

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA
FACULTE DES HYDROCARBURES, DES ENERGIES RENOUVELABLES ET
DES SCIENCES LA TERRE ET DE L'UNIVERS
Département des Sciences de La Terre Et de L'univers



Mémoire de
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences de la terre et de l'univers
Filière : Géologie
Spécialité : Hydrogéologie
Thème

**APPORT DE LA TÉLÉDÉTECTION ET DES
SYSTÈMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE EN
HYDRAULIQUE POUR L'ETUDE DE RISQUE
D'INONDATION (LA RÉGION DL'TARF)**

Présenté par:

- ✚ TRABELSI Radja.
- ✚ BELLAOUEUR Romaissa.

Soutenu publiquement

Le :/ 06 /2021

Devant le jury :

Président :	Mme. MAABDI Nawel	MCB Univ. Ouargla
Encadreur :	Mme. BOUZAHAR Faiza	MCB Univ. Ouargla
Co. Encadreur :	Mr. BELKASIR Med Salah	MCA Univ. Ouargla
Examineur :	Mr. HOUARI Menad Idir	MCB Univ. Ouargla

Année Universitaire : 2020/2021



Dédicaces 1

Remerciez Dieu Tout-Puissant D'abord, je dédie ceci à mon diplôme

À ceux qui ont allumé la première bougie pour moi, au parfum de mon enfance, à la chaleur de ma vie, au parfum de ma jeunesse, à mon refuge et mon refuge, à ceux qui ont enduré chaque instant de douleur de ma vie et se sont tournés dans des moments de joie, à ceux qui m'ont protégé de la chaleur estivale avec des roses de fleurs printanières, à mon amour et à l'âme de mon cœur À mon père, à ceux qui m'ont soutenu le jour de ma faiblesse, à ma bien-aimée qui partagé mes soucis et mon chagrin, à ceux qui ont versé des larmes pour moi, à ceux à qui j'avais des larmes d'amour quand j'étais jeune, à qui mes veines corporelles se détournaient de lui, à qui mon âme s'est déplacée pour qu'elle embrasse sa douce âme et rétrécir devant sa pureté, à ma mère.

*À ceux qui ont partagé mes joies et mes peines pour mes frères: **Khaled, Achraf, Islam, Younes, Tassnim (Rahma)** et ma famille à ceux avec qui le forum de la connaissance et de l'amitié m'a réuni, à mes collègues et collègues: **Noussaïba, Romaiïssa, Rania, HR (loup)** pour qui je donne les plus hautes expressions d'amour à tous mes professeurs qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours carrière.*



Radja



Dédicaces 2

Je loue Dieu, le moyen de sortir de la lumière après la tombée de la nuit. Je le loue. Mon Seigneur m'a béni avec de bonnes manières

*Je dédie mon diplôme à mon cher père et à ma mère qui a marché avec moi sur tous les chemins et tous les chemins pour monter sur le chemin du succès, mon chaleureux compagnon de maison, l'œil vigilant et le cœur tendre Merci frère Le cher et mon lien **Daoud**, O qui a planté l'esprit de persévérance et de diligence pour atteindre ce à quoi j'aspire à mes frères **Oussama, Akil** et ma chère soeur **Khaoula** et aux fils de mon frère **Mohammed Baraa, Maisara** et à tous mes amis et copines **Asma, Radja, Ikram, Hoda, Sharifa, Hasna** à tous ceux qui m'ont pris la main Barr Al-Aman Merci à tous les professeurs qui m'ont appris et ont atteint ce stade, et sa conclusion a été l'obtention du diplôme.*



Romaïssa



Remerciements

Tout travail réussi dans la vie, nécessite la grâce de Dieu en premier lieu, et ensuite, aidez et soutenez nos parents et notre famille.

*Nous tenons à remercier chaleureusement notre encadreur madame **Bouzahar.F** qui nous a appris à préparer une mémoire de master de haute qualité.*

Nous pourrions jamais oublier sa générosité, ses conseils et ses commentaires d'assistance efficace et sans compromis et précision scientifique.

Nous lui envoyons un grand merci pour donner une chance de faire le travail.

Nous remercions également tous les membres du jury

Pour leur acceptation pour en faire partie et pour l'intérêt manifesté par cette mémoire, à exprimer mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin pour réaliser le travail en cours.



الملخص :

يعتبر الفيضان الناجم عن مياه الأمطار والمياه المتدفقة من السدود ظاهرة طبيعية تشكل خطراً على سكان ولاية الطارف وخاصةً البلديات التي تقع بالقرب منها. تستخدم الدراسة الحالية نظام المعلومات الجغرافية (S.I.G) لعمل خريطة لمخاطر الفيضانات لإظهار التوزيع المكاني لشدة الفيضان بالإضافة إلى العواقب التي يسببها من خلال طريقة الجمع بين المكونات المختلفة للغمر، خريطة استخدام الأراضي، وخريطة المنحدر، وخريطة الجانب،..... الخ . من خلال هذا العمل، نهدف إلى وضع منهجية للحفاظ على التنوع البيولوجي للأراضي الرطبة وحماية المناطق الحضرية من الفيضانات بفضل التحليل المكاني متعدد المعايير ووظائف نظم المعلومات الجغرافية، قمنا بإنتاج خريطة مخاطر الفيضانات لمنطقة الطارف، المحددة أعلاه، وهذه نتيجة مرضية مقارنة بالواقع على الأرض.

الكلمات المفتاحية : الاستشعار عن بعد، الفيضانات، الأقمار الصناعية، نظام المعلومات الجغرافية.

Résume:

L'inondation causée par les eaux de pluie et les eaux s'écoulant des barrages est un phénomène naturel qui constitue une menace pour les habitants de l'État d'El Tarf, en particulier les municipalités situées à proximité. La présente étude utilise un système d'information géographique (SIG) pour réaliser une carte des risques d'inondation afin de montrer la répartition spatiale de l'intensité des crues en plus des conséquences qu'elles provoquent à travers la méthode de combinaison des différentes composantes de l'inondation, carte d'occupation des sols, carte des pentes, carte latérale, etc. A travers ce travail, nous visons à développer une méthodologie de conservation de la biodiversité des zones humides et de protection des zones urbaines contre les inondations. Grâce à une analyse spatiale multicritères et des fonctions SIG, nous avons produit une carte des risques d'inondation pour la région d'El Tarf, définie ci-dessus, qui est un résultat satisfaisant par rapport à la réalité sur le terrain.

Mots-clés: La télédétection, Les inondation, Les satellites, Système d'information géographique.

Abstract:

The flood caused by rainwater and water flowing from dams is a natural phenomenon that poses a threat to the residents of El Tarf state, especially the municipalities located near it. The current study uses a geographic information system (S.I.G) to make a flood risk map to show the spatial distribution of flood intensity in addition to the consequences it causes through the method of combining the different components of inundation, land use map, slope map, side map,.....etc. Through this work, we aim to develop a methodology to conserve wetland biodiversity and protect urban areas from floods. Thanks to multi-criteria spatial analysis and GIS functions, we have produced a flood risk map for El Tarf region, defined above, which is a satisfactory result compared to the reality on the ground

Keywords: Remote sensing, Flooding, Satellites, Geographic information system.

Table des matières

Dédicace 1.....	I
Dédicace 2.....	II
Remerciements.....	III
Résumé.....	IV
Table des matières.....	VII
Liste des figures.....	X
Liste des tableaux.....	XII
Liste des abréviations.....	XIII
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I : LES INONDATION: ampleur, définition, notion de risque	
Introduction.....	4
I.1 Définition des inondations.....	4
I.2 Les types d'inondations.....	5
I.2.1 Stagnation d'eaux pluviales.....	5
I.2.2 Débordement de cours d'eau.....	5
I.2.3 Rupture d'ouvrages ou d'embâcles.....	6
I.2.4 Ruissellement en secteur urbain.....	6
I.2.5 Crues torrentielles.....	6
I.3 Les paramètres d'une inondation.....	7
I.3.1 Le débit.....	7
I.3.2 La vitesse d'écoulement.....	7
I.3.3 La durée de submersion.....	7
I.3.4 La hauteur de submersion.....	7
I.3.5 La fréquence et la période de retour.....	8
I.4 Problématique des inondations.....	8
I.4.1 Dans le monde.....	8
I.4.2 En Algérie.....	9
I.4.3 Les inondations à El Tarf.....	10
I.5 Les composantes du risque d'inondation.....	10
I.5.1 Définition.....	10
I.5.2 Evolution du risque d'inondation.....	11
I.5.3 Boucle « Catastrophe ».....	11
I.6 Problématique des inondations dans la ville d'El Tarf.....	12
I.6.1 Cause d'inondations dans la ville d'El Tarf.....	14
I.6.2 Protection de la ville d'El Tarf contre les inondations.....	15
I.7. Description de la zone d'étude.....	15
I.7.1. La situation géographique de la ville d'El Tarf.....	15
I.7.2.Topographie de la wilaya d'El Tarf.....	16
I.7.3. Géologie.....	16
I.7.4. Le climat.....	17
I.7.5. Agriculture et foret.....	17

Table des matières

I.7.6. Station pluviométrique de la ville.....	18
I.7.7. Les réseaux hydrographiques de la ville	19
I.8 Utilisation des outils numériques.....	21
CHAPITRE II : NOTION DE BASE EN TELEDETECTION	
Introduction.....	24
II.1 Définition de la télédétection.....	24
II.1.1 Le rayonnement électromagnétique.....	24
II.1.2 La cible.....	25
II.1.3 L'environnement.....	26
II.1.4 Les système d'observation.....	27
II.2 Nature et caractéristique de l'image.....	27
II.2.1 Définition de l'image.....	27
II.2.2 Traitement des données.....	28
II.2.3 Caractéristiques des capteurs Landsat, Spot, Alsat1, Alsat2.....	28
II.3 Traitements effectués sur les images.....	30
II.3.1 Correction géométrique.....	31
II.3.2 Correction radiométrique.....	31
II.3.3 Correction atmosphérique.....	32
II.3.4 Rehaussement des images.....	32
II.3.5 Les Composition colorées.....	33
II.3.6 Classification.....	34
II.4 Applications de la télédétection dans l'hydrologie.....	35
II.5 Le Modèle numérique de terrain.....	36
II.6 Elaboration d'un MNT hydrologiquement consistant.....	36
CHAPITRE III : SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE	
Introduction.....	39
III.1 Définition.....	39
III.2. Types de données spatiales.....	40
III.2.1. Données vecteurs.....	40
III.2.2 Données Raster.....	42
III.3 Notions de base de données.....	43
III.3.1 Base de données géographique.....	43
III.3.2 les fonctions d'un SIG (les 5A).....	43
III.4. Objectifs généraux des SIG.....	54
III.5. Conclusion.....	56
CHAPITRE IV : APPLICATION	
Introduction.....	58
IV.1. Les outils utilisés.....	59
IV.1.1. Les données topographiques.....	59
IV.1.2. Le logiciel Arc Gis.....	59
IV.2 Modèle numérique de terrain (MNT).....	60
IV.2.1 Définition.....	60
IV.2.2 Méthodes d'élaboration.....	60

Table des matières

IV.2.3 Phases d'élaboration.....	60
IV.3 Préparation des données.....	61
IV.3.1 Calage des cartes et génération du MNT.....	61
IV.3.2 Les produits dérivés d'un MNT.....	63
IV.4 Combinaison spatiale multicritère.....	69
IV.5 Conclusion.....	70
IV.5.1 Projets réalisés.....	71
IV.5.2 Analyse de risque.....	72
IV.5.3 Atténuer les effets des inondations.....	72
CONCLUSION GENERALE.....	75
BIBLIOGRAPHIE.....	77

Liste des figures

Figure I.1	La genèse du phénomène d'inondation (débordement de cours d'eau).	4
Figure I.2	Inondation par stagnation d'eaux pluviales.....	5
Figure I.3	Ruissellement en secteur urbain.....	6
Figure I.4	Crue torrentielle.....	7
Figure I.5	Cartographie des inondations dans le monde de 1985 à 2002.....	8
Figure I.6	Nombre d'inondations par année.....	9
Figure I.7	Composantes du risque d'inondation.....	11
Figure I.8	Boucle (catastrophe).....	12
Figure I.9	Photos sur les inondations dues aux lâché de barrage.....	14
Figure I.10	Situation géographique de la ville de Taref à partir de Google earth...	15
Figure I.11	Réseau de mesure de l'ANRH région d'EL Taref.....	19
Figure I.12	Carte des réseaux hydrographiques de la ville.....	21
Figure II.1	Rayonnement électromagnétique.....	24
Figure II.2	On de électromagnétique.....	25
Figure II.3	Représentation des interactions rayonnement-cible.....	25
Figure II.4	Représentation des interactions rayonnement-cible.....	26
Figure II.5	Représentation d'une surface sol en images multispectral.....	27
Figure II.6	Processus correction radiométrique.....	31
Figure II.7	Correction atmosphérique.....	32
Figure II.8	Rehaussement des images.....	33
Figure II.9	Les compositions colorées.....	33
Figure II.10	Composition colorées à partir d'images MSG.....	34
Figure II.11	Classification et analyse des images (CCRS/CCT).....	35
Figure II.12	Classification supervisée.....	35
Figure II.13	Classification non supervisée.....	35
Figure II.14	Modèle MNT de terrain.....	36
Figure II.15	Raster de l'inclinaison de la pente.....	37
Figure II.16	Raster d'ombrage.....	37
Figure III.1	Représentation d'un système d'information géographique.....	40
Figure III.2	Représentation des données vectrices.....	40
Figure III.3	Représentation données vecteurs.....	41
Figure III.4	Exemple des données attributaires.....	41
Figure III.5	Représentation des données raster.....	42
Figure III.6	Représentation des images raster.....	42
Figure III.7	Schéma représente la base de données des SIG.....	43
Figure III.8	Représentation du terrain n'est pas neutre.....	44
Figure III.9	Représentation du terrain déterminée par les objectifs du système.....	44
Figure III.10	Représentation de l'acquisition a partir des données raster.....	45
Figure III.11	Représentation de la numérisation sur écran.....	45
Figure III.12	Représentation de l'étape archivage.....	46

Liste des figures

Figure III.13	Représentation croisement de couche vecteur par analyse spatiale.....	46
Figure III.14	Représentation de la commande agrégation.....	47
Figure III.15	Représentation de la commande regroupement.....	48
Figure III.16	Représentation du découpage.....	48
Figure III.17	Représentation de la commande intersection.....	49
Figure III.18	Représentation de la commande union.....	49
Figure III.19	Représentation de la commande agrégation.....	50
Figure III.20	Croisement de couche raster par analyse spatiale.....	50
Figure III.21	Création d'information en dérivant des couches raster.....	50
Figure III.22	Création d'information en dérivant des couches raster.....	51
Figure III.23	Analyse sur linéaire vecteur ordination de strahler.....	51
Figure III.24	Carte de localisation	52
Figure III.25	Profil en long.....	52
Figure III.26	Carte thématique.....	53
Figure III.27	Image.....	53
Figure III.28	Graphiques.....	53
Figure IV.1	Le procédé général pour l'établissement d'un MNT et ses dérivées.....	62
Figure IV.2	Eléments cartographiques de la zone étudiée.....	63
Figure IV.3	Modèle numérique de terrain de la ville d'El Taref.....	63
Figure IV.4	Carte des pentes de la ville de Taref.....	64
Figure IV.5	Carte des aspects de la ville d'el Taref.....	65
Figure IV.6	Image représente la carte de direction des écoulements des eaux et l'accumulation des eaux.....	66
Figure IV.7	Extraction des sous bassins et des réseaux hydrographiques automatique.....	66
Figure IV.8	La carte des hauteurs d'eau de la ville d'El Taref.....	67
Figure IV.9	Carte de proximité du risque au tissu urbain.....	68
Figure IV.10	Carte de l'occupation du Sol.....	69
Figure IV.11	Carte des risques d'inondations de la région d'El Taref.....	70

Liste des tableaux

Tableau I.1	Risques d'inondations de la Wilaya d'EL TAREF.....	13
Tableau I.2	Identification des postes pluviométriques.....	18
Tableau I.3	Caractéristique générales des barrages de la ville.....	20
Tableau II.1	Caractéristiques des données images.....	29
Tableau IV.1	Description des pentes de la zone.....	64

Liste des Abréviation

BIL: Band Interleaved by Line

BIP: Band Interleaved by Pixel

BSQ: Band Sequential

ESRI : Environnement système research institute

IG : L'information géographique

MEDD : Ministère de l'écologie et du Développement Durable

MNT : Modèle numérique de terrain

P.O.S: Plans d'occupation des sols

PPRI : Plan de Prévention du Risque Inondation

SADS: Système d'Information d'Aide à la décision

SIG : Système d'information géographique

SIRS: Système d'Information à Référence Spatiale

SIRS: Système d'Information Environnementales

SIT: Système d'Information sur le Territoire

UTM : Universal Transverse Mercator

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction Générale

Les inondations constituent un phénomène naturel du cycle hydrologique. Elles s'avèrent nécessaires pour renouveler la fertilité du sol, car elles déposent périodiquement de nouveaux nutriments et des sédiments fins. Mais elles peuvent aussi causer la perte de vies, la destruction temporaire d'habitats sauvages et des dommages permanents aux infrastructures urbaines et rurales. Des inondations fluviales peuvent être causées par l'endommagement des barrages humains ou naturels, la fonte catastrophique de la neige ou la glace, la pluie, lâchée des eaux des barrages, l'engorgement des rivières par la glace et le ruissellement excessif de l'eau de fonte au printemps

Les techniques des SIG sont utilisées pour mesurer et effectuer le suivi de la superficie de l'inondation, pour orienter les secours de façon efficace et pour fournir des évaluations quantifiables sur l'étendue des terres et des infrastructures touchées. L'incorporation des données dans un SIG permet le calcul et l'évaluation rapides des niveaux d'eau, des dommages et des régions en danger d'inondation. Les agences de prévision d'inondations, les compagnies hydroélectriques, les organismes de conservation, les urbanistes, les organismes de secours d'urgence et les compagnies d'assurance utilisent tous ce type de données. L'identification et la cartographie des plaines alluviales, des chenaux de rivières abandonnés et des méandres sont importantes pour la planification des réseaux de transports.

Le travail que nous présentons concernant les inondations, rentre dans le cadre d'un projet de recherche dans le domaine de la gestion des catastrophes naturelles par télédétection et SIG qui s'intitule « Cartographie des inondations par imagerie satellitaires : application sur la région d'EL TARF ».

L'état des inondations en cette région constitue un problème qui persiste malgré les études menées dans ce domaine. Beaucoup d'ouvrages ont été réalisés afin de palier à l'inondation mais le problème persiste, POURQUOI ?

Par l'analyse des résultats obtenus nous essayons d'ébaucher une explication et esquisser des solutions. La ville d'EL TARF et sa région se trouvent à la proximité de plusieurs barrages (Cheffia, Mexa et bougous en cour de réalisation) ce qui engendre un débordement des eaux en période pluviales.

Introduction générale

L'importance de la quantification de ces eaux pluviales et la vulnérabilité des sites est nécessaire pour rendre plus rigoureuse toute solution de lutte contre les inondations.

Afin d'aboutir aux objectifs assignés, nous avons scindé ce travail en trois grands chapitres. Dans le premier nous avons réalisé une recherche bibliographique pour représenter le phénomène des inondations; ses paramètres et les méthodes de réduction de ses impacts. Le deuxième chapitre concerne les concepts fondamentaux des systèmes d'information géographiques SIG. Dans le troisième chapitre nous avons réalisé une application de la méthodologie mise au point sur la région d'étude. Cette partie a été introduite par la présentation de notre zone d'étude et ses spécificités.

L'analyse des concepts théorique nous a permis de dégager une esquisse générale du plan de travail; Les supports et les moyens de travail seront évoquées; pour aboutir a notre objectif qui est la réalisation d'une carte des risque à l'inondation Pour cela, nous avons réalisé un modèle numérique de terrain et ses dérivées (aspect, pente, et réseau hydrographique.. etc) et d'autres données exogènes. Et afin d'aboutir aux résultats escomptés, nous avons utilisé l'analyse spatiale multicritère pour l'établissement de la carte des risques d'inondation. Enfin, ce mémoire s'est achevé par une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE I

**LES INONDATION: ampleur,
définition, notion de risque**

Introduction :

L'eau est une ressource essentielle aux besoins fondamentaux de l'homme et à son environnement les eaux souterraines constituent une ressource vitale pour satisfaire les besoins en eau douce des collectivités La gestion des ressources en eau, la conception et la réalisation d'aménagements du territoire qui la concernent font largement appel aux connaissances et aux méthodes de l'hydrologie. En effet, les événements climatiques de ces dernières années ont mis en évidence, dans de nombreux endroits de la Suisse ou d'autres pays, la vulnérabilité de certains tronçons de cours d'eau ou d'ouvrages construits pour aménager leur lit ou leurs berges. D'autre part, la qualité des eaux de nos lacs et rivières doit être surveillée avec rigueur pour éviter toute catastrophe écologique. L'hydrologie s'est attachée d'une part, à comprendre l'ensemble des phénomènes qui lient les précipitations survenant sur un bassin versant et les débits mesurés à son exutoire, d'autre part à la mise au point de modèles de Simulation du comportement des bassins versants afin d'établir des prévisions sur les effets probables d'événements climatiques exceptionnels ou non.

I.1 Définition des inondations :

Une inondation est la submersion par des eaux douces ou salées d'une zone généralement émergée. Qui peut être provoquée de plusieurs façons, par des pluies importantes en durée et (ou) en intensité. (Cortes, 2006)

Les dommages causés par l'inondation dépendent de plusieurs facteurs:

La durée de submersion, les vitesses d'écoulement, le volume de matière solide transporté l'érosion des berges, la hauteur de submersion.

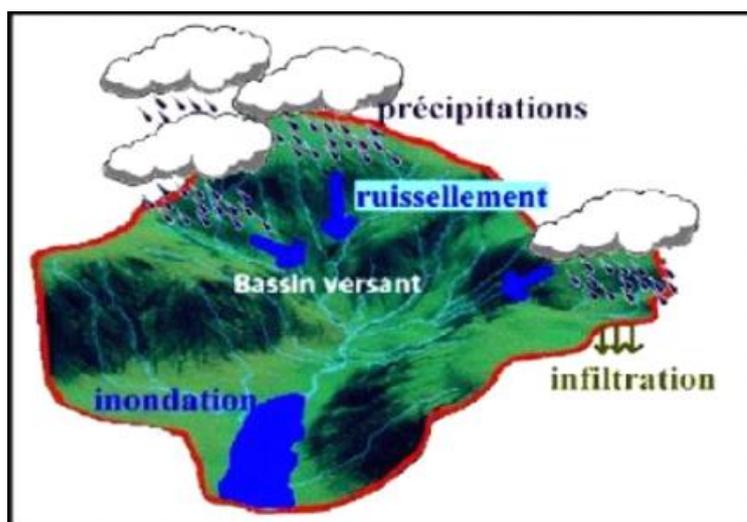


Figure I.1: La genèse du phénomène d'inondation (Débordement de cours d'eau).

(MEDD : Ministère de l'écologie et du Développement Durable)

La provenance des eaux peut donc être :

- Eaux de débordement d'un cours d'eau en crue, qui franchit les limites naturelles de son lit ou les protections élaborées par les hommes.
- Eaux en provenance du réseau d'assainissement, lui-même inondé par la montée des eaux d'une rivière en crue.
- Eaux de ruissellement sur les terrains avoisinant le site étudié.
- Eaux en provenance de la remontée de la nappe phréatique.
- Eaux issues de la rupture d'ouvrages ou d'embâcles (obstacles naturels).

I.2 Les types d'inondations :

Différents types d'inondations peuvent être observés.

I.2.1 Stagnation d'eaux pluviales :

Certaines inondations sont dues à une capacité insuffisante d'infiltration, d'évacuation des sols ou du réseau d'eaux pluviales lors de pluies anormales. Les zones de stagnation des eaux de pluie (zones de dépression ou à pente très faible), en particulier en zone urbaine, sont souvent le facteur déterminant des inondations des quartiers les plus bas. Lorsque ce type d'inondation intéresse des secteurs étendus, on parle d'inondation de plaine.

Ce type d'inondation n'est en général pas dangereux pour la vie humaine, mais peut engendrer des dégâts matériels parfois lourds.

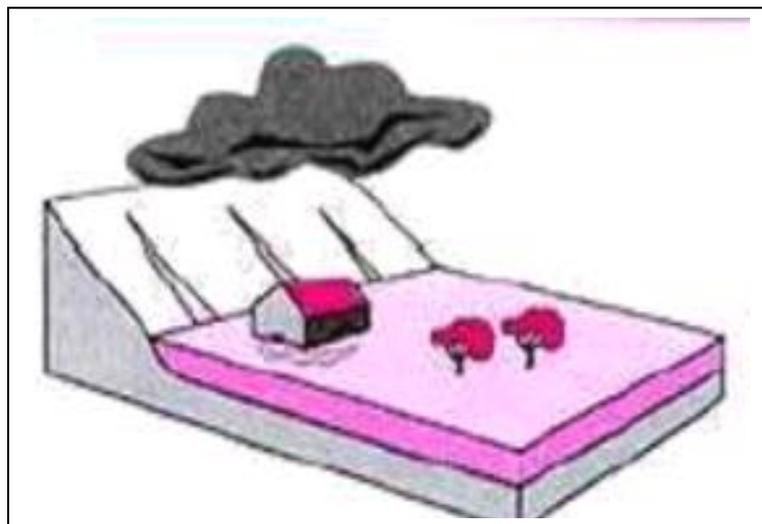


Figure I.2: Inondation par stagnation d'eaux pluviales.

(MEDD : Ministère de l'écologie et du Développement Durable)

I.2.2 Débordement de cours d'eau :

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

Suite à des pluies violentes ou durables, l'augmentation du débit des cours d'eau peut être telle que ceux-ci peuvent gonfler au point de déborder de leur lit, pour envahir des zones généralement de faible altitude et de faible pente (cours aval des rivières). Les dégâts peuvent être très élevés et surtout le risque de noyade existe (en particulier, lors de franchissements de gués lors de l'arrivée de l'onde de crue).

