



UNIVERSITE BATNA -2-

INSTITUT DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DE GEOGRAPHIE ET

AMENAGEMENT DU TERRITOIRE



THESE EN VU DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE DOCTORAT (3 Cycle LMD)

OPTION : AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET GESTION DES RISQUES MAJEURS

Intitulé :

Contribution à la gestion des urgences et des situations de crises dues aux accidents majeurs en milieu urbain

Présenté par : Filali Abdelwahhab

Devant les membres du jury :

Mme. DRIDI Hadda	Pr.	Université Batna -2-	Présidente
Mr. KALLA Mahdi	Pr.	Université Batna -2-	Rapporteur
Mr. BOUTIBA Makhlof	Pr.	USTHB Alger	Examineur
Mr. GUETTOUCHE M ^{ed} . Said	Pr.	USTHB Alger	Examineur
Mr. Bouhata Rabah	MCA.	Université Batna -2-	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE : (2017/2018)

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail aux personnes qui sont chers à mon cœur :

Mes très chers parents, que Allah les préserve.

Mes frères et sœurs et toute la famille Filali.

Mes chers amis sans exception.

Remerciement

Je remercie Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force et le courage de finir ce travail.

Toute ma gratitude et mes remerciements vont particulièrement à mon directeur de thèse, monsieur le Professeur MAHDI KALLA, directeur d'institut des sciences de la terre et l'univers et directeur du laboratoire LRNAT pour ces conseils précieux et ces orientations constructrices.

Mes remerciements les plus sincères vont également aux membres de jury (le professeur DRIDI HADDA, le professeur GUETTOUCHE MOHAMMED SAID, professeur BOUTIBA MAKHLOUF et le docteur BOUHATA RABAH) qui ont accepté de participer à la soutenance de cette thèse.

Ainsi, je tiens ici à remercier tous les membres du département de Géographie et Aménagement du Territoire (enseignants et administrateurs).

Mes remerciements s'adressent aussi aux collègues de la promotion doctorale (2012/2013) pour leurs soutiens permanents.

Je remercie également ma famille qui a été toujours à côté de moi dans les moments difficiles et à tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.

Liste des abréviations

RGPH	Recensement Général de la Population et d'Habitat
DPSB	Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire
AEP	Adduction en Eau Potable
POS	Plan d'Occupation du Sol
PDAU	Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
SIG	Système d'Information Géographique
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture
ORSEC	Organisation de la Réponse de Sécurité Civile
GPS	Global Positioning System
ESRI	Environmental Systems Research Institute
MNT	Modèle Numérique des Terrains
MCD	Modèle Conceptuel de Données
MLD	Modèle Logique de Données
MPD	Modèle Physique de Données
SGBD	Système de Gestion des Bases de Données
UML	Unified Modeling Language
XML	Extensible Markup Language
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
KML	Keyhole Markup Language
OGC	Open Geospatial Consortium
SLD	Styled Layer Descriptor
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
SQL	Selection Query Language
API	Application Programming Interface
USACE	United States Army Corps of Engineers
DEM	Digital elevation model
USGS	United States Geological Survey
ETM+	Enhanced Thematic Mapper Plus
SCS	Soil Conservation Service
CN	Curve Number
PHAST	Process Hazard Analysis Software Tool
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion

TABLES DES MATIERES

TABLES DES MATIERES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE 1 : Contexte générale de la zone d'étude

Introduction.....	4
1. Situation géographique.....	4
2. Situation administrative.....	5
3. les tissus urbains de la ville d'El Eulma.....	6
4. Voirie et réseaux divers.....	7
4.1. Le réseau routier.....	7
4.2. Le chemin de fer.....	7
4.3. Réseaux techniques.....	8
5. Densité de population.....	8
6. Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU).....	9
7. L'étude climatique.....	9
7.1. Les caractéristiques climatologiques.....	9
7.1.1. Les précipitations	9
7.1.1.1. Précipitations moyennes annuelles	9
7.1.1.2. Les variations saisonnières et mensuelles des précipitations en mm.....	10
7.1.2. Les températures.....	11
7.1.3. Evaporation.....	12
7.1.4. La durée d'Insolation.....	13
8. La pente.....	13
9. Le réseau hydrographique.....	14
10. La géologie.....	15
Conclusion.....	16
CHAPITRE 2 : État de l'art sur les systèmes d'information géographique, les risques et la gestion des crises	
Introduction.....	17
1. Le risque.....	17

1.1. L'aléa.....	18
1.2. La vulnérabilité.....	18
2. Le risque majeur.....	18
3. Le milieu urbain, espace à risque.....	18
4. Dimension spatiale du risque.....	19
5. Le processus de gestion des risques et des crises.....	19
5.1. La prévention	19
5.2. La prévision.....	20
5.3. La gestion de la crise.....	20
5.4. Le retour d'expérience.....	20
6. Notion de crise.....	21
6.1. Qu'est-ce qu'une crise ?	21
6.2. Les quatre temps de la crise.....	22
6.3. Type des crises.....	22
6.4. Qu'est-ce que le management de crise ?	23
6.5. Les phases de la gestion de crise.....	23
6.5.1. La phase de prévention et d'atténuation	23
6.5.2. La phase de préparation.....	24
6.5.3. La phase de réponse.....	24
6.5.4. La phase de récupération.....	24
7. Définition et Historique des SIG.....	24
7.1. Les logiciel SIG.....	25
7.1.1. ArcGis.....	25
7.1.1.1. Géo-référencement.....	26
7.1.1.2. Geodatabase.....	26
7.1.1.3. Le modèle numérique de terrain.....	26
8. Fonction des SIG.....	26
9. La nécessité d'adopter un SIG.....	27
10. Les avantages des SIG.....	27
11. Historique des crises en Algérie.....	27
11.1. Les catastrophes dues aux inondations.....	27
11.2. Les catastrophes dues aux séismes.....	30
12. Historique des crises à El Eulma.....	31
13. Apport de la géomatique dans la gestion des crises.....	31

14. L'aide à la décision en situation de crise.....	32
15. La prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes en Algérie.....	32
Conclusion.....	33

CHAPITRE 3 : Modélisation, Base de données et système d'information géographique

Introduction.....	34
1. La modélisation conceptuelle des bases de données.....	34
2. La modélisation des données géographiques.....	34
3. La mise en place du SIG pour gestion de la crise.....	35
3.1. L'analyse des besoins.....	36
3.2. La conception.....	36
3.3. La réalisation.....	36
3.4. La mise en œuvre ou l'exploitation.....	36
4. Les modèles des bases de données.....	36
4.1. Le Modèle relationnel.....	36
4.2. Le Modèle orienté objet.....	37
4.3. Le Modèle objet relationnel.....	37
5. Le langage UML.....	37
5.1. Quelques concepts fondamentaux du formalisme UML.....	38
6. Case tools.....	39
7. Le modèle ArcInfo UML.....	40
7.1. La structure du ArcInfo UML model.....	40
7.2. L'élaboration du modèle de donnée avec Case Tools.....	41
7.3. La définition des propriétés des classes d'objets.....	41
7.4. Définition des propriétés des associations.....	42
7.5. La structure de la geodatabase dans ArcCatalog.....	43
Conclusion.....	48

CHAPITRE 4 : L'apport du WEB SIG dans la gestion des crises

Introduction.....	49
1. Le SIG Web : une solution pertinente pour la gestion des crises.....	49
2. La technologie de la cartographie sur le web.....	51
3. Définition du webmapping.....	53
4. Les services web.....	53
5. Les services géographiques.....	53

6. Les serveurs cartographiques dans Les systèmes de webmapping.....	56
6.1. La solution open source (gratuit).....	57
6.2. Solution commerciale).....	58
7. Les étapes d'élaboration du WEB SIG dédié à la gestion de la crise.....	59
8. Les modèle de communication les plus utilisés dans un système distribué.....	59
9. Architecture du WEB SIG.....	62
10. Le mode de fonctionnement.....	63
11. Les étapes à suivre pour mettre en ligne notre base de données à travers Geoserver.....	66
11.1. Configuration du Geoserver.....	66
11.2. Stylistation des couches.....	67
Conclusion.....	71

CHAPITRE 5 : Apport des SIG dans la modélisation hydrologique dans le bassin versant d'El Eulma (Algérie).

Introduction.....	72
1. La nécessité d'étudier le Bassin versant.....	72
2. La modélisation hydrologique.....	73
3. Méthodologie.....	75
3.1. Le remplissage des cuvettes.....	76
3.2. La direction des flux	76
3.3. L'accumulation des flux.....	78
3.4. La définition des écoulements.....	79
3.5. La segmentation du réseau d'écoulement.....	79
3.6. Délimitation en sous-bassins.....	80
3.7. Conversion des sous-bassins en format vecteur.....	81
3.8. Conversion du réseau hydrographique en mode vecteur.....	81
3.9. Agrégation des lignes de partage des eaux.....	81
4. Les données en entrée.....	81
4.1. La pluviométrie.....	81
4.2. L'occupation du sol au niveau du bassin versant.....	82
4.3. La lithologie.....	83
5. Caractéristiques des cours d'eau et des bassins hydrographiques.....	84

6. L'estimation de l' hydrogramme de crue.....	85
6.1. L'estimation des pertes.....	85
6.2. L'estimation de ruissellement.....	87
Conclusion.....	89

CHAPITRE 6 : La mise en œuvre d'un scenario de gestion des crises en milieu urbain

Introduction.....	90
1. Risque industriel.....	90
2. Méthodologie.....	91
2.1 La simulation d'un scenario.....	92
2.2 L'utilisation de l'analyse spatiale dans la cartographie de l'alea.....	93
2.3 Cartographie des enjeux.....	94
3. Modélisation et gestion des crises.....	95
4. L'accessibilité aux ressources.....	98
Conclusion.....	102

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

RESUME & ABSTRACT

LISTE DES FIGURES

Figure. 1: Ville d'El Eulma: Situation géographique.....	5
Figure.2: Situation administrative de la ville.....	6
Figure.3 : ville d'El-Eulma, Réseau routier.....	7
Figure.4 : Ville d'El-Eulma, répartition de la population par POS.....	8
Figure.5 : Les variations mensuelles des précipitations en mm (station de Sétif).....	10
Figure.6 : Les variations saisonnières des précipitations (station de Sétif).....	11
Figure.7 : Les variations des températures moyennes mensuelles (station de Sétif).....	12
Figure.8 : L'évaporation moyenne mensuelle (station de Sétif).....	12
Figure.9 : Durée d'Insolation en heures (station de Sétif).....	13
Figure.10 : la pente du bassin versant.....	14
Figure.11 : réseau hydrographique.....	14
Figure.12 : la géologie du bassin versant.....	15
Figure.13 : La boucle de la gestion des risques et des crises.....	18

Figure.14: Les différents niveaux de modélisation de l'information géographique (D'après Pirot & Saint Gérard, 2004).....	34
Figure.15: Les différents diagrammes utilisés dans la méthode UML (Muller & Gaertner, 2005).....	37
Figure.16 : aperçu du modèle ArcInfo UML sous Visio.....	39
Figure.17 : L'utilisation d'UML et CASE Tools pour la création de la Geodatabase...	40
Figure.18 : définition du nom de la classe d'entité.....	41
Figure.19 : définition des attributs de la classe d'entité.....	41
Figure.20 : définition de la géométrie de la classe d'entité.....	42
Figure.21 : définition du nom de l'association.....	42
Figure.22 : définition des clés de l'association (primaire et étrangère).....	43
Figure.23 : Modèle conceptuel des données élaboré sous Visio.....	44
Figure.24 : processus général d'exportation du modèle.....	45
Figure.25. Exportation du modèle.....	45
Figure.26. vérification de la validité du modèle.....	46
Figure.27. Hébergement du modèle.....	46
Figure.28. La geodatabase dans ArcCataloge.....	47
Figure.29. La télégéomatique chez les pompiers (Sauvagnargues-Lesage, 2001).....	50
Figure.30. Services Web (données vecteur, données raster).....	55
Figure.31. Architecture de communication client-serveur 3 tiers (D'après Tanenbaum et Van Steen, 2002).....	59
Figure.32. Modèle client-serveur dédié à la cartographie en ligne (Jegou, 2009).....	60
Figure.33. Architecture du web SIG.....	61
Figure.34. Création d'une base de données à l'aide de PgAdminIII.....	62
Figure.35. Procédure d'exportation des schapfiles.....	63
Figure.36. Exportation des couches de QGIS vers Geoserver.....	64
Figure.37. Vu de l'ensemble des couches sur le fond OpenStreetMaps.....	64
Figure.38. Préparation des couches d'information sous Geoserver.....	66
Figure.39. Personnalisation du style avec Udig.....	67
Figure.40. Schéma XML pour la personnalisation des couches d'information.....	68
Figure.41. Publication des couches sur Geoserver.....	69
Figure.42. Publication des couches sur Google Earth.....	70
Figure.43. la gestion du bassin versant dans le contexte de la prévention du risque hydrologique.D'après Cudennec (2007).....	71

Figure.44. Concept du cycle des sinistres adapté au risque inondation. D'après Thieken et al. (2007a). Sont entourés les outils de connaissance de l'aléa fournis par l'hydrologie.....	72
Figure.45. Schéma général de la modélisation hydrologique (Ngo, 2012).....	74
Figure.46. Le remplissage des cuvettes sous Hec Géo-Hms.....	75
Figure.47. Le principe du codage de la direction des flux Source: ESRI.....	76
Figure.48. La direction des flux sous Hec Géo-Hms.....	76
Figure.49. Le principe du codage (Accumulation d'écoulement) (ESRI).....	77
Figure.50. L'accumulation d'écoulement sous Hec Géo-Hms.....	78
Figure.51. Les segmentations du réseau d'écoulement.....	79
Figure.52. Délimitation des sous-bassins.....	79
Figure.53. Les sous-bassins et le réseau hydrographique en format vecteur.....	80
Figure.54. Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.....	81
Figure.55. Carte Lithologique de la zone d'étude.....	83
Figure.56. Caractéristiques numériques du bassin versant.....	84
Figure.57. Estimation du Curve Number (CN).....	85
Figure.58. Prétraitement des données et génération de projet en HEC-GeoHMS.....	87
Figure.59. Conceptualisation du risque industriel majeur (Rasse, 2009).....	90
Figure.60. Organigramme de la méthodologie adoptée.....	91
Figure.61. Représentation des enveloppes d'un BLEVE.....	92
Figure.62. Enveloppe des intensités d'effet thermique d'un BLEVE (Ville d'El Eulma).....	93
Figure.63. Enjeux présents dans le périmètre de danger (Ville d'El Eulma).....	94
Figure.64. Organisation des secours.....	96
Figure.65. Centre de soin le plus proche.....	99
Figure.66. Ressource la plus proche (Réservoir d'eau).....	100
Figure.67. Couverture des endroits de recasement provisoire.....	101

Liste des tableaux

Tableau.1 : Les coordonnées de la station météorologiques Sétif.....	9
Tableau.2 : La variation annuelle des précipitations (station de Sétif).....	10
Tableau.3 : Variations saisonnières et mensuelles des précipitations (station de Sétif).....	10

Tableau.4 : Températures moyenne mensuelle (station de Sétif).....	11
Tableau.5 : L'évaporation moyenne mensuelle (station de Sétif).....	12
Tableau.6 : Durée d'Insolation en heures (station de Sétif).....	13
Tableau.7 : principaux séisme en Algérie.....	30
Tableau.8 : Quelques éléments du modèle UML et leur représentation graphique.....	38
Tableau. 9: Les trois vagues évolutives des SIG (inspiré de Ganatapi, 2010).....	51
Tableau.10 : Les services web : les normes de l'OCG.....	54
Tableau.11: Le SCS groupes de sols et les taux d'infiltration (Skaggs et Khaleel, 1982; SCS, 1986).....	86

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Chaque année, les catastrophes naturelles et technologiques font des dégâts importants à travers le monde, ces dégâts ont pour cause la multiplication des phénomènes extrêmes, mais aussi en raison de l'augmentation de la population dans les zones à risques. D'après le CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters), les catastrophes naturelles surviennent de plus en plus fréquemment et sont de plus en plus violentes. D'après la Croix rouge internationale sur les catastrophes naturelles mondiales, le coût économique des catastrophes naturelles est considérablement multiplié. Les pertes économiques directement dues aux catastrophes naturelles ont été multipliées par cinq, rien qu'au cours des deux dernières décennies. Les pertes dues aux catastrophes naturelles sont encore plus dévastatrices pour les défavoriser, particulièrement dans les pays en voie de développement.

Ces catastrophes traduisent l'accroissement des vulnérabilités et des risques, notamment dans les villes du sud. Les causes mises en évidence sont multiples : le développement de l'urbanisation dans les zones exposées ou inadaptées, des systèmes de construction inappropriés, l'accroissement de la pauvreté et des inégalités, l'absence de moyens financiers ou encore un contrôle limité des institutions politico-administratives (D'Ercole, 1994 ; Chardon, 1996 ; Mitchell, 1999 ; Pelling, 2003 ; Veyret et al, 2004 ; IFRC, 2010).

Ces dernières années, l'Algérie a été frappée par de nombreuses catastrophes naturelles et technologiques, les plus dévastatrices sont celles causées par l'aléa naturel et plus particulièrement les séismes et les inondations, ces phénomènes faisant 3 457 morts et d'importants dégâts matériels et environnementaux entre 1994 et 2009. La ville d'El Eulma fait partie de nombreuses villes algériennes soumises à différents types de risques. Sa croissance grandissante d'ordre spatial et démographique et son caractère d'attractivité a générée des dysfonctionnements majeurs et une vulnérabilité extrême qui s'intensifie en tous azimuts. Le facteur principal de cette dynamique c'est l'exposition croissante à des aléas destructeurs du fait d'une forte expansion urbaine vers les espaces à risque.

La gestion de crise rassemble l'ensemble des moyens mis en œuvre pour protéger, informer, et secourir les populations. Elles nécessitent des outils opérationnels pour

des décisions rapides (Hostache, 2006). Cependant, La gestion des catastrophes consiste à développer des stratégies pour réduire l'impact de celles-ci et de fournir une assistance aux populations touchées. Répondre aux catastrophes naturelles ou d'origine humaine en temps opportun et d'une manière efficace peut être considéré comme un facteur primordial de réduction du nombre de victimes et de blessures.

Donc, les SIG par leur rôle clé dans la gestion des risques et des crises sont devenues un outil incontournable, leur capacité d'apporter des solutions adéquates en termes de gestion des risques et des crises faisant d'eux un moyen crucial qui doit être adopté par les différents acteurs.

Les systèmes d'information géographique (SIG) sont devenus des outils intégrés de gestion des catastrophes, actuellement, ils sont utilisés dans les quatre phases de gestion d'une catastrophe: atténuation, préparation, intervention et rétablissement. (Cutter, 2003). En outre, Les SIG peuvent soutenir avec précision une meilleure planification de l'intervention dans des domaines tels que la détermination des itinéraires d'évacuation ou la localisation d'infrastructures vulnérables et de lignes de vie vitales, etc. ils soutiennent également la planification logistique pour pouvoir fournir des fournitures de secours en affichant les informations disponibles précédemment sur routes, ponts, aéroports, chemins de fer, etc. (Mukhopadhyay et Bhattacharjee, 2015)

La problématique de la thèse porte sur la gestion des urgences et des situations de crise dues aux accidents majeurs (catastrophes naturelles ou technologiques). Pour rappel, le principe de base de la gestion d'une situation de crise est basé sur le "retour à la normale".

L'objet de cette thèse est d'explorer profondément ce principe en vue d'optimiser l'accélération du retour à la normale suite à une situation de crise. Pour atteindre cet objectif, les systèmes d'information géographique s'avèrent des outils pertinents qui répondent au besoin de cette problématique. Donc, afin d'illustrer l'utilité de cet outil, les questions de recherche auxquelles ce travail souhaite répondre sont les suivantes :

Quel est l'itinéraire optimal pour une éventuelle évacuation ?

Comment la population doit être informée ?

Quelles sont les installations qui devront servir de lieux d'hébergement?

Où doivent être localisées les stations de feux ?

Combien d'unités médicales sont nécessaires ?

Comment peut-on servir des nouvelles technologies notamment le WEBSIG pour gérer la crise ?

Pour répondre à ces questions, notre approche vise à créer une base de données géographique en vue d'améliorer la connaissance sur les risques et leurs composantes (aléa et vulnérabilité) et d'optimiser le processus d'intervention en cas de crise. L'exploitation et l'interrogation de cette base de données a permis de mettre en place un outil de prévision des inondations à travers la modélisation géographique d'une part et de trouver des solutions pour aider les acteurs concernés dans le processus d'intervention d'autre part.

Afin d'atteindre les objectifs espérés, nous avons choisi d'organiser la thèse en six chapitres :

Le premier chapitre a pour objectif de mettre en évidence un diagnostic sur les caractéristiques physiques et climatiques du milieu. Ceci a permis de donner une vision sur les faiblesses et les atouts de la zone d'étude.

Le deuxième chapitre présente des concepts généraux sur les systèmes d'information géographiques, les risques et la crise. En effet, il aborde l'utilité des SIG dans le processus de gestion des risques et des crises.

Le troisième chapitre consiste à mettre la lumière sur la modélisation et plus précisément la modélisation des données géographiques qui a pour objectif de présenter le monde réel autant possible. Cette modélisation pouvant être représentée à l'aide du modèle «ArcInfo UML model» développé par ESRI.

Le quatrième chapitre vise à développer un outil d'aide à la décision sous forme d'un web GIS. La mise en œuvre pratique de cet outil c'est-à-dire la mise en ligne des informations utiles lors d'une crise qui doivent être exploitées par les décideurs.

Le cinquième chapitre est dédié à la modélisation hydrologique du bassin versant d'El Eulma qui a pour but de connaître sa réponse. La connaissance en préalable du comportement du bassin versant peut être considérée comme un outil de prévision des inondations.

Le sixième chapitre est destiné à concevoir un scénario d'explosion au sein d'une zone industrielle à travers l'utilisation d'un logiciel de simulation PHAST, puis d'exploiter les extensions d'ArcGIS pour proposer des itinéraires d'intervention et d'évacuation.

CHAPITRE 1

CONTEXTE GENERALE DE LA ZONE D'ETUDE

Introduction

La description des caractéristiques physique et climatique de n'importe quelle zone peut donner une vision sur ses faiblesses et ses atouts. Dans ce chapitre, nous avons pu faire un diagnostic général sur deux échelles ; à l'échelle du bassin versant et à l'échelle de l'espace urbain.

1. Situation géographique

El Eulma (ex Saint –Arnaud) (Fig.1) est la deuxième ville de la Wilaya de Sétif par sa superficie et son nombre d'habitants. Située dans les hauts plateaux Sétifiens, sur la route nationale N°5, la ville se trouve à 25 km, à l'Est de Sétif et à 100 km à l'Ouest de Constantine. Elle représente le second pôle économique de la Wilaya, la ville d'El Eulma possède une influence digne d'une grande ville par sa position géographique et son potentiel économique régional. La ville a connu une rapide croissance spatiale et démographique, cette croissance n'a pas pris en compte les risques que peut subir le milieu. Selon le Recensement Général de la Population et d'Habitat (RGPH), elle regroupe 141920 habitants en 2008 et une population estimée à 181856 habitants en 2015 selon la direction de la programmation et du suivi budgétaire (DPSP) de la wilaya de Sétif, dont 6450 personnes exercent leurs activités dans le secteur de l'industrie. Une zone industrielle localisant les activités économiques est marquée par une prédominance du secteur privé (chimie, matériaux de construction, plastique, agroalimentaire...) et le secteur public (produits pétroliers et gaziers sous forme d'unité de stockage et de distribution). En matière d'infrastructure, on note la présence d'un réseau d'axes routiers importants, dont deux routes nationales N°5 et N°77 qui traversent la ville, une autoroute au nord de la ville et un chemin de fer traversant la zone industrielle. Cette situation génère une grande vulnérabilité en cas d'un dysfonctionnement grave de système de sécurité urbain.

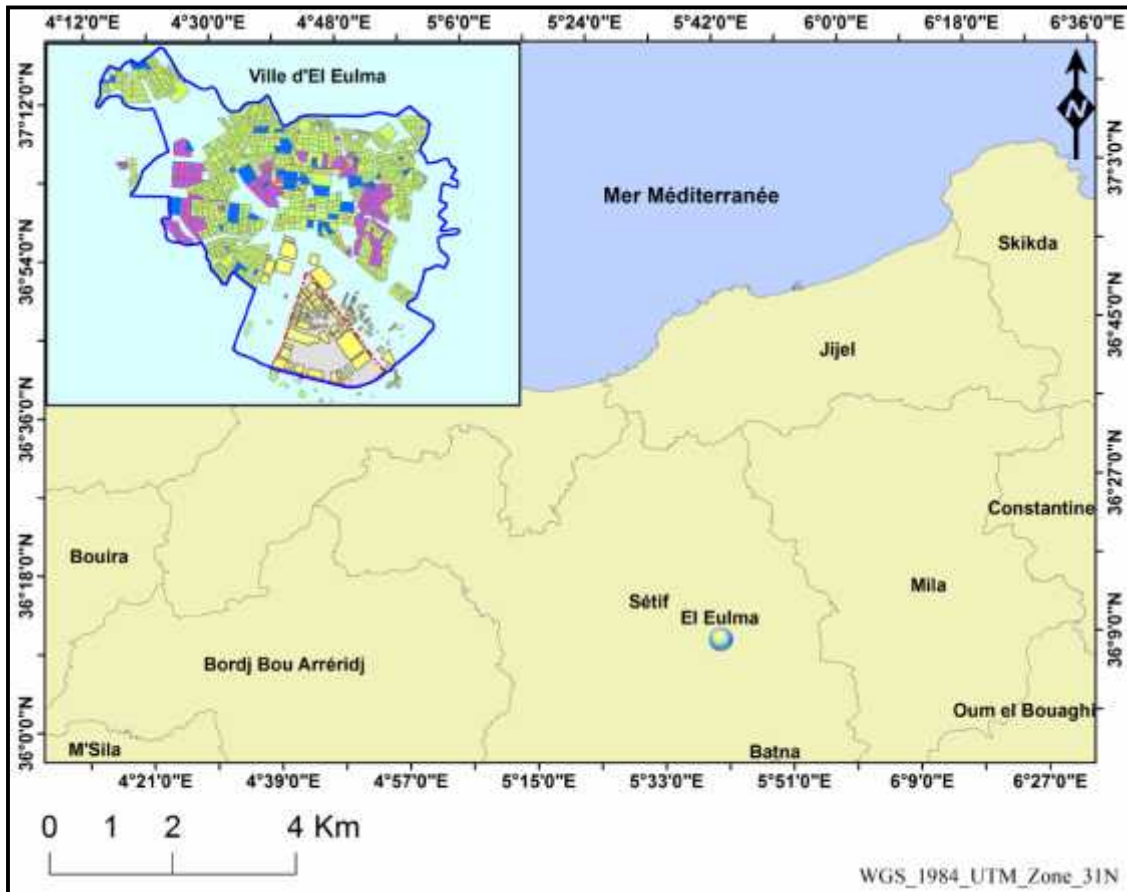


Figure. 1 : Ville d'El Eulma: Situation géographique.

2. Situation administrative

Située à 27 kilomètres de SETIF, s'étend sur une superficie de 364 km² et englobant environ une population de 180 400 habitants selon le RGPH 2008, elle est limitée par Fig.2:

- ✓ Au nord est par la commune de GUELTA ZERGA.
- ✓ Au sud par la commune BAZER SAKRA.
- ✓ A l'ouest par la commune d'OULED SABER.
- ✓ A l'est par la commune de BIR EL ARCH et BELAA.

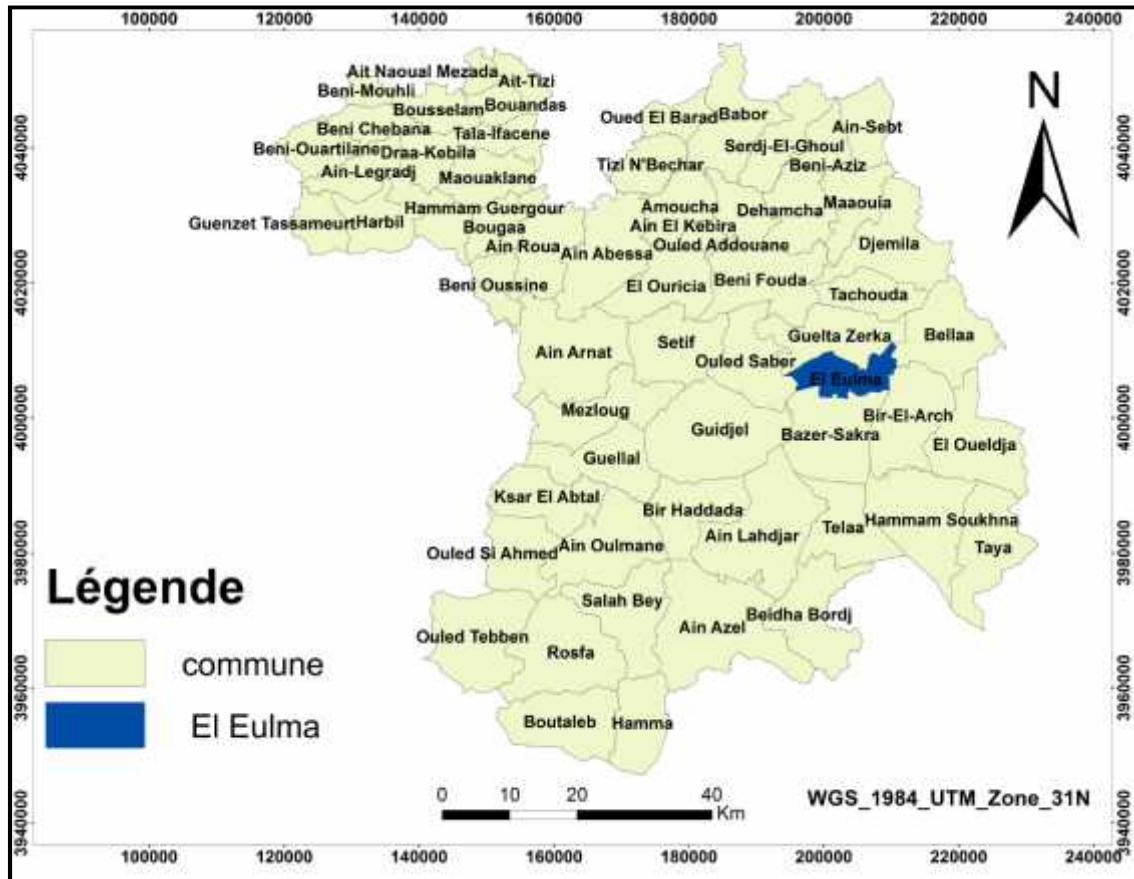


Figure.2: Situation administrative de la ville.

3. les tissus urbains de la ville d'El Eulma :

Les tissus urbains dans n'importe quel espace urbain montrent des fonctionnements et des formes très différentes, ils sont constitués de trois trames différentes:

- la trame parcellaire qui représente les limites entre les propriétés.
- La trame bâtie.
- La trame non bâtie constituée du réseau routier et d'espaces ouverts.

L'étude des caractéristiques du tissu urbain permet de mettre en évidence tous types de contraintes existantes et d'orienter surtout le développement à travers une organisation spatiale adéquate dans le futur.

La ville de possède une variété importante de formes urbaines, elle se compose de plusieurs îlots qui contiennent des parcelles denses et dispersées, homogènes et non homogène avec des formes géométriques diverses.

4. Voirie et réseaux divers :

Certaines infrastructures jouent un rôle primordial dans le fonctionnement de la ville que ce soit pour le transport ou pour les réseaux divers assurant la mobilité de la population et la connectivité aux éléments de base de la vie.

4.1. Le réseau routier:

Différentes infrastructures sont associées au réseau routier qui assure la circulation des personnes et la complémentarité entre les différentes fonctions urbaines et sociales.

Le développement urbain rapide de la ville d'El Eulma est lié essentiellement à sa situation par rapport au réseau routier important.

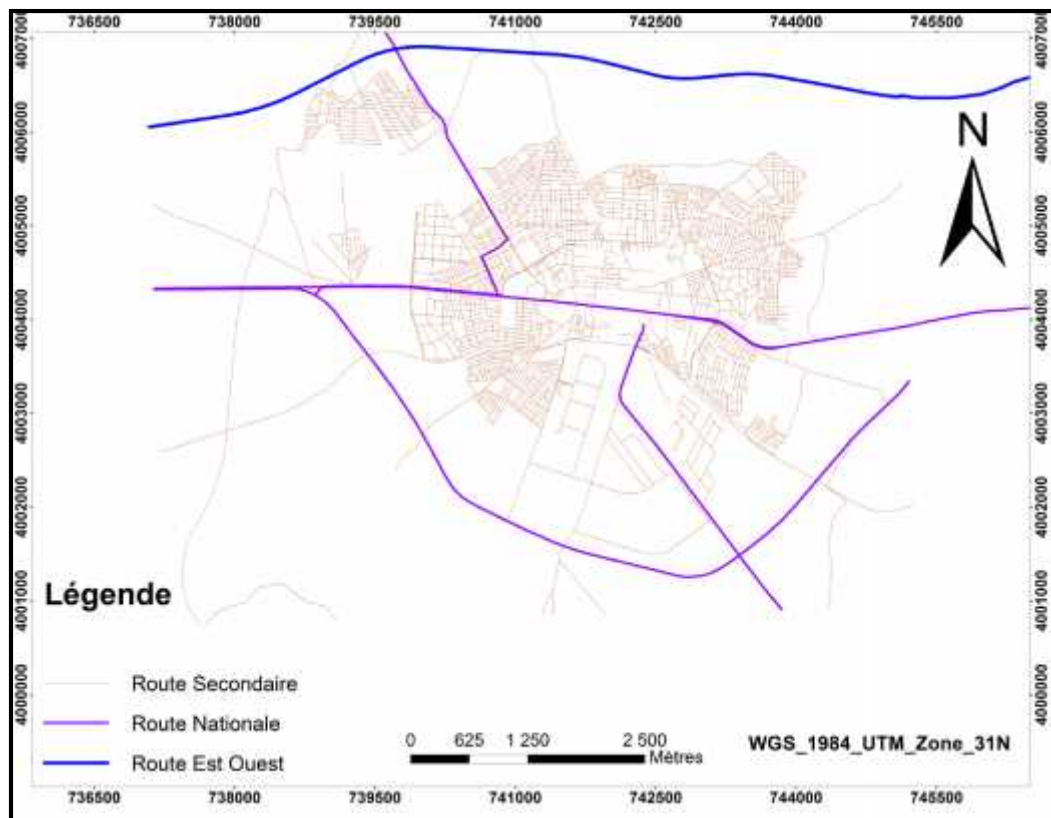


Figure.3 : ville d'El-Eulma, Réseau routier

4.2. Le chemin de fer:

Le chemin de fer joue un rôle crucial en termes de développement économique d'une ville, il assure surtout le transport de marchandises.

4.3. Réseaux techniques :

Les réseaux techniques sont des services composés de plusieurs éléments nécessaires pour la vie quotidienne. Nous pouvons citer le réseau AEP, l'assainissement, le réseau électrique, le réseau téléphonique et le réseau de gaz.

5. Densité de population:

La population de la ville d'El Eulma est de 141.920 habitants répartie sur une superficie de 1013 hectares, avec une densité estimée très élevée (140 personnes / ha) en 2008 soit 71m²/hab, surface inférieure aux normes des Nations unies évaluées à 100m²/hab.

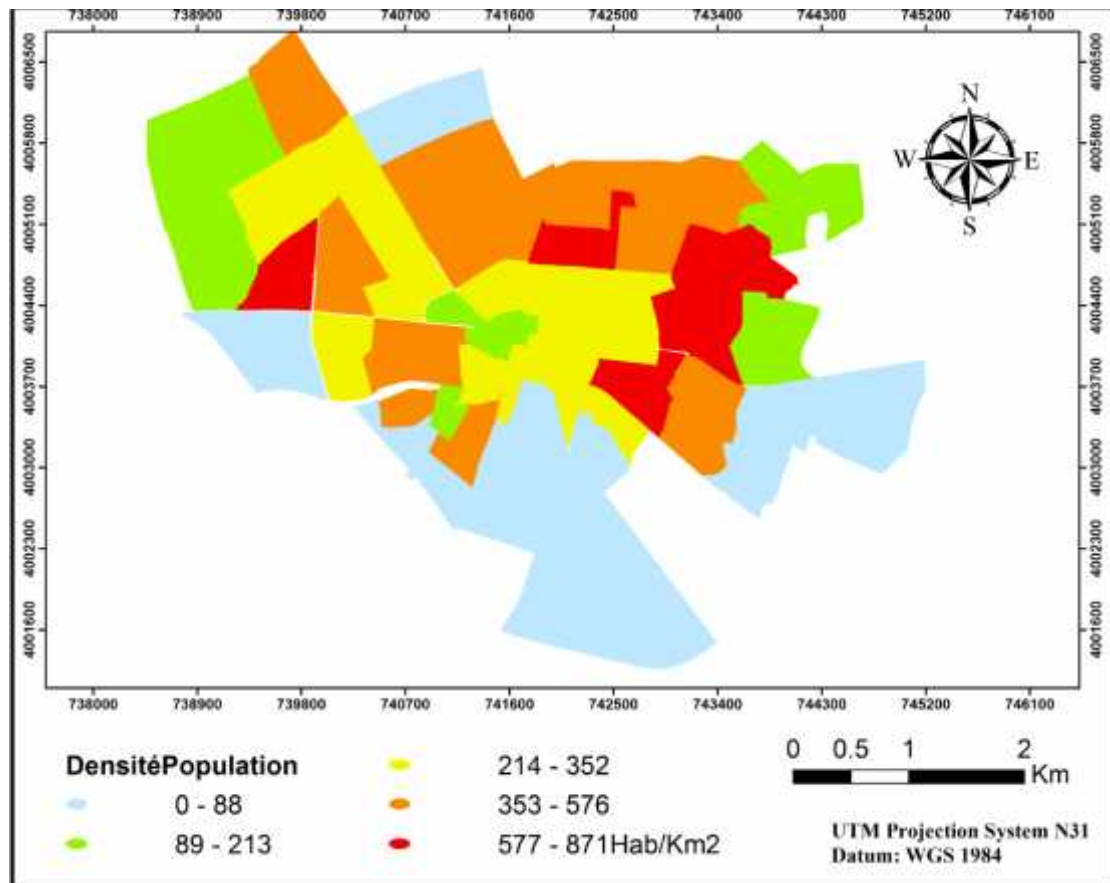


Figure.4 : Ville d'El-Eulma, répartition de la population par POS

6. Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU)

Le plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) est un instrument de planification spatiale et de gestion urbaine fixant les orientations fondamentales de l'aménagement du territoire de la ou les commune(s) concernée(s). (Loi n° 90-29).

Cet instrument indispensable au développement de la collectivité locale joue un rôle important dans la rationalisation de l'utilisation des sols et leur prévision pour la satisfaction des besoins présents et futurs de développement durable (Loi n° 90-29).

7.L'étude climatique

Cette section a pour objet de décrire les caractéristiques climatiques de la zone d'étude qui ont un impact permanent et important sur la vie sociale et économique d'une région.

7.1. Les caractéristiques climatologiques :

Cette étude est basée sur les données de la station météorologique de Sétif, située à quelque kilomètre à l'ouest de la ville. La station enregistre pour une période qui s'étale de 1981 à 2005 (24 ans).

Tableau.1 : Les coordonnées de la station météorologiques Sétif.

La longitude	La latitude	L'altitude
5° 24' Est	36° 11 Nord	1081 m

7.1.1. Les précipitations :

Les précipitations sont des apports d'eau parvenant au sol sous forme liquide (pluie ou rosée) ou solide (neige ou grêle) en provenance directe ou indirecte de la condensation de la vapeur d'eau atmosphérique. Les précipitations (pluie ou neige) sont mesurées à la surface de la terre en millimètres. Le terme lame d'eau tombée est également employé pour quantifier les précipitations (Actu-environnement 2003).

7.1.1.1. Précipitations moyennes annuelles :

Le tableau suivant mentionne les variations annuelles des précipitations de la station Sétif.

Tableau.2 : La variation annuelle des précipitations (station de Sétif).

Années	1981	1982	1983	1984	1985	1986
P (mm)	332.9	321.2	430.3	329.1	295.3	380.6
Années	1987	1988	1989	1990	1991	1992
P (mm)	268.7	424.6	403.1	398.4	101.2	505.0
Années	1993	1994	1995	1996	1997	1998
P (mm)	319.2	272.9	122.4	442.9	402.4	455.9
Années	1999	2000	2001	2002	2003	2004
P (mm)	384	337	277	417	388	415.5
Années	2005	2006	2007	2008	2009	2010
P (mm)	353.4	423.2	379	409.4	366	392

7.1.1.2. Les variations saisonnières et mensuelles des précipitations en mm :

Le tableau suivant mentionne les variations saisonnières et mensuelles des précipitations de la station Sétif.

Tableau .3 : Variations saisonnières et mensuelles des précipitations (station de Sétif).

Saison	Hivers			Printemps			Eté			Automne		
Mois	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOUT	SEP	OCT	NOV
P (mm)	52	60	45	43	36	51	28	11	14	37	39	53
	157			130			50			129		

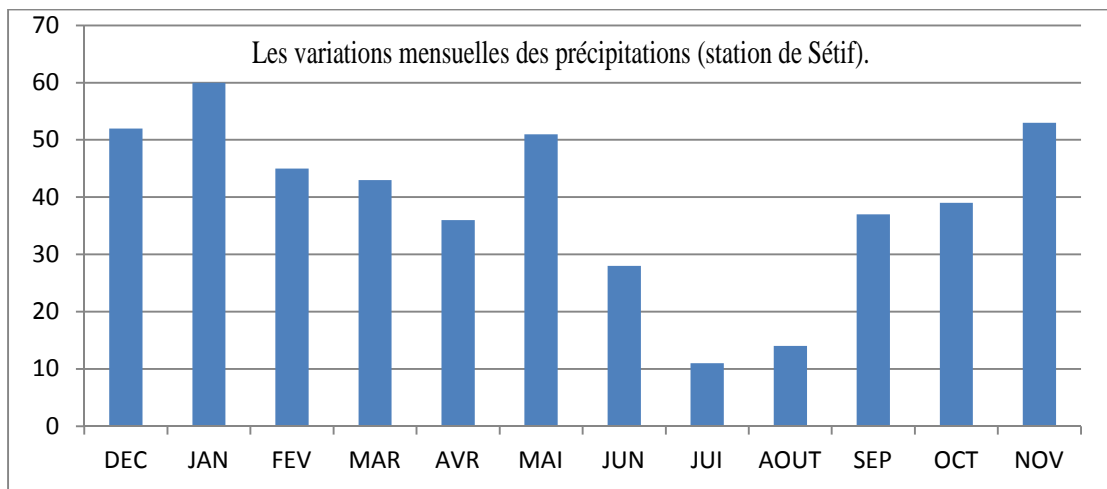


Figure.5 :Les variations mensuelles des précipitations en mm (station de Sétif).

