

UNIVERSITE KASDI MERBAH - OUARGLA

**Faculté des hydrocarbures, des énergies renouvelables et des
sciences de la terre et de l'univers**

Departement des sciences de la terre et de l'univers



Mémoire Master Académique Domaine :

Sciences de la terre et de l'univers

Filière: Géologie

Spécialité: Hydrogéologie

Présenté par : Ben seddik abd el karim

THEME

**Analyse et gestion des données hydrauliques à l'aide
d'un SIG : cas des inondations dans l'Est Algérien après
l'établissement du cadastre multifonctionnel**

Devant le jury :

Encadreur

Dr BOUZAHAR FAIZA

Co Encadreur

Pr BELKSIR MED SALAH

Président

Pr. FELLAH LAHCEN

Examineur

Pr. ZEDDOURI AZIEZ

Année académique : 2023/2024

Remerciement :

Par-dessus tout, je remercie Dieu de m'avoir donné le courage, la patience et l'opportunité d'étudier et de continuer.

Au terme de ce travail, je voudrais exprimer ma profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, en espérant que ces mots seront un témoignage à la mesure de mon appréciation et de ma gratitude.

Mes remerciements particuliers vont à ma superviseuse, Dr **Bouzahar Faiza**, qui m'a apporté soutien et assistance, et m'a fait preuve de son intérêt et de sa patience pour réaliser cet objectif.

J'adresse également mes remerciements à **tous les professeurs** du Département des Sciences de la Terre et de l'univers de l'Université de Ouargla.

Enfin, je ne peux oublier l'aide, les conseils et surtout les encouragements et le soutien moral que j'ai reçus de ma chère famille et de mes amis.

Dédicaces :

Je dédie cet humble travail à :

Ma mère et mon père qui m'ont soutenu dans ma réussite par leur amour et leur soutien et tous les sacrifices qu'ils ont consentis et leurs précieux conseils, et pour toute leur aide et leur présence dans ma vie. J'espère qu'à travers ce travail, aussi humble soit-il, il sera une expression de mes sentiments et de ma gratitude envers eux.

Je remercie mes frères et sœurs qui me soutiennent avec persévérance et courage.

Je dédie également ce travail à ma créatrice, Mme Bouzahar Faiza, et à tous mes amis.

Résumé :

L'étude de cas porte sur l'utilisation de la documentation cadastrale et de la télédétection pour établir un système d'information géographique (SIG) dédié à l'analyse et à la gestion des données hydrauliques liées aux inondations dans l'Est de l'Algérie, après la mise en place du cadastre multifonctionnel. Les travaux postérieurs à l'établissement du cadastre sont examinés dans ce contexte. L'objectif est de tirer parti des avancées technologiques pour mieux comprendre et gérer les risques d'inondation grâce à l'intégration de données cadastrales et de télédétection dans un SIG.

ملخص :

تركز دراسة الحالة على استخدام التوثيق المساحي والاستشعار عن بعد لإنشاء نظام معلومات جغرافية (GIS) مخصص لتحليل وإدارة البيانات الهيدرولوجية المتعلقة بالفيضانات في شرق الجزائر، بعد إنشاء السجل العقاري متعدد الوظائف. يتم فحص العمل اللاحق لإنشاء السجل العقاري في هذا السياق. الهدف هو الاستفادة من التقدم التكنولوجي لفهم مخاطر الفيضانات وإدارتها بشكل أفضل من خلال دمج بيانات المساحية وبيانات الاستشعار عن بعد في نظام المعلومات الجغرافية

Abstract :

The case study focuses on the use of cadastral documentation and remote sensing to establish a geographic information system (GIS) dedicated to the analysis and management of hydraulic data related to flooding in the East of the Algeria, after the establishment of the multifunctional cadastre. The work subsequent to the establishment of the cadastre is examined in this context. The objective is to take advantage of technological advances to better understand and manage flood risks through the integration of cadastral and remote sensing data into a GIS.

Sommaire :

REMERCIEMENT :	2
DEDICACES :	3
RESUME :	4
ملخص:	4
ABSTRACT :	4
SOMMAIRE :	5
LISTE DES FIGURES :	8
LISTES DES TABLEAUX :	9
INTRODUCTION GENERALE :	11
CHAPITRE1 : LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)	12
I.1 Introduction :	13
I.2 Définition :	13
I.3 Description du fonctionnement du SIG :	13
I.4 Structure de données dans le SIG :	14
1.Format Vecteur:	14
2.Format Raster	14
I.5 Utilité et fonctionnalité du SIG :	14
I.6La base de données géographiques (Geodatabase) :	16
I.7 Analyse spatiale des données :	16
I.8 Limites du SIG dans le domaine de cartographie :	17
1. Manque d'analyse multi-échelles	17
2. Manque d'unicité des chemins :	17
3. Une situation riche en données et pauvre en théorie	17
I.8 Notion de base sur l'apprentissage automatique ML :	17

I.9 Les types d'apprentissage automatique :	18
1. Apprentissage supervisé	18
2. Apprentissage non supervisé	19
3.Apprentissage semi-supervisé	19
4.Apprentissage parrenforcement	19
I.10 Les type d'apprentissage supervise :	19
1.Classification :	19
2.Régression :	20
I.11 Différence entre l'apprentissage par régression et classification :	20
I.12 Conclusion :	21
CHAPITRE2 : TELEDETECTION	22
II.1 Introduction :	23
II.2 Définition formelle :	23
II.3 Principe de fonctionnement :	24
II.4 Les étapes d'acquisition :	24
1.Source d'énergie	24
2.Rayonnement et atmosphère	24
3.Interaction avec la cible:	24
4.Enregistrement et traitement de l'information	25
5.Utilisation des données :	25
II.5 Domaine d'application de la télédétection:	27
II.5.1 Météorologie et Climatologie :.....	27
II.5.2 En Océanographie :.....	27
II.5.3 En Géologie :.....	27
II.6 Les Applications Terrestres de la Télédétection :	28
II.7 Conclusion :	28
CHAPITRE 03 : APPLICATION	30
IV.1 Préparation des Données :	30
IV.1.1. Composition Colorée :.....	30

IV.1.2. Correction Géométrique :	30
IV.2 Préparation des critères :	30
IV.3Cartes d'indice de végétation et d'indice de brillance :	32
IV.4 Modèle numérique de terrain et produits dérivés:	33
IV.5 La carte des pentes :	34
IV.6 La carte des aspects:	34
IV.7 délimitation des bassins versants :	35
IV.8 Modélisation et analyse spatiale multicritère :	36
IV.9 Les données métrologiques :	37
IV.10 la pondération selon la méthode AHP :	37
IV.11 Apport de l'imagerie satellitale à l'élaboration d'un cadastre :	40
IV.12 ALSAT 2A :	40
IV.13 La qualité géométrique de l'imagerie d'ALSAT 2A :	41
LA PRECISION PLANIMETRIQUE	41
IV.14 Différents paramètres d'évaluation :	42
LA SUPPRESSION DES PREJUGES :	43
IV.15 Modèle géométrique rigoureux d'ALSAT 2A	45
IV.16 Modèle géométrique rigoureux d'ALSAT 2A	47
IV.17 Conclusion :	49
CONCLUSION GENERALE:	51
REFERENCES BIBLIOGRAPHIES :	52

Liste des Figures :

Figure 1	Information des donnée géo référencées à l'aide du SIG.....	13
Figure 2	Une entité réelle est représentée par un modèle de données spatiales dans le SIG....	14
Figure 3	Cycle de vie de l'information géographique Source.....	16
Figure 4	Exemple d'apprentissage supervisé	18
Figure 5	Exemple d'apprentissage non supervisé.....	19
Figure 6	Exemple de régression et de classification d'apprentissage	20
Figure 7	Différents types de télédétection	23
Figure 8	Processus de la télédétection (FAO en 2004)	25
Figure 9	types de résolution spatiale de Landsat 8.....	26
Figure 10	schéma des cadastres	Error! Bookmark not defined.
Figure 11	Résultats par zones des surfaces déjà inondées et nouvellement inondées	Error! Bookmark not defined.
Figure 12	Modèle conceptuel du parcellaire complémentaire au modèle réseau de gestion des digues.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 13	Visualisation des zones inondables sur les plans cadastraux	Error! Bookmark not defined.
Figure 14	Guide d'élaboration d'un schéma de gestion des eaux.....	Error! Bookmark not defined.
Figure 15	Exploitation de la Documentation Cadastre pour la Validation et la Généralisation	Error! Bookmark not defined.
Figure 16	Correction géométrique de l'image Alsat-2	31
Figure 17	Image Alsat-2A géométriquement corrigée	31
Figure 18	Carte représentant l'occupation des sols dans la zone d'étude.....	32
Figure 19	NDVI (Indice de Végétation par Différence Normalisée) et IB (Indice de Brillance)	33
Figure 20	Critère de proximité par rapport au tissu végétal.	33
Figure 21	Modèle numérique de terrain et carte des pentes dérivée	34
Figure 22	La carte des aspects (exposition) dérive	35
Figure 23	bassin versants délimités à partir du MNT aster de 15m de résolution	36
Figure 24	représentation 3D du réseau	36
Figure 25	carte de la pluviométrie à l'échelle du groupement	37
Figure 26	Carte des risques d'inondations de la ville d'Annaba et validation des résultats.....	39
Figure 27	les décalage qui existent entre la restitution et la photo-interprétation.....	44
Figure 28	La relation géométrique entre l'image et un point sur le terrain	46
Figure 29	Représentation des îlots touchés par le risque d'inondation très fort et validation des résultats.....	48

Listes des tableaux :

Tableau 1 Nomenclature des données descriptives des propriétés foncières .	Error! Bookmark not defined.
Tableau 2: Études et articles de recherche sur le rôle du cadastre en aménagement du territoire	Error! Bookmark not defined.
Tableau 3: Etudes et articles de recherches sur le rôle du cadastre en aménagement hydraulique	Error! Bookmark not defined.
Tableau 4: Variabilité des Thématiques d'Aménagement Hydraulique et Rôle	Error! Bookmark not defined.
Tableau 5: La représentation des statistiques de quelques ilots touchés par le risque inondation obtenu après l'application du modèle géométrique.....	48

Introduction Générale

Introduction Générale :

Les inondations constituent l'un des risques naturels les plus dévastateurs, causant des pertes humaines, des dégâts matériels importants, et des perturbations économiques significatives. Dans le contexte de l'Est Algérien, ces phénomènes ont pris une ampleur croissante au fil des ans, exacerbés par des facteurs climatiques, environnementaux, et humains. Face à ces défis, l'intégration des technologies modernes de gestion de l'information, notamment les Systèmes d'Information Géographique (SIG), devient cruciale pour une gestion efficace des risques d'inondation.

Le développement et l'établissement d'un cadastre multifonctionnel en Algérie ouvrent de nouvelles perspectives pour une gestion intégrée et optimisée des territoires. Ce cadastre, en centralisant les informations foncières, environnementales, et infrastructurelles, fournit une base de données riche et variée, essentielle pour une analyse approfondie et une gestion proactive des risques hydrauliques.

L'utilisation d'un SIG dans ce contexte permet non seulement de cartographier et d'analyser les données hydrauliques, mais aussi de modéliser les scénarios d'inondation, d'identifier les zones à risque, et de planifier des mesures préventives et correctives. Ainsi, le SIG, en synergie avec le cadastre multifonctionnel, devient un outil puissant pour la gestion des inondations.

Cette étude se concentre sur l'analyse et la gestion des données hydrauliques à l'aide d'un SIG dans le contexte des inondations dans l'Est Algérien, après l'établissement du cadastre multifonctionnel. Elle vise à démontrer comment ces outils technologiques peuvent contribuer à une meilleure compréhension des dynamiques des inondations, à une évaluation précise des risques, et à la mise en œuvre de stratégies efficaces pour réduire les impacts de ces catastrophes naturelles.

Chapitre1 : Le système d'information géographique (SIG)

I.1 Introduction :

L'utilisation des Systèmes d'Information Géographique (SIG) dans la prédiction des inondations a démontré des résultats positifs en matière de gestion des risques et des dommages. Cela souligne la nécessité de les intégrer dans les futurs plans de prévention. Pour cette raison, nous allons définir et expliquer certaines notions liées aux SIG afin de mieux comprendre leur utilisation dans notre étude.

I.2 Définition :

Un système d'information géographique (SIG) est un environnement qui permet de collecter, de gérer et d'analyser des données. Basé sur la science de la géographie, le SIG intègre divers types de données. Il analyse les emplacements spatiaux et organise les couches d'informations en visualisations, notamment à l'aide de cartes et de scènes en 3D. Cette capacité unique permet au SIG de révéler des informations approfondies sur les données, telles que des modèles, des relations et des situations, ce qui aide les utilisateurs à prendre des décisions plus éclairées (ESRI, 2021).