I.2.3 Rupture d'ouvrages ou d'embâcles :

Dans le cas des rivières endiguées, l'inondation survient brutalement soit par surverse (Débordement au-dessus de la digue), soit par rupture de digue. Une rupture d'endiguement peut provoquer l'entrée d'un mur d'eau de plusieurs mètres de haut, progressant à l'intérieur de la zone endiguée à une vitesse de l'ordre de 3 à 4 Km/h, ce qui ne laisse généralement aucun délai d'intervention, sinon éventuellement pour évacuer la population. Un embâcle consiste en l'obstruction d'un cours d'eau par la constitution d'une digue naturelle entraînant une retenue d'eau importante.

Une rupture d'embâcle peut se produire plusieurs jours après une période de pluies exceptionnelles ou l'apparition d'un mouvement de terrain.

I.2.4 Ruissellement en secteur urbain :

En secteur urbain, des orages intenses (plusieurs centimètres de pluie par heure) peuvent occasionner un très fort ruissellement (peu d'infiltration à cause des terrains devenus imperméables car goudronnés), qui va saturer les capacités du réseau d'évacuation des eaux pluviales et conduire à des inondations aux points bas.

C'est un phénomène extrêmement localisé, intense, rapide et éphémère mais les eaux accumulées dans les points bas peuvent stagner plus longtemps.

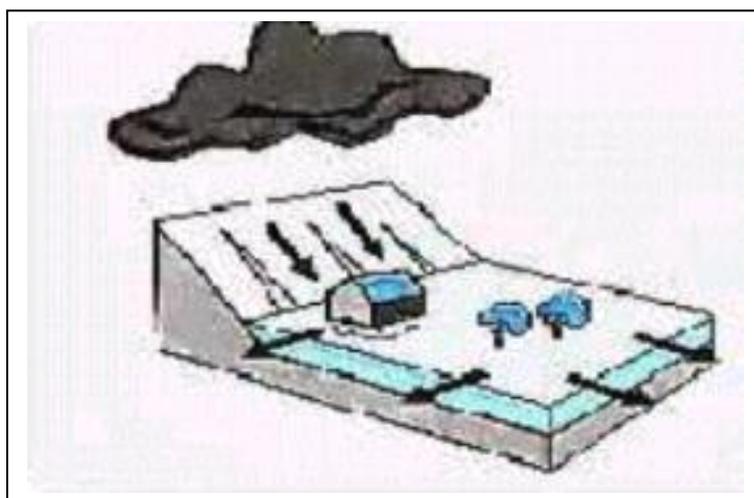


Figure I.3 : Ruissellement en secteur urbain (source : MEDD)

I.2.5 Crues torrentielles :

Lorsque des pluies abondantes et brutales se produisent dans le bassin versant d'un cours d'eau (qui n'est pas toujours un torrent), son débit augmente d'une façon importante. En raison de la forte pente, l'eau se charge en matériaux solides tels que sable et cailloux de tailles variées que le cours d'eau transporte vers l'aval. Plus le relief sur lequel l'orage éclate est marqué, plus la concentration des eaux est foudroyante et importante, ce qui confère au cours d'eau la capacité de transporter toutes sortes de matériaux, rendant les torrents encore plus redoutables. On parle alors de crues éclairs qui constituent le risque humain le plus grand.

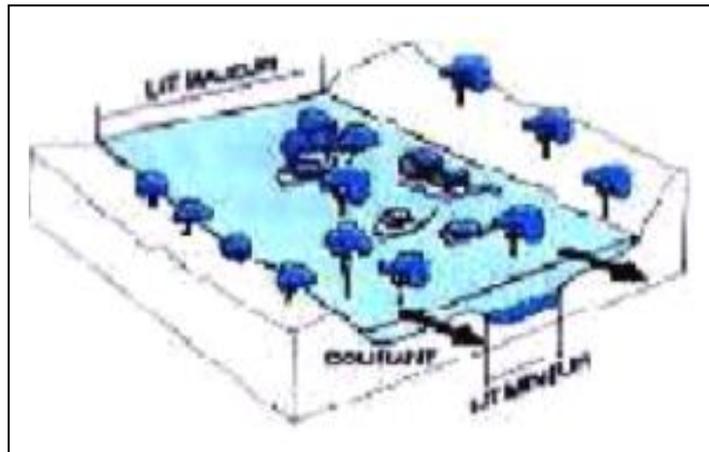


Figure I.4 : Crue torrentielle (source : MEDD).

I.3 Les paramètres d'une inondation :

I.3.1 Le débit :

Le débit est un des paramètres caractéristiques d'une crue. C'est la quantité d'eau qui s'écoule en un point donné du cours d'eau. Il s'exprime en m^3/s . Le débit d'un cours d'eau varie en fonction de la hauteur d'eau, de la surface transversale à une section donnée de ce cours d'eau et de la vitesse d'écoulement. Ainsi, l'augmentation de débit d'un cours d'eau entraîne celles de la vitesse d'écoulement d'eau et de la hauteur du plan d'eau au point considéré.

I.3.2 La vitesse d'écoulement :

La vitesse d'écoulement est mesurée, en un point donné, pour une inondation, au paroxysme du phénomène. Le courant peut atteindre des vitesses telles qu'il peut entraîner des objets d'une certaine taille, voire des personnes. Il augmente également le risque d'érosion des berges. En mettant en pression dynamique les constructions, il peut les fragiliser, les endommager ou les détruire.

I.3.3 La durée de submersion :

Représente la durée approximative pendant laquelle une surface donnée de terrain reste inondée. Cette durée peut varier de quelques heures à plusieurs mois.

I.3.4 La hauteur de submersion :

La hauteur de submersion est mesurée, pour une crue donnée, lors du maximum de cette crue. Elle est représentative des risques pour les personnes (noyades) et pour les biens, par endommagement direct (action de l'eau) ou indirect (par mise en pression statique). La laisse d'inondation est la trace laissée par le niveau des eaux les plus hautes : les dégradations sont fonction de la durée, de la hauteur de submersion et de la vitesse d'écoulement.

I.3.5 La fréquence et la période de retour :

Grâce à l'analyse des crues historiques (dates, secteurs concernés, débits,...), on procède à une classification des crues en fonction de leur fréquence (probabilité qu'un événement a d'apparaître chaque année ou nombre moyen d'événements similaires se produisant pendant une période donnée à un endroit donné) (LEFORT.*et al.*).

A l'inverse, la période de retour est l'intervalle moyen de temps séparant des événements similaires (crues d'intensité comparable, en débits ou hauteurs, ou en couple débit hauteur), lorsqu'on observe les événements à l'échelle de plusieurs siècles. Ainsi, la crue centennale est une crue de forte amplitude qui, chaque année, a une probabilité sur cent de se produire. Le risque de dépasser au moins une fois une crue de période de retour T au cours d'un nombre d'années n :

$$R = 1 - (1 - (1/T))^n$$

I.4 Problématique des inondations :

I.4.1 Dans le monde :

Les inondations sont l'aléa naturel le plus répandu dans le monde (Fig I.5) et peuvent survenir dans toutes les régions du globe. C'est un des phénomènes naturels qui touche le plus d'êtres humains. S'ils sont aussi fréquents c'est que plusieurs facteurs peuvent déclencher des inondations.

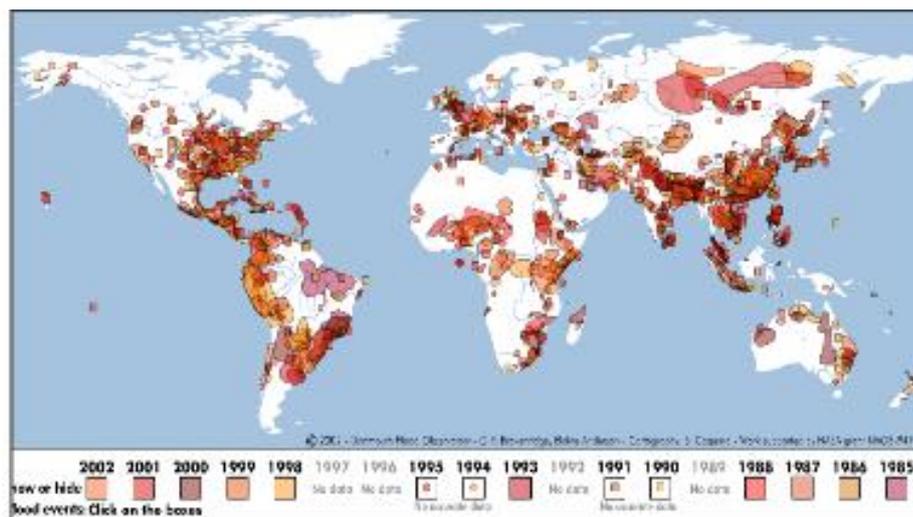


Figure I.5 : Cartographie des inondations dans le monde de 1985 à 2002

(Source : Observatoire des Inondations de Dartmouth (USA) -2004)

- ✓ Le nombre de victimes des inondations a augmenté de **6%** par an au cours des **30 dernières années** et les pertes économiques ont triplé
- ✓ **Plus de 339 millions** de personnes ont été victimes de ce phénomène entre **1900 à 2005** selon l'ONU.

L'Observatoire des Inondations de Dartmouth (USA) après étude a publié en 2004 la fréquence des inondations des 20 dernières années. (**Fig II.6**)

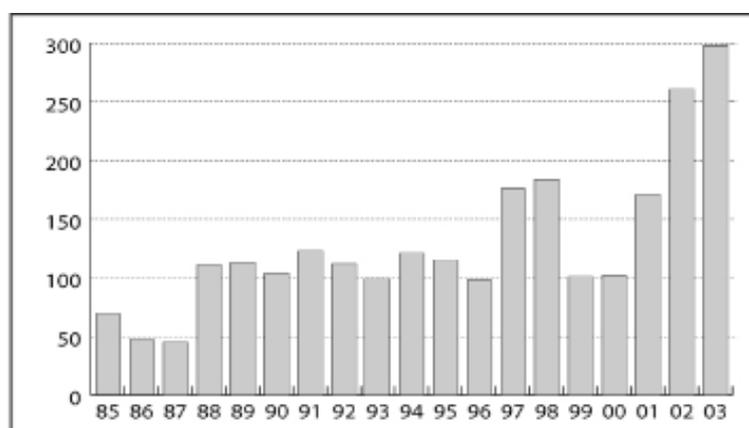


Figure I.6 : Nombre d'inondations par année.

I.4.2 En Algérie :

L'Algérie est l'un des pays méditerranéens les plus confrontés aux phénomènes de crues et d'inondations qui se manifestent souvent de façon catastrophique constituant aussi une contrainte majeure pour le développement économique et social, ces inondations sont les catastrophes naturelles les plus destructives et même les plus fréquentes et provoquent d'importants dégâts humains et matériels. Les inondations au nord de l'Algérie se manifestent

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

souvent de façon catastrophique: exemple de l'inondation de Bab El Oued en 2001 **717 morts; 544 millions de dinars de dégâts.**

Les principales causes d'inondations en Algérie (1970-2005), se subdivisent en trois (03) catégories :

1. Les inondations liées à des situations météorologiques remarquables :

Se traduisant par une forte pluviosité (pluies importantes, orages violents) tels que les inondations de décembre 1957 des bassins de Mazafran et de la Sebaou, les inondations de l'automne 1969 en Algérie et en Tunisie, les inondations catastrophiques de Mars 1973, sur l'Est Algérien, les inondations de Mars 1974 des bassins versants de l'Algérois et du Sebaou, les inondations de Décembre 1984 sur tout l'Est Algérien etc.

2. Les inondations provoquées par des facteurs liés à l'effet de l'homme:

La défaillance des réseaux d'assainissement et de collecte des eaux pluviales, le gonflement des oueds par les décombres et les détritiques et d'autres agissements humains qui favorisent des dégâts lors des averses saisonnières; les cas de la ville de Tiaret inondée presque à chaque hiver et la plaine du M'zab ou des inondations se produisent tous les 02 à 03 ans illustrent parfaitement l'influence de ces facteurs dans l'apparition du phénomène d'inondation.

3. Les inondations produites dans des régions présentant un environnement topographique défavorable :

Comme le cas des villes traversées par des oueds (Bordj Bou Arréridj, Oued R'hiou, Sidi Bel Abbés) ou situées au pied d'une montagne (Ain Defla, Batna, Médéa). Ces agglomérations à forte concentration des populations et sous l'effet d'une urbanisation anarchique et non réglementée présentent des grands risques, des pertes humaines et des destructions de constructions sont enregistrées à chaque inondation aussi légère qu'elle soit.

I.4.3 Les inondations à El Tarf :

Le 24 février, la wilaya d'El Tarf a subi des pluies diluviennes. L'exceptionnelle pluviométrie enregistrée est la plus importante des 30 dernières années dans cette région. De plus, les débordements des barrages de Bougous, de Mexa et de Cheffia à El Tarf et celui de Bouhamdane dans la wilaya de Guelma, ont provoqué des inondations qui ont fait trois morts, de nombreuses familles sinistrées et occasionné des dégâts considérables sur les cultures ainsi que sur plusieurs infrastructures de base. Les localités les plus touchées par les trombes d'eau sont situées sur les plaines d'El-Frin, dans la commune de Aïn Assel, jusqu'à Dréan, à une

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

vingtaine de kilomètres d'Annaba où les eaux ont inondé une bonne partie du réseau routier et isolé un bon nombre de hameaux.

Dans le domaine de la lutte contre les inondations, il faut admettre deux principes :

1. Le risque zéro n'existe pas.
2. On ne lutte pas contre les inondations sans inonder.

La connaissance du risque est indispensable pour l'élaboration de toute protection.

I.5 Les composantes du risque d'inondation :

I.5.1 Définition :

Le risque est une mesure de la probabilité et de la sévérité d'un effet défavorable pour la santé, pour les biens ou pour l'environnement. La notion du risque d'inondation est une notion complexe faisant intervenir deux paramètres essentiels :

- ✓ **L'Aléa** : défini comme la probabilité d'occurrence d'un phénomène naturel, dans notre cas l'inondation. Il se caractérise par plusieurs paramètres hydrauliques qui expliquent la capacité plus ou moins destructrice de l'inondation.
- ✓ **La vulnérabilité** : se définit comme une évaluation de l'occupation humaine et économique d'un site, susceptible d'être affectée par l'aléa. (D'ERCOLE.R)

Pour analyser une situation de risque sur un territoire donné, il faut combiner les deux facteurs précédents que sont l'aléa et la vulnérabilité au droit de chaque parcelle. Il existe des risques positifs ou négatifs. Si l'aléa augmente le risque augmente ; il est dit risque positif. Si la vulnérabilité augmente, le risque augmente ; il est dit risque négatif.

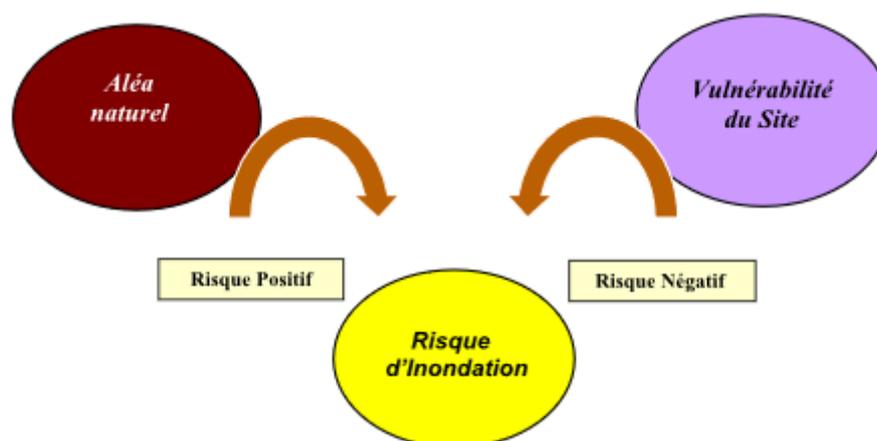


Figure I.7 : Composantes du risque d'inondation (HUET P. et al).

I.5.2 Evolution du risque d'inondation :

Les pertes dues aux inondations augmentent avec les années, malgré les efforts consacrés à réduire le risque. L'accroissement des dommages est expliqué par les observations suivantes :

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

- Accroissement de l'activité économique dans les plaines inondables;
- Accroissement de la densité de population et de l'utilisation du territoire dans les plaines inondables;
- Tendance de la population à surestimer le degré de protection offert par les ouvrages de contrôle des inondations;
- Manque de données sur les débits et sur les dommages potentiels;
- Variabilité des caractéristiques hydrologiques des crues.

I.5.3 Boucle « Catastrophe » :

Une catastrophe lorsqu'elle se produit, déclenche la vulnérabilité du site. Ordinairement, elle est suivie d'un cycle de réactions humaines; mesures de réparations et des travaux de protection. Cette réaction peut modifier la vulnérabilité et, par là même, influencer sur des catastrophes ultérieures.

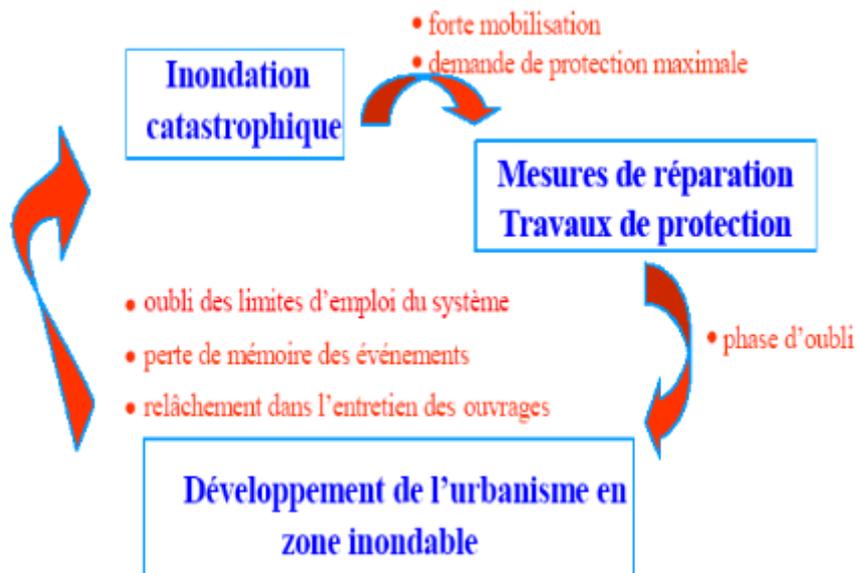


Figure I.8 : Boucle « Catastrophe » (N. GENDREAU)

I.6 Problématique des inondations dans la ville d'El Tarf :

La wilaya d'El Tarf est l'une des régions les plus arrosées de l'Algérie, la pluviométrie atteint parfois les 1200mm/ an. Cette forte pluviométrie engendre souvent des inondations à travers la région (plaine d'El Tarf et plaine de Bounamoussa).

Cette pluviométrie d'une intensité qui dépasse les 180 /l /s/ha s'Abbate sur la région sous forme d'averse très concentrée dans le temps et dans l'espace provoquant des pluies torrentielles ne pouvant être absorbées par infiltration dans les nappes contenue dans les oueds et se répand sur la plaine engendrant des inondations spectaculaires a travers toute la région.

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

La wilaya d'El Taref a connu plusieurs inondations qui par le passé ont toutes provoquées des dégâts.

- A ce titre nous rappelons les inondations de 1973, 1984, 1985, 2003.
- A titre d'illustrations

L'inondation du mois d'avril 2005 du 11 au 14 a été provoquée par une forte pluviométrie de 175mm qui s'est soldée par des crues de l'oued Kebir.

- Le 10/04/2005 : Débit de crue 164,44 m³/s soit : 14,21Hm³/j
- Le 11/04/2005 : Débit de crue 379,99m³/s soit : 32,83Hm³/j
- Le 12/04/2005: Débit de crue 650,18m³/s soit : 56,18Hm³/j
- Le 13/04/2005 : Débit de crue 330,03m³/s soit : 28,51Hm³/j
- Le 14/04/2005 : Débit de crue 157,59m³/s soit : 13,62Hm³/j

TOTAL 145,35Hm³/j

✚ En 04 jours le barrage MEXA a rejeté 3 fois et demi son volume

Risques d'inondation des agglomérations de la Wilaya d'EL TAREF :

Tableau I.1: Risques d'inondations de la Wilaya d'EL TAREF

Commune	Population (2011)	Superficies (Ha)	Super-ficies Inondab-les (Ha)	Risques
Achat	15442	6215	80	Faible risque
Ain Assel	8271	9480	400	
Bougous	301	21580	36	
Oum Teboul	6963	8735	400	
Bouteldja	13659	11353	637	Moyen risque
Berrihane	3882	20250	206	
El Taref	10157	11140	600	Risque fort
Lac Des Oiseaux	5978	8588	412	
Ben M'hidi	1604	1506	12	
Besbes	315159	512155	6160	
Drean	21237	4800	60	
Asfour	12465	10452	120	
Chihani	9157	20082	66	
Chbaita Mokhtar	16699	4198	100	
Chaffia	2836	19247	/	

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

Total	148219	183340	3403	
--------------	---------------	---------------	-------------	--

Les inondations dues au lâché des barrages (24 février 2012) :

Présentant le bilan des récentes inondations (**24 février 2012**) qui ont causé la mort de trois personnes, emportées par les eaux, et des dégâts considérables aux infrastructures de base, le chef de l'exécutif local a précisé qu'en plus des pluies diluviennes, " ce sont quelque 200 millions de m³ qui ont été lâchés des barrages de Cheffia, de Mexa et de Bougous dans la wilaya d'El-Tarf et de Bouhamdane (Guelma)"

" La zone ouest de la wilaya d'El Tarf, qui englobe les daïras de Ben M'hidi, de Drean et de Besbes, est la plus sévèrement touchée par ces inondations qui ont provoqué la fermeture de plusieurs routes et l'isolement d'une partie importante de cette zone, a ajouté le wali."

" Les précipitations enregistrées durant moins de 48H00, ont atteint les 128 mm au moment où à la même période de l'année 2011, il n'avait été recueilli que 70mm, a également précisé ce responsable."

Ces inondations ont également provoqué des dégâts " assez importants " à trois ponts, le premier sur l'Oued Oum-Essad, enjambant la RN 44 à l'entrée Est de Bouteldja, le second reliant Mechta Teffaha à Ain-Djenane (commune d'Asfour) et le troisième sur l'Oued Bounamoussa, à l'entrée Est de la daïra de Ben M'hidi.



Figure I.9: Photos sur les inondations dues aux lâché de barrage la commune ben M'hidi

I.6.1 Cause d'inondations dans la ville d'El Tarf :

- ✓ Pluviométrie intense et irrégulière atteignant les 800 à 1500mm/an (Orages).
- ✓ Pente très faible favorisant la stagnation des eaux.
- ✓ Un nombre important de centre (Sept) situés dans les zones basses (Ain Assel, Tarf, Bouteldja, Lac des Oiseaux, Ben M'hidi, Besbes et Dréan).

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

- ✓ La superficie du bassin versant de la MAFRAGH est importante.
- ✓ L'embouchure de la MAFRAGH ne véhicule pas le débit de crue provoqué par tous les oueds à la fois nature des sols plaine d'El Tarf argileux (perméabilité faible).
- ✓ Présence d'obstacles naturels (dépôts d'alluvions arbustes...).
- ✓ existence d'un nombre important de méandres (Bouamoussa, Kebir est, Seybouss).

En plus des causes naturelles, d'autres produites par l'homme agissent en faveur de ce problème tel que :

- ✓ L'absence d'entretien des émissaires naturels : Oued El Kebir est, Oued Bouhalloufa, Oued Dardane, Oued Boulahtane, Oued Seybouss, Oued Besbes, et Oued Bouhalallah
- ✓ L'insuffisance d'un réseau d'assainissement dans le périmètre de Bouamoussa et son absence dans la plaine d'El Tarf et Bouteldja, sachant que ce secteur de plaine est le réceptacle de toutes les eaux provenant des bassins versants de Bougous, Guergour, Bouhalloufa et Boulahtan.
- ✓ La réalisation de certains chemins communaux dans la commune de Boutheldja, du Lac des Oiseaux et de Berrihane, ou quelques tronçons constituent de véritables obstacles pour l'écoulement normal des eaux vers les exutoires naturels.
- ✓ Charriage constant de matériaux solides provenant des terrassements (chantiers de construction).

I.6.2 Protection de la ville d'El Tarf contre les inondations :

1. Projets réalisés :

Pour lutter contre les inondations la direction des ressources en eau a réalisé des projets :

- ✓ Protection des agglomérations contre les inondations a travers la wilaya a savoir les localités d'El Tarf, Sidi Kassi, Zitouna, Ain Assel, Lac des Oiseaux, Chbaita Mokhtar, Ain El Karma, Asfour, Guergour et Boukhris.
- ✓ Réhabilitation et extension des infrastructures d'assainissement, la réalisation des stations de relevage, rénovation des 04 step et des stations de pompage d'eau usées
- ✓ Assainissement de la plaine d'El Tarf, la protection des terres agricoles et des agglomérations sur une superficie de 12 515 Has

I.7. Description de la zone d'étude :

I.7.1. La situation géographique de la ville d'El Tarf :

La wilaya d'El Tarf se situe à l'extrême Nord-est de l'Algérie. Elle est bordée au Nord par la mer Méditerranée et à l'Est par la Tunisie avec laquelle elle partage une longue

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

frontière, à l'Ouest par la wilaya d'Annaba (Bône) et au Sud et Sud-ouest par celles de Souk-Ahras et de Guelma. Elle est délimitée comme suit :

- ✓ Au Nord : par la Mer Méditerranée.
- ✓ A l'Ouest : par la wilaya de Annaba.
- ✓ A l'Est : par la Tunisie.

Au sud : par les wilayas de Guelma et Souk Ahrras.

La position géographique de Tarf à l'échelle régionale est révélatrice du rôle qu'elle pourrait abriter près de **411.784 habitants**, soit une densité d'habitat de: 123 hab. /Km²



Figure I.10 : Situation géographique de la ville de Tarf à partir de Google earth

I.7.2. Topographie de la wilaya d'El Tarf :

La wilaya d'El Tarf dispose d'atouts indéniables de par sa nature particulièrement généreuse. D'Ouest en Est, la wilaya offre une palette de reliefs où alternent-la Plaine, les collines, les montagnes couvertes de forêts mais surtout une spécialité de la région : des lacs, des lagunes et des marécages classés réserves nationales. Elle dispose de potentiels atouts et d'infrastructures importantes qui sont :

- ✓ Un tissu touristique très riche et très diversifié qui lui confère une place de choix dans le domaine du tourisme national voir international.
- ✓ 05 zones d'expansions touristiques d'une superficie de 5185ha dont 1033ha aménageables.
- ✓ 13 plages situées le long de la corniche.
- ✓ 06 stations thermales dont l'eau est propice aux thérapies de plusieurs maladies.
- ✓ D'un port de pêche en construction.
- ✓ D'une superficie agricole de 84 031ha dont 14 000ha irrigué.
- ✓ D'infrastructures hydrauliques importantes; 02 Barrages d'une capacité globale de 225 km³ (Mexa et Chefia) et 62 forages.
- ✓ Des infrastructures routières de près de 229,5km de route nationale.

