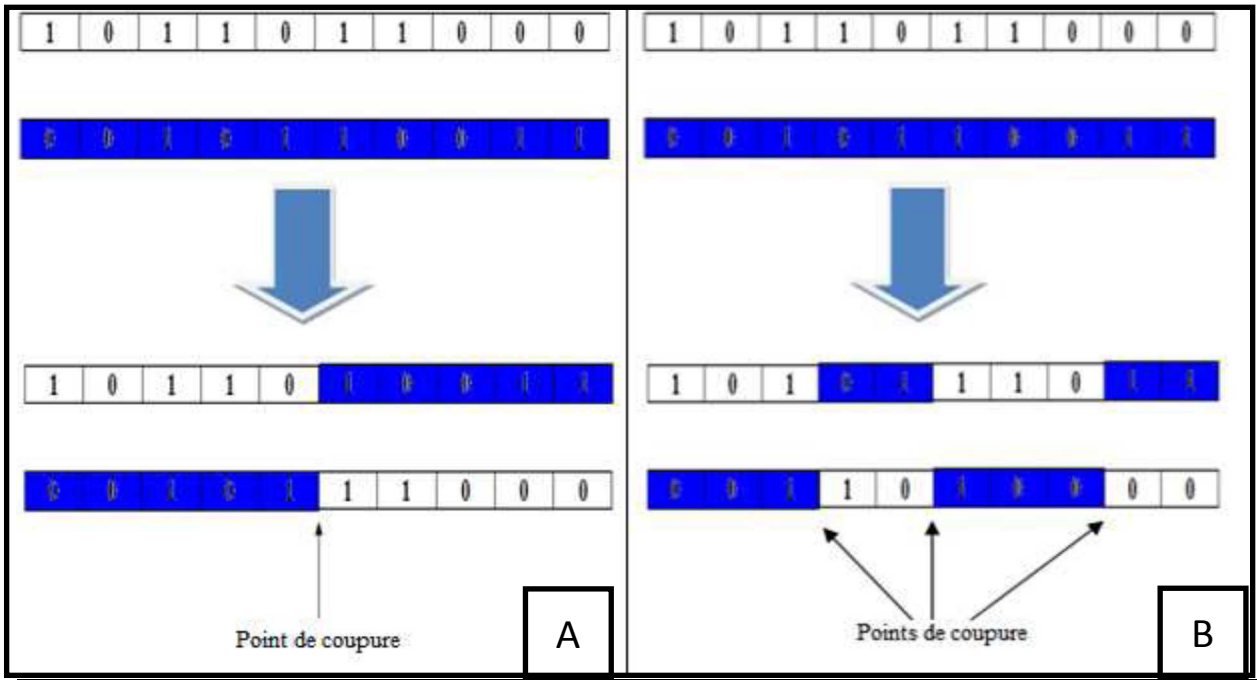


Figure III.3 : Croisement entre deux chaînes binaires en un point (A) ou en plusieurs points (B).

II.1.2.2. Croisement pour représentation réelle :

Si les individus de la population sont codés comme des vecteurs de R_n ; on peut utiliser le croisement en un ou plusieurs points (généralisation de la méthode de croisement de chaînes binaires), ou bien calculer les enfants comme des moyennes des valeurs de leurs parents. Néanmoins, la génération des enfants doit avoir une part stochastique, il est donc possible d’ajouter aux moyennes une valeur aléatoire (loi normale, par exemple).

II.1.2.2.1. Croisement en p point :

Ce croisement est une généralisation de la méthode de croisement de chaînes binaires, pour cela il suffit de spécifier un nombre de points de croisement fixe, noté p . Ces points de croisement seront générés aléatoirement. Un individu est formé d’un nombre fixe de composantes (classes des données, centres de gravités ou anticorps).

II.1.2.2.2. Croisement barycentrique :

Les objets du monde réel contiennent souvent des arêtes rectilignes ou des surfaces planes. Nous avons traduit cette propriété en un opérateur de croisement barycentrique qui crée une nouvelle mouche située sur le segment de droite reliant ses deux parents : la mouche ‘M’ est le résultat du croisement des parents ‘M1’ et ‘M2’ et il est définie par la formule suivante :

$$M = \alpha M1 + (1 - \alpha) M2$$

Le poids α est choisi selon une loi uniforme.

II.1.3. Mutation :

La mutation est le deuxième opérateur de variation dans les algorithmes évolutionnaires. Elle a lieu après le croisement et la génération des enfants. Elle consiste à modifier les individus issus du croisement. La mutation a deux rôles importants : explorer l'espace d'états (si la mutation est importante) et affiner une recherche locale (si la mutation est faible).

II.1.3.1. Mutation pour représentation binaire :

Dans le cas d'une représentation binaire [Fig III.4], l'individu muté peut-être modifié en lui inversant un nombre fixe de bits choisis aléatoirement (mutation déterministe).

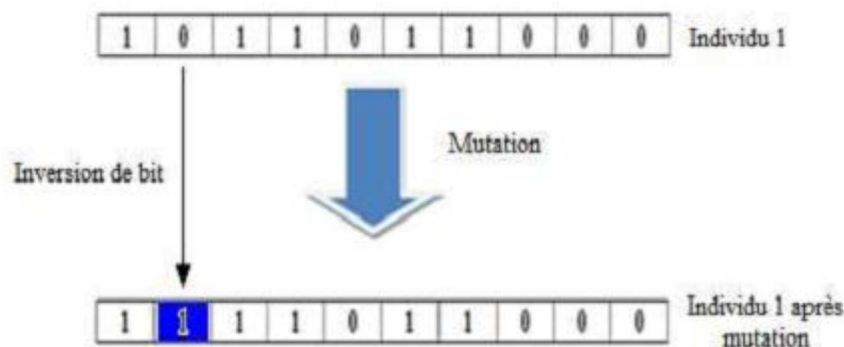


Figure III.4: Mutation d'une chaîne binaire.

II.1.3.2. Mutation pour représentation réelle :

Dans le cas d'une représentation réelle, la manière la plus simple est d'ajouter à chaque composante des vecteurs un nombre aléatoire.