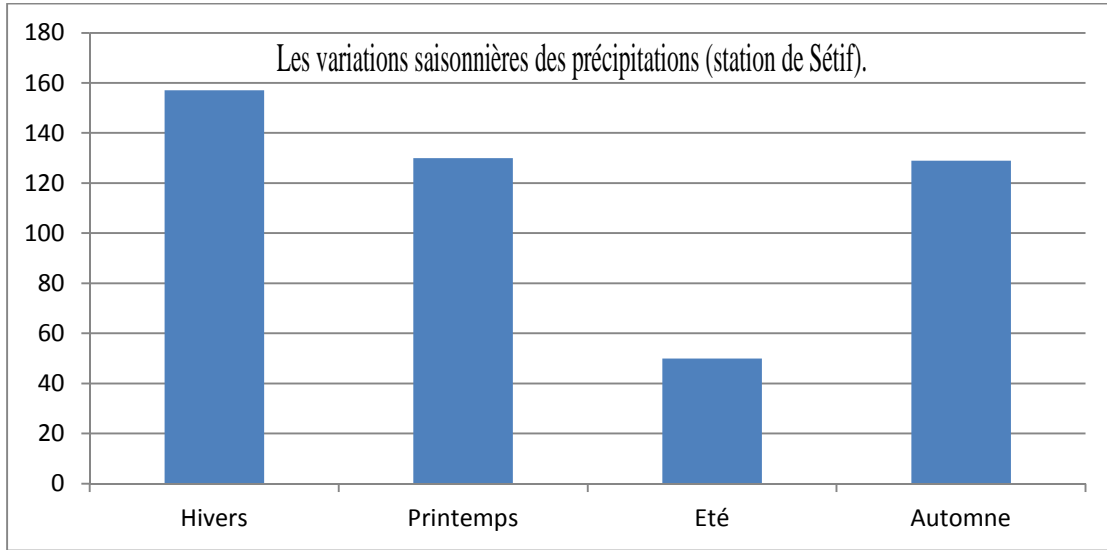


Figure.6 : Les variations saisonnières des précipitations (station de Sétif).

La valeur maximale des précipitations moyennes mensuelles est enregistrée durant le mois de Janvier avec 60 mm. La valeur minimale des précipitations moyennes mensuelles est enregistrée durant le mois Juillet avec 11 mm.

En ce qui concerne le régime saisonnier, l'hiver et l'automne sont les deux saisons les plus pluvieuses et représentent respectivement 157 mm et 129 mm. L'été est la saison la plus sèche avec 50 mm.

7.1.2. Les températures :

Les températures subissent un gradient thermique décroissant avec l'altitude (Beloulou, 2008).

Tableau.4 : Températures moyenne mensuelle (station de Sétif).

MOIS	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
T (C°)												
minimale	13.9	9.1	4.5	1.3	0.4	1.1	3.2	5.5	9.2	13.5	16.9	19.7
maximale	27	20.4	14	10.1	9.1	11	14	18	24.4	27.7	32.5	31.1
moyenne	20.4	14.7	9.24	5.7	4.8	6	8.6	11.8	15.8	20.6	24.3	24.7

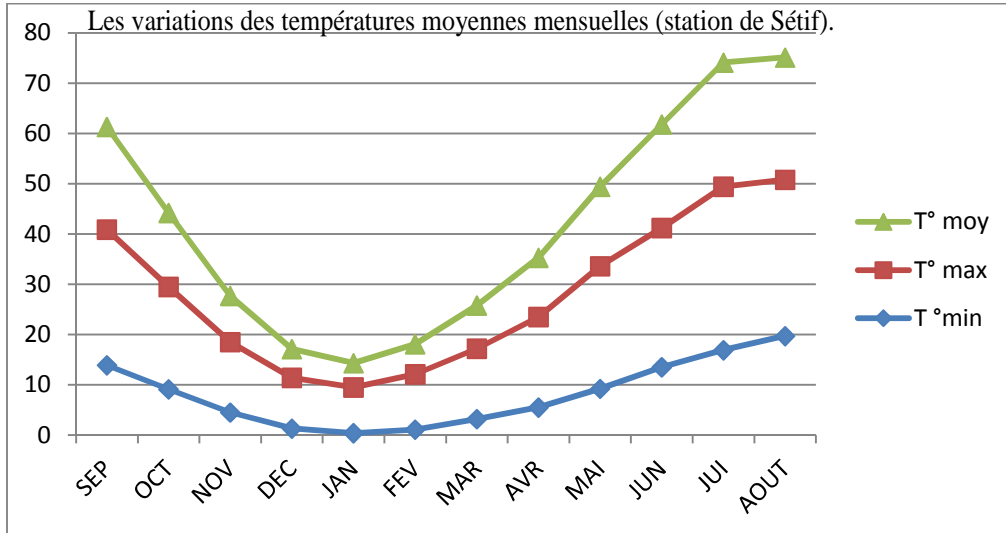


Figure.7 : Les variations des températures moyennes mensuelles (station de Sétif).

D'après la figure, le maximum des températures mensuelles atteignent au mois de Juillet et Août 24,7 C et les le minimum observé est au mois de Janvier avec 4,8°C.

7.1.3. Evaporation :

C'est passage de la phase liquide de l'eau à la phase gazeuse, elle est exprimée en mm.

Tableau.5 : L'évaporation moyenne mensuelle (station de Sétif)

Mois	SEP	OC T	NO V	DE C	JA N	FE V	MA R	AV R	MA I	JU N	JUI	AO UT
Evaporat ion en mm	218 .7	150 .3	85. 7	60. 6	72. 2	79. 2	119. 7	137 .7	193 .5	282 .5	371 .7	347

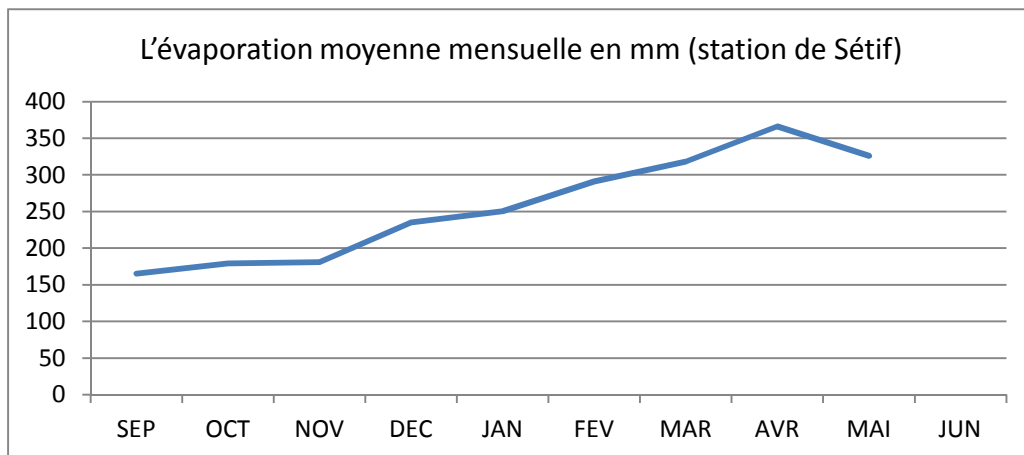


Figure.8 : L'évaporation moyenne mensuelle (station de Sétif).

L'évaporation atteint sa valeur maximale au mois de juillet avec une valeur de 371.7 mm par contre, elle atteint sa valeur minimale au mois de décembre avec une valeur 60.6 mm.

7.1.4. La durée d'insolation :

L'insolation est l'action du rayonnement du soleil sur un objet. Elle est exprimée en heure.

Tableau.6 : Durée d'Insolation en heures (station de Sétif)

Saison	Hivers			Printemps			Été			Automne		
Mois	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUI	AOUT	SEP	OCT	NOV
Durée d'Insolation (heures)	165.3	179.3	180.7	235.2	250.2	291	317.9	366.5	326.1	265.9	229.4	185.6
	175.1			258.83			366.83			266.97		

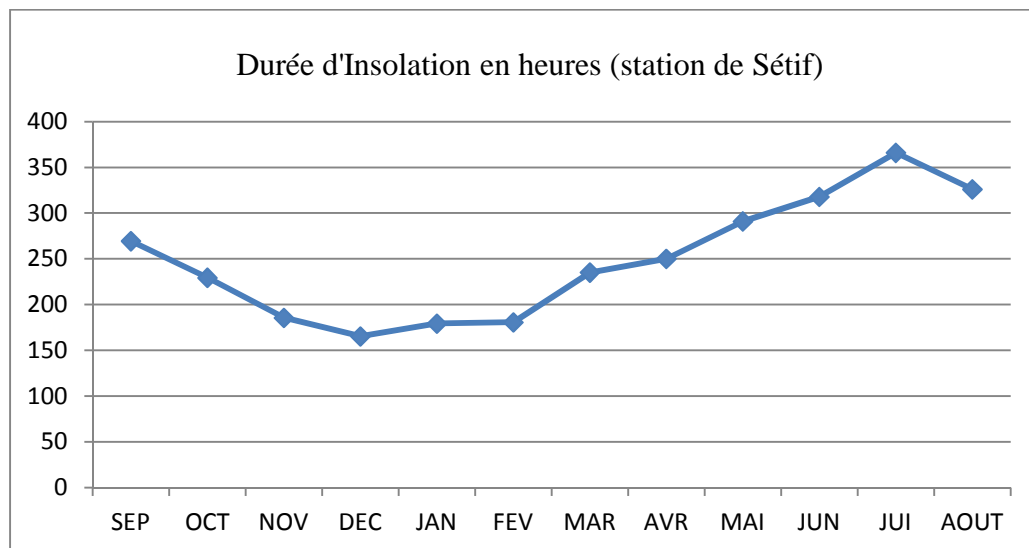


Figure.9 : Durée d'insolation en heures (station de Sétif).

La figure montre que la durée d'insolation atteint son maximum saisonnier en été avec 366.83 heures, et atteint sa valeur maximale mensuelle au mois de juillet avec 366.5 heures par contre en hiver la durée d'insolation abaisse à sa valeur minimale de 175.1 heures avec une valeur mensuelle minimale de 165.3 heures au mois de décembre.

8.La pente :

La pente faible et celle qui possède les valeurs entre 0 et 5 %, la pente moyenne se située entre 5 et 10 %, la forte se situe entre 10 et 15 % et enfin la pente très forte est celle qui dépasse 15 % qui représente un relief montueux et qui constitue souvent un obstacle pour le développement urbain en Algérie.

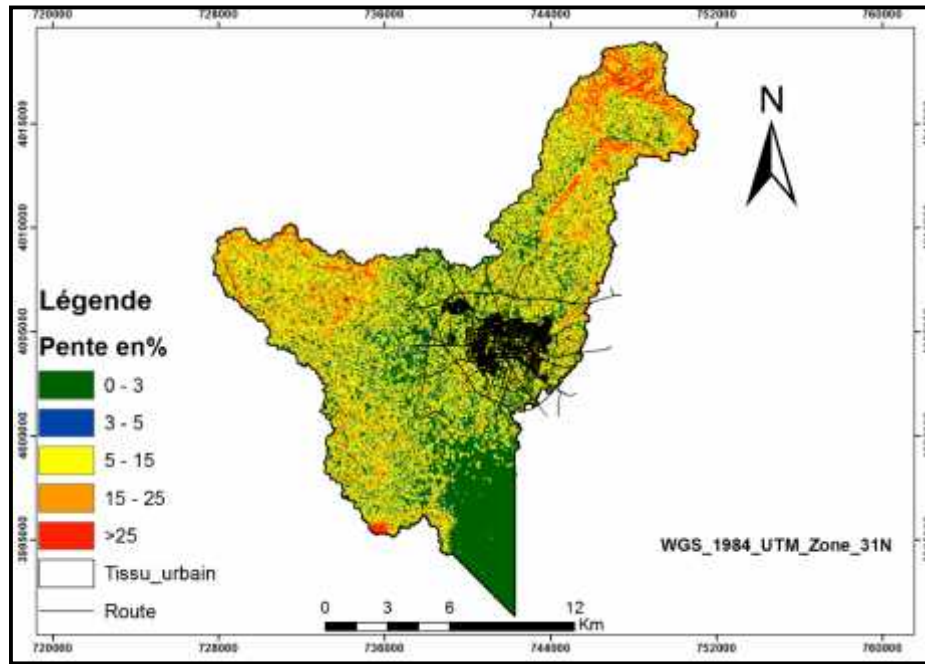


Figure.10 : la pente du bassin versant

9. Le réseau hydrographique :

Le développement du réseau hydrographique est lié à la nature lithologique des formations superficielles, la végétation, le climat et le type de relief en place (Beloulou, 2008). La classification d'un réseau hydrographique est une hiérarchisation des éléments qui constituent ce réseau en donnant à chacun une valeur qui représente son importance.

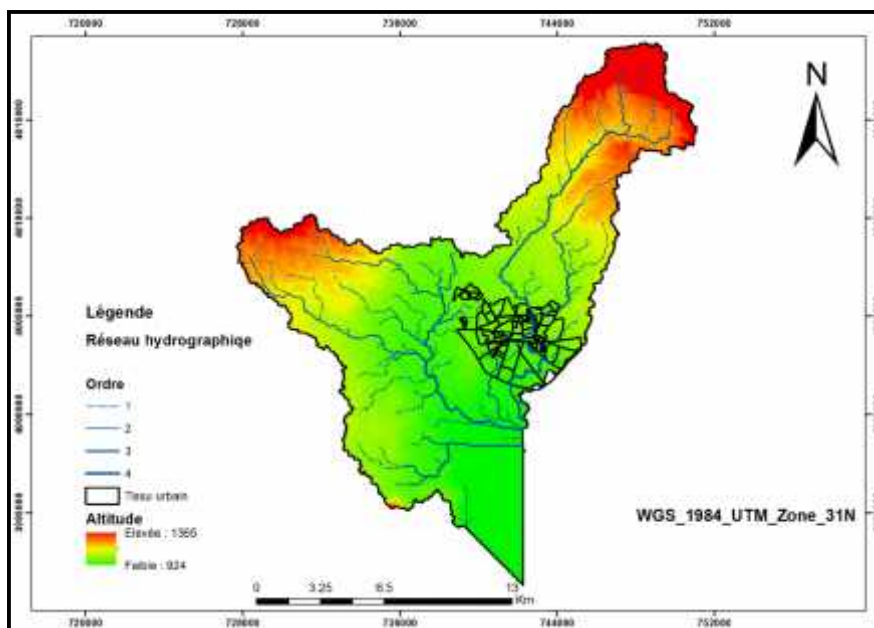


Figure.11 : réseau hydrographique

10. La géologie :

Le bassin versant d'El Eulma fait partie des hautes plaines sétifiennes, il est compris entre la dépression du chott El Hodna et la chaîne du Djurdjura, il englobe deux types de domaine paléogéographique ; au Nord, c'est les domaines de la nappe tellienne (nappe de Djemila) ; et au sud, c'est le domaine de l'avant pays allochtone (la nappe de l'ensemble allochtone sud-sétifiennes).

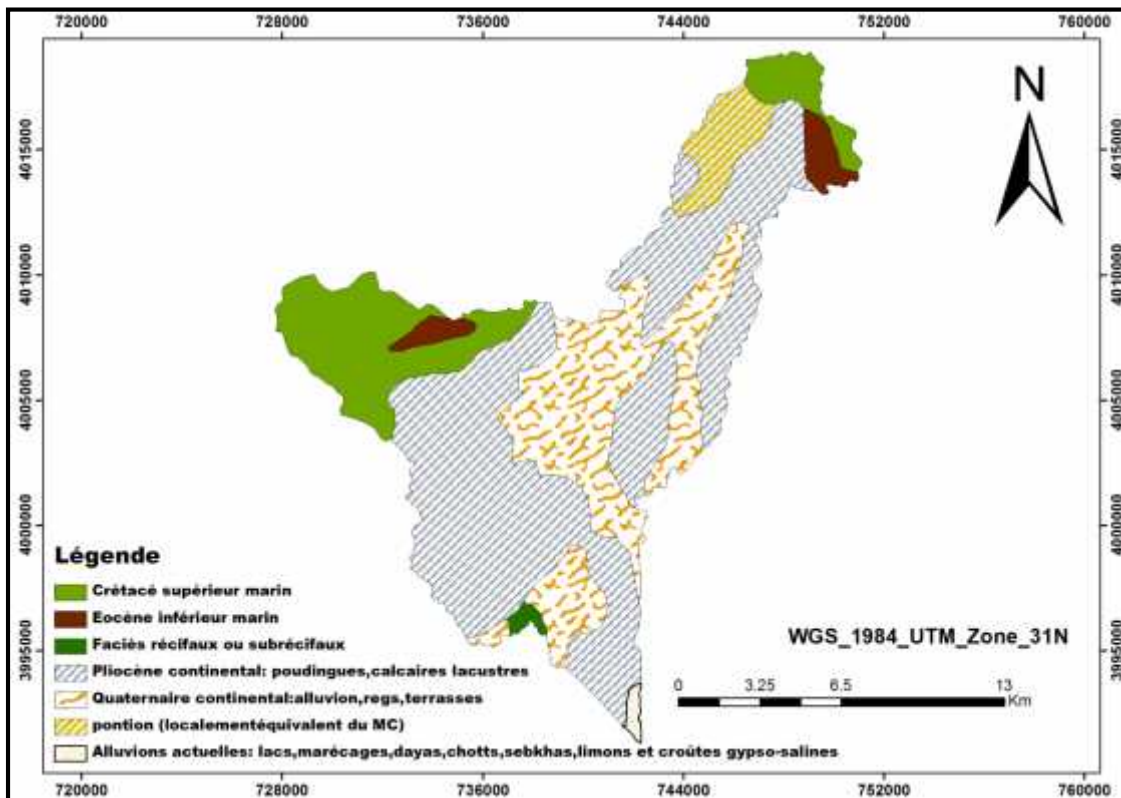


Figure.12 : la géologie du bassin versant

Conclusion

À terme de ce chapitre, il est clair que la ville d'El Eulma possède un site important. De plus, l'étude des caractéristiques socio-économiques et climatiques est une étape fondamentale permettant de mieux comprendre les faiblesses et les atouts de la zone d'étude. Cependant, la croissance spatiale et démographique effrayante a augmenté extrêmement le niveau de vulnérabilité.

CHAPITRE 2

ÉTAT DE L'ART SUR LES RISQUES, LA GESTION DES CRISES ET LES SYSTEMES D'INFORMATION GEOGRAPHIQUES

Introduction

Les systèmes d'information géographique, la gestion des risques et le management des crises, ces trois thématiques sont d'actualité d'où le monde entier ne cesse de parler de celles-ci à travers les médias et les milieux scientifiques. Cependant les SIG par leur rôle clé dans la gestion des risques et des crises sont devenues un outil incontournable qui doit être adopté par les différentes sociétés.

Ce chapitre consiste en une revue de littérature qui nous permettant de mettre la lumière sur les systèmes d'information géographique et leur capacité d'apporter des solutions adéquates en terme de gestion des risques et des crises.

1.Le risque

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture (UNESCO), Le risque est le croisement de l'aléa et de la vulnérabilité. Le risque constitue donc une fonction de la probabilité d'un accident et ces conséquences (Tanzi, Delmer, 2006). Ainsi, le risque se définit comme la confrontation entre un phénomène dangereux, l'aléa, dont l'intensité et la probabilité d'occurrence sont évaluées, et les enjeux, possédant une certaine vulnérabilité, répartis sur un territoire (Ayrat, 2001, b). Donc à travers ces définitions, le risque peut être exprimé avec l'équation suivante :

$$R = f(A, V)$$

D'où : R est le risque, A l'aléa et V la vulnérabilité

Plusieurs auteurs ont définis cette fonction selon les approches d'analyse des risques. Pour certains (Degradin et al., 2001 ; Dauphiné, 2001), ils considèrent que f est une fonction de produit, un croisement pour (Medd et Metltm, 2002), une combinaison pour (Griot et Ayrat,2002) voire une superposition ou une convolution par d'autres (Madariaga et Perrier, 1991).

Des nouvelles dimensions ont été rajoutées par certains auteurs et plus particulièrement par les géographes. Selon N. Meschinet de Richemond (Meschinet de Richemond, 2003), le risque possède également une dimension temporelle. Cependant d'après (Propeck-Zimmermann, 2003), le risque est également (et nécessairement) caractérisé par une dimension spatiale qu'il faut prendre en compte.

Donc, l'équation prendrait deux nouveaux facteurs :

$$R = (A(t, s), V(t, s))$$

Avec R c'est le risque, A : l'aléa, V : la vulnérabilité, t : le temps et s : l'espace.

1.1.L'aléa

L'aléa est le phénomène destructeur observé, que l'on cherche à quantifier. Il est caractérisé par une probabilité d'occurrence, qui est l'inverse de sa période de retour (si elle existe), une extension spatiale et une intensité. Les conséquences de l'aléa sur les éléments exposés dépendent de ces deux derniers facteurs (Beck, 2006).

1.2. La vulnérabilité

La vulnérabilité exprime la propension des enjeux à subir des dommages et la capacité à retrouver une situation d'équilibre appelée résilience. L'enjeu définit tout ce qui peut subir des dommages ou dysfonctionnements et fait référence à la composition et au fonctionnement global du territoire (population, bâti, milieu naturel, transport...) (Propeck-Zimmermann et al, 2009).

2. Le risque majeur

Le risque sera qualifié de majeur lorsque le scénario est caractérisé par une probabilité d'occurrence faible et une intensité élevée, capable de générer des conséquences dramatiques sur les populations (Dautun, 2007).le risque majeur donc est caractérisé par des conséquences graves sur le plan social et économique c'est-à-dire des victimes importantes et un impact sur les biens et l'environnement.

3. Le milieu urbain, espace à risque

La ville est à la fois un lieu de concentration de population et d'enjeux qui sont susceptibles d'être affectés (le risque est d'autant plus grand que la ville est grande) et un lieu de concentration de ressources et moyens pour y faire face (Robert, 2011).

Aujourd'hui, la majorité des villes algériennes sont exposées aux différents risques, cependant El Eulma ne fait pas l'exception par son développement très accéléré et anarchique qui se caractérise par un étalement urbain dans tous les sens, une croissance rapide de population et l'absence d'une gestion harmonieuse de l'espace, cette situation fait d'El Eulma un espace urbain vulnérable. La vulnérabilité paraît être inhérente à tout système urbain, mais l'urbanisation accroît la vulnérabilité : les modes de constructions, les types de bâtiments et les matériaux de construction peuvent être des facteurs d'inégale vulnérabilité, les sites choisis pour implanter tel ou tel aménagement peuvent aussi accroître celle-ci (Veyret, 2004).

4. Dimension spatiale du risque

L'étude des risques en géographie induits nécessairement de considérer leur dimension spatiale. La multiplicité des cartes utilisées pour représenter les différentes composantes des risques montre l'importance de leur dimension spatiale. Le risque est potentiel et invisible: sa représentation cartographique permet de le formaliser, de le rendre visible. La carte du risque permet d'en apprécier l'étendue et les limites, qui sont plus ou moins floues et incertaines. (Beck, 2006).

5. Le processus de gestion des risques et des crises

Dautun,(2007) précise que la gestion des risques et des crises s'articule autour de trois phases (Fig. 13):

- ❖ l'amont : la prévention du risque (protection et prévision) et la préparation (planification et apprentissage),
- ❖ la gestion de la crise : la réponse opérationnelle,
- ❖ l'après crise : l'évaluation de la situation par retour d'expérience.

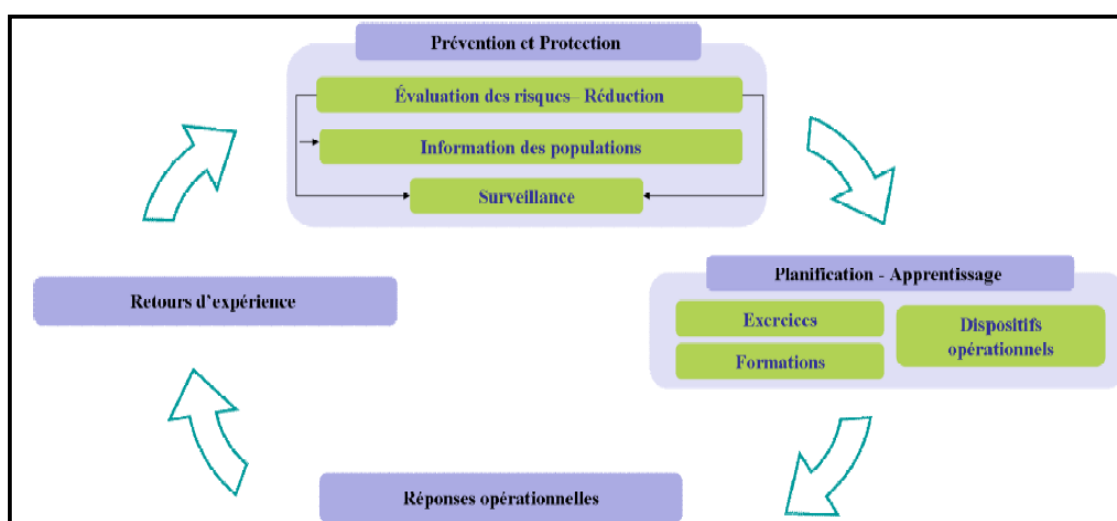


Figure.13 : La boucle de la gestion des risques et des crises

5.1. La prévention : La prévention sert à réduire le risque en terme d'aléa et de vulnérabilité, elle vise à la mise en place de moyens de protection et l'organisation des secours et aussi à la sensibilisation et l'information des populations sur la vulnérabilité aux risques et les démarches à suivre en cas de crise. La prévention des risques majeurs, en Algérie , repose sur la loi Loi n° 04-20 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Elle permet de

définir et de mettre en oeuvre des procédures et de règles visant à limiter la vulnérabilité des hommes et des biens aux aléas naturels et technologiques.

La prévention permet de choisir un niveau de protection correspondant au degré maximum d'aléa contre lequel on souhaite se protéger, cette protection passant par le biais d'aménagements structurels et non structurels (réglementation de l'occupation du sol, contraintes d'urbanisme). La connaissance préventive du risque permet donc d'orienter les choix politiques d'occupation du territoire et de protection des enjeux par des aménagements (Fouchier, 2010).

5.2.La prévision :

La prévision vise à anticiper la survenue d'une crise et ses conséquences afin d'alerter les populations et de mettre en place des secours plus efficaces. Contrairement à la prévention, la prévision est fortement influencée par le temps. En conséquence, la prévision s'applique aux états d'urgence, qui impliquent une réaction quasiment instantanée afin de fournir des informations très rapidement, quitte à obtenir des précisions moindres que dans le cas de la prévention. (Hostache, 2006).

5.3.La gestion de la crise

L'organisation des interventions et des secours, en Algérie, repose sur le décret 85-231 fixant « les conditions et les modalités d'organisation de la mise en oeuvre des interventions et secours en cas de catastrophes ». L'organisation des secours par tous les moyens doit être mise en oeuvre conformément aux plans ORSEC (organisation des secours), ce plan prévoit l'ensemble des moyens humains et matériels mobilisables pour faire face à différentes catastrophes naturelles ou technologiques.

5.4. Le retour d'expérience

Le retour d'expérience est un processus d'apprentissage qui a pour objectif de tirer des leçons des catastrophes passées, les causes et les défaillances qui ont accentuées ou conduit à tel situation vont être analysé à posteriori de crise.

Les échecs et les dysfonctionnements intervenus lors d'une crise sont analysés sous l'angle de la rationalité, du côté technique et analytique. Les experts cherchent à répondre au comment la situation s'est déroulée, qu'elles en ont été les conséquences et les répercussions économiques et sociales dans la société, pourquoi les conséquences ont été si importantes sans rechercher les facteurs organisationnels et le pourquoi du déroulement (Dautun,2007). De plus, l'étude des interactions entre les organisations lors

de la gestion de la crise apportera une compréhension des dysfonctionnements de coordination (Therrien, 1995 ; Granot, 1997 ; Smith, 2000).

6. Notion de crise

6.1. Qu'est-ce qu'une crise ?

La crise a été employée et évolué depuis longtemps par différents auteurs. En effet, certains auteurs, par exemple (Rosenthal, 1989), parlent de crise pour montrer le caractère urgent d'une situation, compte tenu de la soudaineté de l'événement et de la rapidité de réponse dont il faut faire preuve, et d'autres simplement pour parler d'un changement. Ainsi, Turner et ensuite Forgues expliquent qu'il est difficile de donner une définition générale de la crise, car cela dépend du « domaine d'étude et du courant de pensée adopté » (Turner, 1978) et (Forgues, 1993).

Dans les années 1970, la crise est perçue comme « une situation qui menace les objectifs prioritaires des centres de décision restreint le temps de prise de décision et dont l'occurrence surprend les responsables » (Hermann, 1972). À la fin des années 1980, la crise prend une nouvelle notion d'incertitude. Ainsi, « la crise est une menace sérieuse affectant les structures de base ou les valeurs et normes fondamentales d'un système social, qui, en situation de forte pression et haute incertitude, nécessite la prise de décisions cruciales. » (Rosenthal, 1989). Une crise peut être définie comme « un phénomène complexe dynamique, qui constitue une menace pour la survie d'une organisation et de ses membres, qui laisse peu de temps de réaction, et qui entraîne un ajustement du système » (Jacques et Gatot, 1997).

Une situation de crise est générée lorsqu'un événement majeur survient dans une société et qu'il engendre des impacts significatifs pour cette dernière (Hiltz et al, 2011), qu'il soit le résultat de forces naturelles (inondations, tremblements de terre, ouragans) ou d'actions humaines (attentats, fusillades, manifestations), ce type d'événement interrompt le cours normal du fonctionnement d'une communauté (désastre) et peut occasionner des pertes humaines et matérielles, de même que des conséquences indésirables pour l'environnement (catastrophe) (Hiltz et al, 2011).

À partir de ces définitions, nous avons déduit que la crise se caractérise par l'incertitude et la soudaineté voir le caractère urgent, elle constitue une menace susceptible d'affecter le cour normale d'un système et qui nécessite la mise en œuvre d'un ensemble d'actions qui visent à réduire les impacts sur les enjeux socio-économiques et environnementaux.

Une crise humanitaire est « toute situation où il y a une menace exceptionnelle et de grande ampleur pour la vie, la santé ou la subsistance de base des individus et d'une communauté ».

(Bastable, 2002). Van Wassenhove (2006) précise ces notions de menace et d'ampleur en décrivant la crise comme étant une « évolution défavorable d'une calamité se situant à l'intersection de deux forces :

- ❖ La vulnérabilité (par exemple, une forte densité de population) ;
- ❖ un événement déclencheur (distinct des conditions qui créent la vulnérabilité), par exemple un séisme.

« Une situation où de multiples organisations, aux prises avec des problèmes critiques, soumises à de fortes pressions externes et d'âpres tensions internes, se trouvent projetées brutalement et pour une longue durée sur le devant de la scène ; projetées aussi les unes contre les autres, le tout dans une société de communication de masse, avec l'assurance de faire la une des informations radiodiffusées, télévisées, écrites, sur une longue période » (Lagadec, 1984)

6.2. Les quatre temps de la crise

Certains auteurs considèrent que la crise possède quatre temps et pour d'autres estiment quelle est caractérisée par trois temps, donc on peut distinguer est trois temps principaux :

- ❖ Avant la crise : période de préparation et mobilisation des acteurs.
- ❖ Pendant la crise : temps des actions pour minimiser les dommages et préserver les vies.
- ❖ Postcrise : période de reconstruction et de réhabilitation.

6.3. Type des crises

a. Crises naturelles

Les crises naturelles peuvent se détailler de la façon suivante (Vos et al, 2010):

- ❖ biologique : épidémies,
- ❖ climatologiques : feu de forêt, températures extrêmes, sécheresse, inondation,
- ❖ géophysique : tremblement de terre, tsunami, glissement de terrain, avalanche, éruption volcanique,
- ❖ hydrologique inondation, avalanche, glissement de terrain,
- ❖ météorologique : tempête...
- ❖ désastre complexe : famine...

b. Crises dues à l'homme

La Croix Rouge, par exemple, établie une liste des différentes crises techniques et humaines qui peuvent se produire (Site 2, 2009):

- ❖ techniques : accident faisant suite au transport de matières dangereuses, explosions, explosion chimique, explosion nucléaire, explosion de mine, pollution, pollution chimique, pluie acide, pollution atmosphérique,
- ❖ humaine violences, conflits, déplacement de population, problèmes économiques.

6.4. Qu'est-ce que le management de crise ?

La gestion de crise est caractérisée par l'incertitude et l'urgence. En effet, elle implique les dispositifs et les contraintes spécifiques en termes de mobilisation prompt de l'information appropriée. Ces types de procédures nécessitent un niveau très élevé de l'interactivité avec la communication et la coordination entre les acteurs (Roche et al, 2013). La minimisation du temps de décision en cas de crise est un facteur crucial pour sauver des vies humaines, des biens et des coûts (Tolly et al,2015).

La gestion d'une situation de crise consiste, très concrètement, à mettre en relation d'une part des espaces affectés au moment de la catastrophe (la demande) et d'autre part des ressources permettant d'y faire face (Robert,2011).

Dans cette logique, il existe au moins deux types d'espaces différents construits par la gestion des situations de crises : d'une part les espaces directement impactés par la catastrophe, à secourir en priorité, et d'autre part les « espaces ressources » de gestion de crise, c'est-à-dire ceux qui disposent des moyens matériels et décisionnels de secours et de récupération (D'Ercole et Metzger, 2009).

6.5. Les phases de la gestion de crise

Ahmad, (2004) a précisé que l'avant crise est utilisée pour de la prévention et de la préparation, la phase correspondant à la crise consiste à mettre en place une réponse immédiate avec une aide matérielle et psychologique. L'après crise consiste quant à elle en une aide à la reconstruction. Selon ce constat, on peut retenir quatre phases principales :

6.5.1. La phase de prévention et d'atténuation : elle vise à réduire essentiellement la probabilité de catastrophe. Les mesures d'atténuation concernent principalement la vulnérabilité à travers une bonne maîtrise de l'espace, augmenter la résistance de certaines zones à risque.

6.5.2. La phase de préparation : consiste à établir des plans sur la façon de répondre à une catastrophe, réaliser des exercices de simulation afin de tester l'efficacité de ces plans. la sensibilisation du public, la mise en place de toute sorte d'information et du matériel logistique.

6.5.3. La phase de réponse : elle regroupe l'ensemble des activités menées par les acteurs de la gestion de crise, il s'agit de déployer les ressources humaines et matériels nécessaires pour préserver les vies humaines, l'environnement, les biens et d'essayer de rendre le système à son état normal le plus vite possible.

6.5.4. La phase de récupération : c'est l'étape qui a pour objectif de prendre en charge les sinistrés et de remettre les fonctions principales du système (l'assainissement, l'hébergement provisoire, l'eau potable, gaz, ...).

7. Définition et Historique des SIG

Les SIG ont été définis comme étant “un système informatisé conçu pour saisir, stocker, manœuvrer et produire des données géographiquement référencées” (CCRS, 2002) ou “un ensemble de matériel informatique, de logiciel, de données, d'hommes, d'organisation, de montages institutionnels destinés à rassembler, stocker, analyser et diffuser l'information concernant les différents secteurs de la terre ” (Dueker *et al.* 1989). Le SIG est un outil d'analyse spatiale reposant sur la superposition de données iconographiques, qualitatives et quantitatives, toutes géoréférencées dans le même système de projection (Grivel, 2008). Les SIG sont en fait “une vue simplifiée du monde réel” (Bernhardsen, 1999) et “un système de soutien de la décision spatiale” (Cowen, 1988).

Les SIG permettent de mobiliser sur une plate-forme unique des informations de sources variées en des temps d'accès limité, de procurer une aide à la conception de cartes répondant à des besoins spécifiques et de gagner du temps dans la production d'une information utile à la prise de décision par une automatisation possible des chaînes de traitement (Le Berre *et al.*, 2000).

Les SIG manipulent de l'information géographique qui désigne les éléments suivants : arpentage, géodésie cartographie, cadastre, positionnement global (GPS), photogrammétrie et télédétection, bases de données à référence spatiale relatives aux caractéristiques de l'environnement et du bâti. Les SIG permettent de gérer ces bases de données à référence spatiale et à produire des documents cartographiques et des

analyses statistiques et spatiales qui servent de base à la formulation de diagnostics territoriaux et de plans de gestion pour les utilisateurs (Anh Tu Ngo, 2014).

La conception des SIG a été premièrement mise en œuvre par Dr Roger Tomlinson et son équipe en 1962, afin d'établir un système d'information géographique du Canada (CGIS), le premier SIG du monde (Yan et al. 1998 ; Geoplace, 2002). Dans les années 1970, une tentative d'application d'un tel système a été entreprise aux Etats-Unis. Depuis 1980, grâce au développement des techniques informatiques, les SIG ont évolué et ont été utilisés dans de nombreux domaines de recherches, tels que la cartographie, la gestion de territoire, la surveillance d'occupation des sols et l'analyse du changement de l'environnement (pollution, catastrophes naturelles, etc.), les analyses géologiques, agricoles et démographiques (Weicheng WU, 2003).

La cartographie et le SIG et plus largement l'information géographique apparaissent donc comme des éléments primordiaux dans un contexte d'aide à la décision, tels que la gestion de crise « inondation » (Sauvagnargues-Lesage et Ayrat, 2007).

L'une des plus grandes caractéristiques du SIG est sa capacité à superposer des couches représentant différents types d'information géographique (Ayrat et Sauvagnargues-Lesage, 2009). La pérennisation de l'utilisation de l'information géographique et plus largement d'outils spatiaux d'aide à la décision est une composante essentielle de la gestion de crise (Vincent T, 2010).

7.1. les logiciel SIG

Les logiciels de SIG sont aujourd'hui très nombreux. Les sociétés commercialisant des logiciels de SIG les plus connus sont : ESRI qui commercialise les différents produits de la gamme ArcGIS ; ACXIOM qui commercialise Mapinfo en France ; Intergraph commercialise le logiciel Geo Media Pro ; Geo Concept commercialise les produit de même nom et Clark Labs avec IDRISI.

Les produits ESRI constituent un système complet de création, de mise à disposition et d'exploitation de l'information géographique (ESRI 2008), sont majoritairement utilisés dans le domaine de la recherche scientifique.

7.1.1. ArcGis

Arc GIS est l'une des plateformes logicielles de Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés, développer par la société ESRI. Il offre de

nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données géospatiales.

Il se compose de trois volets principaux :

Arc Catalog : facilite l'organisation et la gestion de toutes les données SIG.

ArcMap : permet de visualiser et traiter des données géographiques et la mise en page de cartes.

ArcToolbox : regroupe l'ensemble des outils de géotraitement utiles pour réaliser des opérations sur les données géospatiales.

7.1.1.1. Géo-référencement

Le Géo-référencement sert à appliquer un système de coordonnées à une image afin de la mettre à l'échelle spatiale réelle (Barge et Saligney, 2003 ; Sanz et al, 2008 ; Topan et Kutoglu, 2009). Donc le Géo-référencement d'une image sous Arc Map se fait en deux méthodes principales : soit on attribue des points connus à partir d'une carte topographique ou bien d'un relevé GPS (Global Positioning System), soit à travers un fond déjà géoréférencé par les points d'amers.

7.1.1.2. Geodatabase

Une Geodatabase est une base de données conçue pour stocker, interroger et manipuler les informations géographiques et les données spatiales. Elle correspond à une base de donnée spatiale optimisée pour la gestion des données raster, des distances euclidiennes en 2 ou 3 dimensions (Zeiler, 1999 ; Shih-Lung et X, 2003).

7.1.1.3. Le modèle numérique de terrain

La topographie influence de nombreux processus liés à la géographie de la terre, comme la température et les précipitations (Shamsi, 2005). L'élément de base dans un SIG est le MNT (El Morjani, 2003). À partir du MNT, on peut extraire un certain nombre de produits comme la carte des pentes, la carte d'orientation des pentes, la carte du relief ombré et la carte du réseau hydrographique virtuel (Zhou et al, 2008).

8. Fonction des SIG

Les SIG nous permettent d'établir les liens complexes entre ou, plutôt, de relier dans l'espace de multiples types d'informations issues de sources variées, comme la géographie, la géologie, la géomorphologie, la pédologie, la phytogéographie, la météorologie, l'analyse d'utilisation du sol, etc.... (Weicheng WU, 2003). Les données

dans les SIG sont structurées en thème, chaque thème correspondant à une représentation géographique donnée. Les données peuvent être représentées en mode vecteur (point, ligne, polygone) ou Raster (matricielle).

9. La nécessité d'adopter un SIG

Le SIG peut être un outil très puissant dans la gestion des secours. Cette technologie a la capacité d'acquérir les données par la digitalisation, la scannérisation, l'imagerie numérique ou la photographie aérienne pour stocker, manipuler, former des requêtes, analyser et d'une manière importante, pour visualiser les données. En d'autres termes, la technologie SIG apporte à l'utilisateur la capacité d'intégrer, stocker, traiter et produire l'information géographique. Ce système prend une multitude de données de nombreuses sources et montre géographiquement l'information (Gunes et Kovel, 2000).

Le SIG n'est pas simplement un logiciel ou un matériel informatique, mais aussi des moyens humains. Les fonctions de collection, de stockage, de manipulation et d'analyse de données à référence spatiale du SIG sont destinées en premier lieu à la prise de décision (Grimshaw, 1994).

Les systèmes d'information géographique SIG sont unanimement reconnus en tant qu'outils d'aide à l'analyse, à la compréhension, à la gestion du territoire ainsi qu'à la planification et la décision. Ils sont devenus indispensables pour résoudre des problèmes complexes essentiellement liés à l'interprétation et l'analyse de systèmes de coordonnées géographiques (Chaabane, 2011).

10. Les avantages des SIG

Avec leur capacité de stockage et structuration de différents types d'informations géospatiales (géométriques et alphanumériques) dans des bases de données, le traitement et la présentation des résultats d'analyse, l'utilisation des SIG repose davantage sur la mise en interaction des données multi-sources afin de permettre aux décideurs de guider leurs stratégies d'intervention en cas de crises.

11. Historique des crises en Algérie

11.1. Les catastrophes dues aux inondations

L'Algérie est confrontée aux phénomènes de crues et inondations, qui se manifestent de façon catastrophique constituant ainsi une contrainte majeure pour le développement économique et social (Lahlah, 2001). Les villes algériennes ont connu des épisodes

pluvieux importants qui ont généré des dégâts matériels et humains irréversibles, nous citerons les plus importantes.

12 octobre 1971 : Les fortes pluies orageuses qui se sont abattues sur la localité d'Azzazga (pluie journalière de 183 mm d'eau) causèrent 40 morts et des centaines d'habitations détruites.

27 au 29 mars 1973 : Des pluies exceptionnelles (pluie journalière de 166 mm d'eau à Annaba) généralisées à l'Est algérien provoquèrent des inondations catastrophiques dans plusieurs wilaya du pays.

28 au 31 mars 1974 : Des chutes de pluie exceptionnelles dans les wilayas d'Alger et de Tizi-Ouzou (688 mm en 4 jours) et 381 mm en une journée au col de Sakamody. Les dégâts à Tizi-Ouzou sont : 52 morts et 4570 maisons détruites, 130 villages isolés, et plus de 18 000 sinistrés, 13 ponts détruits et des dizaines de kilomètres de routes emportées.

01 septembre 1980 : Les pluies orageuses violentes localisées sur la ville d'El – Eulma provoquèrent des crues catastrophiques de l'oued Djehadi, le débordement fait 44 morts, 50 blessés et 365 familles sinistrées.

11 novembre 1982 : Des pluies orageuses violentes localisées à Annaba (la pluie enregistrée du 10/11 au 11/11/1982 est de 167 mm à l'Edough et 160 mm à Seraidi engendrèrent de fortes crues des oueds Bouhdid, Forcha et Aneb.

22 août 1983 : Des pluies orageuses et violentes qui se sont abattues à Birine (W. Djelfa) inondèrent la commune à 60 % et provoquèrent 10 morts, 10 blessés, 200 habitations détruites et 1200 têtes de bétail emportées par les eaux.

03 février 1984 : Les pluies abondantes généralisées sur l'ensemble de l'Est Algérien avec un foyer de maximum sur les monts de Constantine (120 mm en 3 jours) et les monts de Medjerda (80 mm en 3 jours) ont provoqué des inondations catastrophiques dans toutes les wilayas de l'Est Algérien et les dégâts occasionnés sont importants :

- ❖ Jijel : 20 morts, 500 têtes de bétail emportées et dégâts évalués à 50 millions de dinars.
- ❖ Constantine : 1140 familles sinistrées, 200 hectares de cultures détruites.
- ❖ Skikda : 8000 habitations envahies.
- ❖ Guelma : 03 disparus, 1957 familles sinistrées, 02 ponts détruits et canalisations d'AEP détruites à 100 %.
- ❖ Khenchela : 777 familles sinistrées et pertes importantes en Cheptel.

❖ Oum – El – Bouaghi : 144 maisons détruites et 429 familles sinistrées.