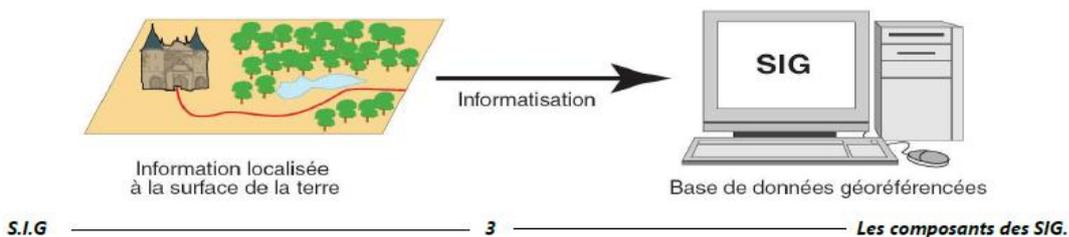


Figure 1 Information des donnée géo référencées à l'aide du SIG

I.3 Description du fonctionnement du SIG :

Les données d'un SIG offrent une vue simplifiée des entités physiques telles que les routes, les montagnes, les lieux d'accidents et d'autres caractéristiques que nous souhaitons identifier. Ces données incluent des informations sur l'emplacement spatial et l'étendue des entités, ainsi que sur leurs propriétés non spatiales. Chaque entité physique est représentée par un objet spatial dans le SIG, établissant ainsi une correspondance entre l'entité et l'objet. Comme illustré dans la figure ci-dessous, nous pouvons représenter la couverture du sol dans une région donnée à l'aide de polygones. Ces polygones sont associés à un ensemble de caractéristiques essentielles définissant chaque type de couverture, telles que le type de végétation, l'urbanisation, les plans d'eau, etc. (Bolsad, 2016).

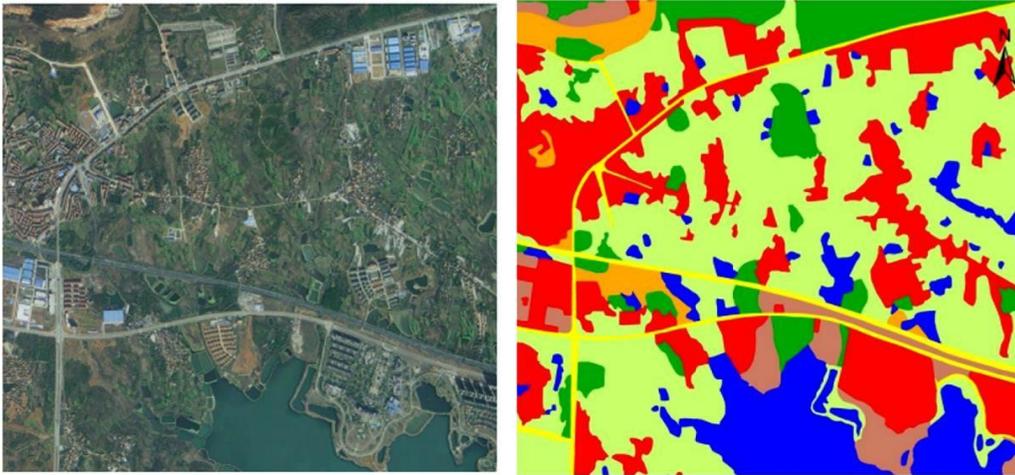


Figure 2 Une entité réelle est représentée par un modèle de données spatiales dans le SIG.

I.4 Structure de données dans le SIG :

Dans un Système d'Information Géographique (SIG), les données spatiales sont généralement classées en deux formats principaux : le format vecteur et le format raster.

1.Format Vecteur: Ce modèle de données utilise des ensembles de coordonnées et des données attributaires associées pour définir des objets discrets. Les ensembles de coordonnées définissent l'emplacement et les limites des objets discrets, tandis que les données attributaires décrivent les caractéristiques de ces objets. En utilisant ces informations, des objets vectoriels représentant des entités du monde réel sont créés dans le SIG.

2.Format Raster: Ce modèle de données représente le monde comme une grille de cellules. En général, ces cellules sont carrées et uniformément espacées dans les directions x et y. Chaque cellule contient une valeur attributive qui représente un phénomène ou un objet spécifique à cet emplacement. Les données raster sont souvent utilisées pour représenter des informations continues telles que l'élévation du terrain, la couverture du sol, etc.

Ces deux formats de données sont largement utilisés dans les SIG pour représenter et analyser des données géographiques de différentes manières, offrant ainsi aux utilisateurs une gamme d'outils pour comprendre et interpréter les informations spatiales.

I.5 Utilité et fonctionnalité du SIG :

Ces utilités sont principalement assurées par des fonctionnalités qui représentent la majeure partie des outils du SIG et qui sont essentielles pour l'analyse spatiale. Parmi celles-ci, on peut citer :

1.Géoréférencement :

Le géoréférencement, également connu sous le nom de géocodage, permet de déterminer l'emplacement précis des données géographiques. Cette fonctionnalité établit une référence géographique pour les attributs, facilitant ainsi les analyses (ESRI, 2016).

2.Adéquation et distance :

Une des aptitudes majeures d'un SIG est sa capacité à mesurer les distances entre les objets et à déterminer si ces objets sont adjacents les uns aux autres (Régis, et al., 2011).

3.Superpositions et requêtes:

Les superpositions et les requêtes sont des fonctionnalités essentielles des Systèmes d'Information Géographique (SIG) qui permettent une analyse approfondie des données spatiales.

4.Superpositions :

La superposition est le processus de combiner plusieurs couches de données géographiques pour analyser leurs interactions. Par exemple, en superposant une carte des usages du sol avec une carte des zones inondables, on peut identifier les zones à risque pour une meilleure planification urbaine.

Cela permet de visualiser et d'interpréter les relations spatiales entre différentes couches de données.

5.Requêtes :

Les requêtes dans un SIG permettent d'extraire des informations spécifiques en fonction de critères définis. Par exemple, on peut effectuer une requête pour trouver toutes les parcelles de terrain dans une zone donnée qui sont destinées à un usage résidentiel.

Les requêtes peuvent être basées sur des attributs (requêtes attributaires) ou sur des critères géographiques (requêtes spatiales).

Ces deux fonctionnalités sont cruciales pour tirer des conclusions significatives à partir des données géographiques, aidant ainsi à la prise de décisions informées et à la résolution de problèmes complexes

I.6 La base de données géographiques (Geodatabase) :

La Geodatabase est une structure de données utilisée dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG) pour stocker, gérer et analyser les informations géographiques. Elle permet de offrir une gestion intégrée des données géographiques. La Geodatabase prend en charge différents types de données géographiques, notamment les données vectorielles, les données raster et les données attributaires, ce qui en fait un outil puissant pour la modélisation et l'analyse spatiale. stockage de données spatiales et non spatiales dans un format de base de données relationnelle, Elle offre également des fonctionnalités avancées telles que la topologie, l'intégrité des données et la modélisation spatiale, facilitant la création et la gestion de données géographiques complexes.

I.7 Analyse spatiale des données :

L'analyse spatiale est un processus qui utilise des techniques et des modèles pour étudier les modèles et les processus spatiaux. Dans un SIG, l'analyse spatiale est une étape cruciale du cycle de l'information géographique, où toutes les formes de données sont représentées sous forme de cartes et de schémas (données spatiales) (Serraoui, et al., 2018). Cette analyse permet de tirer des conclusions et des insights à partir des données géographiques.

Le SIG est représenté sous forme circulaire dans la figure suivante pour exprimer le fait qu'il s'adapte aux résultats récurrents et aux nouveaux besoins, et qu'il n'est pas figé mais évolue en fonction des besoins et des avancées technologiques (Régis, et al., 2011).

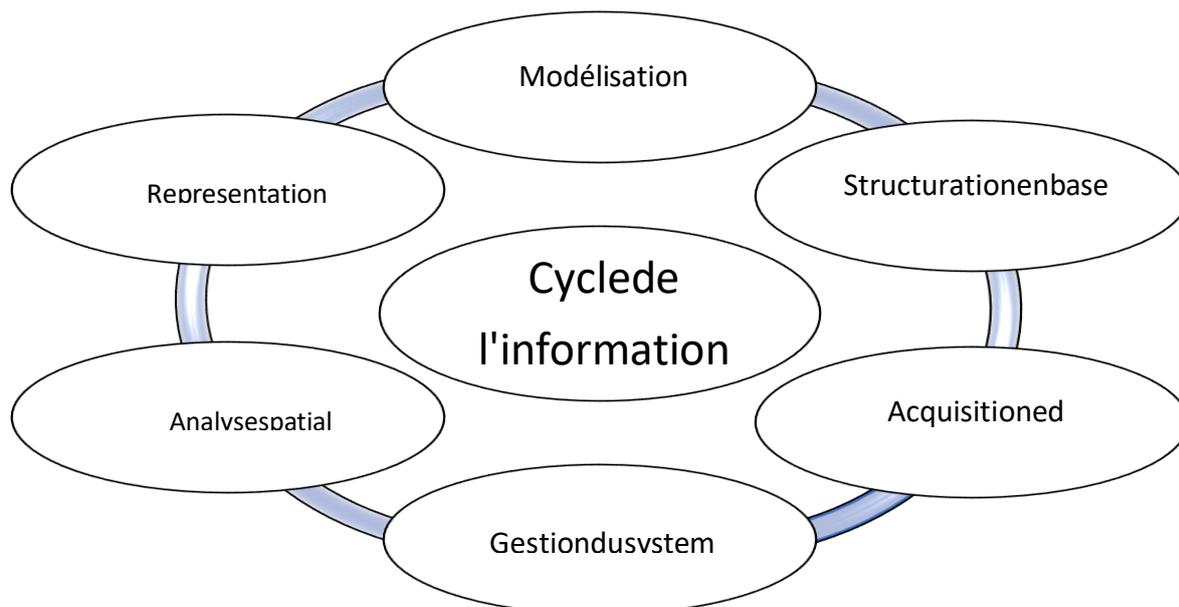


Figure 3 Cycle de vie de l'information géographique Source

I.8 Limites du SIG dans le domaine de cartographie :

Malgré ses avantages dans le domaine de l'analyse spatiale, le SIG reste encore un système déficient en ce qui concerne l'aide à la décision. Chakhar (2006) a identifié quelques lacunes que le SIG ne peut pas combler, parmi lesquelles :

1. Manque d'analyse multi-échelles:Le SIG peut être limité dans son analyse lorsque plusieurs échelles sont nécessaires, notamment en ce qui concerne la notion de temps, l'analyse multi-dimensionnelle (comme les images 3D basées uniquement sur un modèle numérique de terrain) et le traitement des données provenant de sources différentes.

2. Manque d'unicité des chemins :Il existe un manque de démarches explicites et unifiées pour parvenir à des résultats similaires. Chaque utilisateur peut suivre son intuition, ce qui peut entraîner des résultats différents pour la même tâche.

3. Une situation riche en données et pauvre en théorie : Le SIG traite les données en utilisant des relations mathématiques géométriques, mais ne tient pas compte de la théorie et de la réalité du phénomène étudié.

4. Les difficultés d'intégration de l'analyse spatiale dans les SIG: L'analyse spatiale se concentre sur le traitement des mesures et des calculs pour représenter la réalité d'un phénomène, tandis que les SIG se concentrent sur les éléments constitutifs de cette réalité.

Ces lacunes soulignent la nécessité d'une approche réfléchie et d'une compréhension approfondie des données et des processus lors de l'utilisation du SIG dans le domaine de l'analyse spatiale et de la prise de décision.

I.8 Notion de base sur l'apprentissage automatique ML :

L'apprentissage automatique (ML) est une branche de l'informatique moderne qui consiste à analyser les bases de données ou à interagir avec l'environnement à l'aide d'algorithmes pour en tirer des schémas répétitifs et établir des prédictions basées sur des statistiques antérieures. Cette approche repose sur l'exploration des données et la reconnaissance de schémas pour déduire des analyses prédictives.

L'apprentissage automatique trouve son utilité dans l'analyse de vastes ensembles de données diverses, appelées données massives, permettant de relever des tendances significatives. Il se distingue par son efficacité en termes de précision et de vitesse par rapport aux méthodes traditionnelles d'analyse de données massives. Les algorithmes peuvent apprendre et s'adapter

aux nouvelles données sans nécessiter de reprogrammation, contrairement aux méthodes traditionnelles.

Dans les cas où le volume de données est énorme, l'apprentissage automatique se révèle particulièrement avantageux, car il permet d'apprendre et de détecter des tendances avec une précision considérablement améliorée (Alpaydin, 2014).

