



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : Génie civil et d'Architecture

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

MEMOIRE DE MASTER

Présenté Par :

- ✓ **Banchouri Seif eddine**
- ✓ **Ouahlima Mouloud**

DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Génie Civil

OPTION : Sciences et Techniques Topographiques

Thème :

**Cartographie de la vulnérabilité sismique du bâti existant
cas de la ville de Blida**

Jury de soutenance :

Mr. Rayane Abdessalem	M.A. A	Président
Mme. Boulaghmen Farida	M.A. A	Examineur
Mr. Benfarhat Bachir	M.A. A	Encadreur
Mr. Guerroudj Abdelhalim	M.A. A	Co-encadreur

Année universitaire 2017/2018

Remerciements

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

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

*Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de la **Faculté de Génie civil et d'Architecture**, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.*

*Nous tenant à remercier sincèrement Monsieur, **Benfarhat Bachir**, qui, en tant que Directeur de mémoire, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous consacrer.*

*Nous remercions les membres du jury **Mr Rayane Abdessalem** et **Mme. Boulaghmen Farida** pour l'honneur qu'ils nous ont fait d'avoir acceptés d'évaluer notre travail.*

On n'oublie pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

A mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que Dieu lui procure bonne santé et longue vie., à toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon petit frère **Riad** et mes sœurs, **Asma, Randa et Loubna**.*

A la personne qui m'a toujours encouragé et qui était toujours à mes côtés, Ma futur femme.

*A tous les membres de la famille (**Banchouri et Djaara**), spécialement pour mon cousin **Akram**.*

A tous mes amis.

Banchouri Seïfeddine

A mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que Dieu lui procure bonne santé et longue vie., à toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; maman que j'aime

*Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à mon petit frère **Bahaa Eddine** et mes sœurs, **Cylia, Lydia et Maya**.*

*A tous les membres de la famille **Ouahlima et Rezali**, spécialement pour mes grandes parents **Akli et Ouardia**.*

A tous mes amis. Et mes proches.

Ouahlima Mouloud

ملخص

الهشاشة الزلزالية للنسيج الحضري، في الوقت الحاضر هي الأولوية بالنسبة لمديري المدن المعرضة للزلازل. لهذا الغرض، نقترح دراسة وانتاج خرائط الهشاشة الزلزالية للمباني الموجودة لمدينة البليدة (الجزائر). هذا العمل يجري في مرحلتين متميزتين: المرحلة الأولى حول تقييم الهشاشة الزلزالية وحساب مؤشرات الهشاشة لكل مبنى. اما المرحلة الثانية تقوم على انتاج الخرائط الخاصة بنتائج البحث، المنهجية المستعملة لهذا الغرض تقوم على التريجيج والجمع بين المعلومات الخاصة بكل مبنى في المنطقة التي سنقوم بدراستها.

تم رقمته هذه المنهجية في برنامج آلي الذي استحدثه لهذا الغرض، مندمج مع نظام معلومات جغرافية الذي يسمح بألية الحساب والعلاج السريع لمجمل المعطيات مع تحصيل خرائط الحساسية الزلزالية. نموذج تقييم الخسائر الزلزالية المطور يسمح سواء لتحقيق تقديرات تنبؤية للخسائر الممكن حدوثها في منطقة حضرية ومعرضة للزلازل، من خلال تنفيذ سيناريو زلزالي محتمل، ما يساعد في اتخاذ التدابير الوقائية الملائمة للتخفيف من مخاطر الزلازل من جهة أخرى هذا النموذج يسمح بإعطاء تقديرا للخسائر حين وقوع الزلزال، بمجرد تحديد المناطق الأكثر تضررا الذي يساعد على معرفة مستوى التأهب الواجب تحريكه ووسائل الإغاثة اللازم توفيرها. هذا النموذج يمثل وسيلة مساعدة في اتخاذ القرار الذي يشكل دعما في مجال التخطيط الحضاري والإدارة الوقائية لخطر الزلازل على نطاق واسع.

الكلمات الدلالية: الزلازل، البليدة، المباني الموجودة، مؤشر سرعة التأثر، نظم المعلومات الجغرافية، الخرائط.

Résumé

La vulnérabilité sismique du bâti existant, constitue de nos jours, une priorité pour les gestionnaires des agglomérations sujettes au tremblement de terre. Dans ce but, nous nous proposons d'étudier et de cartographier la vulnérabilité sismique à l'échelle du bâti existant de la ville de Bida (Algérie). Ce travail se déroule en deux phases bien distinctes : une première phase sur l'évaluation de la vulnérabilité sismique et calcul les indices de vulnérabilité de chaque bâtisse, puis une deuxième phase durant laquelle on va cartographier les résultats de notre travail, la méthode reposant sur la pondération et combinaison des informations de chaque bâti de notre zone d'étude.

Cette méthodologie, utilisant un code informatique développé à cet effet et intégrant un système d'information géographique (SIG), permet l'automatisation du calcul et le traitement rapide de l'ensemble des données avec la génération des cartes nécessaires. Ce qui permettrait de prendre les mesures préventives adéquates pour la mitigation de ce risque sismique ; à donner une estimation des dommages post-sismiques en temps réel, dans les quelques instants qui suivent un séisme réel, par la localisation des zones les plus touchées, ce qui aiderait à connaître le niveau d'alerte à déclencher et pouvoir ainsi mobiliser les moyens de secours nécessaires. Ce modèle se présente comme un outil d'aide à la décision qui constitue un apport dans le domaine de la planification urbaine et de la gestion préventive du risque sismique à grande échelle.

Mots clés : Séismes, Blida, Bâti existant, Indice de vulnérabilité, SIG, Cartographie, ArcGis.

Abstract

The seismic vulnerability of existing buildings is of a great challenge for managers of cities prone to seismicity. In the present work, we will study and generate maps of seismic vulnerability of the existing building of Blida city (Algeria) is evaluated. To do this, two steps were conducted, the first one is about decision-making vulnerability and on a vulnerability index calculation for each existing building of our zone, and the second is about generation of maps of our research, the methodology used is the ponderation and combing of the information's and of each building of our zone of work.

This methodology, using a data-processing code developed for this purpose, and integrating a Geographical Information System (SIG), allows the automation of calculation and the fast treatment of the whole of the data with the generation of the seismic damage maps. The elaborated earthquake damage estimation model is used to make a predictive estimating of the seismic damage which can occur in an urban area subjected to the seismic risk, through the realisation of a probable earthquake scenario, enabling to take the adequate preventive measures to mitigate this seismic risk. It gives in real time, an estimating of the post-seismic damage, after a disaster occurrence, once the epicenter localised and the magnitude known, as it allows a quick survey of the disaster extends in the more affected areas, which would help to know the level of alarm to be given and the necessary emergency facilities to be mobilised. This model arises as a decision-making tool which constitutes a contribution in the urban planning field and Preventive management of large-scale seismic risk.

Key words: Earthquake, Existing buildings, Blida, vulnerability index, GIS, Cartography, ArcGis.

TABLE DES MATIERES

Remercîments	I
Dédicaces.....	II
ملخص	III
Résumé.....	IV
Abstract	V
Liste des figures	X
Liste des tableaux	XII
Liste des abréviations	XIII
Introduction Générale.....	1

Chapitre I : Vulnérabilité sismique du bâti existant

1 Introduction	02
2 Notions de base.....	03
3 Le risque sismique	04
4 Vulnérabilité sismique à l'échelle du bâti existant	05
4.1 Vulnérabilité sismique	05
4.1.1 Définition	05
4.1.2 Rôle de l'étude de la vulnérabilité dans la prévention du risque sismique.....	06
4.2 Méthodes D'évaluation De la vulnérabilité Sismique Du bâti existant.....	06
4.2.1 Introduction.....	06
4.2.2 Quelques méthodes d'évaluation de la Vulnérabilité sismique du bâti existant	07
❖ a. Méthodologie HAZUS.....	07
❖ b. Méthodologie RISK-UE.....	08
b.1 Principe de la méthode	09
❖ c. Méthodologie RADIUS.....	10

c.1 Principe de la méthode	11
❖ d. Méthode de l'indice de vulnérabilité.....	11
d.1 Méthode de l'indice de vulnérabilité pour les bâtiments.....	12
d.2 Classification de l'indice de vulnérabilité.....	13
5 Conclusion.....	15

Chapitre 2 : Cartographie et SIG dans l'évaluation du risque sismique

1. Cartographie	16
1.1 Introduction	16
1.2 Définition	16
1.3 Domain d'utilisation des cartes	17
1.4 Les différents types de cartes	18
1.4.1. Les cartes topographiques	18
1.4.2 Les cartes spéciales	19
1.4.3 Les cartes thématiques	20
1.5 Les règles cartographiques.....	22
1.5.1 La symbolisation.....	22
1.5.2 Les écritures.....	23
1.6 Cartographie des risques	24
1.6.1 Introduction	24
1.7 Définition de la cartographie des risques sismique.....	24
1.8 Objectif de la cartographie du risque sismique	25
1.9 Les étapes pour réaliser une carte sismique	25
1.10 Caractéristiques de la cartographie des risques	27
1.11 Cartographie à l'aide d'un SIG.....	27
2. SIG dans l'évaluation du risque sismique.....	28
2.1 Introduction	28

2.2 Définition des système d'information géographique (SIG)	28
2.2.1 Définition plus technique	29
2.3 Les domaines d'application	29
2.4 Concept de base d'un SIG.....	30
2.5 Les composantes d'un SIG	30
2.5.1 LE LOGICIEL	31
2.5.2 LES DONNEES	32
2.5.3 LE MATERIEL INFORMATIQUE	32
2.5.4 LE SAVOIR FAIRE	32
2.5.5 LES UTILISATEURS	32
2.6 L'objectif majeur de l'utilisation d'un SIG.....	33
2.7 L'intérêt des SIG	33
2.8 Les SIG comme outils d'aide à l'analyse du risque sismique.....	34
3. Conclusion.....	35

Chapitre 3 : Cas d'étude : Cartographie de la Vulnérabilité sismique du Bâti existant de la ville de BLIDA

PARTIE 1 : Présentation de la ville de Blida et la zone étudiée	36
1.1 Situation Géographique de la Wilaya de Blida.....	36
1.2 Historique de la ville de BLIDA.....	37
1.2.1 Origine du Nom.....	37
1.2.2 Origine de la Ville	38
1.3 Présentation de la zone étudiée	39
1.4 Survol de l'évolution urbaine du Grand-Blida	41
1.4.1 Période Ottomane.....	41
1.4.2 La période coloniale (1830-1962).....	42
1.4.3 Période Post-indépendance.....	44

1.5 Sismicité historique de la région de Blida.....	45
1.6 Evaluation de l'aléa sismique dans la région de Blida.....	46
1.6.1 Inventaire du Bâti.....	48
1.6.2 Enquêtes sur Terrain (menée par le CGS, 2012) de la zone étudiée.	50
PARTIE 2 : Cartographier le cas d'étude.....	53
2.1 Objectifs des cartes de la vulnérabilité sismique.....	53
2.2 Outil utilisé.....	53
2.3 Phases de la cartographie.....	54
2.3.1 Collecte des données.....	54
2.3.2 Prétraitement	56
a. Digitalisation.....	56
b. création des cartes	58
I. Carte de l'état de conservation du bâti de la zone étudiée.....	60
II. Carte de type de construction de la zone étudiée	61
III. Carte d'âge du bâti de la zone étudiée	62
IV. Carte de d'aléa sismique de la zone étudiée	63
2.4 Résultats	66
2.4.1 Les informations sur les bâtis de la zone d'étude	66
2.4.2 Résultat final (carte de la vulnérabilité sismique)	67
3. Conclusion	72
Conclusion générale.....	73
Références bibliographies.....	74

Figure (III.13) : Bâtiment en B.A de plus de 10 niveau B.A (CGS, 2012).....	52
Figure (III.14) : Maison individuelle en portique (CGS, 2012).....	52
Figure (III.15) : Constructions précaires (CGS, 2012).....	52
Figure (III.16) : cartes topographiques : ECH 1/25000 et 1/50000 de la vile de BLIDA.....	55
Figure (III.17) : Extrait de Base de données du bâti de la vile de BLIDA sous forme ACCES.....	56
Figure (III.18) : Digitalisation des bâtis de la ville (BLIDA).....	57
Figure (III.19) : Affichage des données après la digitalisation.....	57
Figure (III.20) : Bâtiments et routes de la ville de Blida digitalisé.....	58
Figure (III.21) : Classification de la structure de la ville de Blida.....	59
Figure (III.22) : Image satellitaire et bâtis digitalisé de la commune de Blida.....	60
Figure (III.23) : Carte de l'état de conservation du bâti de la zone étudiée.....	61
Figure (III.24) : Carte de Type de Construction de la zone étudiée.....	62
Figure (III.25) : Carte d'Age du bâti de la zone étudiée.....	63
Figure (III.26) : Préparation des points a implanté dans la carte (Système de coordonnée : WGS_1984_UTM_zone_31N)	65
Figure (III.27) : Implantation des magnitudes à partir de leur localisation (E, N).....	65
Figure (III.28) : Carte d'Aléa sismique de la région de Blida de la zone étudiée.....	66
Figure (III.29) : Pondération et affectation des coefficients et pourcentages pour chaque information....	69
Figure (III.30) : Carte de la vulnérabilité sismique du bâti de la zone.....	71

Liste des tableaux

Tableau (I.1) : Paramètres et facteurs de pondération K_i des bâtiments en maçonnerie en Algérie.....	12
Tableau (I.2) : Paramètres et facteurs K_i pour les bâtiments en béton armé.....	13
Tableau (I.3) : Classification selon l'indice de vulnérabilité.....	14
Tableau (II.1) : L'échelle macrosismique européenne EMS-98.....	26
Tableau (III.1) : Caractéristiques sismiques des failles actives et supposées actives de la région de Blida.....	47
Tableau (III.2) : Les dates et Localisations des évènements sismiques dans la région de Blida.....	63
Tableau (III.3) : statistique sur le type de construction de la zone.....	66
Tableau (III.4) : statistique sur les dates de construction des bâtis.....	66
Tableau (III.5) : statistique sur l'état de construction des bâtis.....	67
Tableau (III.6) : Les intervalles de classement des constructions.....	69

Liste des abréviations

BDD : Base De Données

CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique

DUC : Direction de l'urbanisme et de la construction

I : Intensité sismique

IDNDR : La décennie internationale pour la réduction des catastrophes naturelles

IHM : Interface homme-machine

INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection

IV : Indice de vulnérabilité

GHI : Géo-Hazard International

GPS: Global positioning system

Mi : Magnitudes instrumentales

Mm : Magnitudes macrosismiques

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

POS : Plan D'occupation de Sol

SI : Système d'Informations

SIG : Système d'Informations Géographique

EMS-98 : Echelle macrosismique européenne (1998)

Introduction générale

L'Algérie comme d'autres pays au monde est exposés à des catastrophes naturelles telles que les séismes, les inondations, glissement de terrain ... etc. La majeure partie de la population est concentrée dans les villes du nord du pays, et la plupart de ces villes sont implantées dans des zones à forte intensité sismique d'où le risque grandissant des pertes en vies humaines et en actifs économiques. Donc La réduction des pertes sismiques devient alors une nécessité et un enjeu politique.

Par l'étendue des problèmes posés, l'étude de risque sismique est prioritaire. Elle a besoin de la mise en place d'outils permettant de développer des moyens visant à réduire ce risque. Relevant en même temps des mathématiques, de la physique, de la géologie, des sciences sociales, ces études sont souvent longues et fastidieuses, et les résultats apparaissent souvent flous.

Pour cela, nous proposons de cartographier la vulnérabilité sismique du bâti existant de la ville de Blida à l'aide d'un système d'information géographique (SIG) après une étude faite sur la zone de Blida.

Dans le premier chapitre, on va parler de la vulnérabilité sismique du bâti existant, et ces effets sur le risque sismique, ainsi que la présentation de quelques méthodes d'évaluation de cette dernière.

Le deuxième chapitre consiste à montrer l'importance des SIG en général et la cartographie en particulier dans l'évaluation de risque sismique dans le processus de la prise de décision.

Le troisième et dernier chapitre, est le but de notre travail dans lequel on va cartographier la vulnérabilité sismique d'une zone choisie de la ville de Blida à partir d'une base de données qui contient des informations techniques sur chaque bâti, cette cartographie va permettre de montrer les bâtis les plus vulnérables et par conséquent, aider les gestionnaires à prendre des décisions.

Enfin, le but de ce mémoire est de produire des cartes qui aide et facilite aux gestionnaires, aux décideurs et aux autorités de prendre les décisions qui s'imposent en cas d'un séisme majeur dans le cadre d'une gestion préventive du risque sismique.



Chapitre I

Vulnérabilité sismique du bâti existant

1 Introduction

La vulnérabilité du bâti existant est probablement l'aspect de l'évaluation du risque sismique qui intéresse le plus les ingénieurs car elle dépend principalement des caractéristiques structurales et des déficiences qui leurs sont associées. On peut considérer qu'il y a deux grandes méthodes pour évaluer la vulnérabilité sismique des bâtiments :

- Les études statistiques basées sur les dommages observés lors de séismes passés et qui permettent d'obtenir des matrices de dommages probables associées à une classe de bâtiment.

Ces matrices servent ensuite à développer des fonctions de vulnérabilité donnant pour un type de bâtiment la probabilité qu'un certain degré d'endommagement survienne en fonction de l'intensité d'un séisme. La valeur des résultats est essentiellement probabiliste.¹

- Les simulations par modèles numériques ou analytiques permettant d'obtenir la réponse d'une structure à un ou plusieurs scénarios de séismes. Les résultats sont généralement déterministes et valables pour un bâtiment en particulier. La méthode choisie pour l'évaluation de la vulnérabilité sismique dépendra de la qualité et de la quantité de données disponibles et de l'objectif visé, soit obtenir la vulnérabilité sismique d'un bâtiment unique ou d'un ensemble de bâtiment.

Les pertes encourues lors des différents évènements, surtout dans les zones densément peuplées, ont mis en évidence la nécessité de réduire les dommages potentiels des structures existantes (bâtiments) et d'évaluer leur vulnérabilité aux séismes.

2 Notions de base

Les catastrophes naturelles ont des effets à court et à long termes sur la population, sur les constructions, les infrastructures, et sur les activités économiques. Les catastrophes les plus dévastatrices sont les séismes, les inondations, les tsunamis, les cyclones, les glissements de terrain et les volcans, nous allons nous intéresser aux effets du séisme dans notre travail.

¹ Schmid, M., et Hegg, C., « Le rôle de la science dans la gestion des dangers naturels et des risques majeurs : Compétences scientifiques en Suisse et au sein de la Genève internationale », Série PLANAT (Plate-forme National Dangers naturels), Vol. 1, (2006).

En général, le risque sismique se caractérise par sa variation dans le temps et dans l'espace, il est fonction non seulement de la sismicité mais aussi de la densité de la population, du niveau du développement économique et des moyens mis en œuvre pour résister à une crise post-sismique. Naturellement, la catastrophe sera d'autant plus grande que le séisme soit plus ou moins proche d'un centre urbain, ou bien que son intensité soit plus ou moins importante, tout comme la densité de la population et le niveau social de la ville ou de la nature du sol sur lequel elle est bâti.²

On définit, généralement, un risque comme étant une convolution entre l'aléa (le phénomène) et la vulnérabilité.

Les définitions données lors de la décennie Internationale pour la prévention des catastrophes naturelles sont :

-Risque : C'est l'expression mathématique de perte en vies humaines, blessés, dommage aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée pour un aléa particulier (Figure. I.1).

-Aléa : il est défini comme étant l'événement menaçant ou probabilité d'occurrence dans une région (un site) et au cours d'une période donnée, d'un phénomène pouvant engendrer des dommages.

-Vulnérabilité d'un élément est définie comme étant le degré de perte qu'il subit lors d'une catastrophe naturelle. Sa nature et son estimation varient selon que l'élément représente une population, des structures sociales, des structures physiques, ou des actifs économiques.

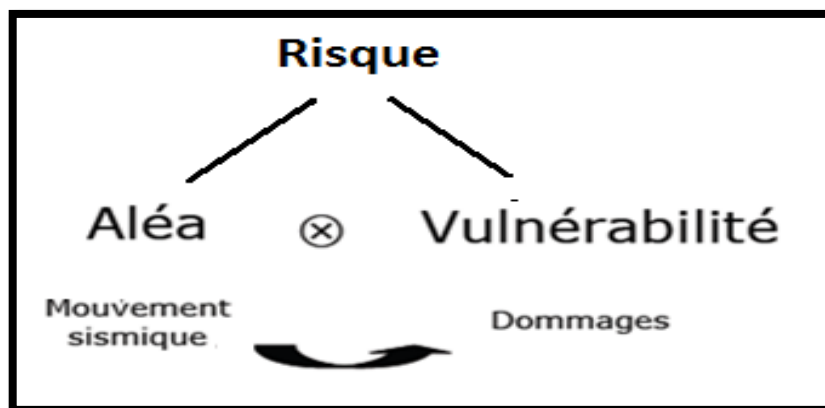


Figure (I.1) : Corrélation entre l'Aléa et la vulnérabilité.

² AFPS, « Vulnérabilité Sismique du Bâti Existant : approche d'ensemble », Cahier Technique n°25, France, (2005).