29 décembre 1984 au 01 janvier 1985 : Des pluies exceptionnelles (plus de 250 mm en 4 jours seulement et 195 mm en une journée) généralisées sur tout l'Est Algérien provoquent des inondations très catastrophiques dans les wilayas de Jijel, Constantine, Skikda, Guelma, Annaba et El-Tarf.

05 juillet 1987 : Les pluies orageuses et très violentes tombées sur Batna (pluie journalière de 57 mm), provoquèrent deux morts, des dizaines de familles sinistrées et des dégâts évalués à 175 millions de centimes.

01 septembre 1989 : Les fortes chutes de pluie à la wilaya de Biskra accompagnées de grêles et d'un vent d'une rare violence provoquent le débordement des oueds El-Arab, El-Mellah et El-Kheddra occasionnant deux morts et 35 blessés et la destruction de 400 palmiers.

03 juin 1991 : Un orage local très violent à Ghardaïa (8 mm en 3 heures) provoque neuf morts et des pertes importantes en cheptel et en palmeraies.

26 et 27 janvier 1992 : Les fortes pluies généralisées du 24 au 28 janvier 1992 sur plusieurs régions du centre du pays engendrèrent des inondations catastrophiques dans les wilayas Alger, Blida Tipaza, Chelef, Ain Defla et Médéa. 637 familles sont sinistrées avec 361 à Alger, 106 à Tipaza, 87 à Médéa, 36 à Ain Defla et 23 à Chelef, et d'importants dégâts sont aussi occasionnés.

29 septembre au 02 octobre 1994 : Plusieurs inondations catastrophiques sont enregistrées à Ghardaïa, Laghouat, Biskra, Mascara, Tissemsilt et Sidi Bel Abbès causent des dégâts importants :

- ❖ Ghardaïa : dégâts matériels évalués à 270 millions de dinars.
- ❖ Laghouat : dégâts matériels évalués à 5 millions de dinars dans le secteur de l'hydraulique.
- ❖ Mascara : deux mots et importants dégâts matériels.
- ❖ Tissemsilt : neuf morts.
- ❖ Sidi Bel Abbès : deux morts.

4 avril 1996 : Les inondations catastrophiques dans les wilayas d'Annaba et El-Taref, font cinq morts et dix blessés à Annaba et quatre ouvrages d'art endommagés à El-Taref.

14 janvier 1999 : De fortes chutes de pluie (74 mm à Adrar) dans le Sud Ouest causèrent de graves inondations à Adrar, provoquant ainsi deux morts et plusieurs et plusieurs disparus.

28 septembre 2000 : Des pluies diluviennes dans la région de Boussaâda engendrent de fortes crues de l'oued Boussaâda, qui se sont soldées par des dégâts estimés à un mort, un disparu, treize habitations détruites, trente-huit familles évacuées et 193 têtes de bétail emportées par les eaux.

24 octobre 2000 : Les inondations catastrophiques de Sidi Bel Abbès (oued Mekerra), Tissemsilt Theniet El Had (oued Mesloub), Chlef et Ain Defla causent la disparition de deux personnes emportées par l'oued Mekerra et d'importants matériels à Theniet El Had.

9 et 10 novembre 2001 : L'inondation spectaculaire et catastrophique sur l'Algérois à Bab El Oued (Bassin versant de l'oued Koriche) fit plus de 750 morts, 115 disparus et 30 millions de dinars de pertes matériels.

1 et 2 octobre 2008 : Les pluies torrentielles, inhabituelles et incessantes, pendant quarante-huit heures sur la région semi-désertique de Ghardaïa, ont fait monter les eaux des différents cours d'eau (oued M'Zab dont le débit atteint 900 m³/s) et ont provoqué des inondations qui ont causé le décès d'au moins 34 personnes et fait des dizaines de blessés et de sinistrés, des centaines de maisons ont été détruites, de nombreuses routes ont été coupées et les liaisons téléphoniques ont été très perturbées. Les dégâts matériels ont été estimés à environ 2500 millions de dinars, dont 2000 millions dinars pour les infrastructures.

11.2. Les catastrophes dues aux séismes

Au cours de l'histoire, plusieurs de ces séismes importants ont été recensés. Nous pouvons

citer le séisme Sétif (419) comme le premier séisme historique connu, reporté par Guidoboni

(1994). Puis Alger en 1365 et 1716, Oran en 1790, Gouraya en 1891. Dans une période plus

récente, nous pouvons citer les séismes d'Orléansville du 09/09/1954, d'El Asnam du 10/10/1980 (Ouyed et al., 1981, Benhallou, 1985, Meghraoui, 1988), de Constantine du 27/10/1985 (Bounif et al,1991), de Tipaza du 29/10/1989 (Meghraoui, 1991) de Mascara du

17/08/1994 (Benouar, 1996), d'Alger du 04/09/1996, de Ain Temouchent du 22/12/1999 (Yelles et al.,2004) et de Beni-Ouartilane du 10/11/2000 (Yelles et al., 2001) et de Boumerdes du 21/05/2003 (Delouis et al.,2004 ;Semmane, 2005 ; Belabbès, 2009).

Tableau.7 : principaux séisme en Algérie

Localité	Date	Magnitude	Nombre de victime
El Asnam	10.10.1980	7.3	2633
Constantine	27.10.1985	5.9	10
Tipaza	29.10.1989	6.0	22
Mascara	18.08.1994	5.7	175
Alger	04.09.1996	5.7	?
Temouchent	22.12.1999	5.7	25
B.Ouartilane	10.11.2000	5.4	04
Boumerdes-Alger	21.05.2003	6.8	2300

12. Historique des crises à El Eulma

Le premier septembre 1980 a été marqué dans l'esprit de la population d'El Eulma. Cette ville a connu des inondations dévastatrices après la crue de l'oued Djahidi qui a provoqué 44 morts, 50 blessés et 365 familles sinistrées.

13. Apport de la géomatique dans la gestion des crises

La prise en compte des dimensions spatiales et territoriales correspond par ailleurs aux besoins croissants des acteurs opérationnels de la gestion de crise et l'utilisation de plus en plus fréquente de la géomatique (Curtis et Mills, 2010).

Les SIG peuvent soutenir avec précision une meilleure planification de l'intervention dans des domaines tels que la détermination des itinéraires d'évacuation ou la localisation d'infrastructures vulnérables et de lignes de vie vitales, etc. ils soutiennent également la planification logistique pour pouvoir fournir des fournitures de secours en affichant les informations disponibles précédemment sur routes, ponts, aéroports, chemins de fer, etc. (Mukhopadhyay et Bhattacharjee, 2015).

14. L'aide à la décision en situation de crise

L'aide à la décision est une activité de celle ou ceux qui cherchent à prendre appui sur une démarche à caractère scientifique pour éclairer des décisions de nature managériale et/ou guider des processus de décision dans des systèmes organisés (Roy, 2000).

Toute activité d'aide à la décision fait intervenir des acteurs ou des décideurs et assez souvent

un homme d'étude ou observateur. Ce dernier va modéliser l'objet d'étude afin d'aboutir à une représentation des rôles de chacun (Merad, 2003).

Le processus de prise de décision en cas de crise doit se plier à travers l'analyse de flux d'information disponible et la rapidité d'envisager une réponse adéquate sur la situation.

15. La prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes en Algérie

En Algérie, le processus de gestion des risques est en grande partie basé sur la loi n°04-20 du 25 décembre 2004 relative à « la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable » et par les décrets 85-231 et 85-232 fixant, pour le premier, « les conditions et les modalités d'organisation de la mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophes » et pour le second « la prévention des risques de catastrophes ».

Ainsi, à la lecture de ces textes, la défense civile doit remplir les tâches suivantes :

- ❖ La mise en place d'un système d'alerte aux catastrophes naturelles et technologiques ;
- ❖ L'information des populations sur les risques auxquels elles sont exposées ;
- ❖ L'organisation des interventions et des secours conformément au plan ORSEC ;
- ❖ La protection des personnes et leurs biens;
- ❖ La mise à l'abri des sinistrés et s'assurer de leurs hébergements;

En effet, le décret 85-231 du 25.08.85 fixant les conditions et les modalités de mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophes ORSEC .ces plans sont subdivisés en : plans nationaux ; plans inter-wilaya ; plans de wilaya ; plans communaux et plans des sites sensibles. Quant au plan communal, il contient sept modules tandis que celui des unités ne renferme que cinq modules, parmi les plus importants en matière de catastrophes; toutefois le processus de fonctionnement demeure le même.

Le plan ORSEC wilaya renferme quatorze modules :

- 1- Secours et sauvetage ;

- 2- Sécurité et ordre public ;
- 3- Soins médicaux, évacuation et hygiène ;
- 4- Expertises et conseils ;
- 5- Matériels et équipements divers ;
- 6- Liaisons et télécommunications ;
- 7- Information ;
- 8- Recasement provisoire ;
- 9- Alimentation en approvisionnement en alimentation et secours en nature ;
- 10- Transport ;
- 11- Energie
- 12- Hydraulique
- 13- Travaux publics ;
- 14- Evaluation, bilan.

Conclusion

Ce chapitre a conduit vers la connaissance des différents concepts liés à la crise, les étapes de sa gestion et l'historique des crises en Algérie. La gestion de la crise nécessite une panoplie d'informations sur le géosystème, la dynamique et l'interaction de ses facteurs physiques et anthropiques pour arriver à une gestion globale fine et efficace.

Les SIG jouent un rôle incontournable dans la gestion des crises, ils visent à gérer des bases de données à référence spatiale et à produire des documents cartographiques et des analyses statistiques qui permettent de faire des diagnostics territoriaux et à l'élaboration des plans de gestion pour les décideurs.

CHAPITRE 3

***MODELISATION, BASE DE DONNEES ET
SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE***

Introduction

La modélisation des données implique trois niveaux, illustrés chacun par un modèle de données allant du moins abstrait au plus abstrait (en terme d'intégration informatique) : ce sont les modèles conceptuel, logique et physique (Burrough et McDonnell, 1998; Bian,2001).il est donc indispensable de passer sur ces trois niveaux pour s'assurer que le SIG fait l'objet d'une analyse pertinente des phénomènes que l'on souhaite étudier.

1.La modélisation conceptuelle des bases de données

Le terme de modélisation conceptuelle, originaire des Sciences de l'Informatique, désigne la phase de conception de processus logiciels ou de bases de données (Muller & Gaertner, 2000).n'importe quel système d'information doit impérativement passer par trois modèles de formalisation qui se déclinent comme suit : le modèle conceptuel de données (MCD), le modèle logique de données (MLD) et le modèle physique de données (MPD).

Le modèle conceptuel de données (MCD) est indépendant de toute structure logicielle, il traduit la réalité et les objets avec leurs associations participant au phénomène étudié.

Le modèle logique de données (MLD) c'est l'étape qui précède l'implémentation physique, il ressemble au modèle conceptuel de données, mais il doit être en équivalence avec le schéma physique avant son implémentation dans un SGBD et suivant un formalisme bien déterminé (Entité /Association, UML ...).

Le modèle physique de données (MPD) c'est l'étape ultime de la conception qui permet de spécifier comment les données seront stockées en machine.

2. La modélisation des données géographiques

Pour que les SIG puissent répondre efficacement aux requêtes des utilisateurs, une phase conceptuelle est indispensable pour déterminer l'architecture de l'information au sein du système. La première étape dans l'élaboration d'un SIG devrait être consacrée à l'élaboration d'un modèle conceptuel de données (MCD), dont l'objectif est d'identifier, d'organiser et de schématiser les opérations à mettre en œuvre dans le cadre d'une application donnée (Gourmelon, 2003).

La conception d'une base de données géographique suit les grandes lignes de la conception d'une base de données classique, mais présente des particularités qui la rendent plus complexe (Balley, 2007). Ces particularités sont généralement de type spatial (la forme et la position dans l'espace) et temporel (l'évolution dans le temps),

donc la modélisation des données géographiques implique plusieurs niveaux allant de la perception du monde réel jusqu'à l'implémentation physique dans un système de gestion de base de données.

On peut détailler quatre niveaux de modélisation de l'information géographique (Fig.14), depuis le domaine des applications vers celui des sciences de l'informatique (Pantazis & Donnay, 1996 ; Gayte et al. 1997 ; Pirot & Saint Gérard, 2004) :

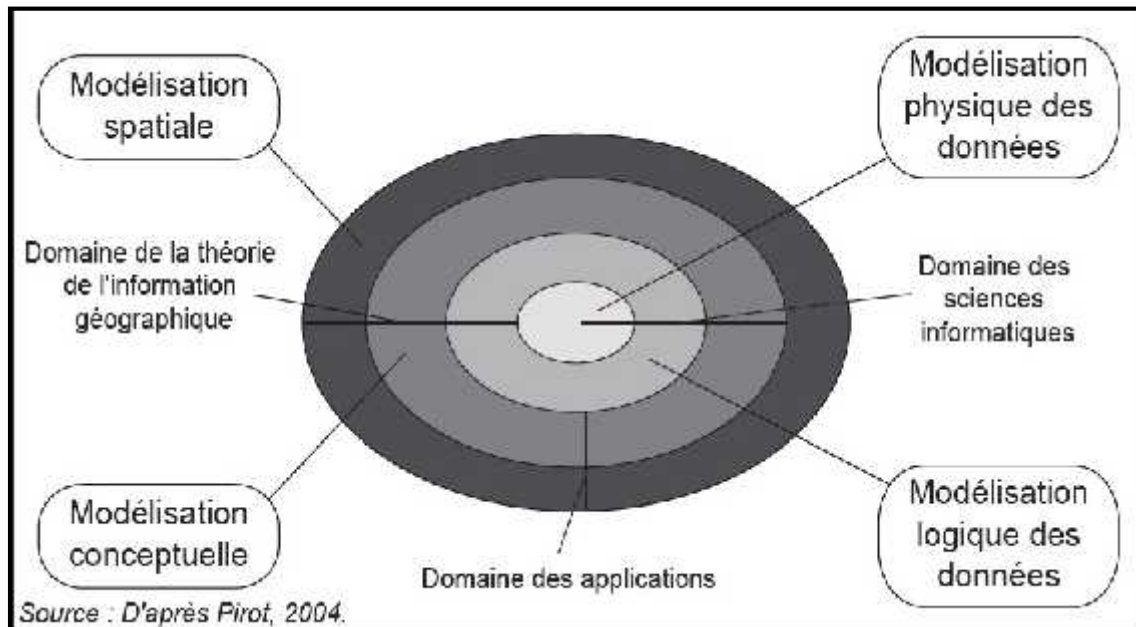


Figure.14 : Les différents niveaux de modélisation de l'information géographique (D'après Pirot et Saint Gérard, 2004).

3. La mise en place du SIG pour gestion de la crise

La conception d'un Système d'Information Géographique est un processus complexe, qui demande une réflexion poussée et la résolution de nombreux problèmes : de l'étude préliminaire au mode de stockage des données, une suite d'étapes peut être identifiée, de la plus abstraite à la plus technique (Hajji,2005)

Les projets de SIG (ou systèmes d'information géographique) impliquent l'interaction de compétences variées techniques (en modélisation informatique, en programmation, en conception de réseaux, en administration de données, en intelligence artificielle, etc.) et thématiques (en urbanisme, en transport, en sociologie, en hydrologie, etc.). Cette pluridisciplinarité fait leur richesse, mais aussi leur complexité.

La création de n'importe quel projet SIG doit se plier rigoureusement à un ensemble d'étapes, il doit aussi en préalable définir les besoins et fixer les objectifs. Le processus

d'élaboration allant en premier lieu de l'analyse des besoins jusqu'à l'exploitation. Les étapes sont détaillées ci-dessous.

3.1. l'analyse des besoins

L'analyse des besoins en premier lieu doit choisir pertinemment les données à acquérir et la manière dont celles-ci doivent être représentées. En deuxième lieu, définir les finalités c'est-à-dire les objectifs que doit atteindre notre SIG en tenant compte des contraintes et de choisir les outils adéquats.

3.2. la conception

La conception c'est l'étape qui a pour objectif de concevoir les objets géographiques intervenant dans le phénomène étudié. A cette étape, l'utilisateur doit avoir les compétences nécessaires pour garantir l'élaboration d'un schéma conceptuel répondant aux besoins espérés.

3.3. la réalisation

La phase de réalisation consiste à spécifier les outils techniques et logiciels qui permettront d'assurer le bon fonctionnement du système.

3.4. La mise en œuvre ou l'exploitatioin

Une fois que la plate forme est achevée, le système doit être testé afin de lui mettre en marche.

4. Les modèles des bases de données

Les systèmes de gestion de base de données sont généralement classés selon le modèle de donnée utilisé, traditionnellement s'était le modèle hiérarchique et réseau, ils sont abandonnés actuellement et remplacés par trois modèles très connus : Le modèle relationnel, le Modèle orienté objet, le modèle objet-relationnel, ils seront détaillés selon leurs évolutions.

4.1. Le Modèle relationnel

Le modèle relationnel est basé généralement sur des relations tabulaires, souvent appelées tables, il possède une structure simple (c'est ce qui le rend assez puissant) (Worboys et Duckham, 2004).

4.2. Le Modèle orienté objet

Le modèle orienté objet pour un système de base de données utilise la combinaison de l'orientation de l'objet et la fonctionnalité disponible dans une base de données (Gartner et al. 2001).

4.3. Le Modèle objet relationnel

Le modèle objet-relationnel est une extension du modèle relationnel. Grâce au compromis entre le modèle relationnel et le modèle orienté objet, les fonctionnalités orientées objet sont incorporées dans la base de données relationnelle ou (intégrée à elle) d'une manière qui utilise la puissance de l'orienté objet tout en maintenant la fonctionnalité complète du modèle relationnel (Fussel, 1997).

5. Le langage UML

L'UML (Unified Modeling Language) est un langage graphique pour spécifier, construire, visualiser et documenter les composants système (Booch et al, 1999). Ces dernières années UML a connu de nombreuses extensions afin de faciliter la modélisation d'applications dans des domaines spécifiques tels que les systèmes distribués, les SIG (Brodeur et al, 2000). Il est couramment utilisé dans les projets logiciels, il est devenu la référence en termes de modélisation objet (Roques et Vallée, 2007). L'approche objet s'appuie sur la perception d'entités (exemple une parcelle ou un propriétaire) du monde réel dont on peut donner une représentation en termes de structure et de comportement » (Claramunt et al, 1997).

Le formalisme UML comporte neuf diagrammes à savoir : diagramme de classes, digramme d'objets, diagramme de cas d'utilisation, diagramme de séquences, diagramme de collaboration, diagramme d'états-transitions, diagramme d'activités, diagramme de composants et diagramme de déploiement.

L'approche UML peut constituer un cadre pertinent dans la modélisation des données géographique permettant de représenter les aspects statiques et dynamiques du domaine etudier. C'est dans ce contexte que ESRI a développé le modèle ArcInfo UML basé sur le formalisme UML.

La Fig. 15 montre les différents diagrammes utilisés dans la méthode UML d'après (Muller et Gaertner, 2005).

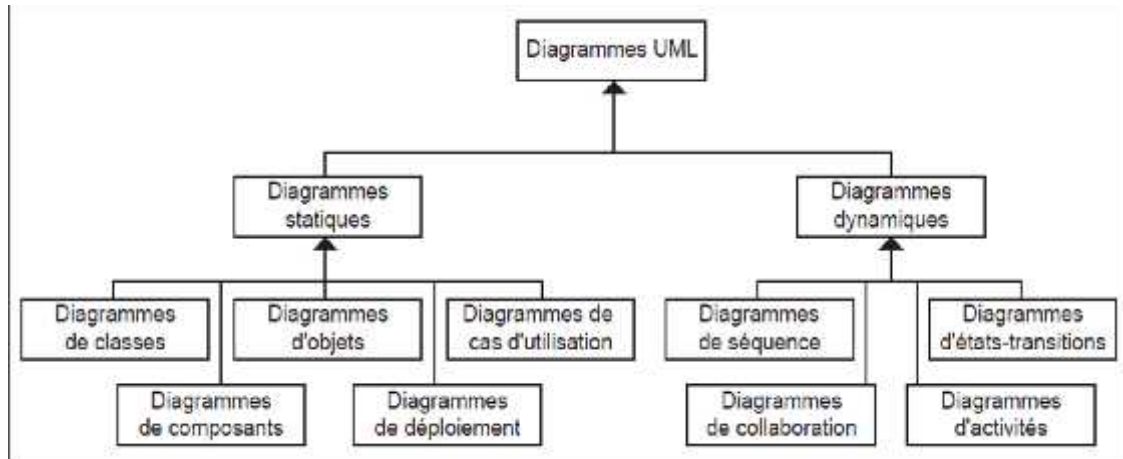


Figure.15 : Les différents diagrammes utilisés dans la méthode UML (Muller & Gaertner, 2005).

5.1. Quelques concepts fondamentaux du formalisme UML

Objet : c'est une unité atomique, encapsulée, présentant une unité sémantique interne très forte et un faible couplage avec l'extérieur. Il est caractérisé par un identifiant, des attributs décrivant son état et une liste d'opérations qu'il peut mettre en œuvre suite à des relations avec d'autres objets. Un objet est une instance d'une classe (Tillier, 2011).

Classes: Il indique le groupe d'objets qui ont un ensemble identique d'attributs, d'opérations et de méthodes, et se rapporte également à d'autres groupes d'objets (Muller, 2000; miatek, 2005). Elle est définie par un nom, des attributs et des opérations.

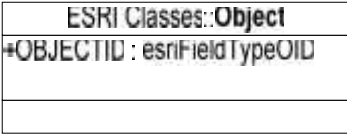
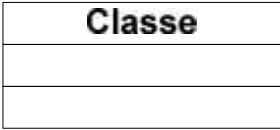
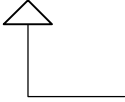


Relations entre les objets : L'UML peut définir plusieurs types de relations entre les objets et les classes, ils sont au nombre de trois : association, généralisation, agrégation.

Association: l'association dans l'UML est représentée par une ligne reliant deux classes, elle possède des cardinalités à l'extrémité de chaque classe, l'association parfois peut avoir un rôle et des attributs comme les classes.

Généralisation: La généralisation décrit la relation entre une classe de base (parent) et une classe spécialisée (fils ou sous classe). La classe spécialisée comporte des informations supplémentaires, mais elle doit être en cohérence avec la classe de base. Dans l'UML cette relation de généralisation se traduit par le concept d'héritage.

Agrégation: l'agrégation une association d'inclusion, l'inclusion permet également de décomposer un objet complexe en petits objets plus simples. Ceci signifie que les éléments agrégés font partie de l'objet global.

Tableau.8 : Quelques élément du modèle UML et leur représentation graphique

Type de représentation	Représentation graphique
Objet	
classe	
Généralisation	
Composition	
Association binaire	

6. Case tools

Il existe trois approches pour la création de géodatabases dans ArcGis: une base de données existante peut être migrée vers une géodatabase à l'aide d'outils de conversion; ArcCatalog et ArcToolbox peuvent être utilisés manuellement en construisant une géodatabase à l'aide d'outils et de routines; et finalement, des outils de gestion unifiée de la langue de modélisation (UML) et de l'ingénierie du logiciel assistée par ordinateur (CASE) peuvent être utilisés pour générer un schéma de géodatabase (Perencsik et al 2004b). l'outil CASE est un ensemble de programmes et d'applications intégrées permettant de développer des modèles de données (Kang et al., 2004).

Le modèle récent d'ESRI appelé la géodatabase combine pleinement les Concepts de l'orienté objet avec le modèle relationnel (Zainal,2006). Cependant, ESRI propose une démarche de création de géodatabase rigoureuse à partir d'un schéma UML développer par un outil « CASE » dans Microsoft Visio.

7. Le modèle ArcInfo UML

Le modèle ArcInfo UML est l'étendu du modèle UML permettant la représentation d'entités spatiales dans le modèle conceptuel c'est-à-dire mettre en relation les types d'objets, tels que les classes d'entités, les jeux de classes d'entités, les réseaux, etc. . Ces types d'objets sont ceux définis dans le modèle logique de la géodatabase ESRI. Par conséquent, le modèle conceptuel baser sur l'UML défini à l'aide du modèle ArcInfo peut être facilement converti en schémas logiques / physiques de la géodatabase ESRI (Perez, 2008).

7.1. La structure du ArcInfo UML model

Le modèle ArcInfo UML est composé de quatre paquetages : Logical View, ESRI Classes, ESRI Interfaces et le Workspace. Logical View c'est le conteneur des autres paquetages, ESRI Classes contient les classes prédéfinies, ESRI Interfaces contient la définition des interfaces utilisées lors de la création d'objets intelligents et le Workspace permet d'accueillir le modèle que l'on souhaitera implémenter.

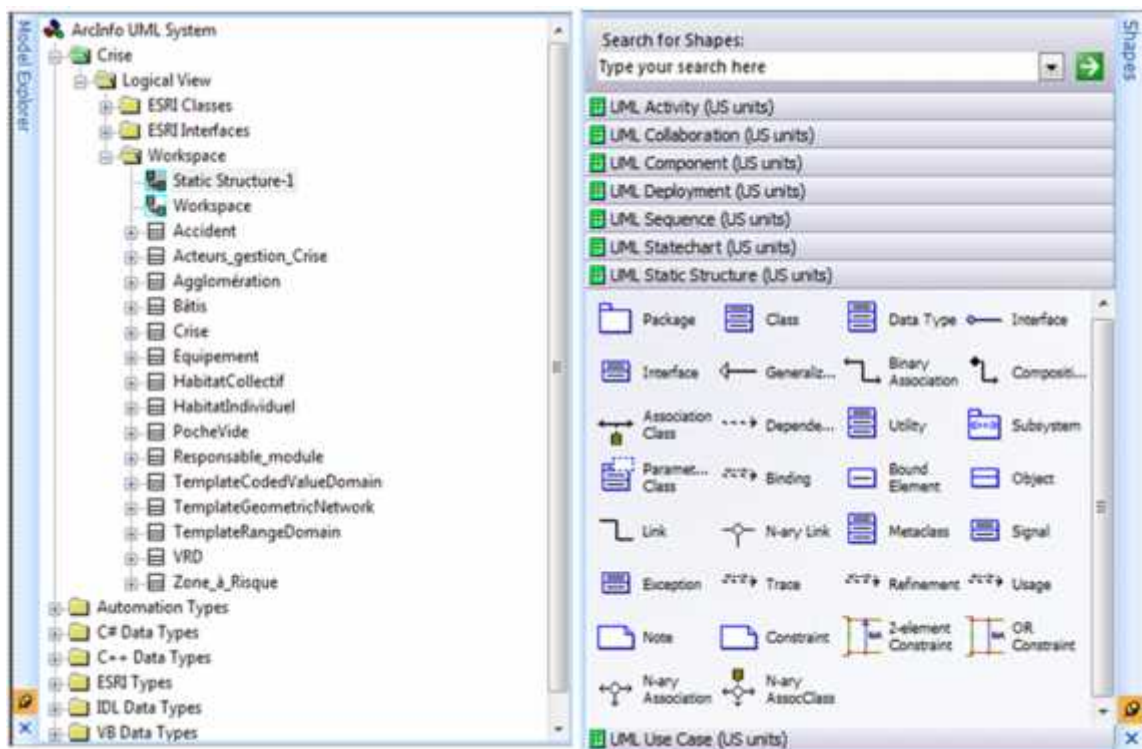
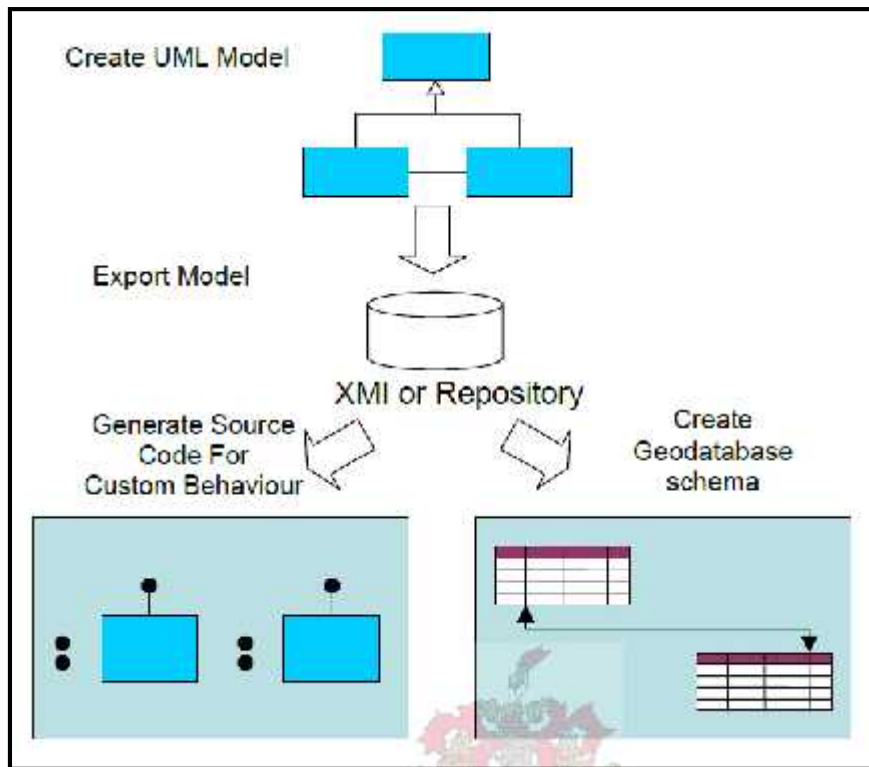


Figure.16 : aperçu du modèle ArcInfo UML sous Visio

7.2. L'élaboration du modèle de donnée avec Case Tools

Microsoft Office Visio Professional 2007 a été utilisé pour construire le modèle UML. Pour concevoir une structure de géodatabase, puis importer cette structure dans une géodatabase, Microsoft Visio doit s'appuyer sur des outils CASE d'ArcGIS à travers un modèle prédéfini par ESRI nommé «ArcInfo UML model».



Source : Perencsik et al 2004b

Figure.17 :L'utilisation d'UML et CASE Tools pour la création de la Geodatabase

7.3. La définition des propriétés des classes d'objets

Des propriétés des classes d'objets ont été définies à travers trois caractéristiques principales :

le nom de la classe d'objet est une chaîne de caractères de type « String ».

Les attributs représentent les caractéristiques d'un objet, il s'agit des informations descriptives stocker dans des champs d'une table.

Il existe deux types de classe d'objet, géographique et non géographique ; pour un objet ayant une géométrie (point, polyligne, polygone) il doit être relié à la classe (ESRI Classes:Feature), cette propriété est précisée au moyen des valeurs annotées, les « Tagged Values ».

Les Fig.18,19,20 ci-dessous montrent les différentes caractéristiques des classes d'entités à savoir : nom de la classe, ces attributs et la forme géométrique.

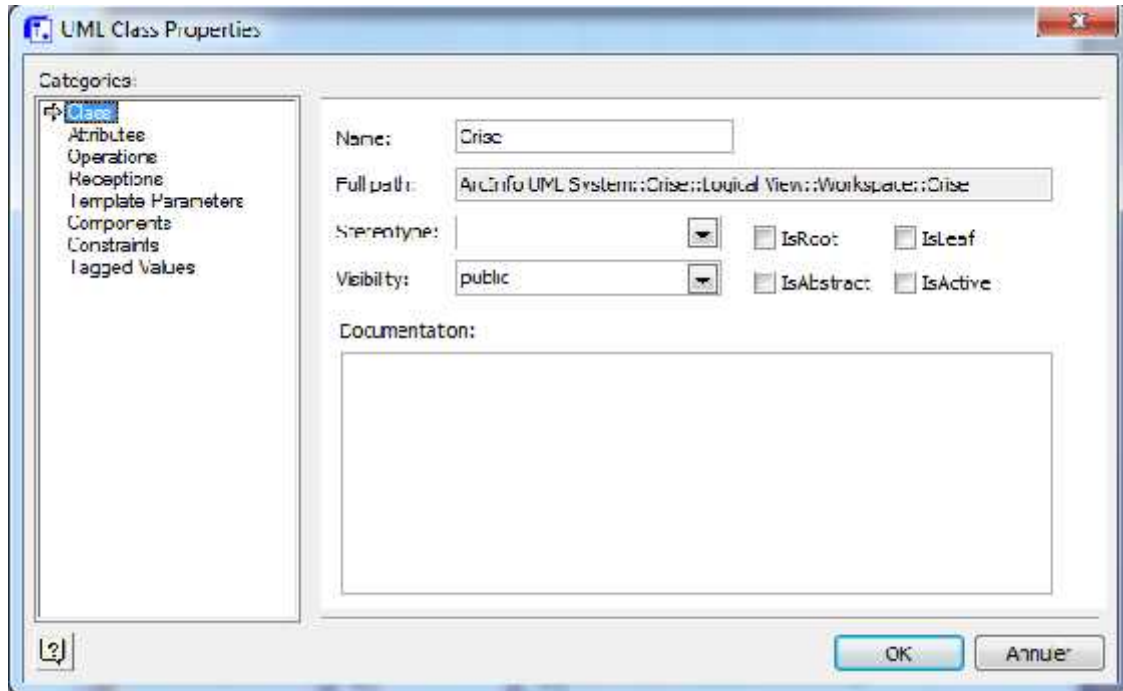


Figure.18 :définition du nom de la classe d'entité

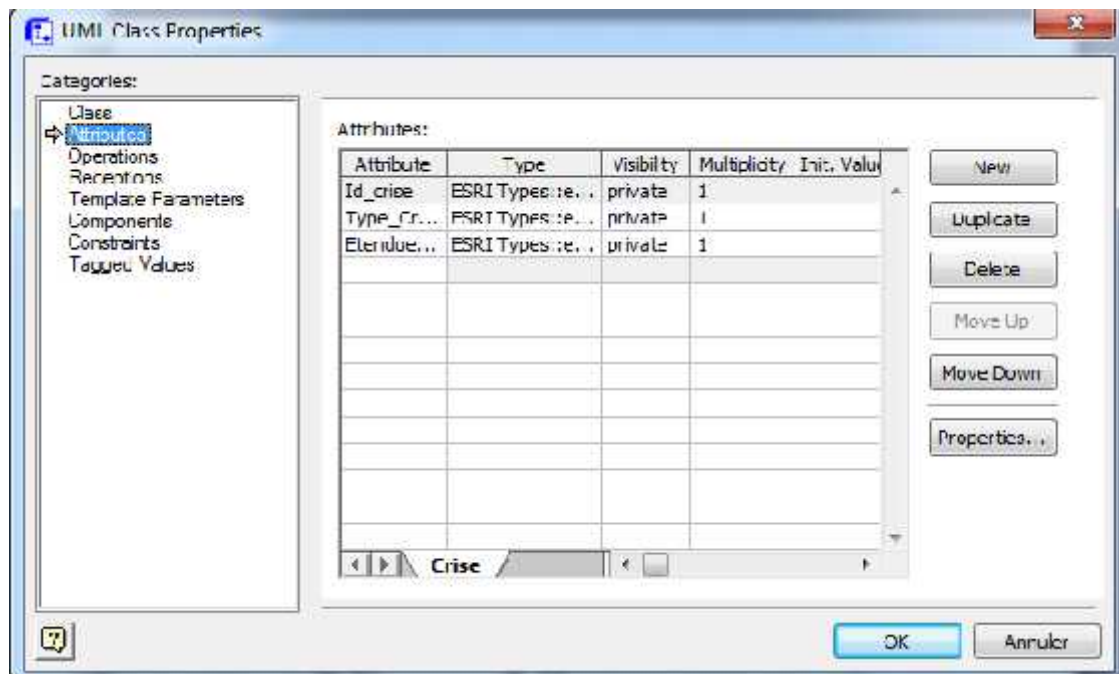


Figure.19 :définition des attributs de la classe d'entité

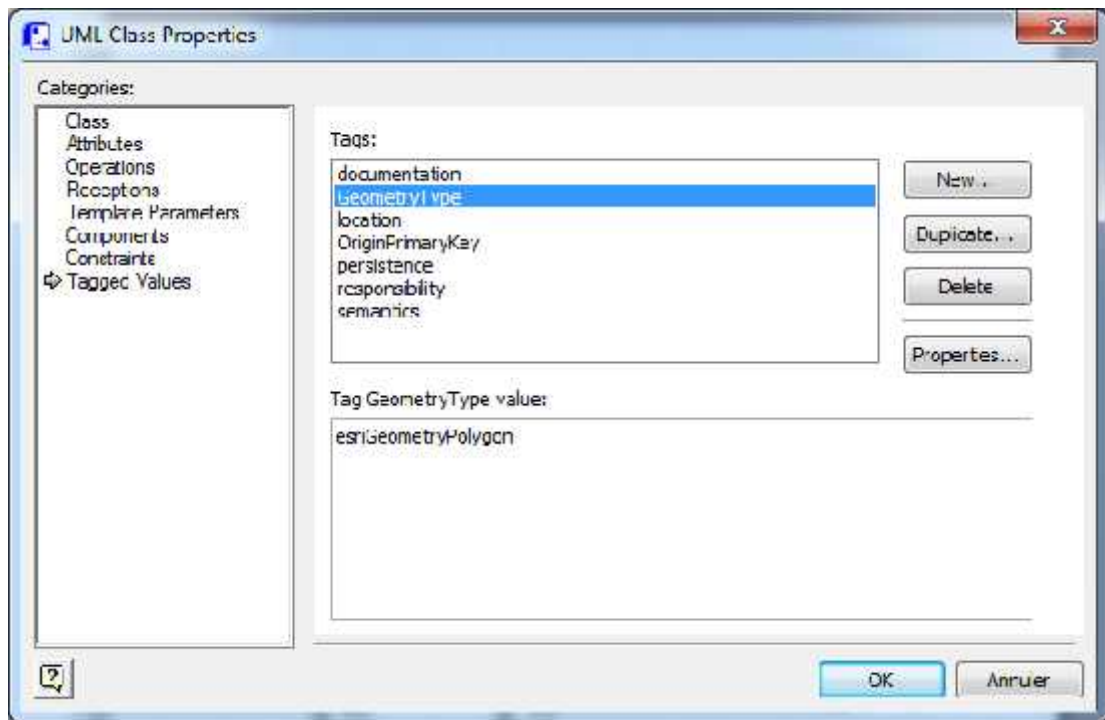


Figure.20 :définition de la géométrie de la classe d'entité

7.4. Définition des propriétés des associations

L'association entre deux objets dans ArcGIS permet de définir la participation de la classe d'objet origine dans la classe d'objet destination. Cette participation est précisée par les champs Clé primaire et Clé étrangère.

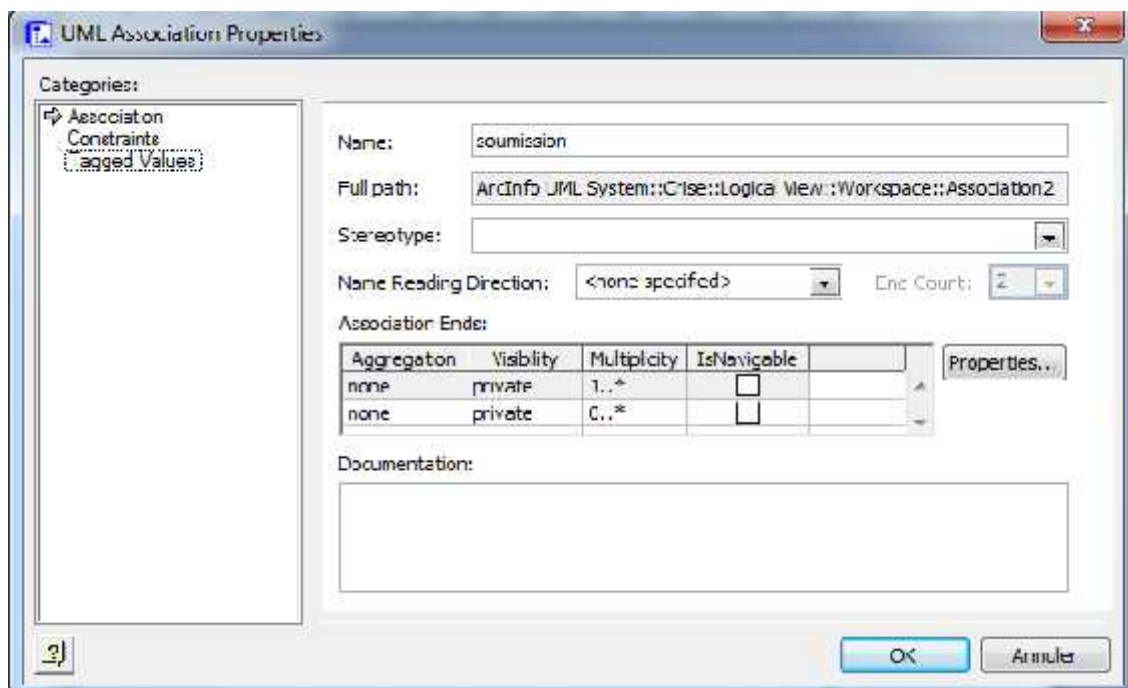


Figure.21 : définition du nom de l'association

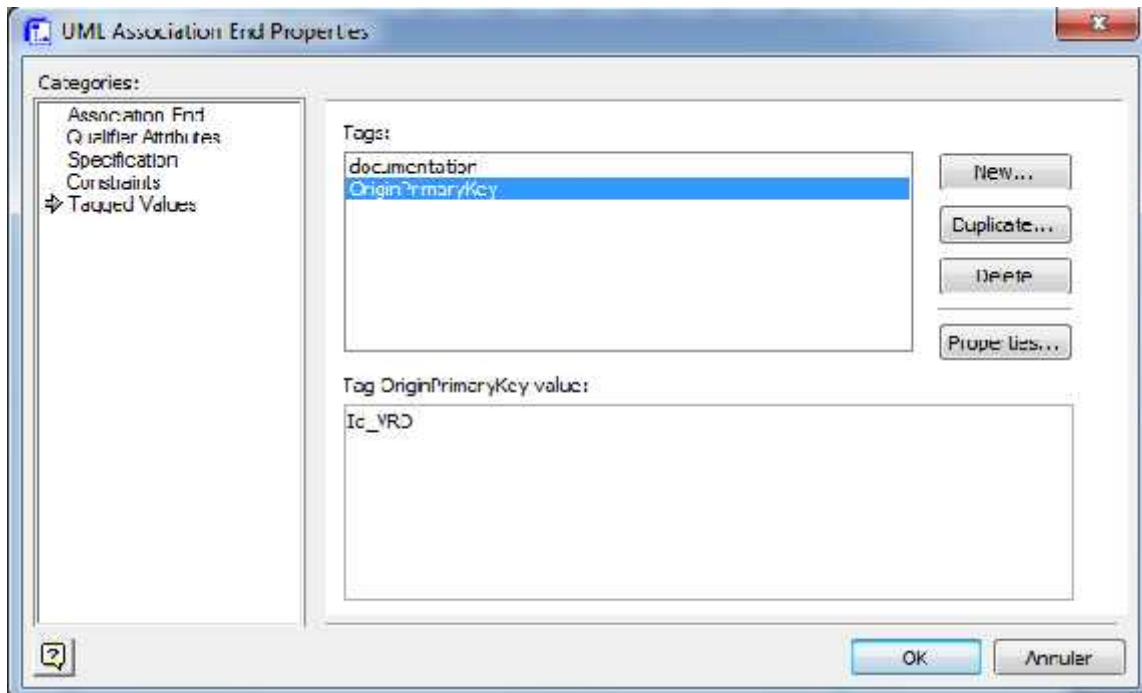


Figure.22 :définition des clés de l'association (primaire et étrangère)

Une fois l'introduction de toutes les informations nécessaires est achevée, la structure du modèle est la suivante (Fig.23), ce modèle permet d'illustrer les interactions existantes ente les objets qui participent à l'analyse de notre problématique.