I.9 Les types d'apprentissage automatique :

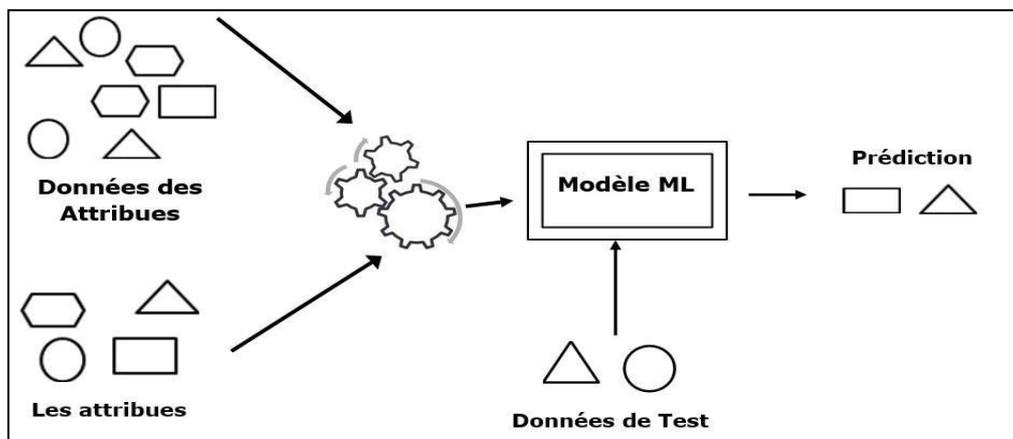


Figure 4 Exemple d'apprentissage supervisé

1. Apprentissage supervisé: Le modèle apprend à partir de données étiquetées, en cherchant des corrélations entre les données d'entrée et les données de sortie. Cela permet au modèle de généraliser et de prédire des résultats pour de nouvelles données. (Mifdal 2019).

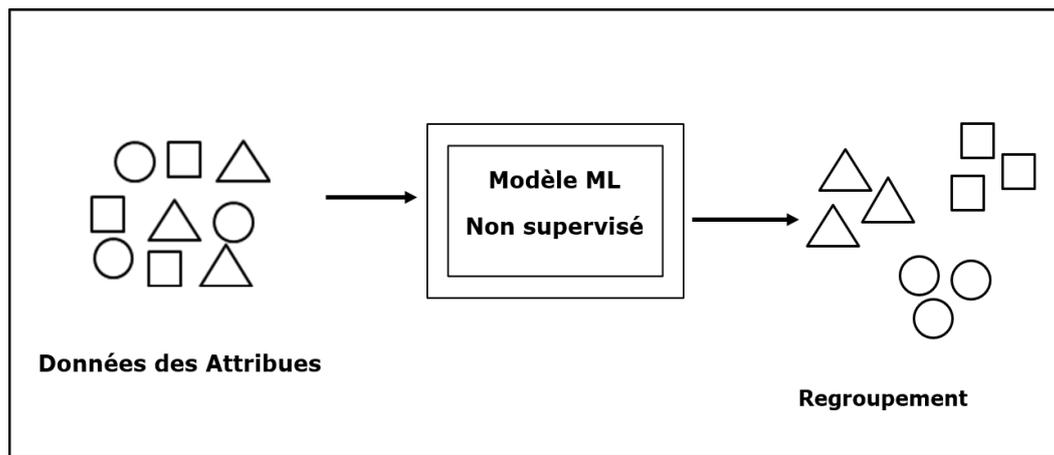


Figure 5 Exemple d'apprentissage non supervisé

2. Apprentissage non supervisé: Les données ne sont pas étiquetées, et l'algorithme cherche à trouver des structures ou des motifs dans les données. Cela peut inclure la segmentation en groupes d'éléments similaires, la recherche de liens entre les éléments ou la réduction de dimension pour simplifier les données.

3. Apprentissage semi-supervisé: Utilise à la fois des données étiquetées et non étiquetées pour l'apprentissage. Cela peut être utile lorsque l'étiquetage des données est coûteux ou difficile, car il permet d'améliorer les performances du modèle avec moins de données étiquetées.

4. Apprentissage par renforcement: Le modèle interagit avec un environnement, en prenant des décisions et en recevant des récompenses ou des punitions en fonction de ses actions. L'objectif est de déterminer la meilleure stratégie comportementale pour maximiser la récompense totale.

Ces différents types d'apprentissage ont des applications variées et complémentaires, et le choix de l'approche dépend souvent de la nature des données et du problème à résoudre.

I.10 Les type d'apprentissage supervise :

Dans le cadre de notre projet, nous allons utiliser un modèle d'apprentissage supervisé pour analyser et traiter une gamme de données en utilisant deux méthodes distinctes :

1. Classification : La classification implique de trouver une fonction qui peut diviser un ensemble de données en classes en fonction de différents paramètres. Pour ce faire, un programme informatique est entraîné sur un ensemble de données d'entraînement, et sur la

base de cet entraînement, il classe les données dans différentes classes. L'objectif de l'algorithme de classification est de trouver la fonction qui associe l'entrée (x) à la sortie discrète (y).

2. Régression : La régression consiste à trouver les corrélations entre les variables dépendantes et indépendantes. Elle est utile pour prédire des variables continues telles que les tendances du marché ou les prix des maisons. L'objectif de l'algorithme de régression est de trouver la fonction qui associe la variable d'entrée (x) à la variable de sortie continue (y).

Figure 6 Exemple de régression et de classification d'apprentissage

I.11 Différence entre l'apprentissage par régression et classification :

L'apprentissage par classifications diffère à l'apprentissage par régression selon les points mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Différence entre l'apprentissage par régression et classification

Régression	Classification
La variable de sortie doit être de nature continue (réelle)	La variable de sortie doit être une valeur discrète.
Mettre en correspondance la valeur d'entrée (x) avec la variable de sortie continue (y).	Mettre en correspondance la valeur d'entrée (x) avec la variable de sortie discrète (y).
Utilisés avec des données continues.	Utilisés avec des données discrètes.

Nous essayons de trouver la meilleure ligne d'ajustement, qui peut prédire la sortie avec plus de précision.	Nous essayons de trouver la limite de décision, qui peut diviser l'ensemble de données en différentes classes.
Utilisés pour résoudre les problèmes de régression telles que la prévision météorologique, la prévision du prix des maisons... etc.	Utilisés pour résoudre des problèmes de classification tels que l'identification de spam, la reconnaissance vocale, l'identification de cellules cancéreuses... etc.
L'algorithme de régression peut être divisé en régression linéaire et non linéaire.	Les algorithmes de classification peuvent être divisés en classificateur binaire et classificateur multi-classes.

I.12 Conclusion :

Cette étude démontre l'efficacité des outils SIG dans l'analyse et la gestion des risques liés aux inondations. En intégrant des données satellitaires, des informations cartographiques et des données météorologiques, nous avons pu cartographier les zones à risque avec une précision remarquable. L'utilisation de l'Analytic Hierarchy Process (AHP) pour pondérer les critères a permis d'obtenir des résultats fiables et significatifs. La carte de risque d'inondation ainsi obtenue offre une base solide pour la planification d'urgence et la prise de décisions en matière d'aménagement du territoire. Cependant, des améliorations peuvent encore être apportées, notamment en intégrant des données en temps réel pour une analyse plus dynamique. En outre, une validation sur le terrain des résultats cartographiques serait nécessaire pour garantir leur exactitude. Globalement, cette étude souligne l'importance croissante des SIG dans la gestion des catastrophes naturelles et leur rôle crucial dans la prise de décisions éclairées pour la sécurité des populations et des biens.

Chapitre2 : télédétection

II.1 Introduction :

La télédétection, dans son sens littéral, désigne l'action d'acquérir à distance des informations sur un objet ou un phénomène quelconque sans que le détecteur soit en contact direct avec l'objet à étudier. Actuellement, le terme "télédétection" se réfère à la science qui s'occupe de l'étude et de la collection des informations sur des objets de l'environnement à travers le globe, au moyen de capteurs fonctionnant avec le rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement est soit réfléchi, soit transmis à travers la surface visée. Les capteurs sont généralement montés à bord de plateformes aériennes ou spatiales (Benmostefa, 2012).

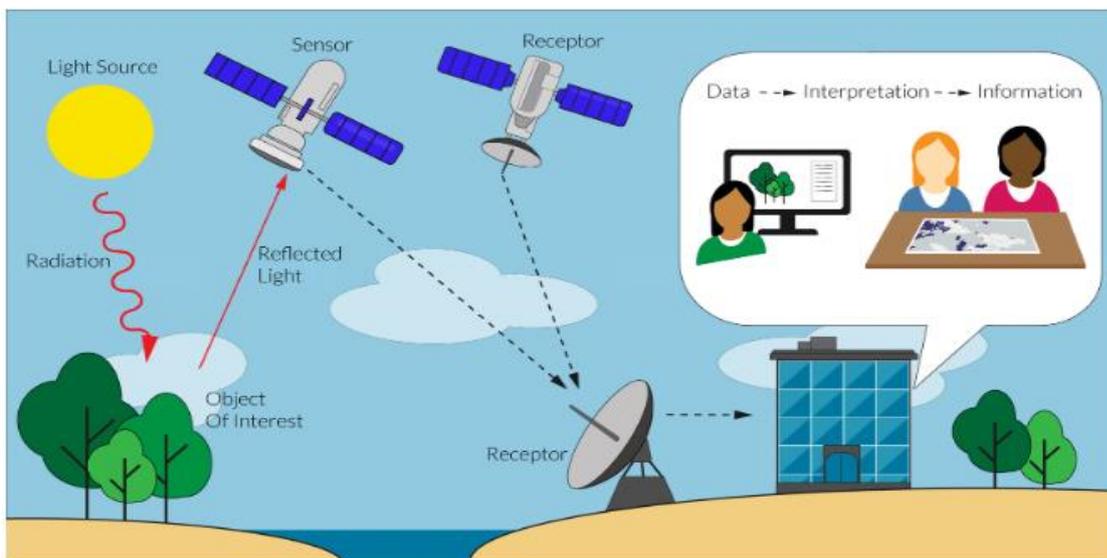


Figure 7 Différents types de télédétection

II.2 Définition formelle :

Selon le site Web du Centre Canadien de Télédétection, la télédétection est définie comme « l'ensemble des techniques qui permettent, par l'acquisition d'images, d'obtenir de l'information sur la surface de la Terre (y compris l'atmosphère et les océans), sans contact direct avec celle-ci. La télédétection englobe tout le processus qui consiste à capter et enregistrer l'énergie d'un rayonnement électromagnétique émis ou réfléchi, à traiter et analyser l'information qu'il représente, pour ensuite mettre en application cette information » (CCT, 2015).

II.3 Principe de fonctionnement :

Comme il est mentionné dans la définition ci-dessus, la télédétection est basée sur le principe que tout corps réfléchit ou émet du rayonnement électromagnétique selon ses propriétés physiques et chimiques d'une manière différente d'un autre corps, en fonction du temps et de son emplacement dans l'espace (CCT, 2015).

À la fin de l'analyse et du traitement des informations issues des rayonnements, et selon plusieurs propriétés (longueur d'onde, moments d'observation et emplacement relatif de l'objet), on peut, en principe :

- 1.Évaluer ou quantifier leurs caractéristiques
- 2.Contrôler le comportement dans le temps et dans l'espace de l'objet
- 3.Détecter par les capteurs la présence ou l'absence des objets non visibles

Les données acquises par les capteurs de télédétection permettent de reconstituer une image continue de la scène visée ou d'étudier le comportement des cibles (CCT, 2015). Acquérir des informations à distance signifie qu'il y a un flux d'informations entre l'objet observé et le capteur. Le support de cette information est un rayonnement électromagnétique émanant de l'objet ou provenant d'un autre corps (soleil) et le reflétant. Le rayonnement électromagnétique est émis par tous les corps (planètes, êtres vivants et objets inanimés) et dépend fortement du volume et du type de rayonnement émis (González et al., 2010).

II.4 Les étapes d'acquisition :

Le processus de la télédétection au moyen de systèmes radar comporte les sept étapes suivantes:

- 1.Source d'énergie :** Pour illuminer la cible, il faut principalement une source d'énergie.
- 2.Rayonnement et atmosphère :**Le rayonnement entre en interaction avec l'atmosphère au cours de son trajet entre la source d'énergie et la cible. Puis, une deuxième interaction se fait dans le sens inverse du trajet entre la cible et le capteur.
- 3.Interaction avec la cible:**Quand le rayonnement atteint la cible, il entre en interaction avec sa surface. Cette interaction dépend de plusieurs propriétés telles que la longueur d'onde du rayonnement, la nature de la surface de l'objet et les caractéristiques de l'atmosphère.

4. Enregistrement et traitement de l'information : Une fois que l'onde se divise en une onde réfléchie ou émise par l'objet ciblé, elle est captée par l'instrument de captage pour être ensuite transférée, souvent par des moyens électroniques, à la machine qui s'occupe du traitement des données. À la fin de ce traitement, l'image informative est mise en format exploitable (photographique ou numérique).

5. Utilisation des données : La dernière étape du processus consiste à utiliser les données extraites pour bien comprendre l'objet visé, afin d'en savoir plus sur sa nature ou pour aider à résoudre un problème spécifique (FAO, 2021-).