II.1.3.2.1. Mutation gaussienne :

Cette mutation nécessite des composantes réelles pour les individus. Elle ne sera utilisée que pour le codage en anticorps et le codage en centres de gravité. Elle consiste à ajouter à chaque composante une réalisation d'une loi normale centrée et d'écart-type fixé par l'utilisateur qui décroît au fil des itérations. Comme elle prend ses valeurs dans \mathbf{R} , la sortie d'un optimum local sera toujours possible. La densité de probabilité de cette loi est la suivante :

$$f(x) = \left(\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \right) e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma}\right)^2}$$

II.1.3.2.2. Mutation par changement de classe:

Cette mutation consiste à changer la classe d'une donnée quelconque. Elle n'est par conséquent utilisable qu'avec la codification en numéros de classes. Il suffit simplement de tirer une variable aléatoire uniforme $u \in [0,1]$ pour chaque donnée. Si $u < p$ (p étant une valeur assez petite $\in [0,1]$) on change aléatoirement la classe de cette donnée, sinon elle reste telle qu'elle est.

II.1.4. La fonction objectif :

C'est la fonction qui recherche, parmi un ensemble de solutions vérifiant des contraintes données, la (ou les) solution(s) qui rend minimale (ou maximale) une fonction mesurant la qualité de cette solution. Cette fonction est appelée fonction fitness ou fonction d'évaluation. Les contraintes et la fonction objective s'expriment à l'aide de relations mathématiques qui combinent les paramètres connus et les variables du problème. Ces variables dites variables de design ou de conception correspondent souvent à des décisions à prendre de manière à obtenir l'optimum souhaité.

Cette fonction permet de mesurer l'efficacité de la solution. La pertinence des solutions potentielles dépend essentiellement de la formulation de cette fonction. Comme exemple on peut citer : l'erreur quadratique moyenne, Davies-Bouldin indice, Xie- Beni indice...

En effet, quelle que soit sa définition, l'algorithme convergera vers un optimum de cette fonction.

II.1.5. Sélection pour le remplacement :

Après avoir évalué tous les individus de la population P' , il faut une stratégie pour sélectionner les individus qui feront partie de la population de la génération suivante (c'est-à-dire à la prochaine itération). Plusieurs approches existent, nous allons présenter quelques-unes [23].

II.1.5.1. Remplacement générationnel :

Pour ce cas de figure, il faut que le nombre d'enfants soit égal au nombre de parents. La nouvelle génération est exclusivement composée des enfants et tous les parents sont remplacés. C'est la première approche proposée pour les algorithmes génétiques (et ce pour son analogie approximative avec l'évolution des êtres vivants). On peut aisément constater la possibilité que le meilleur individu disparaît au profit des descendants moins performants, il est donc nécessaire de garder en mémoire le meilleur individu tout au long de la recherche, même si celui-ci ne participe pas au processus évolutif.

II.1.5.2. Remplacement déterministe :

Cette méthode est celle proposée à l'origine pour les stratégies d'évolution. Dans ce cadre, le nombre d'enfants λ est usuellement bien plus grand que le nombre des parents n . On choisit donc les n meilleurs enfants (parmi λ) qui vont constituer la nouvelle population. Dans le cas où $\lambda = \mu$, cette méthode est équivalente au remplacement générationnel.

II.1.5.3. Remplacement stationnaire :

Pour cette méthode, le nombre d'enfants est très petit (un ou deux). Ces enfants remplacent à chaque étape le ou les pires individus parmi les parents. Cela implique une convergence très lente. Cette méthode est utilisée dans l'approche parisienne des algorithmes évolutionnaires car elle permet une évolution graduelle de la solution [25].

II.1.5.4. Remplacement élitiste :

Le remplacement élitiste a pour principe de garder les parents qui sont plus performants que les enfants sans faire de distinction entre parents et enfants et de garder les n meilleurs individus parmi les individus de la population P' . Cette méthode est aussi utilisée dans l'approche parisienne des algorithmes évolutionnaires et elle est très économique en espace mémoire ainsi qu'en temps d'exécution.

II.1.6. Critère d'arrêt de l'algorithme évolutionnaire :

L'utilisateur pourra choisir entre un nombre prédéfini d'itération ou une stabilisation de la fonction objectif (le meilleur individu de chacune des k dernières générations n'améliore pas la fonction objectif). Il sera également possible de choisir la conjonction ou la disjonction de ces deux conditions.

III. Système Immunitaire Artificiel (AIS):

L'immunologie a pour objet, l'étude du système immunitaire. Ce système, composé d'organes, de cellules et de molécules, assure le maintien de l'intégrité de l'organisme qu'il défend. Ainsi, il peut être défini comme étant, l'ensemble des mécanismes biologiques permettant à l'organisme de reconnaître et de tolérer ce qui lui appartient en propre, et de reconnaître et de rejeter ce qui lui est étranger (le non soi) : les substances étrangères ou les agents infectieux auxquels il est exposé, mais aussi, ses propres constituants altérés (comme les cellules tumorales). Ce mécanisme de reconnaissance intelligent a été modélisé pour donner naissance au système immunitaire artificiel AIS (Artificiel Immune System) [24].

III.1. Fonctionnalité de SIA:

Les principales idées utilisées pour la conception de la méta-heuristique immunitaire, sont les sélections opérées sur les lymphocytes, accompagnées par les rétroactions positives permettant la multiplication, et la mémoire du système. En effet, ces particularités sont capitales pour maintenir les caractéristiques auto-organisées du système immunitaire.

L'approche utilisée dans les algorithmes SIA est très proche de celle des algorithmes évolutionnaires [24].

On peut, dans le cadre de l'optimisation difficile, considérer les AIS comme une forme d'algorithme évolutionnaire présentant des opérateurs particuliers. En effet, pour opérer la sélection, on se fonde par exemple, sur une mesure d'affinité entre le récepteur d'un lymphocyte et un antigène, la mutation s'opère quant à elle via un opérateur d'hypermutation directement issu de la métaphore. On peut alors schématiser l'algorithme par l'organigramme de la figure suivante :

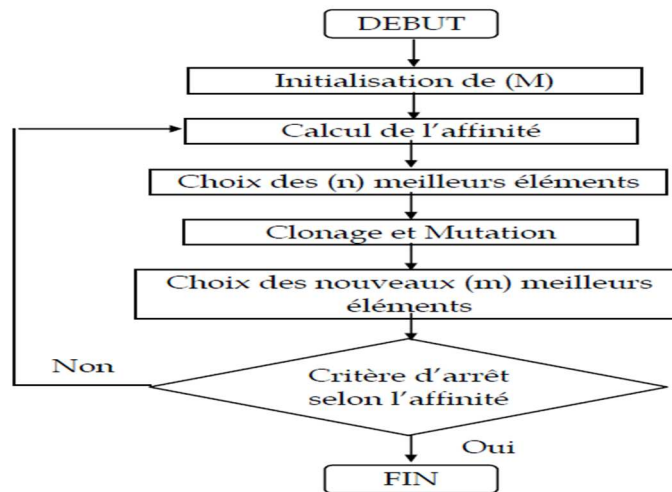


Figure III.5. Organigramme de la sélection Clonale.[24]

III.1.1. Déterminer l'affinité:

Elle est fonction de la somme des énergies des interactions non covalentes, opposées à la répulsion naturelle entre les molécules et de l'énergie nécessaire aux modifications structurales permettant la liaison. La simulation en immunologie utilise un modèle mathématique où les forces d'interaction ne sont pas explicitement présentes. Le modèle est choisi relativement au problème à résoudre [24].