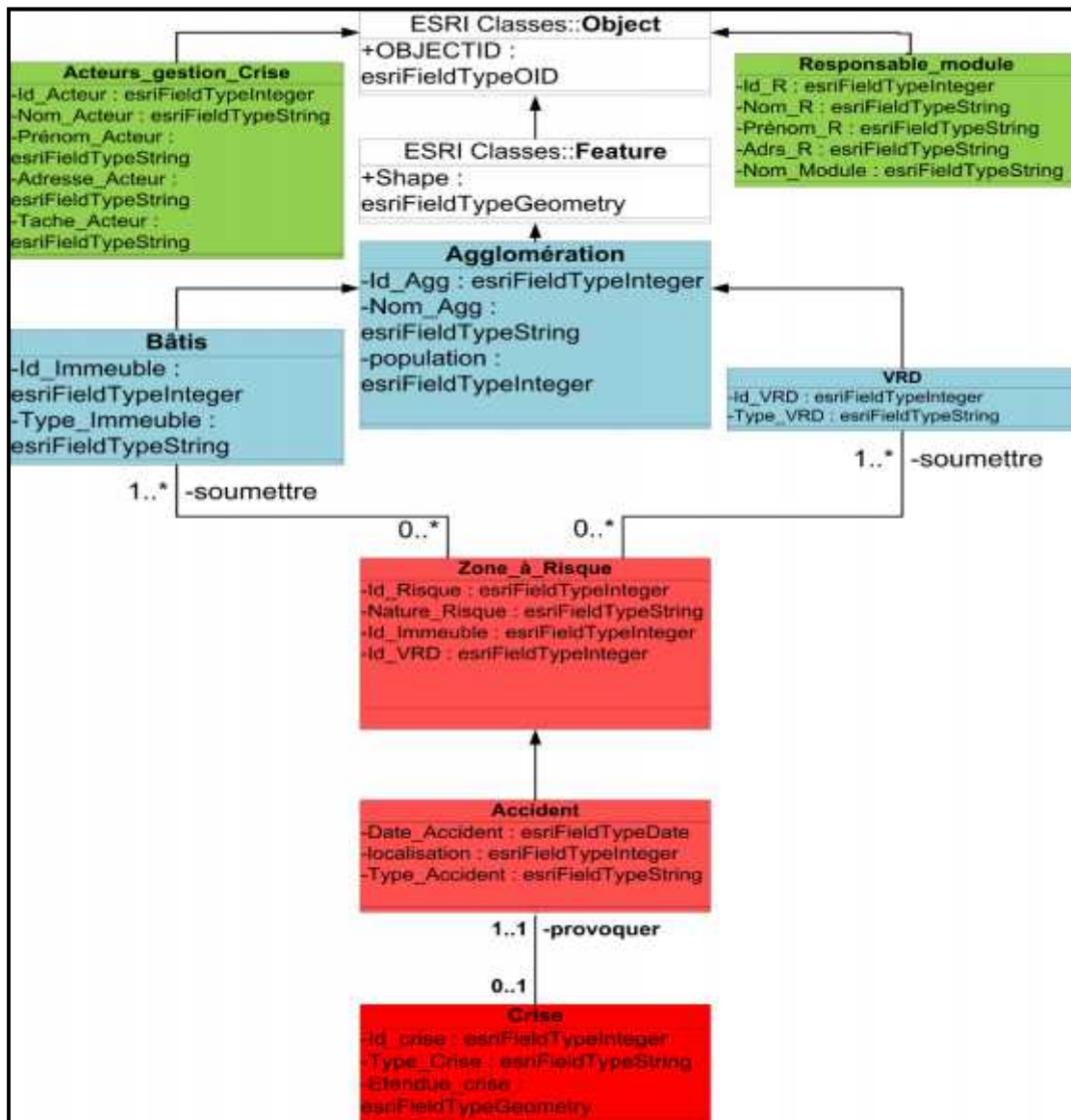


Figure.23 :Modèle conceptuel des données élaboré sous Visio

Le MLD doit être représenté d'une façon qu'il soit pris en charge par le SGBD ArcCatalog d'ESRI. De plus, le MLD doit se plier donc aux différentes règles de la modélisation logique, qui est de type objet-relationnel, proposé par ESRI.

7.5. La structure de la geodatabase dans ArcCatalog

Exportation et vérification du modèle

Après avoir élaboré le modèle dans Visio, il faut l'exporter dans un fichier d'échange XML (XMI). Donc, grâce au ESRI XMI Export, le schéma élaboré à l'aide du Arcinfo UML Model a été exporté vers un fichier XML.

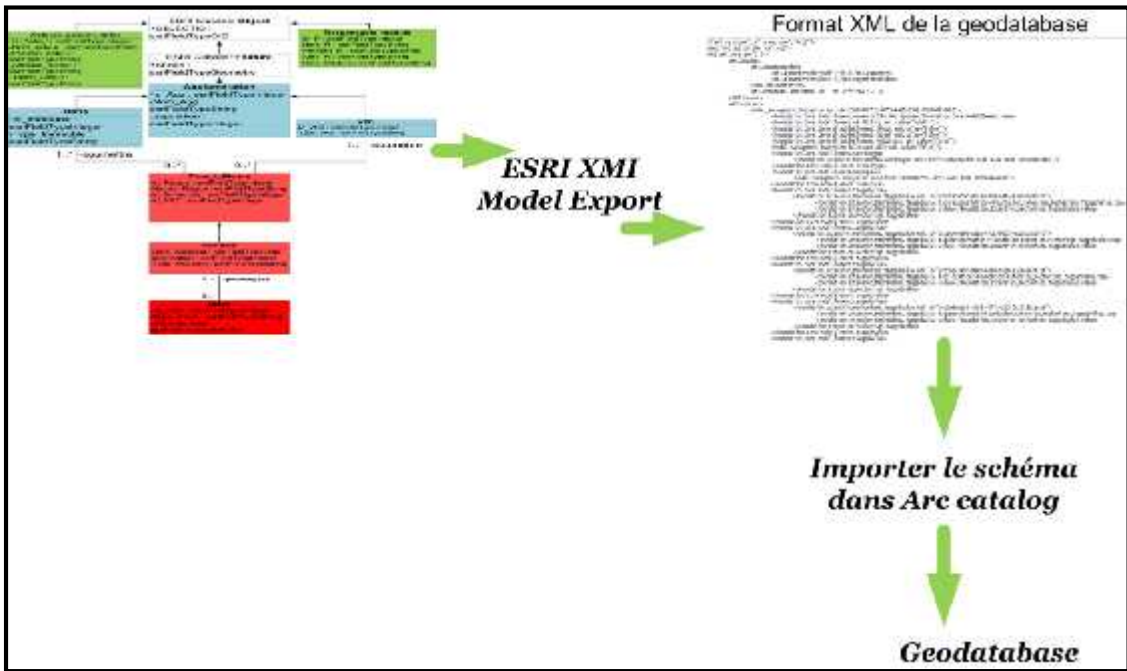


Figure.24 :processus général d'exportation du modèle

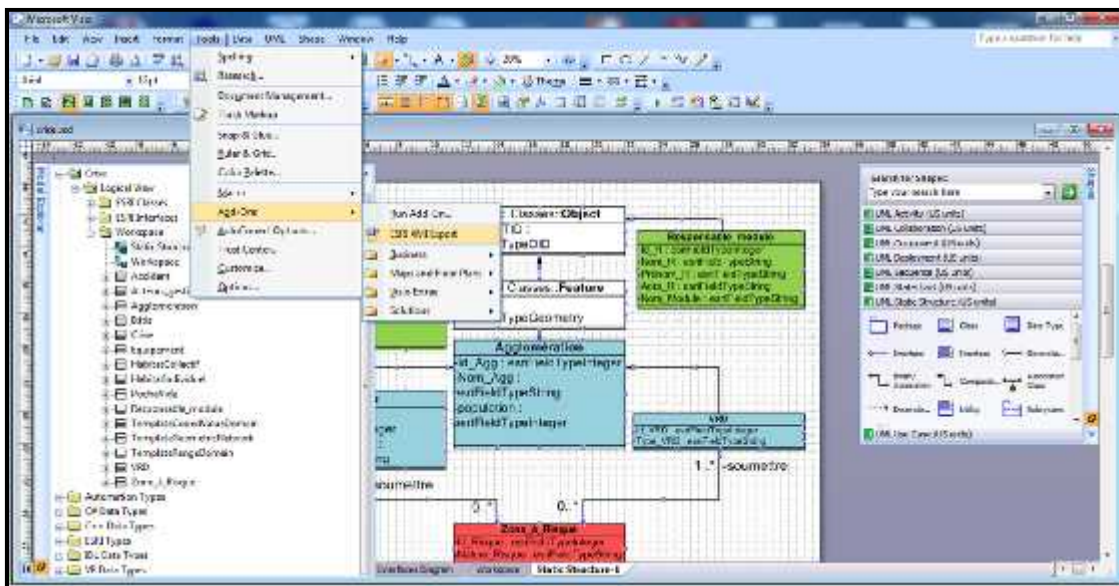


Figure.25. Exportation du modèle

Puis, la validité du modèle doit être vérifiée avant qu'il soit bâti sur l'ArcCatalog. Ceci est réalisé par l'analyseur sémantique (Semantics Checker d'ESRI) intégré dans l'ArcCatalog.

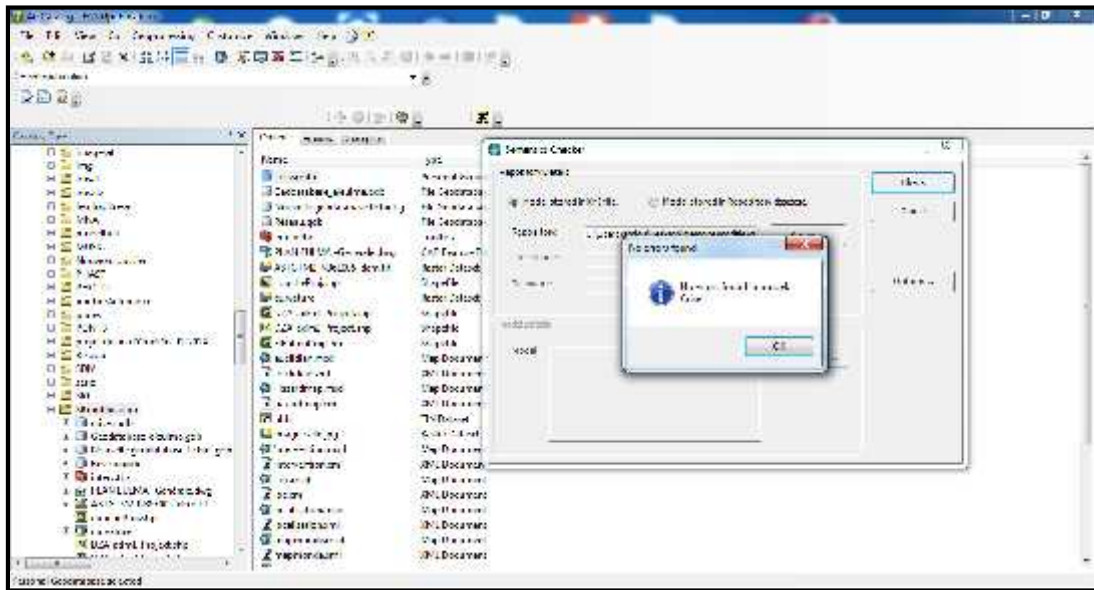


Figure.26. vérification de la validité du modèle.

Exportation du modèle

Le modèle physique est l'étape ultime de la modélisation, grâce au « ESRI Schema Creation Wizard » le modèle logique est importé pour générer la geodatabase à partir du fichier XML exporter précédemment , à ce stade il faut créer une geodatabase personnelle sous ArcCatalog qui va contenir les classes d'entités définies dans le modèle .

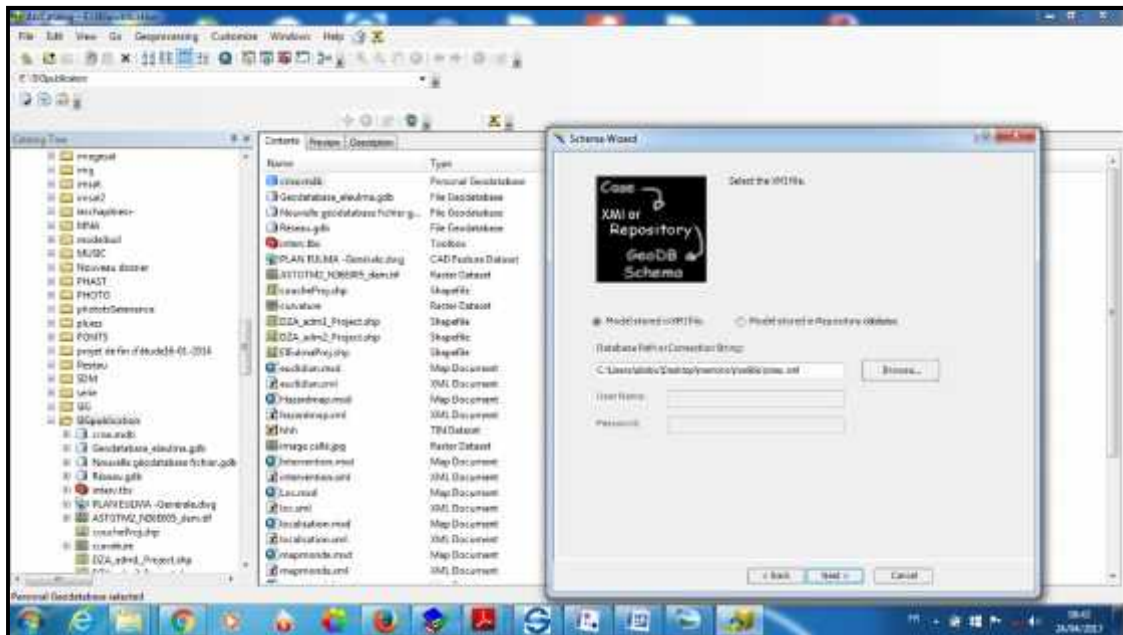


Figure.27. Hébergement du modèle.

La construction de la base de données est achevée. La (Fig. 27) montre la Geodatabase telle qu'elle apparaît dans la zone d'affichage d'ArcCatalog.

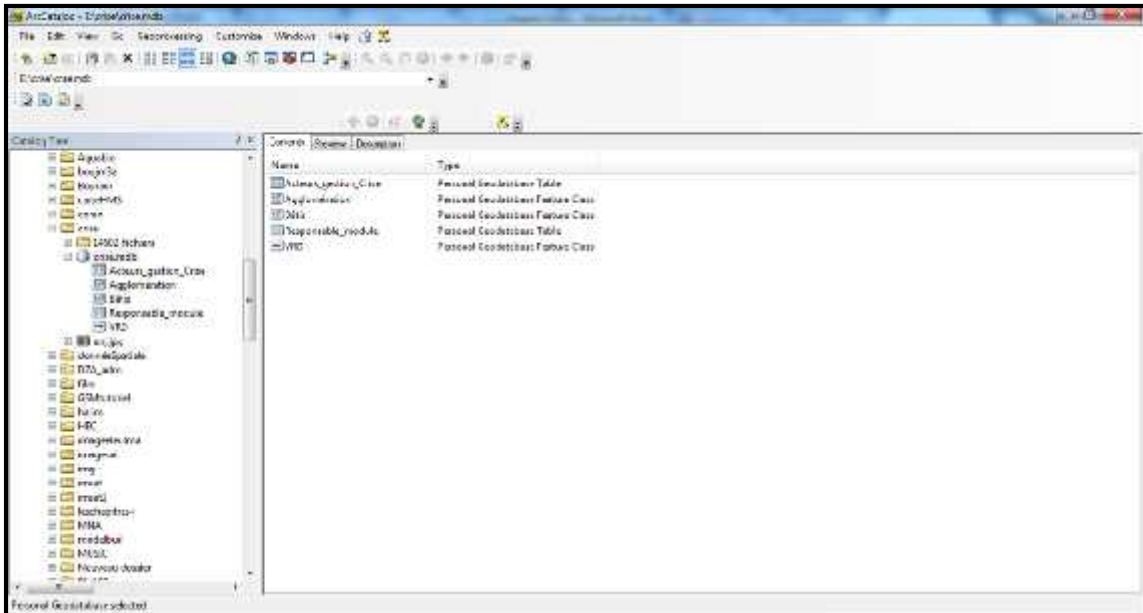


Figure.28. La geodatabase dans ArcCataloge.

Conclusion

La modélisation des données géographiques présente des particularités de type spatiale et temporelle, ces particularités doivent être respectées autant que possible pour que le modèle élaboré fasse l'objet d'une appréhension de la complexité du système de la gestion des crises. En effet, le modèle qui a été mis en place a pu montrer les caractéristiques de l'ensemble des classes d'entités (géométrique, topologique et sémantique) afin d'être implémenté dans l'SGBD objet relationnel ArcCatalog. Le modèle Arc Info UML d'ESRI constitue un moyen puissant pour la structuration des données géographiques et qui permet de surmonter les contraintes liées à l'implémentation physique sous forme de Geodatabase.

CHAPITRE 4

L'APPORT DU WEB SIG DANS LA GESTION DES CRISES

Introduction

La ville d'El Eulma est de plus en plus confrontée à des crises par la forte imbrication du tissu urbain avec la zone industrielle. En effet l'inondation, qu'a connue la ville en 1981, a causé 44 morts et 55 blessés. Ajoutant à cela, les accidents industriels n'ont heureusement provoqué que des dégâts matériels selon une source officielle de la protection civile. Ce qui nous amène à dire que la ville d'El Eulma n'est pas à l'abri d'un éventuel accident.

Malgré les efforts menés par l'état algérien en matière de gestion des crises, le processus d'intervention en cas d'urgence reste peu efficace, c'est pourquoi le record aux systèmes d'information géographique (SIG) et plus particulièrement le WEB SIG demeure un choix incontournable.

1. Le SIG Web : une solution pertinente pour la gestion des crises

(Hess et al, 2004) estiment que, contrairement à des cartes papier, les SIG sont capables de stocker, manipuler et afficher un ensemble beaucoup plus riche d'informations. Ainsi, les systèmes d'information géographique (SIG) sont devenus des outils intégrés de gestion des catastrophes, actuellement, ils sont utilisés dans les quatre phases de gestion d'une catastrophe: atténuation, préparation, intervention et rétablissement. (Cutter, 2003). De plus, Un SIG permet aux planificateurs d'urgence de localiser les dangers et d'évaluer les zones en fonction de leurs dangers et du potentiel d'une catastrophe ou d'un événement d'urgence (Johnson, 2000).

Cependant, l'internet apparaît comme un moyen de diffusion et de partage à l'échelle planétaire puisque quiconque le désire à l'heure actuelle peut se connecter à ce réseau mondial et communiquer avec d'autres utilisateurs géographiquement distants (Thierion, 2010). Ainsi, au travers l'internet et plus largement des réseaux informatiques, le domaine des SIG a vu se développer des capacités d'échanges de données à grande échelle, mais aussi la possibilité « d'incorporer interaction et animation dans l'affichage » (Peterson, 2005). Avec la mise en réseau des bases de données, des applications, des dispositifs et des usagers, la cartographie prend place au sein des flux d'informations (Plantin, 2009 ; Hudson Smith et al. 2009 ; De Longueville, 2010). Donc, la combinaison de l'internet et les nouvelles technologies, telles que les systèmes d'information géographique (SIG), permettent désormais de mieux comprendre et communiquer les complexités sociales et physiques des catastrophes (Vijay Bahuguna et al, 2013). Comme l'ont souligné Muntz et al (2003), les processus

liés à la gestion des crises sont basés sur l'information géographique et les technologies associées. Le développement de nouvelles informations et les technologies de communication, telles que les technologies mobiles téléphone, internet, réseaux sociaux ou cartographie en ligne, a ouvert la voie à de nouvelles pratiques de traitement de l'information (Roche et al, 2011).

Dans, la continuité de la révolution numérique, la révolution multimédia a fait passer la carte de support d'information statique à support d'information dynamique et interactif (Cartwright et al. 1999). En outre, la diffusion de l'information géographique ne représente pas une exception en soi, elle peut a priori être échangée à travers le réseau internet. Cependant, l'aspect composite de l'information géographique, caractérisée par ses propriétés attributaires et spatiales, est un défi technologique majeur pour l'utilisation des SIG en ligne (Cartwright, 1999 ; Kraak et Brown, 2001 ; Van Elzakker, 2001a). Selon (Li Jiugang et al), la plateforme d'urgence Web SIG est principalement destinée à tous les secteurs de la gestion des urgences gouvernementales, aux événements imprévus majeurs pour l'analyse de la haute performance, la gestion des imprévus et l'élimination des systèmes d'information spatiale pour soutenir la prise de décision.

La mise en ligne des informations spatiales nécessite des plateformes bien adaptées d'une part et d'une configuration logicielle capable de prendre en charge les informations géographiques de l'autre part.

L'utilisation de l'information géographique en gestion de crise est multiple. Il est possible de dégager trois finalités principales de l'utilisation de SIG par la sécurité civile (Sauvagnargues-Lesage, 2001) :

- la gestion de la prévention où le SIG permet de rassembler les informations réglementaires
- la prise en charge de la prévision de l'aléa en analysant « les conditions d'éclosion et de développement du sinistre »
- la gouvernance des opérations de secours.

Ainsi, du point de vue de la sécurité civile ou des décisionnaires, un outil de « cartographie événementielle» en temps réel permet a priori une meilleure visibilité de la situation tactique et stratégique du terrain en augmentant les capacités de surveillance et de contrôle du système opérant (Sauvagnargues-Lesage, 2001 ; ISTD, 2005 ; Pornon, 1992).

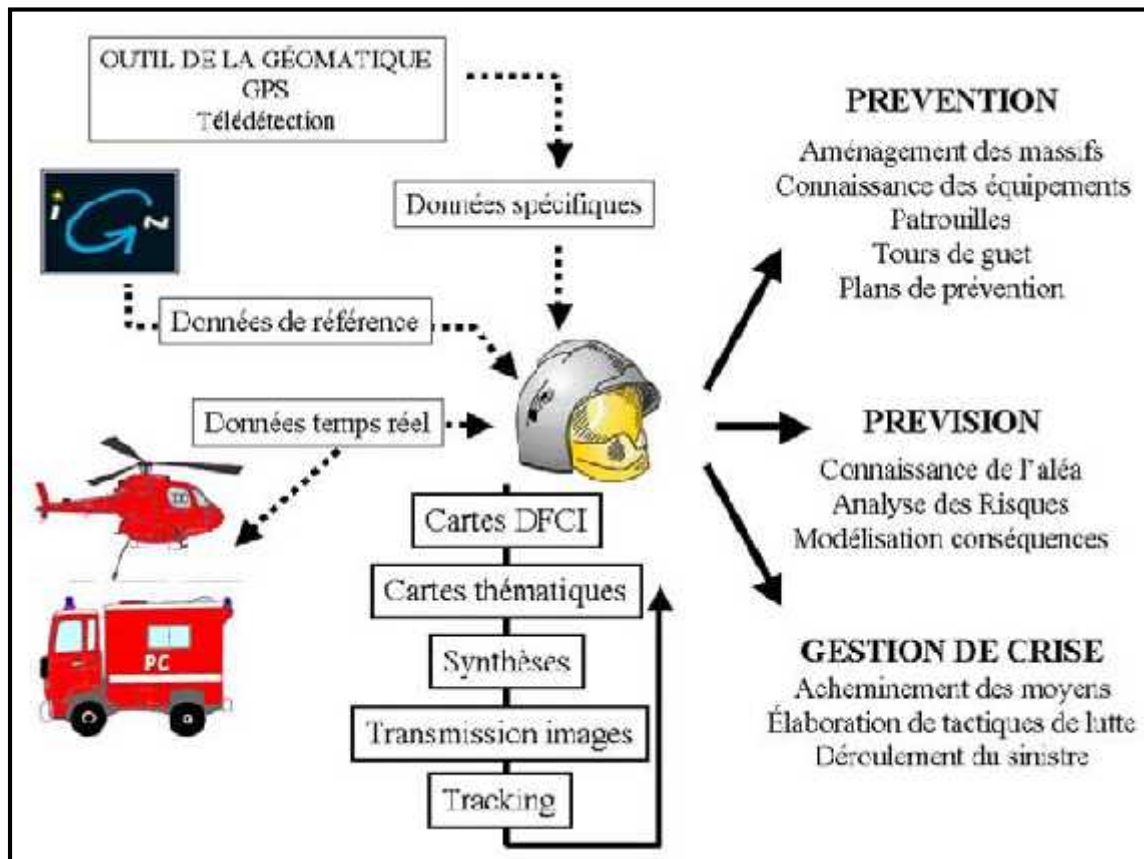


Figure.29. La télégéomatique chez les pompiers (Sauvagnargues-Lesage, 2001)

2. La technologie de la cartographie sur le web

D'un point de vue quantitatif, le Web est devenu le plus important média pour la diffusion de cartes géographiques (Kraak et al, 2001). Selon Peterson (2003), le nombre de cartes diffusées alors sur l'internet en 2003 était estimé à plus de 200 millions par jour.

Les technologies actuelles du Web (2.0) permettent la mise en place d'applications cartographiques présentant d'excellentes capacités de représentation et de manipulation des données spatiales (fluidité d'affichage, navigation conviviale, changement d'échelle intuitif, importation et organisation des données, etc.)(Boris, 2011).

Historiquement, la cartographie en ligne s'appuie sur le modèle client-serveur couplé avec une base de données distante basée sur une architecture deux tiers ou trois tiers.

Deux grandes familles de SIG en ligne ont été identifiées. La diffusion des cartes statiques sous forme d'image (JPEG, GIF, etc.) ou bien graphiques vectoriels (SVG, PDF, etc.). La solution interactive qui s'appuie sur l'architecture trois tiers, les trois volets opèrent en interaction avec eux, il s'agit d'un navigateur coté client, un serveur

web enrichi de fonctionnalités afin de prendre en charge les données géographiques et un serveur de données.

Au début, les systèmes d'information géographiques correspondent à des outils de stockage, d'analyse, de traitement et d'affichage des informations à référence spatiale, mais aujourd'hui ils ont tiré profit des nouvelles technologies et plus particulièrement l'internet pour qu'ils soient des outils incontournables d'aide à la décision. Le tableau ci-dessous récapitule leur évolution.

Tableau. 9: Les trois vagues évolutives des SIG (inspiré de Ganatapi, 2010)

	Phase	Fonctionnalités	Exemples
Logiciel SIG		<ul style="list-style-type: none"> - Logiciels installés sur des ordinateurs - Utilisés par des professionnels SIG - Bases de données complexes et coûteuses - Cartes non accessibles au grand public - Compétences techniques requises - Capacités d'analyse spatiale 	ArcGIS ; MapInfo; BentleyMap; Geoconcept
Cartographie en ligne		<ul style="list-style-type: none"> - Logiciels installés sur des serveurs - Applications développées par les professionnels - Utilisés par une partie du grand public - Applications accessibles au grand public via des navigateurs Web - Bases de données géographiques restreinte 	ArcGIS server; MapServer; cartoWeb ; Geoserver; MapGuide
Géoweb		<ul style="list-style-type: none"> - Plates-formes Web 2.0 (services Web) - Bases de données multiples et interopérables - Applications utilisés par les professionnels et le grand public - Les bases de données, les applications et les usagers sont mis en réseau Globes virtuels, services Web géographiques - Dispositifs mobiles (GPS, smartphones) 	Google Maps ; Bing Maps ; Google Earth; OpenLayers; OpenStreetMap

3. Définition du webmapping

Le SIG Web est la combinaison des SIG et la technologie internet, permettant la création, la publication, l'interrogation, le partage et l'analyse de données géospatiales via internet sans une application de bureau traditionnelle. Le WEB SIG est appliqué dans plusieurs domaines tels que l'armée, l'éducation et le commerce (Mingcheng Wu et al, 2013). Il est possible de définir la cartographie en ligne ou « Webmapping » comme un « processus de distribution de données géoréférencées via un réseau tel qu'Internet ou un intranet et de leur visualisation sur des applications cartographiques via une interface web » (Mitchell, 2005).

4. Les services web

Un service Web, au sens large du terme, est un ensemble de fonctions qui peuvent être invoquées à distance par le biais d'échanges de messages transitant via un protocole Web comme le protocole HTTP en utilisant le format XML pour l'échange d'information structurée.

5. Les services géographiques

Avec le géoweb, les applications cartographiques sont accessibles par l'intermédiaire d'un navigateur Web. Au cours de cette logique, les services Web géographiques autorisent le recours aux fonctions de visualisation et de manipulation des données géographiques (référentiels et données) (Mericskay, 2013). Ainsi, dans le domaine de l'information géographique, un acteur majeur des services web est le consortium OGC. Celui-ci a proposé des contrats types pour certaines fonctionnalités comme fournir des cartes, fournir des objets ou fournir des champs. Il s'agit des spécifications appelées Web Map Service (WMS), Web Feature Service(WFS), Web Coverage Service (WCS) (Bucher, 2009).

Associé au comité technique ISO/TC211, l'effort de normalisation de l'OGC « illustre la détermination de résoudre les problèmes associés à l'intégration d'applications SIG en ligne » (Tsou et Battenfield, 2002).

L'OGC, anciennement OpenGIS Consortium, représente actuellement la plus importante initiative de normalisation et de standardisation de l'information géographique. Ce consortium à but non lucratif, international et volontaire a été fondé en 1994 et regroupe 388 industriels, agences gouvernementales et universités (OGC,

2009). Il est rattaché à l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) (Lake et Farley, 2007).

En géomatique un WebService propose un Service qui va permettre la prise en charge distante de données, soit pour l'affichage simple de carte (WMS), soit pour du stockage de données (WCS et WFS) soit pour du traitement distant pour éviter d'utiliser du temps d'utilisation du processeur et de la mémoire.

Du côté des services spatiaux, notre client envoie une requête pour connaître les possibilités du serveur (GetCapabilities), il peut demander une description supplémentaire pour une couche particulière puis demande les données, le traitement (GetMap ou GetFeatureInfo dans le cas d'un WMS). Après chaque requête le client reçoit une réponse sous forme de fichier XML ou image dans le cas des WebService de l'OGC.

En géomatique, un WebService est un service qui propose des cartes (WMS, WTS), des données brutes (WFS, WCS, GML, GeoRSS), des données sur les données ou métadonnées (CAT), des informations sur la sémiologie (SLD), sur les données d'une carte (WMC), etc.

Tableau.10 : Les services web : les normes de l'OCG

Pauthonnier, 2010 Services Web	Description	Requêtes
WMS (Web Map Service)	Un protocole qui permet aux serveurs de données de retourner des cartes visuelles avec certaines entités à la suite la demande du client. Il existe aussi un WMS-C, service web caché qui propose des moyens efficaces pour traiter et obtenir des cartes par tuiles.	<i>GetCapabilities, GetMap, GetFeatureInfo</i>
WFS (Web Feature Service)	un protocole qui fait appel aux opérations de création, modification, de suppression des entités géographiques vectorielles sur des cartes. Nous distinguons deux types de serveurs WFS (basiques et transactionnels).	Serveurs basiques (<i>GetCapabilities, DescribeFeatureType, GetFeature</i>). Serveurs transactionnels WFS-T (<i>GetCapabilities, DescribeFeatureType, GetFeature, LockFeature, Transaction</i>).
WCS (Web Coverage Service)	Un service de grilles permet d'obtenir des données géographiques de type grilles.	<i>GetCapabilities, DescribeCoverage, GetCoverage.</i>
WPS (Web Process Service)	Un service de geotraitement est un protocole qui permet d'effectuer un geotraitement.	<i>GetCapabilities, DescribeProcess, Execute</i>

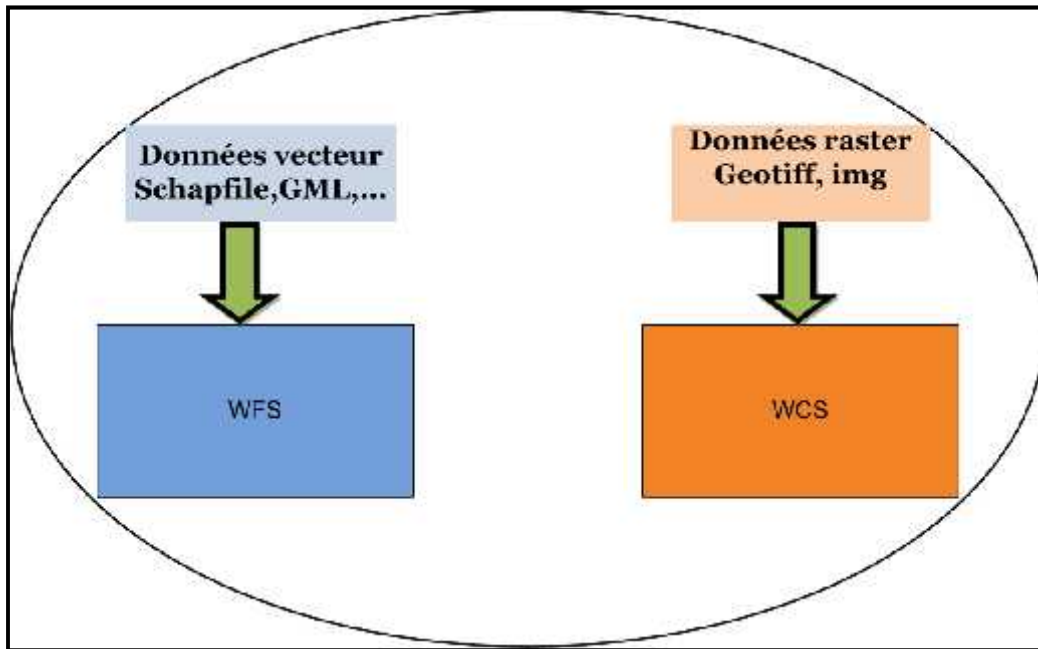


Figure.30. Services Web (données vecteur, données raster).

6. Les serveurs cartographiques dans Les systèmes de webmapping

L'OGC est une organisation internationale composée de différents partenaires ayant trait à la géomatique et plus généralement à l'information géographique. Elle comprend aujourd'hui plus de 400 membres, institutions, entreprises et organismes. Les principales missions assurées par l'OGC sont la définition de nouveaux standards, la maintenance de ces derniers, ainsi que la promotion de l'utilisation de standards ouverts, afin de garantir l'interopérabilité dans le domaine de la géomatique (Beaufils, 2012).

En outre, les logiciels libres et Open Source sont maintenant courants dans les SIG et la géographie. Toutes sortes de logiciels SIG peuvent être trouvés en fonction des besoins, bien que leur catégorisation ne soit pas facile (Steiniger and Hunter, 2013). Steiniger et Weibel (2009) ont identifié sept types principaux d'entre eux:

- ❖ SIG Bureautique
- ❖ Systèmes de gestion de bases de données spatiales
- ❖ Serveurs de cartes Web
- ❖ Serveur SIG
- ❖ Clients Web SIG
- ❖ SIG mobile
- ❖ Bibliothèques et extensions

Auparavant, la plupart des logiciels libres et open source étaient développés par des instituts de recherche, des universités ou des agences gouvernementales. Ces dernières années, la plupart de ces projets sont développés par une nouvelle industrie qui développe et supporte des logiciels open source. Les entreprises privées ont également rejoint le marché (Juhász, 2016).

Selon Siki (2009), les principaux avantages de l'utilisation de logiciels libres et open source ne sont pas le faible prix, mais l'interaction directe entre les développeurs et les utilisateurs. Ils appartiennent tous à la même communauté, ce qui entraîne des périodes de développement plus courtes. L'utilisation de logiciels libres et open source est également financièrement avantageuse, car au lieu de dépenser de l'argent sur des licences commerciales, les ressources peuvent être réaffectées à des tâches de développement réelles.

De manière générale, les logiciels libres s'appuient sur les normes internationales OGC (Open GIS Consortium) permettant d'améliorer l'interopérabilité d'une façon grandissante.

Le but principal du WEB SIG est de rendre l'information géographique accessible par les utilisateurs et plus largement le public.

Actuellement une dizaine de WEB SIG sont disponibles sur le marché à caractère commercial et gratuit. Pour la solution commerciale, on peut citer les plus populaires ESRI ArcIMS, Intergraph GeoMedia WebMap et AutoDesk MapGuide, alors que pour la solution libre, deux sont les plus utilisés il s'agit de Geoserver et Mapserver. Une brève description pour chacun est donnée dans ce qu'il suit :

6.1. La solution open source (gratuit)

Le logiciel open-source (OSS) est un logiciel informatique avec son code source disponible avec une licence dans laquelle le détenteur des droits d'auteur fournit le droit d'étudier le changement et de distribuer le logiciel à quiconque et pour n'importe quel but (Laurent, 2004).

Il existe plusieurs serveurs cartographiques, mais au niveau international, deux sont les plus connus et utilisés il s'agit de Geoserver et Mapserver. Vu la facilité d'utilisation, la compatibilité avec différents systèmes de gestion de bases de données notamment PosGIS et la mise en ligne d'une gamme importante de formats, notre choix s'est basé sur Geoserver.

Mapserver

MapServer est une plate-forme Open Source développée par l'Université du Minnesota (Etats-Unis), il respecte les spécificités de l'OGC. Il prend en charge une multitude de formats de données géographiques (raster et vecteur) et des bases de données spatiales (PostGIS, Oracle). En sortie il produit des cartes interactives à destination d'Internet aux formats suivants : GIF, PNG, JPEG (images bitmap) ; SWF, PDF (images vectorielles).

GeoServer

Interface transactionnelle, le système GeoServer permet d'éditer et de stocker des objets spatiaux rendus accessibles au travers d'un réseau. Il permet ainsi de publier et de modifier une grande variété de formats ouverts sous forme de cartes, d'images ou encore de données géographiques.

Parmi ses qualités, on peut noter sa facilité d'utilisation et sa compatibilité avec différentes bases de données (Oracle Spatial, ArcSDE, PostGIS, etc.), protocoles (WFS-T7, WMS8, etc.) et fichiers cartographique (SVG, KML/KMZ9, SHP, etc.). Les capacités transactionnelles présentent ainsi un support solide pour l'édition partagée de cartes.

Développé intégralement en Java, GeoServer peut intégrer des bibliothèques qui facilitent et accélèrent les opérations complexes telles que la prise en charge de nombreux formats de données cartographiques ou encore les transformations et traductions de systèmes de coordonnées spatiales.

6.2. Solution commerciale

- ❖ ESRI ArcIMS : ArcGIS Server est un logiciel qui met vos informations géographiques à la disposition des autres utilisateurs de votre organisation et, éventuellement, de toute autre personne disposant d'une connexion à Internet. Cette opération s'effectue au moyen de services Web qui permettent à un serveur puissant de recevoir et de traiter des demandes d'informations envoyées par d'autres périphériques. ArcGIS Server ouvre votre SIG sur des tablettes, des smartphones, des ordinateurs portables, des stations de travail et tout autre périphérique pouvant se connecter à des services Web.
- ❖ Intergraph GeoMedia WebMap : permet également la création de sites Web conviviaux. Les opérations côté serveur fournissent des informations géographiques à l'utilisateur final et les composants côté client comprennent des

fonctions d'interrogation, d'édition et de manipulation de la base de données. La cartographie des données vectorielles et matricielles sont les principaux avantages de ce logiciel, ainsi que la capacité de rendu et de manipulation des données dans le navigateur. Les données vectorielles peuvent être fournies sous deux formats: en tant que métafichier Computer Graphics (CGM) et Scalable Vector Graphics (SVG),

- ❖ AutoDesk MapGuide : Ce logiciel de publication cartographique sur Internet offre une plate-forme puissante, qui facilite et accélère la diffusion des informations cartographiques. Il permet notamment d'intégrer des données de conception provenant de différentes sources et de différents serveurs, de développer de nouvelles applications et de diffuser ces cartes dynamiques sur des données à jour de manière simple et rapide.

7. Les étapes d'élaboration du WEB SIG dédié à la gestion de la crise

La mise en place d'une interface WEB SIG passera par les étapes suivantes :

- **l'analyse** : elle permettra d'identifier les principales fonctionnalités du site webmapping à partir des besoins exprimés par les utilisateurs ;
- **la conception** : cette étape a double objectif le premier est la modélisation des données à travers une étude conceptuelle, celle-ci a été abordée en détail dans le chapitre trois. Le deuxième est de définir l'architecture du système à mettre en place afin de déterminer les outils logiciels nécessaires pour la mise en œuvre du webmapping.
- **la réalisation** : est une étape transitoire, d'une part, il faut respecter les spécifications définies à l'étape de conception pour la création de la base de données et d'autre part de structurer les données de telle manière à être accessible par le serveur.
- **la mise en ligne** : consiste à charger les différentes couches d'informations stockées dans la base de données spatiale qui seront prises en charge par le serveur web.

La méthodologie adoptée dans cette recherche pour développer notre Web Gis destiné à l'aide de la gestion de crise en milieu urbain utilisant l'open source. L'architecture de notre WebMapping est de type client/serveur.

8. Les modèles de communication les plus utilisés dans un système distribué

Plusieurs modèles de communication sont disponibles, mais seulement certains qui répondent à des besoins spécifiques surtout dans le domaine de la géographie, parmi ces modèles on peut citer : le modèle client-serveur, pair-à-pair, intergiciel et la technologie

grille. Le modèle client-serveur avec ces différentes architectures répond largement à nos besoins c'est pour cela nous avons opté pour ce modèle et plus particulièrement sur l'architecture 3-tiers qui propose trois niveaux d'applications à savoir le client, le serveur web et le serveur de données.

Le modèle client-serveur représente le modèle de communication le plus utilisé dans le monde des systèmes distribués. Il s'agit de permettre la communication entre un client et un serveur. Ce dernier offre une panoplie de service, comme l'accès à des fichiers de données, à des bases de données ou à des opérations informatiques. La mise en place d'une telle communication s'effectue généralement à l'aide des protocoles standards TCP/IP de l'Internet, permettant une connexion directe et univoque entre deux postes informatiques. Le développement de ce modèle implique une organisation en tiers. Il s'agit de clairement séparer les développements et a fortiori les opérations de chaque acteur. Dans ce cas, deux modèles principaux existent :

- l'architecture 2-tiers, qui considère le client et le serveur comme deux entités fonctionnelles distinctes
- l'architecture 3-tiers, qui considère trois niveaux de communication (Fig.28) :
 - ❖ le client et son interface utilisateur.
 - ❖ le serveur d'application qui contient les fonctionnalités de communication avec les deux autres tiers et les programmes spécifiques à l'application.
 - ❖ le serveur de données qui interagit avec le serveur d'application en interprétant ses requêtes et en lui transmettant les données correspondantes (Thierion, 2010).

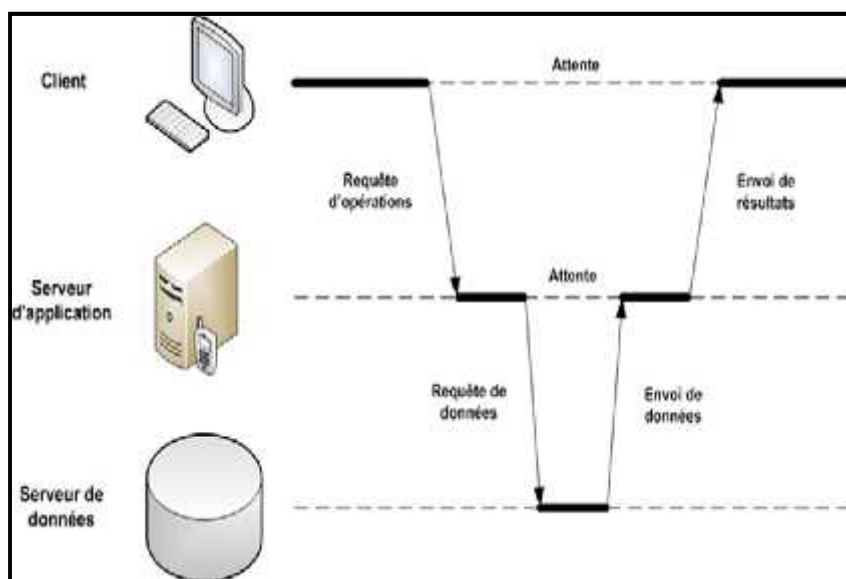


Figure.31. Architecture de communication client-serveur 3 tiers
(D'après Tanenbaum et Van Steen, 2002)

Le système client/serveur repose sur trois composantes principales : le client, le serveur cartographique et le serveur de données.