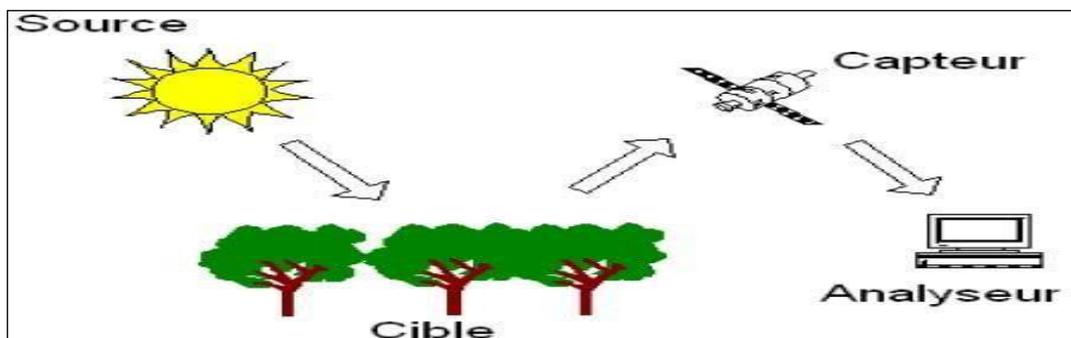


Figure 8 Processus de la télédétection (FAO en 2004)

Quelques informations sur Landsat 8 :

Landsat 8 a été lancé le 11 février 2013 depuis la base aérienne de Vandenberg, en Californie. La charge utile du satellite Landsat 8 est constituée de deux instruments scientifiques : l'imageur terrestre opérationnel (OLI) et le capteur infrarouge thermique (TIRS). Ces deux capteurs fournissent une couverture périodique de la surface terrestre mondiale avec une résolution spatiale de 30 mètres (visible, NIR, SWIR), 100 mètres (thermique) et 15 mètres (panchromatique). Landsat 8 a été développé dans le cadre d'une collaboration entre la NASA et l'U.S. Geological Survey (USGS) (USGS, 2019).

Son objectif principal est d'obtenir des caractéristiques de température de surface et d'étudier les processus de transfert de chaleur et d'humidité dans l'intérêt du secteur agricole, de la gestion de l'eau, etc....

Dans notre travail, nous utilisons les images de Landsat 8 pour élaborer des cartes de la végétation, de l'humidité et des plans d'eau.

Les types de résolution spatiale de Landsat 8 sont les suivants :

1. Visible, Infrarouge Proche (NIR), et Infrarouge à Ondes Courtes (SWIR):

- Résolution spatiale: 30 mètres.

- Ces bandes sont capturées par l'opérationnel Land Imager (OLI).

2. Thermique:

- Résolution spatiale: 100 mètres.

- Ces bandes sont capturées par le Thermal Infrared Sensor (TIRS).

3. Panchromatique:

- Résolution spatiale: 15 mètres.

- Cette bande unique offre une image en noir et blanc de haute résolution, également capturée par l'OLI.

Ces différentes résolutions permettent à Landsat 8 de fournir des données détaillées et variées pour une multitude d'applications en télédétection, telles que la cartographie de la végétation,

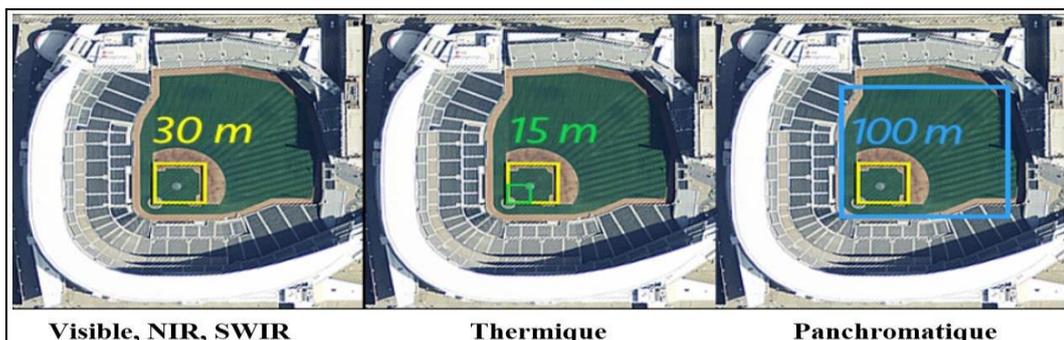


Figure 9 types de résolution spatiale de Landsat 8

le suivi de l'humidité et la surveillance des plans d'eau.

II.5 Domaine d'application de la télédétection:

II.5.1 Météorologie et Climatologie :

L'importance de l'utilisation de la télédétection dans la météorologie réside dans sa capacité à offrir une couverture globale et régulière de l'ensemble de la planète. Les satellites en orbite géostationnaire sont particulièrement efficaces dans ce domaine. Ils fournissent des images couvrant environ un cinquième de la surface terrestre toutes les trente minutes. Avec cinq satellites de ce type, une couverture quasi totale de la Terre est assurée, à l'exception des régions polaires. Gaussen H. and Bagnouls F (1953)

Les capteurs à bord de ces satellites permettent :

- L'observation des nuages et de leurs déplacements.
- La mesure des températures à différents niveaux de l'atmosphère.
- La détermination de l'humidité atmosphérique.
- La mesure du vent, incluant sa vitesse et sa direction.

Ces capacités sont essentielles pour la prévision météorologique et l'étude des phénomènes climatiques.

II.5.2 En Océanographie :

La télédétection offre une vue synoptique de vastes zones inaccessibles par les moyens traditionnels, tels que les navires. Les données des satellites météorologiques sont fréquemment utilisées dans les applications océanographiques pour certaines études à plus petite échelle, comme la température de surface des océans. Les satellites de télédétection terrestre équipés de capteurs à haute résolution sont particulièrement efficaces pour la recherche côtière (Kergomard, 2020).

II.5.3 En Géologie :

La télédétection est une technique utilisée pour extraire des informations sur la composition et les caractéristiques de la surface terrestre. Pour obtenir des informations sur la composition lithologique des roches à partir de la réflexion spectrale, la télédétection est généralement couplée à d'autres sources de données pour des mesures supplémentaires (Kergomard, 2020).

II.6 Les Applications Terrestres de la Télédétection :

Les applications terrestres de la télédétection sont extrêmement variées. La photographie aérienne, sous toutes ses formes, est le moyen le plus courant de télédétection. Les photographies aériennes sont de plus en plus utilisées sous forme numérique, ce qui permet leur correction géométrique et leur intégration dans les Systèmes d'Information Géographique (SIG). En télédétection spatiale, ce sont surtout les radiomètres optiques à haute ou très haute résolution qui sont utiles pour les applications terrestres (Kergomard, 2020).

II.7 Conclusion :

nous avons exposé les concepts fondamentaux qui sous-tendent notre travail, en explorant les notions de cartographie géographique, de collecte de données et d'utilisation des techniques modernes d'intelligence artificielle pour faciliter la prise de décision. Ces éléments constituent le cadre de notre étude et serviront de base pour la suite de nos recherches

Chapitre 03 : application

IV.1 Préparation des Données :

IV.1.1. Composition Colorée :

L'amélioration de la radiométrie est essentielle pour ce type de données, en particulier pour le choix des sites d'entraînement lors de la classification supervisée. Nous avons opté pour une composition trichromique RGB, où la couleur rouge est associée au canal 4, la couleur verte au canal 3 et la couleur bleue au canal 1. La correction radiométrique choisie est le "stretch".

IV.1.2. Correction Géométrique :

Pour corriger notre image, nous avons sélectionné 10 points remarquables identifiés sur le terrain et sur l'image satellitale à corriger. Parmi ces 10 points, nous avons retenu les six points qui ont permis d'optimiser l'erreur quadratique moyenne (RMS). Le modèle polynomiale utilisé est de degré 1, avec une interpolation de type "Plus Proche Voisin".

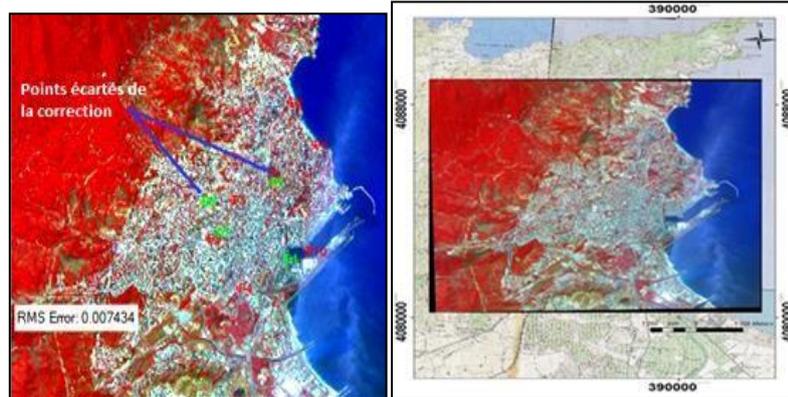


Figure 10 Correction géométrique de l'image Alsat-2

Sélection des points de contrôle avec affichage de l'erreur globale

File Options Help

Proj : UTM, Zone 32 North
Datum: WGS-84

Image X: 5111.50
Image Y: 2592.60
Degree: 1

389310.7400 E Change Proj...
4085227.8200 N Units: Meters

Add Point Number of Selected Points: 6 Predict
Hide List RMS Error: 0.007434 Delete Last Point

Image to Image GCP List

	Base X	Base Y	Warp X	Warp Y	Predict X	Predict Y	Error X	Error Y	RMS
#1-	2795.00	8188.00	9475.33	12385.83	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
#2-	4775.25	6619.00	9557.00	12319.78	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
#3+	3010.00	5159.00	9483.73	12256.78	9483.7276	12256.781	-0.0024	0.0018	0.0030
#4+	263.00	4387.00	9368.06	12224.27	9368.0583	12224.271	-0.0017	0.0012	0.0021
#5+	230.00	1549.00	9366.67	12104.78	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
#6+	1019.00	8867.00	9399.89	12412.91	9399.8922	12412.907	0.0022	-0.0023	0.0031
#7-	1234.00	6864.00	9411.47	12328.57	9411.4710	12328.570	0.0010	-0.0000	0.0010
#8-	2104.00	2823.00	9445.58	12158.42	9445.5820	12158.418	0.0020	-0.0017	0.0026
#9-	117.00	11098.00	9361.92	12506.84	9361.9189	12506.840	-0.0011	0.0009	0.0014
#10+	2104.00	2823.00	9445.58	12158.42	9445.5820	12158.418	0.0020	-0.0017	0.0026

Goto On/Off Delete Update Hide List

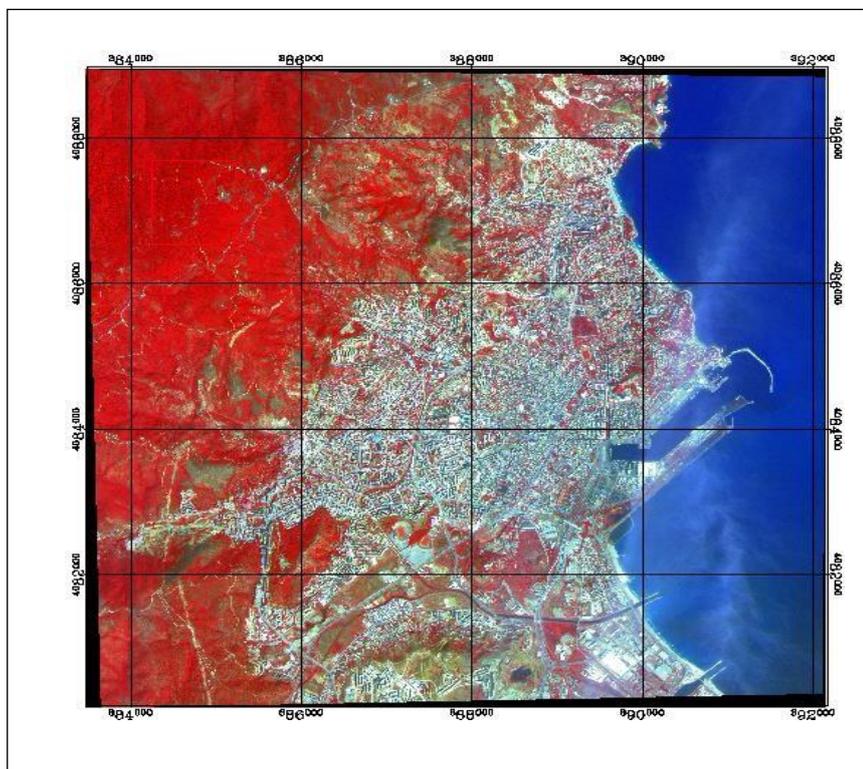


Figure 11 Image Alsat-2A géométriquement corrigée

IV.2 Préparation des critères :

Pour parvenir à identifier l'occupation du sol dans la zone d'étude, nous avons commencé par classer l'image de l'Alsat 2A. Les étapes suivantes résument le processus que nous avons suivi.