I.7.3. Géologie :

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

Le terrain en question chevauche sur diverses formations géologiques Il est formé de trois ensembles qui donnent à la wilaya sa triple vocation, agricole, touristique et forestière.

Dans une orientation Nord-Sud, les plaines qui occupent un faible pourcentage (moins de 20%) du territoire se trouvent dans la partie médiane de la wilaya. L'agriculture se concentre autour du Tarf, d'Ain-El-Assel (Yusuf), du Lac des Oiseaux et de Ben- M'hidi (Morris).

- La zone côtière avec essentiellement les communes d'El Kala (La Calle), Chatt, Berrihane et Sonarekh. Au plan agricole, dans cette zone c'est l'arachide qui prédomine et l'on constate, cela peut étonner le visiteur normand ou bourbonnais de ce site (après tout il y en a peut-être), un poids significatif de l'élevage bovin.
- La zone de montagnes avec les communes de Bougous au pied du Mont Ghorra (1203m), El Aïoun (Lacroix), Cheffia, Zitouna (Toustein), Aïn-Karma (Meunier) et Roum- El-Souk occupe près des trois-quarts du territoire.

I.7.4. Le climat :

Il est peu différencié et se décline, du Nord au sud de la wilaya, de la façon suivante : la zone côtière jouit d'un climat chaud et humide, la zone de montagnes qui occupe l'essentiel de la wilaya bénéficie d'un climat humide doux au nord et frais au sud.

Cette brève description physique montre les atouts dont dispose la wilaya d'El Tarf, à savoir un climat tempéré (tout est relatif) et un potentiel hydrique important (de près de 720 hm³ en moyenne annuelle) permettant l'alimentation en eau potable et l'irrigation et aussi un important transfert de solidarité vers la ville d'Annaba (Bône). Cette avantage, en moyenne 45 litres d'eau par jour et par habitant (certes ce n'est qu'un ratio indicatif), dont jouit la région d'El Tarf, n'est pas négligeable et doit être un atout en matières agricole et de développement.

La température annuelle moyenne est de 18° C, la moyenne annuelle des précipitations est de 910mm.

I.7.5. Agriculture et forêt :

Marquée par une vocation agricole de longue date, **El Tarf** conserve aujourd'hui encore un réseau d'exploitation très riche avec une dominance des cultures herbacées. Les superficies non encore mises en valeur méritent des investissements à l'effet de développer :

- Le vignoble qui n'occupe que **1,66 %** de la surface agricole utile.
- L'arboriculture qui n'occupe que **8,13 %** de la surface agricole utile.

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

- La culture industrielle de la tomate, de l'arachide et du tabac qui sont des créneaux naturellement de la région.

La richesse floristique estimée à 600 espèces qui s'étendent sur un espace forestier de 166.311Ha mérite des investissements de mise en valeur et de transformation de ce potentiel qui contribuera au développement de la région.

Les filières économiques ayant des atouts décisifs existants voire un potentiel à développer sont :

- Les cultures fruitières.
- Les cultures maraîchères.
- La céréaliculture.
- Les cultures industrielles.

L'agriculture dispose d'un potentiel suivant :

- Superficie Agricole Utile 73.346Ha.
- Reliquat de 41.563Ha à développer.
- Agriculture et élevage à développer.
- Potentiel forestier important.

I.7.6. Station pluviométrique de la ville :

L'étude de précipitation dans la région d'El Tarf est basée sur les observations aux pluviomètres enregistrées aux postes pluviométriques identifiés au tableau ci-dessous

Tableau I.2 : Identification des postes pluviométriques

N	Code	Station	X	Y	Z	Durée d'observation
1	031501	Cheffia	977.15	381.3	170	1985-2008
2	031502	/	/	/	/	1985-2008
3	031503	Bouhajar	/	/	/	1985-2008
4	031601	Ain Assel	1005.447	399.828	35	1985-2008
5	031602	Roun El Souk	1020.7	402.9	150	1985-2008
6	031603	/	/	/	/	1985-2008
7	031604	/	/	/	/	1985-2008
8	031701	/	/	/	/	1985-2008
9	031717	Lac des	984.42	400.5	6	1985-2008

		Oiseaux				
10	031718	Bouthelja	989.6	400.65	25	1985-2008
11	031719	Lac des Oiseaux Ville	983.83	400.41	38	1985-2008

Le réseau pluviométrique comprend onze stations pluviométriques réparties sur l'ensemble de la surface, ce qui correspond à une densité moyenne d'un poste pour 303 km². Le tableau ci-dessous présente la liste des stations pluviométriques existantes dans La ville qui fait l'objet de la zone d'étude. Les séries de données pluviométriques utilisées dans cette étude ont été fournies par l'ANRH de Constantine.

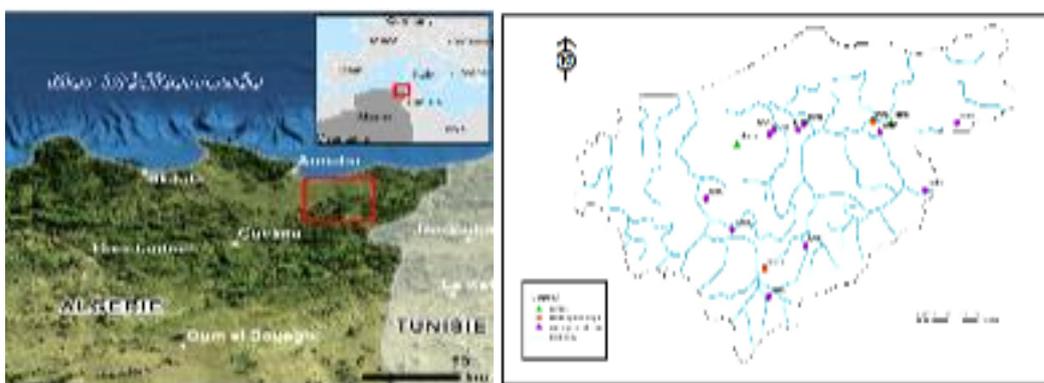


Figure I.11 : Réseaux de mesure de l'ANRH région d'El Tarf

I.7.7. Les réseaux hydrographiques de la ville :

La wilaya d'El Tarf possède un réseau hydrographique très riches alternant les lacs, les oueds, trois barrages et la grande spécificité de la région : quatre lacs reconnus comme patrimoine mondial protégé par l'UNESCO, et qui abritent diverses formes faunistique et floristique.

Hormis L'oued Seybousse qui draine le territoire de la wilaya a l'ouest sur une superficie de 280Km², le reste du réseau hydrographique est constitué par des organismes de second ordre qui prennent naissance et s'écoulent selon un tracé orthogonal a la direction générale des massifs montagneux. C'est le cas notamment de L'Oued Zitouna, L'oued Bou Halloufa et L'Oued Bougous qui s'écoulent suivant la pente générale de la surface du foret d'Ouerda.

1. Les lacs :

- **Lac Tonga** : Commune d'El Kala d'une superficie de 2600Ha ;
- **Lac Oubeira** : Commune d'Ain Assel d'une superficie de 2200Ha ;

Chapitre I : Les inondations : ampleur, définition, notions de risque

- **Lac El Mellah** : Commune d'El Kala d'une superficie de 800Ha ;
- **Lac des Oiseaux** : Commune de Lac des Oiseaux d'une superficie de 45Ha et qui peut atteindre 70Ha en saison hivernale.

2. Les oueds :

- **Oued Bougous** : D'une longueur de 28,5Km. Il traverse la commune de Bougous et alimenté Oued El Kebir.
- **Oued El Kebir** : Il est alimenté par deux oueds (Oued Balouta venant du territoire de la république Tunisienne et Oued Bougous) sa longueur est de 95Km. Traversant les communes : Ain Assel, El Tarf, Bouteldja, Berrihane).
- **Oued Bounamoussa** : Il est alimenté par Oued Damousse et Oued Hammam Beni Salah et Oued Zitouna, sa longueur est de 62,5Km. Traversant les communes : Bouhajar, Cheffia, Asfour, Zerizer, Ben M'Hidi.
- **Oued Sybouss** : Il est alimenté par Oued Charf et Oued Bouhamdan (Wilaya Guelma) mais aussi par Oued Bouhalala pres de son intersection avec Oued El Kebir formant Oued Mafragh. Sa longueur est de 36Km traversant les communes : Chihani, Dréan, Chebaita Mokhtar.
- **Oued Mafragh** : Qui réuni les deux Oueds El Kebir et Bounamoussa formant une embouchure qui deverse dans la mer a la limite entre les deux communes de Berrihane et Ben M'Hidi. Sa longueur est de 01Km.

3. Les barrages :

Tableau I.3 : Caractéristique générales des barrages de la ville

Nom du barrage	Année de mis en service	Capacité (Hm3)	Surface du bassin versant	Apport annuel (Hm3/an)
Cheffia	1965	168	/	101
Mexa	2003	30.24	575	42

3.1. Description des barrages de la ville :

1. Localisation :

Tous les Barrages sont situés en Zone de montagne à la frontière Algero –Tunisienne. Cette zone localisée au Sud du bassin versant de la Mafragh est située à une altitude de l'ordre de (200 à 500m) elle est dominée à plus de 80% des montagnes forestières bien boisées dont les points culminant sont de l'ordre de 1406 m à Djebel Dir et 808m à Djebel S'nani . L'activité dans cette région est dominée par l'agriculture de montagne.

2. Climat :

▪ **Pluviométrie :**

D'après les résultats des observations des stations de la zone (Ain El Assel –Bougous Cheffia); la moyenne interannuelles est de 650 mm/an.

▪ **Température :**

D'après les données de la station météorologique des SALINES (Annaba) et Cheffia (Barrage) ; le Mois de Janvier est le plus froid et que le mois d'Aout est plus chaud de l'année se manifestant par des valeurs respectivement de 11,65 ° C est de 25,03° C .la température moyenne est de 17,50°C.

▪ **Le vent :**

La direction Nord – Ouest domine dans toute la zone de la Mafragh. Ce régime étant fréquent en Automne, en Hiver et à un degré moindre au printemps. En été on remarque une proportion importante des vents du secteur Sud - Est de type SIROCO.

Remarque :

- ✓ La wilaya d'El Tarf dispose **(02)** Barrages en exploitations (Mexa 30 Million M3 et Cheffia 158 Million M3 totalisant un volume de **188 Million M3**.
- ✓ **(01)** Un Barrage en Construction (Bougous) avec une capacité **66 Million M3**.
- ✓ **(03)** Futurs Barrage à travers la wilaya (Bouhaloufa- Boulatane- bounamoussa II).

3.2. Rôle des barrages :

1. Barrage Cheffia :

Alimentation en eau potable pour : wilaya d'Annaba, daira Bouhajar, eau industrielle pour le complexe El Hajar, irrigation des terres agricoles.

2. Barrage Mexa :

Alimentation en eau potable de la ville d'Annaba, ainsi que les localités suivantes relevant de la wilaya d'El Tarf : El Tarf, El Kala, Souerekh, El Aioun, Raml Essouk, Dréan, Besbes, Ben M'Hidi, Echatt, Ben Amar, Ain Assel. Il contribue aussi a la régularisation des crues d'Oued El Kebir et réduit les inondations vers la pleine d'El Tarf

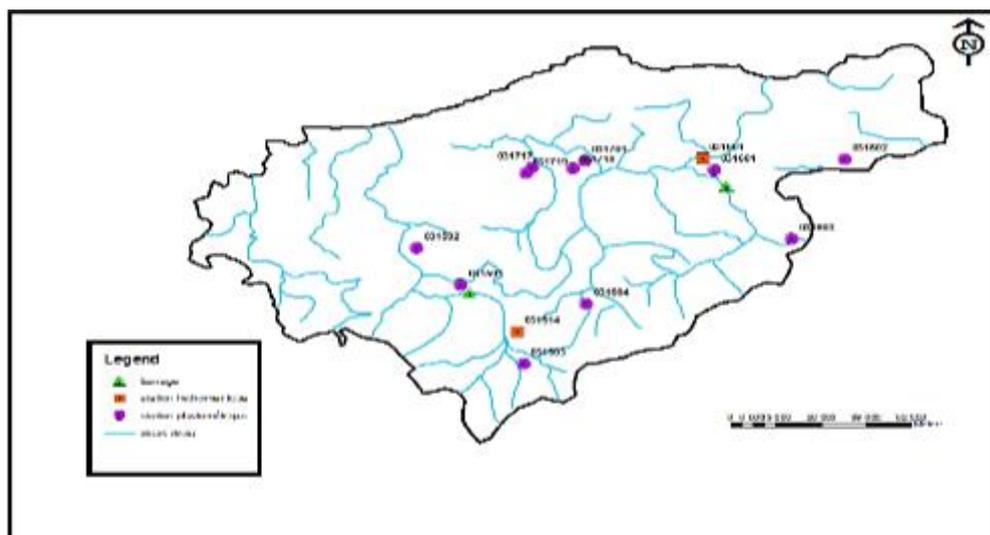


Figure I.12 : Carte des réseaux hydrographique de la ville

I.8 Utilisation des outils numériques :

Les méthodes d'approches traditionnelles pour la détermination des paramètres physiques qui conditionnent l'hydrodynamique du bassin versant sont devenues de plus en plus inadaptées ; vu les rythmes des changements des indicateurs (occupation du sol, pluviométrie, etc.). Elles sont lourdes à mettre en œuvre et ne peuvent suivre le rythme des aménagements hydraulique, d'où leur relative inefficacité (MEDERBAL 2007).

Afin de combler cette déficience l'utilisation des nouveaux outils d'investigation tels que la télédétection la cartographie numérique et les techniques des systèmes d'informations géographiques est nécessaire. Ces dernières sont particulièrement bien adaptées aux problèmes des aménagements hydrauliques et la cartographie des champs d'inondation. Par suite de la complexité de la modélisation des données nécessaires à la gestion du monde réel ; il est important de stratifier ce monde afin de garantir une efficacité à sa gestion.

Dans cette optique nous avons jugé utile d'apporter quelques définitions des outils numériques utilisés à l'heure actuelle pour la caractérisation spatiale des réseaux hydrographiques, et qui vont être utilisé pour la réalisation des différentes cartes factorielles et synthétiques. Parmi les outils numériques actualisés et performant que nous avons utilisé dans notre étude c'est la technique de SIG, avant d'entamer notre application nous avons jugé utile de donner quelques notions de base de SIG, et son application dans l'hydrologie.

CHAPITRE II
NOTION DE BASE EN
TELEDETECTION

Introduction :

La télédétection est née de la fusion de deux inventions anciennes : la montgolfière (première plate-forme d'observation aérienne) et la photographie. En réalité, la télédétection moderne est née de la photographie aérienne, qui a connu un essor considérable au cours du XX^e siècle, surtout au cours de la seconde guerre mondiale. L'année qui symbolise l'entrée de la télédétection dans l'ère moderne est l'année 1957 avec le lancement de Spoutnik, premier satellite artificiel à être placé en orbite autour de la terre. Depuis, de nombreux pays dont les USA, le Canada, la France, l'ex-URSS puis la Russie, la Chine, le Japon ou encore l'Inde ont développé leurs propres programmes de télédétection. Aujourd'hui, des dizaines de satellites d'observation de la terre sont en orbite et fournissent en permanence des milliers d'images pour des applications civiles.

II.1 Définition de la télédétection:

C'est la technique qui permet d'obtenir des images et des informations sur la surface de la terre sans contact direct avec elle. Il s'agit d'un ensemble de techniques et de connaissances utilisées pour déterminer les propriétés biologiques et physiques des objets capturés à distance sans contact direct avec eux.

Il s'agit d'un système qui vise à obtenir des informations de la terre en utilisant des images obtenues par des satellites ou des plates-formes aériennes utilisant le rayonnement électromagnétique émis depuis la surface de la terre.

II.1.1 Le rayonnement électromagnétique:

Premièrement, une source d'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique est nécessaire pour illuminer la cible, à moins que la cible ne produise elle-même cette énergie.

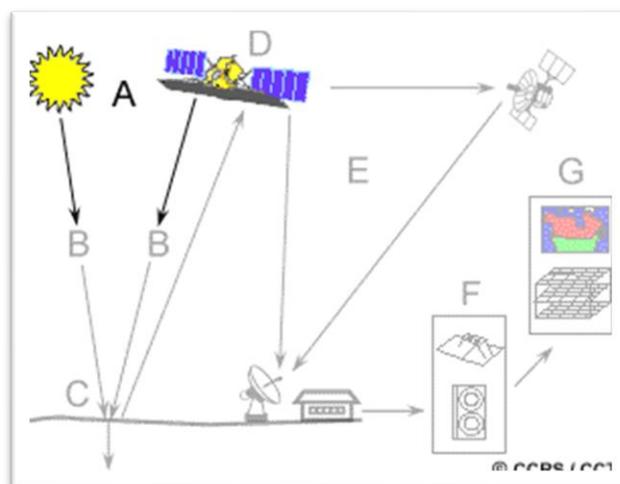


Figure II.1: Rayonnement électromagnétique. (Ressources naturelles Canada)

Selon la théorie des ondes, tout rayonnement électromagnétique possède des propriétés fondamentales et se comporte de façon prévisible. Le rayonnement électromagnétique est composé d'un champ électrique (E) et d'un champ magnétique (M). Le champ électrique varie en grandeur et est orienté de façon perpendiculaire à la direction de propagation du rayonnement. Le champ magnétique est orienté de façon perpendiculaire au champ électrique. Les deux champs se déplacent à la vitesse de la lumière (c).

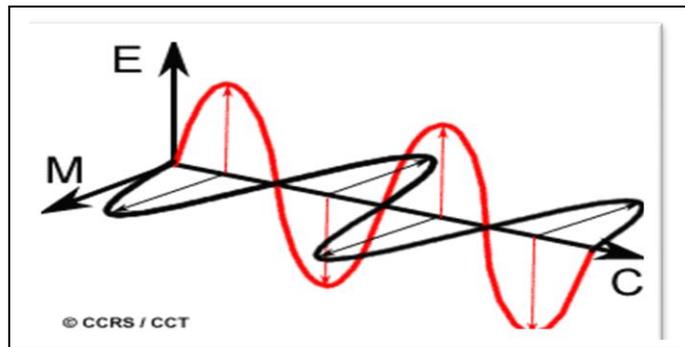


Figure II.2: On de électromagnétique. (Centre Canadien de Télédétection)

II.1.2 La cible:

Le rayonnement qui n'est pas absorbé ou diffusé dans l'atmosphère peut atteindre et interagir avec la surface de la Terre. Lorsque l'énergie atteint la cible, la surface peut absorber (A) l'énergie, la transmettre (T) ou réfléchir (R) l'énergie incidente.

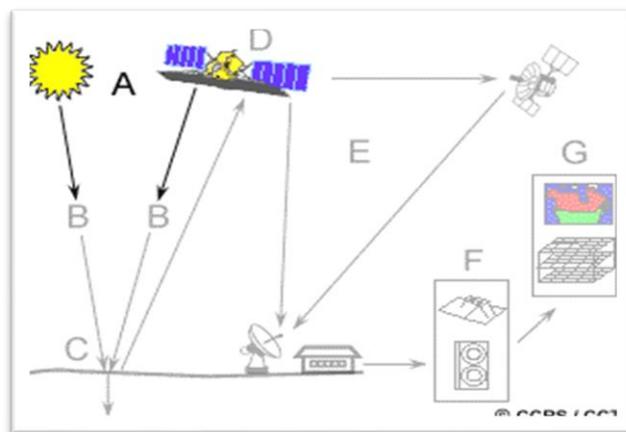


Figure II.3: Représentation des interactions rayonnement-cible (notion fondamentales de la télédétection)

L'énergie incidente totale interagira avec la surface selon l'une ou l'autre de ces trois modes d'interaction ou selon leur combinaison. La proportion de chaque interaction dépendra de la longueur d'onde de l'énergie, ainsi que de la nature et des conditions de la surface.

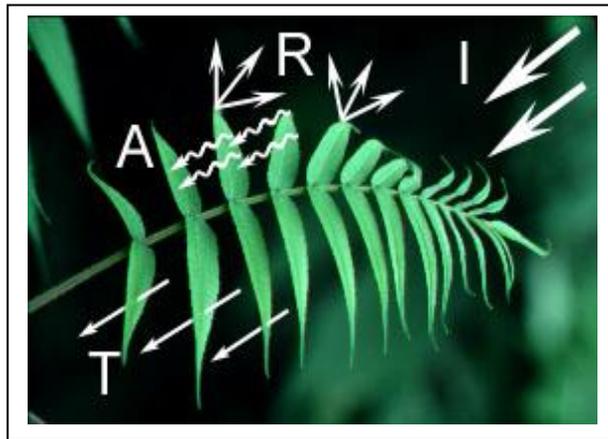


Figure II.4: Représentation des interactions rayonnement-cible
(Ressources naturelles canada)

L'absorption (**A**) se produit lorsque l'énergie du rayonnement est absorbée par la cible, la transmission (**B**) lorsque l'énergie du rayonnement passe à travers la cible et la réflexion (**C**) lorsque la cible redirige l'énergie du rayonnement. En télédétection, nous mesurons le rayonnement réfléchi par une cible. La réflexion spéculaire et la réflexion diffuse représentent deux modes limites de réflexion de l'énergie.

II.1.3 L'environnement :

La télédétection est une technique et un système de surveillance et d'analyse de l'environnement pour identifier, évaluer et surveiller les politiques de gestion des ressources naturelles.

Actuellement, la télédétection par satellite est considérée comme l'une des informations détaillées en tout point de la surface de la terre avec une manière rapide, objective, régulière et répétitive, ce qui facilite le suivi des événements environnementaux (pollution, incendies de forêt, inondations, désertification, etc).

Il permet également des applications dans de nombreux domaines tels que l'agriculture, les ressources en eau, l'hydrologie et la géologie, les océans, la cartographie, l'urbanisme, les registres cadastraux ou même l'intelligence stratégique.

Les techniques d'observation de la Terre sont considérées comme un rôle majeur dans l'étude, la surveillance et la modélisation des phénomènes environnementaux à grande échelle et sur une base objective, complète et permanente.

II.1.4 Les système d'observation :

Les systèmes optiques sont constitués de deux éléments fondamentaux :

✓ *Instruments :*

La plupart des instruments fonctionnent, C'est - à- dire sont équipés de barrettes de milliers de détecteurs élémentaires (par exemple 1200 sur Le satellite français SPOT_5) alignés pour acquérir une ligne de paysage (60 km de largeur pour SPOT_5). Le passage d'une ligne à l'autre résulte l'avancement de plate-forme de longe de sa trajectoire, qui comprend notamment un télescope et des captures optoélectroniques capables de transformer l'énergie des photons reçus un signal électrique (les systèmes précurseurs utilisaient des pellicules photographiques spécifiques sensibles en particulier au proche infrarouge).

II.2 Nature et caractéristique de l'image:

II.2.1 Définition de l'image :

Selon le mode de stockage, on distingue les images analogiques et les images numériques. L'image numérique est une fonction $F(X, Y)$ à deux variables X et Y qui sont respectivement la ligne et la colonne, fournissant une ou plusieurs valeurs entières représentant les niveaux de gris du pixel dans les différents canaux. Chaque valeur radiométrique est codée sur **N bits** ($N \text{ bits} = 8$ pour la plupart des systèmes de télédétection) et il lui correspond (2^N puissance N) niveaux de gris.

Chaque image peut occuper un espace mémoire égal à $X \times Y \times N \text{ bits}$ pour une seule bande spectrale. L'image numérique est une matrice dont chaque élément nous renseigne sur la luminance d'une portion élémentaire de l'objet au sol.

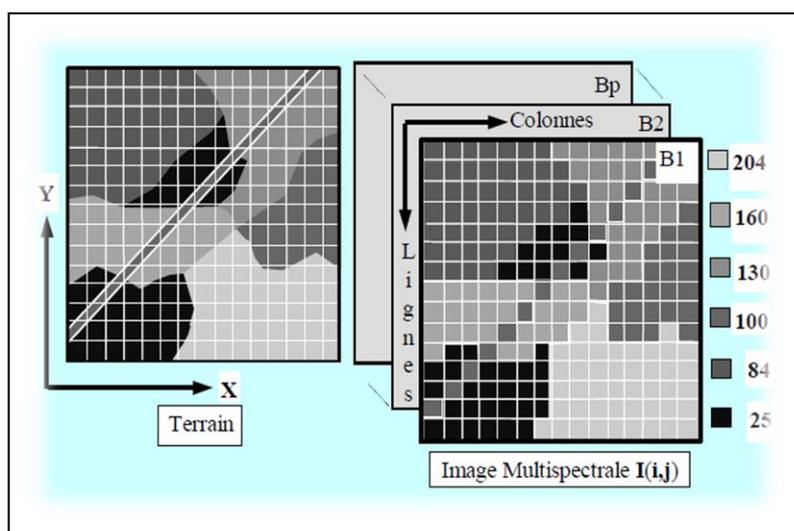
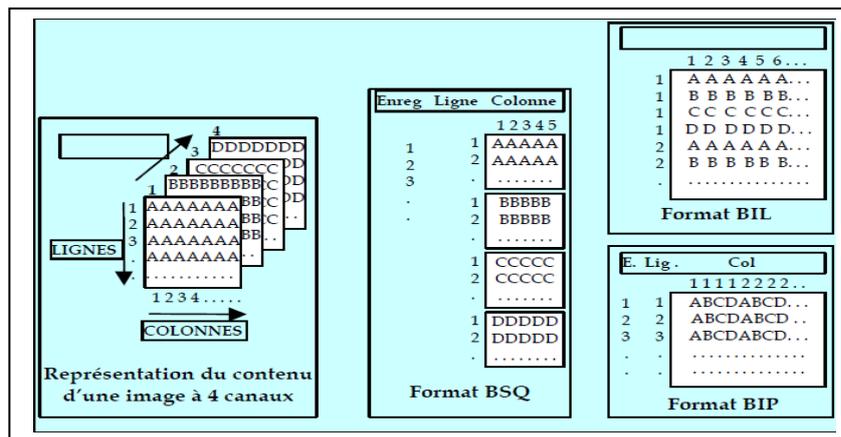


Figure II.5: Représentation d'une surface sol en images multispectrales

Formats D'images :

Les formats standard de bandes magnétiques que l'on peut trouver en télédétection sont:

- * **BSQ**: Band Sequential,
- * **BIL**: Band Interleaved by Line,
- * **BIP**: Band Interleaved by Pixel,
- * Exemples de formats : BSQ, BIL et BIP



II.2.2 Traitement des données :

Le traitement d'image recouvre l'ensemble des techniques consistant à modifier une image dont le but est de faciliter son interprétation où d'extraire des informations à partir de données, c'est à dire extraire des caractéristiques pertinentes par rapport à une problématique choisie, par exemple : l'occupation du sol. Le traitement numérique d'une image comprend trois grandes étapes; prétraitement, rehaussement (amélioration) d'image et classification.