3 Le risque sismique

Le risque sismique exprime la convolution entre l'aléa sismique, la vulnérabilité et les enjeux d'une région donnée, (figure I.2). Ceci signifie le produit de la probabilité d'occurrence d'un certain niveau d'aléa sismique par la vulnérabilité d'un groupe d'enjeux, multiplié par leur nombre et étendu à tous les niveaux possibles d'aléas sismiques.³

$$\text{Risque (Site)} = \text{Aléa} \otimes \text{Vulnérabilité} \otimes \text{Enjeu}$$

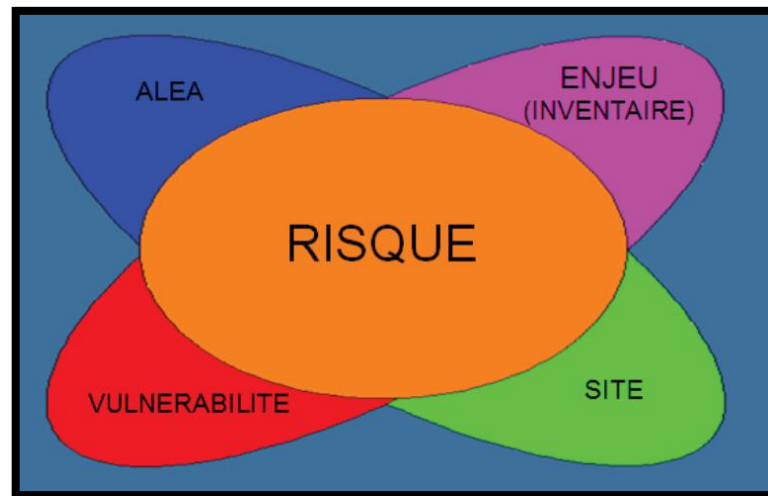


Figure (I.2) : Convolution du Risque sismique

Donc, l'estimation du risque sismique se base sur les critères suivant :

- L'analyse de l'aléa sismique ;
- Les conditions du sol ;
- Les enjeux ;
- La vulnérabilité ;
- L'analyse de la vulnérabilité et l'estimation des dommages sismiques ;

³ Federal Emergency Management Agency, FEMA, HAZUS MH-5: "Earthquake Loss Estimation Methodology", Technical and user's Manual, (2004), Washington, DC, United States.

4 Vulnérabilité sismique à l'échelle du bâti existant

4.1 Vulnérabilité sismique

4.1.1 Définition

La définition de la vulnérabilité sismique varie selon les auteurs. Elle peut être définie comme la sensibilité des enjeux aux aléas sismiques. La vulnérabilité d'un élément est généralement exprimée comme le pourcentage de pertes pour un niveau donné de sévérité de l'aléa

Selon BENEDETTI et al. Elle est généralement liée au degré de perte des éléments concernés par les résultats spécifiques causés par des facteurs bien déterminés.

AMBRASEYS la définit comme étant le degré d'endommagement qu'infligerait un séisme de paramètre donné (magnitude, intensité, amplitude, etc.) à une construction donnée ainsi qu'à l'assise.⁴

Le terme « vulnérabilité sismique » est utilisé pour exprimer les différentes réactions des bâtiments, voir des ouvrages de génie civil, aux secousses sismiques. Si deux groupes d'ouvrages sont soumis exactement à la même secousse sismique et que l'un d'entre eux se comporte mieux que l'autre, alors on dira que les ouvrages qui ont été le moins endommagés avaient une vulnérabilité plus faible au tremblement de terre que ceux qui ont été plus endommagés.⁵

4.1.2 Rôle de l'étude de la vulnérabilité dans la prévention du risque sismique

L'estimation des pertes encourues suite à un séisme, allant de l'interruption du service aux pertes en vie humaines, est un champ d'expertise en plein développement. Il s'agit d'une préoccupation importante pour les régions du monde où la probabilité d'occurrence de séisme de forte intensité est beaucoup plus élevée qu'ailleurs. La connaissance du risque sismique permet de mettre en place des mesures de mitigation pour diminuer les dommages potentiels tout en considérant la variable économique de l'équation. Ces mesures portent essentiellement sur la prévention contre les effets d'un possible désastre sismique. La prévention a pour objectif

⁴ Boukri, M., "Détermination de l'indice de vulnérabilité des constructions en maçonnerie de la ville d'Alger", Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab, Blida, (2003), Algérie.

⁵ V. Pellissier, M. Badoux. Estimation Du Risque Sismique De La Ville D'aigle, Mandat Eca, Pully, Switzerland.

de réduire le risque sismique, et d'empêcher un impact négatif qu'aurait un tremblement de terre sur le développement économique.

L'étude de la vulnérabilité sismique joue un rôle important dans la connaissance du risque sismique, lui-même primordiale quant à l'établissement d'un plan d'urgence.

4.2 Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sismique du bâti existant

4.2.1 Introduction

Depuis plusieurs années, les régions du monde qui ont subi de forts séismes ayant provoqué d'importantes destructions ont initié des méthodes d'analyse de la vulnérabilité.

L'étude de la vulnérabilité sismique consiste à estimer les dommages moyens sur une structure, une ville ou une région. Les dommages peuvent être exprimés selon une échelle de dommage (GNDT, 1986 ; Risk-UE, 2003), en dollars (FEMA, 1999) ou encore être convertis en pertes en vies humaines (Coburn et al., 1992).

De nouvelles méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité sismique du bâti existants ont remplacé les méthodes conventionnelles basée sur des expertises et des observations de dommages survenus lors de séismes passés. Ces méthodologies se basent principalement sur une analyse non linéaire du bâtiment pour déterminer ses performances. Il existe plusieurs approches (RADUIS ; GEMITIS, 1990, 2000 ; ATC-13, 1985 ; ATC-40, 1996 ; HAZUS, 1997 et 1999 ; Risk-UE, 2003) qui permettent d'estimer les dommages et les dégâts sur les structures et les infrastructures ainsi que les pertes économiques indirectes qui en découlent.

Toutes ces approches nécessitent une étude d'inventaire qui définit les classe type de bâtiments, leur spécificités structurales (éléments de contreventement, types constructifs) et architecturales (hauteur d'étage, nombre d'étage, dimension des couvertures, dimensions en plan, irrégularité, etc.), ainsi que celles des matériaux de construction. Peuvent ensuite pertes économique qui relie les dommages que peut subir un bâtiment (ou une classe de bâtiment) au cout de réparation ou de reconstruction. Ce travail nécessite des informations détaillées sur la structure et exiger des moyens de simulations numériques (méthodes analytique, dynamiques non-linéaires...). Souvent pour une analyse à grande échelle, des méthodes empiriques issues directement des retours d'expérience sont utilisées.⁶

⁶ AFPS, « Vulnérabilité Sismique du Bâti Existant : approche d'ensemble », Cahier Technique n°25, France, (2005).

4.2.2 Quelques méthodes d'évaluation de la Vulnérabilité sismique du bâti existant

❖ a. Méthodologie HAZUS

L'estimation des dommages sismiques du bâti existant dans la méthodologie HAZUS se base sur les fonctions de dommages qui sont représentées par : (1) courbes de capacité (push-over) qui sont combinées avec des spectres de demande modifiés permettant de déterminer la réponse maximale d'une structure donnée, et (2) courbes de fragilité qui décrivent la probabilité d'atteindre ou de dépasser différents états de dommages selon la réponse maximale de cette structure.⁷

Les principaux paramètres à identifier dans le processus d'estimation des dommages sismiques en utilisant les fonctions de dommages du bâti dans la méthodologie HAZUS sont donnés ci-après :

- Typologie du bâtiment (ou groupe de bâtiment) à étudier : type du système constructif, nombre d'étages avec leurs fonctions de dommages ainsi que le niveau de conception parasismique (selon les codes parasismiques appliqués pour le dimensionnement) ;
- Spectre de réponse du site d'implantation de la typologie à analyser.

Afin de déterminer la réponse sismique d'une structure, la méthodologie HAZUS se base sur la méthode du spectre de capacité⁸. Le dimensionnement d'une structure est défini en termes de déplacement et non pas en termes de force. En outre, la performance est exprimée en termes de déplacement maximale (capacité) vis-à-vis de la sollicitation latérale imposée (demande).⁹

HAZUS donne la possibilité de faire une analyse à trois niveaux :

- Niveau 1** en utilisant les données de base ("default data Analyse").
- Niveau 2** où les données doivent être complétées par l'utilisateur ("user supplied data analysis") ce niveau permet à l'utilisateur une meilleure exploitation des méthodes standards du programme.
- Niveau 3** qui est un modèle avancé pour des analyses locales plus précises ("Advanced data and models analysis").

⁷ Federal Emergency Management Agency, FEMA, "HAZUS99: Earthquake Loss Estimation Methodology", Technical Manual, (2002), Washington, DC, United States.

⁸ Boukri, M., Farsi, M.N, Mébarki, A., Belazougui, M., "Development of an integrated approach for Algerian building seismic damage assessment". Structural Engineering and Mechanics, V.47, n° 4, (2013), 471-493.

⁹ Chiroiu, L., "Modélisation de dommages consécutifs aux séismes. Extension à d'autres risques naturels", Thèse de Doctorat en Géographie, (2004), Université Paris 7 – Denis Diderot, France.

L'analyse par cette méthodologie nous permet d'estimer les caractéristiques spectrales spécifiques d'un site et à partir de ces caractéristiques, calculer les dégâts des infrastructures en utilisant les fonctions de dommages.

❖ b. Méthodologie RISK-UE

Le projet européen RISK-UE¹⁰ a été lancé en 1999, à la fin de la décennie internationale pour la réduction des catastrophes naturelles (IDNDR). Ce projet, parrainé par la commission Européenne, a été piloté par des organismes scientifiques (institutions universitaires et centres de recherches) et techniques de 2001 à 2004.

Ce programme, est un programme d'évaluation du risque sismique à l'échelle européenne. L'étude a abouti à une méthodologie d'analyse du risque sismique du bâti existant et historique en Europe.

Sept villes ont fait l'objet de l'étude : Nice (France), Barcelone (Espagne), Catane (Italie), Sofia (Bulgarie), Bucarest (Roumanie), Thessalonique (Grèce) et Bitola (Macédoine). La méthodologie s'est basée sur l'établissement d'un inventaire complet de tous les éléments à risque. Le modèle inclue une nouveauté par la prise en compte des anciens centres urbains, les monuments et les bâtiments historiques.

b.1 Principe de la méthode

Deux méthodes d'évaluation de la vulnérabilité du bâti existant ont été mises au point dans le cadre du projet RISK-UE, à savoir : Méthode de Niveau 1 (Level 1) et Méthode de Niveau 2 (Level 2) selon la précision des données d'entrée.

La méthode « LM1 » est appropriée pour l'évaluation de la vulnérabilité, des dommages et des pertes dans des environnements urbains n'ayant pas de détails sur la sismicité de la région. Elle peut être réalisée en utilisant l'échelle d'intensité macrosismique européenne (EMS-98), tandis que la méthode « LM2 » est applicable pour des environnements urbains possédant des études de micro-sismicité détaillées exprimées en termes de quantités spectrales spécifiques (accélérations spectrales, vitesses spectrales ou déplacements spectraux).

- **Méthode de niveau 1 LM 1** : C'est une méthode utilisée pour l'analyse de la vulnérabilité du tissu urbain des villes ne disposant pas suffisamment de données

¹⁰ Risk-UE, "An advanced approach to earthquake risks scenarios with to applications different European towns, WP4: Vulnerability of current buildings", (2003).

relatives à la sismicité historique. La méthode est basée sur la corrélation entre l'intensité macrosismique et les dommages apparents des séismes passés. Elle est basée sur un modèle implicite de vulnérabilité incluant l'échelle Européenne macrosismique (EMS-98).

En termes de dommage apparent, le comportement sismique des bâtiments est subdivisé en classes de vulnérabilité. L'indice de vulnérabilité (IV) est introduit pour représenter et quantifier l'appartenance de la construction à une certaine classe de vulnérabilité.

- **Méthode de niveau LM 2**

C'est une méthode basée sur des études analytiques ou numériques des structures, soit par les analyses transitoires ou par des méthodes simplifiées¹¹. Elle est inspirée dans son développement de la méthodologie HAZUS et des méthodes du spectre de capacité développé dans le rapport « *ATC-40 : Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings* »¹². Cette approche définit 05 niveaux de dommages similaires à ceux utilisés dans la méthodologie HAZUS.

La méthode LM2, définit le spectre de capacité. Ainsi l'effort tranchant V à la base est considéré en termes d'accélération spectrale et le déplacement au sommet du bâtiment est considéré en termes de déplacement spectral. Le modèle capacité (force-déplacement) est alors remplacé par le modèle capacité spectrale. Ce dernier permet une comparaison directe entre le spectre de la demande et de la capacité.¹³

Par ailleurs, le modèle de fragilité définit la probabilité conditionnelle que le bâtiment accuse un état de dommage pour un niveau de séisme donné. L'amplitude ainsi que le contenu fréquentiel de l'excitation sismique contrôle le niveau de la réponse maximale de la structure définissant ainsi la performance de la structure.

Commentaire :

Le modèle d'évaluation du risque sismique « Risk-UE » constitue la première alternative au modèle HAZUS. Il a regroupé des équipes européennes de travail de grande envergure dans

¹¹ Milutinovic, Z. V. and Trendafiloski, G. S., "RISK-UE: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns", WP4: Vulnerability of current buildings, (2003).

¹² Applied Technology Council, ATC-40., "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", V. 1, (1996), Redwood City, California, USA.

¹³ Risk-UE, "An advanced approach to earthquake risks scenarios with to applications different European towns, WP4: Vulnerability of current buildings", (2003).

le domaine du Génie parasismique qui ont pu développer des approches, certes appropriées au contexte européen, mais qui peuvent être utilisées dans d'autres environnements urbains similaires.

❖ c. Méthodologie RADIUS

La méthodologie RADIUS (Risk Assessment Tools for Diagnosis of Urban Areas Against Seismic Disaster)¹⁴, a été lancée par le Secrétariat des Nations Unies en 1996 par une initiative prise lors de la Décennie Internationale pour la Réduction des Catastrophes Naturelles (IDNDR) entre 1990 et 1999, avec le support technique et financier du gouvernement du Japon¹⁵, ainsi qu'avec l'assistance de Géo-Hazard International (GHI) aux Etats-Unis.

L'outil RADIUS permet d'établir des scénarios des dommages qui peuvent être engendré par les séismes en zones urbaines. Le processus général d'étude de la vulnérabilité sismique d'une région urbaine utilisé dans la méthode RADIUS, considère quatre points importants, à savoir, les caractéristiques des séismes, les conditions du sol, les données démographiques et les fonctions de vulnérabilité.

Cette méthodologie fût implémentée dans un outil informatique sous format Excel qui peut facilement interagir avec un système d'information géographique (SIG).

c.1 Principes de la méthode

La méthodologie RADIUS prend en considération les données disponibles et s'articule autour des 04 principales étapes :

- Evaluation de l'aléa sismique et sa distribution spatiale, à l'échelle régionale et locale ainsi que les conditions du sol ;
- Analyse du système urbain et identification des éléments essentiels (humain, physique, fonctionnel, etc.) exposés à l'aléa ;
- Analyse de la vulnérabilité (fonctions de vulnérabilité),
- Evaluation de l'impact du séisme choisi (risque sismique ou pertes humaines et matérielles globales et distribution par subdivisions urbaines).

¹⁴ OYO Corporation, RADIUS Methodology, Report IDNDR, (August, 2000).

¹⁵ Okasaki, K. and Radius Team., "Radius Initiative for IDNDR-How to Reduce Urban Seismic Risk", Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, (2000), Auckland, New Zealand.

❖ d. Méthode de l'indice de vulnérabilité

La méthode de l'indice de vulnérabilité permet en particulier d'identifier les défauts et les faiblesses de constructions ou des conduites, à partir d'examen visuels de la structure, et d'estimer le taux de dommages probables en fonction d'un niveau de sollicitation.

Concernant les bâtiments, cette approche considère un certain nombre de paramètres tels que la nature structurale et non structurale relative à chaque type de construction ; identifiés a priori comme participant à la vulnérabilité globale de la structure, c'est-à-dire influant sur la réponse sismique de la structure ; ces paramètres sont choisis à partir d'observations post sismiques¹⁶

d.1 Méthode de l'indice de vulnérabilité pour les bâtiments

Dans cette méthode, on considère un certain nombre de paramètres pouvant avoir une influence sur la construction. Chaque paramètre est défini comme étant de nature structurale ou non structurale, ce paramètre ne peut prendre qu'une seule vulnérabilité. Cette vulnérabilité est fonction de la classe à laquelle il appartient. Trois classes A, B, C sont considérées.

- **La classe A** : représenté des éléments réalisés selon le code parasismique en vigueur, ayant donc une bonne résistance au séisme.

-**La classe B** : représente les éléments réalisés sans tenir compte tout à fait des normes parasismiques et qui présentent une assez bonne résistance au séisme.

-**la classe C** : représente les constructions vétustes ayant une mauvaise résistance au séisme.

Pour les constructions en maçonnerie nous avons classes (les classes B et C étant considérées comme des classes intermédiaires).

-**la classe D** : représente les éléments n'ayant pas été réalisés selon un code parasismique).

A chaque paramètre et à chaque classe, correspond un coefficient k_i (Tab I.1, I.2)¹⁷

¹⁶ wasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe S., Yasuda S., Sato H. "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods". Proc., 3rd International Conference on Microzonation, USA, (1982).

¹⁷ 48. Bensaïbi, M., Djaalali, F., Belheouane, I., Bourahla, N., "Vulnerability Index Method - Algeriers case study", Seventh National Conference of Earthquake Engineering, Istanbul, Turquie, (30 Mai-3 Juin 2011).

N°	Éléments	Coefficients : k_i			
		A	B	C	D
1	Résistance totale au cisaillement	0	0.05	0.12	0.21
2	Régularité en plan	0	0.01	0.04	0.07
3	Régularité en élévation	0	0.01	0.04	0.07
4	Connexion des murs	0	0.03	0.07	0.10
5	Type de murs	0	0.01	0.03	0.05
6	Plancher	0	0.01	0.03	0.05
7	Toiture	0	0.01	0.03	0.05
8	Conditions du sol	0	0.02	0.06	0.10
9	Détails	0	0.00	0.02	0.03
10	Maintenance	0	0.03	0.08	0.13
11	Modifications	0	0.01	0.04	0.07
12	Entrechoquement	0	0.01	0.04	0.07

Tableau (I.1): Paramètres et facteurs de pondération K_i des bâtiments en maçonnerie en Algérie¹⁸

N°	Paramètre	Classe / K_i		
		Classe A	Classe B	Classe C
1	Système de contreventement	0	0.09	0.16
2	Qualité du système de contreventement	0.01	0.03	0.06
3	La capacité sismique	0	0.01	0.03
4	Type de sol	0.01	0.03	0.06
5	Diaphragme horizontal	0.01	0.03	0.06
6	Régularité en plan	0.01	0.03	0.06
7	Régularité en élévation	0	0.06	0.12
8	Qualité des nœuds	0.01	0.03	0.06
9	Phénomène du poteau court	0.01	0.03	0.06
10	Détails	0.01	0.03	0.06
11	Maintenance	0	0.06	0.09
12	Modifications	0.01	0.03	0.06
13	Entrechoquement	0.01	0.03	0.06
14	Implantation de l'ouvrage	0.01	0.03	0.06

Tableau (I.2) : Paramètres et facteurs K_i pour les bâtiments en béton armé.¹⁸

L'indice de vulnérabilité IV est calculé comme la somme des coefficients k_i , soit :

$$IV = \sum_{i=1}^n K_i$$

¹⁸ Djaalali F., « Détermination des courbes de vulnérabilité pour le bâti en maçonnerie de la capitale Alger (Algérie) », thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Alger, (2013).

d.2 Classification de l'indice de vulnérabilité

La méthode de l'indice de vulnérabilité permet donc d'attribuer une valeur numérique à chaque bâtiment ou conduites, cette valeur est considérée comme une représentation de sa qualité sismique. Elle permet une classification de l'élément étudié selon le tableau (I.3).

type \ classe	vert	orange	rouge
bâtiment en maçonnerie	$0 < IV \leq 0.20$	$0.20 \leq IV \leq 0.60$	$0.60 \leq IV \leq 1$
bâtiment en béton armé	$0 < IV \leq 0.40$	$0.40 \leq IV \leq 0.70$	$0.70 \leq IV \leq 1$
bâtiment en charpente métallique	$0.36 < IV \leq 0.54$	$0.54 \leq IV \leq 0.85$	$0.85 \leq IV \leq 1$
bâtiment mixte (acier-maçonnerie)	$0 < IV \leq 0.44$	$0.44 \leq IV \leq 0.88$	$0.88 \leq IV \leq 1$
réseaux AEP	$0 < IV \leq 5$	$5 \leq IV \leq 12$	$12 < IV$

Tableau (I.3): Classification selon l'indice de vulnérabilité¹⁹

Dans cette classification quand l'indice de vulnérabilité est faible la couleur associée est le vert, ceci exprime que l'élément considéré n'est pas ou peu vulnérable au séisme. Quand il est critique la couleur rouge est associée cela signifie que l'élément est vulnérable. Enfin, pour la situation intermédiaire la couleur orange est associée.

¹⁹ Djilali HADJ IDRIS., " VULNERABILITE SISMIQUE DE LA VILLE DE TIPAZA", Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab, Blida, (2014), Algérie.

5 Conclusion

Dans un contexte où l'élaboration de mesure d'urgence pour se préparer à d'éventuelles catastrophes naturelles (séisme, verglas, inondation...) est de plus en plus répandue, l'évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments va de soi. D'abord développées et appliquées dans des régions touchées régulièrement par les tremblements de terre, comme Boumerdes « 2003 » ou al asnam « 1980 », les méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sismique voient leur application étendue à des régions de sismicité faible à moyenne.

Plusieurs méthodes ont été développées au niveau international, mais il n'existe pas de méthode de référence nationale permettant l'évaluation qualitative de la vulnérabilité sismique des bâtiments. Toutes ces méthodes sont récentes et relèvent du domaine de la recherche, toutefois, l'utilisation de certaines d'entre elles a permis d'évaluer la vulnérabilité sismique même à l'échelle d'une ville dans le cas d'études de risque sismique. Le choix de la méthode est dépendant des objectifs de la démarche que l'on souhaite engager et des moyens à disposition. L'analyse de quelques méthodes présentées ci-dessus, montre qu'elles ont toutes un but commun, à savoir l'identification de la typologie constructive du bâtiment et de facteurs de vulnérabilité permettant d'estimer un niveau global de vulnérabilité présumée, à partir du calcul d'un indice de vulnérabilité. On a été constaté que quel que soit la précision et la complexité de certaines méthodes, elles restent sommaires, d'où les résultats obtenus doivent être utilisés avec prudence.²⁰

²⁰ Lang, K. 2002. Seismic vulnerability of existing buildings. Thèse de Doctorat, Institut Fédéral Suisse de Technology, pp.