III.1.2. La mutation dans l'AIS:

La mutation, comme pour les algorithmes évolutionnaires, est un changement aléatoire d'une (ou plusieurs) position (bit dans le cas du codage binaire) d'un pixel. L'opération de clonage devient moins efficace avec le temps, car les pixels deviennent similaires, c'est à ce moment que le phénomène de mutation prend toute son importance. La mutation ne crée généralement pas de meilleures solutions au problème, mais par son effet perturbateur, elle évite l'établissement d'individus uniformes incapables d'évoluer. Chaque individu a une probabilité mP de subir une mutation. Cette probabilité est généralement fixée par l'utilisateur. À toutes ces copies avec un taux inversement proportionnel à leur affinité, plus l'affinité est élevée, plus le taux de mutation est faible [24].

III.1.3. La sélection:

Ajouter les éléments ayant subi une mutation à la population M , puis faire la re-sélection de m parmi ces éléments mûrs afin d'être retenus comme les cellules mémoires du système.

Après avoir évalué tous les individus de la population P' , il faut une stratégie pour sélectionner les individus qui feront partie de la population de la génération suivante (c'est-à-dire à la prochaine itération). Plusieurs approches existent.

III.1.3.1. La sélection clonale:

La théorie de la sélection clonale a été utilisée comme source d'inspiration pour le développement des SIAs qui effectuent des tâches d'optimisation et de reconnaissance de formes. En particulier, l'inspiration a été prise du processus de maturation d'affinité des cellules B et de son mécanisme d'hyper-mutation. Ces SIA font souvent appel à l'idée de cellules mémoires afin de conserver les bonnes solutions du problème à résoudre. Dans leur livre, *Castro et Timmis* mettent en évidence deux aspects importants de la maturation d'affinité dans les cellules B qui peuvent être exploitées à partir du point de vue informatique:

- Le premier est que la prolifération des cellules B est proportionnelle à l'affinité de l'antigène auquel elles se sont liées, donc les cellules avec le plus grand taux d'affinité, sont celles qui produisent le plus de clones.
- En second lieu, les mutations subies par les anticorps d'une cellule-B sont inversement proportionnelles à l'affinité de l'antigène auquel ils se sont liés, donc plus l'affinité est grande, plus le taux de mutation est petit [24].

III.1.3.2. La sélection négative

Les algorithmes de la sélection négative sont inspirés par le principal mécanisme dans le thymus qui produit un ensemble de cellules T matures capables de se lier seulement aux antigènes du non-soi.

Le principe de la sélection négative artificielle est de :

- Définition une collection d'éléments de l'ensemble S dans un espace de caractéristique.
- Générer aléatoirement un ensemble des détecteurs R dans l'espace de recherche S.
- Une suppression des détecteurs ceux qui correspondent à certain élément de soi.

IV. Hybridation des AG et AIS :

Actuellement, la classification s'intéresse aux algorithmes biomimétiques qui sont réputées plus robustes et plus efficaces. Plusieurs algorithmes ont été appliqués tel que les algorithmes génétiques et les systèmes immunitaires artificiels. Ces deux derniers on prouvaient leurs performances mais chacun d'eux présente un défaut ; d'où vient l'idée d'associer la puissance des algorithmes génétiques(operateurs de variation) avec la codification des classes des systèmes immunitaires artificiels, dont les principaux intérêts sont la représentation réduite et l'accélération de la convergence tout en gardant la bonne qualité de classification.

V. Conclusion :

Dans ce travail, nous avons présenté deux méthodes biomimétiques qui sont les Ags et les AISs dans le but de réaliser une classification supervisée hybride.

Les principaux intérêts de l'hybridation les AGs avec les AISs sont la représentation réduite des individus, et l'accélération de la convergence, d'où leur utilité et leur popularité dans certain application couteuse en terme du temps tel que la classification des images satellitaires.

I. Introduction :

Après avoir pris connaissance dans le chapitre précédent des différentes méthodes de classification, ce chapitre porte sur la construction de l'application.

L'application a pour but de classifié les images en général et en particulier les images issues des satellites par la nouvelle méthode bio inspirée et contribution de deux algorithmes qui sont (AG et AIS).

Nous allons dans un premier temps présenter les ressources utilisées et dans un second temps nous exposerons les résultats obtenus.

II. Ressources Utilisées :

II.1. Les ressources matérielles :

- Processeur pentium « AMD Athlone (Tm) » d'une fréquence de 2.1GHZ.
- Une mémoire vive d'une capacité de 4 Go.
- Une carte graphique de 1Go.

II.2. Les ressources logicielles :

- Système d'exploitation : Windows 7.
- Langage de programmation MATLAB.
- L'éditeur utilisé est le MATLAB R2012a.

-Notre choix s'est porté sur MATLAB car il permet le travail interactif soit en mode commande, soit en mode programmation ; tout en ayant toujours la possibilité de faire des visualisations graphiques. Considéré comme un des meilleurs langages de programmations (C ou Fortran) MATLAB possède les particularités suivantes par rapport à ces langages :

- La programmation facile, et très efficace, optimisé pour le traitement des matrices
- La continuité parmi les valeurs entières, réelles et complexes
- La gamme étendue des nombres et leurs précisions
- L'outil graphique qui inclut les fonctions d'interface graphique et les utilitaires, On peut enrichir Matlab en ajoutant des toolbox, profilées pour des applications particulières (traitement des images, analyses statistiques, optimisation, etc.).
- La possibilité de liaison avec les autres langages classiques de programmations (C ou Fortran).

III.1. Données utilisées :

Notre application va être réalisé sur une zone d'études la région d'Oran (Algérie), située à 400 Km à l'ouest d'Alger, a été prise comme site d'étude pour la variété des thèmes en présence (zones urbaines, eau, céréaliculture, ressac, etc.) et son relief relativement accidenté des confusions apparaissent sur les images satellitaires de cette zone. Ces confusions sont causées par certains thèmes différents présentant des réponses spectrales similaires.