II.2.3 Caractéristiques des capteurs Landsat, Spot, Alsat1, Alsat2:

LANDSAT et SPOT :

Sont deux satellites à défilement. Les satellites à défilement ne demeurent pas au dessus du même point de la terre, mais se déplacent à une vitesse d'environ 7 Km/seconde par rapport à la surface terrestre qui défile au-dessous d'eux. Ils sont lancés en général de façon à avoir une orbite circulaire et à une altitude d'environ 850 Km.

ALSATI :

Le satellite algérien a été lancé en Novembre 2003, Il a été conçu essentiellement pour le suivi des catastrophes naturelles, par ailleurs, des applications dans les domaines de l'agriculture, des forêts, de la géologie, etc. ont été développées en utilisant ce type de données. Ces images offrent donc une vue synoptique du territoire d'étude. Aussi, elles

présentent une résolution spatiale qui est de l'ordre de 32 mètres, Le satellite Alsat1 est équipé d'un capteur Multi spectral qui enregistre dans trois bandes spectrales (cf. Tableau1).

ALSAT 2 :

Le 12 juillet 2010, le satellite algérien d'observation de la Terre Alsat-2A a été lancé avec succès depuis le site de Sriharikota à Chennai (Sud -Est de l'Inde), à 04 h 53' heure algérienne. Depuis sa mise en orbite, Alsat-2A a fourni près de 30.000 produits images. Alsat-2A est le deuxième satellite d'observation de la terre du programme spatial national (PSN) mis en orbite après Alsat-1 le 28 novembre 2002. C'est un satellite d'observation de la terre à haute résolution, avec une résolution spatiale de 2.5 m en mode panchromatique, et de 10 m en mode multispectral couvert par les 04 bandes spectrales suivantes : le bleu, le vert, le rouge et le proche infrarouge.

Alsat-2A acquiert des images à haute résolution avec une répétitivité de 03 jours et un champ d'observation de 20 Km.

Tableau II.1 : Caractéristiques des données images.

Satellites & Capteurs	Canaux	Résolution Spatiale	Cycle orbital	Champ total d'observation au sol
LANDSAT 4 & 5 MSS	MSS 4: 0.5-0.6 MSS 5: 0.6-0.7	79 m x 57 m	18 jours	(185 x 172) km ²
	MSS 6: 0.7-0.8 MSS 7: 0.8-1.1			
LANDSAT 4 & 5 TM	TM 1: 0.45-0.52 TM 2: 0.52-0.60 TM 3: 0.63-0.69 TM 4: 0.76-0.90	30 m	16 jours	
	TM 5: 1.55-1.75 TM 7: 2.08-2.35 TM 6: 10.42-12.50 (IR thermique)	120 m		
LANDSAT 7 ETM+	ETM+ 1: 0.45-0.52 ETM+ 2: 0.52-0.60 ETM+ 3: 0.63-0.69 ETM+ 4: 0.76-0.90 ETM+ 5: 1.55-1.75	30 m 30 m 30 m 30 m 30 m	16 jours	(185 x 185) km ²
	ETM+ 7: 2.08-2.35	30 m		

	ETM+ 6:10.40-12.50 (IR thermique) PAN: 0.52-0.90	60 m 15 m		
SPOT 1, 2, 3	XS 1: 0.50-0.59 XS 2: 0.61-0.68 XS 3: 0.79-0.89 PAN: 0.51-0.73	20 m 20 m 20 m 10 m	26 jours	(60 x 60) km ² à (80 x 80) km ²
SPOT 4	XS 1: 0.50-0.59 XS 2: 0.61-0.68 XS 3: 0.79-0.89 PAN: 1.58-1.75	20 m 20 m 20 m 10 m	26 jours	(60 x 60) km ² à (80 x 80) km ²
	Végétation	1 km	26 jours	(2000 x 2000) km ²
ALSAT 1	V 0,523 – 0,605 μm R 0,629 – 0,690 μm PIR 0,774 – 0,900 μm	32m	5 jours	(500 Km X 600) km ²
ALSAT 2	B : 0,45 – 0,52 μm V : 0,53 – 0,59 μm R : 0,62 – 0,69 μm PIR: 0,76 – 0,89 μm PAN : 0,45 – 0,745 μm	2.5 m pour le mode (PAN) • 10 m pour le mode (MS)	03 jours	17,5 km x 17,5 km (306,25 Km ²)

II.3 Traitements effectués sur les images :

Les traitements en télédétection ont pour objectif la mise en forme des données satellites par les capteurs, afin de permettre l'interprétation et la traduction de ces données, en informations adaptées aux besoins des utilisateurs. En distingue les traitements analogiques et les traitements numériques :

Pour les premières, on travaille avec une traduction sur film des données numériques brutes, en distinguant les traitements photo chimiques classiques très utilisés du traitement optique et électro-optique en optique de fourrière, Moins utilisés pour des raisons techniques,

le traitement numérique utilisés largement les possibilités actuelles de l'informatique et les nuances faites dans leur fonction

Sont dues principalement au choix de l'algorithme de traitement et du volume des données. Dans certains cas particulière et pour répondre à des besoins spécifiques, on effectuera sur les données brutes des prétraitements composés de corrections géométriques et radiométriques, de façon à compenser les imperfection technologiques du capteurs ou les perturbations atmosphériques.

II.3.1 Correction géométrique:

Elles sont destinées à corriger l'image des formations systématiques dues à la prise de vue (ellipsoïdes terrestre, défilement du satellite, variation du sol ...).

Elles sont faites soit à partir des paramètres d'orbite et d'altitudes enregistrées durant le vol, soit à l'aide de la loi de déformation; pour rendre l'image conforme à un type de projection cartographique connu.

II.3.2 Correction radiométrique:

Elles ont pour but de réduire l'effet bruit et de modeler l'image, ces corrections réduisent les déformations dues :

- Au capteur dont les anomalies de fonctionnement ont un effet sur les mesures de réflectance des objets.
- Au mode de transmission des données.
- A l'atmosphère, qui par diffusion, absorption, et émission trouble les valeurs radiométriques des données.
- -A l'angle de visée et l'angle solaire ; la réflectance d'un objet varie en fonction de l'angle solaire et de l'angle de visée.

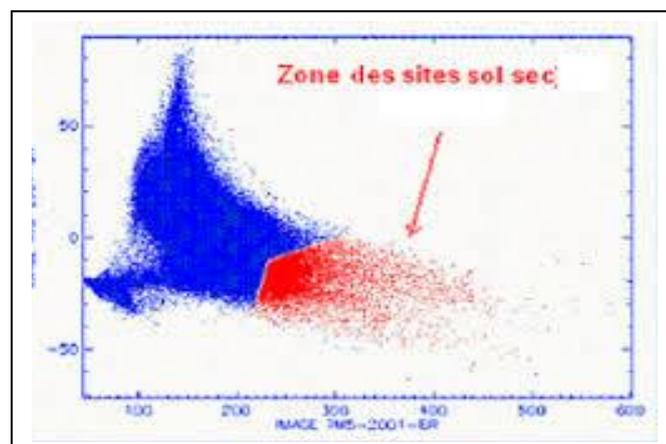


Figure II.6: Processus correction radiométrique

II.3.3 Correction atmosphérique :

Lors de l'étape de corrections atmosphériques, nous sommes confrontés à deux principaux problèmes : en premier lieu, corriger la diffusion moléculaire, celle-ci peut être parfaitement calculée à partir des conditions d'observation et la pression atmosphérique. La difficulté est de l'estimer avec une précision suffisante car elle représente la partie dominante du signal. Ensuite, la seconde difficulté concerne l'estimation de la contribution des aérosols.

Cette étape est difficile car sans mesures in-situ, le type et l'abondance des aérosols sont inconnus. Les méthodes traditionnelles pour l'océan ouvert font l'hypothèse du pixel noir ou black pixel, mesuré dans les longueurs d'ondes dans le PIR ou SWIR. Cette méthode est basée sur le principe que L_w est proche de 0 dans le PIR, pour des eaux du cas 1. Donc une fois la diffusion moléculaire corrigée, le signal restant provient de la composante aérosol. Les résultats obtenus sont alors extrapolés vers le domaine du visible en utilisant des modèles aérosols.

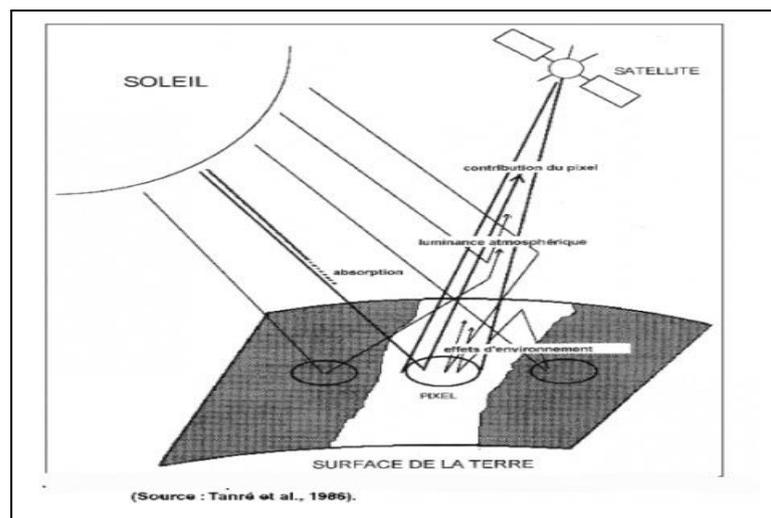


Figure II.7: Correction atmosphérique.(Tanré et al,1986)

II.3.4 Rehaussement des images:

On applique le rehaussement des images afin de faciliter l'interprétation visuelle et la compréhension des images.

Les images numériques ont l'avantage de nous permettre de manipuler assez facilement les valeurs enregistrées pour chaque pixel. Même s'il est possible d'effectuer les corrections radiométriques pour les effets de l'illumination solaire, les conditions atmosphériques et les caractéristiques des instruments utilisés avant de distribuer les images aux usagers, il peut s'avérer que l'image ne soit pas à son meilleur pour l'interprétation visuelle. Les systèmes de télédétection, et spécialement ceux qui utilisent une plate-forme spatiale, doivent être conçus

de façon à pouvoir traiter les différents niveaux d'énergie propres aux cibles et à leur environnement, susceptibles d'être rencontrés dans une utilisation normale. Cette variation importante dans la réponse spectrale des différents types de cibles (ex. : forêt, désert, neige, eau, etc.) rend impossible l'application d'une correction radiométrique générale capable d'optimiser le contraste et les niveaux d'intensité dans chacune des conditions. Il faut donc faire un ajustement différent des tons en fonction de l'utilisation et de l'état de chacune des images.

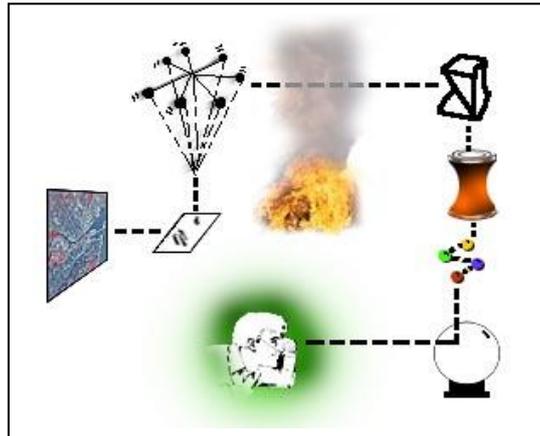


Figure II.8: Rehaussement des images

II.3.5 Les Composition colorées:

Les compositions colorées constituent certainement la forme de visualisation des images satellitaires la plus connue et l'une des plus spectaculaires. Conçues selon le principe même de la synthèse des couleurs, elles combinent plusieurs images en un seul document coloré, rassemblant de ce fait une grande quantité d'informations. Elles laissent cependant à l'observateur le soin d'interpréter visuellement les variations de couleurs, et constituent ainsi, pour l'analyse, un support analogique privilégié, au même titre qu'une photographie en couleurs, et selon une forme très semblable.

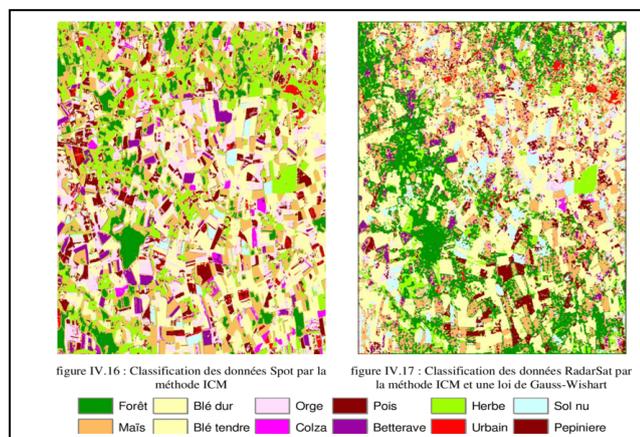


Figure II.9: Les compositions colorées

Les premières compositions colorées réalisées en télédétection étaient conçues au départ de films et de manière analogique.

Les photographies prises depuis Skylab et celles prises par les capteurs analogiques des premiers Landsat ont été largement diffusées sous forme de compositions colorées, avant que n'apparaissent les premières compositions numériques (Sabins, 1987).

Seules ces dernières font l'objet du présent chapitre. Dans un premier temps, l'analogie avec la photographie a été exploitée pour réaliser quantité de produits à destination du grand public : revues de vulgarisation scientifique et de voyage, affiches, calendriers, etc. À ce stade, les images en composition colorée sont rarement présentées comme des spatio-cartes. C'est surtout l'aspect esthétique qui est recherché, tant dans le cadre géographique que dans l'usage des couleurs. Cependant, ceci n'enlève rien à la rigueur méthodologique, ni au soin apporté dans leur réalisation.

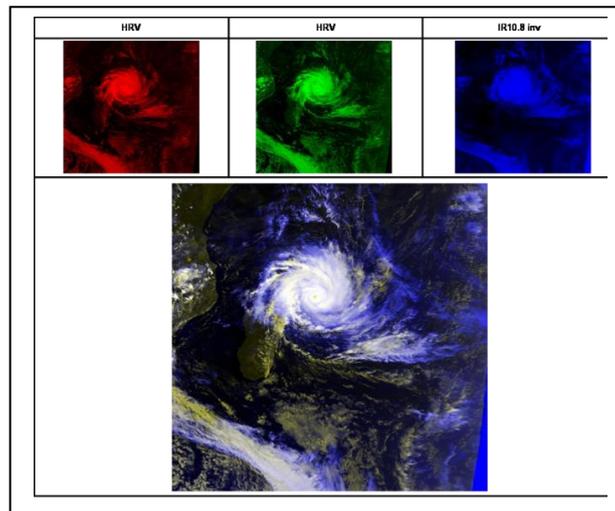


Figure II.10: Composition colorées à partir d'images MSG

II.3.6 Classification :

La classification des images de télédétection comprend la reconnaissance automatique de la réflectivité. L'algorithme utilisé pour classer les images regroupera les pixels en fonction de leur similitude. Par conséquent, différents thèmes de l'image (végétation, eau, bâtiments, etc.) peuvent être automatiquement reconnus. La classification peut être effectuée sur un grand nombre de canaux et la vitesse de traitement diminue avec la quantité d'informations à traiter. Il existe de nombreuses méthodes de classification: noyau dynamique, structure hiérarchique ascendante, segmentation par hypercube, possibilité maximale ... sans oublier les dernières technologies d'intelligence artificielle comme les réseaux de neurones.

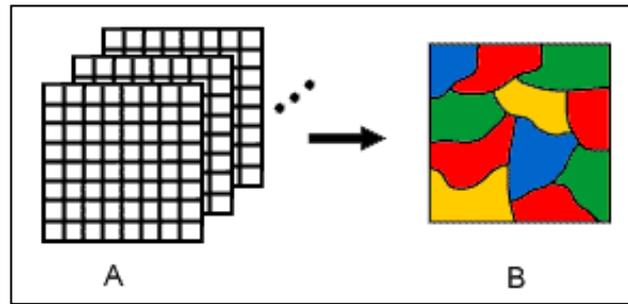


Figure II.11: Classification et analyse des images (CCRS/CCT)

Les classifications sont divisées en deux catégories :

- Les classifications non supervisées: c'est à dire complètement automatisées.
- Les classifications supervisées: ou l'utilisateur défini un certain nombre de paramètres d'ordre spatiaux ou thématiques en entrée. Dans le cas des classifications non supervisées, l'utilisateur ne rentre qu'une quantité limitée de paramètres, l'ordinateur fait le reste.

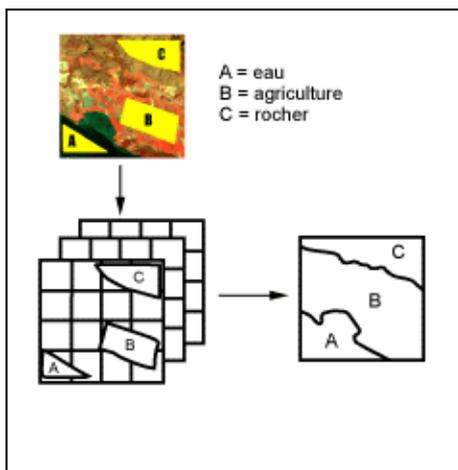


Figure II.12: Classification supervisée

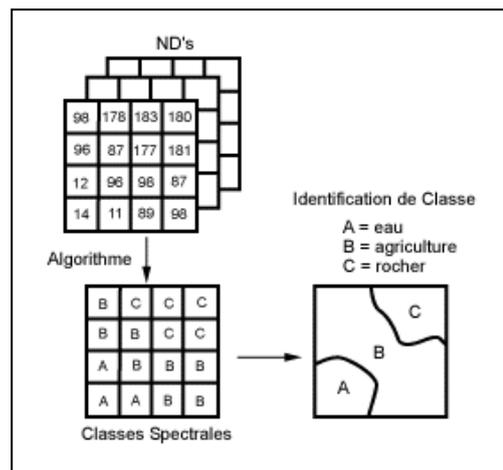


Figure II.13: Classification non supervisée

II.4 Applications de la télédétection dans l'hydrologie :

La télédétection environnementale satellitaire joue un rôle essentiel dans l'observation des composantes hydrologiques clés telles que la précipitation, l'humidité du sol, l'évapotranspiration et le stockage total de l'eau à l'échelle mondiale. Étant donné que la sécurité de l'eau est l'un des problèmes les plus critiques au monde, les techniques de télédétection par satellite revêtent donc une importance particulière pour les régions émergentes qui ne disposent pas d'observations de jauge in situ.

II.5 Le Modèle numérique de terrain :

Le MNT (modèle numérique de terrain) est une représentation numérique et mathématique de l'altitude d'un point quelconque de la surface terrestre d'une zone géographique, dans un système référentiel bien défini. Même si le MNT représenté sous forme de triangles irréguliers présente certains avantages (Peucker et al.1978), dans la grande majorité des cas, le MNT est représenté comme un ensemble de mailles régulières, caractérisées chacune par une valeur d'altitude, dans le but d'en faciliter la manipulation et le stockage en mémoire de l'ordinateur pendant les calculs. Le MNT reste l'une des plus importantes sources de données utilisées pour l'extraction de nombreux paramètres utilisés tels que la pente, la direction d'écoulement de l'eau, l'indice topographique, etc.

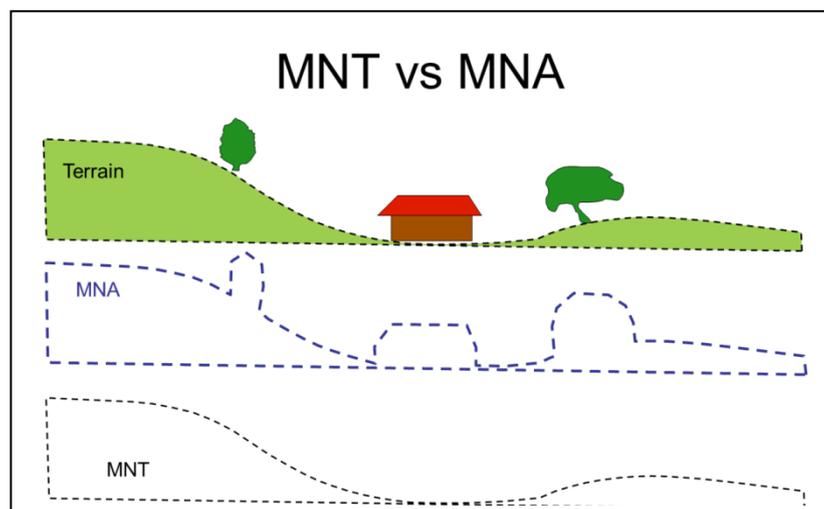


Figure II.14 : Modèle MNT de terrain.

II.6 Elaboration d'un MNT hydrologiquement consistant:

Les rasters de pente (inclinaison et orientation) sont des données permettant de prendre en compte la difficulté de franchissement du terrain causée par le relief. Ils pourront ainsi être intégrés dans des analyses d'itinéraire à moindre coût afin de trouver des trajectoires nécessitant le moins d'effort entre deux lieux, possiblement empruntées par les voyageurs. Le raster d'ombrage est généré uniquement pour son intérêt visuel de la représentation du relief. Création des rasters d'inclinaison et d'orientation de pente (Figure II.16).

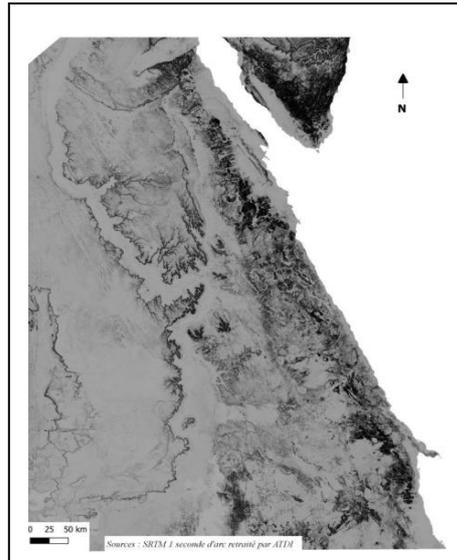


Figure II.15: Raster de l'inclinaison de la pente

Parmi les différentes méthodes d'analyse de la pente des logiciels SIG, celle-ci présente une meilleure correspondance avec les données de terrain (**Rodríguez & Suárez, 2010**).

Création d'un raster d'ombrage pour la visualisation du relief (SAGA GIS 2.3.2 « Analytical Hillshading » (**Figure II.17**).

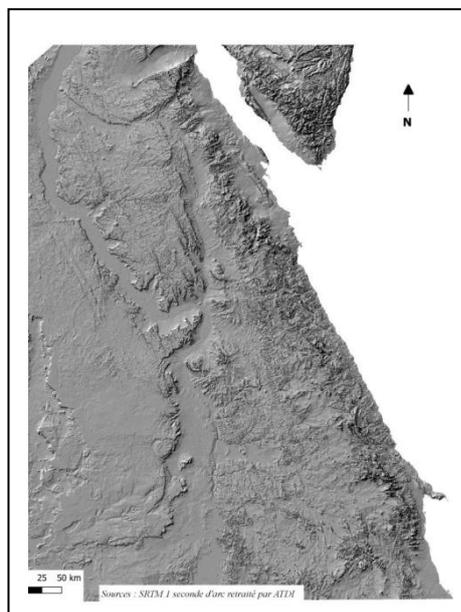


Figure II.16: Raster d'ombrage

CHAPITRE III
SYSTEME D'INFORMATION
GEOGRAPHIQUE

Introduction:

L'évolution de l'information géographique a conduit dans de nombreuses applications à l'utilisation croissante des systèmes d'information géographique (SIG). Ces systèmes d'information correspondent à des outils d'aides à la décision permettant l'acquisition, l'archivage, l'analyse, et l'affichage des données, par abstraction afin de modéliser le monde réel. Ils sont notamment utilisés pour la cartographie des risques naturels, tels que les risques d'inondations (KETTAL 1996).

III.1 Définition :

Un SIG est un ensemble de principes, de méthodes, d'instruments et de données a référence spatiale utilisé pour saisir, conserver, transformer, analyser, modéliser, simuler, et cartographier les phénomènes et les processus distribué dans l'espace géographique. Les données sont analysées afin de produire l'information nécessaire pour aider les décideurs. (livre de **M. THERIAULT** Système d'information géographique).

A l'heure actuelle il y'a plusieurs concepts d'information géographique dans l'espace francophone en proposant ses propres appellations, relativement équivalentes pour des raisons techniques ou commerciales:

- ✓ Système d'Information Environnementales (SIERS).
- ✓ Système d'Information à Référence Spatiale (SIRS).
- ✓ Système d'Information d'Aide à la décision (SADS).
- ✓ Système de géomanagement.
- ✓ Système d'Information sur le Territoire (SIT).

Les systèmes d'information géographiques permettent de:

- Disposer les objets dans un système géoréférencé.
- Convertir les objets graphiques d'un système à un autre.
- Facilite la superposition de cartes de sources différentes.
- Extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route.
- Fusionner des objets ayant une caractéristique commune (exp: toutes les maisons raccordées à un réseau d'eau potable).
- Déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis.
- Définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief,...).