Chapitre II

Cartographie et SIG dans l'évaluation du risque sismique

1 Cartographie

1.1 Introduction

La cartographie est à la fois la science, la technique et l'art de réaliser et d'utiliser les cartes. Un bon cartographe doit non seulement en maîtriser les aspects scientifiques et techniques mais doit également mettre en œuvre des compétences artistiques dans le choix des traits, des couleurs et des écritures. Toutes les cartes sont prévues pour être utilisées, soit pour la randonnée ou la navigation routière, soit pour décrire l'aménagement du territoire ou pour la recherche d'informations dans un atlas.²¹

Les cartes sont d'une grande utilité et elles n'ont jamais auparavant été publiées par un si grand nombre de moyens de diffusion. La carte est un moyen de communication efficace entre un producteur et un utilisateur, et grâce au GPS, beaucoup de choses peuvent être localisées sur une carte.

Pendant longtemps le papier a été la matière la plus utilisée pour les cartes. De nos jours, la plupart des cartes sont réalisées grâce à des logiciels cartographiques et sont distribuées sur le net, mais les règles cartographiques restent identiques quel que soit le mode de diffusion.

Dans cet ouvrage nous décrirons comment les cartes sont conçues et utilisées, et de quelle façon elles sont distribuées, ainsi que la méthode pour obtenir les données nécessaires.

De nos jours, rares sont les cartographes « purs ». Effectivement, la géographie et l'informatique sont couplées : cet ensemble forme la géomatique. Les géomaticiens sont des professionnels capables de réaliser de la cartographie mais aussi de gérer des systèmes d'information (données, bases de données, architectures informatiques...), spécifiquement appelés des SIG.

1.2 Définition

La cartographie est la réalisation et l'étude des cartes géographiques et . Elle est très dépendante de la géodésie, science qui s'efforce de décrire, mesurer et rendre compte de la forme et des dimensions de la Terre. Le principe majeur de la cartographie est la représentation de données sur un support réduit représentant un espace généralement tenu pour réel. L'objectif de la carte, c'est une représentation concise et efficace, la simplification de phénomènes complexes

²¹ Fernand Joly, La cartographie, Paris Presses, Universitaires de France « coll Que sais-je 1994 » 128p. 16 fig. bibliographie

(politiques, économiques, sociaux, etc.) à l'œuvre sur l'espace représenté afin de permettre une compréhension rapide et pertinente. La création de carte débute avec la définition du projet cartographique. La collecte d'informations est en deux parties :

1. le relevé des contours et de l'espace support à représenter (fond de carte) comme par exemple :

- levés terrain
- photographies aériennes
- images satellites
- données récupérées sur le web
- données GPS

2. le relevé des données statistiques à représenter sur cet espace. Vient ensuite un travail de sélection des informations, de conception graphique (icônes, styles), puis d'assemblage (création de la carte), et de renseignement de la carte (légende, échelle, rose des vents).²²

1.3 Domain d'utilisation des cartes

Les cartes peuvent être utilisées pour répondre à une multitude de besoins dans la plupart des domaines. Une carte permet une représentation spatiale de phénomènes sur le territoire où seule l'imagination demeure la limite !

Voici des exemples d'utilisation de cartes en version numérique ou imprimée, que ce soit par le professionnel dans l'exercice de ses fonctions ou par le citoyen dans ses déplacements ou la pratique d'activités sur le territoire :

- Foresterie

Une carte est très utile dans le domaine forestier pour planifier les activités sur les territoires de coupe et ainsi permettre une meilleure gestion du territoire et des ressources.

- Agriculture

Les cartes servent à planifier diverses opérations agricoles, à situer les zones cultivées et non cultivées ainsi que les types de culture. Une carte peut améliorer grandement la gestion des territoires agricoles.

²² M.béguin , pumain , " la représentation des données géographique' , colin , cursus , paris , 1994

- Chasse et pêche

L'amateur de chasse et pêche utilise la carte et la boussole afin de planifier son itinéraire et de s'orienter en forêt.

- Plein air

Les cartes servent, par exemple, à planifier un itinéraire de vélo qu'il est possible de suivre sur un récepteur GPS, afin de circuler en toute sécurité.

- Transport

La carte routière est sans doute la plus utilisée par les citoyens pour leurs déplacements automobiles sur le territoire.²³

1.4 Les différents types de cartes :

La carte traite deux informations fondamentales :

La position et l'information qui y est rattachée. Les informations rattachées (attributs), peuvent être un nombre, une activité, un taux, une quantité et elles évoluent avec le temps.

De nombreuses relations peuvent être établies en combinant la position et l'information sémantique pour obtenir la distance, la répartition spatiale, la direction, la variation, et en combinant les informations sémantiques, on peut obtenir des renseignements tels que le revenu moyen par habitant ou le niveau d'instruction en différents lieux. Différentes sortes de cartes offrent un échantillon de ce large choix, et les cartes remplissent ainsi la fonction de présenter ces faits d'une façon réalisable. Les cartes varient en fonction de l'échelle, de son usage ou de son contenu et peuvent être regroupées selon la typologie suivante :

1.4.1. Les cartes topographiques :

Qui présentent les relations spatiales existant entre différents objets géographiques, comme les bâtiments, les routes, les frontières et les cours d'eau. Les cartes topographiques officielles sont réalisées par les organismes cartographiques nationaux (Figure II.1). La plupart des communes produisent aussi des plans de ville. Les cartes topographiques existent également pour la randonnée ou les activités nautiques. De nombreux systèmes embarqués de navigation routière ainsi que des services internet mettent également à disposition des cartes

²³ Internet, Google, Wikipédia.

topographiques. Les cartes topographiques servent également de support à l'information foncière ainsi qu'à la conception des cartes décrivant l'aménagement territorial²⁴

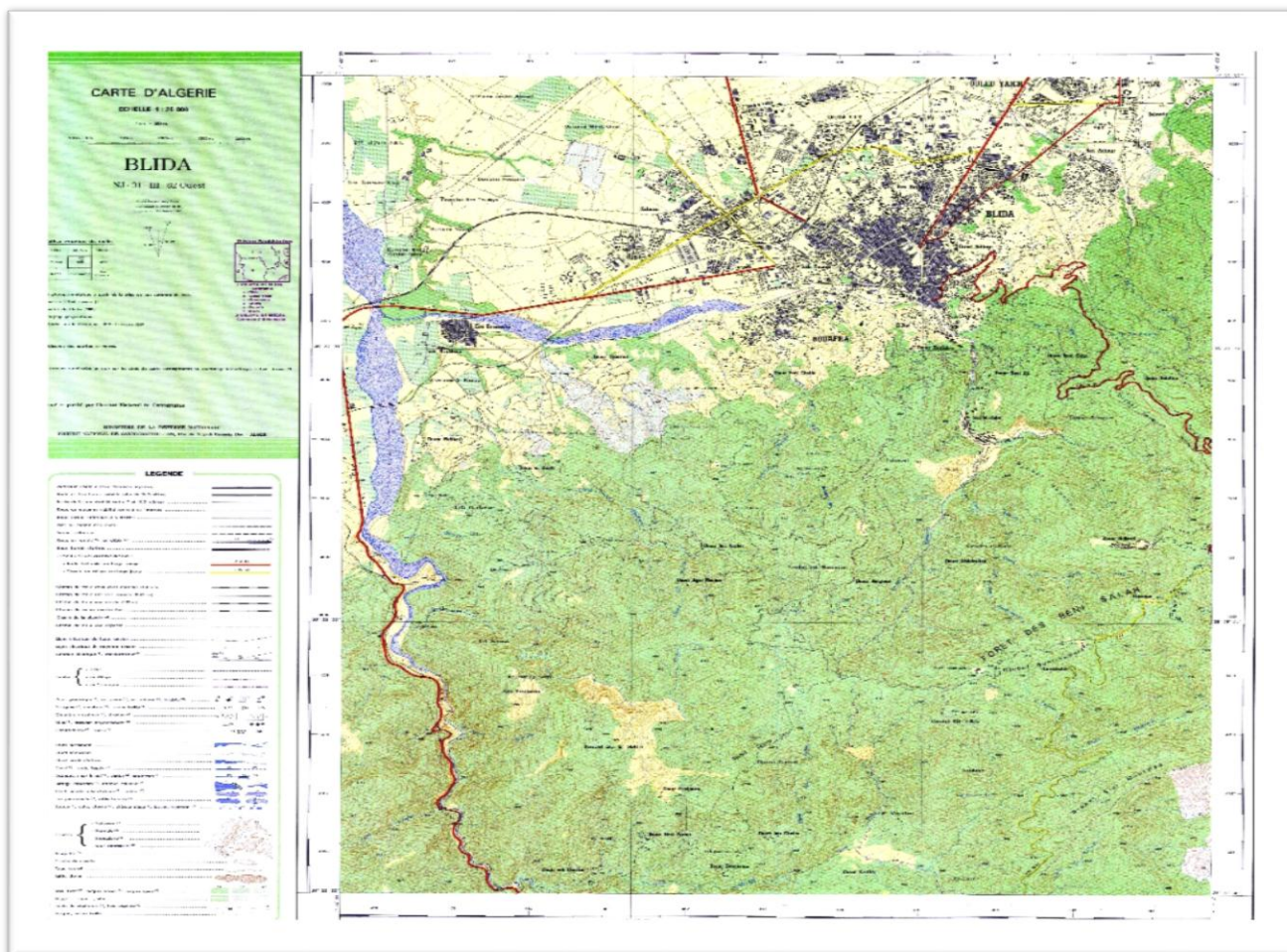


Figure (II.1) : carte topographique échelle 1/25000 de Blida ²⁵

1.4.2 Les cartes spéciales :

Comme par exemple les cartes maritimes ou aéronautiques (Figure II.2). Ces cartes relèvent d'un usage professionnel et respectent les règles définies par l'Organisation des Nations Unies. Il existe également des cartographies spécifiques à la navigation de plaisance ainsi que des cartes dédiées à l'orientation définies par la Fédération internationale de course d'orientation.

Le plan du métro londonien est également une carte particulière.²⁶

²⁴ M.béguine, D. pumain, La représentation des données graphique, colin, cool, paris 1994.

²⁵ Carte topographique de Blida échelle 1/25000, INCT, 2018

²⁶ Bertin J, la graphique et le traitement graphique de l'information, paris 1977, 250 P

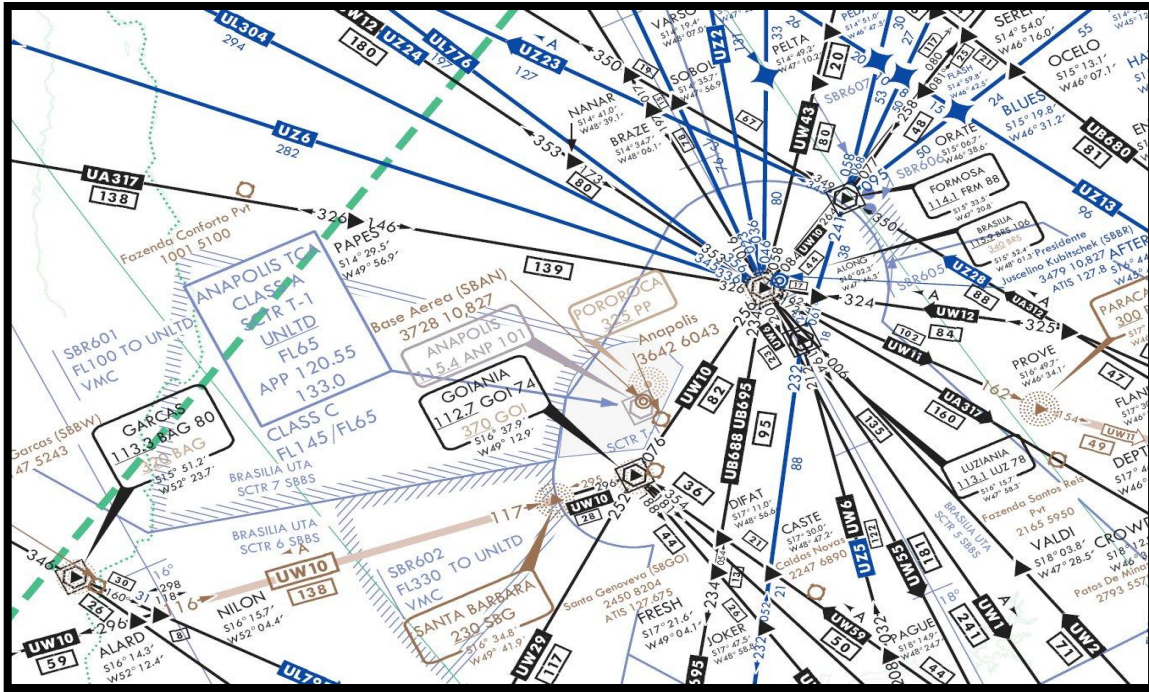


Figure (II.2) : Cartes aéronautiques ²⁷

1.4.3 Les cartes thématiques :

Décrivent des phénomènes géographiques qui appartiennent par exemple à la géologie (sol et substrat rocheux essentiellement), à l'occupation du sol ou à la végétation. Les *cartes statistiques* font aussi partie des cartes thématiques. Elles présentent la répartition géographique d'une variable statistique.

Les cartes météorologiques sont les cartes thématiques les plus répandues. Elles sont diffusées quotidiennement à la télévision pour présenter les conditions météorologiques du jour et les prévisions pour les jours suivants. Les cartes météo permettent aussi de suivre le déplacement des ouragans ou des tempêtes de neige, et sont utilisées dans la prévention des risques majeurs en affichant les risques d'inondation, de sécheresse, de glissement de terrain.

Les cartes géologiques font partie des cartes thématiques et sont inestimables pour la prospection de minerais ou de pétrole, ou pour analyser le potentiel agricole (Figure II.3).

Les atlas, quant à eux, offrent de nombreuses sortes de cartes thématiques. L'une des plus répandues est la carte choroplèthe (choro pour lieu et plèthe pour valeur) qui présente la répartition spatiale d'une variable statistique pour une série de surfaces administratives

²⁷ <https://avionic-online.com/2018/01/cartes-aeronautiques>.

Données. A titre d'exemple, la densité de population pour chaque commune peut être visualisée grâce à une carte choroplèthe.²⁸

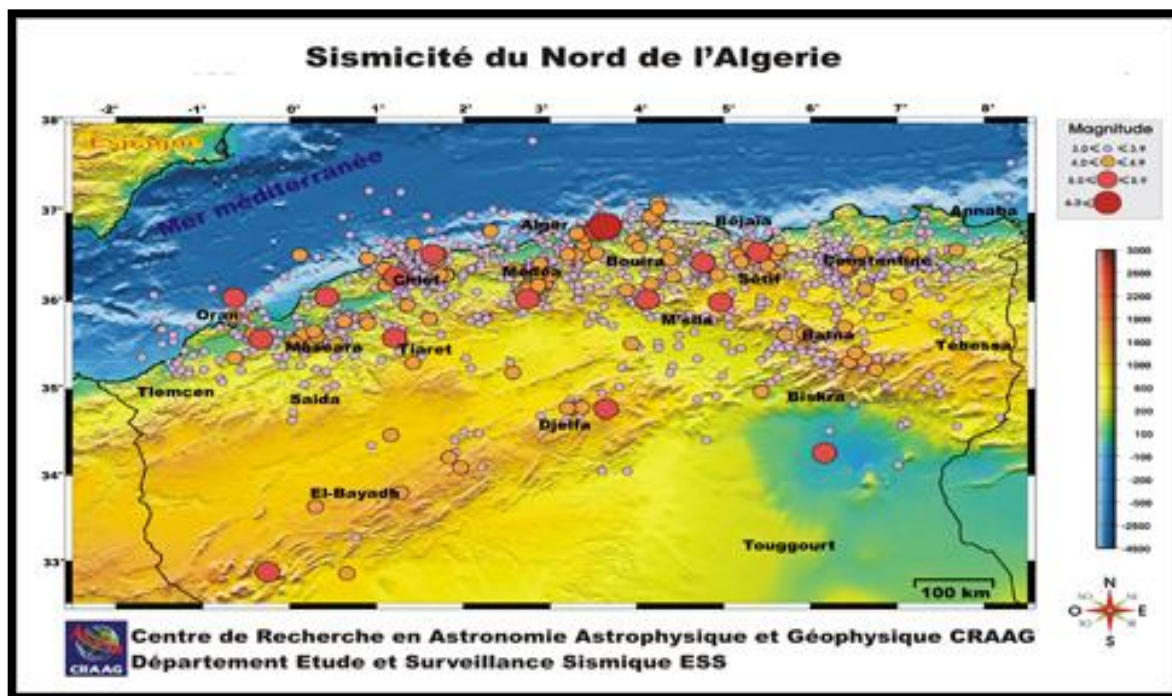


Figure (II.3) : exemple d'une Carte thématique : sismicité du nord d'Algérie.²⁹

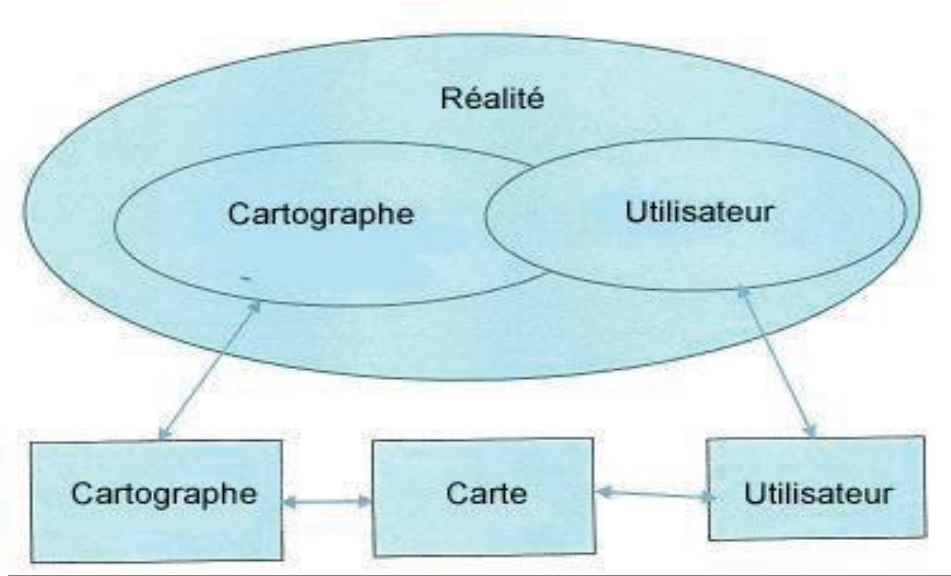


Figure (II.4) : Modèle de processus de communication pour lequel existe une divergence de compréhension de la réalité entre l'utilisateur et le cartographe.

²⁸ Bertin Jacques, Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes. Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1999.

²⁹ CRAAG, Centre de recherche en astronomie, astrophysique et géophysique, www.craag.dz.

1.5 Les règles cartographiques

La conception d'une carte Comme toute production, les cartes doivent être pensées avant d'être réalisées. Le processus de conception est itératif et débute avec un bon de commande qui annonce le thème et la façon dont la carte sera utilisée.

Le cartographe prend la suite et rédige une proposition qui est confrontée aux critères initialement fournis. Quand les exigences sont satisfaites, la carte peut alors Être produite.³⁰

1.5.1 La symbolisation

Symboliser consiste à utiliser des symboles adaptés dans leur forme et leur couleur aux objets qu'ils sont censés représenter. Une carte utilise différents symboles et différentes écritures. Les symboles servent à décrire une partie du terrain réel, tandis que les écritures servent à décrire de façon plus détaillée les objets qui sont représentés sur la carte. Considérés d'un point de vue géométrique, il existe trois types de symboles : les points, les lignes et les surfaces (des exemples de symboles ponctuels, linéaires et surfaciques sont fournis par la légende de la carte topographique les maisons sont représentées par des points, les routes par des lignes et l'occupation des sols par des surfaces. Les symboles peuvent également varier par leur niveau d'abstraction. Les symboles les plus simples sont purement géométriques. Ils représentent les objets réels au plus près de leur géométrie et de leurs caractéristiques géographiques ; ainsi une route sera représentée par une ligne et un lac par un polygone... Il est également possible de fournir des informations supplémentaires. En faisant varier un symbole selon la couleur et la structure, les symboles surfaciques obtenus suggéreront des forêts de différentes essences, et des symboles linéaires pourront évoquer des routes de différentes classes D'autres symboles abstraits peuvent être utilisés en implantation ponctuelle, comme par exemple des symboles figuratifs ou des icônes. Ces symboles sont particulièrement utiles pour les plans de ville et les cartes touristiques³¹

1.5.2 Les écritures

Les écritures représentent une part importante de la carte et elles en facilitent la compréhension. Les règles typographiques doivent être respectées pour réaliser une carte

³⁰ Ehrensvärd, Ulla (2006). Nordiska Kartans Historia (The History of the Nordic Map). Art-Print Oy, Helsingfors, Finlande. ISBN 951-50-1633-9.

³¹ Mr. Monmonier , comment faire mentir des cartes ,ED flamarion , paris 2003

compréhensible. La typographie englobe le choix des polices d'écriture, des tailles, des couleurs et du Positionnement.

Plusieurs polices d'écriture sont disponibles, mais il est préférable de limiter le nombre utilisé sur une carte.

La taille ne devrait jamais être inférieure à six points pour que le texte reste lisible. La couleur permet de distinguer les différentes sortes d'objets, en utilisant par exemple le noir pour les lieux-dits, le bleu pour les cours d'eau et le vert pour ce qui concerne la nature.