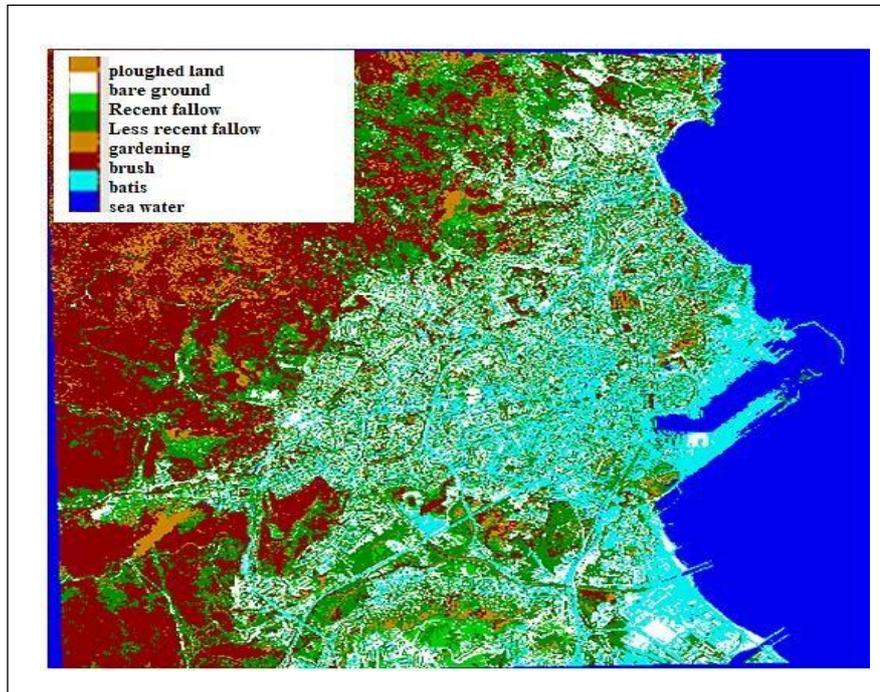


Figure 12 Carte représentant l'occupation des sols dans la zone d'étude.

IV.3 Cartes d'indice de végétation et d'indice de brillance :

En utilisant les canaux rouge et proche infrarouge de l'image, l'indice de végétation normalisé (NDVI) permet de mettre en évidence la végétation, tandis que l'indice de brillance permet de caractériser les sols et de les distinguer des autres objets. En utilisant les bandes PIR et IR de l'Alsat 2A, le tissu végétal est représenté en noir, tandis que le tissu urbain est représenté en blanc sur la carte de l'indice de végétation (NDVI).

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

Cependant, l'indice de brillance (IB) est influencé par la réflectance des sols, qui est liée à des facteurs tels que l'humidité du sol et la présence de sels en surface.

$$IB = (R \times R) + (PIR \times PIR)^{1/2}$$

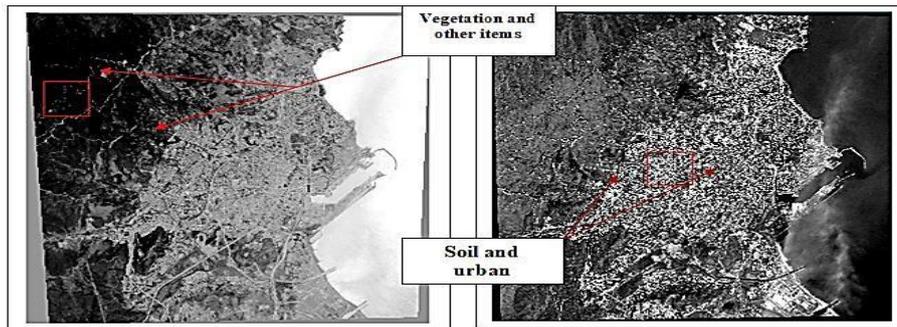


Figure 13 NDVI (Indice de Végétation par Différence Normalisée) et IB (Indice de Brillance)

Le couvert végétal joue un rôle crucial dans la gestion des eaux en régulant l'écoulement et en limitant la concentration du ruissellement. Diverses structures sont utilisées pour retenir l'eau dès le début du bassin versant afin de réduire les débits de crue, de prévenir l'érosion des zones concentrées, et éventuellement de favoriser la sédimentation des particules solides.

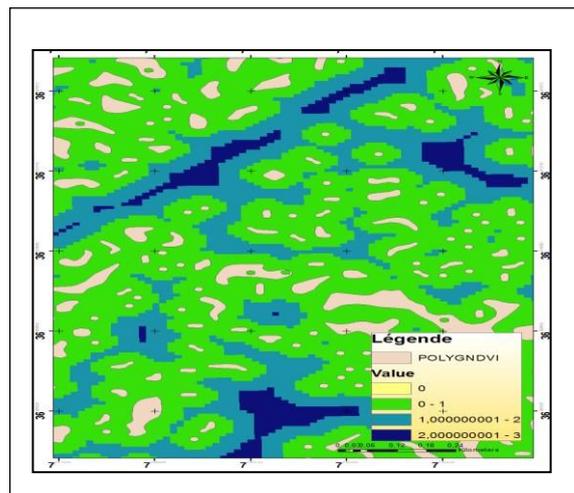


Figure 14 Critère de proximité par rapport au tissu végétal.

IV.4 Modèle numérique de terrain et produits dérivés:

Dans notre démarche, nous avons jugé nécessaire d'obtenir un modèle numérique de terrain de type ASTER avec une résolution de 15 m pour la partie nord de l'Algérie. Cela nous a permis d'extraire les limites de notre zone d'étude, la ville d'Annaba. Nous avons également réalisé une mosaïque des cartes d'état-major de l'année 1987, que nous avons rasterisée. Ensuite, nous avons converti les coordonnées de la projection UTM Clarke 1880, fuseau 32, en la projection UTM de l'ellipsoïde WGS 84, fuseau 32, qui correspond à la projection de l'image de l'Alsatisat 2A. Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. (2004)

IV.5 La carte des pentes :

La carte des pentes est essentielle pour l'analyse hydrologique, car elle est utilisée pour déterminer de nombreux indices hydrologiques. Il est crucial d'avoir une carte des pentes de haute qualité pour analyser correctement un bassin versant [KASHID S.S., GHOSH S., MAITY R. 2010].

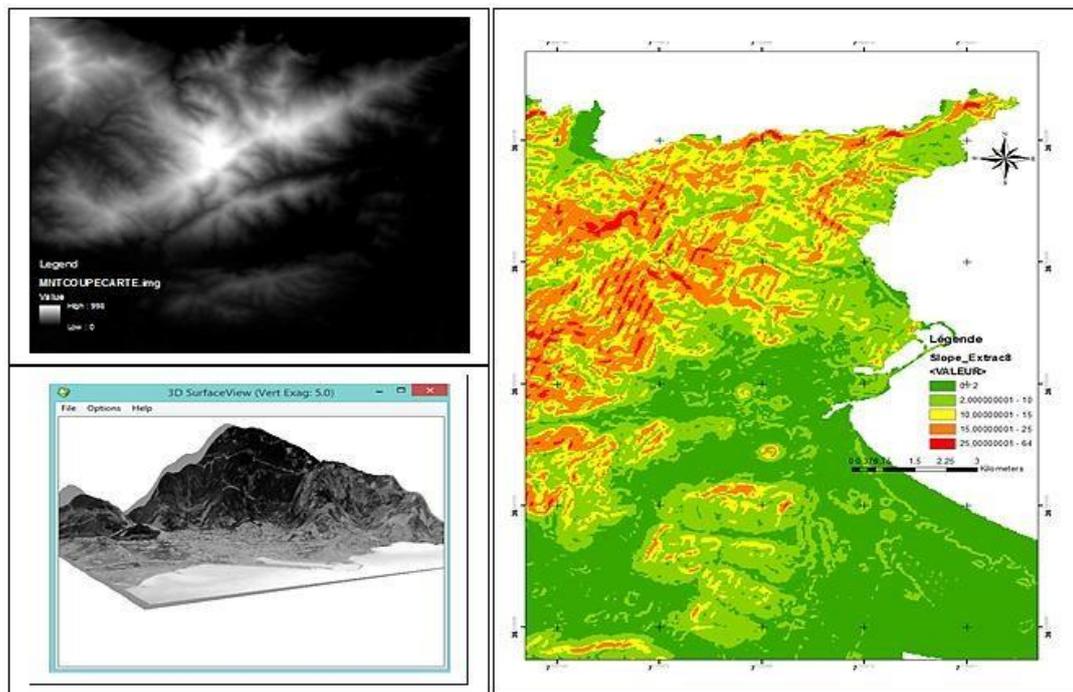


Figure 15 Modèle numérique de terrain et carte des pentes dérivée

IV.6 La carte des aspects:

En hydrologie de surface, établir la carte des aspects équivaut à créer la carte des écoulements. Les régions les plus humides sont généralement orientées vers le nord et l'ouest, tandis que les orientations sud et est sont plus sèches. Il est donc important de connaître l'orientation des pentes comprendre l'écoulement des eaux de surface et la répartition de

l'humidité.

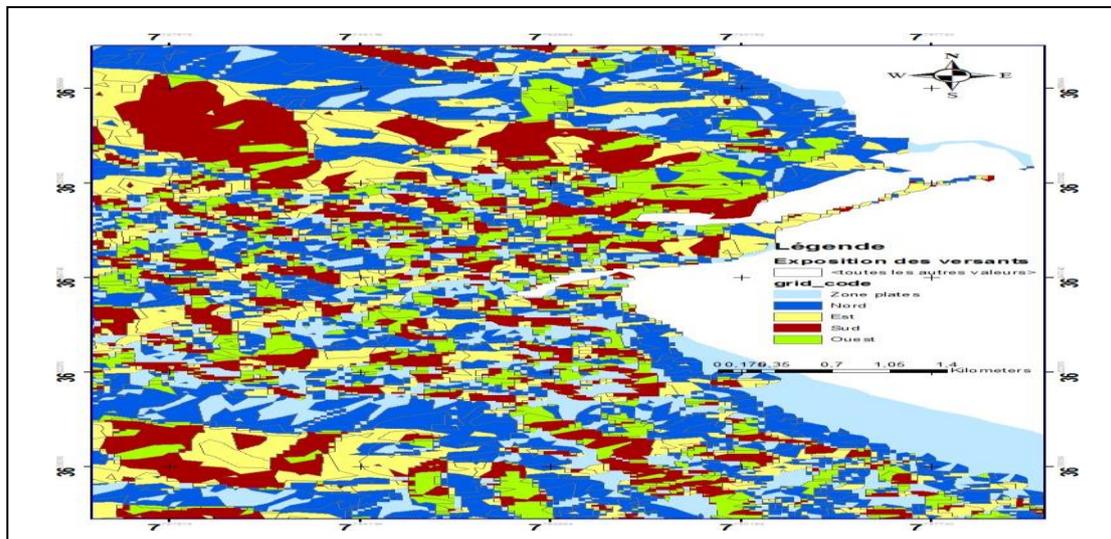


Figure 16 La carte des aspects (exposition) dérive

IV.7 délimitation des bassins versants :

à partir d'un modèle numérique de terrain (MNT) implique la création d'un raster d'accumulation de flux et la définition d'une valeur seuil minimale pour le nombre de cellules constituant un cours d'eau. Une fois ces paramètres définis, le résultat est un raster représentant les différents bassins versants de la zone étudiée.

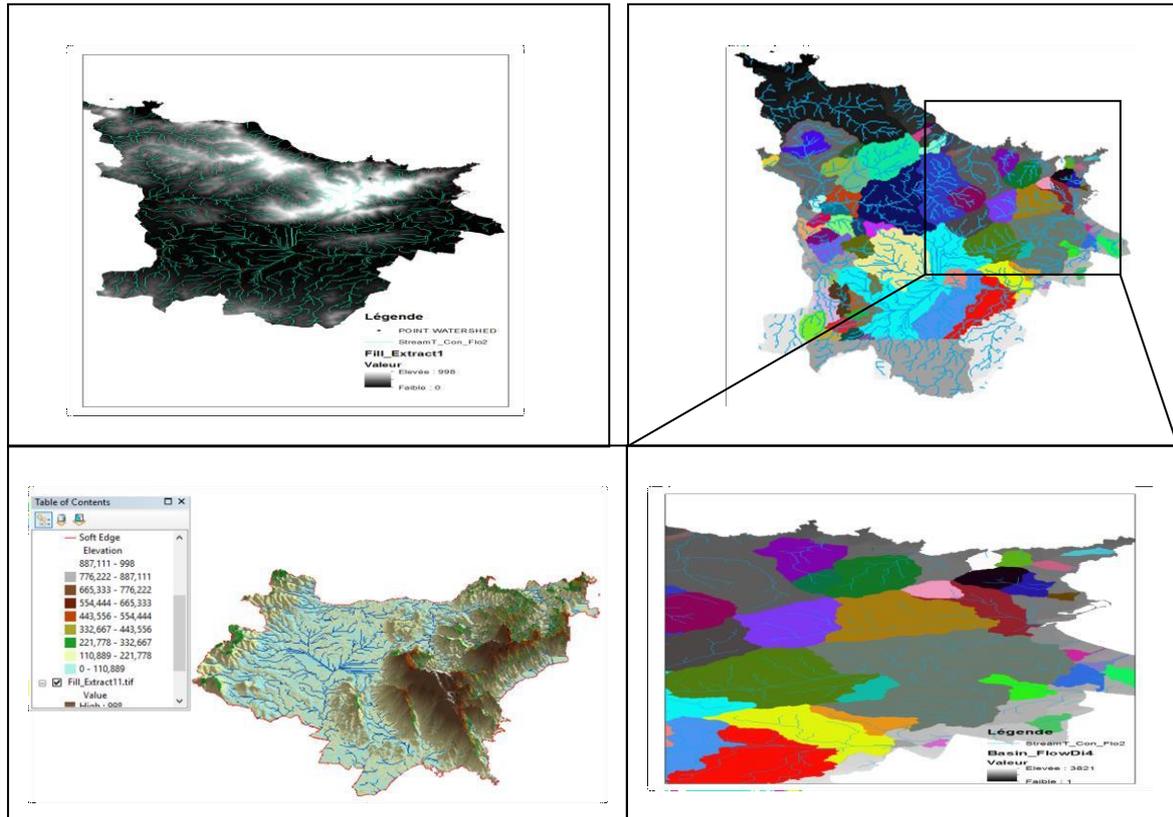


Figure 18 représentation 3D du réseau

Figure 17 bassin versants délimités à partir du MNT aster de 15m de résolution

IV.8 Modélisation et analyse spatiale multicritère :