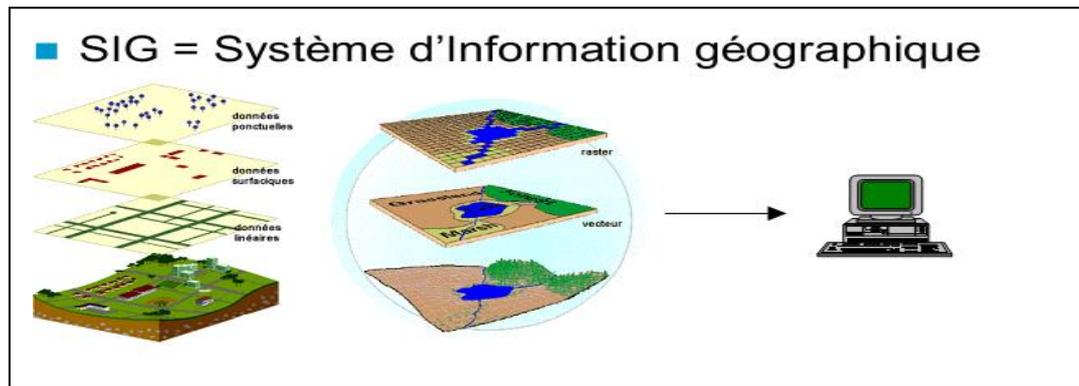


Figure III.1: Représentation d'un système d'information géographique
(S.Théry.IST,novembre 2005)

III.2. Types de données spatiales :

On distingue essentiellement deux types de données spatiales

- Les données vectorielles.
- Les données images (ou raster).

III.2.1. Données vecteurs :

- Les données vecteur sont un ensemble d'objets géographiques représentés chacun par des primitives graphiques : **le point et l'arc**, Les arcs se connectent à leur extrémité ou nœud pour former des lignes et des polygones.

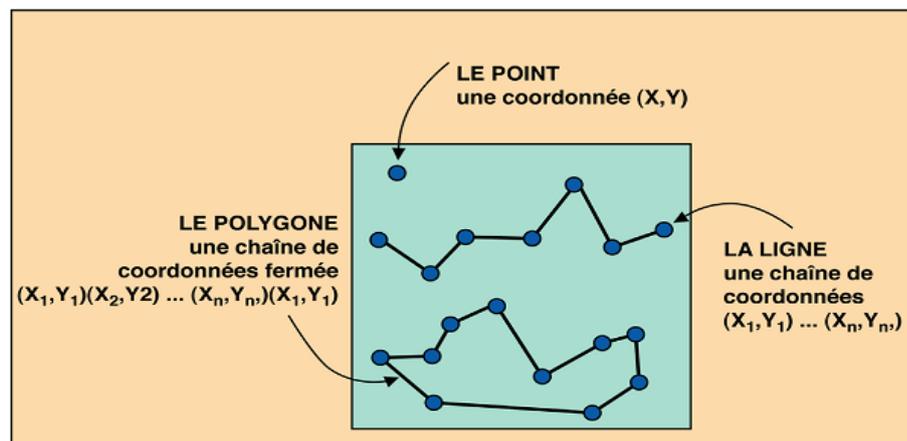


Figure III.2: Représentation des données vecteurs
(S.Théry.IST, Novembre 2005)

- Un parcellaire ou tout autre zonage thématique est constitué de polygones : ce sont des données surfaciques.
- Des réseaux techniques, des cours d'eau ou des voies sont représentés par des lignes : ce sont des données linéaires ou filaires.

- Des puits, des points de sondage, des sièges d'exploitation sont représentés par des points : ce sont des données ponctuelles.

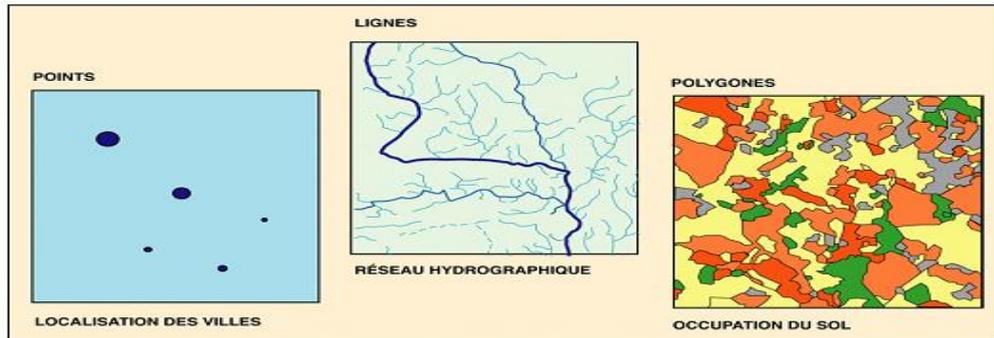


Figure III.3: Représentation des données vecteurs (S.Théry.IST,novembre 2005)

1. Les données attributaires :

Elles définissent les propriétés des différentes entités et figurent dans le modèle conceptuel de données. Elles sont de type alphanumérique (ce sont soit du texte, soit des chiffres). Elles peuvent être qualitatives (nom de la parcelle) ou quantitatives (rendement d'une parcelle agricole).

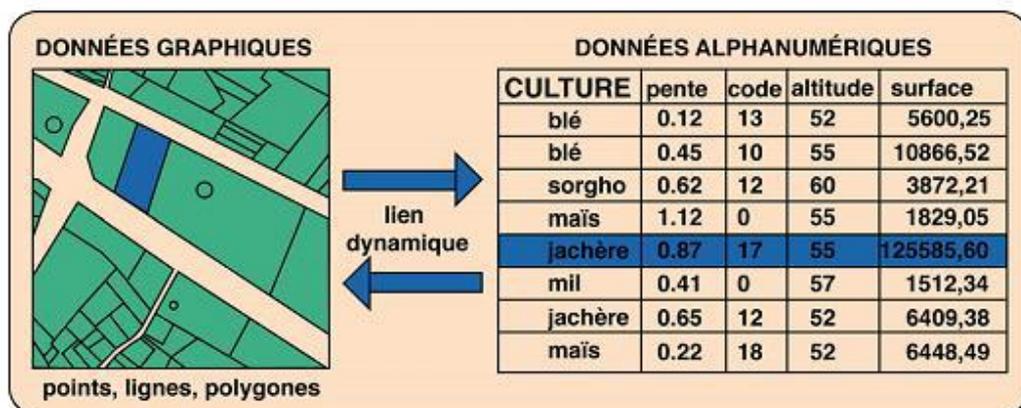


Figure III.4: Exemple des données attributaires

(S.Théry.IST, Novembre 2005)

2. Lien dynamique données attributaires et graphiques:

Il peut se traduire de deux manières:

- A chaque fois que l'on pointe GRAPHIQUEMENT sur l'objet d'une couche (un campement, une parcelle...) on connaît les propriétés de l'objet pointé.
- A chaque fois que l'on pointe dans une table attributaire sur un objet, on sait immédiatement où se situe cet objet sur les plans graphiques.

III.2.2 Données Raster :

Ce sont les données que l'on obtient à partir d'images satellitaires, de photographies aériennes numériques ou de modèles Numériques de terrain. Une image raster est une matrice ou grille à deux Dimensions où le pas de la maille (ou pixel) représente la résolution spatiale. Elle correspond à la taille des plus petits objets que l'on peut identifier. (Ex : 10m pour les images Spot panchromatique).

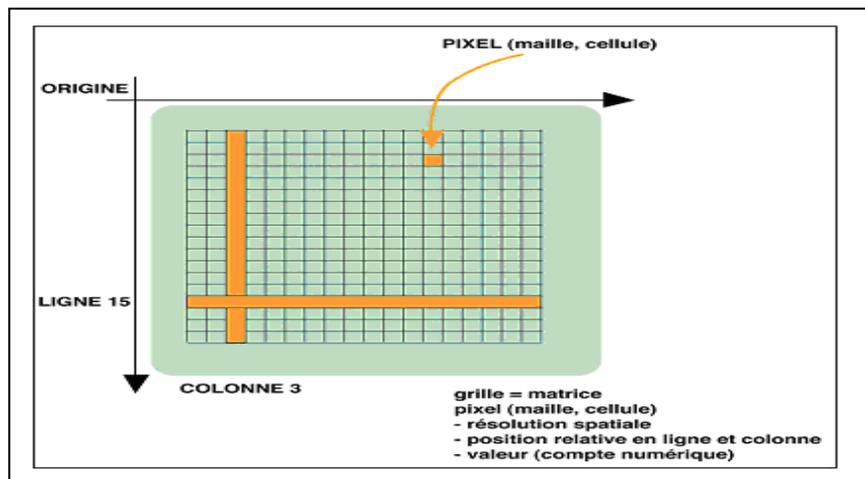


Figure III.5 : Représentation des données raster (S. Théry. IST, novembre 2005)

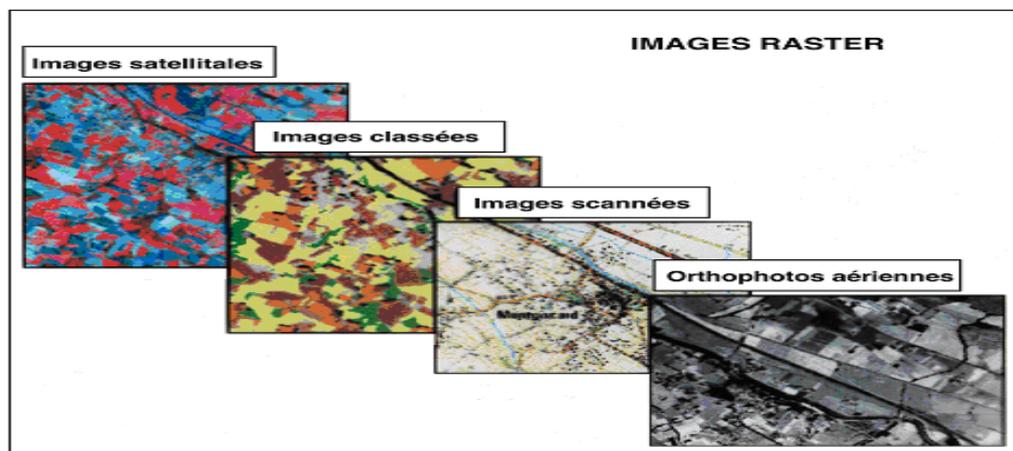


Figure III.6 : Représentation des images raster (S. Théry. IST, novembre 2005)

On peut distinguer deux types de données raster :

- ❖ Les Image (utilisées essentiellement pour de la représentation cartographique).
- ❖ Les Grille (utilisé pour du calcul et de la modélisation).

1. Les Image :

Exemple : Photo aérienne, scan 25.

L'information contenue dans la matrice De pixel concerne la couleur de représentation de l'information. Cette information n'est pas directement accessible.

2. Les grilles (ou grids) :

Exemple : Modèle numérique de terrain

Les informations contenues dans la matrice de pixels concernent une valeur quantitative (telle que l'altitude), qui peut être visualisée et modifiée dans la table attributaire.

III.3 Notions de base de données :

III.3.1 Base de données géographique :

Dans le SIG, les données matricielles ou vectorielles sont organisées dans une base de données définie par son domaine de recherche associé. Par conséquent, la base de données contient des divisions thématiques de la zone d'étude, ce qui donne un ensemble de couches superposables.

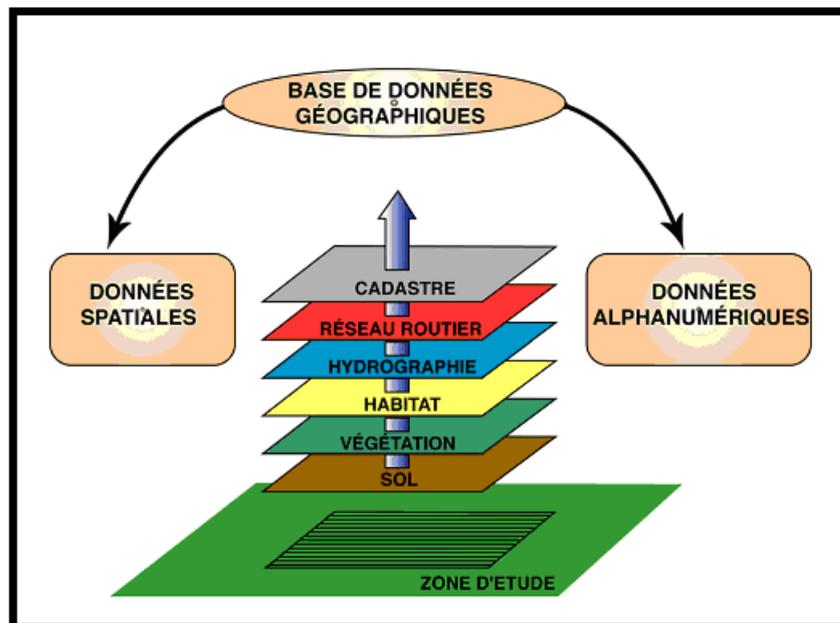


Figure III.7: Schéma représente la base de donnée des SIG

(S.Théry.IST, Novembre 2005)

Les données concernant la zone d'études sa problématique doivent être structurée pour être compréhensibles par des logiciels de type SIG. La constitution d'une BD géographique passe donc par.

III.3.2 les fonctions d'un SIG (les 5A):

Abstraction, collecte, archivage, analyse et affichage des données spatiales

1) *Abstraction* :

Les systèmes d'information géographique sont utilisés pour réaliser des descriptions du territoire permettant d'obtenir l'information nécessaire pour répondre à une problématique. Ils contiennent cette information sous plusieurs formes dont certaines sont des représentations d'éléments ou de phénomènes existants. Ces représentations cherchent à reproduire le plus

fidèlement Possible la réalité d'une manière compréhensible par les utilisateurs et utilisable informatiquement dans le but de répondre à des objectifs donnés. (BOUZAHAR F .2006)

Le monde réel est ainsi modélisé en fonction des besoins, ce qui permet de définir précisément le contenu du système.

Le mode de représentation du terrain n'est pas neutre

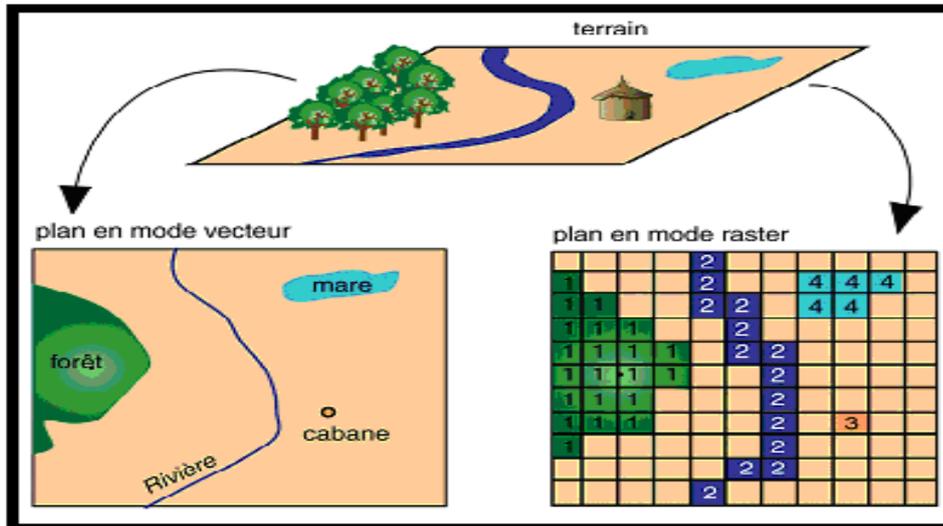


Figure III.8: Représentation du terrain n'est pas neutre (S.Théry.IST,novembre 2005)

La représentation du terrain est déterminée par les objectifs du système

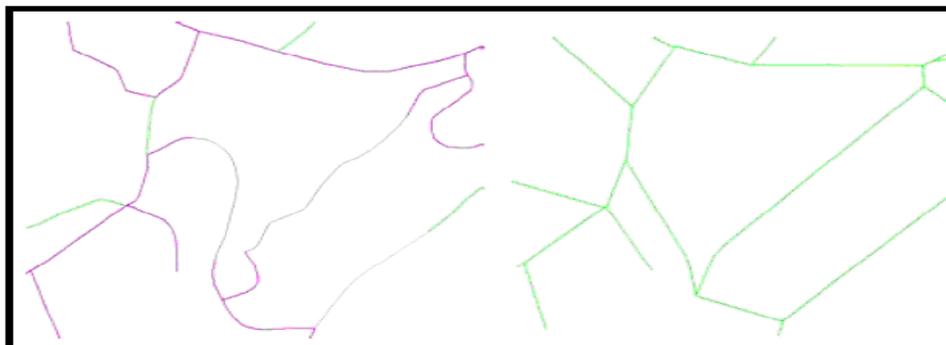


Figure III.9: Représentation du terrain déterminée par les objectifs du système (S.Théry.IST,novembre 2005)

2) Acquisition:

2.1 Données Raster:

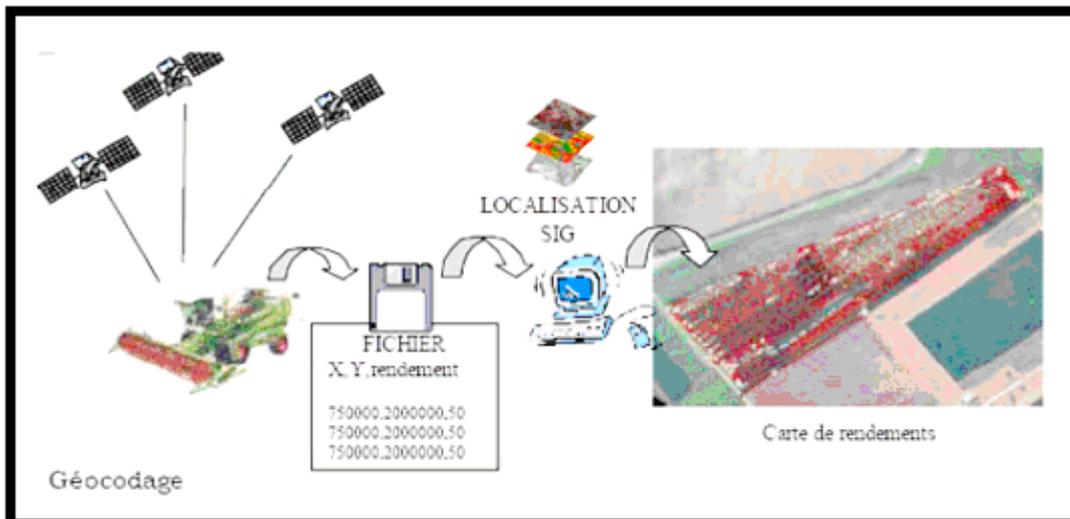


Figure III.10: Représentation de l'Acquisition a partir des données raster
(S.Théry.IST, Novembre 2005)

2.2 Données Vecteur : Numérisation sur écran, numérisation sur document papier

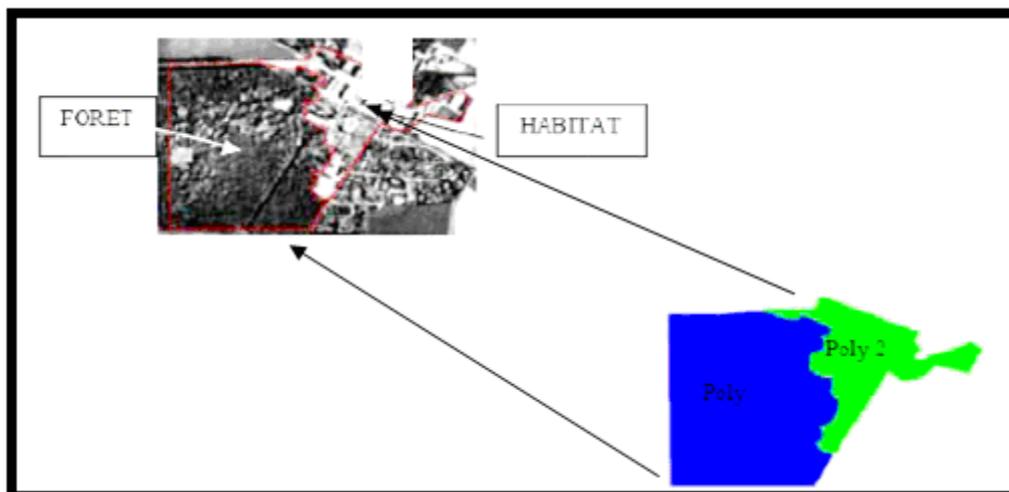


Figure III.11: Représentation de la numérisation sur écran
(S.Théry.IST, Novembre 2005)

3) Archivage:

Le SIG est utilisé pour stocker des données et les fournir aux utilisateurs du système:

3.1 Objectifs :

- ✓ Centraliser les données de manière normée.
- ✓ Relier ces données les unes aux autres.
- ✓ Permettre leur diffusion.

3.2 Intérêts :

- ✓ assurer la cohérence et l'intégrité des données.
- ✓ partager les bases
- ✓ simplifier leur mise à jour.

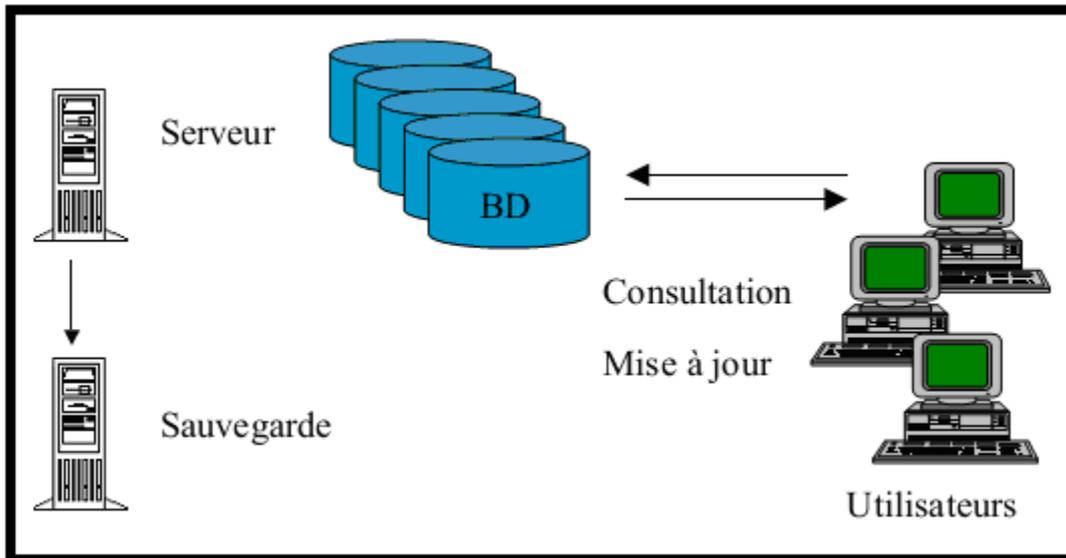


Figure III.12 : Représentation de l'étape archivage
(S.Théry.IST, Novembre 2005)

4) Analyse :

4.1 Croisement de couche vecteur par analyse spatiale:

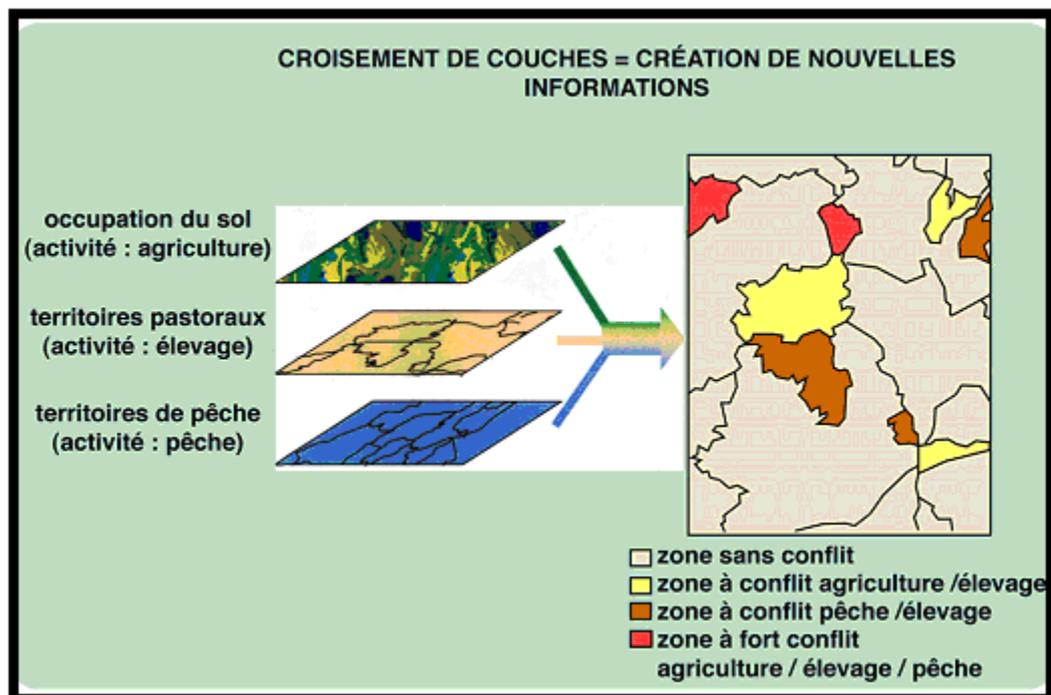


Figure III.13: Représentation Croisement de couche vecteur par analyse spatiale
(S.Théry.IST, Novembre 2005)

4.2 Géo traitements sur des vecteurs:

On distingue essentiellement

- L'agrégation.
- Le regroupement.
- Le découpage.
- L'intersection.
- L'union.
- La jointure spatial.

a) L'agrégation (*Dissolve*):

Permet d'assembler des entités d'un thème, si la valeur du champ servant à l'agrégation est la même pour les entités. Le nouveau thème ainsi créé possédera les attributs du premier thème.