Pour un cours d'eau, le texte sera disposé le long de la rive. Le nom d'un océan pourra être placé sur une courbe afin de rendre compte de son étendue. Le positionnement peut également apporter une indication sur l'emplacement de l'objet. Le nom d'une commune devra être décalé au-dessus de la surface administrative, tandis que le nom d'un lac sera disposé à l'intérieur de la surface hydrologique.³²

1.6 Cartographie des risques

1.6.1 Introduction

La **cartographie des risques** ou « **cartographie de l'aléa** » permet d'analyser et d'interroger les risques dans leurs caractéristiques spatiales. Elle intervient à plusieurs échelles et peut représenter soit la répartition spatiale des aléas, soit celle des enjeux (ce qui est susceptible d'être endommagé), soit celle des vulnérabilités, soit une combinaison des trois facteurs.

En cartographiant leurs risques, les organisations créent les conditions d'une plus grande connaissance et donc d'une meilleure maîtrise de ces risques.

La cartographie des risques contribue à la sécurisation des écosystèmes et des modèles économiques dans la mesure où, d'une part, elle implique de disposer d'une connaissance exhaustive de l'ensemble des processus managériaux, opérationnels et support que les activités nécessitent de mettre en œuvre et, d'autre part, elle nécessite d'identifier les rôles et responsabilités de chaque acteur, à chaque étape des processus.³³

³² Ehrensvärd, Ulla (2006). Nordiska Kartans Historia (The History of the Nordic Map). Art-Print Oy,

³³ Rystedt, B., 2006: The cadastral cartographic heritage of Sweden.
http://www.eperimeton.org/Vol_1_2/Vol1_2.htm

1.7 Définition de la cartographie des risques sismique

Une cartographie du risque sismique consiste à simuler, sur un territoire donné, l'impact et les conséquences d'une agression sismique sur les personnes et les biens. En effet, les enjeux traités sont les bâtiments courants à usage d'habitation. Les informations sur la définition de séismes de scénarios, sur la nature des terrains pouvant amplifier les ondes sismiques.

Les résultats de simulation obtenus à l'aide de l'outil SIG (à définie par la suite au 2-ème partie), en évidence une distribution des dommages potentiels pour les bâtiments, ainsi que des zones présentant les niveaux de risque les plus élevés en raison de leur forte vulnérabilité et/ou d'un niveau d'aléa important. Ces cartographies constituent des résultats qui restent statistiques, mais qui permettent de proposer une photographie spatialement cohérente des dommages à l'échelle de la région.³⁴

- d'autre part, la cartographie des risque, informe l'instance dirigeante et donner aux personnes en charge de la conformité, la visibilité nécessaire pour la mise en oeuvre de mesures de prévention et de détection proportionnées aux enjeux identifiés par la cartographie.³⁵

1.8 Objectif de la cartographie du risque sismique

La cartographie du risque sismique doit :

- Permettre la comparaison des niveaux de risque d'une commune à l'autre de la wilaya, pour une meilleure préparation à la gestion de crise ;
- Permettre la hiérarchisation de zones prioritaires (communes, bassins de risque) nécessitant la mise en œuvre de PPR (Plan de prévention) ou d'études complémentaires (micro zonages sismiques) et de concentrer les moyens sur les secteurs où les besoins sont les plus importants ;
- Faciliter l'implication des collectivités territoriales et des acteurs locaux, grâce à une meilleure compréhension du risque sismique à l'échelle de la commune et de la région.

³⁴ CHATELAIN J.-L., YEPES H., GUILLIER B., FERNANDEZ J., VALVERDE J., KANEKO F., SOURIS H., DUPEFEXER E., HOEFER, *Revue de Géographie AZpirté*, Tome LXXXII, no 4, pp. 131-150.

³⁵ Brewer, C. A., 2005: *Designing Better Maps: A Guide for GIS Users*. Esri Press, Redlands, USA.








1.9 Les étapes pour réaliser une carte sismique

Les travaux se décomposent en cinq étapes :

- Caractériser l'agression sismique dont on souhaite évaluer les conséquences. Elle peut découler d'une évaluation régionale de l'aléa (accélération au rocher constante de 0,3 g déduite du zonage réglementaire). Elle peut aussi découler d'un séisme historique ou fictif. Cinq séismes de scénarios ont été choisis : 4 séismes de subduction (magnitude 7,5 et 8,0) et 1 séisme crustal superficiel au niveau de la faille supposée de Schœlcher (magnitude 5,0) ;
- Moduler cette agression régionale en fonction des effets liés au site (topographiques ou lithologiques) et des effets induits (liquéfaction) ;
- Inventorier et structurer le bâti à usage d'habitation à l'échelle du quartier
- Évaluer la vulnérabilité du bâti à usage d'habitation ;
- Calculer les dommages générés par une intensité sismique donnée, c'est-à-dire appliquer sur les enjeux et à l'échelle du zone, l'agression sismique retenue, pour évaluer son impact en termes de pertes humaines et de dommages sur le bâti variant de D0 à D4 (dommages sévères), puis à D5 (destruction complète).

Le tableau II.1 montre les dommages des constructions selon l'échelle d'intensité macrosismique Européenne (EMS-98).

La forme abrégée de l'Echelle Macrosismique Européenne est conçue pour donner une vision très simplifiée et générale de l'échelle EMS. Elle peut, par exemple, être utilisée à des fins éducatives. Elle est représentée par le tableau suivant :

EMS-98 Intensité	Ressenti	Effets	Magnitude (Approximation)	Dégâts des bâtiments (Maçonnerie)
I	Non ressenti	Non ressenti	2	
II-III	Faible	Ressenti à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une vibration ou un léger tremblement.	3	
IV	Léger	Ressenti à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes, à l'extérieur par très peu. Quelques personnes sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle vibrent.	4	
V	Modéré	Ressenti à l'intérieur des habitations par la plupart, à l'extérieur par quelques personnes. De nombreux dormeurs se réveillent. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans leur ensemble. Les objets suspendus se balancent fortement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent ou se ferment.	5	
VI	Fort	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Chute d'objets. De nombreuses maisons subissent des dégâts non structuraux comme de très fines fissures et des chutes de petits morceaux de plâtre.	6	
VII	Très fort	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Les meubles se déplacent et beaucoup d'objets tombent des étagères. De nombreuses maisons ordinaires bien construites subissent des dégâts modérés: petites fissures dans les murs, chutes de plâtres, chutes de parties de cheminées; des bâtiments plus anciens peuvent présenter de larges fissures dans les murs et la défaillance des cloisons de remplissage.	7	
VIII	Violent	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à rester debout. Beaucoup de maisons ont de larges fissures dans les murs. Quelques bâtiments ordinaires bien construits présentent des défaillances sérieuses des murs, tandis que des structures anciennes peu solides peuvent s'écrouler.	8	
IX	Très violent	Panique générale. De nombreuses constructions peu solides s'écroulent. Même des bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants: défaillances sérieuses des murs et effondrement structural partiel.	9	
X+	Extrême	La plupart des bâtiments bien construits s'effondrent, même ceux ayant une bonne conception parasismique sont détruits.	10	

© Service Sismologique Suisse

Tableau II.1 : l'échelle d'intensité macrosismique Européenne EMS-98³⁶

1.10 Caractéristiques de la cartographie des risques

La cartographie des risques présente trois caractéristiques :

- elle doit être exhaustive et précise c'est-à-dire qu'elle couvre, « de bout en bout », l'ensemble des processus managériaux, opérationnels et support mis en œuvre par les organisations dans le cadre de leurs activités. Pour cette raison, la démarche de cartographie nécessite de faire participer l'ensemble des acteurs concernés, des cadres dirigeants aux équipes opérationnelles ;
- elle doit être formalisée et accessible c'est-à-dire qu'elle prend la forme d'une documentation écrite, structurée et synthétique, établie sur la base d'indications quantifiées.

³⁶ S.S.S, Service Sismologie Suisse.

- elle peut, par exemple, être organisée par métier et par processus. Elle doit être disponible et pouvoir être présentée sans délai ;
- elle est évolutive eu égard à la nécessité de réévaluer les risques de manière périodique, en particulier chaque fois qu'évolue un élément de l'organisation ou un processus.³⁷

1.11 Cartographie à l'aide d'un SIG

L'utilisation de Systèmes d'Information Géographiques (SIG) est de plus en plus courante dans le domaine de l'étude des risques. Les cartes de risques en sont des produits dérivés.

Le stockage de cette information, les SIG permettent une analyse approfondie des données, en croisant les facteurs de vulnérabilité avec une représentation d'un aléa.

L'intérêt de l'utilisation des SIG est pour la gestion des données relatives au risque. Dans le cadre de ce mémoire on s'intéresse en particulier à la façon dont on peut représenter l'information de vulnérabilité concernant les bâtiments, et comment l'utiliser pour estimer le risque, dans le cas des séismes.³⁸

2. SIG dans l'évaluation du risque sismique

2.1 Introduction

Il y a quelques années la mise en place d'un SIG (*Système d'Information Géographique*) paraissait réservée aux grandes structures. Aujourd'hui les progrès informatiques et les possibilités offertes en matière de gestion et d'analyse, conduisent à la généralisation de l'outil dans divers domaines tel que le risque sismique.

Les séismes, de par leur nature comme phénomènes naturels imprévisibles, peuvent survenir à n'importe quel moment et causer des dommages aux différentes infrastructures d'une zone urbaine (bâtiments, routes, ponts, réseaux vitaux, etc.). Ils peuvent paralyser la fonction urbaine et causer la perte en vies humaines en l'espace d'un temps très court. Bien qu'il soit virtuellement impossible de prédire le temps exact où se produirait cette catastrophe, il est possible d'en

³⁷ Cartographier le risque associé aux maladies contagieuses (<http://www.sa.inra.fr/>) ; résumé de la thèse de doctorat de Sylvain Coly « Méthodes spatiotemporelles de cartographie du risque pour maladies contagieuses » soutenue le 25 octobre 2016 à l'université Clermont.

³⁸ Bertin Jacques, *Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes*, École des Hautes Études en Sciences Sociales, Paris, 1999. ISBN 978-2713212772.

déterminer la probabilité d'occurrence. Il est donc essentiel de se préparer au risque pour toute zone qui en soit potentiellement sujette.

Pour réduire le risque sismique, il est très important de produire des images réalistes de cet aléa de manière à mieux s'y préparer et y réagir correctement en cas où il survient.

Dans ce cadre, les SIG peuvent être considérés comme des outils appropriés pour la réalisation des études d'évaluation du risque sismique et la conception du contenu de la base de données est essentielle pour le système lui-même.

L'objectif majeur de l'utilisation d'un SIG est la présentation des données sous forme de cartes thématiques où les informations y sont ordonnées de façon pertinente et les relations spatiales entre les couches d'information y sont aisément détectables.

La Cartographie thématique est un outil de communication et d'aide à la prise de décision de par la propriété de synthèse, de visualisation et d'interactivité sur un support cartographique.

2.2 Définition des systèmes d'informations géographique (SIG)

Le système d'information géographique (SIG) est un cas particulier des systèmes d'informations (SI). Un SI est « un système de communication permettant de communiquer et de traiter l'information » (Denégre et Salgé, 1996 in Guessoum 2012). Les données peuvent être de nature numérique, textuelle ou audiovisuelle.³⁹

Les SI, en général, et les SIG en particulier, se situent entre le modèle conceptuel intersubjectif et la représentation binaire dans l'ordinateur. De ce point de vue, ils constituent une interface homme-machine (IHM).

La particularité des SIG tient à la nature des données à traiter. Ces dernières sont géoréférencées, c'est-à-dire que leur position est connue dans un référentiel spatial et que le SI dispose d'outils spécifiques au caractère spatial des données : la panoplie de ⁴⁰l'analyse spatiale.

2.2.1 Définition plus technique

Le SIG comprend un ensemble de matériels (hardware) et de logiciels (software), de plus en plus imbriqués dans des réseaux (NetWare) de données et de personnel qualifié capable d'acquérir, de stocker, de traiter, d'analyser, de modéliser, de représenter des données géo-

³⁹ CGS, centre national de recherche appliqué en génie-parasismique.

⁴⁰ Mr boukri thèse de doctorat sur la vulnérabilité sismique du bâti algérien, université de Saad dahleb de Blida, Algérie 2014.

référencées numériques, et utiles dans de nombreux domaines d'application manipulant l'information spatialisée où cet outil apporte une aide à la prise de décision.⁴¹

2.3 Les domaines d'application

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés.

Citons cependant :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (cartographie, aléas, amiante environnemental, prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécoms (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

2.4 Concept de base d'un SIG

Le terme 'système d'information géographique ' (SIG) désigne un système de stockage de traitement et d'analyse de données spécifiquement conçu pour traiter conjointement l'information graphique et attributaire

Les données spatiales sont généralement sous forme de couches d'information issues de carte thématique (figure II.5) qui peuvent d'écrire entre autre (la topographie, la disponibilité en eau, la nature du sol, le couvert végétal, le climat, la géologie, la population, la propriété foncière, les bornes administratives ou bien encore les infrastructures ' route voies ferrées, réseau électrique... etc.'⁴²

⁴¹ Internet, Wikipédia.

⁴² Centre Français National de Télédétection.

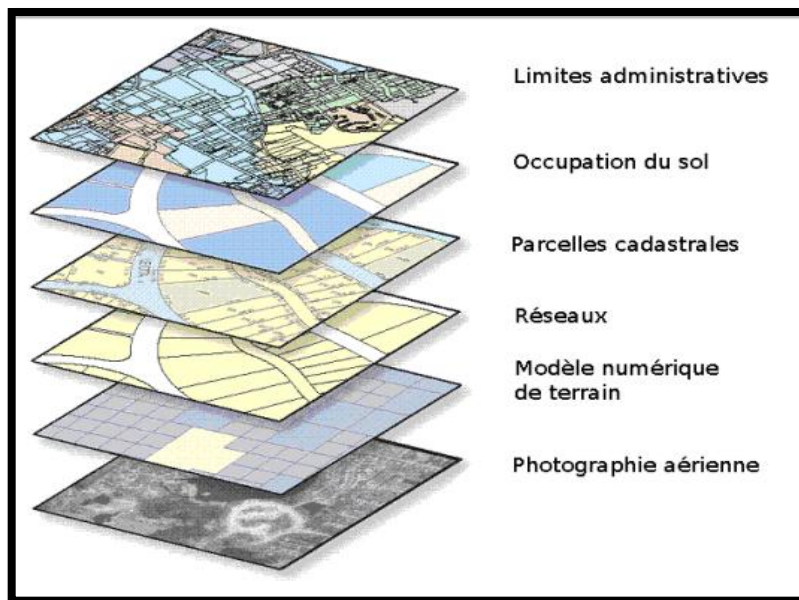


Figure (II.5) : différentes couches dans un SIG.⁴³

2.5 Les composantes d'un SIG :

Un système d'information géographique est constitué de cinq composantes majeures (figure II.6) :

- Le matériel informatique
- Le logiciel SIG
- Les données
- Les ressources humaines

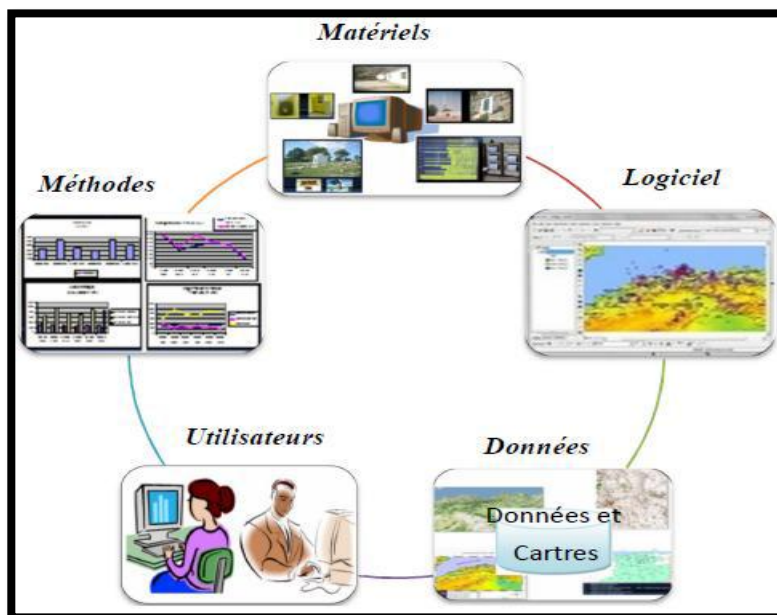


Figure (II.6) : les composantes d'un SIG

⁴³ Document PDF, internet.

2.5.1 LE LOGICIEL

Ils assurent les six fonctions suivantes (parfois regroupées sous le terme des « 6A ») :

- Saisie des informations géographiques sous forme numérique (*Acquisition*)
- Gestion de base de données (*Archivage*)
- Manipulation et interrogation des données géographiques (*Analyse*)
- Mise en forme et visualisation (*Affichage*)
- Représentation du monde réel (*Abstraction*)
- La prospective (*Anticipation*).

2.5.2 LES DONNEES :



Figure (II.7) : données traitées par logiciel SIG

Taille/dimension de la représentation de la donnée

Les données géographiques sont importées à partir de fichiers ou saisies par un opérateur.

2.5.3 LE MATERIEL INFORMATIQUE :

Le traitement des données se fait à l'aide des logiciels sur un ordinateur de bureau ou sur un ordinateur durci directement sur le terrain. L'ordinateur de terrain avec GPS et laser télémètre permet la cartographie et la collecte des données. La construction de la carte en temps réel et la visualisation de la carte sur le terrain augmente la productivité et la qualité du résultat.

2.5.4 LE SAVOIR FAIRE :

Un système d'information géographique fait appel à une connaissance technique et à divers savoir-faire, et donc divers métiers, qui peuvent être effectués par une ou plusieurs personnes.

Le spécialiste doit mobiliser des compétences en géodésie (connaissance des concepts de système de référence et de système de projection), en analyse des données, des processus et de modélisation (analyse Merise, langage UML par exemple), en traitement statistique, en

sémiologie graphique et cartographique, en traitement graphique. Il doit savoir traduire en requêtes informatiques les questions qu'on lui pose.⁴⁴

2.5.5 LES UTILISATEURS :

Comme tous les utilisateurs de systèmes d'information géographique ne sont pas forcément des spécialistes, un tel système propose une série de boîtes à outils que l'utilisateur assemble pour réaliser son projet. N'importe qui peut, un jour ou l'autre, être amené à utiliser un SIG. Le niveau de compétences requis pour la conduite des opérations les plus basiques, est généralement celui de technicien supérieur. Mais afin d'assurer une bonne qualité d'interprétation des résultats de l'analyse des données et des opérations avancées, celles-ci sont généralement confiées à un ingénieur disposant d'une bonne connaissance des données manipulées et de la nature des traitements effectués par les. Enfin, des spécialistes sont parfois amenés à intervenir sur des aspects techniques précis

2.6 L'objectif majeur de l'utilisation d'un SIG

Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace la présentation des données sous forme de cartes thématiques. Les informations apparaissent sur une carte thématique de façon plus généralisée et les relations spatiales entre des couches d'information sont plus aisément détectables.

La Cartographie thématique est un outil de communication et d'aide à la décision qui nous permet d'avoir une meilleure compréhension de nos problématiques. Elles seront mieux cernées et comprises lorsqu'elles seront visualisées sur un support cartographique.⁴⁵

2.7 L'intérêt des SIG :

- les informations sont stockées de façon claire et définitive
- gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des objets
- comprendre les phénomènes, prévoir les risques (simulations)

⁴⁴ Brewer, C. A., 2005: Designing Better Maps: A Guide for GIS Users. Esri Press, Redlands, USA. ISBN 978-1 58948-089-6. Diercke International Atlas 2010. Westermann, Brunswick, Allemagne.

⁴⁵ Mr. Steinberg, 2002, Nicolai, Roel (2014): A critical review of the hypothesis of a medieval origin of portolan charts. Thèse. Université d'Utrecht, Pays-Bas.

- établir des cartographies rapides
- localiser dans l'espace et dans le temps
- réagir rapidement après des événements ayant un impact sur le territoire
- calculer des coûts ou des bénéfices
- associer un plus grand nombre de partenaires aux choix d'aménagement
- fournir des itinéraires, des plans adaptés
- Analyser l'information sur le territoire.
- Effectuer des simulations

2.8 Les SIG comme outils d'aide à l'analyse du risque sismique

L'intérêt des SIG pour la gestion du risque consiste en leur capacité à manipuler de grandes quantités d'informations et d'associer une localisation géographique. Les SIG permettent d'élaborer facilement des cartes de risques adaptées à un contexte particulier.

A l'aide des logiciels SIG comme le arcMap, Mapinfo, arcCatalog, ... On peut facilement réaliser des cartes des risques qui donnant une quantité d'information importante et qu'elles sont plus logique et juste.

Les cartes de vulnérabilité sismique se font que s'il existe suffisamment d'informations géographiques de bonne qualité. Tel que les données relatives à la sismicité historique, à la tectonique régionale ainsi qu'à la prise en compte du patrimoine bâti exposé aux aléas sismique.⁴⁶

Grâce aux SIG, il est possible d'élaborer des scénarios sismiques et de connaître les conséquences à la fois sociologiques et économiques d'un territoire. De ce fait, au travers du scénario établi, il est possible d'estimer les dommages et leur répartition dans l'espace. L'utilisation des SIG permet de produire des documents d'aide à la décision en matière d'aménagement du territoire, d'organisation des secours ou d'information préventive.

⁴⁶ Chatelain J. L., 1994

3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parlé sur la cartographie et le SIG et leur importance dans l'évaluation des risques sismiques.