Le client : dans un navigateur quelconque, les utilisateurs peuvent accéder aux ressources désirées à l'aide du protocole de communication HTTP en fonction de leur requête, ceci est assuré par l'API Openlayers intégré directement dans le code de la page web.

Le serveur cartographique : Un serveur web est un programme qui renvoie des contenus (pages web, images, fichiers, données, etc.) en utilisant HTTP (Hypertexte Transfer Protocol). Lorsqu'on utilise un navigateur pour se connecter à un site web, on utilise un serveur web.

Le serveur web prend la requête, l'interprète, et retourne une réponse à l'utilisateur. Celle-ci est renvoyée à l'écran via le navigateur.

Dans le cas d'un serveur web « Mapping » la réponse n'est pas de type document ou fichier, mais des données géographiques.

Donc, la publication des données spatiales sur internet se fait à travers deux types de serveurs cartographiques ; les serveurs libres tels que Geoserver et Mapserver dont le code source est accessible et modifiable et les serveurs cartographiques commerciaux.

Le serveur de données : les serveurs de données généralement se sont des systèmes de gestion des bases de données objet relationnel qui introduisent des extensions de données spatiales permettant de stocker les informations qui seront utilisées par le serveur cartographique.

Jegou (2009), propose un modèle client-serveur pour la cartographie en ligne

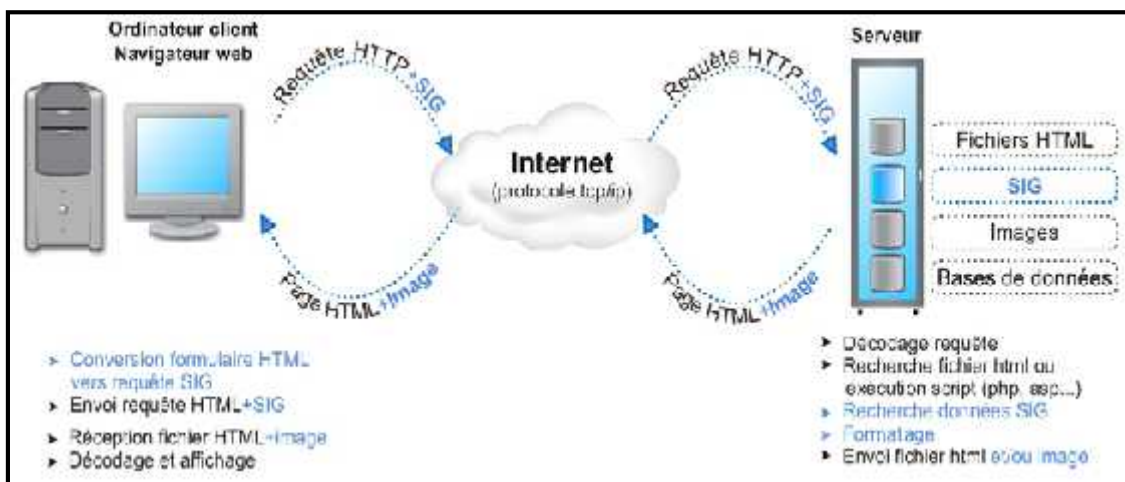


Figure.32. Modèle client-serveur dédié à la cartographie en ligne (Jegou, 2009).

9. Architecture du WEB SIG

Un SIG web est formé généralement de trois composantes : Client, Serveur cartographique, Serveur de données (Laury et Saysanasy, 2012). L'architecture du web SIG est basée sur trois modules principaux.

1. Module Geodatabase (PostgreSQL/PostGIS); PostGIS c'est l'extension dont il a besoin le système de gestion des bases de données PostgreSQL pour prendre en charge les données spatiales. De plus, PgAdmin est une interface d'administration de base de données PostgreSQL qui peut traiter avec base de données PostGIS.
2. Module SIG (ArcGis, QGIS);
3. module SIG WEB (Geoserver).

La (Fig.33) montre l'interaction de différents modules afin de mettre en ligne une variété d'information géographique à la portée du grand public.

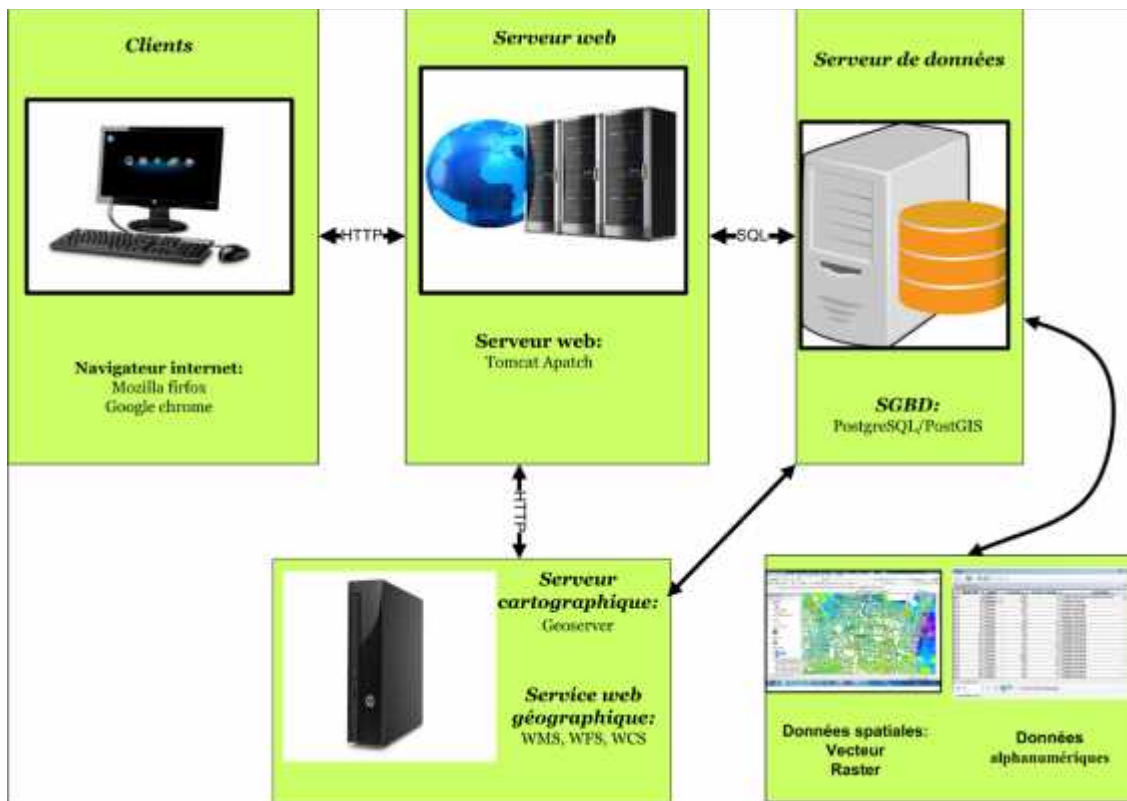


Figure.33. Architecture du web SIG.

Le client, à travers un navigateur quelconque et par le protocole HTTP envoie une requête au serveur web (Apache dans notre cas). Cette requête est encapsulée dans l'API OpenLayers. Le serveur Web envoie une requête SQL au serveur de données (PostGis dans notre cas). PostGIS renvoie des fichiers SIG ou textes (XML) au serveur

cartographique (GeoServer). Enfin GeoServer renvoie les entités géographiques aux formats WMS ou WFS au client. Donc, La carte s'affiche sur le navigateur d'utilisateur.

10. Le mode de fonctionnement

La solution PostgreSQL/PostGIS propose deux méthodes de création d'une base de données.

Pour créer une base de données spatiale nommée « crise », la première méthode on procède à exécuter la commande shell createdb, quant à la deuxième, c'est à l'aide de PgAdminIII outil installé par défaut. C'est cette dernière méthode qui a été adoptée ici.

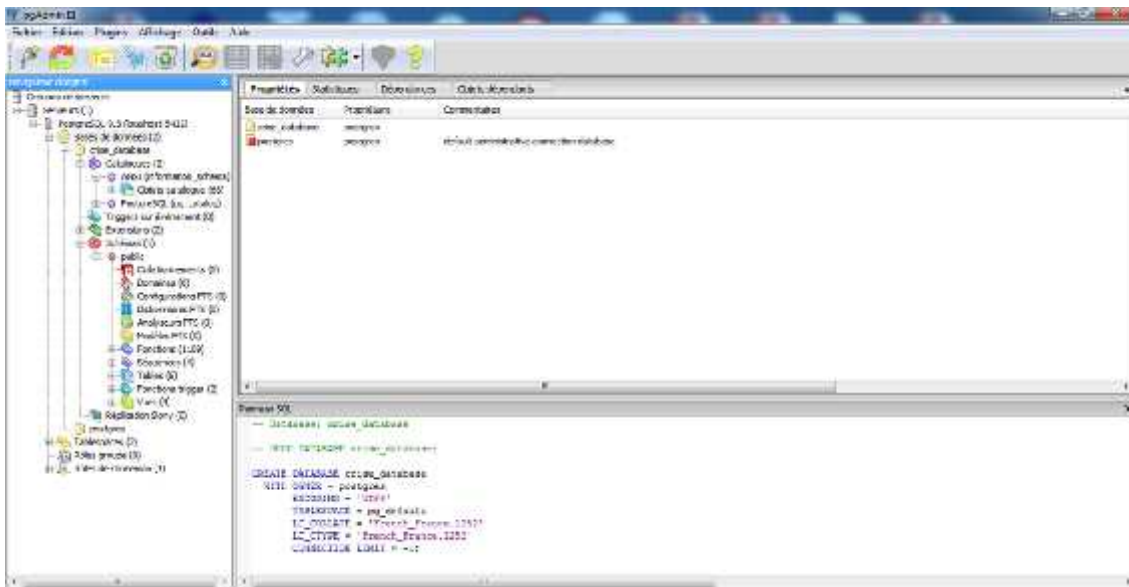


Figure.34. Création d'une base de données à l'aide de PgAdminIII.

Il faut à ce stade importer nos shapefiles afin d'en faire des tables de notre base de données. Cette importation se fait à l'aide de l'utilitaire pgShapeLoader qu'on peut librement télécharger et installer. Son interface se présente comme ceci :

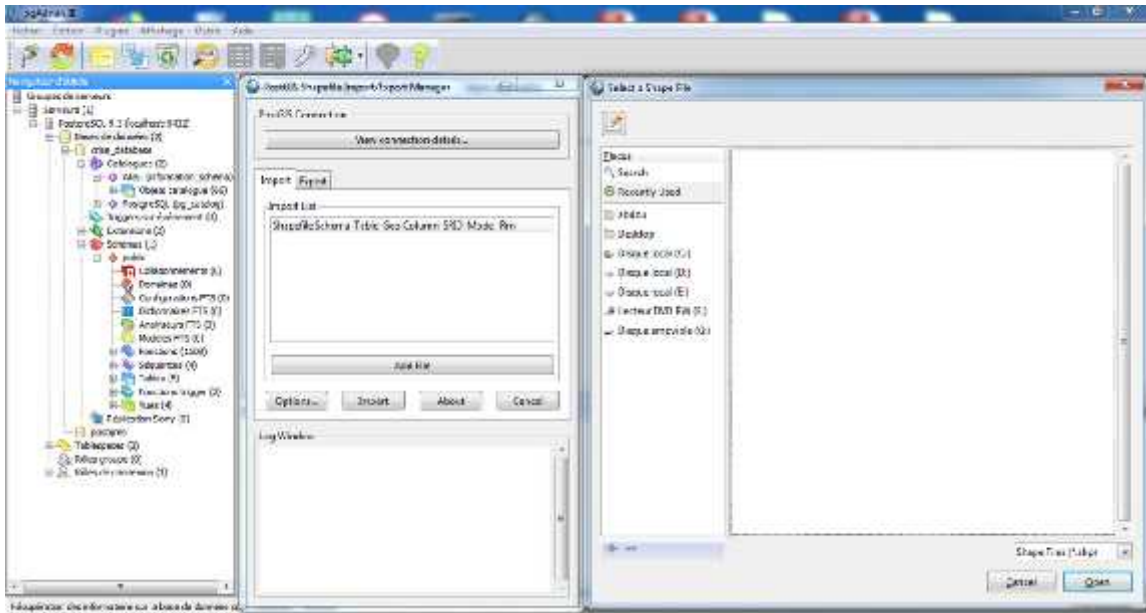


Figure.35. Procédure d'exportation des schapfiles.

Le présent web SIG a pour but l'aide à la décision au moment d'urgence et d'intervention, la localisation des phénomènes catastrophique de signaler les endroits touchés. Les services de secours peuvent avoir recours aux documents numériques diffusés sur la plateforme WEB SIG pour améliorer leurs interventions et surtout de réduire le temps de réponse.

Les SIG libres montrent des avantages comme : la transparence, la flexibilité et la qualité du code source, l'indépendance de l'utilisateur, l'interopérabilité suivant les normes de l'OGC et permet la diffusion et l'échange des données, la réduction des coûts d'obtention (Steiniger et Bocher. 2008). Parmi ces logiciels on peut citer le QGIS.

QGIS est un logiciel de SIG reconnu qui interagit facilement avec une base de données PostGIS. En effet il permet la publication de couches d'information à travers l'installation de l'extension "QGIS GeoServer Explorer". Puis, la configuration de l'accès aux catalogues de données de telle manière qu'elle soit compatible avec la configuration de l'espace de travail de Geoserver.

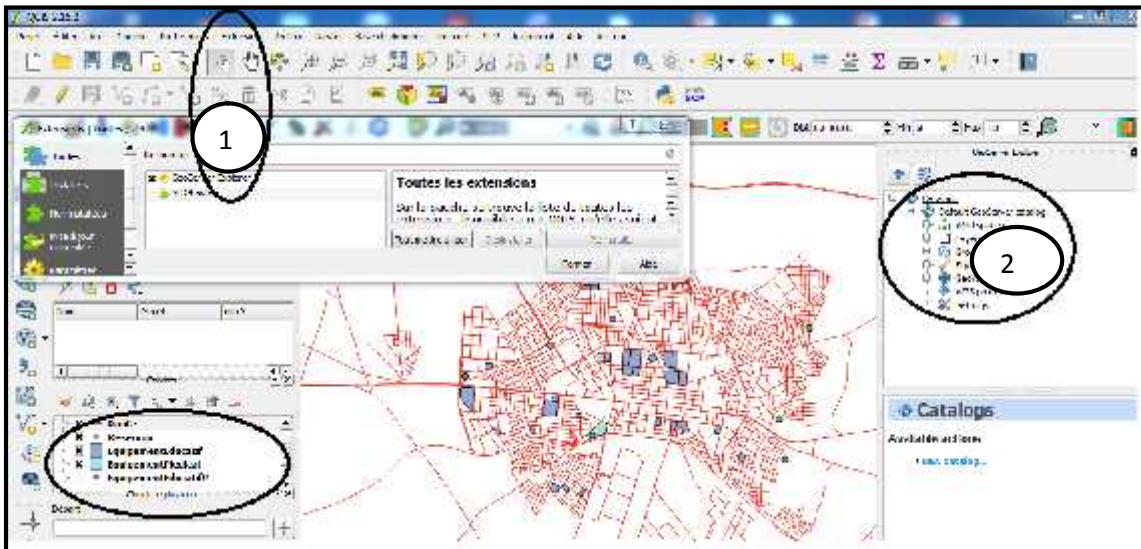


Figure.36. Exportation des couches de QGIS vers Geoserver.

OpenLayers est une bibliothèque JavaScript pour créer des applications de cartographie dans un navigateur. OpenLayers est une extension de QGIS qui permet d'afficher les données de plusieurs sources de données propriétaires et libres (GoogleMaps, BingMaps, OpenStreetMap,...). C'est une extension intéressante, car elle permet de se servir notamment à localiser les endroits affectés.

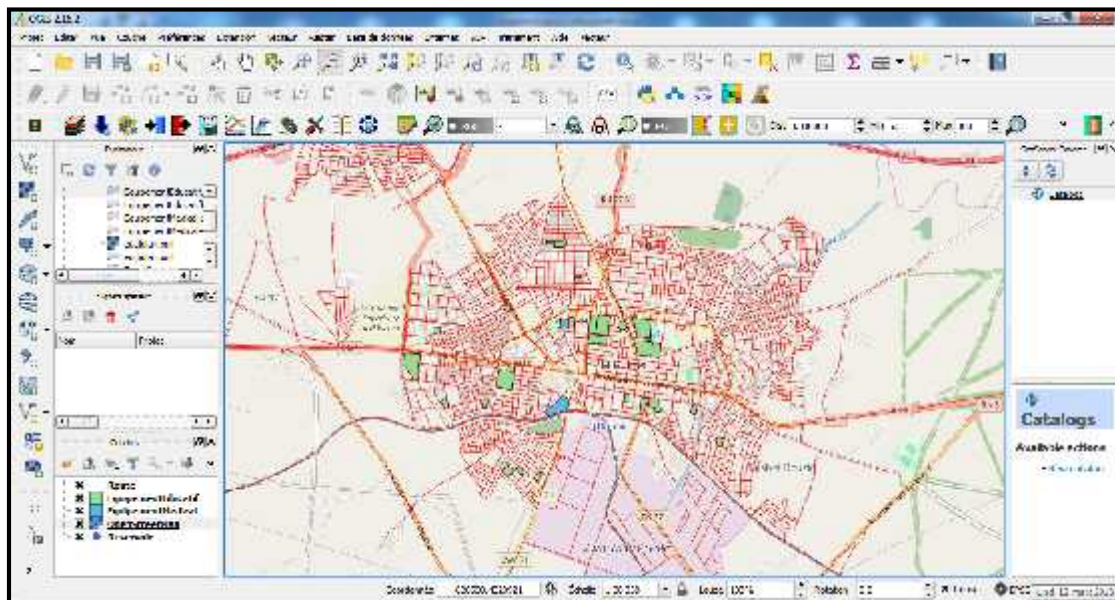


Figure.37. Vu de l'ensemble des couches sur le fond OpenStreetMaps.

11. Les étapes à suivre pour mettre en ligne notre base de données à travers Geoserver

11.1 Configuration du Geoserver : Geoserver permet de :

- ❖ Partager et modifier des données géo-spatiales à travers l'accès au code source.
- ❖ Héberger et distribuer les données spatiales utilisant des normes ouvertes.
- ❖ Avoir un profil transactionnel (permettant la mise à jour des données).
- ❖ Capable de prendre en considération une gamme importante de formats aussi bien en entrée qu'en sortie.

Pour qu'il fonctionne correctement, Geoserver nécessite l'installation du Java Runtime Environment (JRE). Aujourd'hui, Java propose une large gamme de composants graphiques et multimédias qui permettent d'atteindre la richesse fonctionnelle des applications Windows.

Geoserver s'administre à partir d'une interface web. Pour y accéder, on doit introduire l'adresse suivante dans notre navigateur: <http://localhost:8080/geoserver>.

- ❖ Créer un espace de travail (Ajouter un nouvel espace de travail) avec un nom Crise et URI <http://localhost:8080/Crise>
- ❖ Ajouter un entrepôt sur lequel on charge les schapfiles qui doivent être publiés
- ❖ Le paramétrage de style à partir de « Données / Styles » : la personnalisation du style est réalisée en deux manières, le chargement d'un fichier de style SLD ou bien l'insertion directe d'un script XML dans la fenêtre d'édition.
- ❖ Le paramétrage des couches raster et vecteur est effectué dans « Données / Couches » : nous avons pu charger les couches d'information à partir deux emplacements PostGIS et QGIS, ce dernier est connecté directement avec Géoserver. Lors de la création des couches, il est nécessaire de définir leur emprise pour qu'elles soient localisées, l'emprise native de l'ensemble des couches possède le code suivant : EPSG : 32631.

La Fig.37 récapitule les quatre étapes de préparation des couches d'informations qui devront être publiées dans Géoserver.

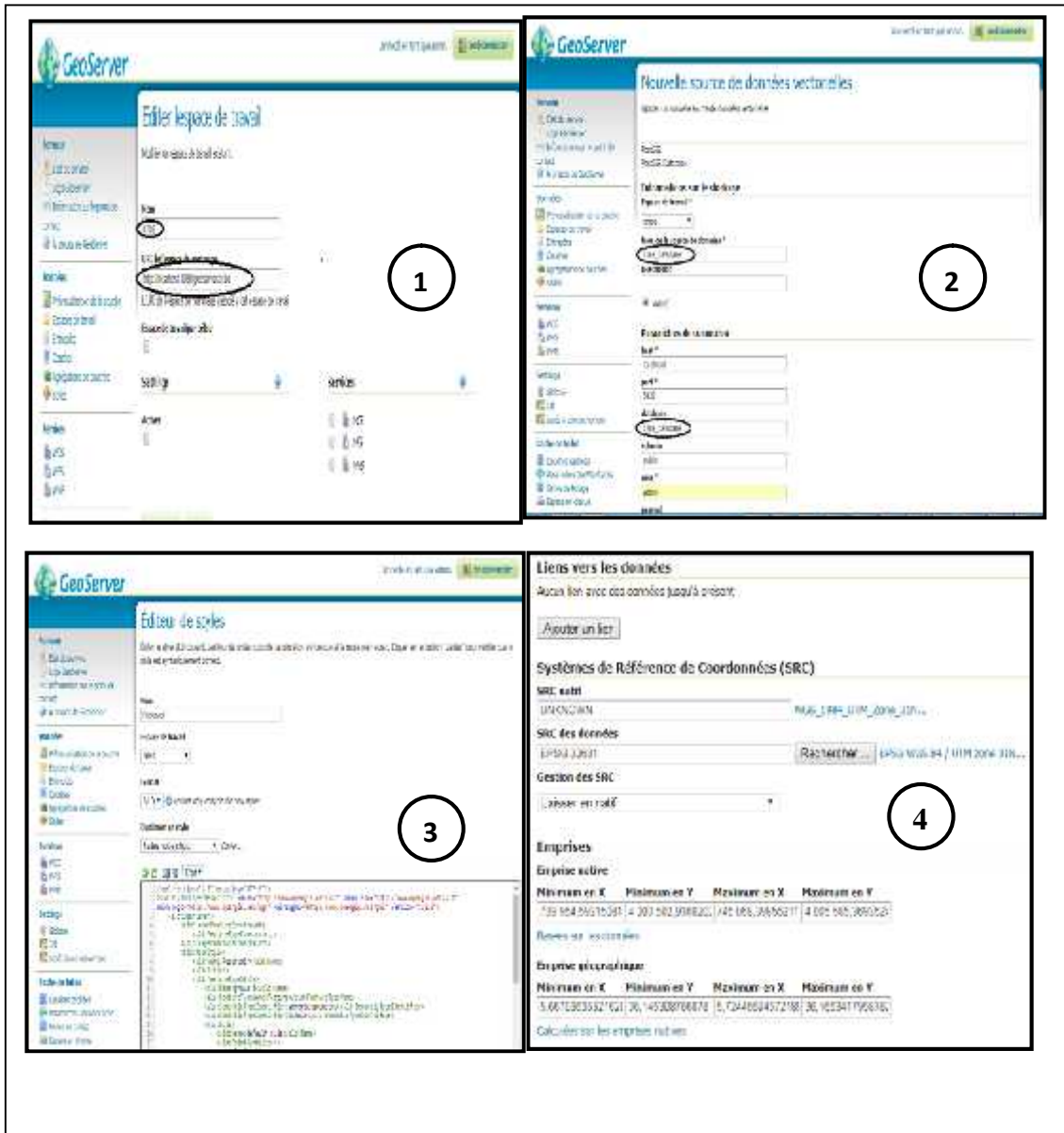


Figure.38. Préparation des couches d'information sous Geoserver.

11.2. Stylisation des couches

Pour que les entités géographiques prennent un style bien adapté en terme de la forme et de couleur, Geoserver s'appuie sur des fichiers de style basé sur les spécifications SLD (Styled Layer Descriptor). Pour ce faire, nous avons fait appel à un logiciel très répandu en terme de personnalisation des styles, d'analyse thématique et qui permet d'interroger et de lire des couches d'information à partir d'un nombre important de SGBD plus particulièrement PostGIS c'est uDig (User-friendly Desktop Internet GIS). La figure montre la manière dont on peut modifier le style et d'effectuer des analyses thématiques sur les couches.

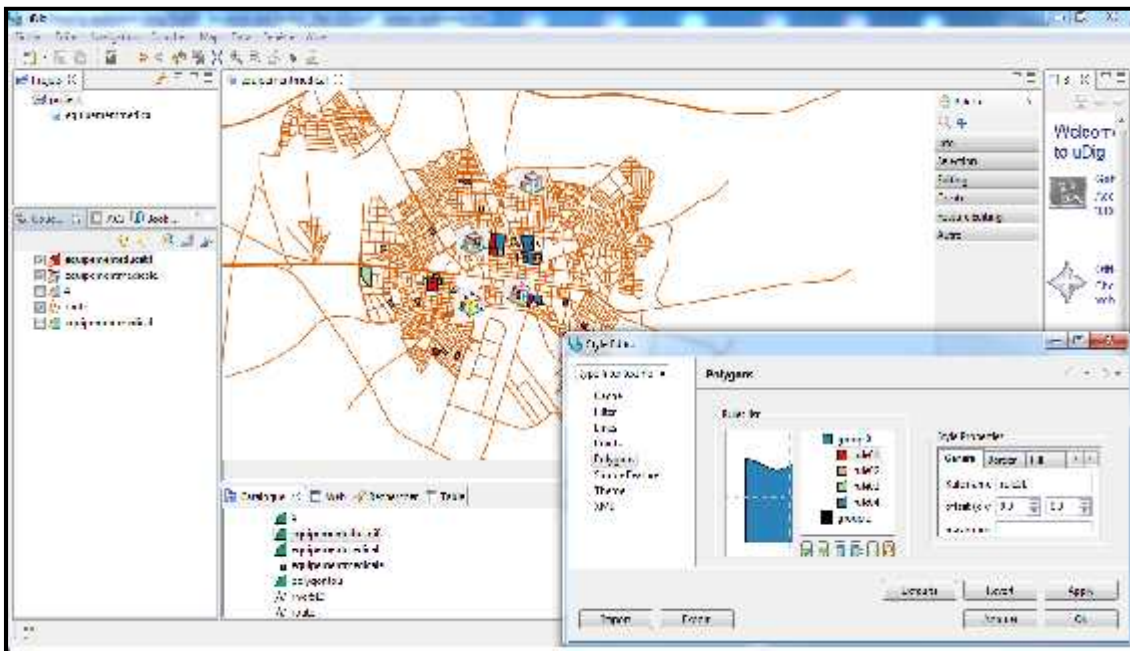


Figure.39. Personnalisation du style avec Udig.

Après la personnalisation du style des couches d'information, Udig propose un format très flexible afin d'être hébergé dans Geoserver. La figure illustre le schéma Extensible Markup Language (XML) de la couche paramétrée. Le langage XML (eXtensible Markup Language) est un format de données très flexible dérivé du SGML (ISO 8879) [W3C-XML, 2006]. Conçu originellement pour faire face aux problèmes posés par la publication de données électroniques à grande échelle, XML joue désormais un rôle de plus en plus important dans l'échange de données sur le Web et au sein des entreprises [W3C-XML, 2006].

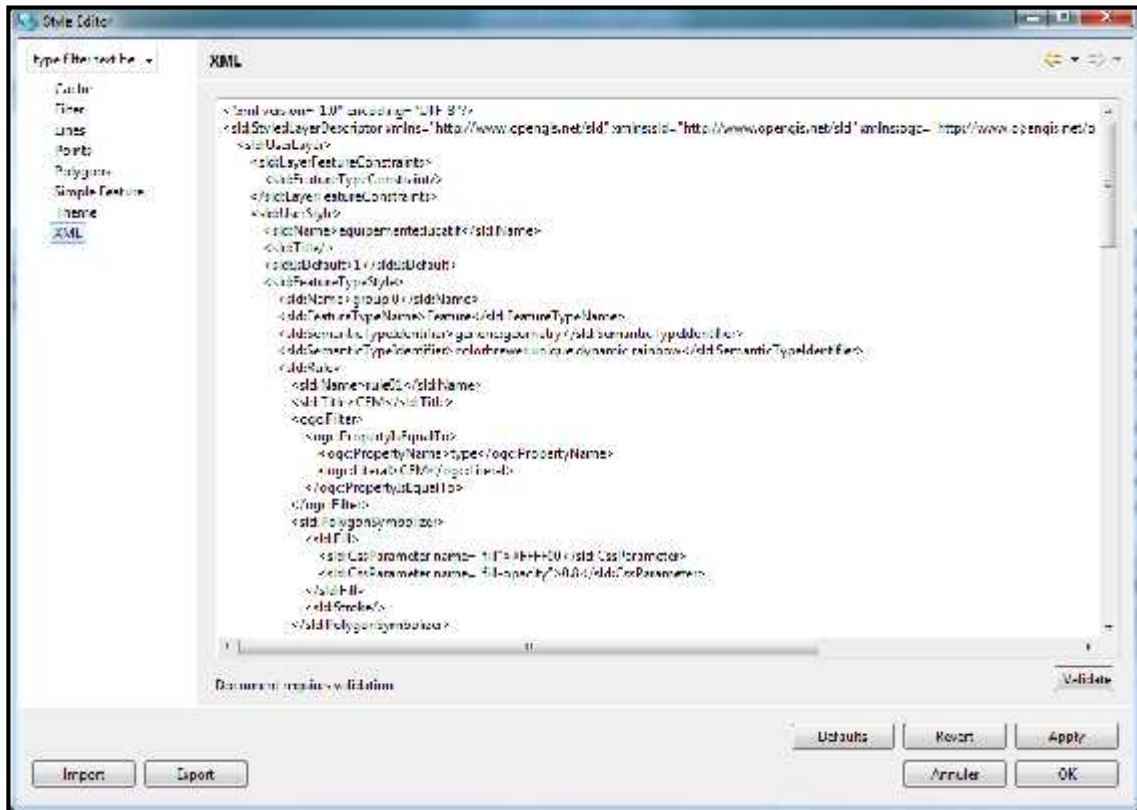


Figure.40. Schéma XML pour la personnalisation des couches d'information.

En temps de crise, bien que l'information soit un élément crucial pour la planification des situations d'urgence et l'assistance à la vie des victimes, les réseaux de communication et les technologies associées constituent de véritables lignes de vie (Coyle et Meier 2009). Portant de ce point de vue, le présent web SIG a pour objectif de démontrer l'intérêt de l'information géographique dans la gestion de crise. En s'appuyant sur l'analyse de flux d'information disponible pour l'identification et la localisation des ressources utilisées lors de crise.

Certaines ressources sont utiles voir indispensables au moment de crise : lieux d'hébergement provisoires, établissement de santé, les réservoirs d'eau ; parmi les recommandations du plan ORSEC c'est l'enrichissement de la cartographie, cependant, notre objectif est d'offrir des supports cartographiques et de proposer des solutions en temps réel pour les équipes d'intervention afin d'améliorer leurs interventions.

En situation de crise, le souci majeur des acteurs d'intervention c'est l'identification de l'espace affecté, de trouver l'itinéraire qu'il faut suivre et la localisation des ressources les plus proches permettant d'aider les acteurs dans leur intervention.

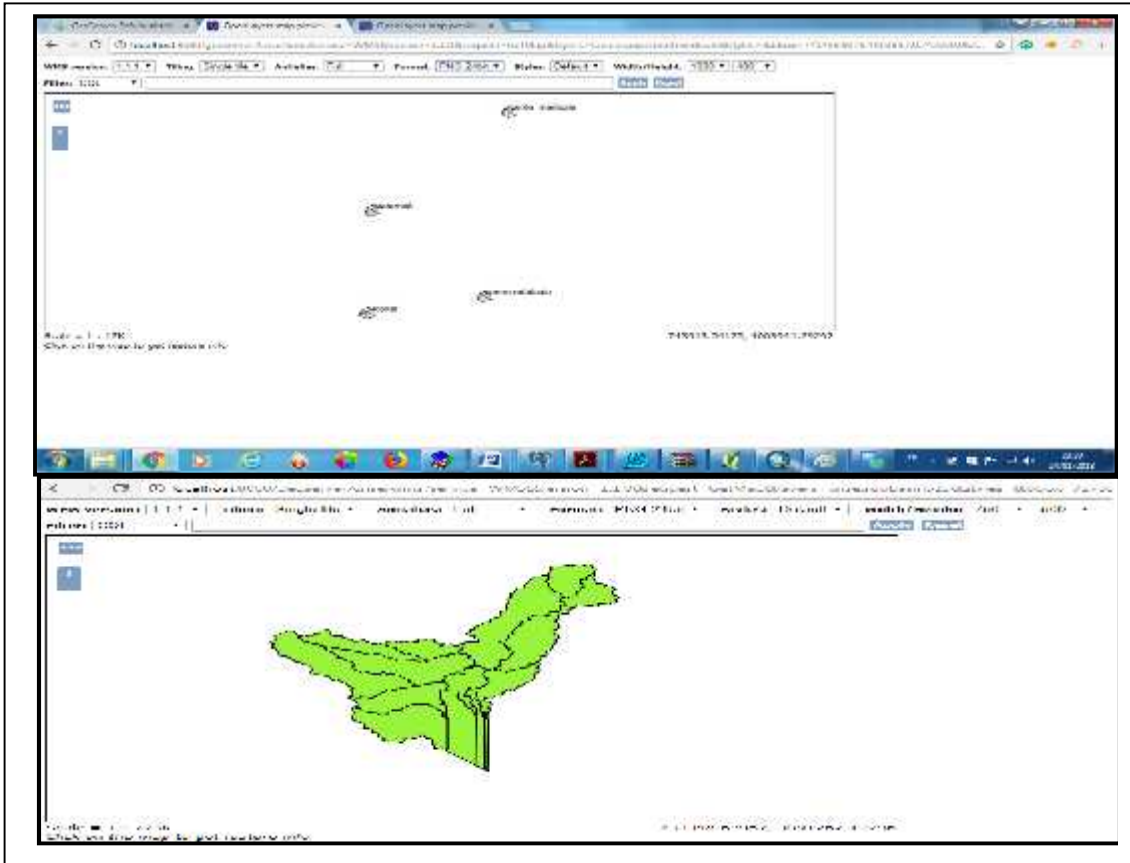


Figure.41. Publication des couches sur Geoserver.

Une solution très répandue vient de trouver ça place il s'agit de Google Earth qui peut prendre en charge une multitude de couches d'information provenant de sources différentes.

Google Earth est une suite de systèmes d'information géographique basés sur le Web qui fournit des solutions à différents problèmes concernant les informations nécessaires à la gestion de certains problèmes de coordination pendant les interventions d'urgence (Juniawan Priyono, 2007).

D'autre part, Google Earth est un autre moyen alternatif du web SIG, bien que Google Earth ne permet pas d'actualiser ces images en temps réel au moment de crise, il peut prendre en charge de multiples données spatiale il s'agit notamment localiser et d'identifier la nature de l'événement, de tracer des itinéraires d'intervention et d'assurer une rapide évacuation médicale afin de minimiser les pertes humaines.

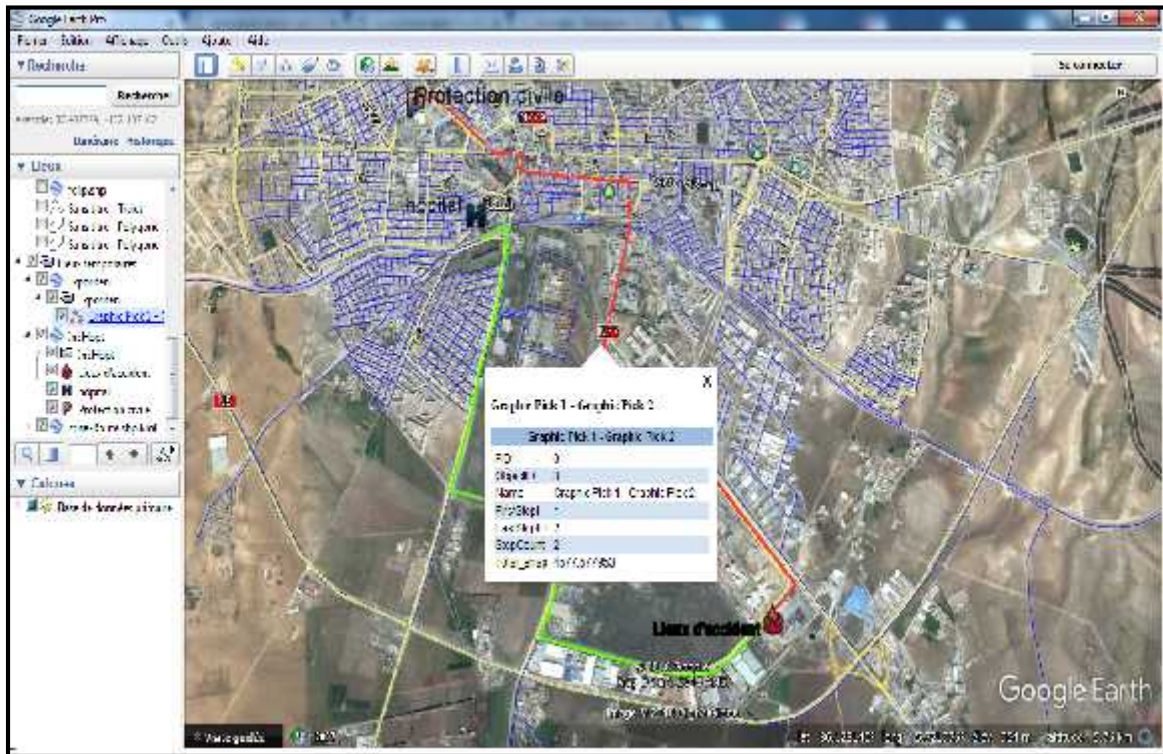


Figure.42. Publication des couches sur Google Earth.

Conclusion

Ce chapitre a permis d'illustrer l'utilité du WEBSIG dans la gestion de la crise. Pour cela, le processus d'intervention par les méthodes classiques en cas d'urgence reste peu efficace, c'est pourquoi le recours aux systèmes d'information géographique (SIG) et particulièrement le WEB GIS demeure un choix incontournable.

Notre plateforme WEB SIG peut résoudre des problèmes liés à l'ambiguïté et au manque d'information utile au moment de crise. Elle permet également d'offrir des solutions pertinentes et d'éclairer certaines voies pour aider les intervenants d'améliorer leurs actions.

CHAPITRE 5

*APPORT DES SIG DANS LA MODELISATION
HYDROLOGIQUE DANS LE BASSIN VERSANT
D'EL EULMA (ALGERIE).*

Introduction :

Les régions semi-arides sont caractérisées par l'irrégularité de précipitations et leur caractère torrentiel. De ce fait, El Eulma se situe à l'exutoire du bassin versant d'oued Djihadi. L'estimation de l'écoulement en un cours d'eau est une démarche primordiale voir indispensable dans la prévision des inondations.

Afin de mettre en place des mesures appropriées en vue de protéger la population et leurs biens, une modélisation hydrologique doit être effectuée en amont pour évaluer la réponse hydrologique du bassin versant, cette modélisation s'est faite grâce à l'outil auxiliaire HEC-GEO HMS, une extension qui travaille dans un environnement SIG (Arc Gis).

1. La nécessité d'étudier le Bassin versant

La réponse du bassin versant aux précipitations est fonction de caractéristiques pérennes dans le temps, ou supposées telles à l'échelle des phénomènes étudiés (pédologie, géologie, superficie, pente, aménagements anthropiques) et de caractères variables dans le temps (antécédents pluviométriques, taux d'humidité du sol, état du couvert végétal, pratiques culturales, ...)(Fouchier,2010).cela dit que la modélisation hydrologique est une phase complexe qui nécessite la mise en interaction d'un ensemble de facteurs en se basant sur des modèles très variés. L'un de ces modèles les plus répandus est les modèles conceptuels spatiaux qui seront adoptés.

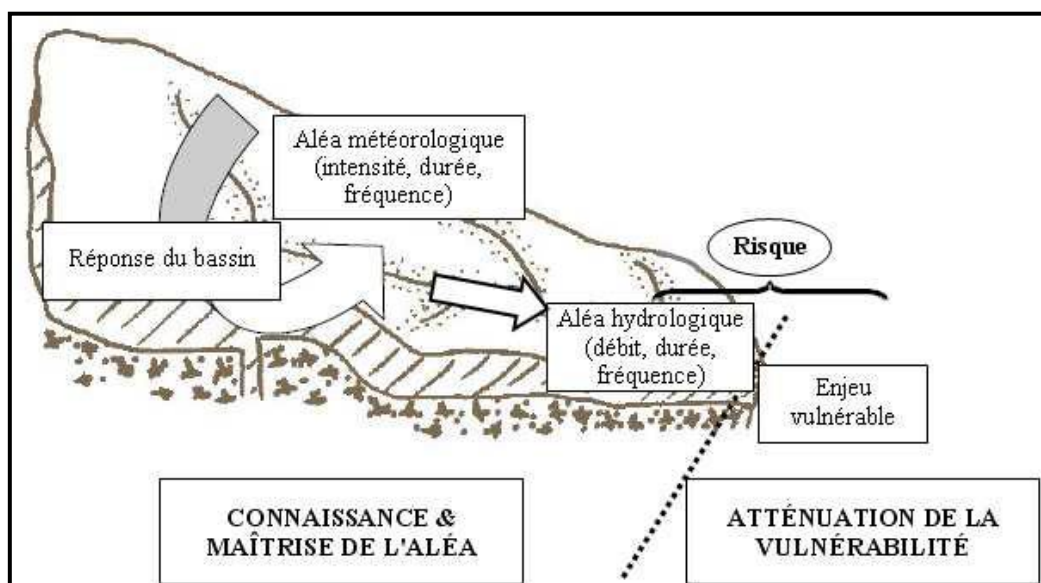


Figure.43.la gestion du bassin versant dans le contexte de la prévention du risque hydrologique.D'après Cudennec (2007).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre démarche qui permet de modéliser le bassin versant dans le but de mettre en place un outil prévisionnel des crues. Cependant, la connaissance de l'aléa hydrométéorologique constitue une étape cruciale dans la gestion d'une éventuelle crise. La figure montre les étapes de gestion d'un sinistre adapté au risque inondation.

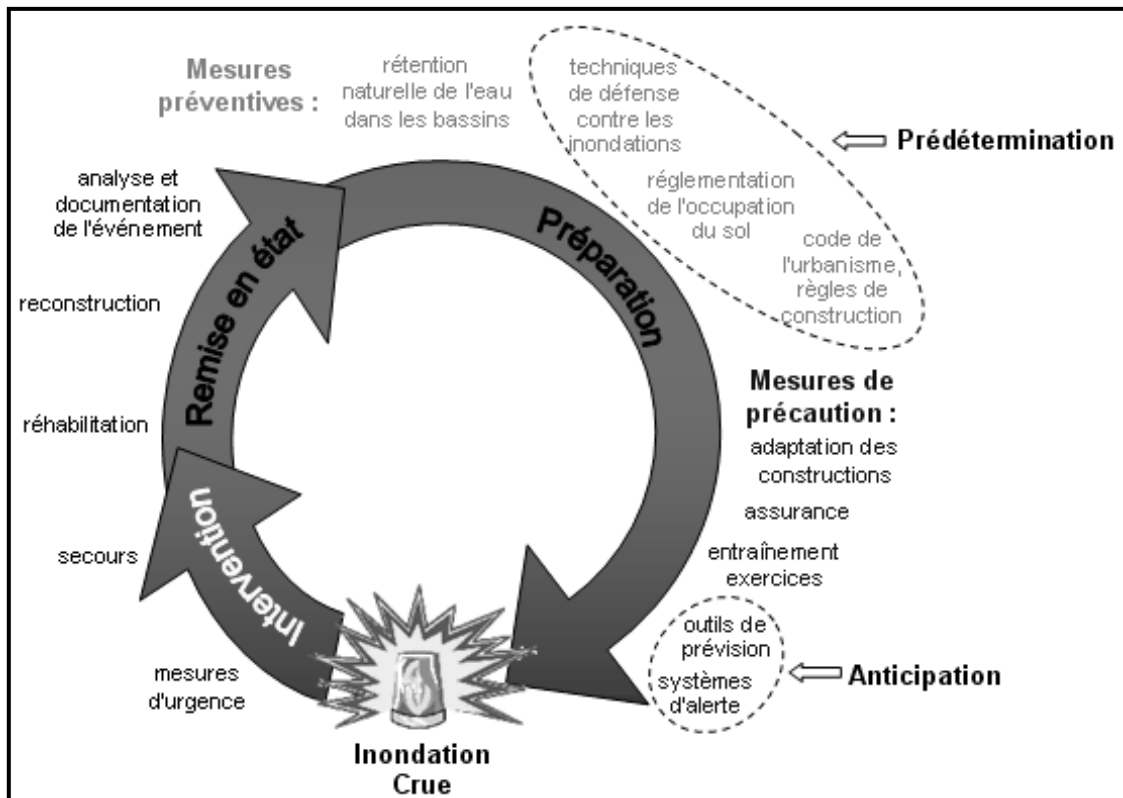


Figure.44. Concept du cycle des sinistres adapté au risque inondation.