Figure III.14: Représentation de la commande agrégation

(S.Théry.IST, Novembre 2005)

b) Le regroupement (*Merge*):

Permet de combiner les entités de 2 ou plusieurs thèmes. Les thèmes doivent être de même type de fichier de forme. (Combine 2 thèmes de polygones)

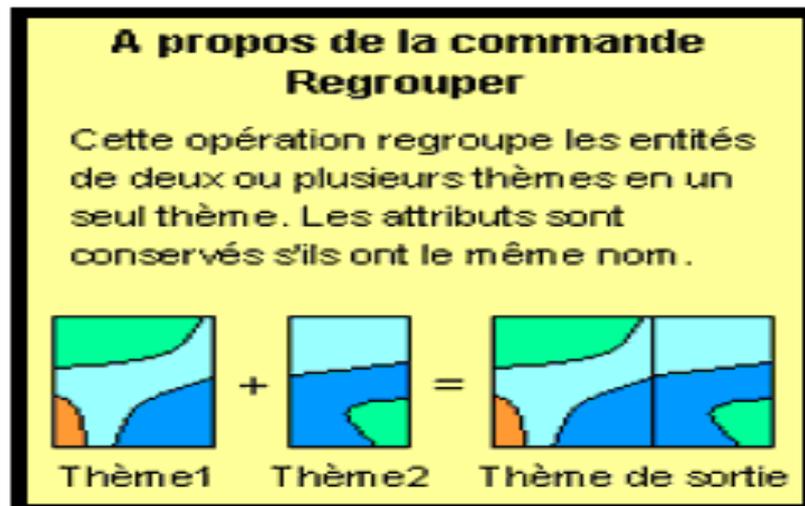


Figure III.15: Représentation de La commande regroupement
(S.Théry.IST, Novembre 2005)

c) Le découpage (Clip):

Permet de recadrer une partie du thème d'éléments ponctuels, linéaires ou surfaciques en fonction de l'expansion spatiale du thème du polygone.



Figure III.16: Représentation du découpage
(S.Théry.IST, Novembre 2005)

d) L'intersection (Intersect):

Permet de créer un thème qui intègre les objets des 2 thèmes, en ne laissant que les objets inclus dans l'extension spatiale qui sont les mêmes que les 2 thèmes. Les attributs des objets du thème créé seront ceux des 2 thèmes intersectés.

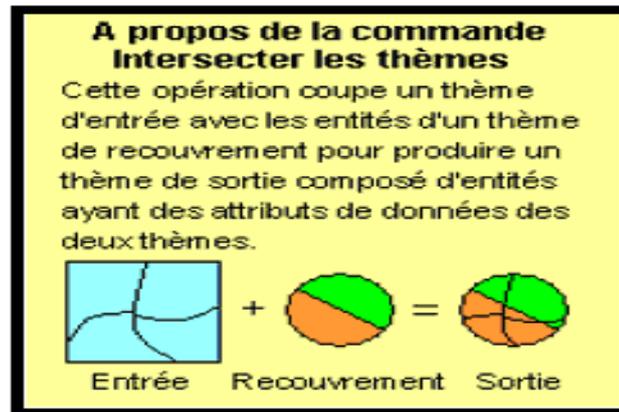


Figure III.17: Représentation de La commande intersection

(S.Théry.IST, Novembre 2005)

e) L'union (Union):

Permet de créer un nouveau thème contenant les entités de 2 thèmes de polygones ainsi que leurs attributs.

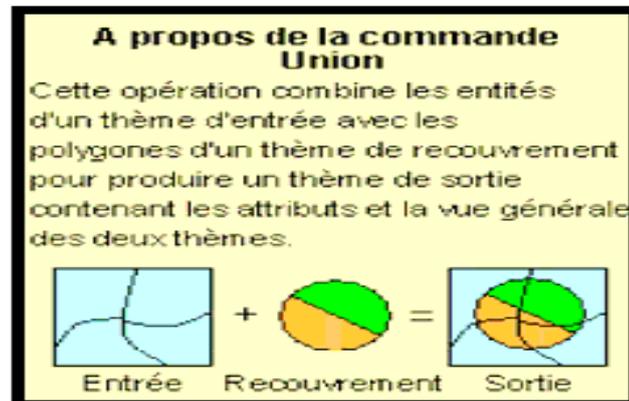


Figure III.18: Représentation de La commande union

(S.Théry.IST, Novembre 2005)

f) La jointure spatiale (Assign data by location):

Permet d'attribuer les données d'un thème à la table d'un autre thème, lorsque les entités partagent la même extension spatiale.

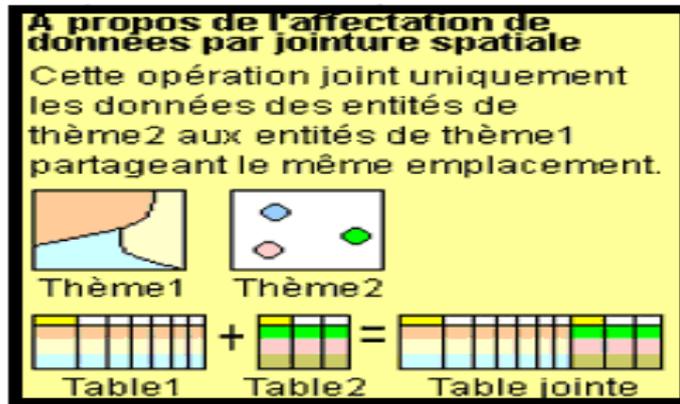


Figure III.19: Représentation de la commande agrégation
 (S.Théry.IST, Novembre 2005)

4.3 Croisement de couche raster par analyse spatiale :

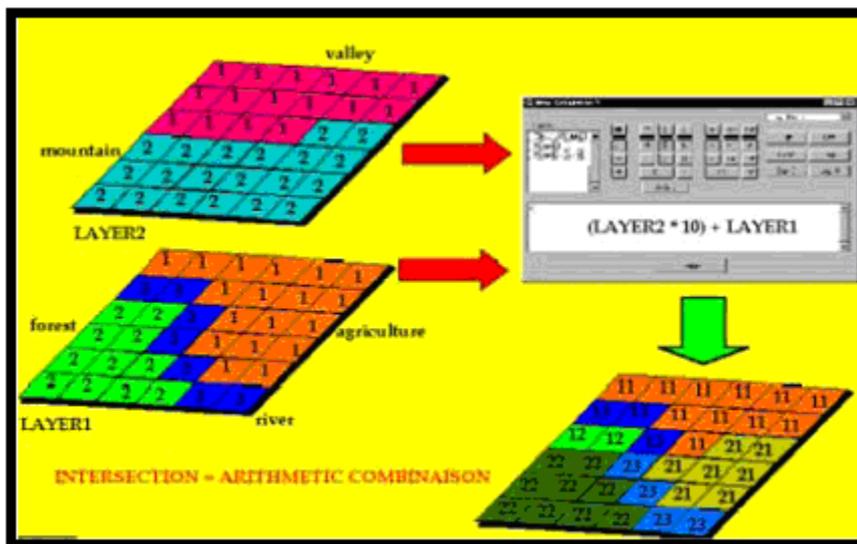


Figure III.20: Croisement de couche raster par analyse spatiale
 (S.Théry.IST,novembre2005)

4.4 Création d'information en dérivant des couches raster :

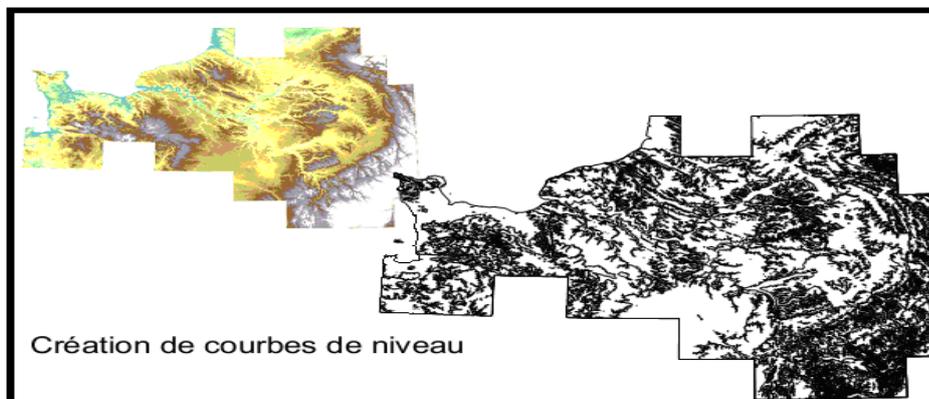


Figure III.21: Création d'information en dérivant des couches raster
 (S.Théry.IST, Novembre 2005)

4.5 Création d'information en dérivant des couches raster:

Création de grilles d'accumulation et de direction pour obtenir une couverture de bassin versant et de drainage.

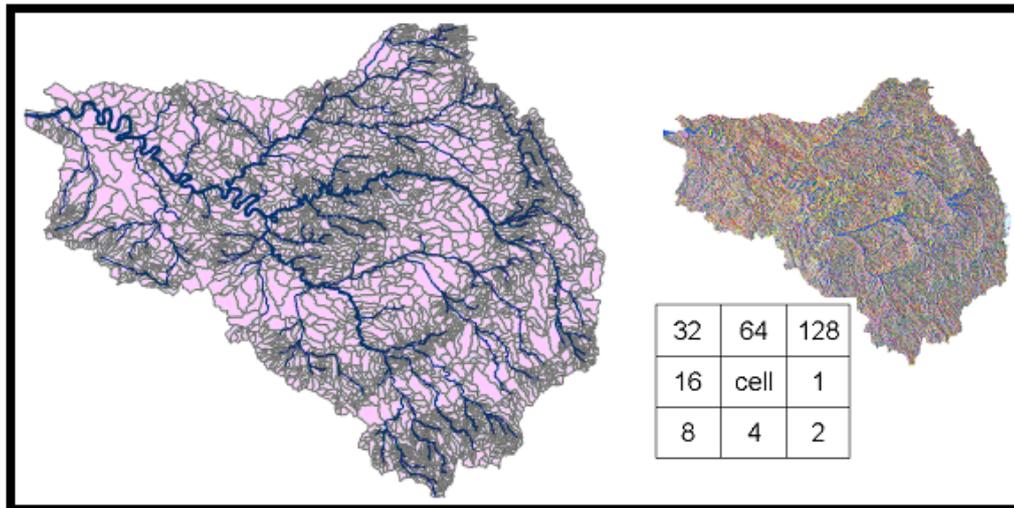


Figure III.22: Création d'information en dérivant des couches raster

(S.Théry.IST, Novembre 2005)

4.6 Analyse sur linéaire vecteur Ordination de Strahler:

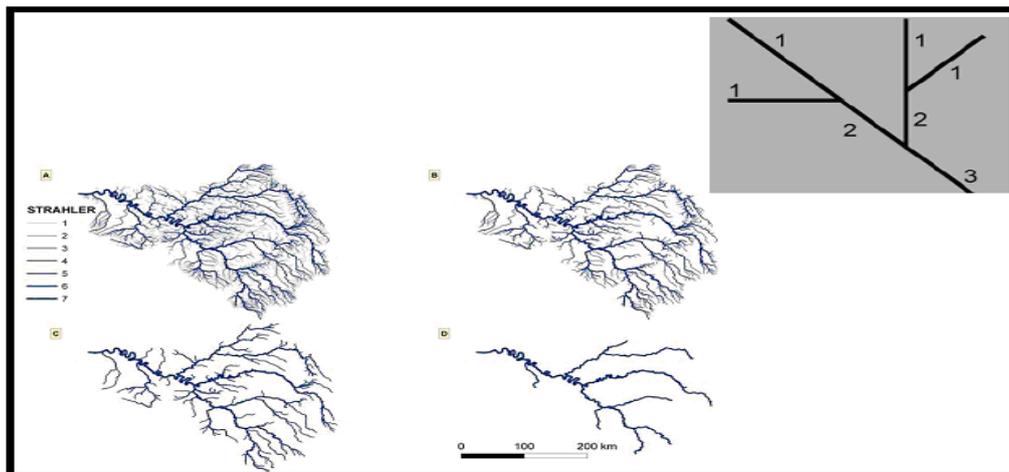


Figure III.23: Analyse sur linéaire vecteur Ordination de Strahler

(S.Théry.IST, Novembre 2005)

5) Affichage et restitution :

Après traitement des données Les systèmes d'information géographique sont utilisées pour restituer les données sous différentes formes :

- Carte.
- Graphiques.
- Tables statistiques.

- Ou tout autre fichier informatique exportable vers d'autres applications.

5.1 Affichage et restitution exemples

a. Carte de localisation :

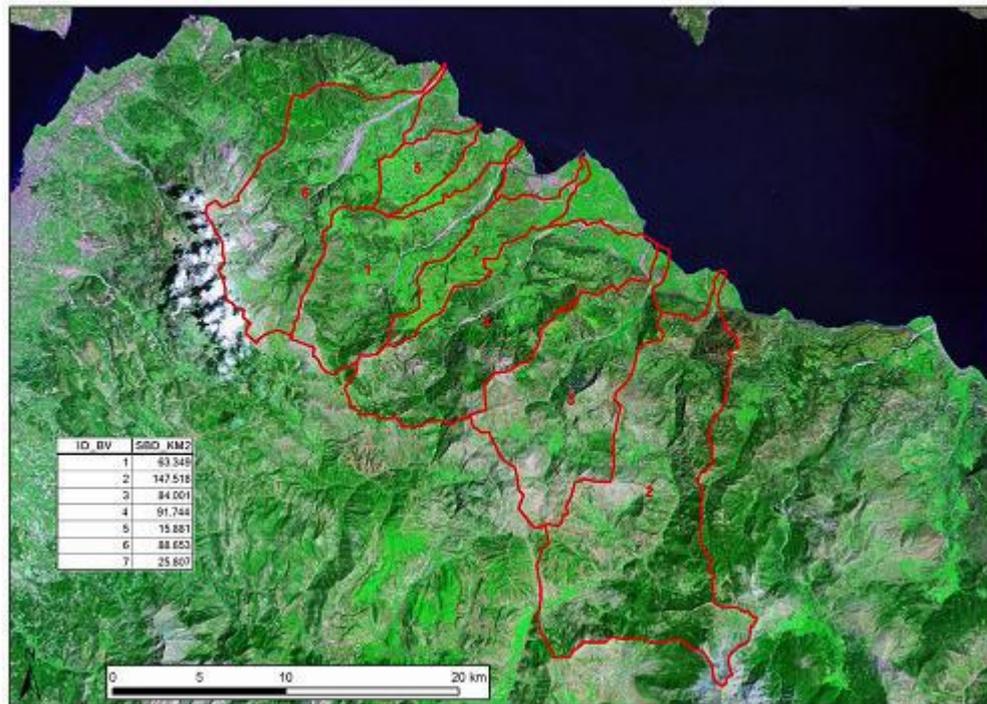


Figure III.24: Carte de localisation (S.Théry.IST, Novembre 2005)

b. Profil en long:

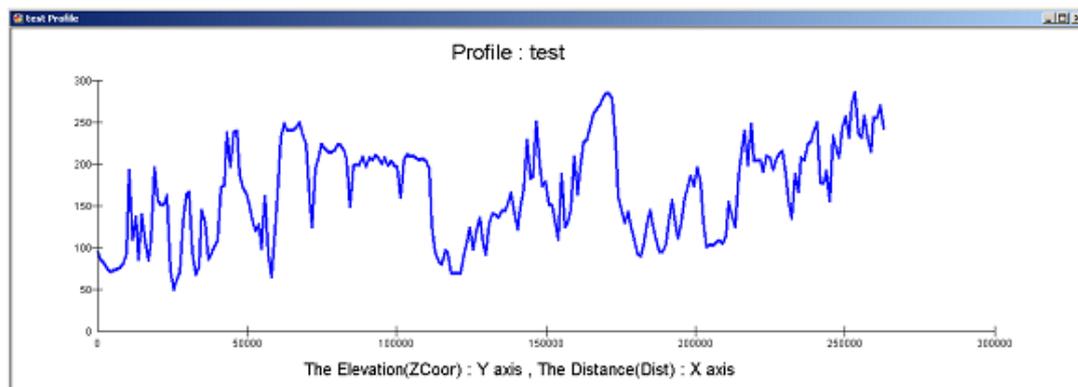


Figure III.25: Profil en long (S.Théry.IST, Novembre 2005)

c. Carte thématique:

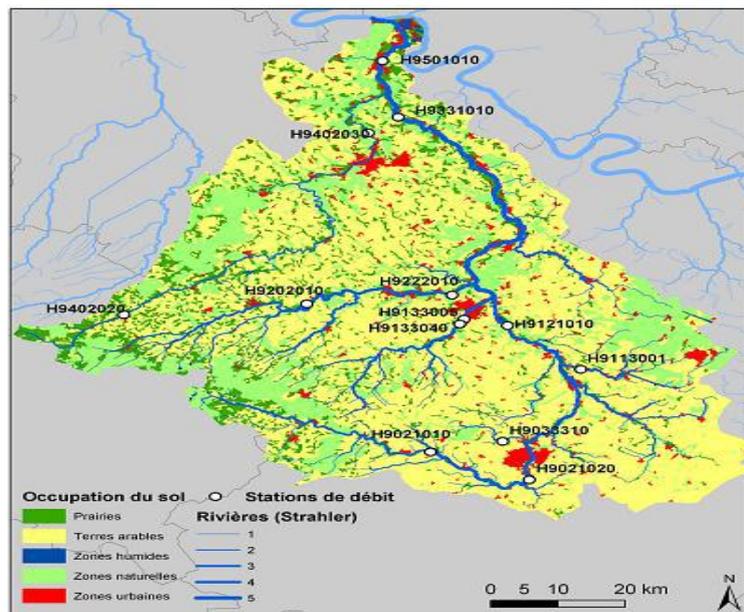


Figure III.26: Carte thématique (S.Théry.IST, novembre 2005)

d. Image:

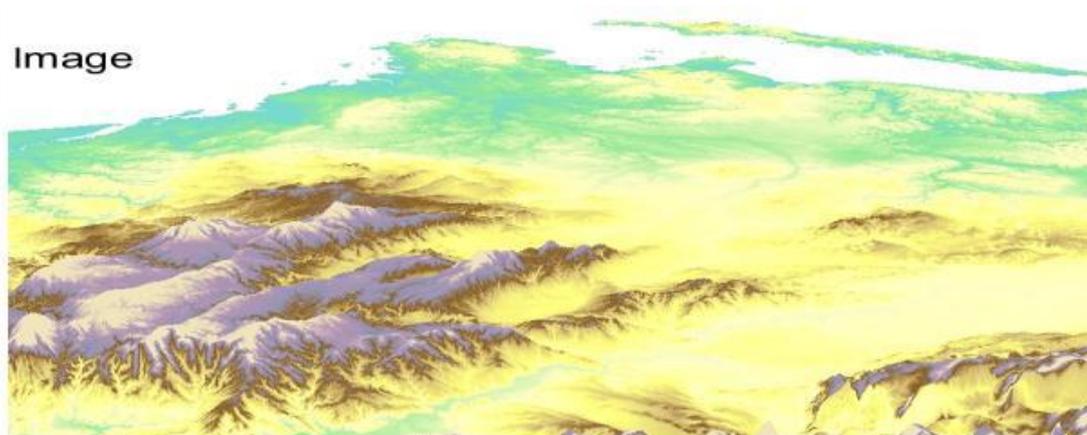


Figure III.27: Image (S.Théry.IST, Novembre 2005)

e. Graphiques:

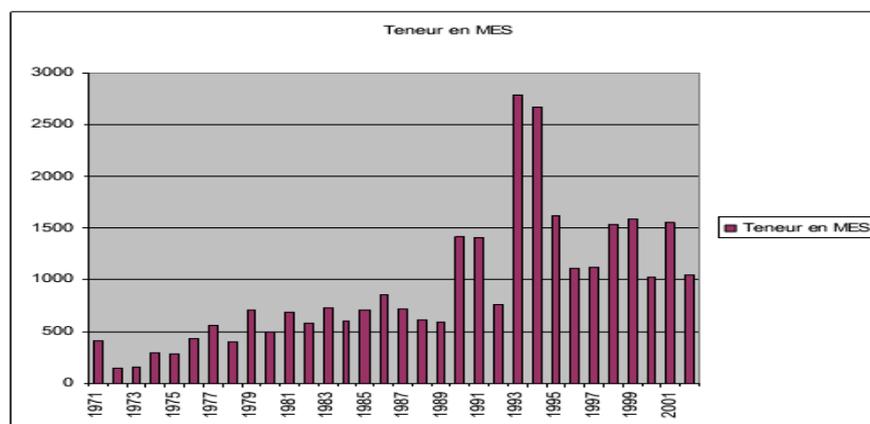


Figure III.28: Graphiques (S.Théry.IST, Novembre 2005)

III.4. Objectifs généraux des SIG :

✚ Saisie et stockage numérique de plans et de cartes :

Les systèmes d'information géographique 15 Le premier et principal objectif des SIG reste le stockage numérique de données

Géographiques, bi- ou tridimensionnelles. Mais il y a beaucoup de différences entre un système qui va conserver des objets, avec une description aussi bien graphique que descriptive, et un système qui va seulement conserver un dessin sans contenu sémantique.

✚ Structuration de l'information :

Comme tout système de gestion de bases de données, un SIG qui gère une base de données demande une modélisation du monde réel et une structuration de l'information. Cette structuration est souvent plus complexe, car elle touche des objets qui peuvent avoir de multiples représentations, aussi bien graphiques que descriptives, essentiellement en fonction de l'utilisation qui en sera faite. Calculs métriques (distances, surfaces), calculs techniques (visibilité, volumes, recherche opérationnelle),

✚ Gestion administrative et partage de données entre utilisateurs :

Lorsque les données sont partagées entre plusieurs utilisateurs, comme c'est souvent le cas pour les applications administratives de type cadastre, le SIG a pour objectif de gérer ce partage et d'optimiser l'accès des données entre utilisateurs.

✚ Gestion et analyse spatiale :

Les SIG ont vocation à gérer tout type d'objet géographique, du point au pixel, en passant par les zones, les réseaux, etc. L'objectif à atteindre est la constitution d'une base de données géo-référencées, permettant la mise en relation des différents objets de la base, quels que soient les types de ces objets. Cette mise en relation doit permettre l'analyse spatiale, c'est-à-dire la prise en compte de la localisation dans l'analyse des données. De nombreuses procédures faisant appel à la localisation des objets sont donc implantées dans les SIG (sélections d'objets sur des critères de distances, recherche opérationnelle, agrégations spatiales et changements d'échelle, géo-jointures, interpolations, vectorisations, classifications par proximité, etc.).

+ Gestion spatio-temporelle :

L'introduction du temps dans les SIG permet d'effectuer des interrogations mêlant espace et temps, de manière à pouvoir gérer à la fois l'historique d'un objet et l'état d'un ensemble d'objet à une date donnée. Les SIG ont donc également vocation à gérer les évolutions des objets géographiques. Mais les réalisations concrètes sont peu répandues, car la gestion de l'historique des modifications de la localisation d'un grand ensemble d'objets est complexe, aussi bien du point de vue informatique que de celui de la gestion des flux d'informations.

+ Statistique et géostatistique :

La constitution d'une base de données géographique a souvent pour objectif l'étude d'un territoire dans toutes ses composantes, et le SIG doit alors permettre l'accès facile au calcul statistique, qu'il soit exploratoire ou méthodologique. Certains SIG comportent un module statistique, d'autres gèrent l'interface avec un logiciel spécialisé. L'utilisation de méthodes de la géostatistique doit également être l'un des objectifs du SIG, puisqu'en gérant la localisation, il facilite considérablement l'utilisation de ces méthodes d'analyse ou d'interpolation spatiale.

+ Simulation et modélisation :

L'objectif d'un SIG peut également être l'utilisation d'un modèle pour la simulation d'un processus. Le SIG doit alors faciliter l'interface entre le programme de modélisation ou de simulation et la base de données géographiques, et doit prendre en charge l'ensemble de l'accès à l'information spatiale dont a besoin le programme d'application.

+ Télédétection, géo-référencement et traitement d'image :

Les SIG ont vocation à gérer tout type d'objet géographique. La télédétection aérienne ou spatiale offre une source privilégiée de données géographiques. Les SIG doivent donc également gérer et traiter de type de données, souvent volumineuses. Ils doivent en assurer le bon géo-référencement, permettre l'accès aux traitements propres à ce type de données, et permettre leur mise en relation avec l'ensemble des autres données localisées gérées par le système. Dessin et édition cartographique, cartographie automatique, 3D :

Comme tout système de gestion de données, Les SIG ont pour objectif l'édition des données résultats d'une requête. Cette édition est souvent graphique puisque l'on traite de données localisées. Les modules de cartographie automatique à partir des données gérées par

le système sont donc fondamentaux pour l'utilisateur. De plus en plus, les systèmes intègrent la troisième dimension, et permettent l'édition de données en perspective. Mais la saisie et la maintenance de la troisième dimension est plus complexe.

III.5. Conclusion :

L'introduction de l'informatique dans le champ de la géographie a profondément renouvelé la dynamique de cette discipline. Ce renouvellement n'est pas dû au seul développement des SIG : les nouveaux moyens de mesure ou d'observation de la Terre y participent aussi largement. La dénomination « SIG » recouvre une grande variété de réalisations logicielles construites suivant des choix techniques différents, aux fonctionnalités et aux performances très diverses.

Toutes ces technologies vont dans le même sens : celui d'une prise en compte toujours plus importante de la localisation dans la gestion ou l'analyse des phénomènes, à des précisions qui permettent de développer de nouveaux objectifs de recherche et d'améliorer considérablement les résultats obtenus dans les études qui en découlent.

CHAPITRE IV

APPLICATION

Introduction :

L'ensemble des données est analysé, traité, stratifié en couche d'informations pertinentes en mode maillé et combiné à l'aide d'un SIG, elles permettent la caractérisation spatiale intervenant dans le comportement hydrologique des bassins versants topographiques de la zone d'étude.

L'objectif de notre étude est d'établir une carte des risques d'inondations, pour cela nous disposons de données topographiques, et d'autres données exogènes.

Les données hydrologiques ont servi pour la réalisation de la carte des hauteurs des eaux maximales dans La région d'El Tarf pendant la crue du 24 Février 2012 vu la disponibilité des données marquées par cette crue.

L'exploitation des données topographiques de la région d'étude, à l'échelle du 1/50.000^{ème} nous a permis d'établir le modèle numérique de terrain des zones étudiées. A partir de ce MNT nous avons extrait des cartes dérivées très utiles pour caractériser la topographie du terrain. Ce produit a permis l'extraction de plusieurs paramètres tel le réseau hydrographique, le bassin versant et ses sous bassins versant, les pentes ainsi que les aspects (orientation des pentes ou direction des écoulements).