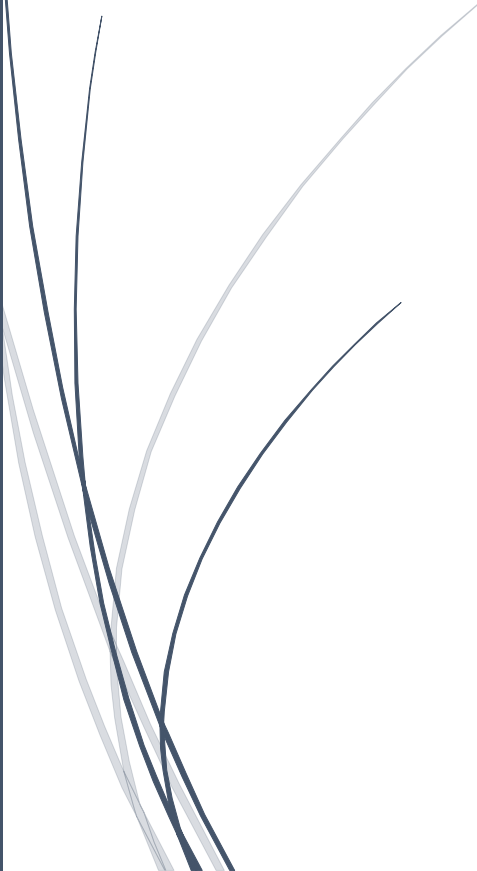
Pour réduire le risque sismique, il est très important de produire des images réalistes de cet aléa de manière à mieux s'y préparer et y réagir correctement en cas où il survient.

Ce chapitre montre comment le SIG aide a réalisé des cartes qui aident eux même, à réduire le risque sismique par leurs l'utilisation de la part des autorités et les gens concernées.

A dark blue vertical bar is on the left side of the page. A blue arrow points from the right side of this bar towards the chapter title.

Chapitre III

Cas d'étude : Cartographie de
la Vulnérabilité sismique du
Bâti existant de la ville de
BLIDA



PARTIE 1 : Présentation de la ville de Blida et la zone étudiée

1.1 Situation Géographique de la Wilaya de Blida

La wilaya de Blida est située au Nord Centre Algérien ; elle s'étend sur une plaine à plus de 260 m au-dessus du niveau de la mer, elle est limitée au Sud par la wilaya de Médéa, au Nord par les plaines de l'Algérois, et de Tipaza, à l'Ouest par la wilaya d'Ain Defla et enfin à l'Est par les wilayas de Boumerdes et de Bouira (Figure.III.1), elle couvre une surface de 1392.27 km².

La wilaya de Blida appartient dans sa partie Nord à la plaine de la Mitidja qui s'étend d'Ouest en Est. Tandis qu'au Sud, c'est l'Atlas Tellien qui s'élève derrière la ville de Blida couvrant une grande superficie et se déclinant localement en « Atlas Blidéen ».

La wilaya de Blida abrite une population de 1002935 habitants et la population à l'échelle de la Ville est de (720.36 hab/km²) Selon le RGPH 2008.(Figure III.2)

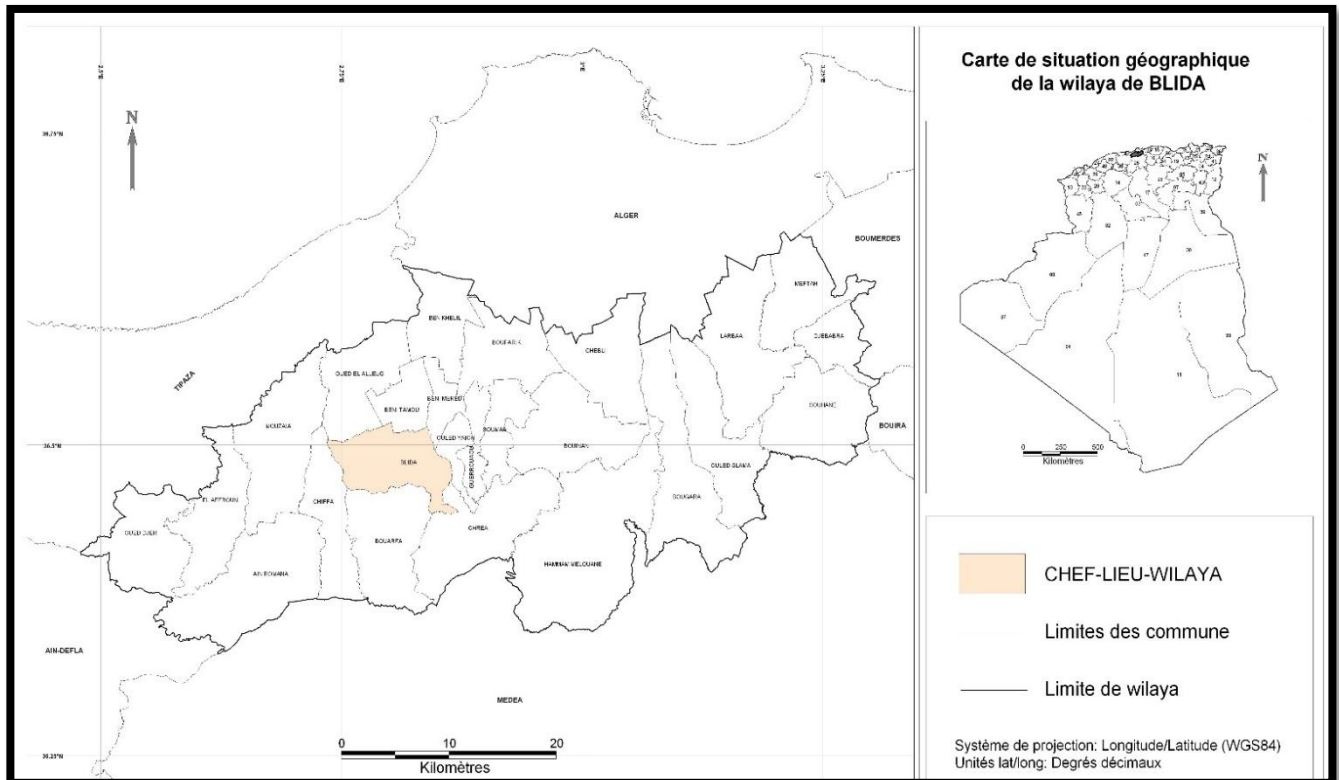


Figure (III.1) : Carte de situation géographique de la Wilaya de Blida⁴⁷

⁴⁷ Carte de situation géographique de la Wilaya de Blida traitée par Arcgis

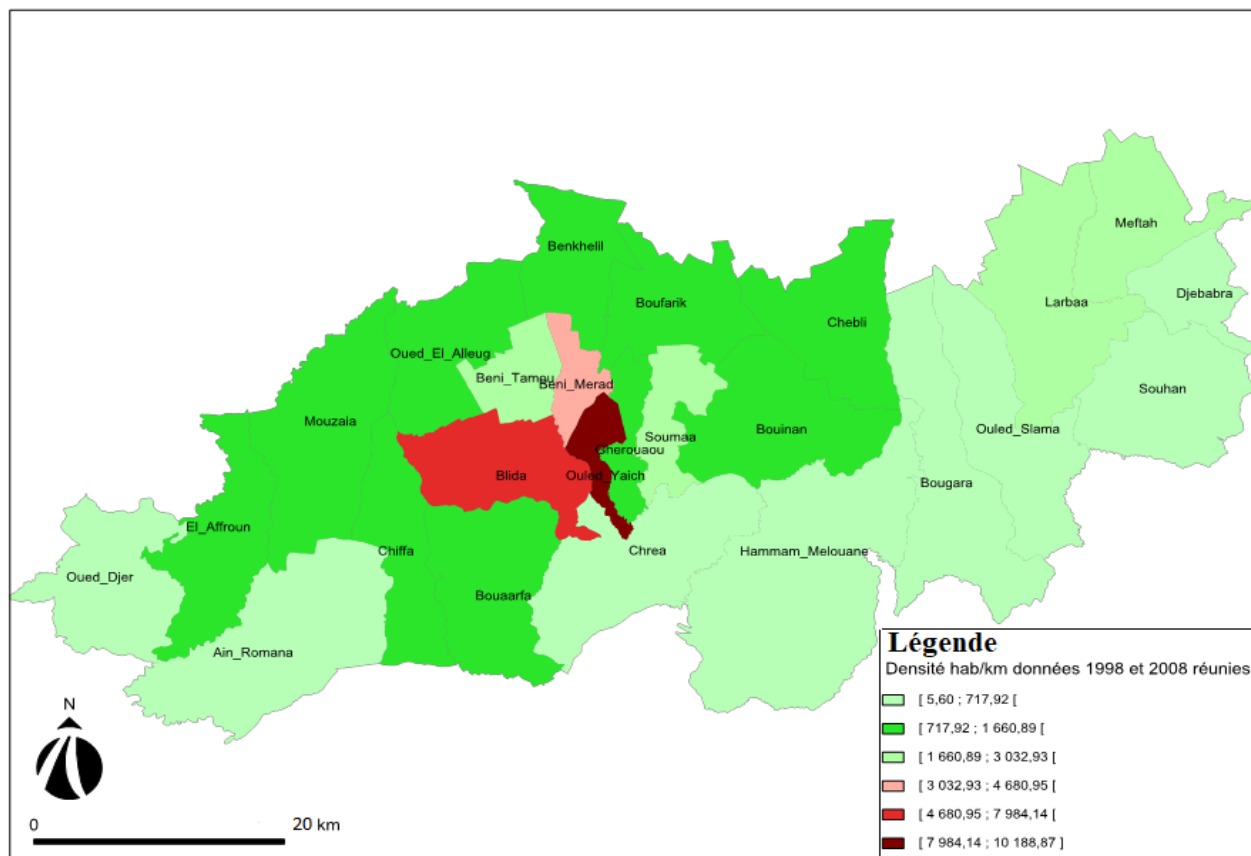


Figure (III.2) : Densité démographique de la Wilaya de Blida Selon le RGPH 2008 .⁴⁸

1.2 Historique de la ville de BLIDA

1.2.1 Origine du Nom

Arabe : Blida et Boulaida sont deux façons correctes de prononcer la racine trilitère à trois consonnes : BLD. On sait que l'écriture arabe classique n'indique que rarement les voyelles. BLD peut ainsi se comprendre bled (ville) ou bled (pays d'une tribu), ou se lire autrement. Depuis 1981, le nom officiel de la ville est El Boulaida, mais le nom connu de tous et réellement utilisé reste Blida.

Au temps de la conquête, les Français avaient pris l'habitude, de rajouter un H à la fin des noms de Blida, Médéa et Miliana.

⁴⁸ ONS, Office National des Statistiques, 2008.

1.2.2 Origine de la Ville

Elle a vu sa création durant la première moitié du XVIème siècle.

D'après le COLONEL TRUMELET⁴⁹, en 1533, Khayral-Dîn, dit Barberousse, est le bey d'Alger reconnu par le sultan d'Istanbul Sélim Ier. Il accepte d'accueillir à Alger des Maures d'Andalousie chassés d'Espagne par l'achèvement de la Reconquista. Un saint homme (Marabout), au nom de Sid-Ahmed El-Kebir, trouve des terres où les installer, sur le site du futur Blida. Il vient se fixer au confluent de l'Oued Teberkachent et de Chaâbet Al-Romane (ravin des grenades), cours d'eau appelé aujourd'hui Sidi-El-Kebir.

Les turcs dotèrent la ville dès 1535, de ses premières installations urbaines : la mosquée de Sidi El-Kebir, un four banal, une étuve. Cette date représente aussi la création officielle de là de cette nouvelle petite ville. Par la suite, d'autres mosquées furent construites, ainsi qu'un certain nombre de bâtiments administratifs dont la Houkouma où le gouverneur turc rendait la justice, le siège du cadî, des bureaux, etc.

Son site, en position de commandement au débouché du plus important axe de communication Nord - Sud a rapidement conféré à la cité une importance stratégique majeure. Sa région, la plus propice à l'agriculture de tout le nord de l'Algérie actuelle a favorisé le développement d'une agriculture prospère. A cette époque, El-Blida (petite ville en arabe) est ceinte par un rempart, composé de murs en pisé et des murs aveugles des maisons périphériques⁵⁰, percé de 7 portes (figure III.3).⁵¹

⁴⁹ Trumelet, C., Blida, Récits selon Légende, la Tradition et l'Histoire, (1887).

⁵⁰ Benelhadj-Saïd, Z., "Méthodes et outils pour la réduction de la vulnérabilité sismique à Blida : Étude pluridisciplinaire basée sur l'analyse des enjeux urbains et le bruit de fond sismique", Thèse de Doctorat, (2010), Université Joseph Fourier, Grenoble, France.

⁵¹ Documents et Récits des autochtones de la ville de Blida.

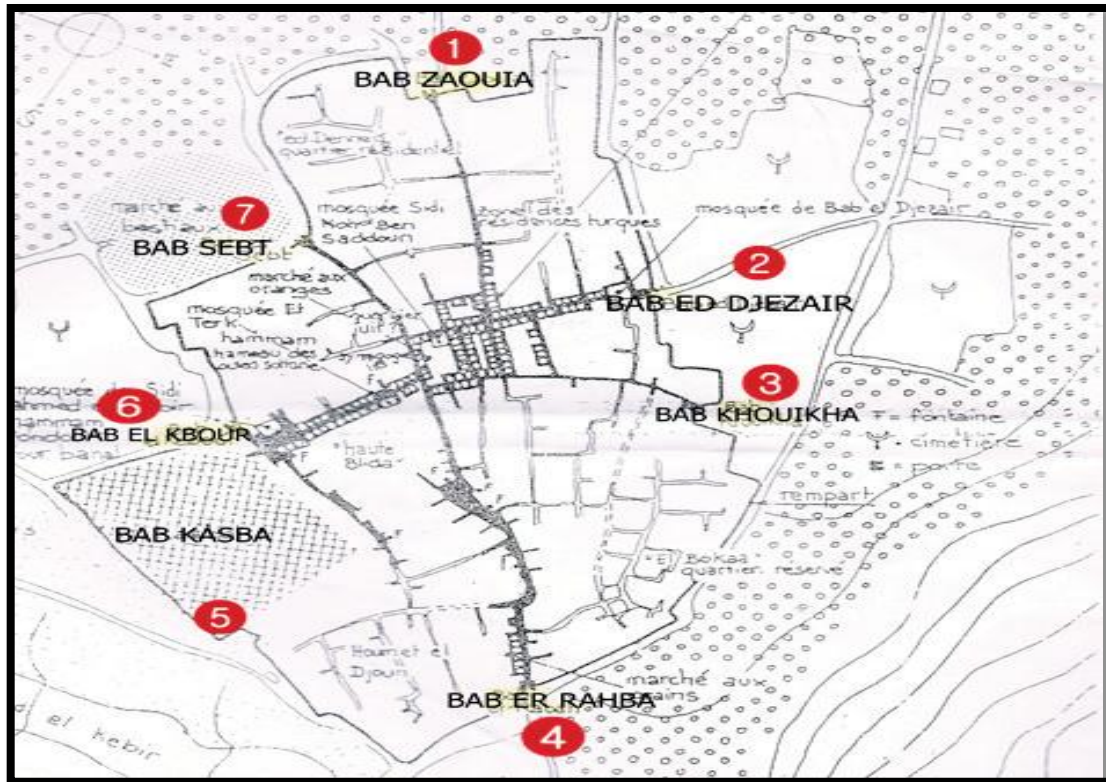


Figure (III.3) : a). Plan de la ville dans la période précoloniale ;
 b). Sept portes de la ville de Blida⁵²

1.3 Présentation de la zone étudiée

On a choisi une zone d'étude qui se trouve au centre de la ville de BLIDA, 1 km nord de la place de 1^{er} novembre 1954, elle se compose de 2 cité et un lycée (Lycée Technique : Technicum Belkacem El-Ouzeri ; CITE ZIATTE AHMED ABBED ; CITE BELKACEM OUAZRI) qui comptaient une telle variété et différence d'information et type pour les bâtis { ancien bâti et nouveaux, construction métallique, construction au béton armé et en maçonnerie en différents états } (figure III.4).

⁵² Deluz-Labruyère, J., "Urbanisation en Algérie : Blida, Processus et Formes", (1988), Editions Maison de l'Orient Méditerranéen et Office des Publications Universitaires d'Algérie, Lyon – Alger.



Image satellitaire de la ville de Blida
et localisation de la zone étudiée

Figure (III.4) : localisation de la zone étudiée

Latitude: $36^{\circ}28'42.96''$

Longitude: $2^{\circ}49'48''$



1.4 Survol de l'évolution urbaine du Grand-Blida

Initialement, la ville fut construite sur le cône de déjection de l'oued *El Kebir*, en retrait de la plaine inondable, sur un terrain sec et perméable, propice à la construction. C'est cette caractéristique qui a favorisé le développement de la ville en forme d'éventail.

1.5 Sismicité historique de la région de Blida

La sismicité historique et instrumentale entre 1825 et 2005 (figure III.5) montre que la région de Blida est située dans une zone de sismicité très active⁵³. La région a connu de forts séismes durant les derniers siècles engendrant des intensités comprises entre X et XI. Ceux qui ont sévèrement touché la ville de Blida et ses environs, sont ceux du 3 février 1716, 17 mars 1756, 16 mai 1760 et celui, le plus important, qui s'est produit le 02 Mars 1825 engendrant la destruction quasi-totale de l'ancienne ville de Blida avec 3000 morts en ville et environ 7000 morts dans toute la région touchée par ce séisme. Il convient aussi de citer le séisme du 02 Janvier 1867 qui a complètement détruit le village de Mouzaïa. Durant la période instrumentale, le plus fort séisme enregistré dans la région de Blida est celui du 07 novembre 1959, avec une magnitude $M_s=5.6$. D'après ces séismes passés, l'intensité maximale moyenne dans la région de Blida est évaluée entre VIII et X.

date	Adresse	Magnitude	Latitude	longitude
01/04/2018	5 km sud-est de oued djer	3,4	36°24'24.8"N	2°33'47.9"E
22/03/2018	4 km sud-ouest de oued djer	3,3	36°24'33.7"N	2°33'33.0"E
25/01/2018	5 km sud-ouest de Hammam M	3,3	36°23'46.2"N	2°58'02.2"E
08/01/2018	5 km sud-ouest de oued djer	4,3	36°24'04.9"N	2°31'12.1"E
02/01/2018	4 km sud-ouest de oued djer	5	36°24'24.8"N	2°31'38.1"E
24/11/2017	4 km sud-ouest de souhane	3,6	36°30'58.0"N	3°13'33.1"E
09/07/2017	1 km sud-ouest de hammam M	3,3	36°24'56.4"N	2°58'50.3"E
01/02/2017	2 km nord-ouest de hammam M	3,2	36°25'46.1"N	2°58'47.8"E
20/01/2017	8 km nord est de hammam M	3,3	36°28'13.2"N	2°59'57.0"E
24/12/2016	4 km sud-est de hammam M	3	36°23'44.8"N	3°01'11.2"E
08/09/2016	2 km nord de hammam M	3,6	36°26'10.8"N	2°59'48.7"E
12/02/2016	8 km sud est de hammam M	3,1	36°21'59.3"N	2°56'56.6"E
10/02/2016	3 km nord de hammam M	4,7	36°26'15.9"N	2°59'49.6"E
21/11/2015	3 km sud de chebli	3,4	36°33'27.2"N	3°00'42.0"E
16/11/2015	3 km nord est de hammam M	3,2	36°25'52.7"N	2°58'36.6"E
23/12/2014	5 km sud de chebli	4,9	36°32'39.5"N	3°00'46.2"E
16/12/2011	2 km sud est de hammam M	3,5	36°24'16.6"N	2°58'33.0"E

Tableau III.1 : Dates et Localisations des évènements sismiques dans la région de Blida.

⁵³ Harbi, A., "Evaluation de l'Aléa Sismique en Algérie du ". Thèse Doctorat, (2005), Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene (USTHB), Alger, Algérie.

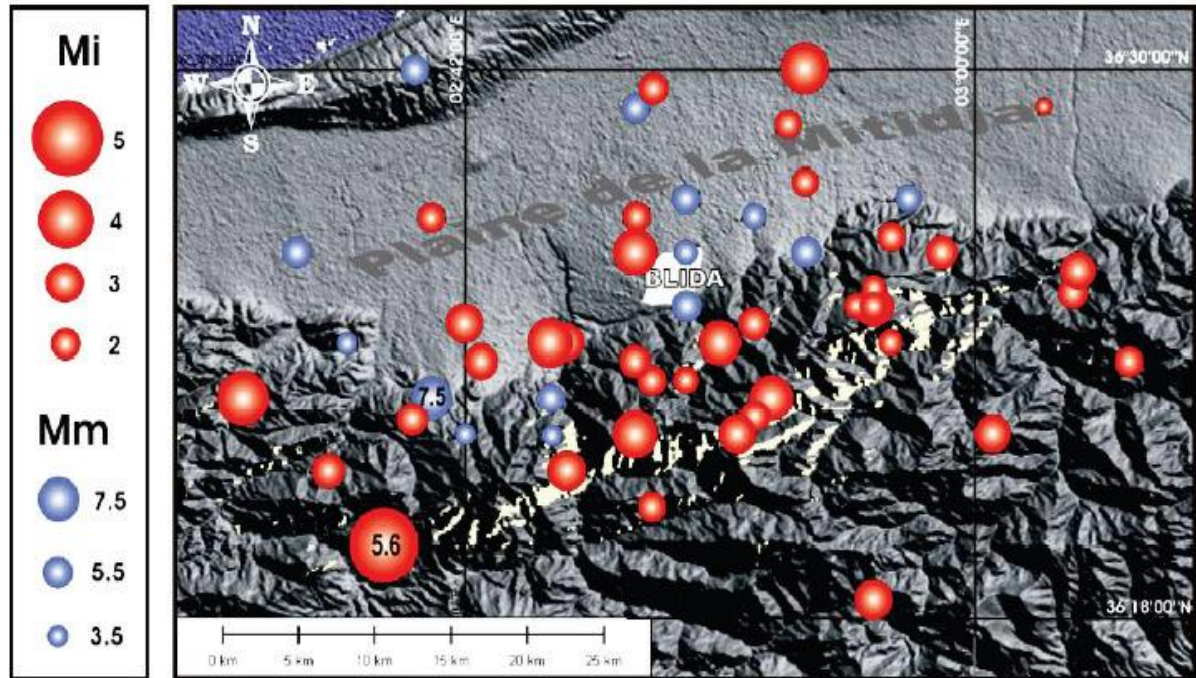


Figure (III.5) : Sismicité historique dans la région de Blida, a) Magnitudes instrumentales « Mi » (cercles rouges) ; b) Magnitudes macrosismiques « Mm » (cercles bleus).⁵⁴

1.6 Evaluation de l'aléa sismique dans la région de Blida⁵⁵

La région de Blida, dont la sismicité est jugée active, est entourée par un ensemble de failles actives. Elle est essentiellement entourée par les failles suivantes : faille du Sahel, faille de Menaceur, faille Sud Mitidja, faille de Blida et la faille de Khemis El Khechna, comme illustrées dans (la figure : III.6)⁵⁶. Les intervalles de valeurs maximales des magnitudes de ces failles, données dans le tableau (III.2), ont été estimés dans le cadre de l'étude d'estimation d'aléa sismique probabiliste de la région d'Alger réalisée par le Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique (CGS).⁵⁷

⁵⁴ CRAAG : Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, "Étude géologique, géophysiques et géotechniques des piémonts Est et Ouest de la ville de Blida", Rapport, (2005), Algérie.