Dans cette première étape, nous avons tenté d'intégrer toutes les données provenant de l'imagerie satellitaire et des différentes cartes mentionnées dans le processus de la chaîne de traitement. L'objectif est d'améliorer la qualité des données et d'aider à la prise de décision en matière d'inondations. Nous avons utilisé des fonctions de base ainsi que des fonctions de fusion avancées pour préparer les données à intégrer dans les SIG mis en place sous ArcGIS. Les préférences pour la méthode AHP ont été évaluées sur une échelle de 1 à 9 selon les critères de Saaty. Nous avons vérifié l'indice de cohérence des matrices de pondération AHP pour nous assurer que le ratio de cohérence était inférieur à 0,10. La normalisation des différentes couches d'information combinées a consisté à harmoniser les échelles de valeurs et la résolution spatiale des images.

préparation des cartes pour une analyse spatiale multicritère :

exemples de critères :

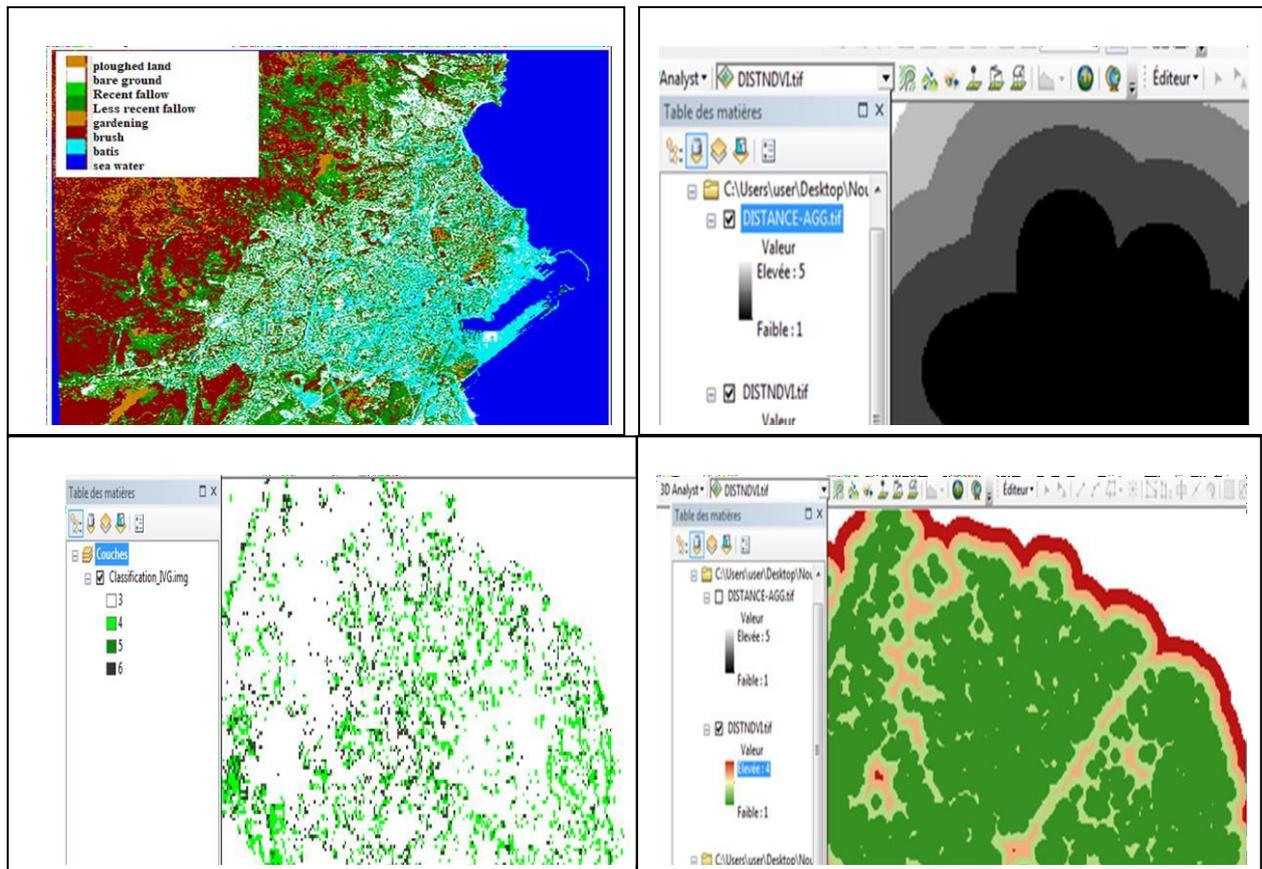


Figure 19 carte de la pluviométrie à l'échelle du groupement

occupation du sol

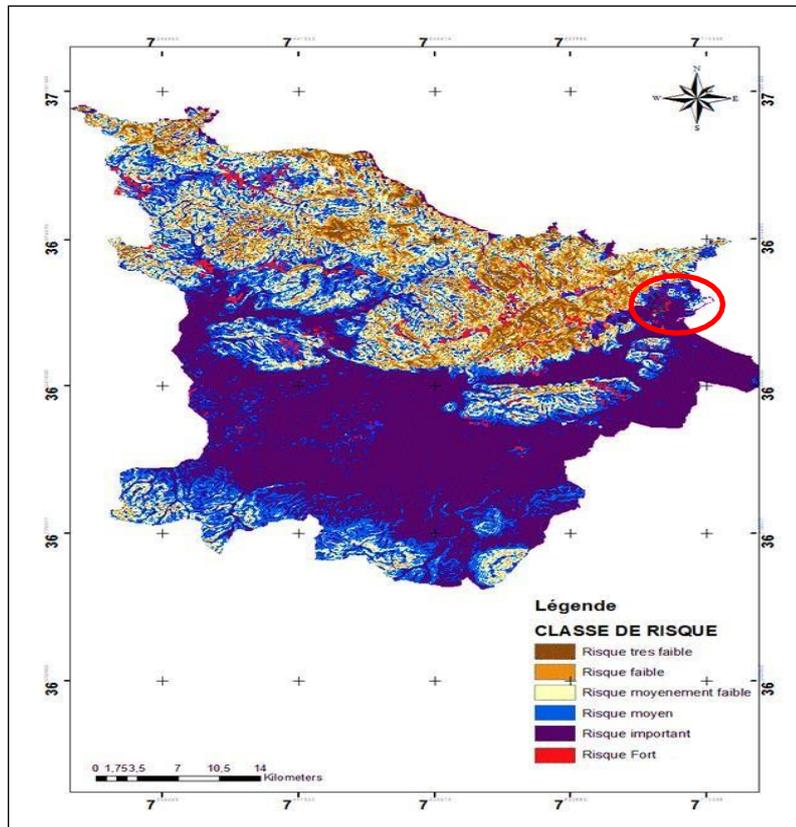
distance par rapport à l'urbain

IV.9 Les données météorologiques :

En utilisant les données météorologiques provenant de l'Office National de la Météorologie, de l'ANRH et du site Global Weather Data for SWAT National, nous avons réalisé une interpolation des mesures de pluviométrie à partir de 8 stations. Cette interpolation a été effectuée en utilisant la méthode de Pondération par l'inverse de la distance (IDW), qui calcule la moyenne des valeurs des points d'échantillonnage dans le voisinage de chaque cellule de traitement pour estimer les valeurs des cellules.

IV.10 la pondération selon la méthode AHP :

La méthode AHP nécessite la normalisation des échelles de mesure de chaque critère. Ainsi, tous les critères ont été convertis dans une plage de valeurs de 0 à 255. Pour combiner les images correspondant à ces critères, une fonction de rééchantillonnage a été appliquée pour les normaliser à une même résolution spatiale. Il est également possible d'attribuer une valeur de priorité à chaque classe d'un même critère, ce qui permet d'optimiser la combinaison des



critères. Le résultat de la méthode de superposition pondérée nous a permis d'obtenir la carte des risques d'inondation, mettant en évidence les régions à très haut risque, représentées en 3D ci-dessous. HaniA(2003)

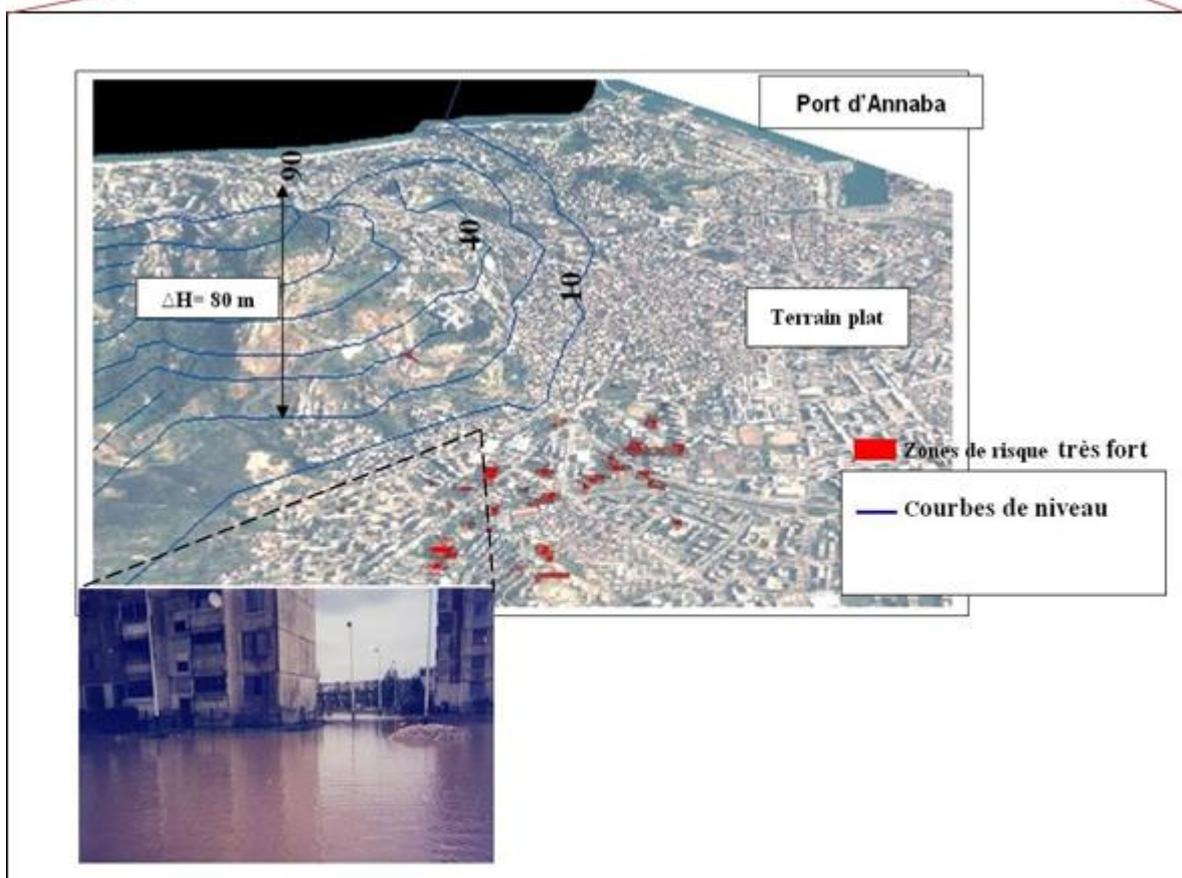
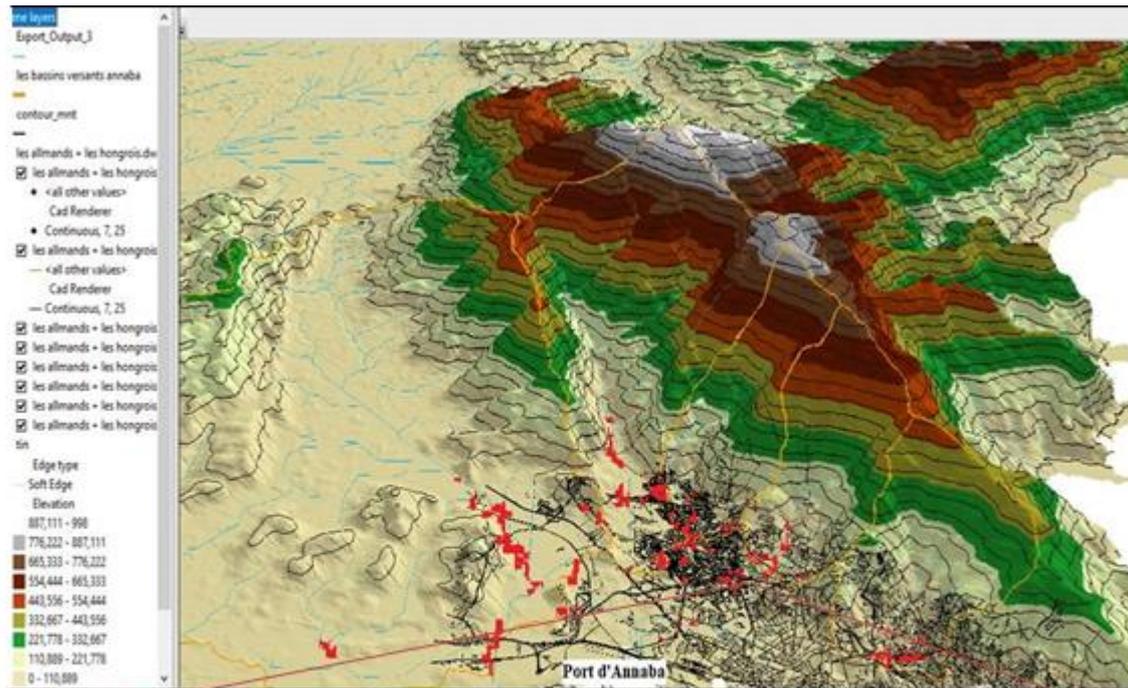


Figure 20 Carte des risques d'inondations de la ville d'Annaba et validation des résultats

La crue de Décembre 2010 ne peut être attribuée uniquement à des précipitations intenses. Elle résulte de divers facteurs, dont certains sont liés à l'activité humaine, tels que la modification des cours d'eau naturels, le manque d'entretien des infrastructures existantes et la négligence.