La figure suivante représenté l'image satellitaire qui nous avons utilisée :



Figure IV.1: Vue 3D du site d'étude [28].

III. Conception:

Le but principal de notre application est de réaliser une classification supervisée des images satellitaires, pour cela nous passons par les étapes suivantes:

- Chargement de l'image. : lecture et affichage.
- Sélection de la population. (initialisation de la population)
- Croisement (Crée la population $P\alpha$ par croisement).
- Mutation (Crée la population $P\alpha$ par mutation).
- Fonction objectif.
- Sélection (choisir les N meilleures individu).
- La classification.

Ces étapes peuvent se résumer par l'organigramme suivant :

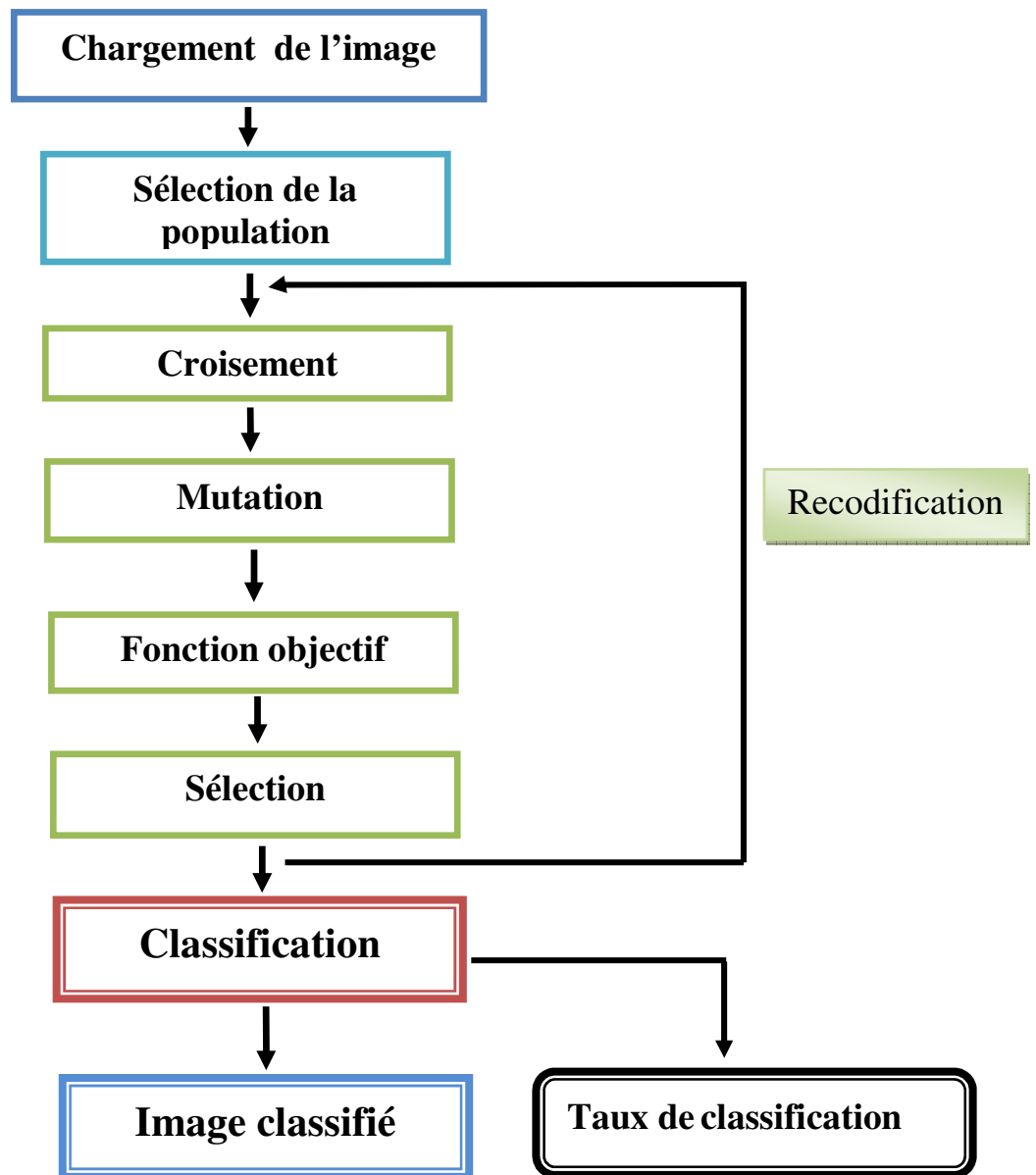


Figure IV.2: Organigramme de l'application.

Pour avoir la fiabilité de notre application, on a la exécuté sur un premier test, avec une image de synthèse avec de type '.png'. La figure suivant représente cette image :

Figure IV.3 : La c image de synthèse pour le premier test. [27]

Le résultat de cette image qui a été teste a partir d'un nombre d'itération « itr=20 » donne une image bien classifié avec un taux égale à 92. 3%. La figure suivante représente le résultat de notre première exécution, la figure suivant est un résultat de classification avec un nombre d'itération de 30 et une finesse 1:

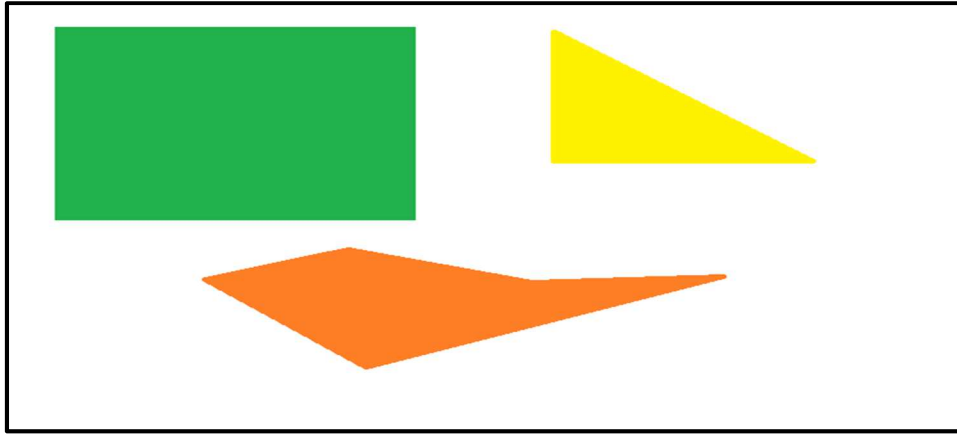


Figure IV.4 : Une image de synthèse pour le premier test. [28]

III.5 Description de l'application :

Pour arriver à faire une classification acceptable, étudie les deux algorithmes (AGs/AISs), pour connaître l'objective de chaque un. Au niveau de AIS nous allons choisi un opérateur de sélection pour a voire un bonne espace. Ensuite on a choisi les trois opérateurs qui sont le croisement, la mutation et le calcul de la fonction objectif (La fitness) pour obtenir un temps réduite. Les étapes qui suivent expliquent le fonctionnement de chaque opérateur :

La sélection est un choix des classes et pour chaque classe il y a plusieurs individus, mais il faut prendre une bonne population pour obtenir une meilleure classification.