⁵⁵ Boukri, M., "Vulnérabilité sismique du bâti algérien : développement d'un outil aide à la décision". Thèse de doctorat, UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA, (2014), Blida, Algérie.

⁵⁶ Yelles-Chaouche, A., Boudiaf, A., Djellit, H., Bracene, R. "La tectonique active de la région nord-algérienne", C. R. Geoscience 338, (2006), 129-139.

⁵⁷ CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 1, (2013), Algérie.

Faille	Longueur(KM)	Pendage (°)	Mécanisme	Profondeur (Km)	Magnitudes Max (Mw)
Sahel (F1)	70	45 vers N	Inverse	10	6,75
Menaceur (F2)	46	90 vers N-O	Décrochement Sénéstre	10	6,75
Sud Mitidja (F3)	50	45 vers S	Inverse	10	6,75
Blida (F4)	45	55 vers SE	Inverse	10	6,75
Khemi El Khechna (F5)	58	55 vers SE	Inverse	10	6,75 - 7,0

Tableau (III.2) : Caractéristiques sismiques des failles actives et supposées actives de la région de Blida ⁵⁸

D'après l'analyse des modèles de failles actives de la région de Blida, il apparaît que la source sismique la plus menaçante pour le Grand Blida est la faille de Blida qui traverse les communes de Bouarfa, Blida et Ouled-Yaïch entre l'Atlas et la plaine. Cette faille s'étend du Sud de la chaîne d'El Affroun vers l'Est sur environ 45 Km. Les études menées par BOUDIAF montrent que la section orientale de la faille (segment Ouled Yaïch-Bouinan) est plus évidente sur les photographies aériennes.



Figure (III.6) : Failles actives ou supposées actives dans la région de Blida ⁵⁹

⁵⁸ CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 2, (2013), Algérie.

⁵⁹ Yelles-Chaouche, A., Boudiaf, A., Djellit, H., Bracene, R. "La tectonique active de la région nord-algérienne", C. R. Géoscience 338, (2006), 140-145.

1.6.1 Inventaire du Bâti

Pour mener à bien la réalisation d'une banque de données reflétant la réalité du tissu urbain dans le périmètre du Grand Blida (04 communes : Blida, Ouled-Yaich, Bouarfa et Beni-Mered), un inventaire systématique a été réalisé de l'ensemble des constructions se trouvant dans la zone d'étude qui s'étend sur le périmètre du PDAU (voir figure III.8), dont les tracés ont été fournis par la Direction d'Urbanisme et de la Construction (DUC) de la Wilaya de Blida à l'équipe chargée de l'étude.

Cette opération a été réalisée en utilisant une fiche d'enquête et d'évaluation du bâti élaborée à cet effet (figure III.7).

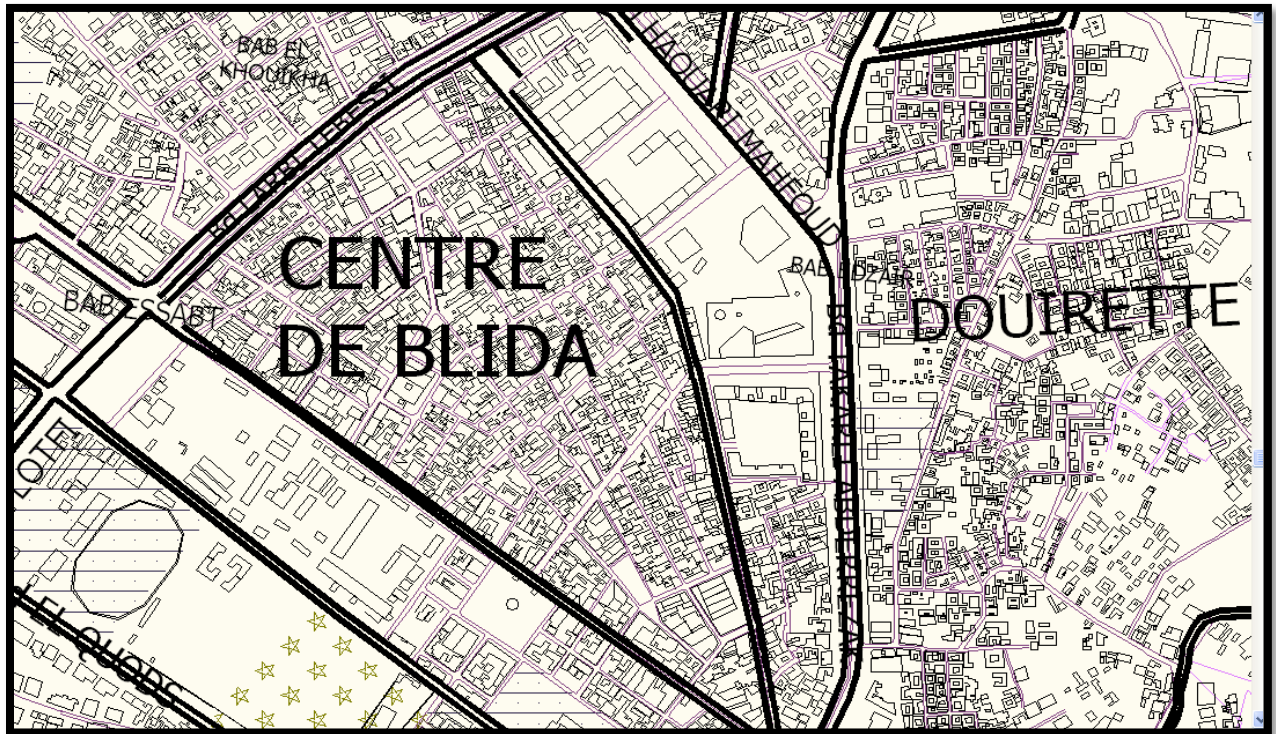


Figure (III.7) : Extrait de la carte du PDAU du Grand Blida [Source DUC de Blida]

L'élaboration de la fiche d'enquête permettant l'évaluation et le recensement du bâti de la zone d'étude, nécessite la connaissance des paramètres de nature structurale et non structurale ayant une influence sur le comportement de la structure et donc sur sa réponse sismique. La fiche d'enquête regroupe l'ensemble des paramètres pouvant avoir une influence sur la réponse sismique des bâtiments. Cette fiche comprend les éléments principaux suivants (figure III.8). :

- A- Données générales (adresse, âge, etc.) ;
- B- Caractéristiques géométriques ;
- C- Système structural ;
- D- Conditions du sol ;
- E- Etat des éléments non structuraux ;
- F- Position d'implantation de la construction ;
- G- Etat général de la Construction.

Ces informations permettent d'évaluer qualitativement et quantitativement la qualité sismique des constructions. Cette fiche a été développée pour tenir compte de toutes les spécificités du bâti de la ville de Blida. Nous représentons ci-après, le modèle de la fiche d'enquête développée (CGS).⁶⁰

Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique
FICHE D'EVALUATION DU BATI DE LA VILLE DE BOUARFA

Nom : Zamsouchi Hamid
Adresse : 01000 Bouarfa
N° : 004424
Date :
ZON :
Type de construction :
Maison individuelle Hangar Mosquée
(préciser)
Nature de la construction :
Hospitalier Commercial Administratif
Socioculturel Hydraulique

Figure (III.8) : Fiche d'enquête et d'évaluation du Bâti du grand Blida (CGS,2012)

⁶⁰ CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 3, (2013), Algérie.

1.6.2 Enquêtes sur Terrain (menée par le CGS, 2012) de la zone étudiée.

Les enquêtes de terrain ont été menées avec une équipe moyenne de douze (12) enquêteurs pendant les jours ouvrables recrutés à cet effet par le BET sous-traitant. Ces équipes étaient supervisées par un coordinateur des enquêtes spécialisé. L'équipe d'enquêteurs engagés est formée d'ingénieurs en génie civil, et architectes qui ont une expérience importante des enquêtes de terrain (enquêtes similaires au présent projet). Ces enquêteurs ont été formés pour cette opération et les besoins du projet par l'équipe chargée de l'étude qui a participé à la supervision et au contrôle de cette opération d'inventaire du bâti afin de la valider.

Chaque enquêteur se rendait sur site avec une carte A0 de sa zone d'expertise et un certain nombre de fiches d'enquête vierges à renseigner avec un numéro de fiche (Figure III.8). Dans chaque zone expertisée, des photos de certaines constructions inventoriées ont été prises afin de mieux représenter les différentes typologies constructives du tissu urbain du Grand Blida. Ces photos sont souvent utilisées pour identifier certaines constructions présentant des anomalies difficiles à caractériser afin de pouvoir trancher définitivement avec le coordinateur des enquêtes.



Figure (III.09) : Hangars en Charpente métallique (CGS, 2012)



Figure (III.10) : Bâtiments à usage hospitalier (CGS, 2012)



Figure (III.11) Bâtiment en B.A de plus de 10 niveau B.A (CGS, 2012)



Figure (III.12) : Maison individuelle en portique (CGS, 2012)



Figure (III.13) : Constructions précaires (CGS, 2012)

PARTIE 2 : La cartographie de la zone étudiée

2.1 Objectifs des cartes de Vulnérabilité sismique

Les cartes de vulnérabilité sismique du bâti existants a pour objectifs de :

- L'estimation, en temps réel dans les quelques instants qui suivent un séisme réel, des dommages post-sismiques ;
- Mettre à la disposition des décideurs et responsables de la gestion urbaine les moyens nécessaires pour prendre les mesures préventives pour la mitigation du risque sismique
- Estimer les dommages afin de définir le niveau d'alerte à déclencher en vue de mobiliser les moyens ;
- Mettre à la disposition des opérations de secours, des informations nécessaires afin de restreindre autant que possible les pertes humaines et socio-économiques ;

2.2 Outil utilisé

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, **ArcGIS** est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. **ArcGIS** permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des smartphones et d'ordinateurs de bureau.⁶¹

ArcGIS nous permet de :

- Créer, partager et utiliser des cartes intelligentes
- Rassembler les informations géographiques
- Créer et gérer des bases de données géographiques
- Résoudre des problèmes avec l'analyse spatiale
- Créer des applications basées sur la carte

⁶¹ Site officiel de logiciel ArcGis « <http://www.arcgis.com> », 2018.

Dans notre cas on va réaliser – à l'aide de logiciel **ArcGis** - des cartes que représentent notre étude, telle que les bâtis existant de la ville de Blida, leur base de donnée qui contient (l'état, la date de construction, type du bâti, l'adresseetc.), et des cartes pour chaque information qui la représente, ainsi qu'une carte qui montre la magnitude de séisme dans la région de Blida (obtenue à partir d'une étude sous Arcgis avec la méthode de l'interpolation).

Ensuite, on va superposer toute nos cartes (carte de l'état de vétusté du bâti, d'Age, de type de construction, et carte des magnitudes), et on affecte des pondération (de 1 jusqu'à 100%) pour chaque carte (sous forme RASTER) en fonction de son impact sur la vulnérabilité sismique du bâti, pour déduire à la fin, la vulnérabilité sismique du bâti existant de cas d'étude (Blida).

2.3 Phases de la cartographie

2.3.1 Collecte des données

La 1^{ère} phase dans notre travail, consiste à préparer et mise en place de tous les éléments nécessaires pour faciliter et attendre les résultats satisfaisants, telle que les données, cartes et les recherches.

- D'abord, On a collecté : des cartes topographiques de notre zone d'étude (ville de BLIDA). (Figure III.14) : -Carte topographique ECH 1/25000

-Carte Topographique ECH 1/50000 ⁶²

⁶² INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection, 2018, Alger.

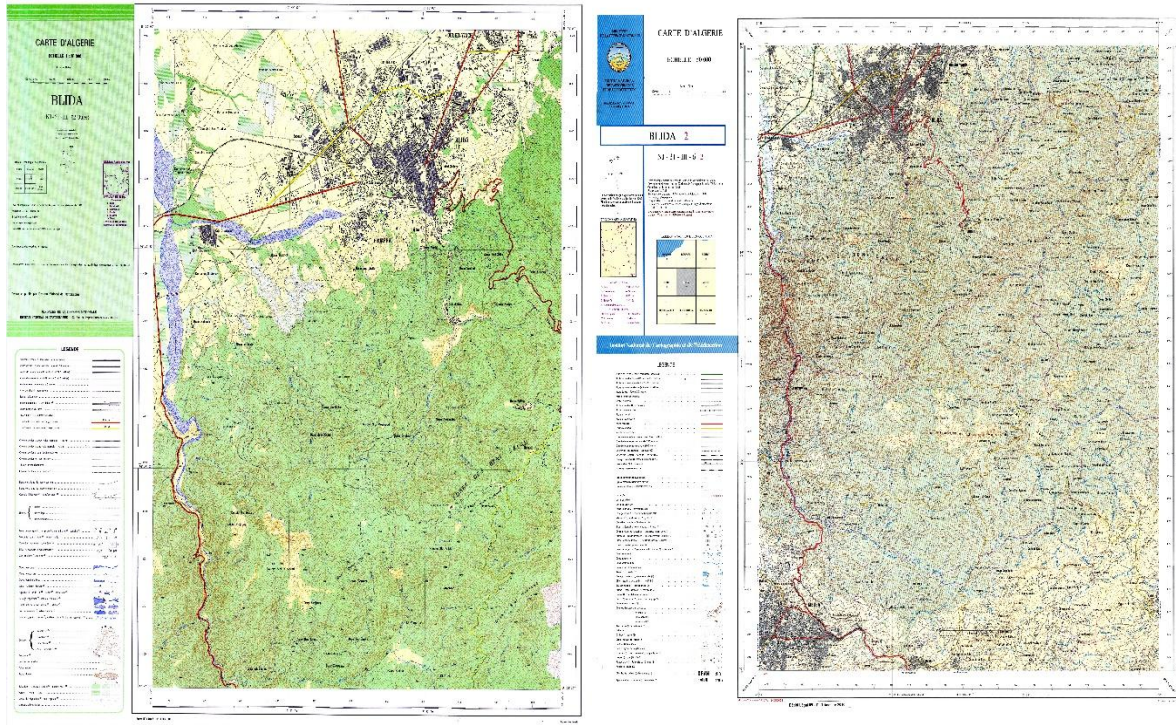


Figure (III.14) : cartes topographique : ECH 1/25000 et 1/50000 de la ville de BLIDA «INCT »⁶³

- Images satellitaires de Google Earth géo-référencées et dans le système de coordonnées WGS84, télécharger avec une application s'appelle « Terra Incognita », avec une précision de 10 m.
- Une grande base de données des bâtis de la ville, sous forme ACCES (CGS,2012)⁶⁴(Figure III.15), contiens des informations très utiles pour l'étude de la vulnérabilité sismique (**Date de construction, type, état, Adresse, dimension du bâti Etc.**), Pour plus de 6910 Bâti existant de BLIDA.

⁶³ INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection, 2018, Alger.

⁶⁴ CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 5, (2012), Algérie.

CHAPITRE III Cas d'étude : Cartographie de la Vulnérabilité sismique du Bâti existant de la ville de BLIDA

DATE_	DISTRICT	ILOT	ADR	TYPE_CONS'	autre_type_	USAGE_con:	autre_usage	TYPE_STR	TYPE_STR_D	autr	DATE_CONS
06/01/2012	BL064		86 AMARA YOUSEF	Hangar		Commercial		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL064		86 AVENUE MOHAMED BOUDIAF	Hangar		Commercial		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL064	262	86 AVENUE AMARA YOUSEF	Hangar		Commercial		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL064		ECOLE BAYA 3 AVENUE	Bâtiment		Scolaire		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL064		ECOLE BAYA	Hangar		Scolaire		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL064		RUE HADOUCHE	Bâtiment		Scolaire		Béton armé	Portique		1981-1999
06/01/2012	BL064		84 AVENUE AMARA YOUSEF	Bâtiment		Autres	VESTIAIRES	Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
23/02/2012	BL103	471	3 RUE E	Maison indivic		Habitation		Béton armé	Portique		2000-2003
06/01/2012	BL064		VIDE	Bâtiment		Scolaire		Béton armé	Portique		1981-1999
23/02/2012	BL103	470	10 RUE E	Maison indivic		Habitation		Béton armé	Mixte		Après 2003
23/02/2012	BL103	470	1 RUE E	Maison indivic		Habitation		Béton armé	Portique		2000-2003
23/02/2012	BL103	470	5 RUE E	Maison indivic		Habitation		Béton armé	Mixte		Après 2003
23/02/2012	BL103	470	7 RUE E	Maison indivic		Habitation		Béton armé	Portique		2000-2003
06/01/2012	BL031		RUE AMORA YOUSEF	Bâtiment		Commercial		Béton armé	Portique		2000-2003
06/01/2012	BL031		AVENUE LARBI TEBESSI	Bâtiment		Commercial		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL031		AVENUE LARBI TEBESSI	Maison indivic		Habitation		Béton armé	Portique		1981-1999
06/01/2012	BL031		AVENUE LARBI TEBESSI	Hangar		Industriel		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL031		AVENUE LARBI TEBESSI	Bâtiment		Commercial		Béton armé	Portique		1981-1999
06/01/2012	BL031	188	AVENUE LARBI TEBESSI	Bâtiment		Commercial		Maçonnerie	Chainée		Avant 1981
06/01/2012	BL031		AVENUE LARBI TEBESSI	Bâtiment		Commercial		Béton armé	Portique		Avant 1981

Figure (III.15) : Extrait de la base de données (BDD) du bâti de la ville de BLIDA sous forme ACCES⁶⁵

2.3.2 Prétraitement

a. Digitalisation

La **digitalisation** est le procédé qui vise à transformer un objet, un outil, un procès ou un métier en un code informatique.

Donc, on a digitalisé les bâtis « dans le même système de coordonnées que l'images satellitaire (WGS 1984 UTM zone 31N) » de la ville de BLIDA et on a affecté depuis la base de données obtenue, les informations nécessaires (adresse, date de construction, état, type de structure) pour chaque bâti digitaliser (figure III.16,17,18).

⁶⁵ CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 4, (2012), Algérie.