Pour réduire l'intensité des inondations et réglementer l'utilisation des sols, il est essentiel d'informer et de former les citoyens. Cela leur permettra d'adopter des comportements responsables en connaissance de cause. Il est important d'identifier les zones à risque d'inondation et de sensibiliser le public à ces risques. La population doit être consciente de l'incapacité de l'homme à contrôler complètement les inondations, de l'efficacité limitée des solutions techniques lourdes et de l'importance d'accepter les contraintes liées à son environnement. Dans les zones à risque, il est nécessaire que les habitants apprennent à adopter des comportements appropriés pour assurer leur sécurité en cas d'inondation grave.

IV.11 Apport de l'imagerie satellitale à l'élaboration d'un cadastre :

L'utilisation de l'imagerie satellitale à très haute résolution complète les données provenant des satellites à moyenne et haute résolution, et devient de plus en plus indispensable, notamment dans les régions difficilement accessibles par d'autres moyens. Les images satellites fournissent des données complémentaires aux données de terrain, ce qui en fait un outil précieux pour l'élaboration d'un cadastre.

La qualité des informations géographiques extraites des images satellitaires dépend de deux facteurs principaux :

- 1- la précision de la localisation des objets identifiés sur les images
- 2- le type ainsi que la nature des objets pouvant être identifiés.

La mise en place d'un cadastre multifonctionnel permettra de fournir et d'adapter les données en fonction des besoins des utilisateurs publics et privés. La carte de prise de décision sur les inondations élaborée dans notre application peut être considérée comme faisant partie intégrante de ce cadastre multifonctionnel.

IV.12 ALSAT 2A :

Le satellite ALSAT 2A a été lancé le 12 juillet 2010 depuis la station de lancement en Inde par le lanceur PSLV-C15. Il orbite en héliosynchrone avec une période orbitale de 98.2 minutes. Ce satellite est équipé de deux capteurs, l'un panchromatique et l'autre multispectral,

couvrant quatre bandes de longueurs d'ondes (bleu, vert, rouge et infrarouge). L'image panchromatique est acquise avec une résolution spatiale de 2.5 mètres, avec une fauchée au nadir de 17.5 mètres, tandis que l'image multispectrale a une résolution de 10 mètres avec la même fauchée.

IV.13 La qualité géométrique de l'imagerie d'ALSAT 2A :

Le travail a été réalisé sur une zone spécifique de la ville d'Annaba en raison de la disponibilité des données de restitution pour cette région. En l'absence de données GIC (Information Géographique Cadastrale), une base de données a été créée pour la zone test de la plaine ouest d'Annaba, avec des données graphiques fournies par l'Agence Nationale du Cadastre (ANC).

Avant de superposer le fichier vecteur, plusieurs prétraitements ont été effectués sur les données, notamment la conversion des coordonnées du système UTM 32 Datum Nord Sahara au système UTM 32 Datum WGS 84, qui correspond au système de projection de l'image satellitaire. Ensuite, une étape de recalage de l'image Alsat 2A a été réalisée, suivie d'une mise à l'échelle au 1/50 000ème par rapport au fichier vecteur.

la précision planimétrique :

Pour évaluer la précision planimétrique de l'image satellite par rapport au plan, vous utilisez des points de contrôle observés sur le terrain et dont les coordonnées sont mesurées à l'aide d'un GPS. Ces points sont ensuite localisés sur l'image satellite géoréférencée à l'aide d'un logiciel de traitement d'image, tel que ArcGIS 10.5.

Une fois les points de contrôle identifiés à la fois sur l'image et sur le terrain, vous les pointez sur l'écran pour déterminer leurs coordonnées X et Y dans le système de projection utilisé (UTM 32, WGS 84). Les coordonnées et la projection utilisée s'affichent alors dans une fenêtre, et les différences entre les coordonnées des points sur le terrain et sur l'image sont reportées dans un tableau.

Les résidus en X et Y sont calculés pour chaque point de contrôle selon la formule suivante :

Résidu en X : $DX = X_{ortho} - X_{terrain}$

Résidu en Y : $DY = Y_{ortho} - Y_{terrain}$

Le calcul de l'écart type en X et en Y se fait selon les formules standard suivantes :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

$$\sigma_l = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (\text{sigmalienair})$$

Le calcul de l'écart moyen quadratique (RMSE) utilise les formules suivantes :

$$RMSX = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{ical} - x_{iterrain})^2}{n-1}}$$

Résidu en X

$$RMSY = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ical} - Y_{iterrain})^2}{n-1}}$$

Résidu en Y

X_{ical} : la valeur calculée du point (i).

x_{iterrain} : représente la valeur d'origine du terrain pour point (i).

IV.14 Différents paramètres d'évaluation :

L'évolution du parcellaire à partir de la photo-interprétation montre une bonne concordance entre la restitution cadastrale et l'image satellite Alsat 2A, notamment pour les détails planimétriques tels que les limites des îlots et le parcellaire agricole. Cependant, la discrimination du réseau routier est plus difficile en raison du contraste parfois suboptimal sur l'image. Il a également été observé que les routes semblent plus larges sur la restitution cadastrale que sur l'image, en raison de la prise en compte des assiettes sur lesquelles les routes sont construites.

D'autres changements ont été détectés grâce à la photo-interprétation, notamment des modifications dans les limites des parcelles avec des subdivisions et des regroupements. Par exemple, l'îlot 2 a une superficie de 14,14 ha calculée à partir du logiciel ENVI, tandis que la superficie mesurée à partir de la restitution cadastrale est de 14,07 ha, entraînant une erreur

d'environ 0,5 %. Cette erreur est généralement inversement proportionnelle à la taille de la parcelle ou de l'îlot.

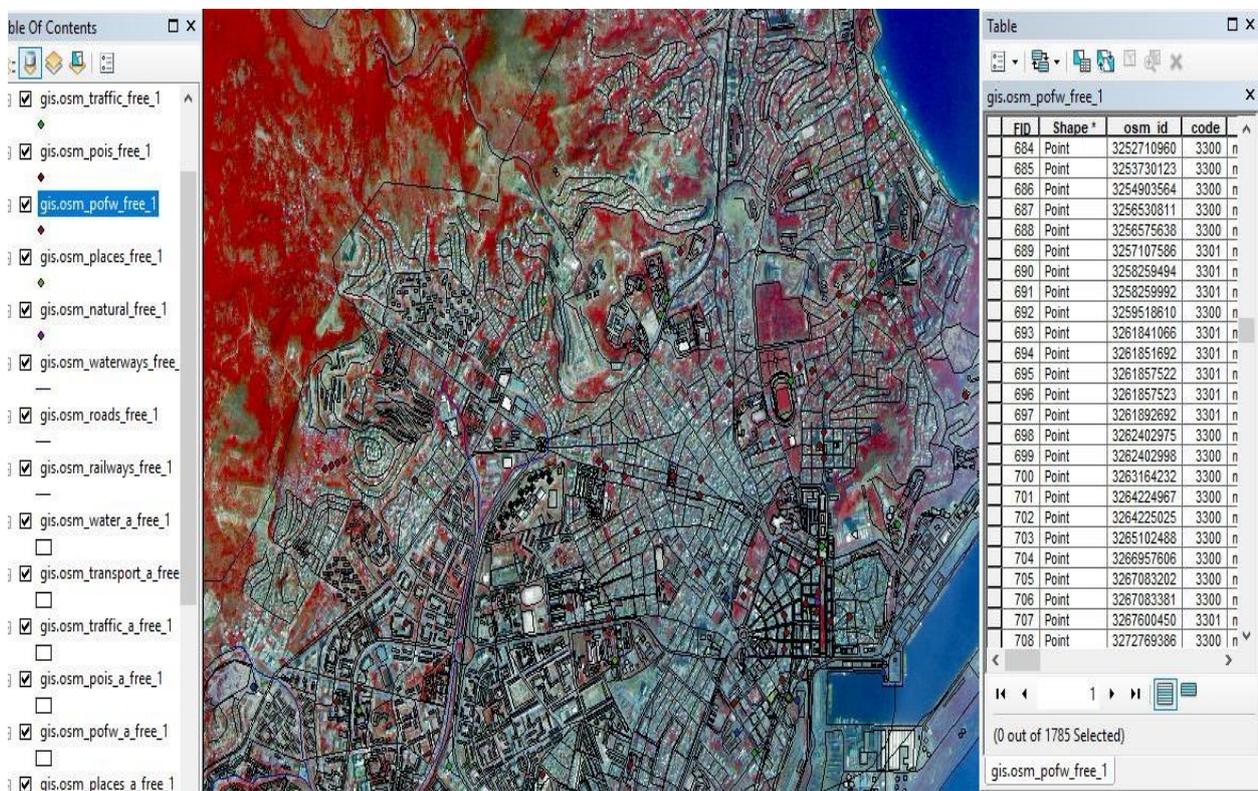


Figure 21 les décalage qui existent entre la restitution et la photo-interprétation

- En raison des erreurs accumulées en cours de géoréférencement et de numérisation :
 - En raison de la conversion des coordonnées du système UTM 32 Datum Nord Sahara vers le système UTM 32 Datum WGS 84.
 - Afin de corriger la géométrie de l'image Alsat 2A et de la photo-interpréter.
 - Selon la vision de l'opérateur, chaque individu possède une acuité lors de la numérisation.
 - La taille de l'image de 2,5 mètres n'est pas adéquate pour établir un cadastre dans les zones urbaines.

L'élaboration d'un modèle géométrique rigoureux spécifique à ALSAT 2 A s'est révélée essentielle, et ce modèle a été appliqué avec succès à de nombreux systèmes d'imagerie à large résolution.

La suppression des préjugés :

Les résultats obtenus suggèrent qu'il y a un biais dans les mesures réalisées sur l'image. Ainsi, on a corrigé l'image de niveau 2A en utilisant une transformation plane affine de premier ordre [14], [15]. Cette transformation corrige les défauts de translation, de rotation, des facteurs d'échelle différentiels et de non-perpendicularité entre les axes (Eq.1).

$$r = L1 X + L2 Y + L3$$

$$c = L4 X + L5 Y + L6 \quad (1)$$

Où : r, c sont les coordonnées visuelles du point / X, Y sont les coordonnées terrestres du point / L_i sont les coefficients de conversion. Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus en utilisant les mêmes points après transformation :

		Dx(m)	Dy(m)	Dd(m)
2A				
	Moy	0	0	26.453
	Emq	11.001	29.982	16.402

Cette modification entraîne une moyenne nulle d'erreurs, ce qui démontre que les biais peuvent être éliminés, mais la précision du document demeure d'une qualité exceptionnelle. Plus court (18,6 m) par rapport à la résolution de 2,5 m. Ceci nous contraint à créer un modèle géométrique précis qui prend en considération la réalité physique de la prise de vue (terrain / satellite / caméra).

IV.15 Modèle géométrique rigoureux d'ALSAT 2A

Un satellite en orbite polaire se déplace typiquement le long d'une trajectoire elliptique bien définie. Tous les points d'exposition de la ligne de balayage (pushbroom) suivent cette trajectoire. Pour un court segment de l'orbite, l'hypothèse d'une orbite à "deux corps" peut être utilisée, paramétrée par six éléments du vecteur d'état ou, de manière équivalente, six éléments keplériens [H. Jung, S. Kim, J. Won, and D. Lee]–[I. Jeong and J. Bethel].

Pour l'attitude initiale du capteur, on suppose une prise de vue au nadir, mais en raison de l'agilité du satellite, une interpolation entre les attitudes de début et de fin est plus appropriée. Ainsi, une attitude interpolée est attribuée à chaque ligne de balayage [I.-S. Jeong], [I. Jeong and J. Bethel].