Par contre pour les trois opérateurs, pour le croisement nous allons choisi la méthode de croisement Barry centrique bien sûr à partir une étude et comparaisent avec d'autre méthodes, en suite on a calculé une valeur par une formule et ajoute au notre croisement cela c'est la mutation. Finalement notre fonction objectif est basse sur deux méthodes qui sont L'erreur Quadratique et le DBI, sont représenté comme suit :

- La première fonction est l'erreur quadratique moyenne, c'est la plus couramment utilisée pour mesurer la compacité des groupes, la fonction est défini par l'équation suivante :

$$E = \left(\sum_i \sum_k d(x_i, u_k) \right) / N$$

Figure IV.5 : Une image de synthèse pour le premier test. [29]

- Davies-Bouldin (DBI) : Cette fonction tient compte à la fois de la compacité et de la séparabilité des groupes [22]. D'abord, chaque xn pixel de l'image entière est attribué à l'individu le plus proche, voir équations :

$$\mu_{kn} = \begin{cases} 1; & \|x_n - u_k\| \leq \|x_n - u_j\|, \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases} \quad 1 \leq k, j \leq K; j \neq k; 1 \leq n \leq N$$

Figure IV.6 : Une image de synthèse pour le premier test. [30]

On suit nous allons sélectionner une meilleure population pour faire la classification sur notre image avec le calcul de leur taux.

IV. Expérience :

Notre application est représenté par l'interface suivante et l'explication de chaque bouton que nous trouvons :



Figure IV.7 : Une image pour l'interface de l'application.

Les figures qui suivent vont expliquer le fonctionnement de chaque instruction à trouver.

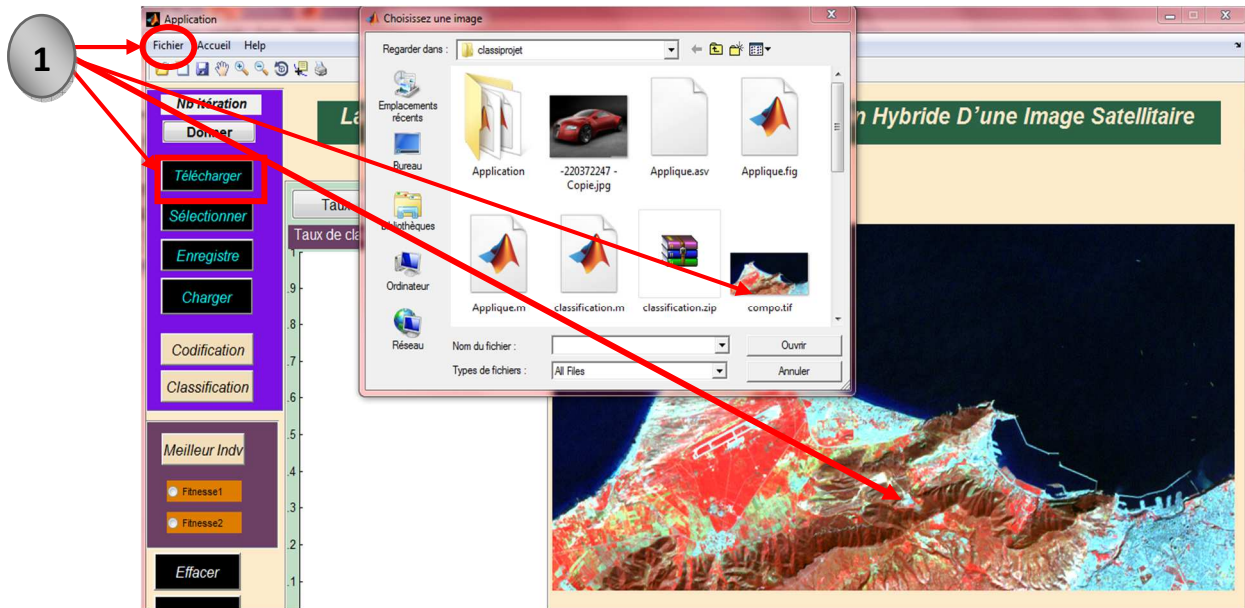


Figure IV.7.1 : Une image pour l'interface de l'application.

- 1- Premièrement il faut une image pour le test, alors nous avons deux instructions pour ouvrir l'image il y a les deux boutons « Télécharger » et « ouvrir (qui se trouve dans 'fichier') », et une fois on clique sur un des deux nous demande de choisir l'image par une fenêtre et on termine par ouvrir.

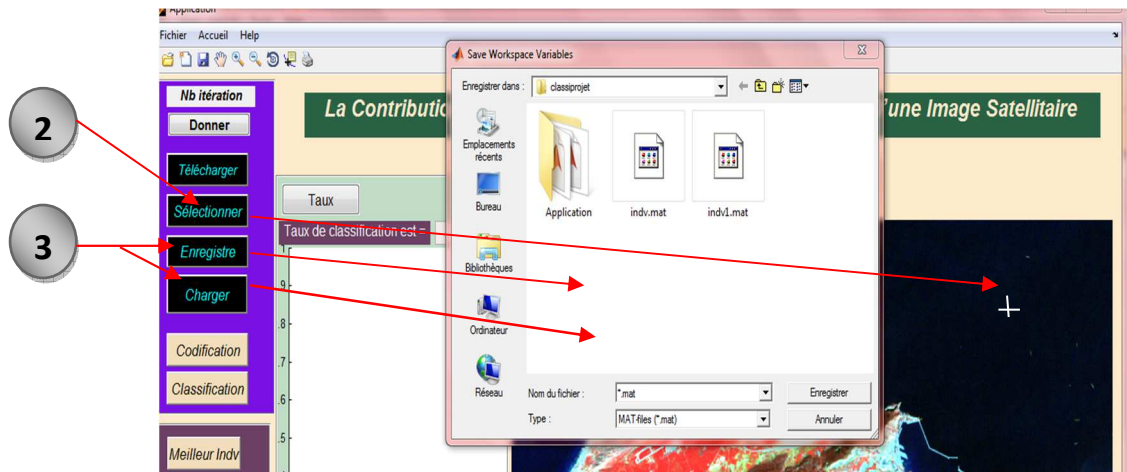


Figure IV.7.2 : Une image pour l'interface de l'application.