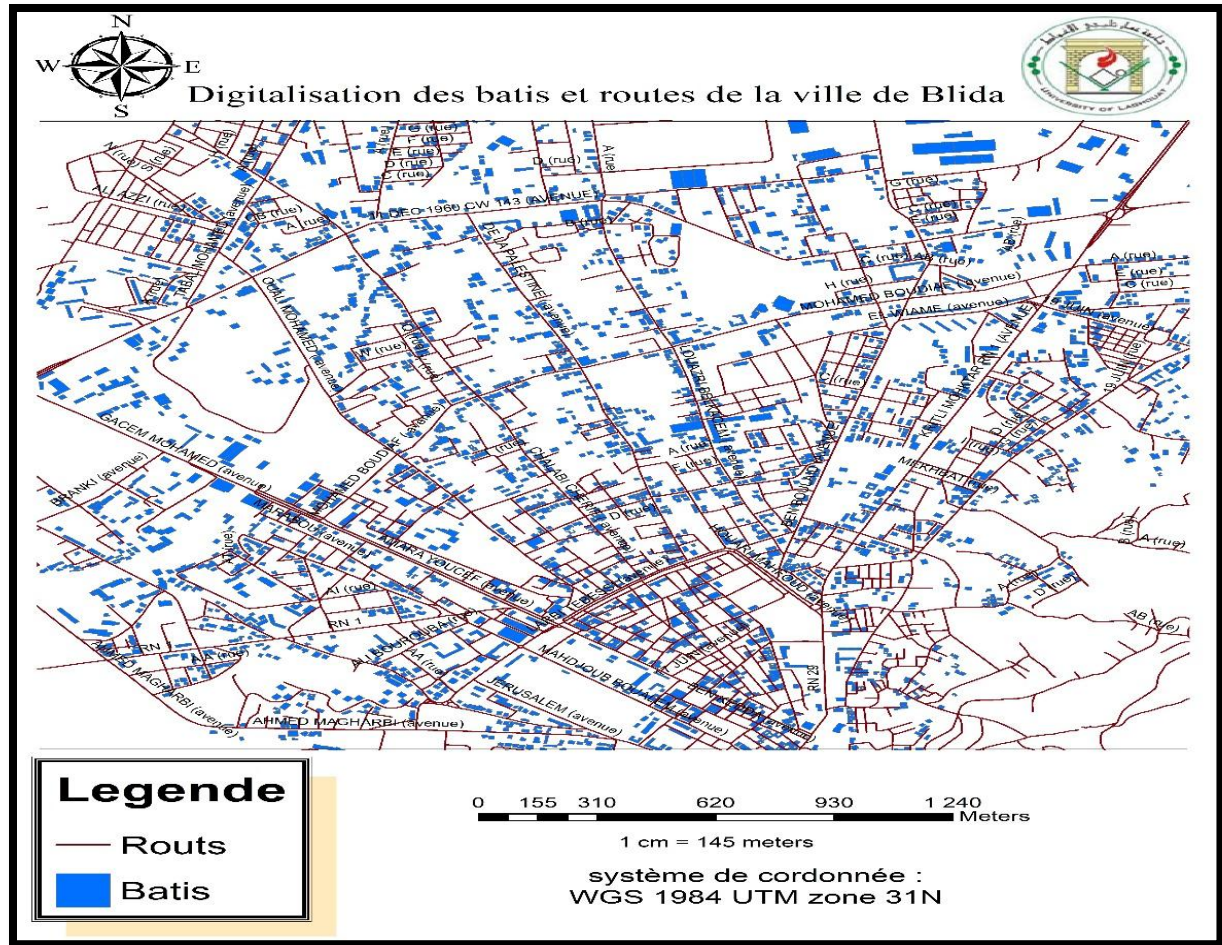


Figure (III.18) : Bâtiments et routes de la ville de Blida digitalisé

b. création des cartes

Cette étape est importante pour obtenir des cartes nécessaires, qui aident au traitement final pour avoir le but d'étude souhaité « la vulnérabilité sismique » d'une façon empirique, dans ce cas on a réalisé les cartes suivantes :

- I. Carte de l'état de conservation du bâti
- II. Carte de type de construction
- III. Carte : âge du bâti
- IV. Carte de d'aléa

❖ Carte de classification de la structure la ville. (Figure III.19)

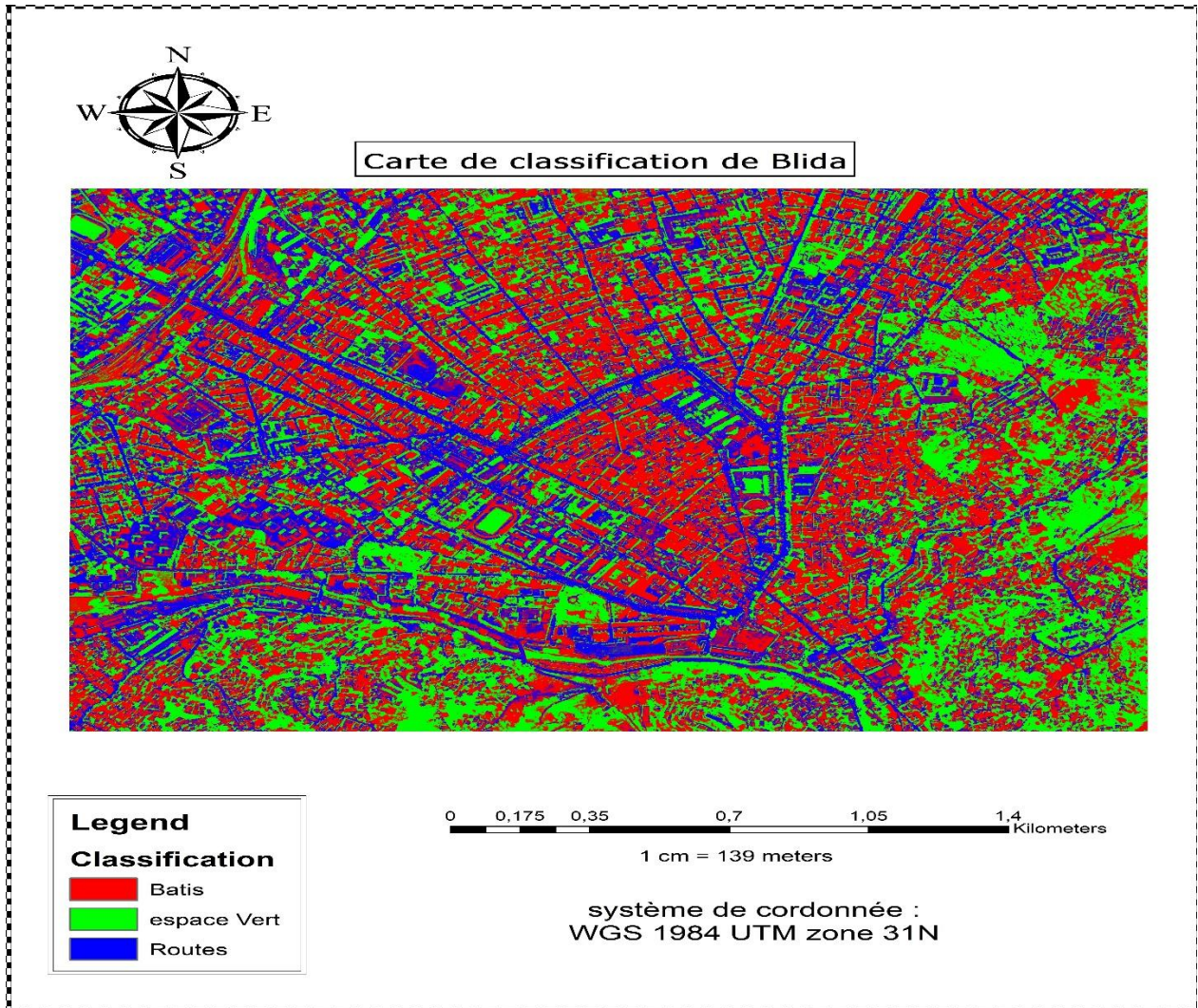


Figure (III.19) : Classification de la structure de la ville de Blida.

Commentaire :

Avec une méthode de classification sous logiciel Arcmap 'Arcgis' et à base de l'image satellitaire de Blida, on a classé la structure de la ville.

La couleur rouge représente les bâtis de la ville de Blida, bleu c'est les routes et le vert représente la végétation.



Figure (III.20) : Image satellitaire et bâtis digitalisé de la commune de Blida.

I. Carte de l'état de conservation du bâti de la zone étudiée.

On a classé les bâtis selon les 3 différentes classe " bon, moyen, mauvais ". (Figure III.21).

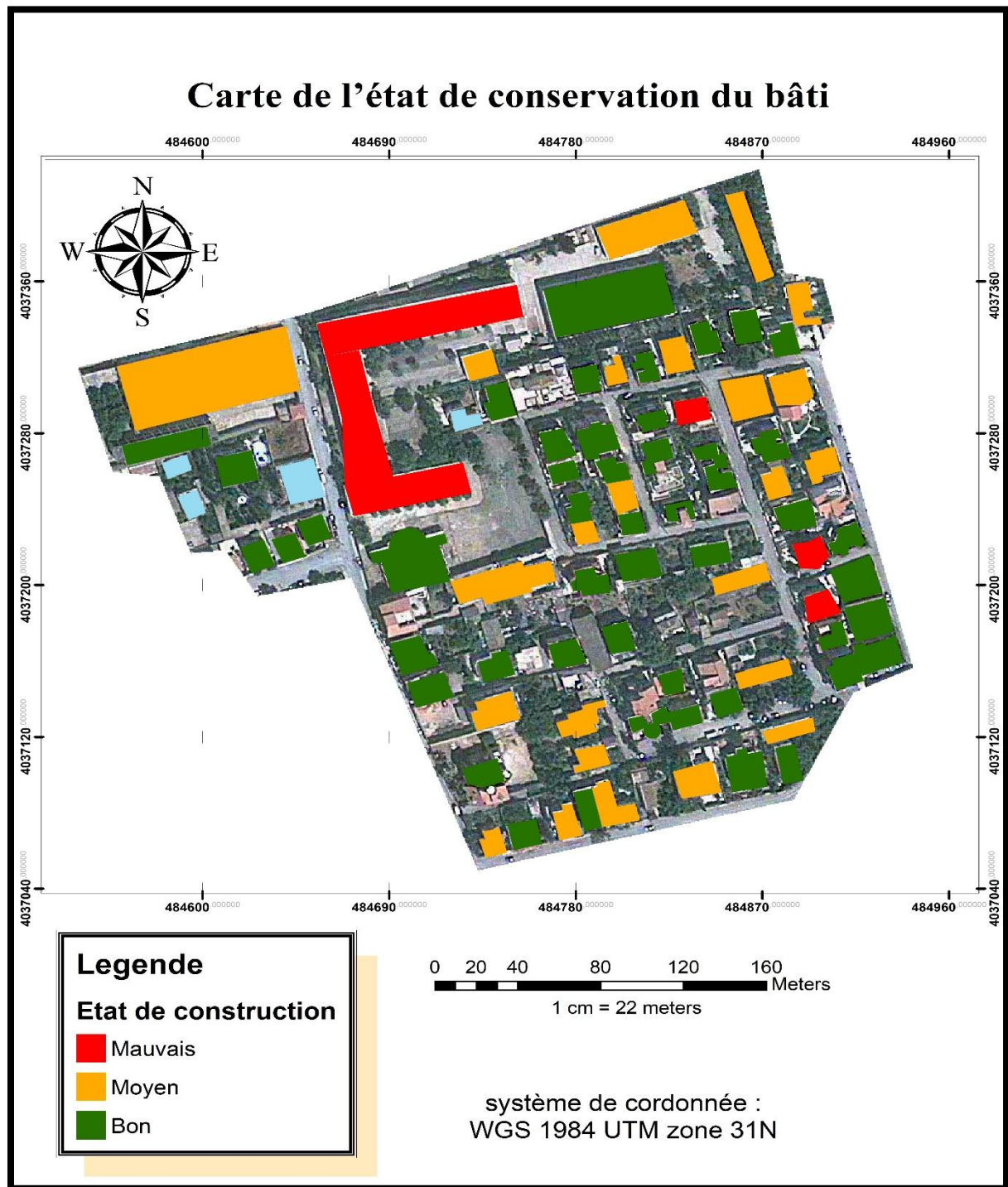


Figure (III.21) : Carte de l'état de conservation du bâti.

II. Carte de type de construction de la zone étudiée.

Cette carte contient 3 différents types de construction : « maçonnerie, béton armé, charpente métallique » (Figure III.22).

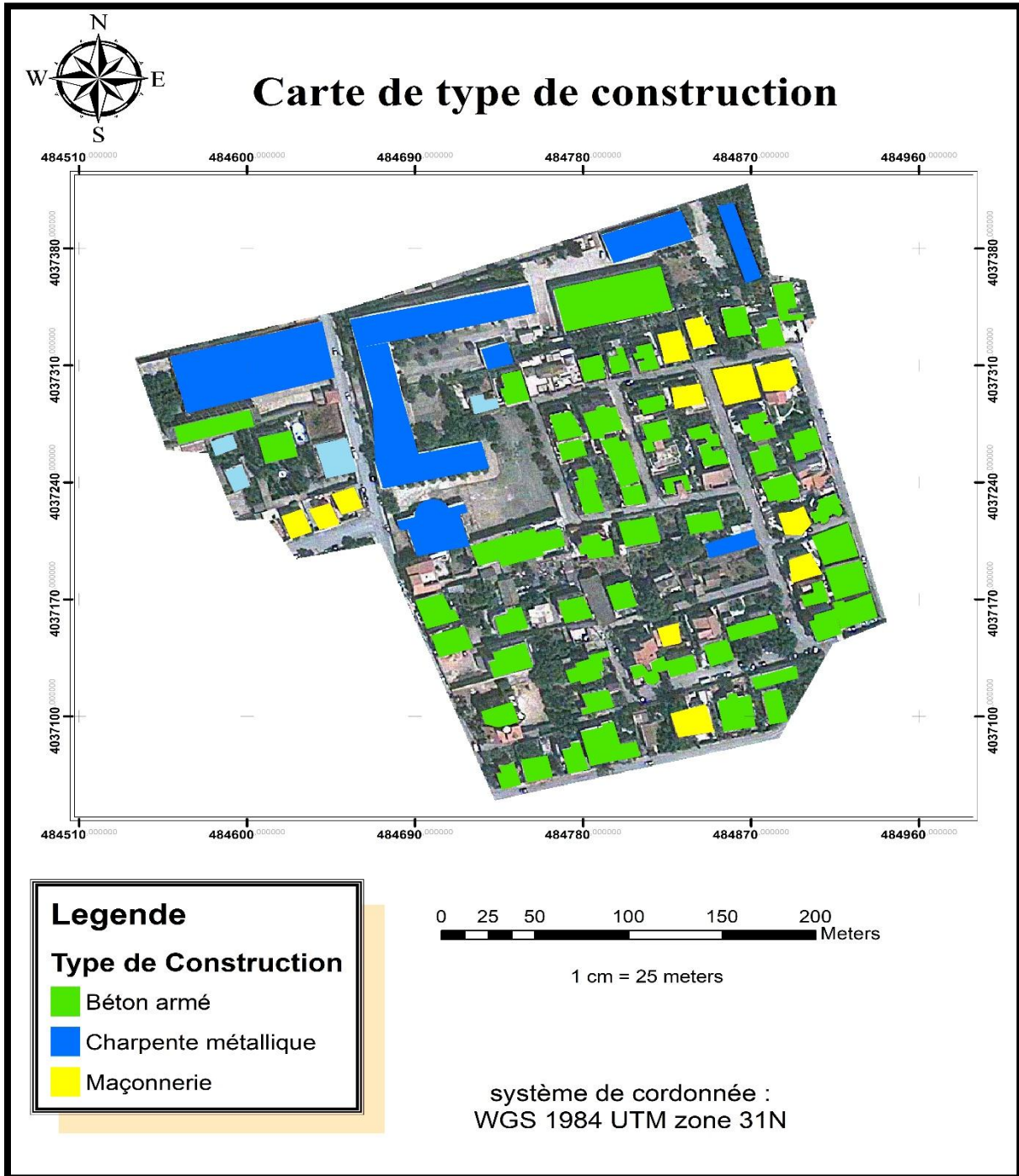


Figure (III.22) : Carte de Type de Construction

III. Carte d'âge du bâti de la zone étudiée.

Cette carte montre l'année construction de chaque bâti existant dans la zone d'étude (figure III.23).

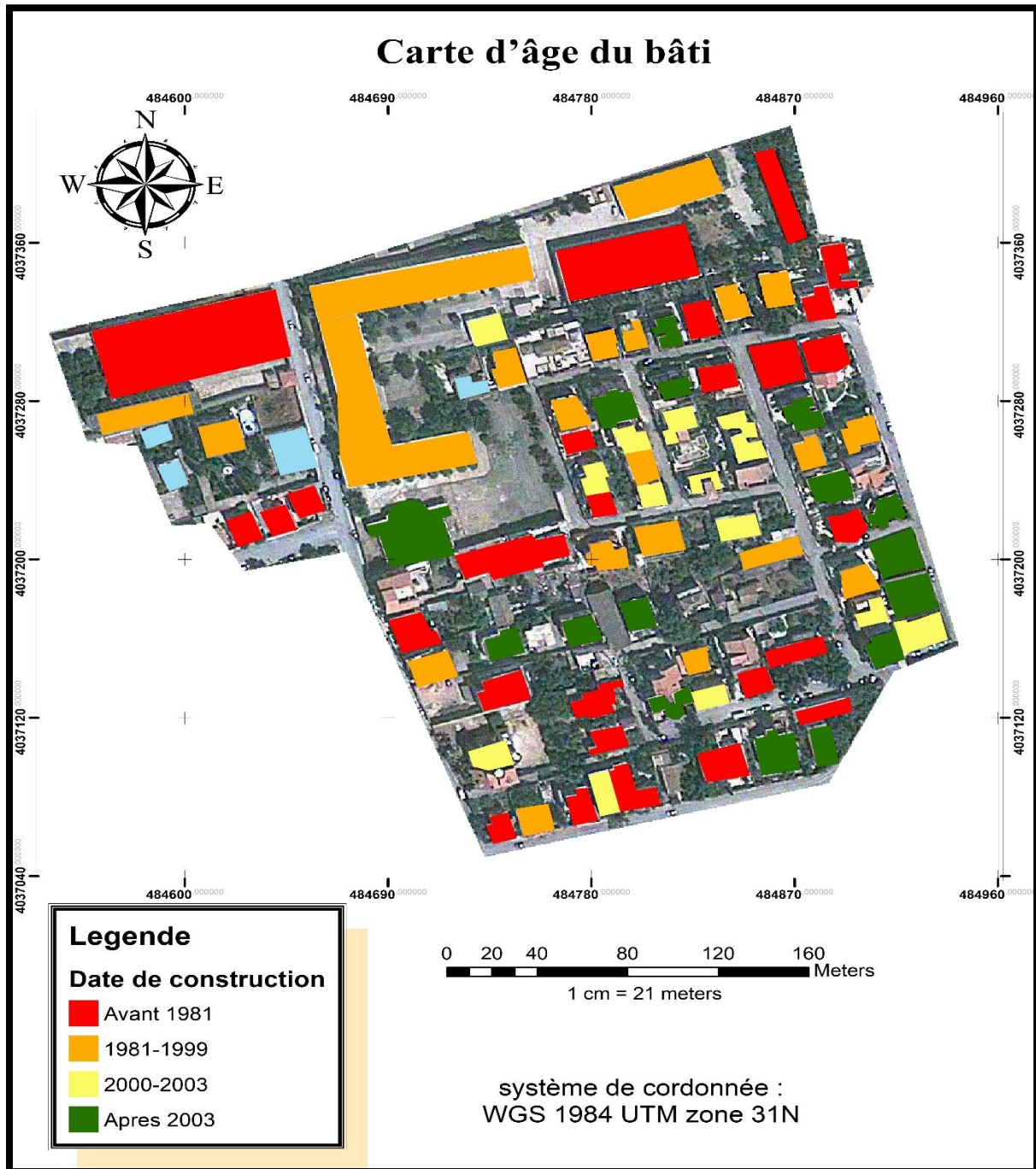


Figure (III.23) : Carte d'Age du bâti.

IV. Carte de d'aléa sismique de la zone étudiée.

La carte de magnitude nous montre d'une façon estimée à l'aide de méthode d'interpolation avec logiciel Arcmap « la fonction IDW », et à partir des informations des dates et localisation exacte des évènements (tableau III.3) dans la région de Blida pendant les 7 année précédente.

D'abord, on a implanté la localisation des magnitudes dans notre carte de Blida sus forme des points, à partir de latitude et longitude (E, N) dans le système de coordonnée (WGS 1984 UTM zone 31N) (figure III.24 Et figure III.25).

Ensuite, on a utilisé ces points avec la fonction IDW de logiciel Arcmap, pour faire une interpolation de ces dernier pour avoir d'une façon empirique la magnitude dans notre zone d'étude (figure III.26).

date	Adresse	Magnitude	Latitude	longitude
01/04/2018	5 km sud-est de oued djer	3,4	36°24'24.8"N	2°33'47.9"E
22/03/2018	4 km sud-ouest de oued djer	3,3	36°24'33.7"N	2°33'33.0"E
25/01/2018	5 km sud-ouest de Hammam M	3,3	36°23'46.2"N	2°58'02.2"E
08/01/2018	5 km sud-ouest de oued djer	4,3	36°24'04.9"N	2°31'12.1"E
02/01/2018	4 km sud-ouest de oued djer	5	36°24'24.8"N	2°31'38.1"E
24/11/2017	4 km sud-ouest de souhane	3,6	36°30'58.0"N	3°13'33.1"E
09/07/2017	1 km sud-ouest de hammam M	3,3	36°24'56.4"N	2°58'50.3"E
01/02/2017	2 km nord-ouest de hammam M	3,2	36°25'46.1"N	2°58'47.8"E
20/01/2017	8 km nord est de hammam M	3,3	36°28'13.2"N	2°59'57.0"E
24/12/2016	4 km sud-est de hammam M	3	36°23'44.8"N	3°01'11.2"E
08/09/2016	2 km nord de hammam M	3,6	36°26'10.8"N	2°59'48.7"E
12/02/2016	8 km sud est de hammam M	3,1	36°21'59.3"N	2°56'56.6"E
10/02/2016	3 km nord de hammam M	4,7	36°26'15.9"N	2°59'49.6"E
21/11/2015	3 km sud de chebli	3,4	36°33'27.2"N	3°00'42.0"E
16/11/2015	3 km nord est de hammam M	3,2	36°25'52.7"N	2°58'36.6"E
23/12/2014	5 km sud de chebli	4,9	36°32'39.5"N	3°00'46.2"E
16/12/2011	2 km sud est de hammam M	3,5	36°24'16.6"N	2°58'33.0"E

Tableau III.3 : Dates et Localisations des évènements sismiques dans la région de Blida.⁶⁶

⁶⁶ CRAAG, www.google.com, Wikipedia.