D'après Thielen et al. (2007a). Sont entourés les outils de connaissance de l'aléa fournis par l'hydrologie.

2. La modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique vise à reproduire le comportement hydrologique d'un bassin versant (Beckers et al, 2011). Elle fournit des informations exploitables pour le dimensionnement d'ouvrages hydrauliques, la protection contre les crues ou pour la gestion hydrologique d'un bassin versant (Raouf, 2006). La modélisation hydrologique consiste à décrire les différentes étapes de la transformation pluie débit qui s'inscrit dans le processus lié à la genèse des crues, elle fournit des informations utiles pour la préparation à une éventuelle crise.

En outre, la modélisation de la transformation pluie-débit nécessite l'utilisation de deux modèles : un modèle de production pour la pluie nette et un modèle par transfert caractérisant notamment les pertes d'eau par infiltration (Chane Poi Sane et al., 2011) (fonction de transfert et débit de base).

Il existe de nombreux modèles qui peuvent être répartis en trois grandes catégories : modèles empiriques, modèles conceptuels et modèles à base physique (Refsgaard et Storm, 1995 ; Cosandey et Robinson, 2000; Regazzoni et al. 2010). « Les modèles conceptuels sont les plus utilisés puisqu'ils ont l'avantage de représenter les processus physiques internes aux bassins versants à l'événement ou en continu de façon plus réaliste que les modèles empiriques » (Regazzoni et al. 2010, p.11). De plus, l'utilisation du modèle peut permettre d'estimer les débits à partir des données pluviométriques et d'évaluer les conséquences des interventions humaines dans le bassin versant comme les changements d'usage des sols, la croissance de l'urbanisation (Cosandey et al., 2004).

Le modèle HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System) est un modèle hydrologique conceptuel (Skoulikaris, 2008; Trambly, 2012; Fasil et al., 2013), de ce fait, notre choix c'est basé sur le modèle conceptuel spatialisé HEC HMS pour les raisons suivantes :

- ❖ Le modèle est adapté au climat aride et semi-aride.
- ❖ Le couplage du modèle avec les systèmes d'information géographique permet de mieux comprendre la complexité géographique du bassin versant.
- ❖ La fiabilité des résultats obtenus.

La Fig.43 illustre les étapes de la modélisation hydrologique d'un bassin versant

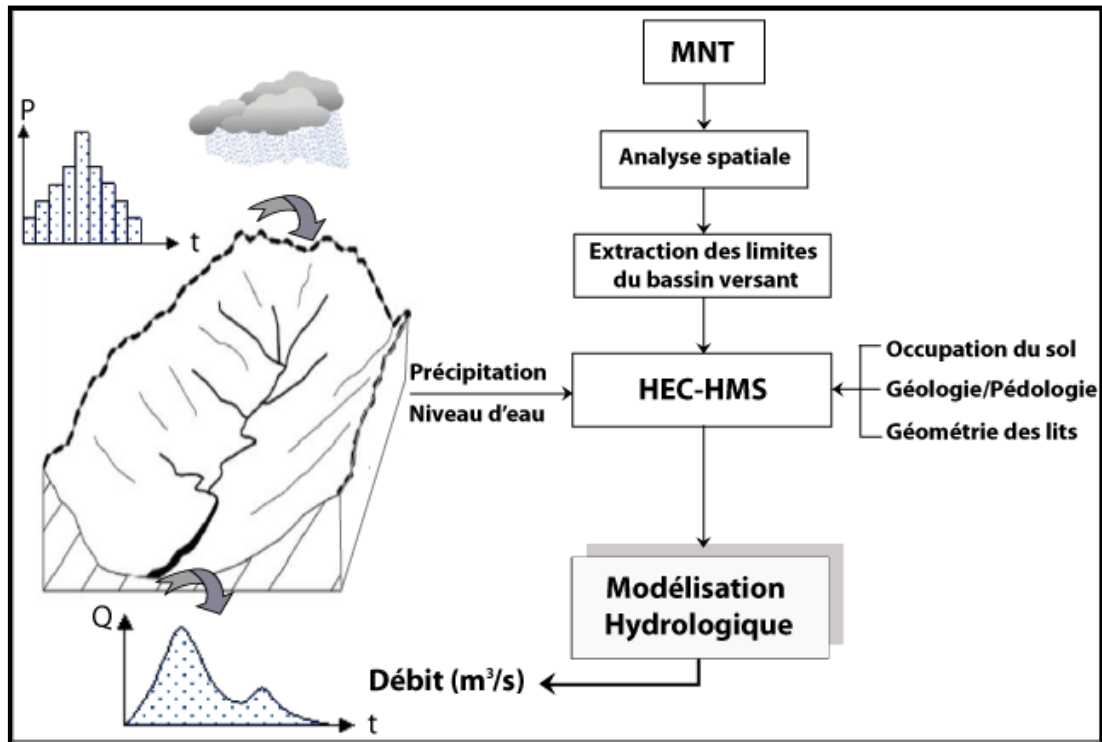


Figure.45. Schéma général de la modélisation hydrologique (Ngo, 2012).

3.Méthodologie

Il est primordial d'appliquer des mesures préventives efficaces pour arriver à un niveau acceptable de protection et de diminution des dommages pour les personnes et leurs biens.

La méthodologie s'articule en deux étapes. La première phase, la modélisation hydrologique du bassin versant qui vise à comprendre son fonctionnement à travers l'utilisation d'HEC-GeoHMS et l'extension spatial analyst. Le HEC-GEOHMS opère dans un MNT via le SIG pour réaliser la délimitation en sous-bassins versants et le réseau hydrographique. Puis il permet d'estimer les paramètres hydrologiques d'entrée dans le modèle (HMS Inputs) comme le temps de concentration, le plus long chemin hydraulique, etc. (USACE, 2010).

La deuxième phase consiste à déterminer les méthodes de calcul pour la fonction de production, la fonction de transfert et le type de débit de base adopté.

À partir du DEM de 30m de résolution téléchargé gratuitement de l'USGS, les opérations suivantes permettent d'obtenir la schématisation du Bassin versant :

3.1. Le remplissage des cuvettes

Cette fonction remplit les valeurs dans le fichier d'élévations numériques pour les cellules considérées comme des cuvettes entourées par d'autres de haute altitude, cette anomalie est généralement due à la déformation du DEM. Une cuvette est une cellule avec une direction de drainage indéfinie. Le point d'écoulement est la cellule limite avec l'altitude la plus basse pour la surface de captation d'une cuvette. La limite z indique la différence maximale autorisée entre la profondeur d'une cuvette et le point d'écoulement et détermine quelles cuvettes vont être remplies et quelles cuvettes resteront intactes. La limite z n'est pas la profondeur maximale pour remplir une cuvette (ESRI).

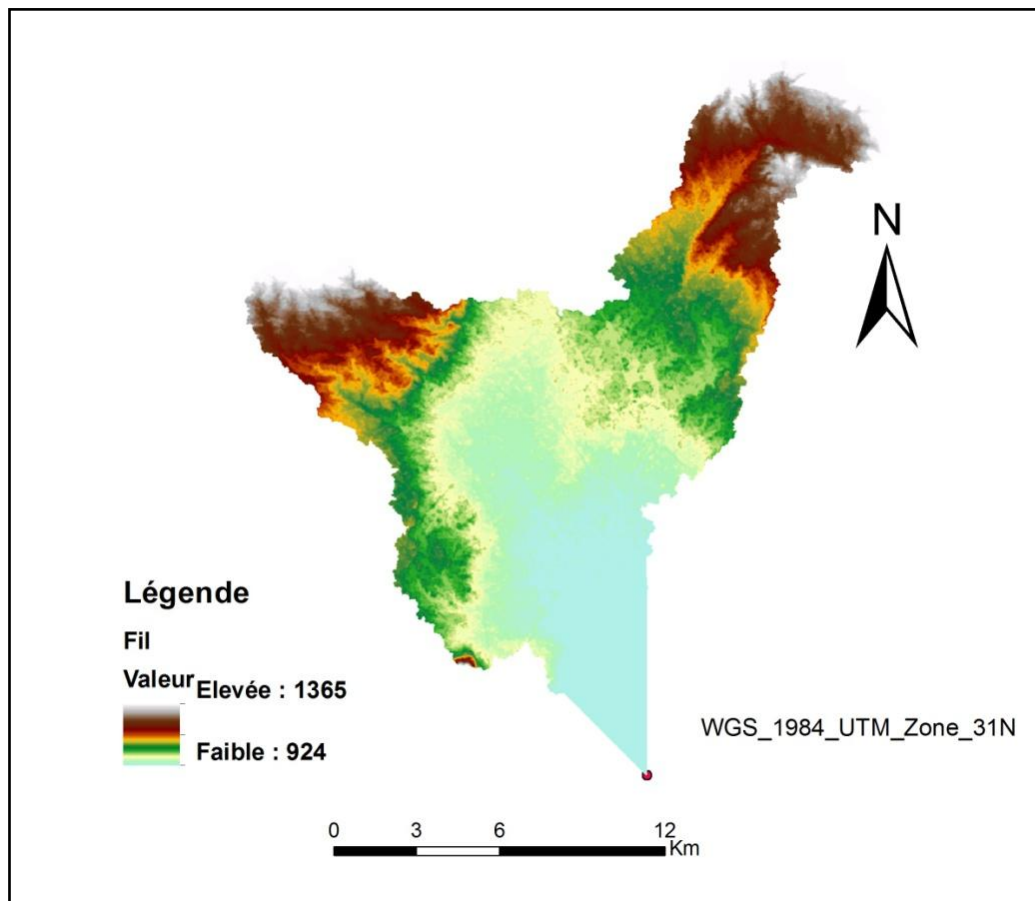


Figure.46. Le remplissage des cuvettes sous Hec Géo-Hms.

3.2. La direction des flux

Cette fonction détermine la direction d'écoulement pour le réseau hydrographique de la zone d'étude, Les valeurs dans les cellules de la grille de la direction d'écoulement présentent la direction dans le sens de la pente la plus rapide pour chaque cellule. Créer un raster de direction de flux à partir de chaque cellule vers son voisin de plus grande

penne descendante (ESRI). Il y a huit directions en sortie valides relatives aux huit cellules adjacentes dans lesquelles le flux peut circuler. Cette méthode, généralement appelée "modèle de flux à huit directions (D8)", repose sur l'approche de Jensen et Domingue 1988 (ESRI).

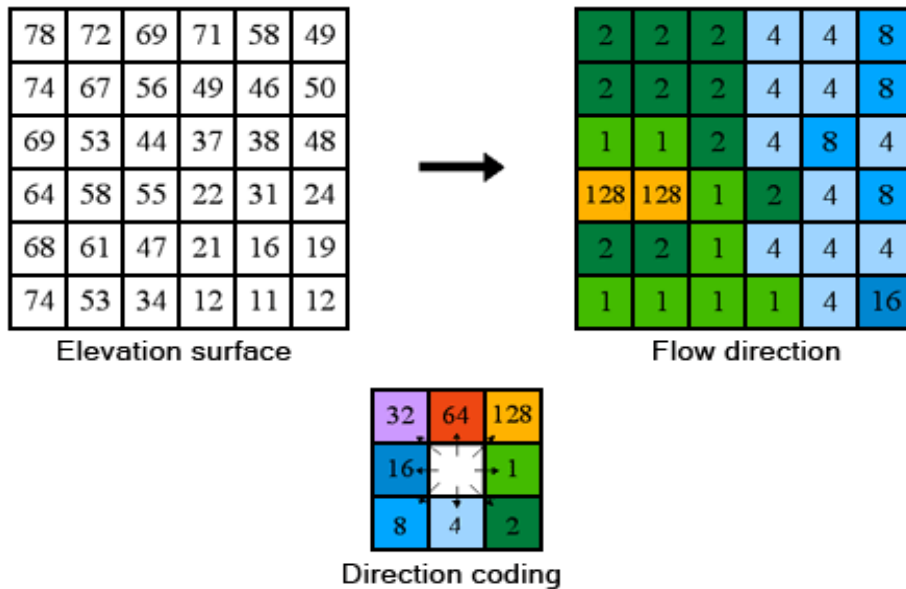


Figure.47. Le principe du codage de la direction des flux

Source: ESRI.

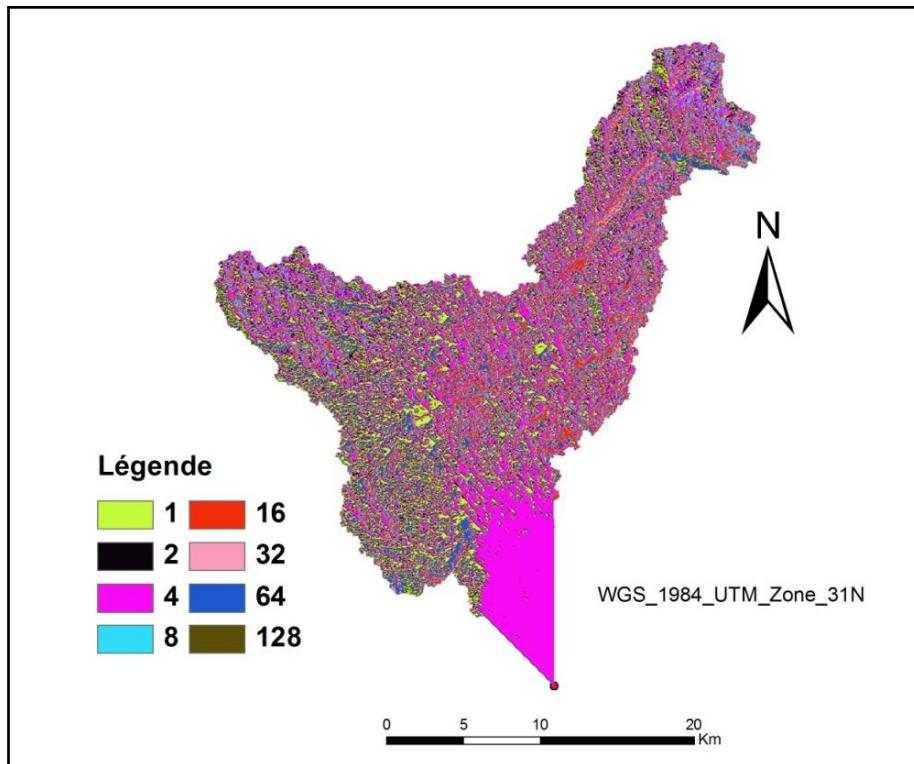


Figure.48. La direction des flux sous Hec Géo-Hms.

3.3. L'accumulation des flux

Cette fonction calcule le nombre cumulé des cellules en amont pour chaque cellule dans la grille d'accumulation des flux. La grille en entrée pour cette fonction est celle de La direction d'écoulement (Guellouh, S et al, 2017). Quand aucune cellule ne s'écoule vers la cellule considérée, la valeur est de 0, et quand plusieurs cellules s'écoulent vers la cellule considérée, la valeur est égale à la somme de valeurs d'écoulement de ces cellules (Atilio, 2015). Les cellules dont la direction n'est pas définie sont en réception ; il n'existe pas d'écoulement vers le bas (ESRI).

Lorsque vous utilisez l'outil Accumulation de flux, vous obtenez un raster de flux cumulé relatif à chaque cellule, conformément à l'accumulation des pondérations de toutes ces cellules qui s'écoulent dans les cellules en pente descendante. (ESRI)

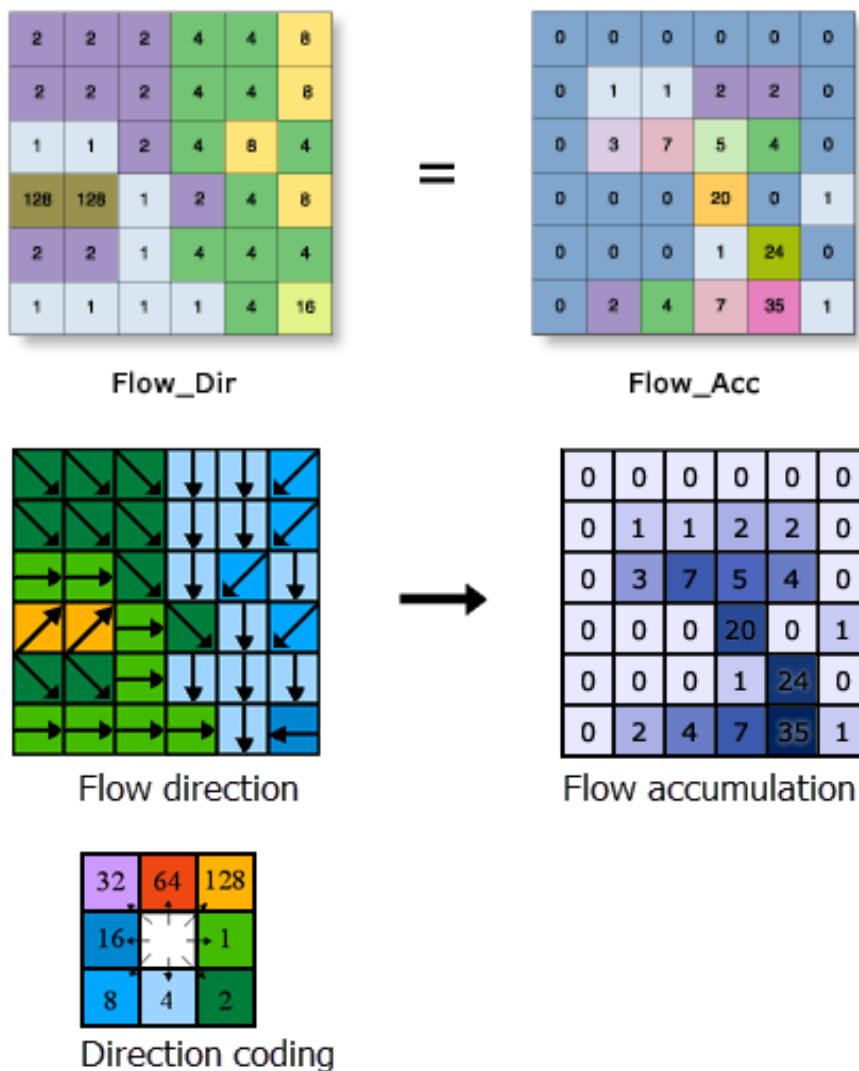


Figure.49. Le principe du codage (Accumulation d'écoulement) (ESRI).

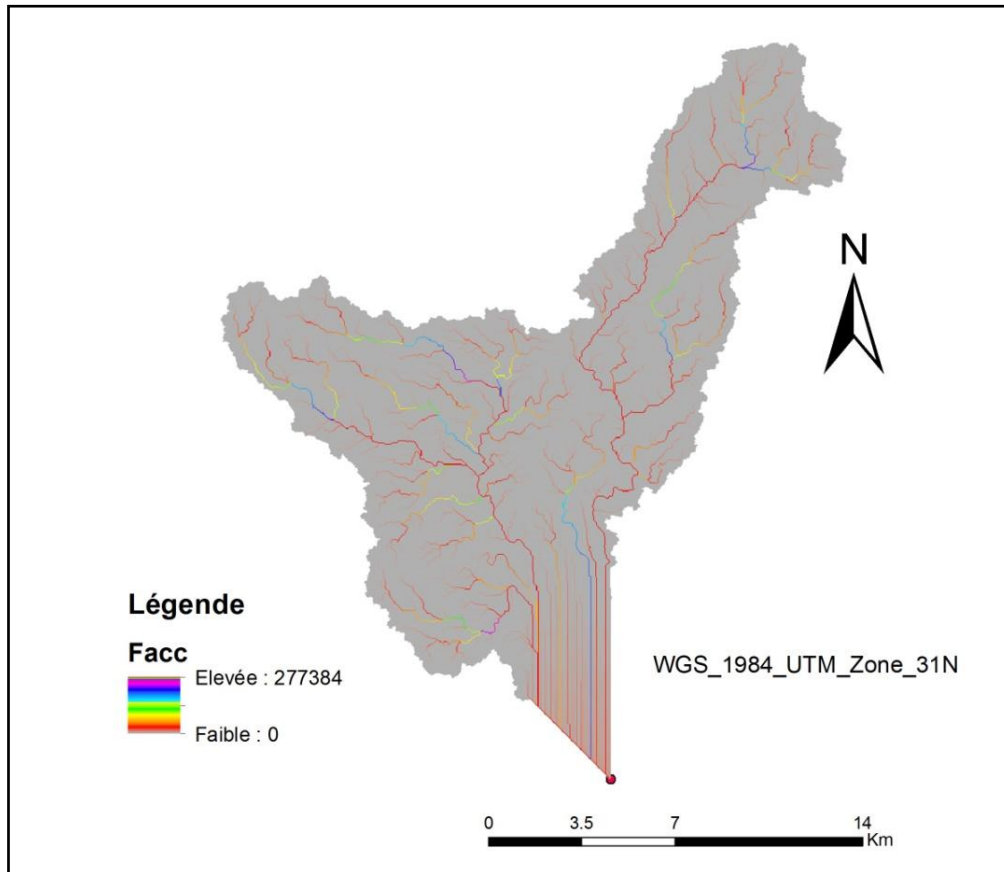


Figure.50. L'accumulation d'écoulement sous Hec Géo-Hms.

3.4. La définition des écoulements

Cette fonction calcule une grille des flux en se basant sur une grille d'accumulation de flux.

Les cellules de la grille d'accumulation des flux en entrée qui ont une valeur supérieure à un seuil (facultatif), attribuent une valeur de 1 dans la grille de flux. Cette étape a pour objet d'extraire le réseau hydrographique à partir de l'accumulation de flux qui représente un réseau d'écoulements (Guellouh, S et al, 2017). Elle classe toutes les cellules dont l'accumulation d'écoulement est plus grande qu'un seuil défini par l'utilisateur.

3.5. La segmentation du réseau d'écoulement

Cette étape consiste à diviser le flux en segment, chaque segment possède un code unique qui appartient à une grille de segments des cours d'eau qui ont une identification unique. Par conséquent, toutes les cellules ayant une identification unique porte le même code de réseau qui est propre à ce segment.

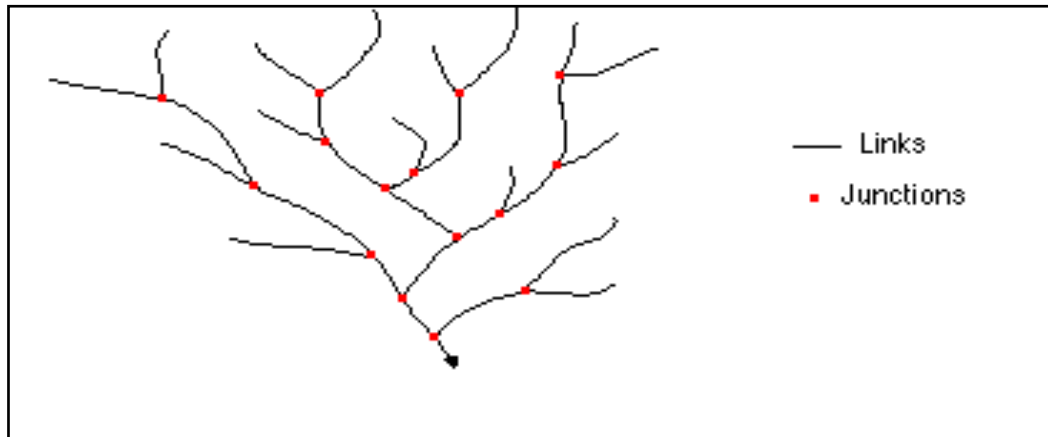


Figure.51. Les segmentations du réseau d'écoulement.

Les nœuds considérés sont les sources, les jonctions et les exutoires. Les pixels contigus entre deux nœuds auront le même identifiant de tronçon, et chaque tronçon sera numéroté différemment (Atilio, 2015).

3.6. Délimitation en sous-bassins

Cette étape trace les limites des sous-bassins pour chaque segment de cours d'eau. Cette fonction crée une grille dans laquelle chaque cellule porte une valeur ou un code qui indique le bassin versant qui lui appartient (Guellouh, S et al, 2017).

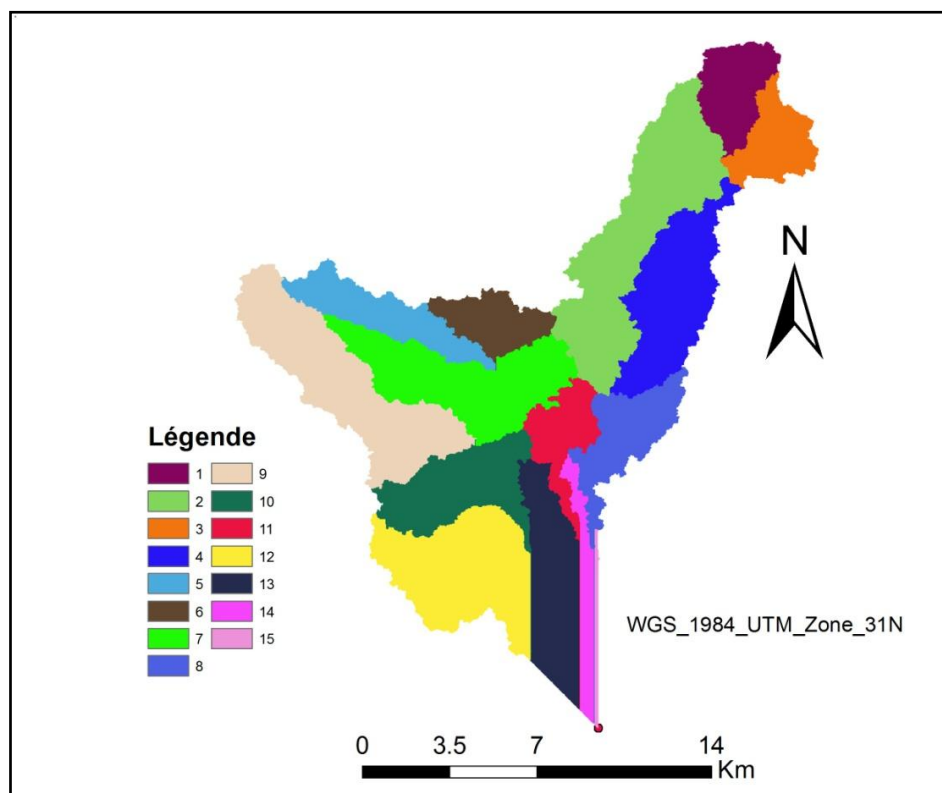


Figure.52. Délimitation des sous-bassins.

3.7. Conversion des sous-bassins en format vecteur

Cette étape a pour but la conversion des sous-bassins du mode raster vers le mode vecteur.

3.8. Conversion du réseau hydrographique en mode vecteur

Cette étape a pour but la conversion du réseau hydrographique du mode raster vers le mode vecteur.

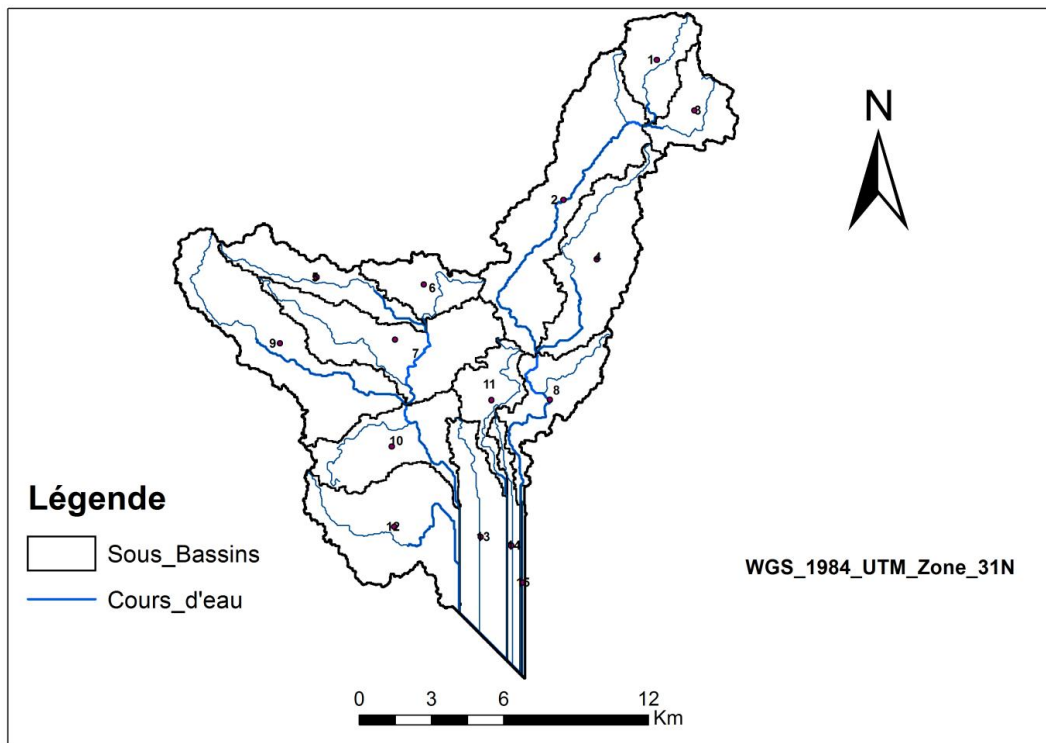


Figure.53. Les sous-bassins et le réseau hydrographique en format vecteur.

3.9. Agrégation des lignes de partage des eaux

Cette étape agrège les sous-bassins à chaque confluence de ruisseaux.

4. Les données en entrée

Le fonctionnement du logiciel nécessite une panoplie de données diverses qui permettent de faire une combinaison entre plusieurs facteurs afin de pouvoir effectuer un modèle géo-référentielle pour spatialiser les zones inondables.

4.1. La pluviométrie

La pluviométrie constitue le facteur principal qui génère l'écoulement et qui déclenche les inondations. Les données pluviométriques sont intégrées sous forme de

précipitations extrêmes. Ce terme caractérise des événements pluviométriques de forte intensité se produisant sur un pas de temps court, et de faible occurrence à la fois dans le temps et dans l'espace (Berolo et al, 2003).

4.2. L'occupation du sol au niveau du bassin versant

Le risque d'inondation est élevé lorsque l'occupation du sol en zone inondable ne répond pas aux aptitudes du milieu et les dommages potentiels sont très lourds.

Pour évaluer la répartition spatiale de chaque élément d'occupation du sol, nous avons effectué une classification supervisée sur une image satellitaire ETM+ de Land SAT 8 de résolution 30 m qui couvre la totalité de la zone d'étude.

On se basant sur cette classification nous avons pu extraire des informations pertinentes sur le type et la nature d'occupation du sol.

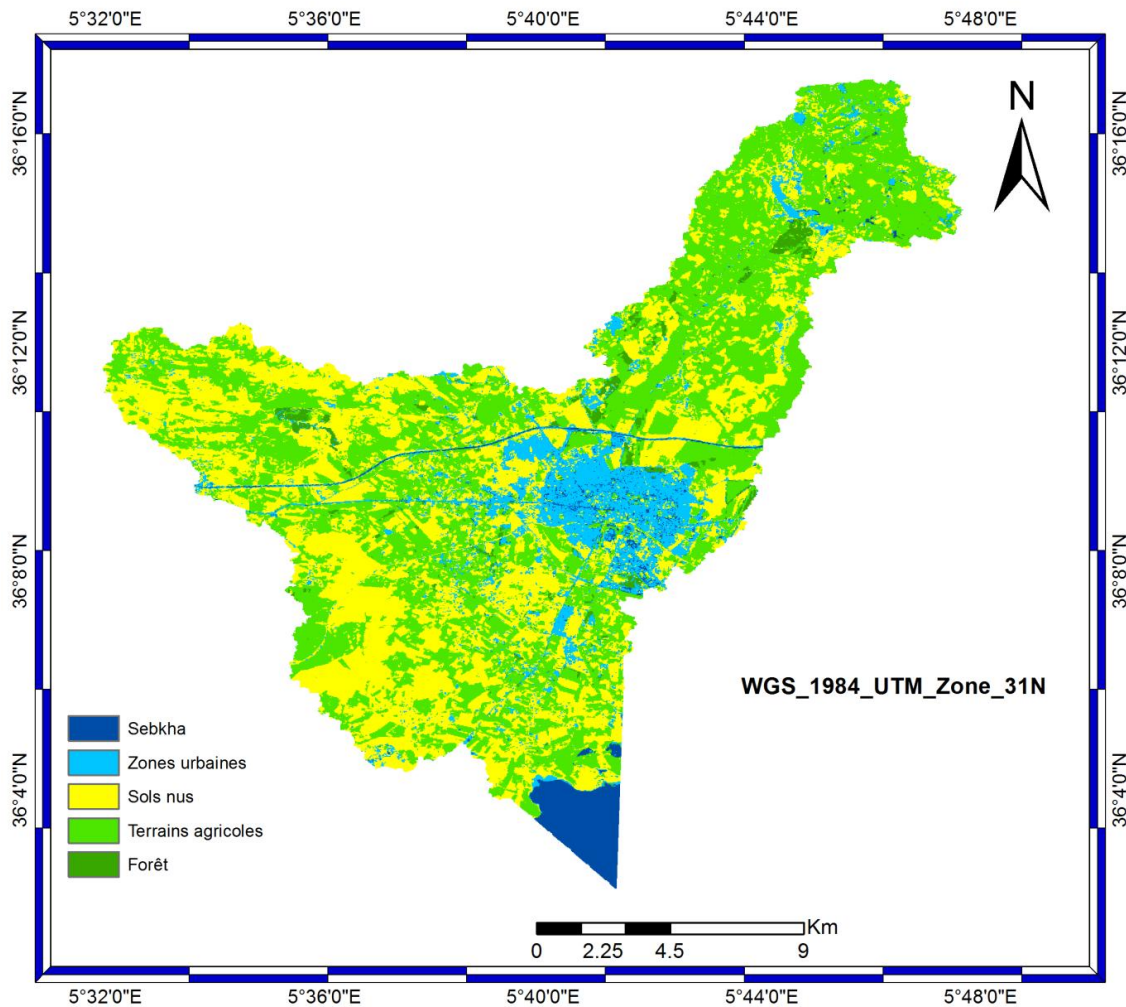


Figure.54. Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.

4.3. La lithologie

Le groupement de communes (El Eulma, Ain Lahdjar, Bazer Sakhra, Bir El Arch, GultaZerga, Bellaa, El Ouldja, Tachouda) fait partie des hautes plaines Sétif, elle est comprise entre la dépression du chott el Hodna et la chaîne du Djurdjura, elle englobe deux types de domaine paléogéographique ; au Nord , c'est les domaine de la nappe tellienne (nappe de Djemila) ; et au sud , c'est le domaine de l'avant pays allochtone (la nappe de l'ensemble allochtone sud-Sétifiennes).(URBACO,2013)

La variété lithologique du bassin versant évoque une mosaïque pédologique très importante formée par des sols variés qui représente des résistances différentes et surtout des conditions de perméabilité différentes. Le degré de la perméabilité à une influence sur la gravité des inondations. Lorsque l'infiltration de l'eau dans un sol est durablement diminuée, le risque de ruissellement de surface est accru (Montoroi, 2012). La diminution de l'infiltration d'un sol est liée à son état de surface du sol et à sa morphologie interne (Casenave et al, 1989).

Donc, la texture et les propriétés physico-chimiques des sols jouent un rôle important dans la modélisation hydrologique et par la suite contribuent au calcul du numéro de courbe.

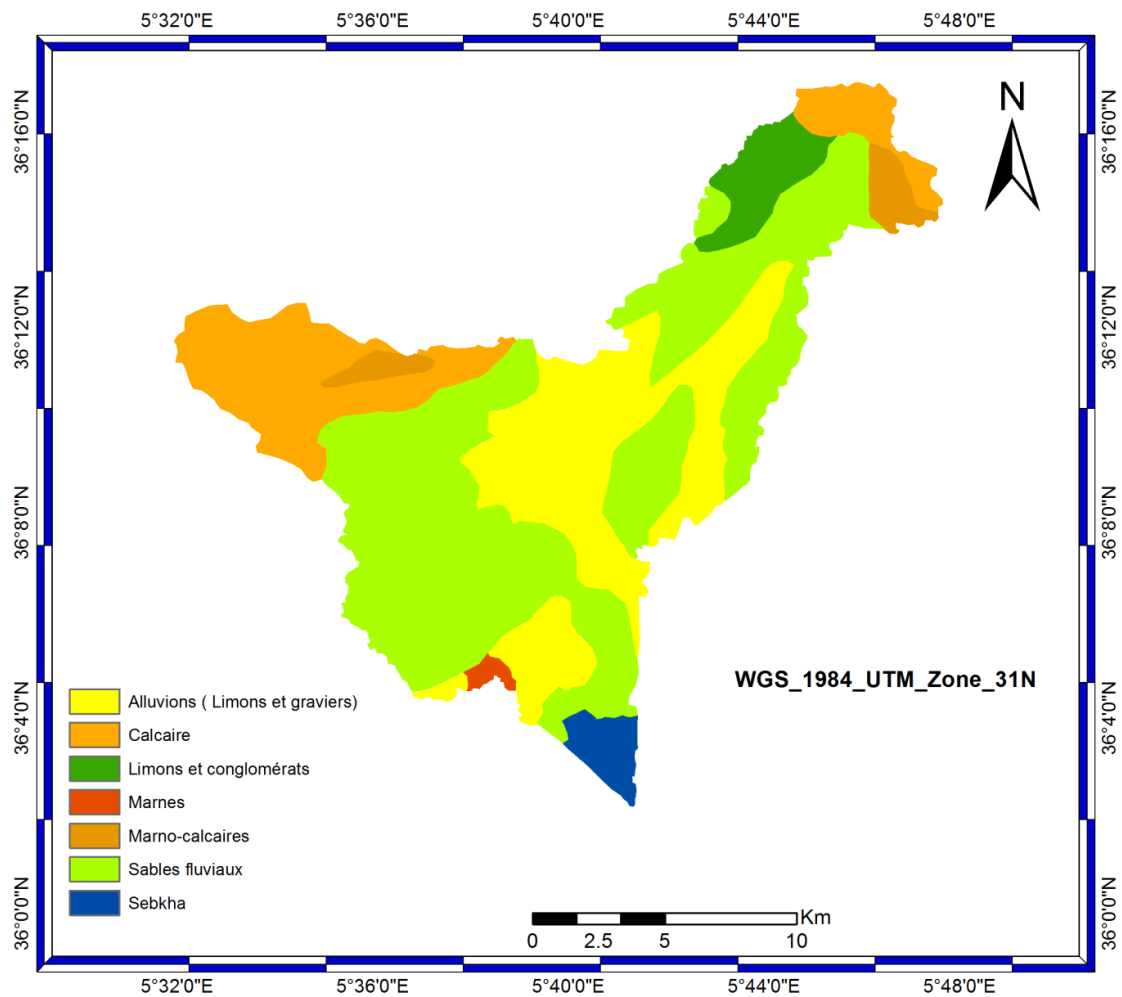


Figure.55. Carte Lithologique de la zone d'étude.

5.Caractéristiques des cours d'eau et des bassins hydrographiques

Les caractéristiques morphologiques d'un bassin versant est l'unes des facteurs qui jouent un role capital dans la genèse des crues,La surface du bassin versant d'EuEulma est estimer de $224,17\text{Km}^2$, son périmètre est de $519,16\text{Km}$, il contient 15 sous bassin , la longueur du cours d'eau est de 33.12Km et Sabkha de Bazer Sakra est le point d'exetoire, le temps de concentration est de l'ordre de $T_c : 15\text{h}$ d'après la formule de Giandotti.

Le rapport ci-dessous permet d'illustrer quelques caractéristiques des sous-bassins.

OBJECTID	Shape_Length	grid_code	Shape_Area	AreaKm2	LongueurdeTelw	BasinSlope	Name	Ic
1	20525.3752	1	19646429.844764	9.64643	1.608404	16.829002	W160	12.605427
2	54610.1428	2	32345765.892368	32.345766	0.904416	11.481936	W170	22.851645
3	21946.7906	3	8837442.138187	8.837442	3.275093	14.227345	W180	12.26162
4	39515.6108	4	20015372.169066	20.015372	0.647549	10.143982	W190	17.968669
5	31953.6304	5	11553733.405589	11.553733	15.124713	12.674323	W200	15.307254
6	22060.5136	6	8101998.870139	8.101999	4.912517	8.156154	W210	11.941319
7	42983.8872	7	22960377.990978	22.960378	8.257671	9.383516	W220	20.100921
8	48271.588	8	12100870.826828	12.100871	4.295417	9.573724	W230	14.400429
9	46338.45	9	27932297.890441	27.932298	7.848387	10.478897	W240	22.028233
10	42415.3172	10	15702926.497239	15.702926	10.229238	9.187813	W250	17.007921
11	41903.6044	11	8504472.29145	8.504472	2.774074	9.849388	W260	11.978781
12	34284.7676	12	23937466.738504	23.937467	7.927265	9.455554	W270	20.467122
13	28485.354	13	15871836.107276	15.871836	0.804079	9.299178	W280	16.026748
14	26893.3684	14	5326711.102266	5.326711	16.39167	9.628887	W290	11.086129
15	16772.8128	15	1339153.449767	1.339153	0.261326	9.862644	W300	4.658434

Figure.56. Caractéristiques numériques du bassin versant.

6.L'estimation de l' hydrogramme de crue

6.1.L'estimation des pertes

La fonction de production

En terme simple la fonction production c'est l'équation qui mesure la différence entre la pluie brute et la pluie nette en soustrayant l'infiltration.

Pour estimer les pertes d'eau par infiltration, le modèle HEC-HMS© dispose de différentes méthodes : Green et Ampt, SCS (Soil Conservation Service) Crue Number, déficit initial et constant (deficit and constant), pertes initiales et constantes (initial and constant), Smith Parlange,... (USACE, 2000). Parmi ces méthodes, nous avons opté pour la méthode de SCS (Soil Conservation Service) Crue Number.

Le paramètre clé du modèle SCS-CN est le numéro de courbe qui dépend de l'occupation des sols, groupe de sol hydrologique (HSG) et les antécédentes conditions d'humidité (AMC)(Moore,1991).

La fonction de production qui a été utilisée est la fonction SCS (Soil Conservation Service) de l'USDA relie le cumul de la pluie efficace P_e au cumul de la pluie brute P_b (Steenhuis et al., 1995), par l'équation:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

Chapitre 5 : Apport des SIG dans la modélisation hydrologique dans le bassin versant d'El Eulma (Algérie).

Où,

P_e : L'excès de précipitation ;

P : est le total des précipitations accumulées au temps t ;

I_a : Les pertes initiales ;

S : est le potentiel maximum de rétention.

CN peut être estimé à partir de deux paramètres ; l'occupation des sol et le type du sol.