La combinaison des différentes composantes de l'inondation la carte d'occupation du sol, la carte des pentes, la carte des aspects la carte du réseau hydrographique, la carte de proximité à l'agglomération, la carte des hauteurs des eaux Etc. nous conduira à établir une carte des risques d'inondation exploitant la force des fonctionnalités des SIG pour la superposition cartographique et l'analyse spatiale multicritère ainsi qu'à la mise en forme et présentation des résultats du zonage du territoire selon la sensibilité aux risques naturels.

Les planches que nous avons utilisées sont constituées à partir des fonctionnalités du SIG, des techniques de géomatique et télédétection :

- MNT (Modèle Numérique de Terrain) hydrologiquement consistant réalisé à partir de la carte topographique à l'échelle de 1/50 000^{ème}.
- Carte du réseau hydrographique (extraite automatiquement du MNT).
- Carte de limite de la zone d'étude et de leurs sous bassins versant.
- Carte des pentes.
- Carte des aspects.
- Carte des distances du parcours à l'exutoire.

- Carte des grands ensembles végétaux (classification d'indice de végétation dans notre zone d'intérêt).
- Carte d'occupation du sol.
- Carte des hauteurs des eaux.
- Carte des zones à risque d'inondation selon les degrés de sensibilité.

IV.1. Les outils utilisés :

Les données multi sources utilisées dans le cadre de la réalisation de ce travail sont :

IV.1.1. Les données topographiques :

Dans notre cas nous avons utilisé Arc Gis pour la caler ; que nous avons scanné, dans leur système de projection UTM fuseau **32 datum WGS84**. Nous avons également utilisé ce logiciel pour la réalisation du MNT et ses cartes dérivées ainsi que la préparation des différentes couches pour l'analyse multicritère.

IV.1.2. Le logiciel Arc Gis :

L'extension Arc Gis Permet aux utilisateurs de SIG bureautique de créer, interroger et analyser toute information s'appuyant sur des fichiers raster. Elle permet également de :

- Créer de nouvelles données à partir d'informations existantes.
- Interroger des informations au travers de nombreuses couches.
- Modéliser ce croisement d'informations.
- Permettre des traitements combinés entre des données raster et vecteur.

L'Arc Gis est un outil qui peut traiter les problèmes de n'importe quelle domaine telle que : Hydrologie, Statistique, Géologie, Cartographie.

L'arc Gis 9.3 est un système d'information géographique développé par la société ESRI (environnement système research institute). C'est un outil pour gérer, visualisé, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatial. Arc Gis se décline en trois licences aux fonctionnalités croissantes : Arc View, Arc Editoret, Arc Info.

IV.2 Modèle numérique de terrain (MNT) :**IV.2.1 Définition :**

Un modèle Numérique de terrain (MNT) est une représentation numérique des altitudes du terrain. Un tel modèle est constitué d'un semis de points à trois dimensions et d'une information, permettant de reconstituer le relief à partir de ces points.

IV.2.2 Méthodes d'élaboration :

Il existe plusieurs méthodes pour élaborer un MNT :

- Le levé direct.
- La numérisation et l'interpolation de courbes de niveau à partir de cartes existantes.
- La restitution photogrammétrique.
- Le laser ou radar altimètre.
- Les techniques radars.

IV.2.3 Phases d'élaboration :

Quelle que soit la méthode utilisée, celle-ci peut se décrire comme un processus à deux phases, qui sont :

1. La restitution :

C'est-à-dire l'élaboration d'un semis de point, qui consiste soit en un calcul Direct de l'altitude d'un point du terrain indépendamment de celle des points voisins, soit en l'extraction des altitudes par intégration pixel de la pente du terrain.

2. Le rééchantillonnage :

Afin de créer une grille dont la maille a une certaines formes triangulaires ou rectangulaires et une certaine taille. L'échantillonnage peut être régulier, semi régulier ou irrégulier.

Ainsi, on obtient un maillage régulier ou non de points dont les altitudes ont été obtenues par interpolation à partir de points d'observation.

Ces deux étapes doivent être adaptées à la qualité requise du MNT.

Les données hydrologiques ont servi pour la réalisation de la carte des hauteurs des eaux maximales dans les régions de la wilaya touchées par les crues du 24 février dernier a cause de lâché des barrages constitué dans la ville.

L'exploitation des données topographiques de la région d'étude, a l'échelle du 1/50000 nous a permet d'établir le modèle numérique de terrain des zones étudiées. A partir de ce

MNT nous avons extrait des cartes dérivées très utiles pour caractériser la topographie du terrain. Ce produit a permis l'extraction de plusieurs paramètres tel le réseau hydrographique, les pentes ainsi que les aspects (orientation des pentes ou direction des écoulements) ;

Les planches que nous avons utilisées sont constituées à partir des fonctionnalités du SIG.

- MNT (modèle numérique de terrain) hydrologiquement consistant réalisé à partir de la carte topographique à l'échelle de 1/50000.
- Carte du réseau hydrographique (extraite automatiquement du MNT).
- Carte de limite de la zone d'étude la wilaya d'El Tarf et de leurs réseaux hydrographiques.
- Carte des pentes.
- Carte des aspects.
- Carte des grands ensembles végétaux.
- Carte d'occupation du sol déjà établi.
- Carte des hauteurs des eaux.

IV.3 Préparation des données :

La préparation des données consiste à faire des prétraitements sur les données réunies afin de faciliter l'extraction d'information par la suite ou bien leur combinaison, nous donnons comme exemple de préparation des données la calage des cartes, numérisation des courbes de niveau.

IV.3.1 Calage des cartes et génération du MNT :

Dans notre approche nous avons élaboré un modèle numérique de terrain, après la numérisation de la carte topographique 1987, projection UTM (Universal Transverse Mercator) fuseau 32 Datum WGS84.

Nous avons procédé par la suite à numériser chaque courbe de niveau de notre zone d'étude en leur attribuant les altitudes, sachant que l'équidistance est égale à 20m. Les étapes que nous avons poursuivies pour la réalisation du modèle numérique de terrain se résument dans l'organigramme ci-dessous :

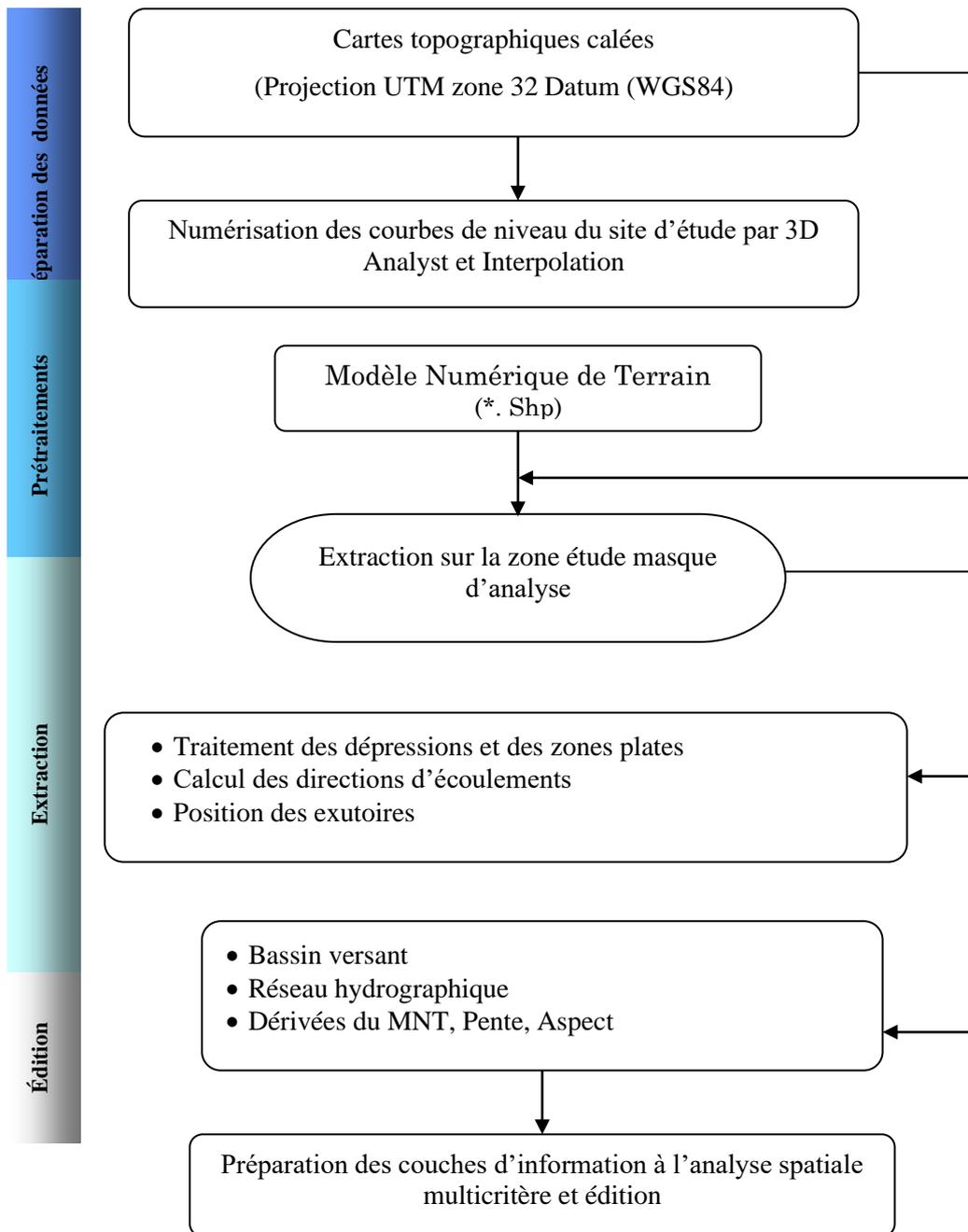


Figure IV.1 : Le procédé général pour l'établissement d'un MNT et ses dérivées.

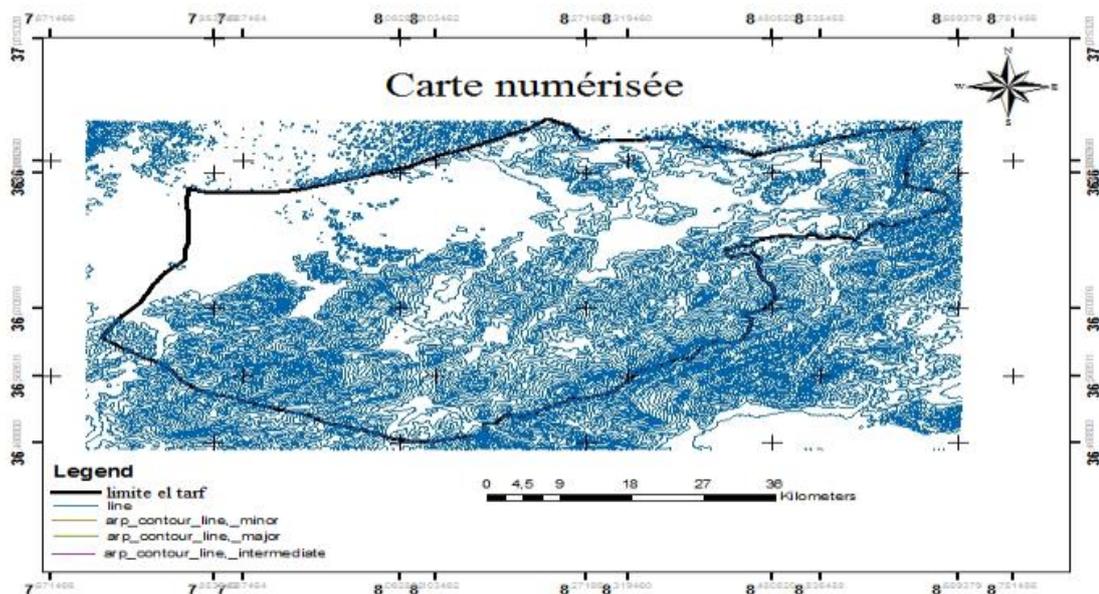


Figure IV.2 : Eléments cartographiques de la zone étudiée.

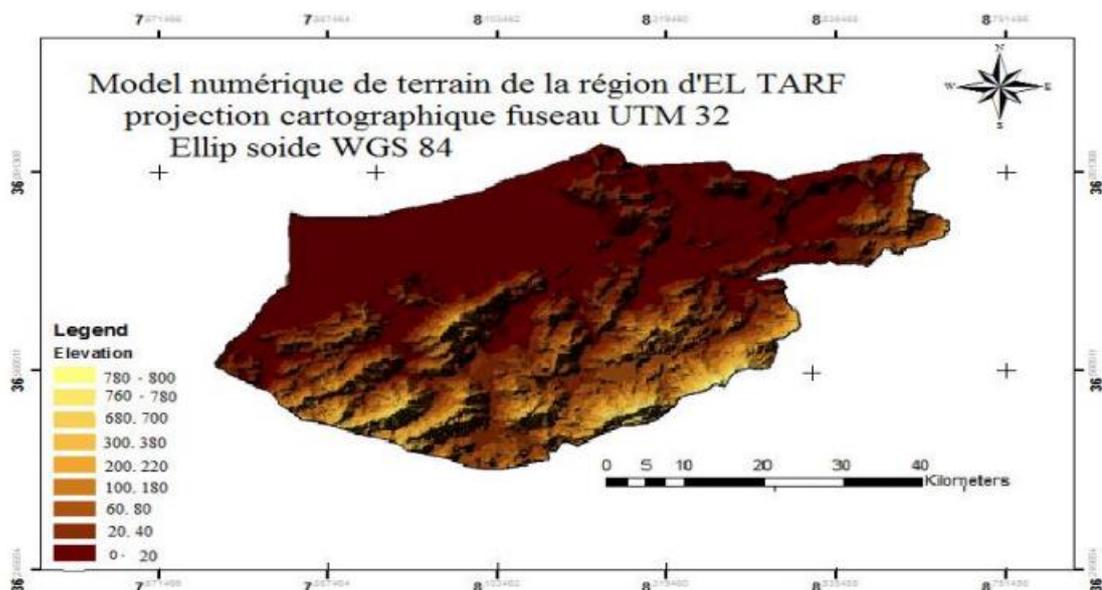


Figure IV.3 : Modèle numérique de terrain de la ville d'EL TAREF.

IV.3.2 Les produits dérivés d'un MNT :

1. La carte des pentes :

La pente est un paramètre primordial qui intervient dans la détermination de beaucoup d'indice hydrologie. Une carte des pentes de qualité est d'une grande importance pour pouvoir analyser correctement la zone d'étude. Il faut néanmoins savoir que la pente ne pas se définir sans dire à quel élément géographique elle correspond. Pour l'établissement de la carte des pentes dans le cadre de notre étude, il fallait définir les classes des pentes. Chacun utilise des classes de pentes à sa propre préoccupation (géologue, topographe, agronome.)

A l'aide du logiciel SIG ArcMap, on a importé la carte des courbes de niveau (sous Forme Shape file) et on l'a introduite dans ce logiciel pour établir la carte des pentes. Après Manipulation des commandes utiles du programme, on a pu faire ressortir six (06) classes des Pentes bien différenciées (Fig IV.4).

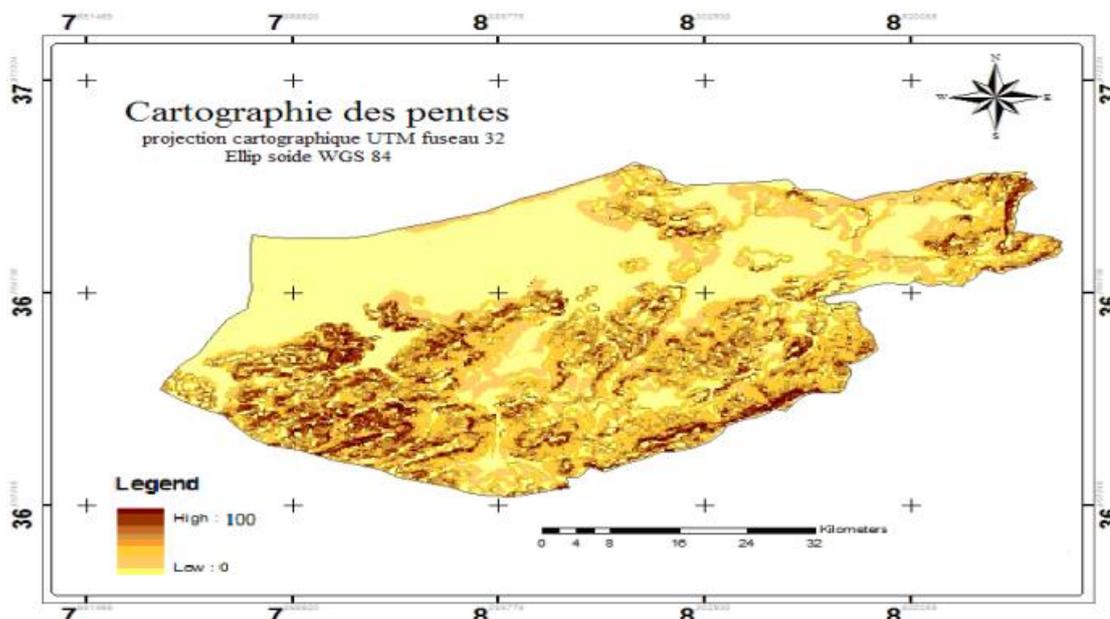


Figure IV.4 : Carte des pentes de la ville de TAREF.

Connaissant les surfaces occupées par chaque classe de pente du tableau, nous avons Procédé à une description des pentes de la zone. En utilisant le logiciel ArcMap, la pente Moyenne de la zone est égale à 20% et elle est égale à 17% avec le calcul de la moyenne.

Tableau IV.1 : Description des pentes de la zone.

Classes	Superficie (km2)	Superficie (%)
0 – 4	137.615	4.12
4 – 6	201.7464	6.04
6 – 7	239.415	7.17
7 – 19	628.351	18.81
19– 24	814.532	24.39
24 – 39	1317.7406	39.46

2. La carte des aspects :

Pour l'hydrologie de surface, déterminer la carte des aspects revient à déterminer la carte des écoulements. D'autre part, plusieurs disciplines telles que l'agronomie et la

pédologie exploitent cette carte par exemple pour la prédétermination de la répartition de l'humidité dans le sol.

Les zones les plus humides sont toujours exposées Nord a Ouest par contre les expositions Sud a Est sont toujours un peu plus sèches.

Donc il est utile de connaitre l'exposition des versants, et par conséquent, l'azimut des lignes de grandes pentes. (Fig IV.5)

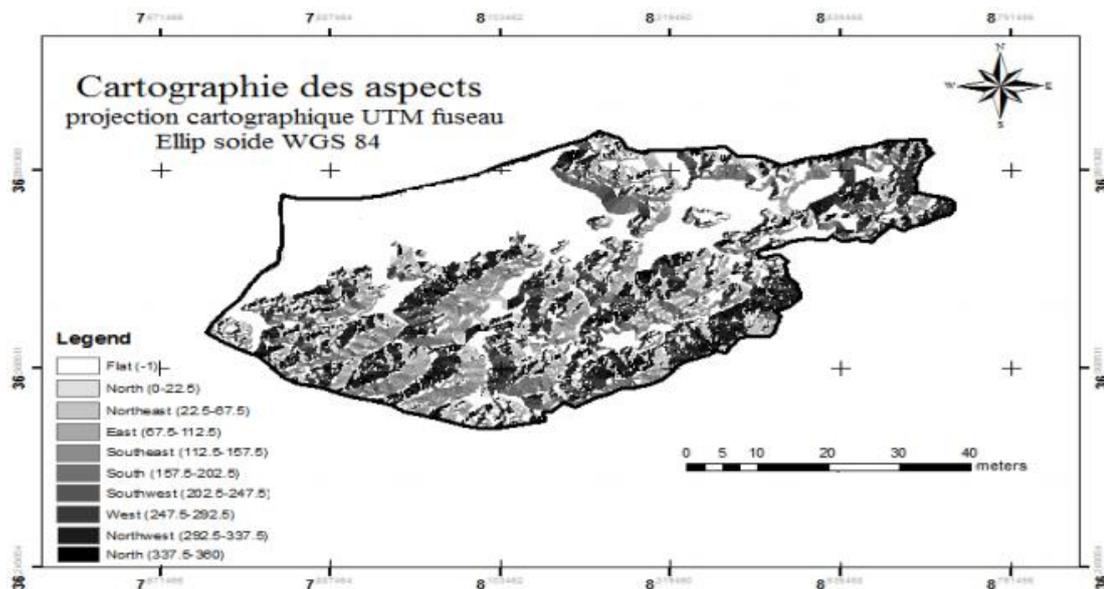


Figure IV.5 : Carte des aspects de la ville d'EL TAREF.

3. La carte des réseaux hydrographiques :

Dans notre étude on va réaliser une carte des réseaux hydrographique à partir d'une base de données, telle que le logiciel ArcGis9.3.

Les techniques d'extraction de réseau à partir d'un MNT raster se décomposent, essentiellement en deux approches :

- La première reposent sur une analyse géomorphologique par caractérisation locale des variations altimétriques.
- La seconde qui est une approche hydrologique, se basant sur le suivi du ruissellement de l'eau.

Dans la première approche, plusieurs méthodes ont été développées (**Charleux Demargne Julie, 2001**) basées sur la morphologie du terrain, les paramètres descripteurs de la géométrie du voisinage, l'étude des profils, etc.. Un inconvénient majeur de ces méthodes est la représentativité relative des maxima et minima locaux. Le réseau hydrologique extrait

par ces méthodes est fragmenté et présente des discontinuités le rendant inexploitable pour des applications ultérieures.

Quant aux méthodes de la deuxième approche, elles retiennent le principe d'un cheminement naturel des eaux entraînées par la gravité et guidées par la topographie.

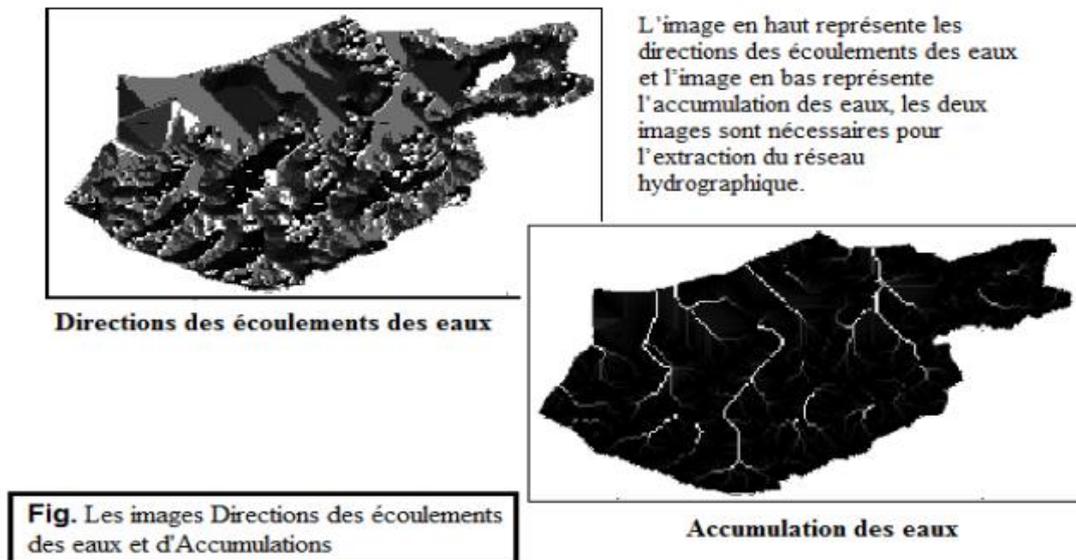


Figure IV.6: Image représente la carte de direction des écoulements des eaux et l'accumulation des eaux.

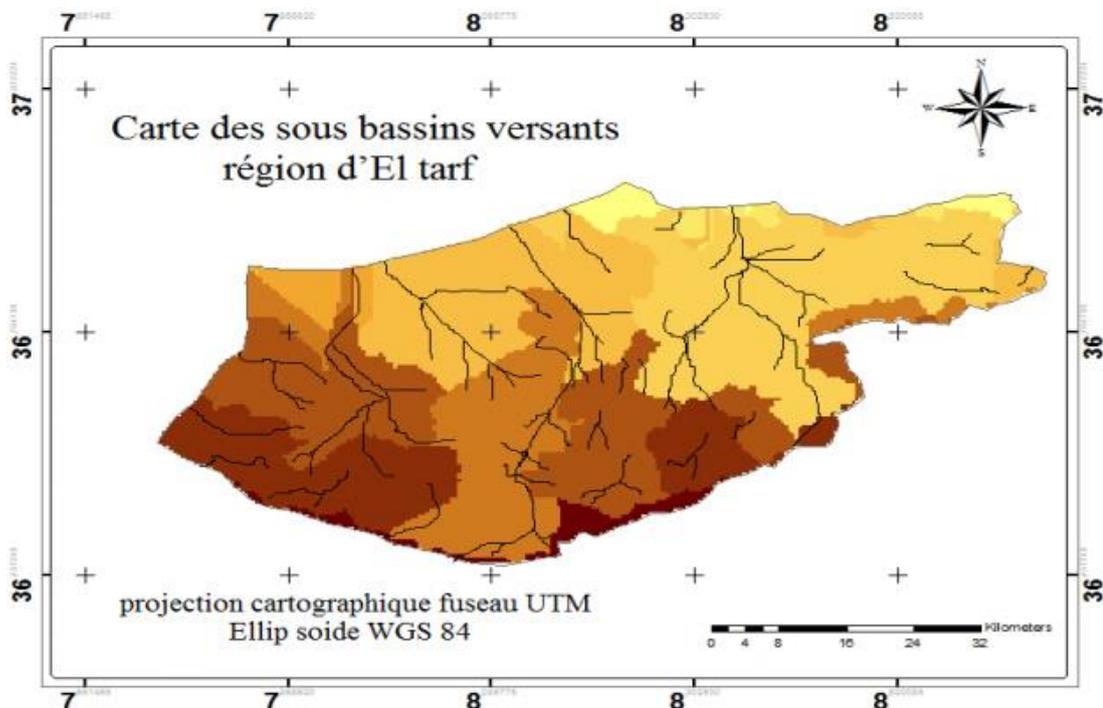


Figure IV.7 : Extraction des sous bassins et des réseaux hydrographiques automatique.

4. La Carte des hauteurs d'eau :

Après les investigations que nous avons mené auprès de service d'hydraulique les hauteurs d'eau dans la région d'El Tarf nous a permis d'établir la carte correspondante, avec des classes des hauteurs d'eau bien réparties au cours de la crue du 24 février 2012. Nous avons fait entrer les données des hauteurs d'eau à chaque sous bassins (**Fig IV.8**).