- 2- Ce bouton permet de sélectionner la population initiale pour passer à l'autre instruction, avec un clic on va choisir les classes.
- 3- Les deux boutons nous permettent d'enregistrer ou bien de charger la population qui a été sélectionnée avant.

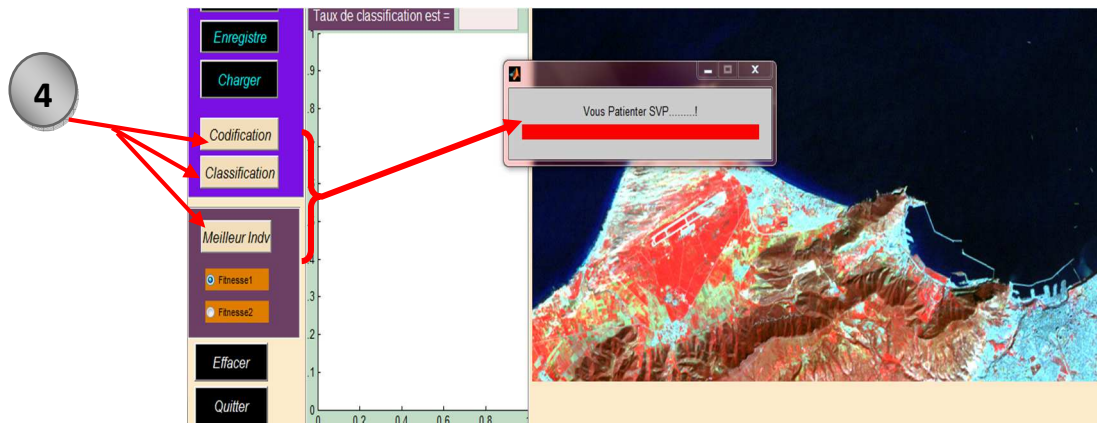


Figure IV.7.3 : Une image pour l'interface de l'application.

4- Pour faire la classification il faut passer par les étapes suivant :

4.a)- Utiliser le bouton Codification pour obtenir une nouvelle population a calculé à partir d'un nombre d'itération a choisi et une fitness de 1 ou 2.

4.b)- fait une sélection d'une fitness (1 ou 2) et un clique sur le bouton meilleur idv pour resseue une bonne population.

4.c)- finalement utilise le bouton Classification pour arriver un résultat (image classifie).

Remarque : il faut respecter le message de patiente pour passer à l'opération qui suit.

Et pour les autres boutons on se trouve la définition sur l'aide.

IV.1. Les résultats des tests :

Nous allons faire un ensemble de test avec des cas défirent. Les figures suivent sont l'affichage avec le calcul de taux pour chaque un :

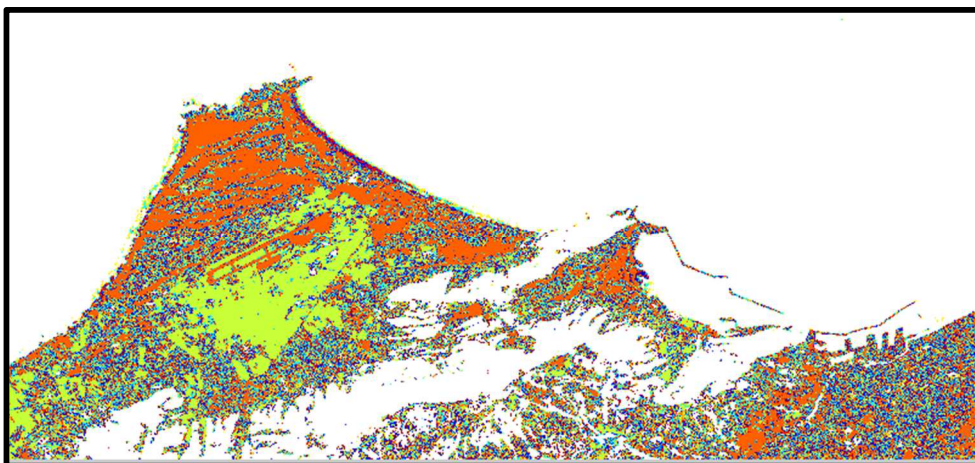


Figure IV.8 : Une image pour premier test (fit1).

- Le nombre d'itération est 3.
- Le taux de cette classification est de 70.43% avec le choix de fitness 1.

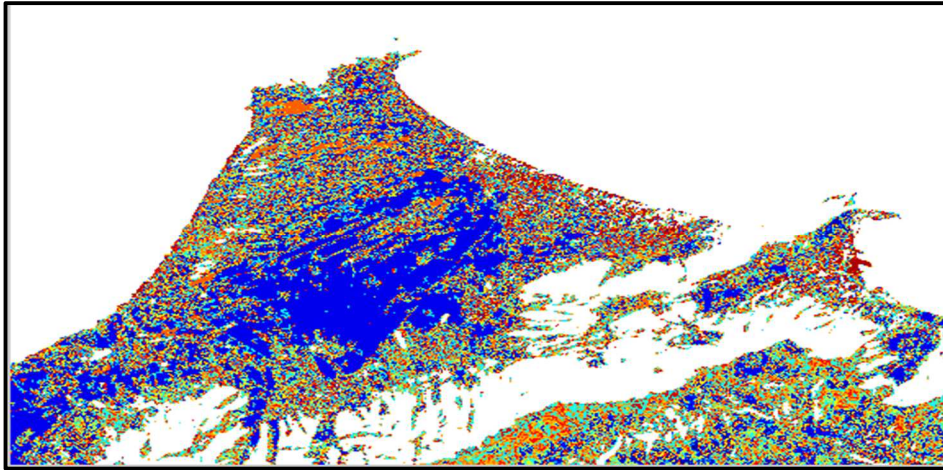


Figure IV.9: Une image pour première test (fit2).

- Le nombre d'itération est 3.
- Le taux de cette classification est de 66.2% avec le choix de fitness 2.