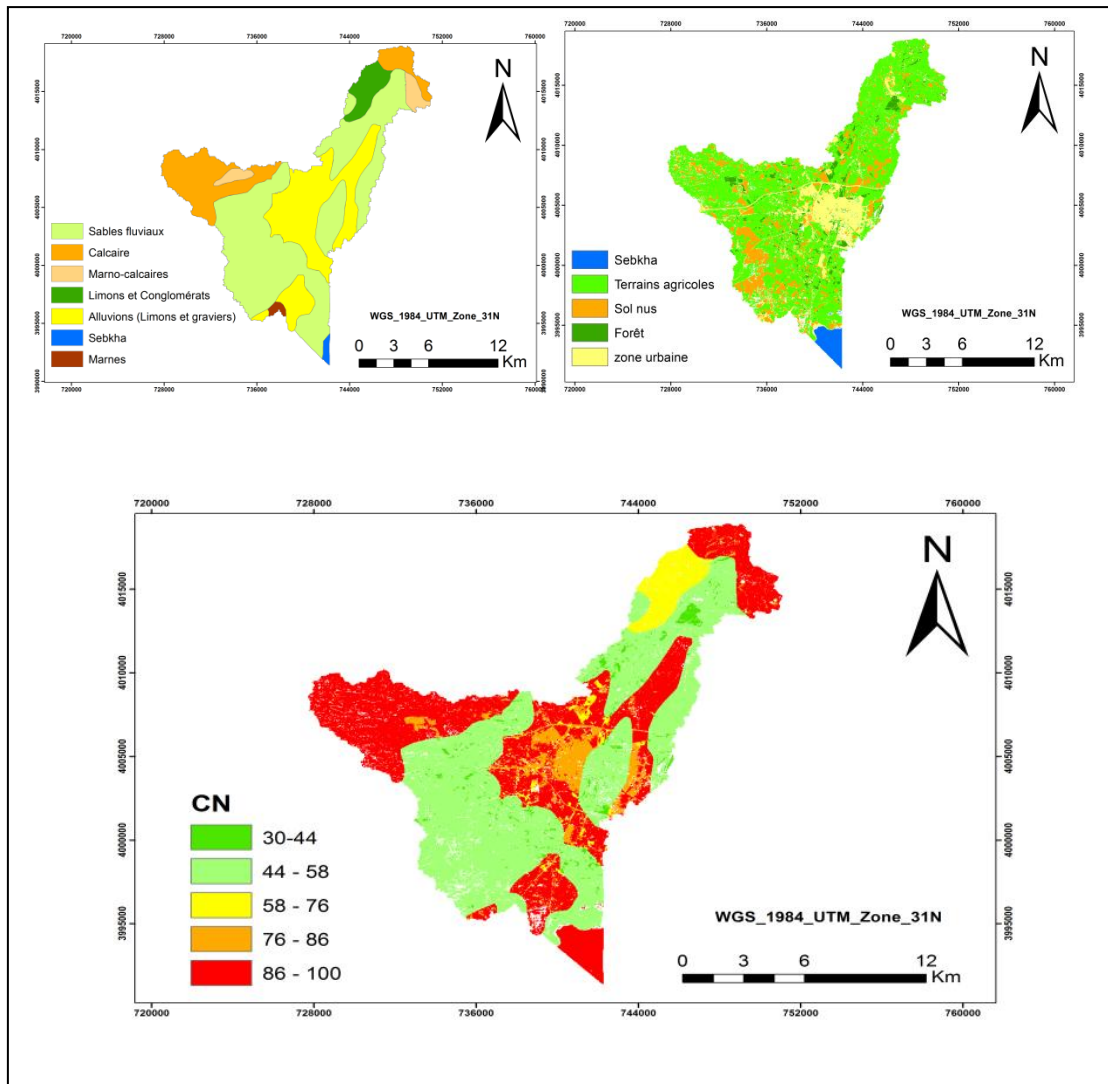


Figure.57. Estimation du Curve Number (CN).

6.2.L'estimation de ruissellement

La fonction de transfert

La fonction de transfert est le processus de transformation de la pluie en débit à l'exutoire. Le modèle HEC-HMS© propose six méthodes différentes pour estimer les écoulements résultants du ruissellement direct dans chaque sous-bassin : hydrogrammes unitaires de Clark, de SCS et de Snyder, hydrogrammes définis par l'utilisateur, transformation et ainsi que onde cinématique de Modclark (Tramblay, 2012). dans le cadre de cette étude, la méthode SCS et de Snyder a été retenue.

Paramètres hydrologiques

La méthode SCS Curve Number (CN) est simple à mettre en oeuvre (Soulis et Valiantzas, 2012).

Tableau.11: Le SCS groupes de sols et les taux d'infiltration (Skaggs et Khaleel, 1982; SCS, 1986)

Groupe	Description	Taux de pertes (in/heure)
A	Sable profond, loess profond et limons	0,30-0,45
B	Loess peu profond et limons	0,15-0,30
C	Argile limoneux, limons sableux peu profonds, sols pauvres en matières organiques	0,05-0,15
D	Argile, sol alcalin, argiles plastiques lourdes	0,00-0,05

Les différentes caractéristiques des sous-bassins (longueur, pente, etc.) doivent être enregistrées en un fichier (.bassin) qui vont être exploités lors de la simulation faite par l'application HEC HMS.

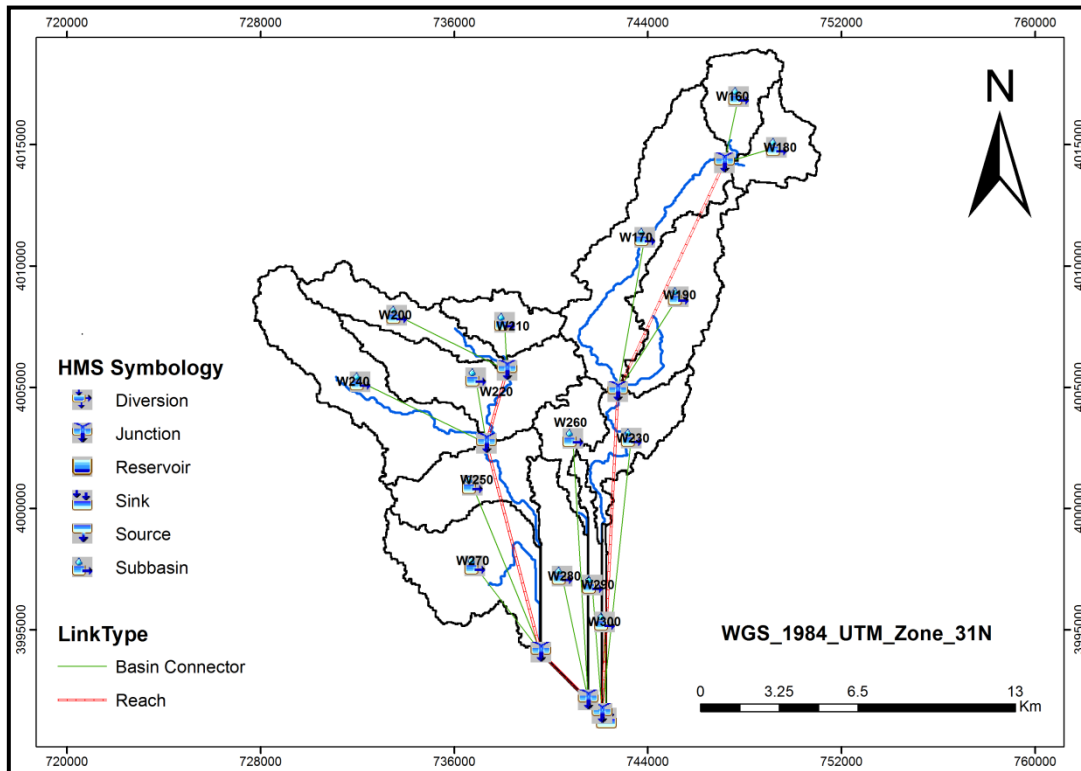


Figure.58. Prétraitement des données et génération de projet en HEC-GeoHMS.

Donc le modèle HEC HMS peut être considéré comme un outil de modélisation du processus de genèse d'une crue. Il s'inscrit dans une démarche préventive de la gestion de la crise.

Pour rappel, le système de modélisation hydrologique HEC-HMS est un logiciel très flexible employé pour modéliser le processus pluie-débit dans un bassin versant ou une région (HECHMS06). Comme nous l'avons évoqué précédemment, la modélisation hydrologique nécessite une schématisation du bassin versant dans la simulation d'un phénomène pluvieux sous le logiciel HEC-HMS qui doit respecter trois étapes principales : la modélisation du bassin versant, la modélisation de la météorologie et des spécifications particulières.

Conclusion

La modélisation de la réponse d'un bassin versant peut être considérée comme un outil incontournable dans le processus de la gestion de la crise (crise due aux inondations). La connaissance de son mécanisme permet d'avoir une vision globale sur le processus de l'écoulement après une averse.

Les caractéristiques physiques et morphologiques établies à l'aide de l'extension Hec Ge ohms intégré dans un environnement SIG montre une aptitude d'avoir des crues en cas des averses de forte intensité.

Le modèle HEC HMS est largement sollicité en Algérie pour ces performances à travers le calcul des débits dans l'objectif de protection des inondations.

CHAPITRE 6

LA MISE EN ŒUVRE D'UN SCENARIO DE GESTION DES CRISES EN MILIEU URBAIN

Introduction

La thématique des crises est d'actualité, quel que soit le type de crise (Rongier, 2012), prenant en exemple la ville d'El Eulma qui est de plus en plus confrontée à des crises résultant de la forte imbrication du tissu urbain avec la zone industrielle. La crise est une situation qui se produit soudainement en raison d'un phénomène naturel ou technologique, d'occurrences, d'incidents ou de la force humaine (exceptionnellement dans les domaines de la sécurité sociale statutaire) qui est incontrôlable (Sajadi et Sajadi, 2014).

La gestion d'une crise s'appuie alors sur la mise en œuvre d'un ensemble varié de plans, qui structurent l'organisation des secours et dont la coexistence doit être la plus complémentaire, harmonieuse et efficace possible (Aligne et al, 2010). Pour cela, les organes de gestion de la crise commencent à se rendre compte des limites qu'offrent les modèles d'interventions dites classiques. Ainsi il apparaît nécessaire de mettre en œuvre des outils SIG conçus essentiellement pour l'aide à la décision.

L'objectif principal ce chapitre est de développer des outils et des méthodes d'évaluation du niveau de risque ainsi que la gestion des situations accidentelles en tenant compte de la spécificité du site, de son environnement et l'articulation des enjeux socio-économiques qui s'y localisent. Ce travail a pour but de répondre aux attentes de tous les acteurs, notamment la protection civile dans un double objectif : d'une part, améliorer la connaissance sur les situations accidentelles inhérentes aux risques industriels par l'utilisation du logiciel de simulation (PHAST) et d'autre part, contribuer à la création d'une base de données géographiques en vue d'optimiser le processus d'intervention à travers l'exploitation d'une Géodatabase ARCGIS/Arcinfo, et des outils du module «spatial analyst» et «network analyst».

1. Risque industriel

Les catastrophes industrielles sont exceptionnelles, rares mais peuvent être très meurtrières, surtout si elles se produisent en milieu urbain (Rasse, 2009). D'après Gleyze (2002), Le risque industriel se caractérise par un accident se produisant sur un site industriel et pouvant entraîner des conséquences graves pour le personnel, les populations, les biens, l'environnement ou le milieu naturel.

Les activités industrielles (dépôts d'hydrocarbures, centre de stockage et de distribution du gaz, manipulation des produits chimiques,...) sont souvent des sources génératrices

de danger. Ces sources de danger se manifestent à travers un élément déclencheur sur un espace contenant des cibles, donc, l'aléa estime la probabilité d'occurrence et l'intensité d'un phénomène, alors que, la vulnérabilité exprime le niveau des dommages que peut subir les cibles.

Appliquée plus particulièrement au domaine du risque technologique, la formule « risque = aléa × vulnérabilité » peut s'interpréter de la façon suivante : « chaque installation dangereuse génère une zone de danger de forme et de surface variable selon la nature et la quantité de produit en jeu ; à cette zone, déterminée par la modélisation des phénomènes physiques (explosion, boule de feu, dispersion atmosphérique, etc.) peut être attribué une probabilité (Rasse, 2009).

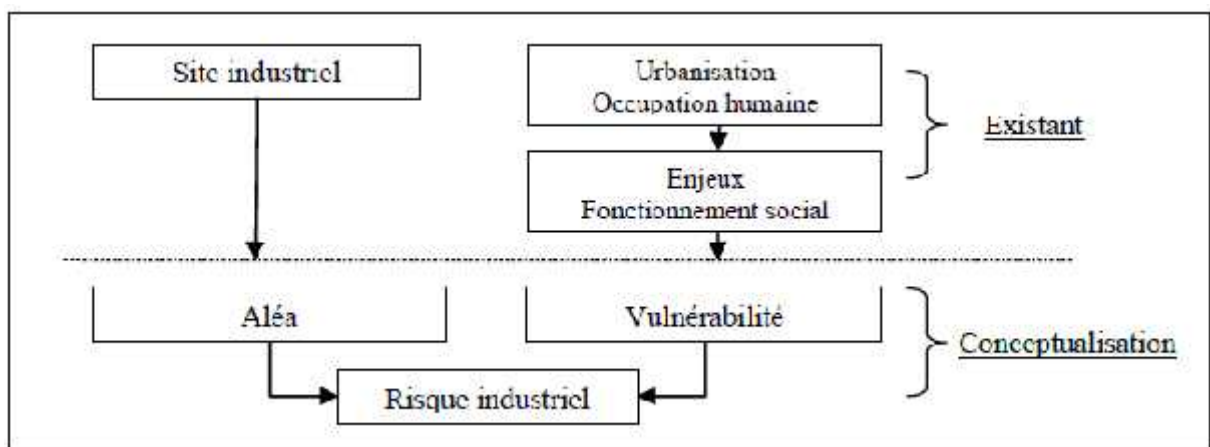


Figure.59. Conceptualisation du risque industriel majeur (Rasse, 2009).

2. Méthodologie

La méthodologie adoptée repose essentiellement sur une approche systémique, cette dernière présente deux aspects fondamentaux. Dans un premier temps, il s'agit de la modélisation des phénomènes accidentels à l'aide des logiciels de simulation. Parmi les nombreux outils disponibles, nous avons choisi le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool) qui est capable de simuler l'évolution du rejet accidentel d'un produit toxique et/ou inflammable. Ensuite, la dimension cartographique s'avère nécessaire pour la réalisation d'outils cartographiques opérationnels à l'aide des Systèmes d'Information Géographique. Les données utilisées dans cette étude ont un caractère spatial et attributaire, ces données ont été digitalisées sous forme de fichiers de forme sur une image satellite. Le Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme (PDAU) fourni par l'administration locale a permis d'attribuer à l'ensemble des couches d'information leur propriété sémantique comme le montre le schéma suivant (Fig.59).

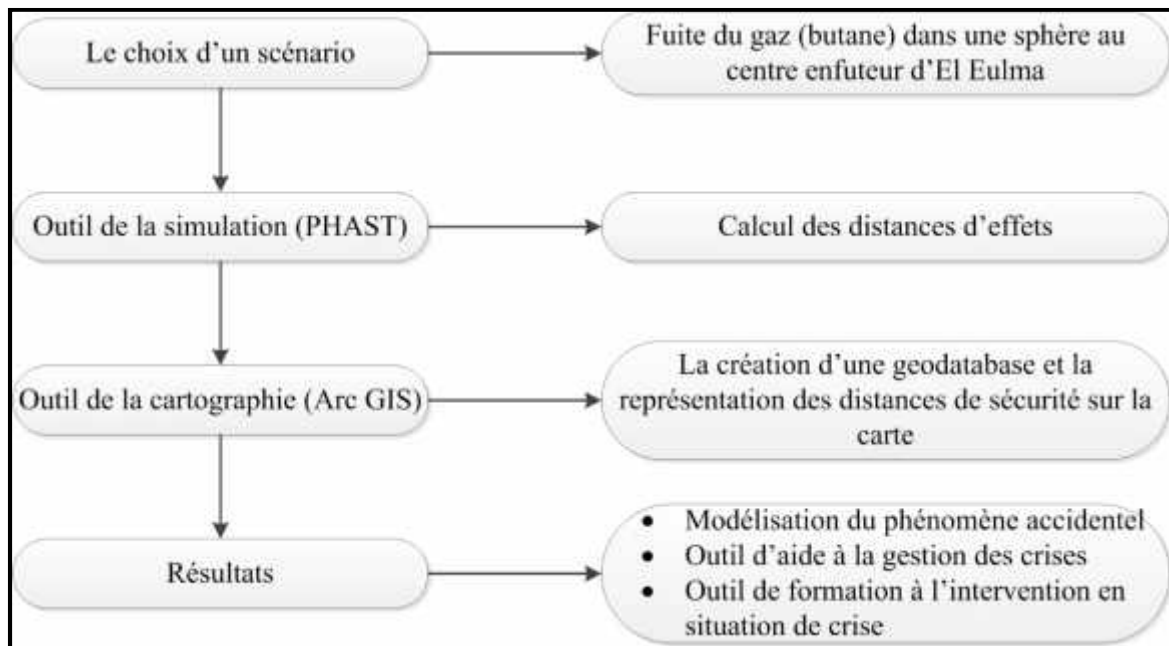


Figure.60. Organigramme de la méthodologie adoptée.

2.1 La simulation d'un scénario

Simuler un scénario d'un évènement équivaut à l'évaluation des dommages qu'il peut entraîner, selon des conditions prédéterminées (quantité manipulé, la pression, direction du vent,...). Nous nous sommes focalisés sur le phénomène du BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), qui signifie la vaporisation instantanée et totale d'un liquide surchauffé sous pression lorsque la capacité le contenant est brutalement dépressurisée à la pression atmosphérique (UFIP, 2002). Pour la mise en évidence du scénario, nous nous sommes basés sur une modélisation systémique, qui se traduit comme tout système ou phénomène complexe pouvant être représenté par un système d'actions multiples. Le concept général représentant l'action est le processus. Le processus définit les changements qui affectent les objets, ces changements pouvant intervenir dans le temps, l'espace, la forme ou la nature (Legros, 2009).

L'étude de la dispersion atmosphérique des nuages de gaz fait appel à des logiciels de simulation. Parmi l'ensemble des outils disponibles sur le marché, nous avons opté pour le logiciel PHAST qui répond aux objectifs de l'étude et consiste à estimer le rayon d'explosion d'une sphère du gaz butane au sein du centre enfûteur d'El Eulma lors d'une libération accidentelle probable (Fig.60).

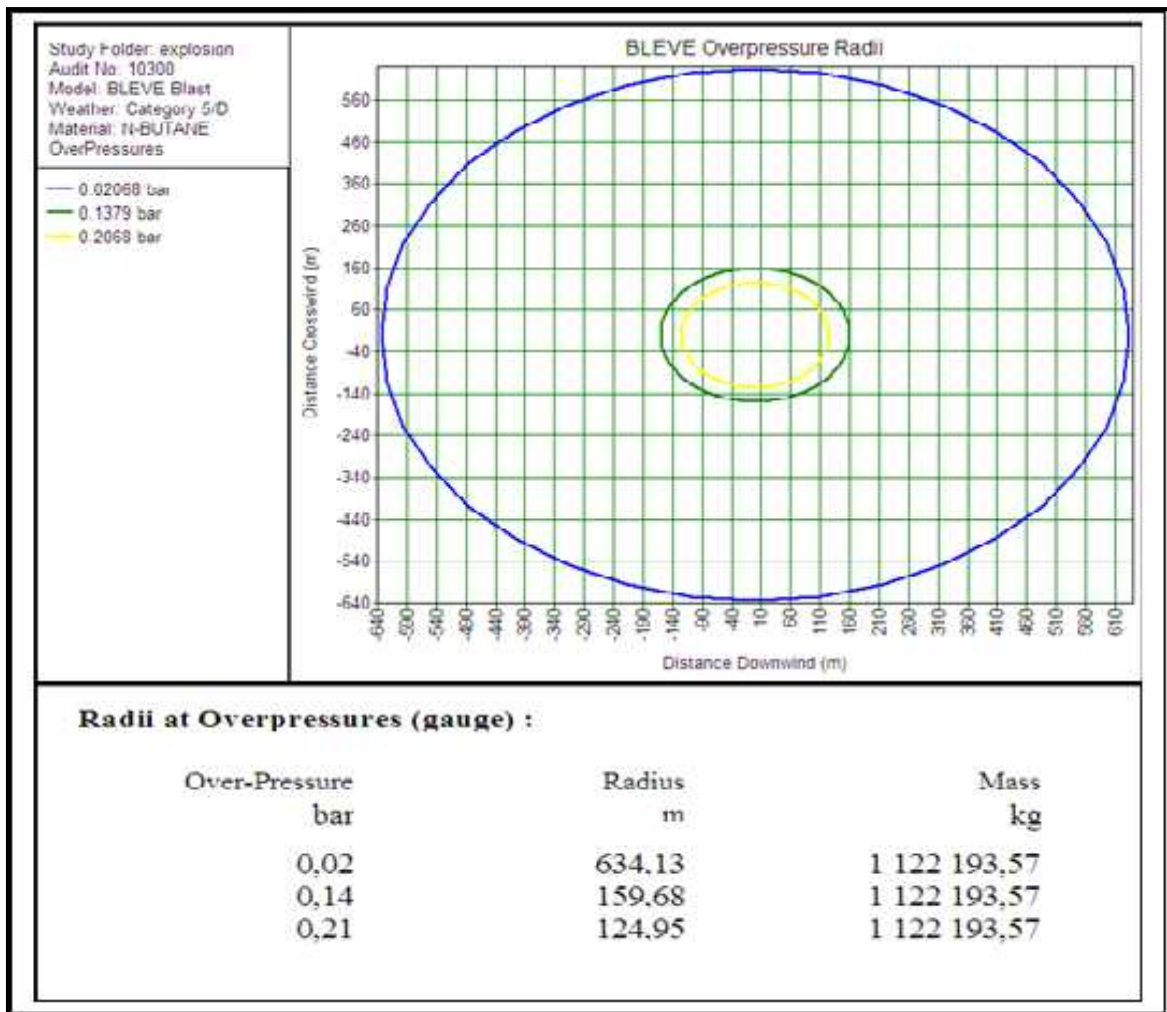


Figure.61. Représentation des enveloppes d'un BLEVE.

Les distances d'effets peuvent atteindre un rayon de 635m, il est également à noter la présence des installations avoisinantes qui sont touchées directement par le phénomène du BLEVE, ce qui peut provoquer un effet domino.

2.2 L'utilisation de l'analyse spatiale dans la cartographie de l'aléa

L'analyse spatiale est une démarche qui inclut des techniques formelles qui étudient des objets géographiques en utilisant leurs propriétés topologiques ou géométriques. Donc c'est une activité qui constitue souvent une finalité du SIG, notamment au niveau de la préparation de la décision (Essevaz-Roulet et al, 2008).

Les résultats issus du logiciel PHAST (Distances d'effets) seront exportés et cartographiés sur la carte à l'aide de l'outil anneaux concentriques multiples qui fait partie de nombreux outils de géotraitement proposés par ArcToolbox (Fig.61).

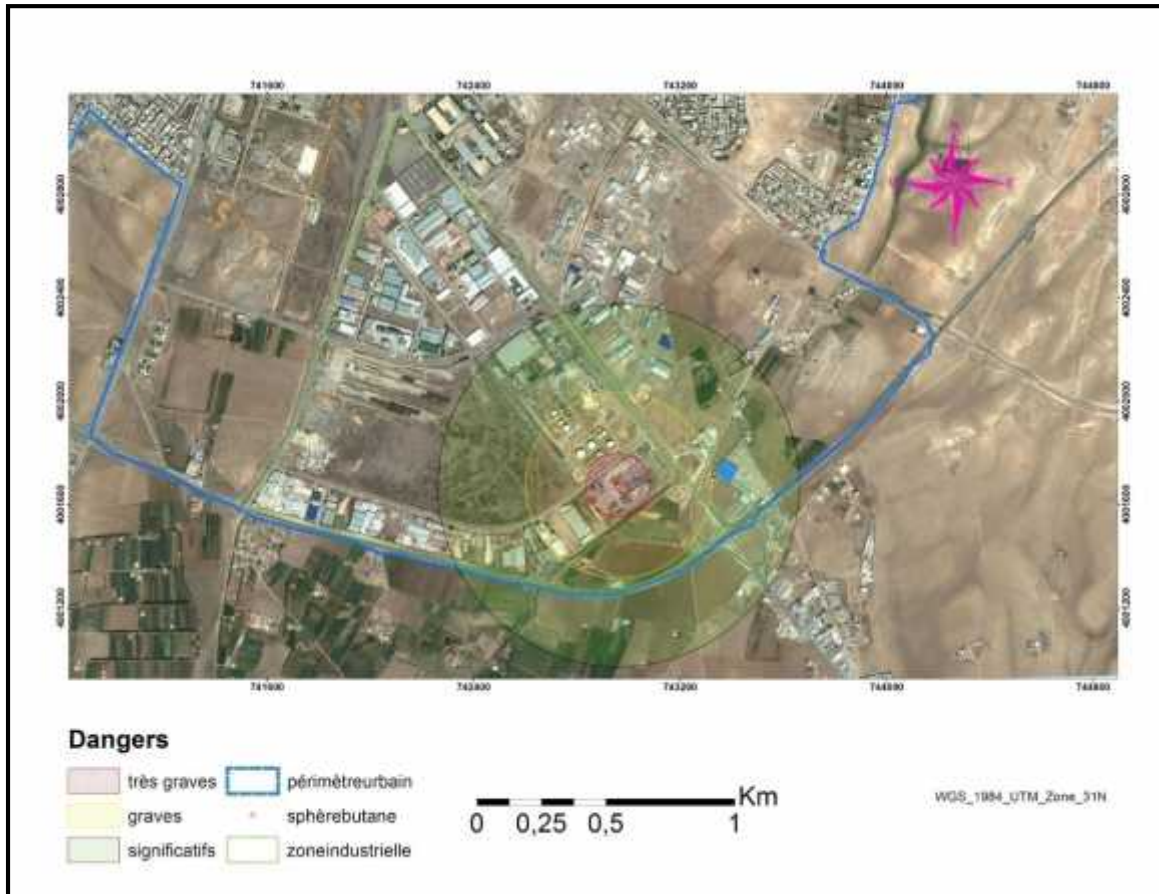


Figure.62. Enveloppe des intensités d'effet thermique d'un BLEVE (Ville d'El Eulma).

Le périmètre à risque a été défini en fonction de la nature et la quantité du produit manipulé et stocké (sphère du gaz butane de 2000m³). L'effet thermique du BLEVE est représenté par trois enveloppes distinctes, qui engendrent des conséquences significatives, voire très graves (mortalités, blessures).

2.3 Cartographie des enjeux

La prise en compte des éléments exposés à un risque est primordiale dans l'étude dudit risque, qu'il soit naturel ou technologique. La caractérisation de ces éléments passe avant tout par leur inventaire (Beck, 2006). L'inventaire réalisé concerne essentiellement deux principales catégories de cible il s'agissait du cadre bâti et la population.

Cependant, des logiciels de calcul des effets d'accidents couplés à des SIG fournissent une estimation des distributions spatiales de ces effets à l'intérieur desquelles les cibles sont recensées (Leeming et Saccomanno, 1994), (Pet-Armacost et al, 1999), (Levesque, 2000).

La (Fig.62) montre la spatialisation de l'ensemble des enjeux recensés à l'intérieur du périmètre du danger.

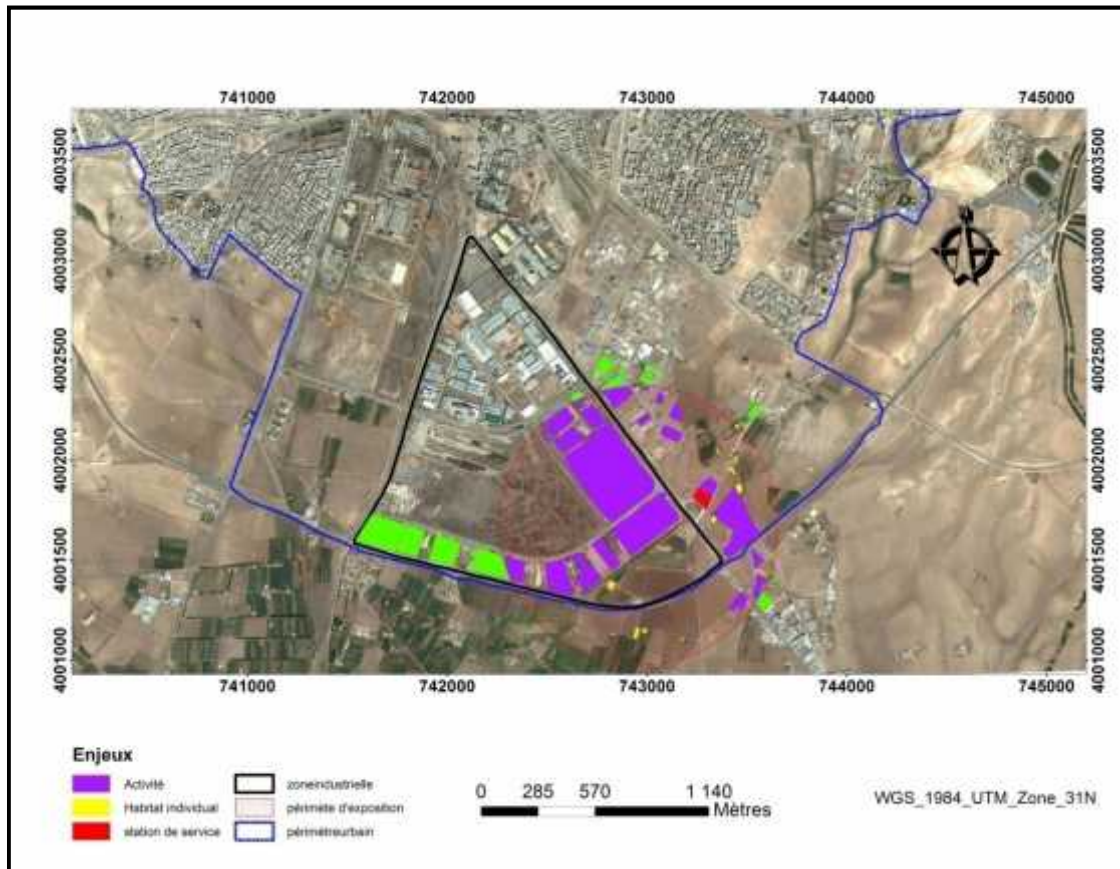


Figure.63. Enjeux présents dans le périmètre de danger (Ville d'El Eulma).

Pour déterminer les enjeux exposés directement au BLEVE, l'opération consiste à fusionner la couche enjeux avec celle des anneaux concentriques multiples à l'aide de l'outil Intersecter d'ArcToolbox.

3. Modélisation et gestion des crises

Pendant la phase aiguë de la crise, les acteurs fondent leurs décisions sur les informations recueillies et leurs connaissances personnelles. Or, comme cela a été souligné, les échanges d'informations entre acteurs et donc la communication qui en découle, sont souvent perturbés.

De plus, certaines situations, du fait de la présence d'évènements simultanés et de paramètres aggravants, s'amplifient et obscurcissent la vision des décideurs.

Pour se faire, la sécurité civile exprime le besoin de disposer d'un système de veille leur permettant de recueillir, de trier et de synthétiser les informations émanant du terrain

afin de préparer les décisions des acteurs dans l'objectif d'anticiper et de gérer une situation extrême lorsqu'elle se présente (Dautun, 2007).

En ce qui concerne le cas de l'Algérie, l'organisation des interventions et des secours repose essentiellement sur la concrétisation du plan dit "ORSEC".

Ce plan, prévu par la législation algérienne, notamment Le décret 85-231 fixant « les conditions et les modalités d'organisation de la mise en œuvre des interventions et secours en cas de catastrophes », de ce fait, prévoit l'ensemble des moyens humains et matériels mobilisables pour faire face à différentes calamités naturelles ou d'ordre public.

Pour permettre une certaine visibilité de la prise de décision en situation de crise, nous avons opté pour l'extension ArcGIS Network Analyst qui permet, en effet d'analyser le réseau du transport, basé sur une couche de polyligne représentant les routes (Lacroix, 2013). Le principe de cette extension est de trouver des cheminements, tout en tenant compte d'assurer un meilleur routage à moindre coût et la détermination des itinéraires d'évacuations (Fig. 63). (Yang Bo et al, 2009), estiment que l'évacuation de secours est une mesure importante pour empêcher et réduire les dommages pendant l'urgence à grande échelle. Ils ont supposé que l'efficacité de l'évacuation est basée d'une part, sur la compréhension de la situation et d'autre part, sur l'analyse fiable de l'information.

Après la survenance d'un accident, la planification de contingence doit être appropriée, efficace et en temps opportun aux besoins des populations et les installations touchées. De ce fait, nous avons procédé à générer deux itinéraires, le premier débute du siège de la protection civile vers la zone sinistrée, et le second de cette dernière vers l'hôpital pour assurer une meilleure évacuation des sinistrés.

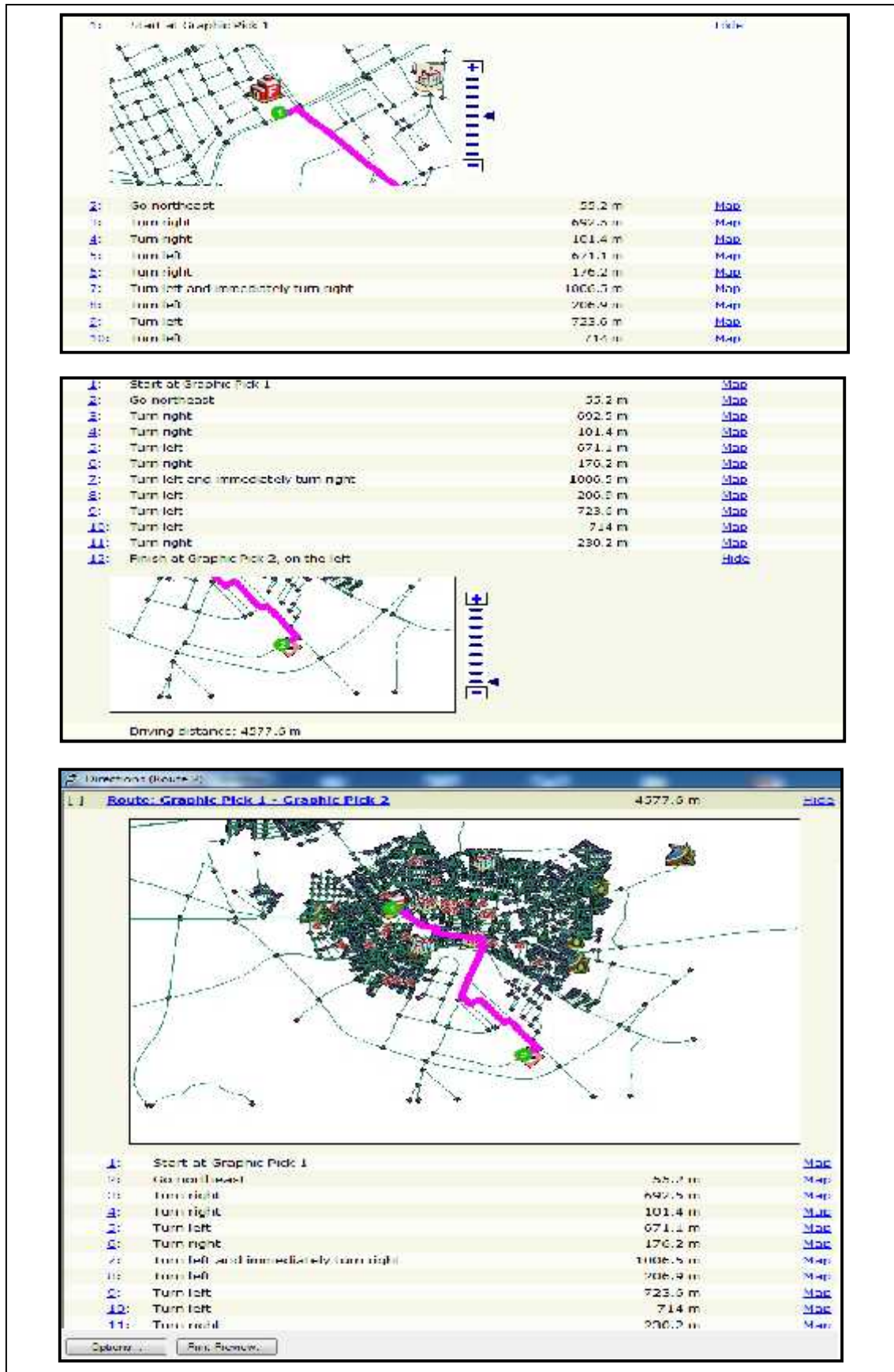


Figure.64. Organisation des secours.

4. L'accessibilité aux ressources

Les SIG sont des outils très puissants qui peuvent localiser les phénomènes accidentels d'une part et de localiser les zones sources d'autre part, ils sont considérés comme des outils d'aide à la décision.

De multiples travaux ont montré l'utilité des SIG dans la gestion des crises, à titre non exhaustif on peut citer le PAREFEU (http://www.isted.com/poleville/sig_risques/sig_risques_ch3_art5.pdf) : outil utilisé par les pompiers. Il permet, grâce à un SIG, d'obtenir une carte indiquant la position exacte du feu et son étendue. Les cartes sont transmises par satellites aux différents acteurs. Les véhicules sur le terrain sont tracés grâce à des balises CPS, ce qui permet d'optimiser leur utilisation. Le SIG dispose d'un module supplémentaire, « risk frame », qui permet de gérer les moyens à disposition, de voir la gestion de la crise (zone d'attaque du feu...) et de prévoir les effets de la gestion.

Il existe au moins deux types d'espaces différents construits par la gestion des situations de crises : d'une part les espaces directement impactés par la catastrophe, à secourir en priorité, et d'autre part les « espaces ressources » de gestion de crise, c'est-à-dire ceux qui disposent des moyens matériels et décisionnels de secours et de récupération (D'Ercole et Metzger, 2009).

C'est dans cette logique que nous essayons de mettre en relation les deux espaces, ces relations sont d'ordre de proximité en terme d'établissements de santé et les établissements pouvant recevoir les sinistrés et d'accessibilité en terme de trouver les itinéraires optimaux d'évacuation.

Donc, la gestion de la crise peut être considérée comme un complément des actions préventives. Les solutions que nous proposons permettent d'éclaircir quelques pistes en terme de tracer des cheminements vers les ressources nécessaires pendant la crise et d'identification des refuges pour les familles sinistrées.

En outre, les capacités d'intervention pendant la crise se trouvent perturbées. Ainsi, la rapidité de prendre une décision et d'agir en urgence est largement sollicitée voire un facteur de vie ou de mort.

En situation de crise, il y a des ressources importantes et d'autres plus importantes, les ressources les plus importantes sont celles qui participent à la gestion de crise, pour cela, une base de données géographique a été interrogée pour identifier les ressources disponibles, leurs localisations et leurs capacités.

Donc notre objectif est de faire émerger un ensemble d'analyse et de traitement qui peuvent aider d'éclairer la vision pour les intervenants. Les solutions que nous proposons aident les acteurs à localiser les ressources nécessaires, par exemple à partir de l'ensemble des centres de soin disponible nous proposons des solutions de moindre coût en termes du temps (Fig.64), une autre solution qui vient de s'imposer c'est les réservoirs d'eaux qui peuvent alimenté soit les acteurs d'intervention ou bien les sinistrés par l'eau potable (Fig65.), in fine pour mettre en évidence la répartition spatiale des lieux qui peuvent être hébergé les sinistrés, nous définissons des zones de couverture en fonction du temps (5,10,15,20) minute (Fig.66).

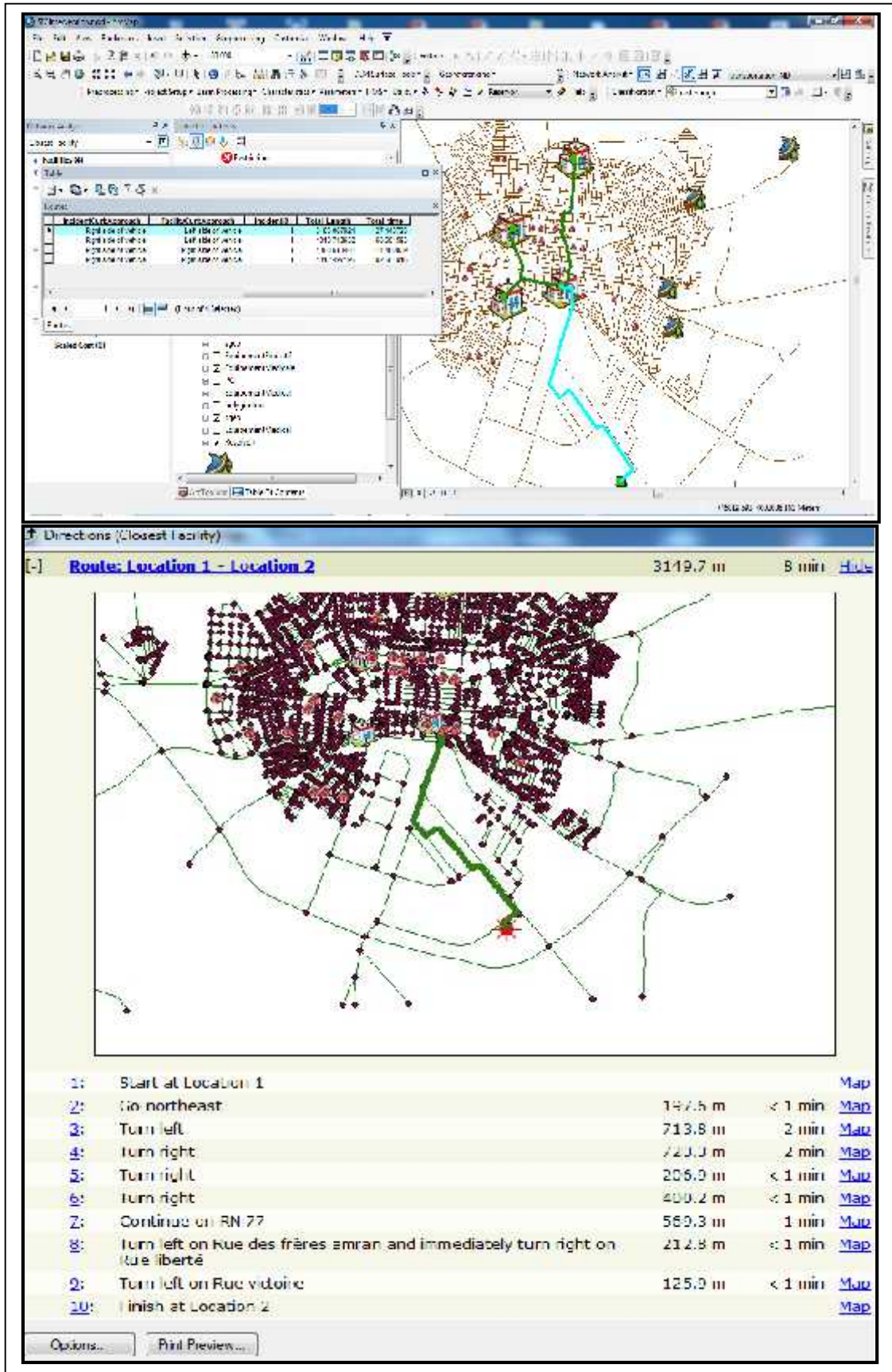


Figure.65. Centre de soin le plus proche.