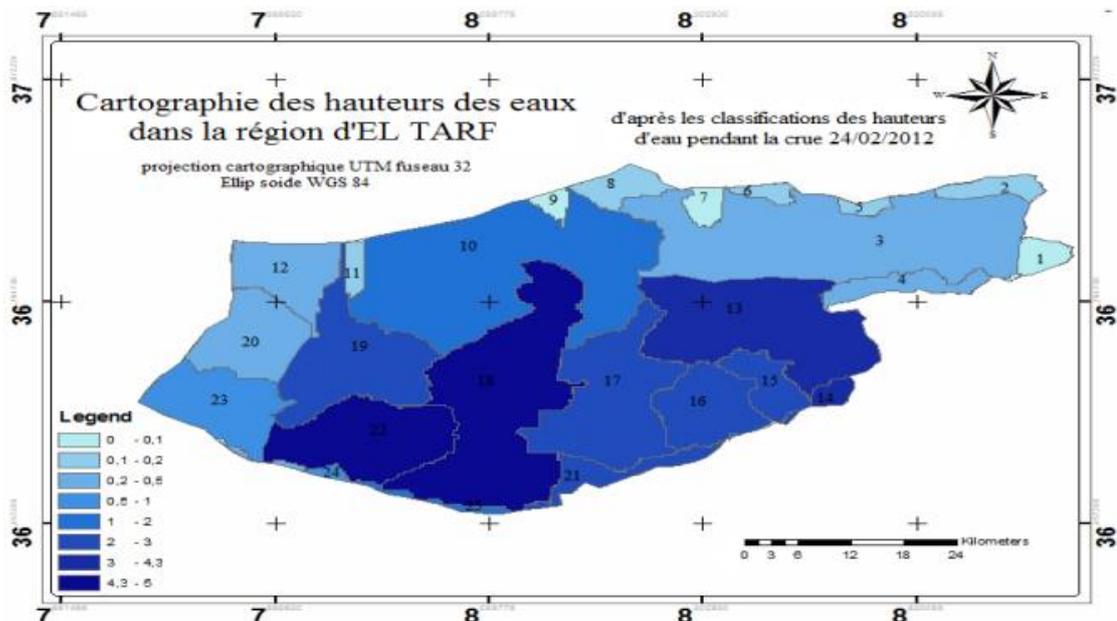


Figure IV.8 : La carte des hauteurs d'eau de la ville d'EL TAREF.

5. Cartographie du tissu urbain :

Afin d'aboutir à l'établissement de la carte de la proximité du risque par rapport à l'agglomération nous avons procédé à la vectorisation du bâtis, des routes et des deux barrages de (Mexa et Cheffia), à partir de la carte d'état-major à l'échelle de 1/50000^{ème}, actualisée par des images de Google Earth année 2008. L'utilisation des fonctionnalités SIG nous a permis de mettre des zones tampon à partir de ces deux barrages couvrant la totalité de la zone. (**Fig IV.9**)

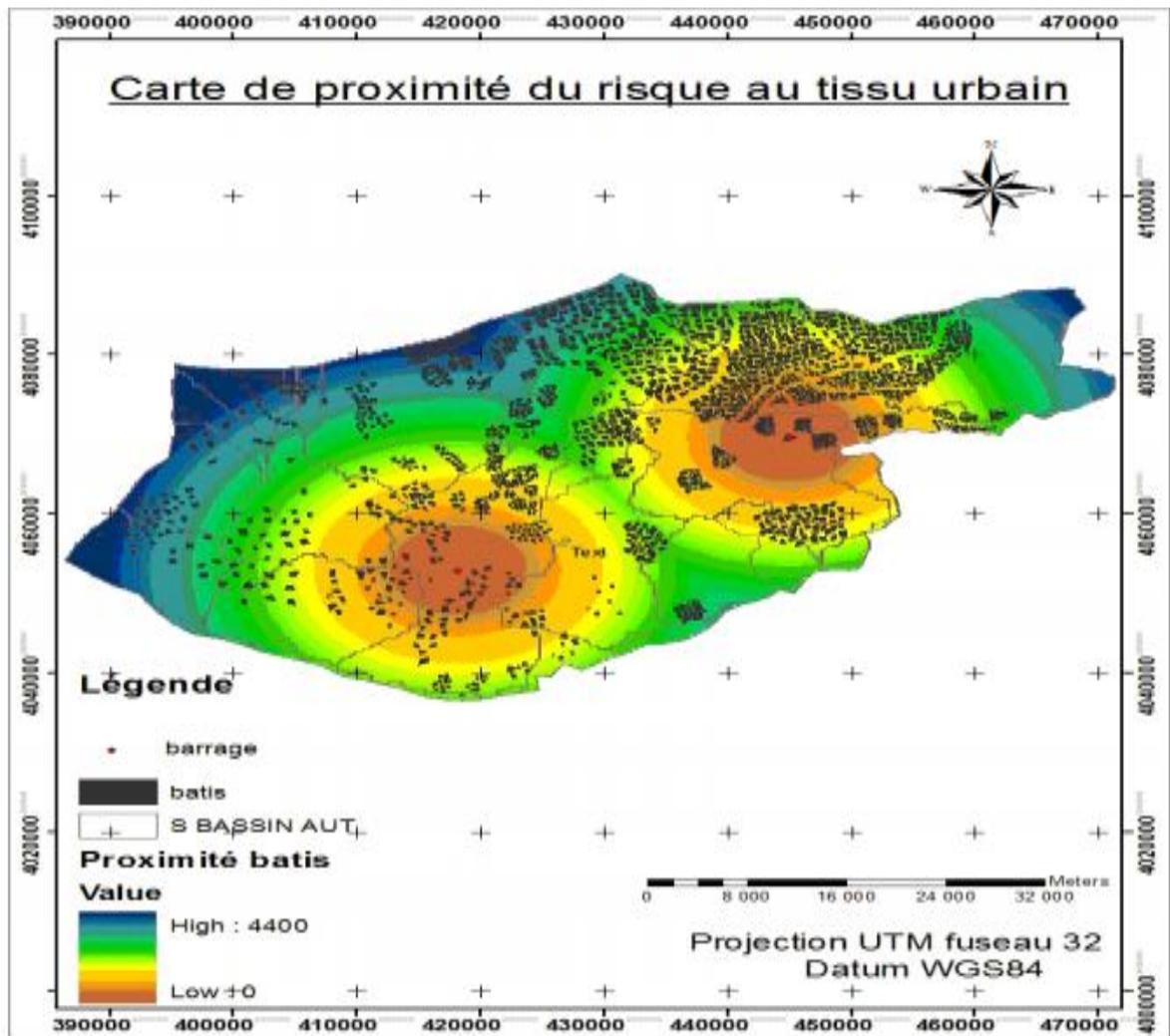


Figure IV.9 : Carte de proximité du risque au tissu urbain.

6. Carte d'occupation du sol :

Le développement de la couverture végétale dépend de la combinaison des facteurs Physico-géographiques tels que le climat, le relief et l'action humaine par la mise en culture des terres. Pour cela, il est nécessaire de connaître les différents types de couverture végétale et leur répartition dans la wilaya d'EL TARF.

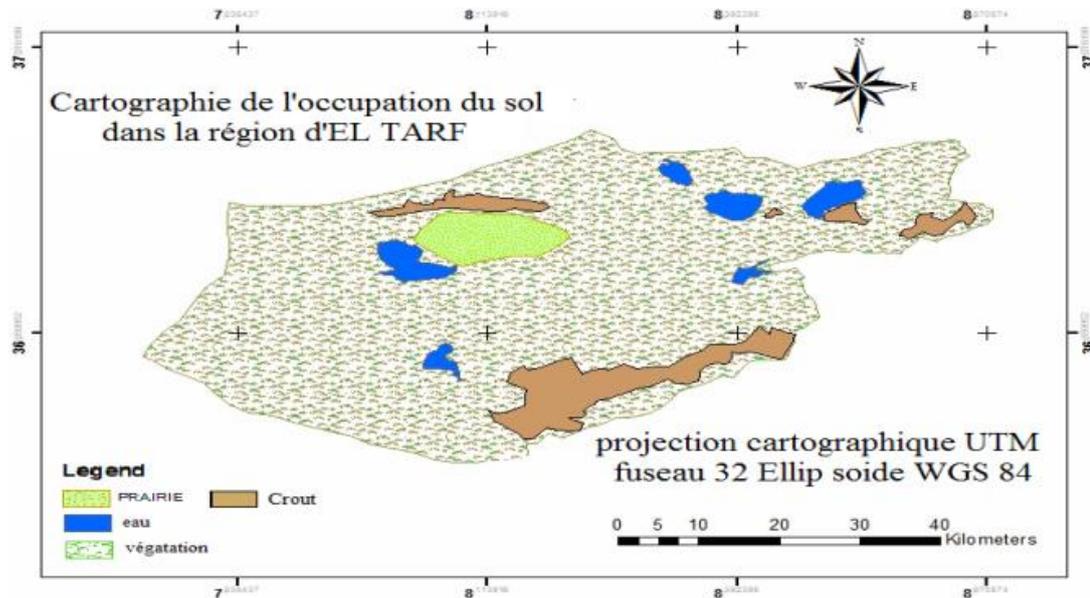


Figure IV.10 : Carte de l'occupation du sol.

IV.4 Combinaison spatiale multicritère :

L'étude du phénomène inondation est complexe et il est utile de préciser les paramètres pris en compte dans la région. Ces paramètres sont constitués des variables environnementales et naturelles susceptibles de provoquer une inondation effective. Il s'agit des systèmes de pentes, de la hauteur de l'eau, du réseau hydrographique, de l'occupation du sol. Une analyse de ces facteurs conduit à définir deux descripteurs de l'inondation : La vulnérabilité du terrain à l'inondation et l'aléa hydro climatique. L'utilisation de l'approche multicritères permet la prédiction spatiale des mouvements superficiels (glissement de terrain, fluages, inondations) et l'application de l'analyse multicritère aboutit à une cartographie thématique fiable.

Notre technique nécessite l'introduction des pourcentages représentant l'importance d'un critère par rapport aux autres et donc d'attribuer un poids à ce critère qui va être pris en compte dans le processus de combinaison.

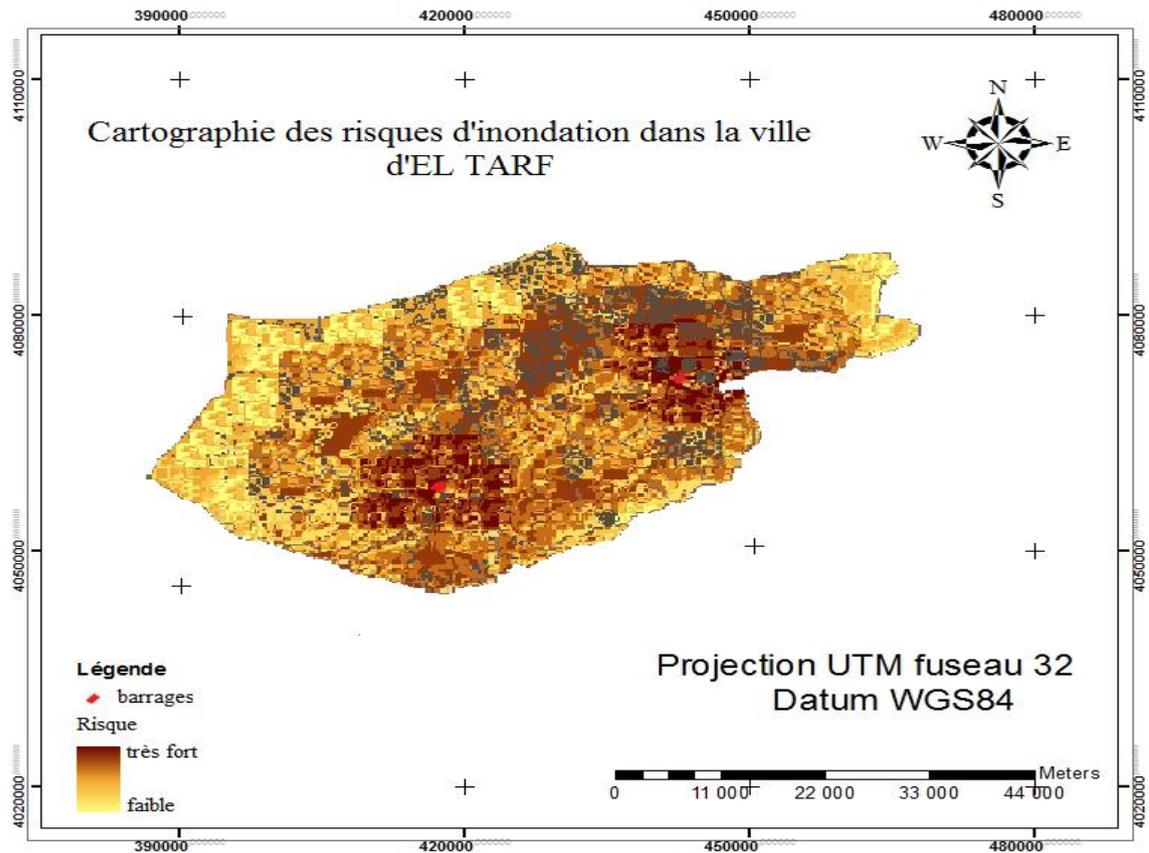


Figure IV.11 : Carte des risques d'inondations de la région d'El Taref.

La carte finale obtenue exprime le risque des débordements des eaux dû aux inondations des barrages. Le risque de dommages (faible, moyen, élevé...) dû aux inondations par débordement de cours d'eau est issu de la combinaison de l'aléa inondation et de la vulnérabilité. Ainsi, le risque de dommages sera élevé pour une habitation située dans une zone d'aléa élevé et, à l'inverse, le risque de dommages sera faible autour une des zones d'aléa faible. La figure précédente constitue un argument qui confirme l'exactitude de nos résultats obtenus, vu que les zones à très fort risque se situent auprès des barrages. Par ailleurs, les sites à fort risque constituent la zone la moins accidentée et donc la plus urbanisée. Les zones où le risque est modéré où faible sont les moins denses avec de fortes pentes.

IV.5 Conclusion :

La gestion du risque d'inondation dont les conséquences deviennent de plus en plus lourdes tant sur le plan humain que matériel s'impose comme un objectif prioritaire pour les pouvoirs publics. La question du traitement et des moyens à mettre en œuvre pour réduire ce

risque à un niveau acceptable doit être replacée dans le contexte général de l'élaboration d'un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI) pour la ville d'Annaba et sa périphérie. Par ailleurs, au vu des enjeux socio-économiques et écologiques et les conflits que génère Annaba, une ville littorale à forte croissance démographique et économique, une gestion globale s'impose prenant en compte les milieux, leurs ressources et les activités qui s'y développent.

- Prévention-Réduire les efforts d'eau vers l'aval par une politique d'aménagement des sols et reboisement.
- Faciliter l'écoulement des eaux en supprimant les obstacles qui provoquent le débordement et stagnation des eaux.
- Réaliser des retenues collinaires pour la récupération d'une partie de ces eaux.
- Protection des lits des Oueds par l'interdiction des décharges, extraction des matériaux etc.
- Réalisation de digues de protection.
- Nettoyage régulier des avaloirs et curage des Oueds et de fossés le long des routes.
- L'interdiction d'aménagement de nouvelles constructions dans les zones les plus exposées, les mesures restrictives doivent être reprises dans les plans d'occupation des sols (P.O.S).
- Protection des agglomérations contre les inondations à travers les localités de la Wilaya: Sidi Kassi, Zitouna, Ain Assel, Lac Des Oiseaux, Chbaita Mokhtar, Ain El Karma, Asfour, Guergour et Boukhris.
- Réhabilitation et extension des infrastructures d'assainissement : La réalisation des stations de relevage, rénovation des 04 STEP et des stations de pompage d'eau usées Assainissement de la plaine d'El Tarf.
- La protection des terres agricoles et des agglomérations sur une superficie de 12515Ha.

IV.5.1 Projets réalisés :

Pour lutter contre les inondations la direction des ressources en eau a réalisé plusieurs projets :

- Protection des agglomérations contre les inondations à travers les localités de la Wilaya: Sidi Kassi, Zitouna, Ain Assel, Lac Des Oiseaux, Chbaita Mokhtar, Ain El Karma, Asfour, Guergour et Boukhris.
- Réhabilitation et extension des infrastructures d'assainissement :

- ✓ La réalisation des stations de relevage.
- ✓ Rénovation des 04 STEP et des stations de pompage d'eau usées.
- Assainissement de la plaine d'El Tarf.
 - ✓ La protection des terres agricoles et des agglomérations sur une superficie de 12515 Ha.

CES PROTECTIONS N'ONT PAS FONCTIONNE LORS DES LÂCHERS DE BARRAGE.

IV.5.2 Analyse de risque :

L'analyse de risques a pour objectif, d'une part, d'identifier les situations qui peuvent être à l'origine des inondations quelque soit leur forme et d'autre part, d'analyser les mesures de prévention, moyens de protection et d'intervention qui y sont associées.

Il s'agit d'examiner :

- Les défaillances d'origine intrinsèques liées au dysfonctionnement des installations, mauvaise.
- Conception ou exploitation du système d'assainissement.
- Les défaillances d'origine fonctionnelles.

L'analyse des risques doit intégrer les étapes préalables suivantes :

- Identification des enjeux humains,
- Identification des potentiels de dangers,
- Analyse du retour d'expérience et notamment des accidents et incidents répertoriés.

IV.5.3 Atténuer les effets des inondations :

El Tarf est souvent touchée par les inondations, provoquant d'importants dégâts : débordements des rivières lors des crues d'hiver, débordements plus localisés en zone urbaine des réseaux pluviaux lors des gros orages d'été ou dépassement de réseau, remontée des nappes phréatiques dans certains secteurs. La carte des risques situent la **vulnérabilité** sur la totalité de la Wilaya que ce soit l'agglomération urbaine ou les terres agricoles.

La politique de protection menée jusqu'ici a des limites. L'endiguement des berges et l'aménagement de l'écoulement améliorent localement la situation, mais aggravent les dommages dans les zones situées en aval et en amont.

Le barrage écrêteur n'a pas suffi. Des investigations sont nécessaires l'efficacité des barrages-réservoirs est limitée, car aucune étude n'a été faite sur la partie des apports des bassins qu'ils contrôlent.

Les orientations :

Il convient de **mettre en œuvre quelques grands principes** :

- ✚ Ne pas aggraver les crues.
- ✚ Limiter les dommages des crues.
- ✚ Réduire les risques.

Contrôler l'imperméabilisation des sols et certaines pratiques agricoles :

Il convient d'assurer :

Le maintien du libre écoulement des eaux, par l'interdiction de construire dans le lit des rivières; la préservation des champs naturels d'expansion des crues de toute urbanisation dans certains secteurs de vallées inondables.

Appliquer la réglementation relative aux zones submersibles et inondables :

Les dispositions législatives et réglementaires relatives aux zones submersibles et aux zones inondables limitent l'usage, la constructibilité ou le remblaiement des sols ; en application de ces dispositions, des plans de surfaces submersibles, des périmètres à risque, des plans d'exposition aux risques d'inondation devront être établis et les règles qui y sont relatives appliquées.

Construire des ouvrages de régulation :

Il convient de :

- Réaliser à l'échelle d'une protection régionale, de nouveaux barrages-réservoirs de petite capacité judicieusement placés permettant également le soutien des étiages.
- Réaliser localement, sur les petits cours d'eau des bassins de retenue à usage exclusif de protection contre les inondations des zones urbanisées à l'aval.
- Maîtriser le ruissellement pluvial urbain afin de ne pas aggraver les risques.

Les collectivités locales doivent prendre conscience qu'elles peuvent y contribuer notamment:

- De maintenir des espaces naturels perméables en milieu urbain pour favoriser l'infiltration des eaux de ruissellement.
- De retardant le ruissellement par l'adoption d'un urbanisme adapté tel celui qui est nécessaire, dans l'ensemble des plaines urbanisées.

**CONCLUSION
GENERALE**

CONCLUSION GENERALE

Cette étude ne constitue qu'un questionnement sur le problème des inondations dans le Wilaya d'El Tarf. Nous avons réalisé une approche méthodologique afin de mettre en évidence les outils numériques utilisés à l'heure actuelle. Cela est pour la caractérisation spatiale du site d'étude en période de crue.

Une phase application a été réalisés sur la région d'El Tarf pour évaluation du risque par rapports aux zones situées à la proximité des barrages, l'ensemble des données topographiques, et exogènes ont été analysé, traité, empilé sous forme de couches d'informations indépendantes en mode raster, ces critère ont été combiné et croisé dans les SIG. Cet outil a permis de générer à la fin une carte des risques à l'inondation. Les critères sont les différentes cartes déjà réalisées tel que la carte d'occupation sol 24/04/2000.

La réalisation d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain) hydrologiquement consistant à notre zone d'intérêt nous a permis d'extraire de manière automatique les différentes cartes dérivées tel que la carte des pentes, carte des aspects, le réseau hydrographique, et les limites des différents sous bassins. Tout cela après avoir traité notre MNT des dépressions et des zones plate en utilisant la morphologie mathématique.

D'autres cartes ont été réalisées comme la carte des proximités au tissu urbain, carte de la distance par rapport au tissu végétale..., le Modèle Numérique de Terrain est utile pour la combinaison spatiale afin de générer la carte des risques a l'inondation. Le résultat obtenu et qui utilise les différentes techniques actualisées est encourageant, ce qui reste a complété est considérable, dans ce travail il ne s'agit que d'une modeste contribution à la maîtrise de l'utilisation des outils numérique tel que ArcGIS 9.3.

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE :

- BONN F & ROCHON G. 1992** « Précis de la télédétection »: Principe et méthodes. Volume1, UREF, presse de l'université de Québec, Canada.
- BOUZAHAR F .2006** Etude critique pour l'identification du parcellaire à partir des images Ikonos et spot5.
- BOUZAHAR F .2010** Cartographie des risques d'inondation.
- CALOZ R. 1992** « Télédétection satellitaire », notes de cours. Système d'information géographique I et II : 1ère partie.
- CCT. CANADA. 2000** Notions fondamentales de télédétection. Tutorial.
- CEA. 1993** « La télédétection aux fins de la cartographie topographique et thématique ». Cartographic and remote sensing bulletin. December 93, Economic commission for Africa.
- CNES. 1999** Imagerie Satellite, documentation produite par « Business Image Group » et « Spot Image ».
- DESACHY J. 1980** « Contribution à l'étude de la texture en télédétection ». Thèse de doctorat 3ème cycle, Toulouse. France.
- D'ERCOLE R.** « Les vulnérabilités des sociétés et des espaces Urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse » Revue de géographie alpine, Grenoble, tome 82, n°4, 1994.
- DEMARGNE, 2001** Qualité des MNT pour l'hydrologie "application a la caractérisation du régime de crues des bassins versants thèse "doctorat UNIVERSITE DE MARNE LA VALEE 275p.
- ESCADAFAL R. 1992** Etudes & Thèses « Caractérisation de la surface des sols arides par observation de terrain et par télédétection ».
- GDTA. 1993** Les spatiocartes : méthodes et exemples de réalisation. Cahiers pédagogiques du Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale.
- GIRARD M. C. 1986** « Interprétation pédologique des photographies prises par Spacelab 1 ». ITC. Journal 1986- 1.
- GENDREAU. N** « La méthode inondabilité », dans HUBERT G, LEDOUX B, Le coût du risque. L'évaluation des impacts socio-économiques des inondations, Paris, Presses de l'ENPC, 1999.

BIBLIOGRAPHIE

- HUET P. et al.** Retour d'expérience des crues de septembre 2002 dans les départements du Gard, de l'Hérault, du Vaucluse, des bouches du Rhône, de l'Ardèche et de la Drôme. Rapport IGE (Inspection Générale de l'Environnement). annexes A et B., juin 2003.
- Jenson & dominique 1988** Extracting topographic structure from digital Elevation data for geographic information system analysis. Photogrammetric engineering and remote sensing pp 1593-1600
- KETTAL 1996** Système expert d'information géographique orienté objet application à l'écoulement de l'eau sur les terrains. Thèse institut national des sciences appliquées.
- LEFORT. et al.** Évaluation des vulnérabilités aux inondations dans le cadre de la gestion opérationnelle des risques et du développement local (application au bassin versant de l'Orge aval). Mémoire de DEA Sciences et Techniques de l'Environnement, annexes, 2004.
- MOSTEPHAOUI T. 1997** « Utilisation de la télédétection dans la cartographie des sols et dans l'évaluation des potentialités agricoles en vue d'un aménagement Hydro-agricole à l'aide du S.I.G », cas de la plaine de Berriche et du bassin versant de l'Oued Guerrah (W. d'Oum El Bouaghi). Thèse de magister. CNTS, Arzew. 144 p.
- MDERBAL 2007** **SYSTEME D'AIDE AUX RISQUES d'inondation** – établissement d'un zonage du territoire pour une modélisation hydrologique à discrétisation spatiale selon la sensibilité aux risques d'inondations.
- MEDD** Organisme de référence: Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable.
- OID (USA)-2004** Observatoire des Inondations de Dartmouth (USA) -2004
- PDAU 2004** Plan Directeur d'Aménagement Urbain 2004
- PUECH, 2000** Risque d'inondation et modélisation hydrologique: piège de l'assimilation de paramètres issus de données spatiales .Article SIRNAT-JPRN2003.8p
- RIAZANOFF, 1989** Extractions et analyse automatique de réseaux à partir des MNT, Contribution à l'analyse d'image de télédétection. Thèse université de paris V II, 84p

BIBLIOGRAPHIE

SHARMAN et al.1991

M. Sharman et H. Boissezon, 1991. Action IV, de l'image aux statistiques : Bilan opérationnel après deux années d'estimation rapides des superficies et des rendements potentiels au niveau européen. Rapport concernant le projet pilote pour l'application de la télédétection aux statistiques agricoles, ISPRA

STRAHLER .A 1997

« Physical Geography Science and Systems of the Human Environment », John Wiley and Sons, New York, NY, 637pp.

TADJROUNI K. 2001

« Cours de télédétection ». Cycle ingénieur d'état 5^{ème} année ,40p.

UNIGE. 2001

« Cours de télédétection », département de géographie, Canada.