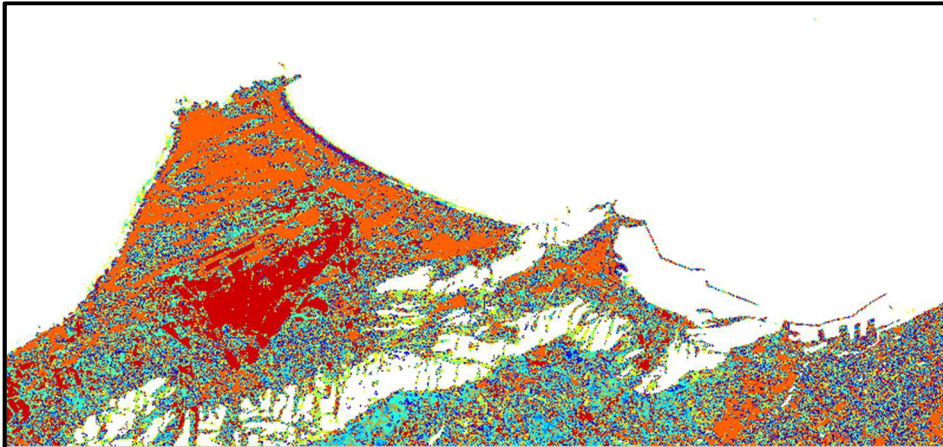


Figure IV.10: Une image pour deuxième test (fit1).

- Le nombre d'itération est 45.
- Le taux de cette classification est de 82.2% avec le choix de fitness 1.

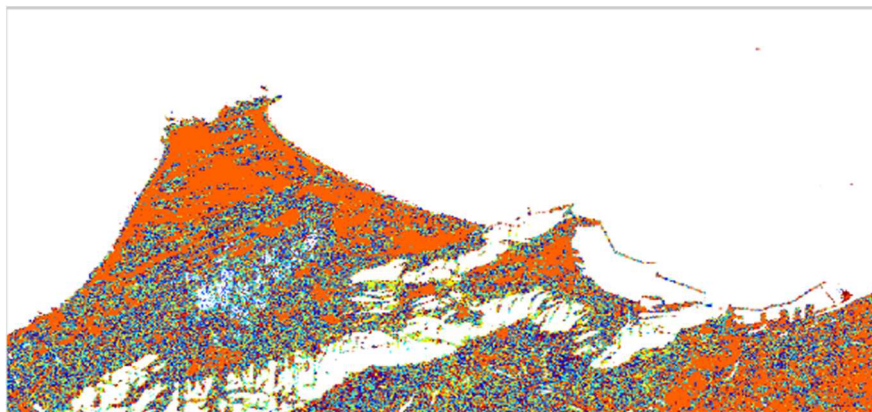


Figure IV.11: Une image pour deuxième test (fit2).

- Le nombre d'itération est 45.
- Le taux de cette classification est de 71.89% avec le choix de fitness 2.

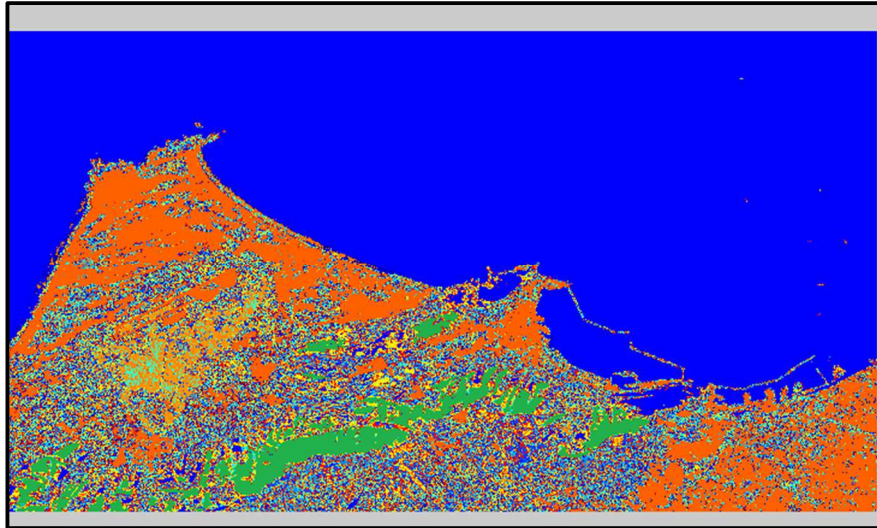


Figure IV.12: Une image pour troisièmes test (fit1).

- Le nombre d'itération est 58.
- Le taux de cette classification est de 88.89% avec le choix de fitness 1.
-

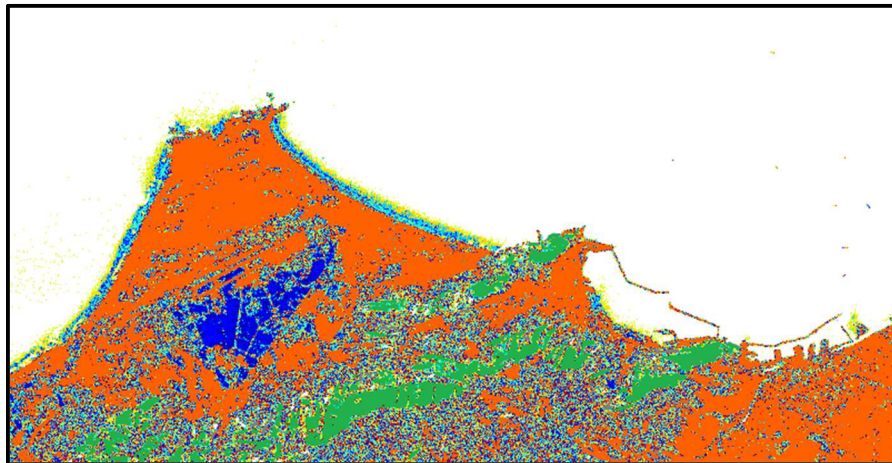


Figure IV.13: Une image pour troisièmes test (fit2).

- Le nombre d'itération est 58.
- Le taux de cette classification est de 85.61% avec le choix de fitness 2.