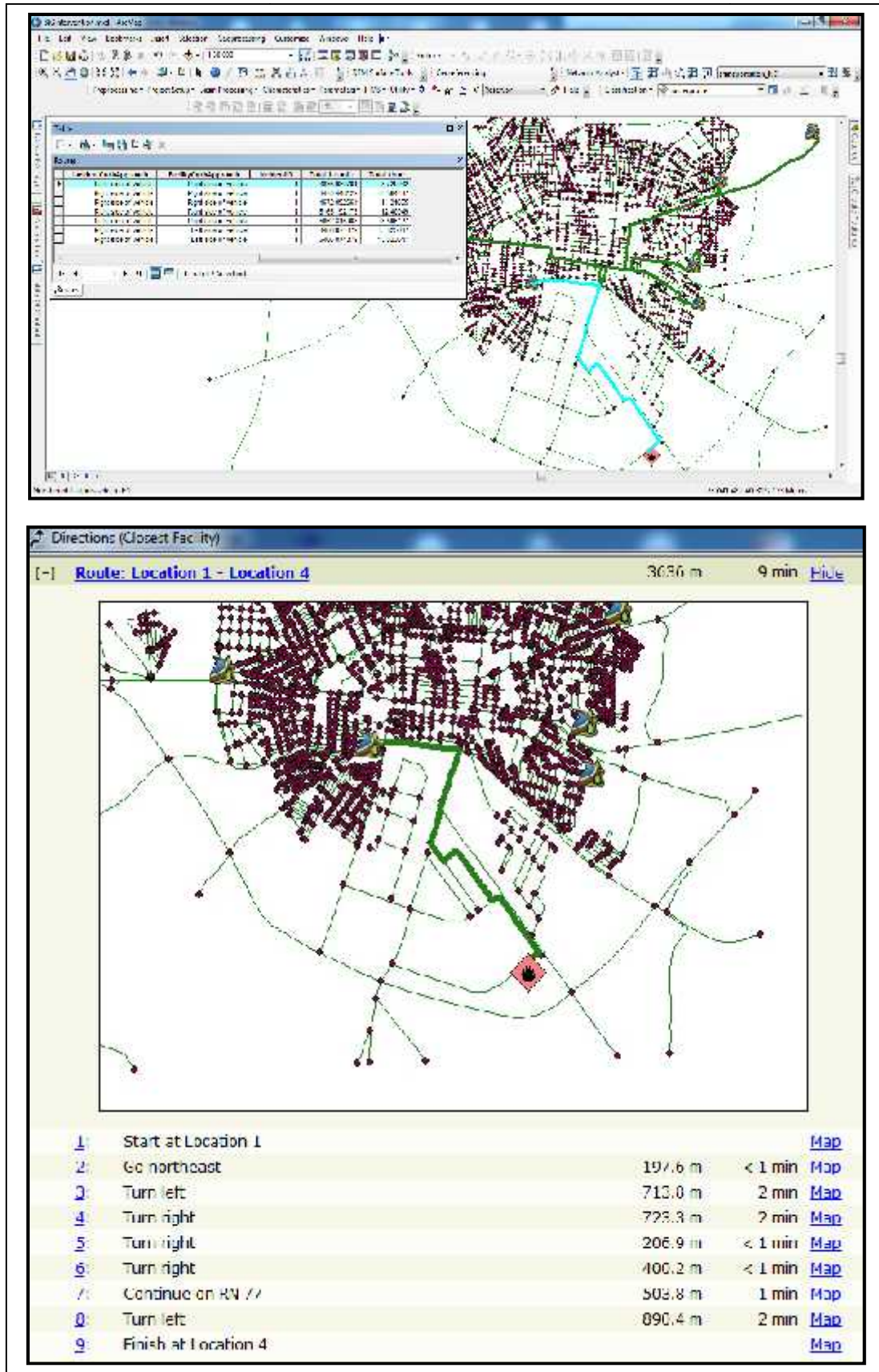


Figure.66. Ressource la plus proche (Réservoir d'eau).

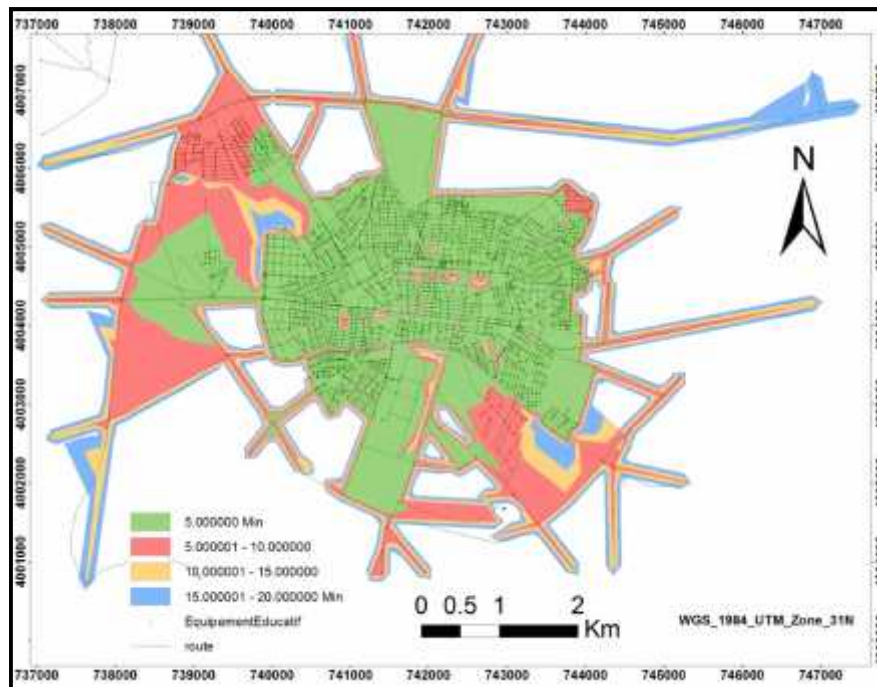


Figure.67. Couverture des endroits de recasement provisoire.

Conclusion

A partir de l'analyse de la dangerosité des risques potentiels inhérents de la zone industrielle de la ville d'El Eulma, il apparaît nécessaire de mettre en place des dispositifs nouveaux à l'égard des acteurs de la sécurité civile.

De ce point de vue, notre travail de recherche comporte deux intérêts principaux :

Le premier réside dans la simulation d'un BLEVE par le logiciel PHAST, qui a permis de caractériser l'effet thermique qui peut atteindre un rayon de 635m en fonction de l'intensité du phénomène.

Le second est d'exploiter la base de données géographiques à travers l'utilisation des modules de géotraitement du logiciel Arc GIS pour spatialiser l'aléa et les enjeux, ensuite la carte produite par l'analyse network, dans le but de déterminer le plus court chemin, peut être considérée comme un outil opérationnel à l'égard des acteurs de la sécurité civile pour assurer une intervention efficace.

La démarche proposée constitue une alternative intéressante aux méthodes d'intervention classiques. Cette approche peut faire l'objet d'une utilisation par d'autres villes de l'Algérie qui présentent pour la majorité un profil industriel similaire à notre zone d'étude. Ceci appelle évidemment à l'introduction de nouveaux moyens d'analyse spatiale basée essentiellement sur l'utilisation des techniques de géomatique, en particulier les bases de données géographiques qui constituent un outil géodécisionnel.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La crise, qu'elle soit naturelle ou technologique peut remettre en cause le fonctionnement d'un système quelconque. Sa gestion nécessite la mise en coordination de nombreux acteurs afin de limiter les dommages. En Algérie, l'organisation des interventions et de secours se fait à travers la mise en marche du plan ORSEC, mais il ressort de nos malheureuses expériences que l'absence d'exercices et de communication intersectorielle ; laissant les plans ORSEC dans une désuétude relative.

Compte tenu des difficultés rencontrées à la gestion de la crise, notre approche a permis de mettre en place des dispositifs nouveaux sous forme de base de données géographique exploitable à l'égard des acteurs de la sécurité civile.

De ce point de vue, notre travail de recherche comporte les intérêts suivants :

La modélisation des données nécessite la proposition d'un modèle conceptuel de données qui constitue le premier jalon pour la compréhension des interactions entre les objets géographiques. Ce modèle a été conçu en respectant la syntaxe d'ArcInfo UML développé par ESRI, puis il doit être implémenté dans une geodatabase en intégrant les relations topologiques et temporelles des objets.

La simulation d'un BLEVE par le logiciel PHAST, qui a permis de caractériser l'effet thermique qui peut atteindre un rayon de 635m en fonction de l'intensité du phénomène. Cette simulation peut être considérée comme un outil de préparation, ainsi les points forts et faibles sont enregistrés afin de mettre en place des actions correctives.

Dans une optique de prendre une bonne décision, il nous a paru nécessaire de développer un outil WEBSIG destiné aux collectivités locales et plus précisément aux acteurs d'intervention en cas de crise. Cet outil basé sur la technologie de l'open source qui offre une panoplie de solutions en termes :

- ❖ Une plateforme de concertation et de partage de donnée.
- ❖ La rapidité d'acquérir des informations utiles lors de crise.
- ❖ Avoir une information précise à travers le géoréférencement des cartes pour mieux cibler les actions d'intervention.
- ❖ Permettre au grand public de consulter et de donner leurs avis.

En outre, la modélisation de la réponse hydrologique des bassins versants vise à décrire d'une manière fidèle le processus de transformation pluies-débit qui influe

directement sur la genèse des crues. Le modèle HEC HMS constitue une plateforme logicielle performante dans le calcul des débits de pointe, c'est dans cette perspective qu'on peut considérer ce résultat comme un support cartographique intéressant pour les décideurs afin de guider leurs actions préventives et préparatoires.

Au-delà des avantages qu'offre ce travail, un nombre de limites sont venues entraver notre étude :

- ❖ L'accès difficile aux données.
- ❖ Les contraintes techniques notamment pour les logiciels SIG et les serveurs Web.

En perspective, d'autres recherches sont encore nécessaires pour améliorer le processus de gestion des crises ; il s'agit de :

- ❖ La valorisation de la base de données élaborer et maximiser son contenu
- ❖ Elargir le champ d'application des SIG et la technologie Web, notamment la disposition d'un serveur dédié à la diffusion des informations sur l'ensemble des villes Algériennes.

Bibliographie

Aligne, F., Pierre, S. (2010). Gestion de crise : optimisation de la mise en œuvre des plans de secours, THALES Research & Technology, 1, avenue Augustin Fresnel, 91767 Palaiseau Cedex.

Ahmad, A, (2004). Disaster Management Through The New Millennium. Anmol Publications PVT. LTD.

Anh Tu NGO, (2014). Evaluation environnementale du risque d'inondation dans le delta du fleuve Ha Thanh (Centre Viêt-Nam). Thèse doctorat. Centre de Val de Loire université d'Orléans.

Atilio, F, (2015). Blog SIG & Territoire_ Le blog SIG pour al gestion territoriale. <http://www.sigterritoires.fr/index.php/tag/archydro/>

Ayral, P-A., Sauvagnargues-Lesage, S, (2009). Systèmes d'Information Géographique : outil d'aide à la gestion territoriale, Techniques de l'ingénieur, 16 p.

Ayral, P.A., (2001, b). Contribution à l'élaboration d'une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité face à quatre risques «naturels» particuliers liés à la ressource en eaux, Mémoire de DEA, Université Toulouse Le Mirail II, 134p.

Barge, O., Saligney, L, (2003). Redressement de photos obliques, géoréférencement. Atelier. Tours, France : Ecole thématique : Système à référence spatiale et Archéologie. Sebtembre 8-12.

Beaufils, M, (2012). Fusion de données géoréférencées et développement de services interopérables pour l'estimation des besoins en eau à l'échelle des bassins versants. Thèse de doctorat. École doctorale Arts et Métiers Laboratoire de Géodésie et de Géomatique.pp36.

Beck, E, (2006). Approche multi-risques en milieu urbain.Le cas des risques sismique et technologiques dans l'agglomération de Mulhouse (Haut-Rhin), thèse de doctorat, l'Université Louis Pasteur Strasbourg I, p 22.

Beckers, E., Degre, A, (2011). Revue bibliographique : la prise en compte des transferts horizontaux dans les modèles hydrologiques, E Biotechnol. Agron. Soc. Environ, Vol.15 (1), p. 143-151.

Belabbès, S., Wicks, C., Cakir, Z., Meghraoui, M, (2009). Rupture parameters of the 2003 Zemmouri (Mw 6.8), Algeria earthquake from joint inversion of interferometric aperture radar, coastal umlift and GPS, J. of Geoph. Res., Vol., 114, B03406, Available from : doi: 10.1029/2008JB005912.

- Beloulou, L. (2008).** Vulnérabilité aux inondations en milieu urbain. Cas de la ville d'Annaba (Nord-est Algérien). Thèse de doctorat. Faculté des Sciences de la Terre Département de Géologie. Université d'Annaba.
- Benhallou, H. (1985).** Les catastrophes sismiques de la région d'Echelif dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie, PhD Thesis, USTHB, Alger, 294 pp.
- Benouar, D. (1996).** Seismic hazard evaluation at Algiers using Benouar's catalogue, Natural Hazard Journal .13(2), 119-131.
- Bernhardsen, T. (1999).** Geographic Information System, An Introduction, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc.
- Berolo, W., Laborde, J.P. (2003).** Statistiques des précipitations journalières extrêmes sur les Alpes-Maritimes. Equipe de Gestion et Valorisation de l'Environnement de l'UMR 6012 ESPACE. Université de Nice, France, pp1.
- Bian, L. (2001).** Object-oriented representation for modelling mobile objects in an aquatic environment. International Journal of Geographical Information Science, 14(7), 603-623.
- Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I. (1999).** The Unified Modeling Language User Guide, Addison Wesley Longman, Reading, Massachusett.
- Boris, M. (2011).** Les SIG et la cartographie à l'ère du géoweb. Vers une nouvelle génération de SIG participatifs , L'Espace géographique 2011/2 (Tome 40), p. 142-153. DOI 10.3917/eg.402.0142
- Brodeur, J., Bedard, Y., Proulx, M.J. (2000).** Modeling Geospatial Application Databases Using UML-based Repositories Aligned with International Standards in Geomatics. Proceeding of the 8th ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems, Washington D.C., USA, 2000, pp. 39-46.
- Bucher, B. (2009).** Vers la diffusion en ligne d'information géographique sur mesure, habilitation à diriger des recherches spécialité : informatique et sciences de l'information géographique, université paris-est marne-la-vallée. p93.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. (1998).** Principles of Geographic Information Systems: Spatial Information Systems and Geostatistics. New York, Oxford University Press Inc.
- Cartwright, W., Peterson, M.P., Gartner, G. (1999).** Multimedia Cartography, Berlin: Springer Verlag.
- Cartwright, W. (1999).** Development of multimedia. In: Cartwright, W., Peterson, M.P., Gartner, G.F., Multimedia cartography, Springer, Berlin, Allemagne, pp.11-26.

Casenave, A., Valentin C, (1989). Les états de surface de la zone sahélienne influence sur l'infiltration Didactiques, Orstom, Paris, pp 229.

Chaaban, F, (2011). Apport potentiel des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) pour une meilleure gestion d'un littoral dans une optique de développement durable : approches conceptuelles et méthodologiques appliquées dans le Nord de la France. Thèse de doctorat. Université des sciences et technologies de Lille.

Chane Poi Sane, P., Noel, P., Sampic, C, (2011). Modèle numérique de prévision des inondations: Application à la prévision de la crue centennale du Lez [en ligne]. Projets "Eau et Environnement", non paginé. [Réf. du 10 mars 2013]. Disponible sur : <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/projnum/content/2011-g3/accueil>

Chardon, A.C, (1996). Croissance urbaine et risques "naturels" - Evaluation de la vulnérabilité à Manizales, Andes de Colombie - Thèse de doctorat, Université J. Fourier, Grenoble, 387 p.

Claramunt, C., Coulondre, S., Libourel, T, (1997). Autour des méthodes orientées objet pour la conception de SIG, Revue internationale de géomatique. n°3-4/97.233-257, Hermès science, Paris, France.

Cosandey, C., Robinson, M, (2000). Hydrologie continentale. Presse, Armand Colin, p. 249-263.

Cosandey, C., Bigot, S., Dacharry, M, (2004). Les eaux courantes : Géographie et environnement. Presse BELIN, pp239.

Cowen, D.J, (1988). GIS versus CAD DBMS: what are the differences? Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.54, p.1551-1554.

Coyle, D., Meier, P, (2009). New Technologies in Emergencies and Conflicts: The Role of Information and Social Networks. Washington, D.C. and London, UK: UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership.

Cudennec, C, (2007). Transfert versus mutualisation des coûts et des risques d'amont en aval. Apports des notions hydrologiques d'échelle, structure, émergence et impact. Instruments économiques et modernisation de l'agriculture irriguée en Méditerranée. Actes du séminaire Euro Méditerranéen "Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigués", Kairouan, Tunisie, pp 11.

Curtat, M, (2002). Physique du feu pour l'ingénieur. Paris, CSTB.

Cutter, S.L, (2003). GI Science, Disasters, and Emergency Management Transactions in GIS, 7, 439-446.

- Dauphiné, A.** (2001). Risques et catastrophes: Observer - Spatialiser - Comprendre – gérer, Armand Colin, 263 p.
- Dautun, C.** (2007). Contribution à l'étude des crises de grande ampleur : Connaissance et aide à la décision pour la Sécurité Civile, l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, thèse de doctorat, 38, 104 p.
- De Longueville, B.** (2010). "Community-based geoportals: The next generation? Concepts and methods for the geospatial Web 2.0", Computers, Environment and Urban Systems, 34 (3): 299-308
- Delouis, B., Vallée, M., Meghraoui, M., Calais, E., Maouche, S., Lammali, K., Mahasas, A., Briole, P., Benhamouda, F., Yelles-Chaouche, A.K.** (2004). Slip distribution of the 2003 Boumerdes-Zemmouri earthquake, Algeria, from teleseismic, GPS, and Coastal uplift data, 2004, Geoph. Res. Lett., Vol., 31, L18607, doi: 10.1029/2004GL020687.
- D'Ercole, R.** (1994). Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : concepts, typologie, modes d'analyse - Revue de Géographie Alpine : Croissance urbaine et risques naturels dans les montagnes des pays en développement, n°4, T. LXXXII, 87-96.
- D'Ercole, R., Metzger P.** (2009). La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain, Cybergeog : European Journal of Geography, Dossiers, Vulnérabilités urbaines au sud, document 447, <http://www.cybergeog.eu/index22022.html>.
- Dueker, K.J., Kjerne, D.** (1989). Multipurpose cadastre terms and definitions, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing and American Congress on Surveying and Mapping, Falls Church, VA.
- Elmorjani, Z.** (2003). Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale : application à la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi aride (Souss, Maroc). Thèse de doctorat, université de Genève. Terre et Environnement Vol. 42, pp300.
- Essevaz-roulet, M., Iratchet, B.** (2008). La mise en œuvre d'un SIG dans les collectivités territoriales, Territorial Editions, 35 p.
- Fadil, A., Rhinane, H., Kaoukaya, A., Kharchf, Y.** (2013). Comparaison de deux modèles hydrologiques sur une zone pilote du bassin versant de Bouregreg. Proceedings of the 1 st International Congress on G.I.S. & Land Management,

Casablanca, Morocco. Travaux de l'Institut Scientifique, Rabat, série Géologie & Géographie physique, n°23, p. 33-38.

Forgues, B., (1993). Processus de décision en situation de crise , thèse de doctorat en sciences de gestion, Paris-Dauphine dans (Dautun, 2007)

Fouchier, C., (2010). Développement d'une méthodologie pour la connaissance régionale des crues. Thèse de doctorat de l'université Montpellier II.

Fussel, M.L., (1997). Foundations of Object-Relational Mapping. Chimu Publication: [online], <http://www.chimu.com/publications/objectRelational/index.html>.

Gartner, H., Bergmann, A., Schmidt, J, (2001). "Object-oriented modelling of data sources as a tool for the integration of heterogeneous geoscientific information." Computers and Geosciences 27: 975-985.

Gayte O., Cheylan JP., Libourel T., Lardon S., (1997). Conception de SI sur l'environnement, Editions Hermès science, collection Géomatique, Paris, France, 289p.

Geoplace.com, Geoworld, (2002). (<http://www.geoplace.com/gw/1996/0496/0496feat2.asp>)

Gleyze, JF., (2002). Le risque, Institut géographique national (IGN), laboratoire COGIT, France, p 23.

Gourmelon, F., (2003). La contribution des SIG à la connaissance et à la gestion de l'environnement littoral. Sciences de l'Homme et Société. Université de Bretagne occidentale - Brest, habilitation à diriger des recherches, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00321106>, p39.

Granot, H., (1997). Emergency inter-organizational relationship, Disaster Prevention and Management, Vol. 6, N° 5, pp. 305-310.

Grivel, S., (2008). La Loire des îles, du Bec d'Allier à Gien : rythmes d'évolution et enjeux de gestion [Ressource électronique] sous la direction de E. Costard-Gautier. Université Paris VIII Vincennes-Saint Denis, pp 517. [réf. du 12 décembre 2011].

Guellouh, S., (2017). L'impact du recouvrement des oueds de Batna sur la dynamique des écoulements et les risques associés. Thèse de doctorat. Institut des sciences de la terre et l'univers, Université de Batna 2.

Gunes, A.E., Kovel, J.P, (2000). Using GIS in Emergency Management Operations. Journal of Urban Planning and Development, 126, pp. 136-149. [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2000\)126:3\(136\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2000)126:3(136)).

- Guidoboni, E.**, (1994). Catalogue of ancient earthquakes in the mediterranean area up to 10th century. Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 27.5x21.5, 504 p.
- HEC-HMS06.** Hydrologic Engineering Center, Hydrologic Modelling System HECHMS, User's Manual, April 2006.
- Hajji, H.**, (2005). Gestion des risques naturels : Une approche fondée sur l'intégration des données, thèse de doctorat, l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, INSA Lyon Lyon, France. p22
- Hermann, C. F.**, (1972). "Some issues in the study of international crisis", International crises: insights from behavioral research, the free press.
- Hess, R.L.**, Rubin, R.S., West, L.A, (2004). Geographic information systems as a marketing information system technology. Decision Support Systems, 38(2), 197-212.
- Hiltz, S.R.**, Diaz, P., Mark, G, (2011). Introduction: Social Media and Collaborative Systems for Crisis Management, ACM Computer---Human Interaction, 18(4): article 18, 1-6.
- Hostache, R.**, (2006). Analyse d'images satellitaires d'inondations pour la caractérisation tridimensionnelle de l'alea et l'aide a la modélisation hydraulique. Thèse de doctorat. L'École Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts. p18.
- Hudson-Smith, A.**, Batty, M., Crooks, A. T., and Milton, R. (2009a). Mapping tools for the masses: Web 2.0 and crowdsourcing. Social Science Computer Review 27(4): 524–538.
- IFRC**, (2010). World Disasters Report 2010. Focus on urban risk, International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, 2010, Lyon, France, 220 p.
- ISTED**, (2005). Institut des Sciences et des Techniques de l'Equipement et de l'Environnement pour le Développement, , Systèmes d'information géographique et gestion des risques, ISTED, Paris, 101 p.
- Jacques, J.M.**, Gatot L, (1997). De l'incident à la catastrophe : un modèle organisationnel, Vol. 16:24-30.
- Jegou, L.**, (2009). Serveur Cartographique et SIG interactifs en ligne, cours SIGMA Toulouse.
- Johnson, R.**, (2000). GIS Technology for Disasters and Emergency Management. ESRI White Paper. pp.6. Retrieved January 6, 2009 from <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/disastermgmt.pdf>.

- Juhász, L.**, Podolcsák, Á., Dolleschall, J, (2016). Open Source Web GIS Solutions in Disaster Management – with Special Emphasis on Inland Excess Water Modeling. *Journal of Environmental Geography*, 9 (1–2), pp. 15–21 [doi: 10.1515/jengeo-2016-0003, RG].
- Kang, M.A.**, Pinet, F., Schneider, M., Chanet, J.P., Vigier, F, (2004). How to Design Geographic Databases? Specific UML Profile and Spatial OCL Applied to Wireless Ad Hoc Networks. Heraklion, Crete. 7th AGILE Conference on Geographic Information Science.
- Kraak, M.J.**, Brown, A, (2001). *Web Cartography developments and prospects*, Taylor & Francis, Londre, Angleterre, 213 p.
- Lacroix, P.**, (2013). *Contributions of GIS to Efficient Mine Action*, thèse de doctorat, Université de Genève, 143 p.
- Lagadac, P.**, (1984). Le risque technologique et les situations de crise, *Annales des Mines*, pp. 41-42, Août.
- Lake, R.**, Farley, J., (2007). Infrastructure for the geospatial web. In: Scharl, A., Tochtermann, K., *The Geospatial Web. How Geobrowsers, Social Software and the Web 2.0 are Shaping the Network Society*, Advanced Information and Knowledge Processing Series, Springer, Londres, Angleterre, pp. 15-26.
- Le Berre I.**, Meyrat J., Pastol, Y, (2000). Application des données hydrographiques à l'étude synthétique de l'environnement côtier : exemple d'un SIG sur le littoral du Finistère (France). In Populus & Loubersac : *Coastgis'99 Geomatics and coastal environment*, Ifremer/SHOM : 233-244.
- Lahlah, S.**, (2000). Introduction sur l'étude des inondations en Algérie. Agence Nationale des Ressources Hydraulique (ANRH) Alger.
- Laurent, A.M.S.**, (2004). *Understanding open source and free software licensing*. " O'Reilly Media, Inc."
- Leeming, DG.**, Saccomanno, F.F, (1994). Use of quantified risk assessment in evaluating the risks of transporting chlorine by road and rail, *Transportation Research Record*, n°1430, pp. 27-35.
- Legros, D.**, (2009). *Maîtrise des risques dans les systèmes de transport: Proposition d'une nouvelle approche de modélisation dynamique*, l'école nationale supérieure des mines de Paris, thèse de doctorat, 76 p.

- Levesque, A.** (2000). Le transport de marchandises dangereuses en milieu urbain, Treizièmes Entretiens Jacques Cartier "L'intégration des marchandises dangereuses dans le système des déplacements urbains", 43-46. In : Transport de matières dangereuses 1995-2002, Dossiers du CDAT, Ministère de l'Équipement, des Transports, du Logement, du Tourisme et de la Mer, juin 2002, vol. 2, pp. 377-380.
- Li, J., Tang, X., Liu, Z., Duan, M.,** (2009). Design and Implementation of WebGIS for Government Emergency Management Based on SOA ", ",pp. 149-152, VOL. XXXVIII-7/C4 International Conference on Geo-spatial Solutions for Emergency Management, Beijing, China
- Meghraoui, M.** (1989). Blind reverse faulting system associated with the Mont Chenoua- Tipaza earthquake of 29 October (north-central Algeria), Terra Nova, 3, 84-93, 1991.
- Meghraoui, M.** (1988). Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie. Paléosismologie.
- Merad, M.M.** (2003). Apports des méthodes d'aide multicritères à la décision pour l'analyse et la gestion des risques liés aux mouvements de terrain induits par les ouvrages souterrains, Thèse de doctorat, Université Paris-Dauphine, 303 p.
- Mericskay, B.** (2013). Cartographie en ligne et planification participative Analyse des usages du géoweb et d'Internet dans le débat public à travers le cas de la Ville de Québec. Thèse de doctorat. p.65.
- Mingcheng, Wu., Liangliang, C., Yong, Z., Guoli Ji,** (2013). Design and Implementation of a WebGIS-Based Platform for Water Integrated Management, Advances in information Sciences and Service Sciences(AISS), Volume5, Number10, May 2013, doi:10.4156/AISS.vol5.issue10.93.
- Mitchell, J.K.** (1999). Crucibles of Hazard: Mega-Cities and Disasters in Transition. Tokyo: United Nations University Press.
- Mitchell, T.** (2005). Web Mapping Illustrated, O'Reilly Media, Sebastopol, Etats-Unis, 349 p.
- Montoroi, j.p.** (2012). Rôle des sols sur la genèse des inondations. Symposium européen– sympozjum europejskie – européen symposium problèmes actuels de la protection contre les inondations współczesne problemy ochrony przeciwpowodziowej anti-flood defences- today's problems Paris – Orléans 28-29-30.03.2012.

- Moore, D.**, Grayson. R.B, (1991). Water Resour, 27, 1177
- Mukhopadhyay. B.**, Bhattacharjee, B, (2015). Use of Information Technology in Emergency and Disaster Management. American Journal of Environmental Protection. Vol. 4, No. 2, 2015, pp. 101-104. doi: 10.11648/j.ajep.20150402.15.
- Muller, P.A.**, Gaertner, N, (2005). Modélisation objet avec uml, eyrolles editions, paris, france, 514p.
- Muntz, R.R.**, Barclay, T., Dozier, J., Faloutsos, C., Maceachren, A.M., Martin, J. L, (2003). IT roadmap to a geospatial future (Report of the Committee on Intersections Between Geospatial Information and Information Technology). Washington, DC: National Academy of Sciences Press.
- OGC**, (2009). Open Geospatial Consortium. En ligne. <http://www.opengeospatial.org>.
- Ouyed, M.** et al., (1981), Seismotectonics of the El Asnam earthquake, Nature 292, 26-31.
- Pantazis, D.**, Donnay, J-P, (1996). La conception des SIG : méthode et formalisme, Hermès science Editions, Paris, France, 343p.
- Pelling, M.**, (2003). The vulnerability of cities: natural disasters and social resilience, Earthscan, London, pp.256.
- Perencsik, A.**, Idolyantes, E., Booth, B., Andrade, J. (2004b). ArcGIS 9. Introduction to CASE. Tools. ESRI Press, Redlands.
- Perez, F.**, (2008). Geomatics for emergency management purposes: design of a global geodatabase. phd thesis.
- Pet-Armacost, J.J.**, Sepulveda, J., Sakude, M, (1999). Monte Carlo sensitivity analysis of unknown parameters in hazardous materials transportation risk assessment, Risk analysis, vol. 19, n°6, pp. 1173-1184. DOI: 10.1111/j.1539-6924.1999.tb01136.x
- Peterson, M.**, (2005). Maps and the Internet: an introduction. In: Peterson, M., Maps and the Internet, Elsevier Science Ltd, Oxford, Royaume-Uni, pp. 1-16
- Pirot, F.**, Saint Gérard, T, (2004). Du concept HBDS à la geodatabase topologique : 25 ans les séparent, Actes de la conférence ESRI SIG 2004, Paris, France.
- Plantin, J.C.** (2009). Propriétés et usages de la cartographie numérique dans l'espace urbain: le projet la montre verte", Laboratoire Paragraphe, Mémoire de maîtrise, Paris: Université Paris 8
- Pornon, H.**, (1992). Les SIG - mise en oeuvre et applications, Hermès, Paris, 158 p.

Propeck-Zimmermann, E. (2003). L'inscription des risques dans l'espace: difficultés d'appréhension et de représentation, l'exemple des risques technologiques, in Les risques, ouvrage collectif coordonné par Vincent MORINIAUX, Editions du Temps, pp. 157-172.

Propeck-Zimmermann, E., Saint-Gérant, T., Bonnet, E, (2009). Nouvelle approches ergonomiques de la cartographie des risques industriels. M@ppemonde 96-4, 1-19.

Rosenthal, U. (1989). Coping with crises. The Management of Disasters, Riots and Terrorism, dans Lagadec, P., La gestion des crises. Edisciences, 1991.

Raouf, G. (2006). Aide à la calibration d'un modèle hydrologique distribué au moyen d'une analyse des processus hydrologiques: application au bassin versant de l'Yzeron [Ressource en ligne] sous la direction de Chocat Bernard et Breil Pascal. INSA de Lyon, 412 p. Thèse doctorat : Environnement. Disponible sur : http://docinsa.insa-lyon.fr/these/2006/gnouma/00_couverture.pdf.

Rasse, G. (2009). Les plans de prévention des risques technologiques au prisme de la vulnérabilité Le point de vue du juriste. Thèse de doctorat. L'école nationale supérieure des mines de Paris. pp10.

Refsgaard, J.C., Storm, B, (1995). Mike She dans V.P Singh éditeur: Computer models of watershed hydrology. Water resources publications, p. 809-846.

Regazzoni, C., Payraudeau, S., Gregoire, C, (2010). Livrable I : Synthèse bibliographique des outils d'évaluation du ruissellement [en ligne]. Projet ENRHY, p. 10-11. [Réf. du 25 juillet 2013] Disponible sur : http://enrhy.unistra.fr/Photos_logos/Synth%C3%A8se%20bibliographique%20des%20outils%20d'%C3%A9valuation%20du%20ruissellement_sept2010.pdf

Roche, S., Propeck-Zimmermann, E., Mericskay, B, (2013). GeoWeb and crisis management: issues and perspectives of volunteered geographic information, GeoJournal ISSN 0343-2521, **78**, 1, pp. 21–40, DOI 10.1007/s10708-011-9423-9.

Rongier, C. (2012). Gestion de la réponse à une crise par la performance : vers un outil d'aide à la décision, Application à l'humanitaire. Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse), thèse de doctorat, 14 p.

Roques, P., Vallée, F, (2007). UML 2 en action : de l'analyse des besoins à la conception en Java (éd. 4). Éditions Eyrolles.

Roy, B. (2000). Réflexions sur le thème : Quête de l'optimum et aide à la décision, Cahier du LAMSADE, N° 167, Université de Paris Dauphine, 32p.

- Sajadi, J.**, Shima, Sajadi, J.M, (2014). Geoinformatics (GIS and RS) Applications in Crisis Management. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 36, 2, pp. 1255–1260, ISSN: 1701-8285.
- Sanz, S.**, Régagnon, E ; Barge, O. (2008). Stage «technique de relevé sur terrain» GPS et photographies aériennes. Jalès, France : maison de l’Orient et de la Méditerranée.
- Sauvagnargues-Lesage, S.**, Ayral, P.A, (2007). Using GIS for emergency management: a case study during the 2002 and 2003 flooding in south-east France, *International Journal of Emergency Management*, 4, 4, p. 682-703.
- Semmane, F.**, Campillo, M., Cotton, F, (2005). Fault location and source process of the Boumerdes, Algeria, earthquake inferred from geodetic and strong motion data, *Geoph. Res. Let.*, Vol., 32, L01305, doi: 10.1029/2004GL01268
- Shamsi, U.M.**, (2005). GIS applications for water, wastewater, and stormwater systems. Boca Rato: CRC Press, pp. 413.
- Shih-Lung, S.**, X, X, (2003). Integrated land use and transportation interaction: a temporal GIS exploratory data analysis approach. *Journal of Transport Geography*, 11(2), 103-115.
- Siki, Z.**, (2009). Produktív környezetben használt, nyílt forráskódú komplex térinformatikai megoldások. CASCADOSS műhelymunka tanácskozás és GRASS tanfolyam. Szeged (in Hungarian).
- Skaggs, R.W.**, Khaleel, R, (1982). Infiltration, Hydrologic modeling of small water sheds. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph ; MI, p. 4-166.
- Skoulikaris, C.**, (2008). Modélisation appliquée à la gestion durable des projets de ressources en eau à l’échelle d’un bassin hydrographique. Le cas du Mesta-Nestos [Ressource électronique]. ParisTech, cotutelle internationale avec l’Université Aristote de Thessalonique, Grèce, 306 p. [réf. du 15 août]. Thèse doctorat : Hydrologie et Hydrogéologie Quantitatives. Ecole Nationale supérieure des mines de Paris. Disponible sur : <http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00004775>.
- Smith, W.**, Dowell, J, (2000). A case study of co-ordinative decision making in disaster management, *Ergonomics*, Vol. 48, N° 8, pp. 1153-1166.
- Soulis, K.X.**, Valiantzas, J.D, (2012). SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watersheds – the two-CN system approach. *Hydrol. Earth Syst. Sci*, vol.16, p. 1001–1015.

- Steenhuis, T.S.,** Winchell, M., Rossing, J. et al., (1995). SCS Runoff equation revisited for variable-source runoff areas. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, p. 121, 234-238.
- Steiniger, S.,** Bocher, E, (2009). An overview on current free and open source desktop GIS developments, *International Journal of Geographical Information Science*, 23:10, 1345-1370, DOI: [10.1080/13658810802634956](https://doi.org/10.1080/13658810802634956)
- Steiniger, S.,** Weibel, R, (2009). GIS software a description in 1000 words. Available from: http://www.geo.unizh.ch/publications/sstein/gissoftware_steiniger2008.pdf
- Steiniger, S.,** Hunter, A.J.S, (2012). The 2012 free and open source GIS software map – A guide to facilitate research, development, and adoption. *Computers, Environment and Urban Systems* 39 (2013) 136–150.
- Tanenbaum, A.,** Van Steen, M, (2002). *Distributed systems - Principles and Paradigms*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 803 p.
- Tanzi, T.,** Delmer, F, (2006). *Ingénierie de risque*. Paris: Lavoisier, 351p.
- Therrien, M,** (1995). Interorganizational networks and decision making in technological disasters, *Safety Science*, Vol. 20, pp. 101-113.
- Thieken, A.H.,** Kreibich, H., Müller, M., Merz, B, (2007). Coping with floods: Preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany in 2002. *Hydrol. Sci. J.*, 52(5), 1016–1037
- Thierion, V,** (2010). Contribution à l'amélioration de l'expertise en situation de crise par l'utilisation de l'informatique distribuée ; Application aux crues à cinétique rapide, thèse de doctorat, l'École nationale supérieure des mines de Paris, p77
- Tillier, I,** (2011). Concepts et outils pour l'analyse spatiale des conflits d'usages - Applications en zone côtière (baie de Bourgneuf, Pays de Loire, France). *Géographie*. Thèse de doctorat Université de Nantes, France.
- Tolly, D.,** El Rhalibi, A., Carter, C., Sudirman, S, (2015). Hybrid 3D rendering of large map data for crisis management, *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4, pp.1033–1054, DOI: [10.3390/ijgi4031033](https://doi.org/10.3390/ijgi4031033).
- Topan, H.,** Kutoglu, H.S, (2009). Georeferencing Accuracy Assessment of High-Resolution Satellite Images Using Figure Condition Method. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 47 (4), 1256-1261.

- Tramblay, Y.** (2012). Modélisation des crues dans le bassin du barrage Makhazine, Maroc. Institut de Recherche pour le Développement Hydrosciences-Montpellier, France, 34 p.
- Tsou, M.H.,** Battenfield, B.P, (2002). A dynamic architecture for distributing geographic information services, *Transactions in GIS*, 6, 4, pp. 355-381
- Turner, B.A.** (1978). *Man-made disaster*, Wykeham publications,.
- UFIP**, (2002). Stockages et dépôts de produits liquides et liquéfiés, guide méthodologique pour la réalisation des études de dangers en raffineries, 23 p.
- USACE** (United States Army Corp of Engineering), (2000). *Hydrologic Modeling System HEC-HMS: Technical reference manual*. 148 p.
- Van Elzakker, C.** (2001). Use of maps on the Web. In : Kraak, M.-J., Brown, A., *Web Cartography developments and prospects*, Taylor & Francis, Londres, Angleterre, pp. 21-36
- Van Wassenhove, L.N.** (2006). Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear, *Journal of the Operational Research Society*, 57, pp. 475-489.
- Veyret, Y.,** Garry, G., Meschinet de Richemond, N. (dir.), (2004). *Risques naturels et aménagement en Europe*, A. Colin, Paris, 254 p.
- Veyret,** (2004). *Géographie des risques naturels en France. De l'aléa à la gestion*. Paris : Hatier, 251p.
- Vijay Bahuguna,** Sudhanshu Joshi, N.K.Deshmukh, Parag Bhalchandra (2013), *Assessment of Role of GIS for Natural Disaster Management : A Critical Review*, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*.
- Vos, F.,** Rodriguez, J., Below R., Guha-Sapir, D, (2010). *Annual Disaster Statistical Review 2009*, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.
- Weicheng, WU,** (2003). *Application de la géomatique au suivi de la dynamique environnementale en zones arides*. Thèse de doctorat. Université de Paris 1-Pantheon-Sorbonne et de l'école pratique des hautes études.
- Worboys, M.F.,** Duckharn, M, (2004). *GIS: A Computing Perspective*, CRC Press, London.
- W3C-XML,** (2006). *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fourth Edition)*, recommandation du W3C (29/09/2006), <http://www.w3.org/TR/xml/>
- Yang, B.,** Wu, Y.G., Wang, C, (2009). *A multi-agent and GIS based simulation for emergency evacuation in park and public square*, IEEE,

Yelles-Chaouche, A.K., Djellit, H., Beldjoudi, H., Bezzeghoud, M., Buform, E, (2004).The Ain Temouchent (Algeria) earthquake of December 22nd, 1999, Pure appl. Geophys., 161,607-621.

Yelles-Chaouche, A.K, (2001). Recent Seismic Activity in Algeria, Workshop on the Geodynamics of the Western Part of the Eurasia-Africa Plate Boundary (Azores-Tunisia) San Fernando(Cadiz,Spain), 31 May – 2 June.

Yan, Z., Jiang, J., He, J., Zhao, Y., Du, D, (1998).Urban Geographic Information System (in Chinese), Sciences Press.

Zainal, A.M, (2006). From geospatial data capture to the delivery of gis-ready information: improved management within a GIS environment. PhD Thesis, University of Newcastle, School of Civil Engineering and Geosciences. Available at: <https://theses.ncl.ac.uk/dspace/bitstream/10443/680/1/Majeed06.pdf>, pp. 24. Last accessed: 15th June, 2017.

Zeiler. M, (1999). Modelling Our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design. Redlands, Californie : ESRI Press.

Zhou, Q., Lees, B., Tang, G, (2008). Advances in Digital Terrain Analysis. Springer, pp 462.

Sitographie

<http://www.autodesk.fr/adsk/servlet/pc/item?siteID=458335&id=15947310ion>.

<http://server.arcgis.com/fr/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-for-server.htm>.

<http://www.intergraph.com>.

https://www.geonormandie.fr/accueil/ressources/flux_ogc

Résumé

L'agglomération d'El Eulma se caractérise par une croissance démographique et spatiale vertigineuse, malheureusement, cette croissance n'a pas pris en compte les risques que peut subir le milieu et par la suite la survenance d'une éventuelle crise. Face à cette situation, les actions qui devront mener par les acteurs de la gestion des crises deviennent extrêmement difficiles.

L'objectif assigné, donc, à ce travail est d'explorer profondément le principe l'accélération du retour à la normale suite à une situation de crise. Pour atteindre cet objectif, les systèmes d'information géographique s'avèrent des outils pertinents qui répondent au besoin de cette problématique.

En effet, l'interrogation de la base de données géographique élaborée peut constituer un outil géodécisionnel à l'égard des collectivités locales pour mieux gérer la crise. En outre, il est nécessaire de disposer d'outils d'aide à la décision pour mieux gérer un éventuel accident, à cet effet, la plateforme de modélisation hydrologique constitue une base importante pour anticiper la genèse d'une crue. En outre, plateforme WEB SIG peut être considérée comme un gain en terme de fourniture d'information au moment de crise à l'égard des décideurs afin minimiser le temps de réponse.

L'analyse réseau a permis de définir les chemins les plus courts pour l'intervention des secours, de localiser les ressources nécessaires afin de proposer des solutions de moindre coût en termes du temps et la répartition spatiale des lieux qui peuvent être hébergés les sinistrés.

Mots clés : Gestion des crises, Modélisation, SIG, Simulation, WebGis,

Abstract

The agglomeration of El Eulma is characterized by a demographic and spatial growth dizzying; this growth unfortunately did not take into account the risks that can undergo the medium and the occurrence of a possible crisis. Faced with this situation, the actions that will have to be carried out by crisis management actors become extremely difficult.

The objective assigned, therefore, to this work is to deeply explore the principle of accelerating the return to normal following a crisis situation. To achieve this goal, geographic information systems are relevant tools that respond to the need for this issue.

Indeed, querying the developed geographic database can be a geodecisional tool for local authorities to better manage the crisis. In addition, it is necessary to have decision support tools to better manage a possible accident, for this purpose, the hydrological modeling platform is an important basis for anticipating the genesis of a flood.

In addition, WEB GIS platform can be considered as a gain in terms of providing information at times of crisis to decision makers to minimize response time.

Network analysis has helped to define the shortest paths for rescue intervention, to locate the necessary resources in order to propose less costly solutions in terms of the time and spatial distribution of the places that can be accommodated.

Key words: Crisis Management, GIS, modelling Simulation, WebGis.