En analysant les métadonnées fournies avec l'image ALSAT-2A, un modèle rigoureux de caméra à balayage peut être développé. Ce modèle a été appliqué avec succès à de nombreux systèmes d'imagerie à très haute résolution [D. Poli], [H. Jung, S. Kim, J. Won, and D.], [L. Chen, T. Teo, and L. Liu]–[T. Weser, F. Rottensteiner, J. Willneff, J. Poon, and C. S. Fraser]. La relation entre les points dans un système de coordonnées géocentrique et leurs homologues

projetés dans le système de coordonnées de l'image peut être exprimée comme suit [I.-S. Jeong], [M. Hadied, R. Mahmoudi, and K. Hasni].

$$P_{img} = \lambda M_r \left[P_{grad} - \left[M_{orb-itr}^T (K + P_c) \right] \right]$$

Comme P_{img} est le vecteur de coordonnées de l'image, P_{grad} est le vecteur de coordonnées du terrain, P_k est le vecteur du centre de la Terre vers le satellite sur le plan orbital, $M_{orb-itr}$ est la matrice qui permet de rendre le ITRF (International Terrestrial Reference Frame) parallèle au système de coordonnées orbitales, P_c est le vecteur de correction de position, M_r est la matrice de rotation entre le ITRF et le repère camera, et λ est un facteur d'échelle. La méthode des moindres carrés itératives permet de résoudre cette équation, où les paramètres inconnus sont les paramètres képlériens de l'orbite ainsi que les coefficients du polynôme de changement de positions et d'attitude.

Les paramètres inconnus dans cette itérative sont les paramètres képlériens de l'orbite ainsi que les coefficients du polynôme de correction de positions et d'attitude. Guélorget O., Frisoni, G.F., Ximenes, M.C. & Pertuisot, J.P. (1989)

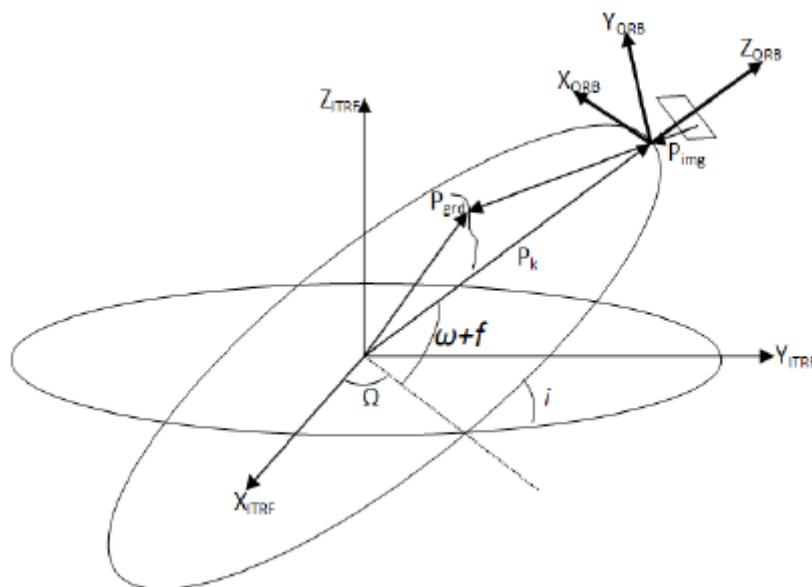


Figure 22 La relation géométrique entre l'image et un point sur le terrain

IV.16 Modèle géométrique rigoureux d'ALSAT 2A

Le modèle élaboré basé sur l'équation 2 utilise une fonction polynomiale du second ordre par rapport au temps pour modéliser les erreurs de position et d'attitude du satellite. Le programme développé sous MATLAB permet de modifier les ordres des polynômes, permettant ainsi de tester différents groupes de variables [M. Hadied et K. Hasni]. L'utilisation de polynômes du second ordre pour la correction de l'attitude et de la position a produit un RMSE de 0,6446 et 0,7566 pixels pour les résidus sur les points de contrôle en planimétrie, ainsi qu'une précision verticale de 1,69 mètre.

Dans d'autres expériences, ce modèle géométrique a été utilisé pour le géoréférencement des images multi-spectrales. Les précisions estimées sur les points de contrôle ont montré qu'il est possible d'atteindre 0,5140 et 0,7057 pixels pour les coordonnées x et y, respectivement.

Pour utiliser ce modèle dans des logiciels de traitement d'image et ainsi faciliter son utilisation sans l'intégrer directement dans un logiciel commercial, nous avons exploré la possibilité de générer un modèle de fonctions rationnelles (RFM) équivalent [D. Poli], [H. Bounour] à partir du modèle rigoureux. La génération du RFM a donné des précisions subpixellaires, permettant la création d'orthoimages et de modèles numériques de terrain (MNT) de haute qualité géométrique en utilisant des logiciels commerciaux de traitement d'image.

Après avoir attribué une numérotation aux îlots dans notre base de données géographique de la région de la plaine ouest, le croisement des données avec la carte de prise de décision, établie précédemment par la pondération de la méthode AHP, a permis de générer des statistiques pour chacun des îlots ainsi que leur degré de risque.

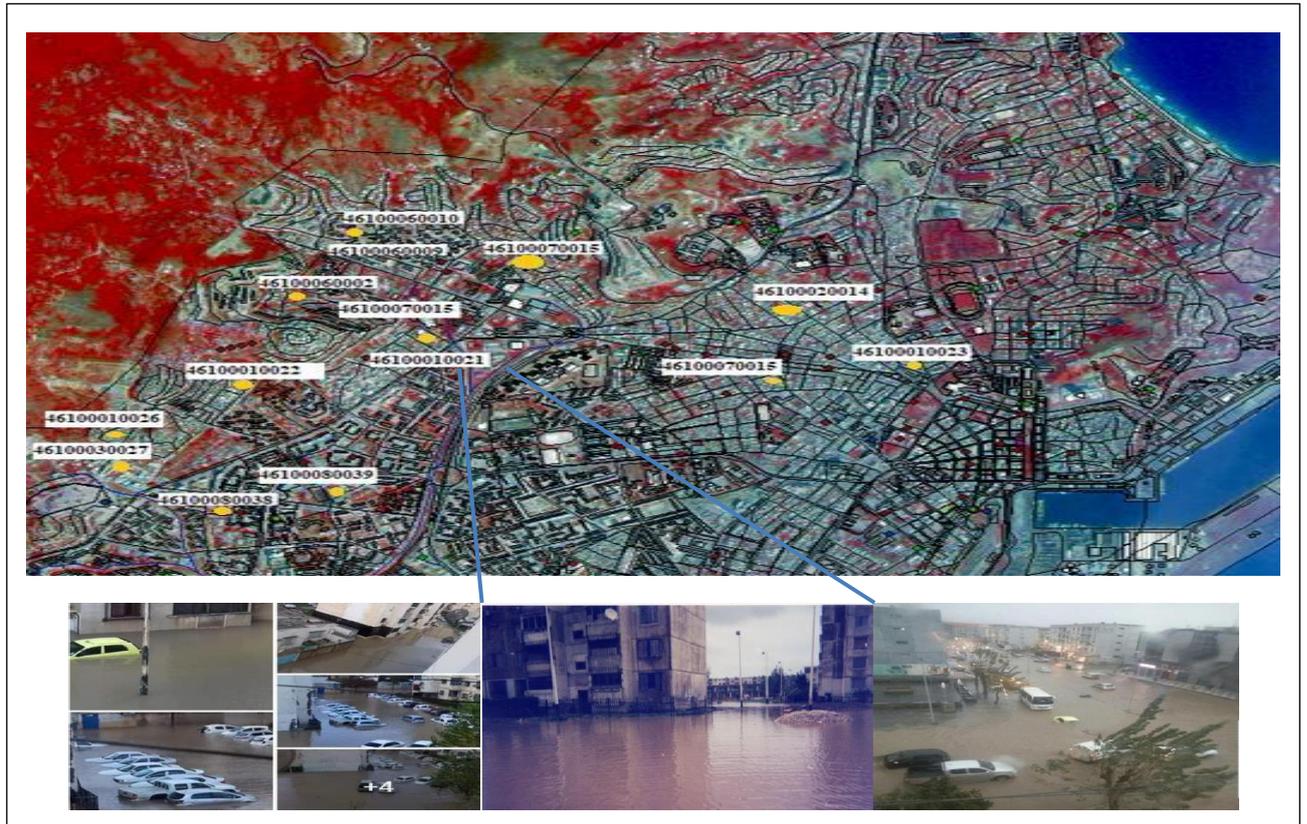


Figure 23 Représentation des îlots touchés par le risque d'inondation très fort et validation des résultats

La représentation des statistiques de quelques îlots touchés par le risque d'inondation obtenu après l'application du modèle géométrique est affichée dans le tableau suivant :

Tableau 1: La représentation des statistiques de quelques îlots touchés par le risque inondation obtenu après l'application du modèle géométrique

IV.17 Conclusion :

Dans cette partie, nous avons intégré les informations extraites de la base de données cadastrale dans la carte des risques d'inondation pour améliorer sa qualité et faciliter la prise de décision en matière de lutte contre les inondations. Nous avons utilisé différentes fonctions de traitement, de la plus simple à la fusion de haut niveau, pour préparer les données à intégrer dans le SIG créé sous ArcGIS. Nous avons veillé à maintenir une précision acceptable pour les paramètres de numérisation des documents cartographiques tout au long du processus. La normalisation des différentes couches d'information combinées a permis d'unifier les échelles de valeurs et la résolution spatiale des images. Les normes de conception des bases de données ont été respectées, notamment en ce qui concerne la cohérence logique et le contrôle de redondance.

Le croisement de l'image Alsat 2A avec la carte de prise de décision nous a permis de générer des données statistiques pour chaque îlot de la zone test, la plaine ouest de la ville de Annaba. Ces résultats peuvent être intégrés dans un cadastre multifonctionnel pour une gestion plus efficace des risques d'inondation dans la région.

Conclusion générale

Conclusion Générale:

La présente étude a mis en lumière l'importance de l'intégration du cadastre multifonctionnel avec les technologies de télédétection et les systèmes d'information géographique (SIG) pour l'analyse et la gestion des données hydrauliques, en particulier dans le contexte des inondations à l'Est algérien. En exploitant efficacement les documents cadastraux et les données de télédétection, il est possible de créer un SIG robuste capable de fournir des analyses précises et des outils de gestion pour les zones sujettes aux inondations. Les résultats obtenus démontrent que l'utilisation combinée de ces technologies offre des avantages significatifs en termes de précision, de rapidité et d'efficacité dans la gestion des risques d'inondation, contribuant ainsi à une meilleure planification et à une intervention plus efficace en cas de catastrophe. Cette approche intégrée constitue une avancée importante pour la gestion des ressources hydrauliques et la réduction des impacts négatifs des inondations dans la région étudiée.

Références bibliographiques :

- ALPAYDIN Ethem. **Introduction à l'apprentissage automatique**.US:PHI.2015.613 p. ISBN-13 : 978-0262028189.
- Arrignon J (1963). **Contribution à l'inventaire des marécages, tourbières et autres zones humides d'Algérie**.Ann. Cent. Rech. Exp. Forest.,Alger, 5: 30-32.
- Baba Ahmed F (2005). **Evaluation de la contamination fécale de trois plans d'eau du complexe des zones humides d'El Kala (Oubeira, El Mellah, Tonga)**. Thèse de Magister, Université Annaba, 117p.
- BAGUELZI Omar- (2011) : **Etude géologique et géotechnique des formations argilo-marneuses du Crétacé supérieur d'El-Goléa et de leur intérêt économique**, mémoire de fin d'études, unvi, Ouargla, Algérie.
- HACINI Badra
- Boumezbeur, A., (2005). **Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar : Réserve intégrale du Lac El Mellah (Wilaya d'El Tarf)**. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural Direction Générale des Forêts, Algérie, 16 p.
- BOUZA HAR FAIZA 2019. **Afin de cerner les problèmes des zones inondables nous avons découpé le grand bassin versant d'Annaba en cinq sous bassins versants**.
- BOLSTAD Paul. **GIS Fundamentals**.5 édition.US : XanEDU.2016.546 p. ISBN-13 : 978-150 66 9 5877.
- CCT Centre canadien de télédétection. **Introduction aux principes fondamentaux de la télédétection** [En ligne]. [Consulté le 23/05/2021].2015. Disponible à : <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>
- ESRI What is Geography Information System Mapping Technology [Online],[Accessed:05/21/2021].Available at :<https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview>.
- Feyisa G.L., Meilby H., Fensholt R., Proud S.R. (2014). **Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery**. *Remote Sensing of Environment*, 140,23-35.<https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>
- Gausson H. and Bagnouls F (1953) **Dry Season and Xerothermic Index**. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse*, 88, 193-240.
- GONZALEZ, Zonzález. Manuel de télédétection spatiale [en ligne].337p.2014. Disponible sur https://www.grss-ieee.org/content/uploads/2014/07/FR_TUTORIAL_COMPLETO.pdf.