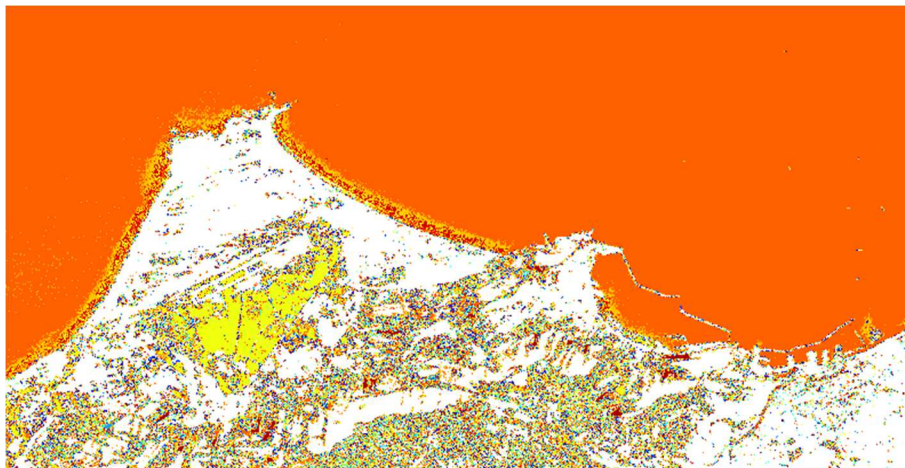


Figure IV.14: Une image pour quatrième test (fit1).

- Le nombre d'itération est 100.
- Le taux de cette classification est de 91.7% avec le choix de fitness 1.

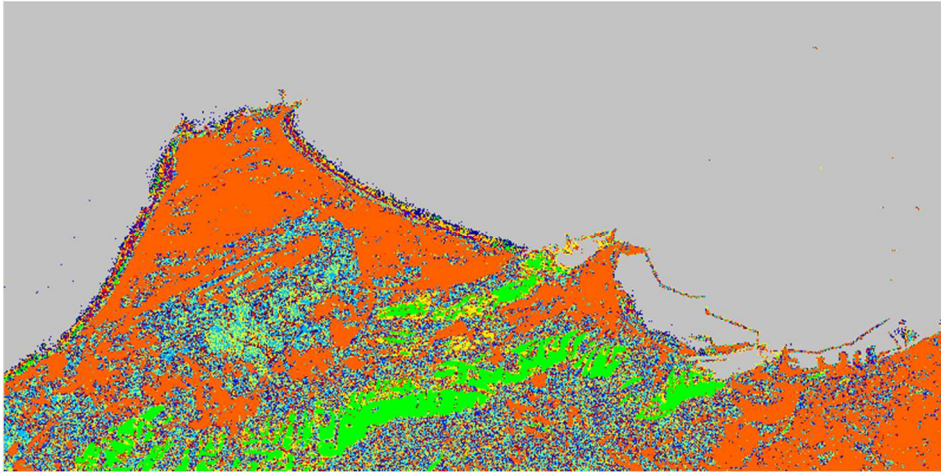


Figure IV.15: Une image pour quatrième test (fit2).

- Le nombre d'itération est 100.
- Le taux de cette classification est de 89.9% avec le choix de fitness 2.

V. Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'implémenté et la conception de l'hybridation entre méthodes (AG/AIS), en jouons sur les différents paramètres de cette méthodes.

Notre méthode est applicable aux problèmes de classification des images satellitaires ce ne garantit pas du bon résultat.

D'a pris l'ensemble des tests précédent que nous avons vu, plus que le nombre d'itération est grand on le temps est augment mais avec une bonne classification et meilleur taux en suit on a la fitness '1' donne bonne résultat par contre la fitness '2'.

Bibliographie

- [1]: Commission interministérielle de terminologie de la télédétection aérospatiale, 1988.
- [2]: **B. khadidja**, « segmentation d'images satellitaires par les algorithmes génétiques, mémoire de fin d'études », université de Mostaganem, 2010.
- [3]: **centre canadien de télédétection** « Notion fondamentales de télédétection », Un cours tutorial du Canada.
- [4]: **WILMET** « Télédétection aérospatiale, méthodes et applications », Sides, 1996.
- [5]: **M. ANDRE**, « Introduction aux techniques de traitement d'images. », Eyrolles, 1987.
- [6]: **R.C.GONZALES, P.WINTZ**, « Digital Image Processing. », Addison Wessley, 1977.
- [7]: **MICROSOFT**, « Encyclopédie », ENCARTA, 1997.
- [8]: **M. HADALLAH**, « Codage des images fixes par une méthode hybride basée sur la QV et les approximations fractales » . ' 1997
- [9]: **J. Kennedy, and Eberhart, R. C.**, Particle swarm optimization. IEEE Int. Conf. on Neuronal networks, pp. 1942-1948, Vol. 4, October 1995, Piscataway (Japan).
- [10]: **K.TABARI, S.TAGMA**, « Compression d'images animées à très faible débit parla géométrie des fractales. », PFE USTHB, 1996.
- [11]: **G. Aubert et P. Lornprobst**, « Traitement des images numériques ». 2006.
- [12]: **A.R. Hanson and E.M. Riseman**, « Segmentation of natural scenes. In Computer Vision Systems, A. R. Hanson, and E. M. Riseman (Eds.) », New York : Academic Press, pages 129.163, 1978.
- [13]: **N.R. Pal, S.K. Pal**, « A review on image segmentation », Vol.2, 1993.
- [14]: **O. Pony , U. Polvirini , L Gaurtret , J. ZERUBIA**, « Classification d'image satellitaire superspectrale en zone rurale et périurbaine », département Modélisation, Outils, Simulation 31, Toulouse, 2004.
- [15]: **S. Arlot**, « classification supervisée des algorithmes et leur calibration automatique », école centrale de Paris -2009.
- [16]: **J. Marc**, « Classiffcation non supervisée à l'aide d'algorithmes génétiques », 2005/2006.
- [17]: **D. Abdelhakim**, « Approches bio-inspirées pour la reconnaissance de formes », 2006.

[18]: **D. ductor**, « Méthodes d'analyse et d'interprétation d'images de télédétection multi-sources », Toulouse 2005.

[19]: Optimisation des structures par les algorithmes génétiques – 2007.

[20]: **K. Radja**, « Contribution au développement de méthodologie de fusion/classification des images satellitaire multi-sources », 2008.

[21]: **J. Dréo, A. Petrowski, P. Siarry et E. Taillard** « Métaheuristiques pour l'optimisation difficile. », Editions Eyrolles. 2005.

[22]: **B. Ahmed**, « application des algorithmes de colonies de fourmis pour l'optimisation et la classification des images », Thèse de doctorat- Oran– 2013.

[23]: **G. sarah** « les insectes volants pour la classification non supervisée des images » mémoire de magistère-2010.

[24]: **M LAMALI**, « Approches évolutives pour la classification non supervisée de données », mémoire d'ingénieur INI Alg 2008/2009.