CHAPITRE III Cas d'étude : Cartographie de la Vulnérabilité sismique du Bâti existant de la ville de BLIDA

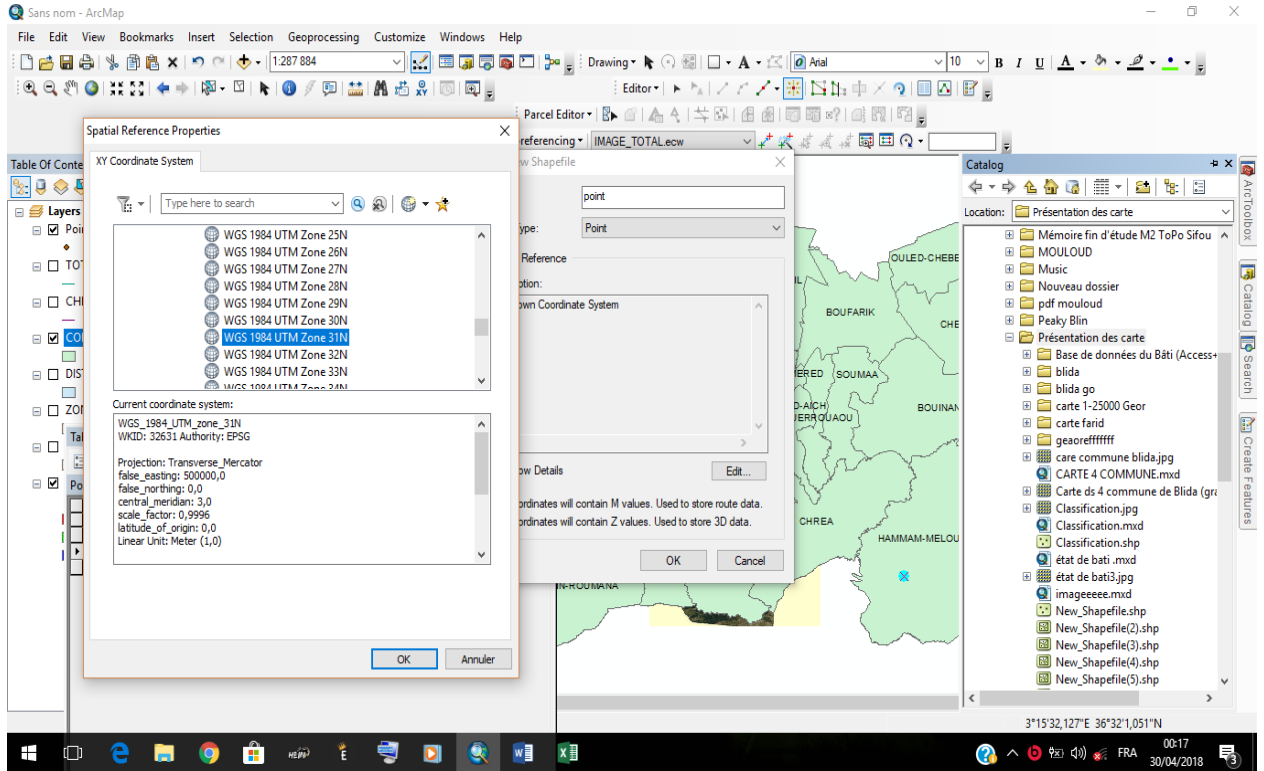


Figure (III.24) : Préparation des points a implanté dans la carte
Système de coordonnée : WGS_1984_UTM_zone_31N

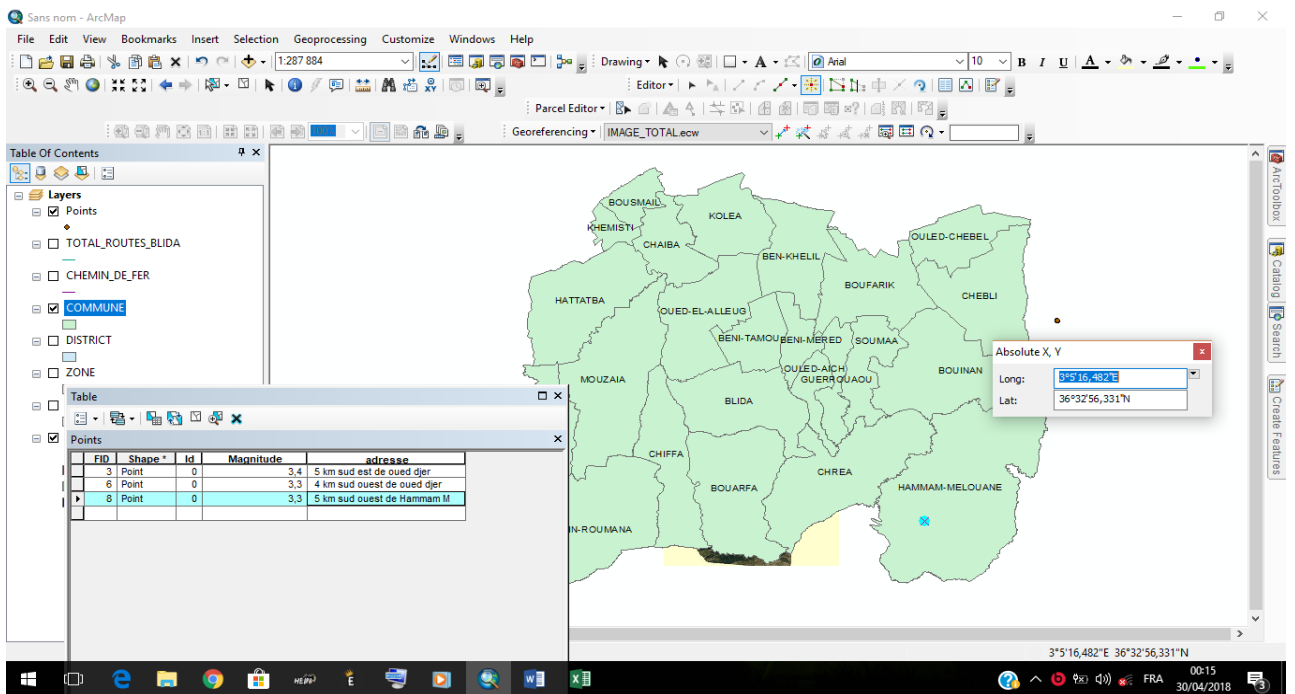


Figure (III.25) : Implantation des magnitudes à partir de leur localisation (E, N).

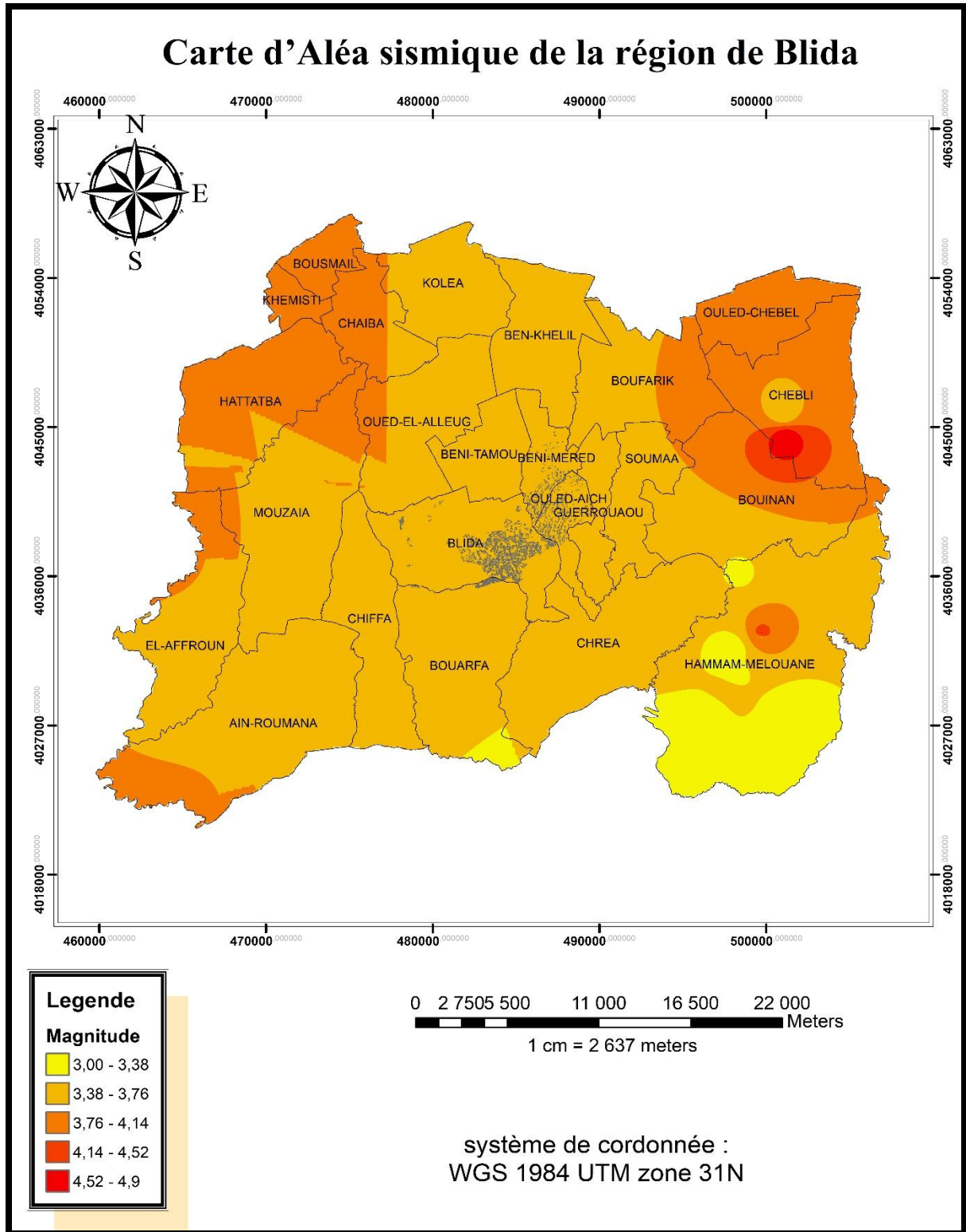


Figure (III.26) : Carte d'Aléa sismique de la région de Blida.

Commentaire :

La carte de l'aléa montre que les magnitudes les plus élevées se trouvent au niveau des communes de Chebli et Bouinan (4 – 4.9), aussi au Hammam melouane mais avec une magnitude de (3.5 - 4), par contre au niveau de la commune de Blida, une faible magnitude dans les 7 dernières années environ « 3 ».

2.4 Résultats

Après la récolte des données nécessaires et la création des cartes, on commence le traitement de ces cartes pour avoir une carte finale qui montre la vulnérabilité sismique dans la zone étudiée.

2.4.1 Les informations sur les bâtis de la zone d'étude

Notre zone se compose de plusieurs types de bâtis, en différents états, construits en différentes années (Tableau III.4, III.5, III.6).

❖ Type de construction

Type de construction	Béton armée	charpente métallique	maçonnerie	totale
Nombre de constructions	58	11	12	81
pourcentage	71%	14%	15%	100%

Tableau III.4 : Statistique sur le type de construction de la zone.

Commentaire :

La majorité des Bâtis de la zone sont construits en Béton Armé (71%), le reste des bâtis sont construits en charpente métallique ou en maçonnerie (respectivement 14 et 15 %).

❖ Date de construction

Date de construction	Avant 1981	1981 - 1999	2000 - 2003	après 2003	totale
Nombre de constructions	27	25	13	16	81
pourcentage	33%	31%	16%	20%	100%

Tableau III.5 : Statistique sur les dates de construction des bâtis.

Commentaire :

1/3 des Bâtis de cette Zone sont construit avant 1981 (33%), cela signifie que les quartiers qui forme cette zone sont vieux (constructions coloniale et historiques), Donc l'impact de ces dernier est grand dans l'estimation de l'indice de vulnérabilité de cette zone.

❖ Etat de construction

état de construction	Mauvais	moyen	Bon	totale
Nombre de constructions	8	24	49	81
pourcentage	10%	29%	61%	100%

Tableau III.6 : Statistique sur l'état de construction des bâtis.

Commentaire :

On peut dire que les Bâtis de notre zone sont en bonne santé, plus de 60% de ces derniers sont en bon état, 29% en état moyen et seul 10% qui sont en état mauvais.

Puisque l'état de construction a un grand impact sur la vulnérabilité des bâtis, donc on va voir cette influence dans les valeurs de l'indice de vulnérabilité.

2.4.2 Résultat Final (carte de la vulnérabilité sismique des bâtis)

C'est la dernière étape dans notre travail, dans laquelle on a superposer tous nos cartes (Carte de l'état de conservation du bâti, Carte de type de construction, Carte : âge du bâti, et Carte de d'aléa).

Ensuite, on a donné des coefficients (de 1 jusqu'à 9) pour chaque carte, plus un pourcentage sa dépend de l'influence de ces informations sur la vulnérabilité sismique du bâti, pour avoir à la fin, **une carte de l'indice de vulnérabilité pour les bâtis de notre zone d'étude.** (Figure III.28).

Pour faire cette Pondération, On a utilisé une méthode (weighted overlay) à l'aide de logiciel Arcmap. La figure III.28 montre les coefficients et les pourcentages de l'influence de chaque information sur les bâtis.

CHAPITRE III Cas d'étude : Cartographie de la Vulnérabilité sismique du Bâti existant de la ville de BLIDA

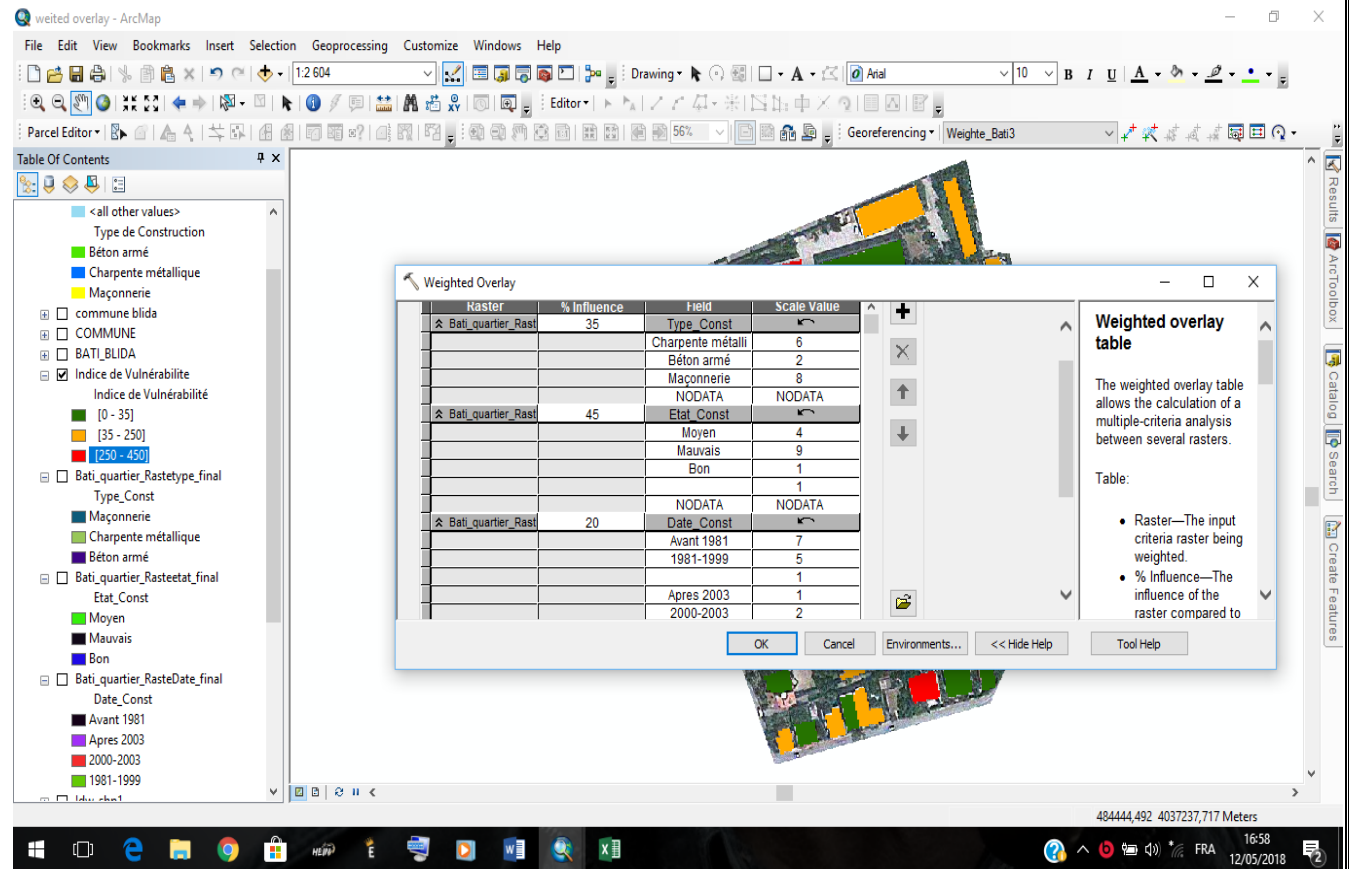


Figure (III.27) : Pondération et affectation des coefficients et pourcentages pour chaque information.

On a donné un pourcentage de 45% de l'influence de l'état de conservation du bâti, par il joue un rôle important dans le calcul de l'indice de la vulnérabilité, et on a donné respectivement 35 et 20% pour le type et la date de construction.

La classification des constructions se fait en fonction de l'indice de vulnérabilité calculé selon la méthode ci-dessous où chaque intervalle est représenté par une couleur exprimant ainsi l'état du bâti. Les valeurs de l'indice de vulnérabilité sont comprises entre [0 - 450]. (Tableau III.6). Le tableau suivant inventorie l'état des constructions selon le classement de l'indice de vulnérabilité dans les intervalles et donne les éventuels renforcements à entreprendre vis-à-vis le bâti :

Indice de vulnérabilité	Entre [0 - 35]	Entre [35 - 250]	Entre [250 - 450]
Couleur			
L'état de la bâtisse	Aucune intervention	Nécessite une intervention pour les renforcer vis-à-vis d'un séisme futur	Présentent une faible qualité sismique, ce qui signifie que leur remplacement s'avère indispensable

Tableau III.6 : Les intervalles de classement des constructions
Selon leurs indices de la vulnérabilité ⁶⁷

⁶⁷ Mehdi Boukri et Mahmoud Bensaïbi (2007), Indice de vulnérabilité des bâtiments en maçonnerie de la ville d'Alger, AFPS (école centrale de paris) ,7p.

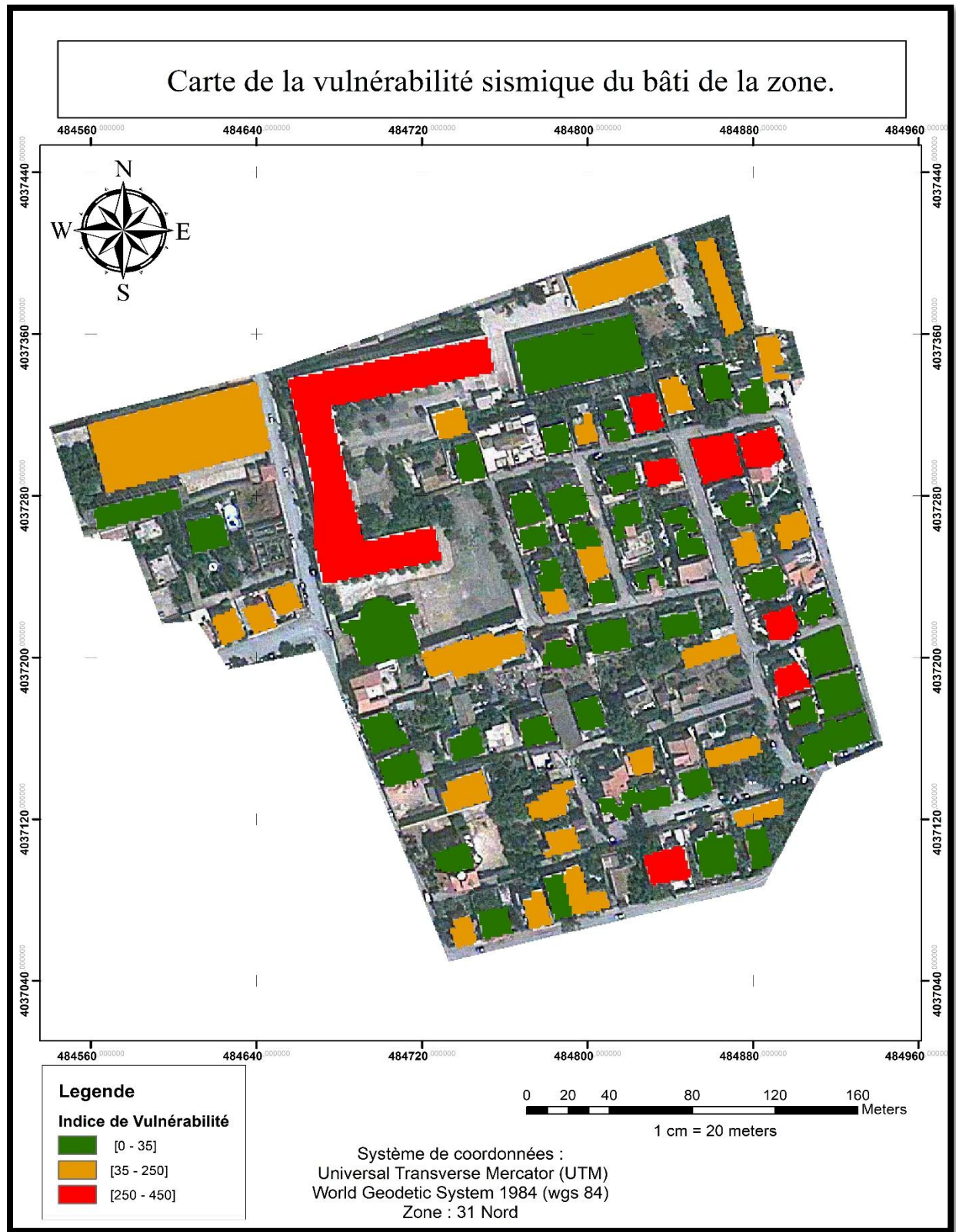


Figure (III.28) : Carte de la vulnérabilité sismique du bâti de la zone.

Commentaire :

Les résultats obtenus par l'analyse ont donné :

- ✓ La plupart des bâtiments classés en vert, c'est-à-dire la majorité des bâtis ne sont pas Vulnérables, ils peuvent résister à un futur séisme modéré.
- ✓ Les bâtiments qui étaient classés en rouge se sont en danger, Ce qui peut se traduire par un indice de vulnérabilité important (plus la structure est vulnérable, plus son indice de vulnérabilité est important).
- ✓ On voit aussi un nombre important des bâtis classés en orange, donc nécessite une intervention pour les renforcer vis-à-vis d'un séisme futur
- ✓ Ainsi ceci prouve l'efficacité de la méthode de l'indice de vulnérabilité comme outil d'estimation de la qualité sismique des constructions.

On peut aussi généraliser cette application sur tous le Bâti de la ville, pour avoir les zones les plus Vulnérables qui nécessitent, une intervention immédiate ou à long terme.

3 Conclusion

Les résultats obtenus nous donnent une idée sur la vulnérabilité globale de la ville vis-à-vis de l'action sismique, nous pouvons ainsi cerner les zones les plus à risque.

Nous avons aussi mis en évidence les bâtis les plus vulnérables permettant ainsi une estimation chiffrée des dommages qui pourraient résulter d'un tremblement de terre.

Cette étude peut être utilisée pour réduire le risque sismique et intervenir sur les éléments à risque surtout qu'une hiérarchisation des interventions peut être aussi déduite des résultats présentés.

Enfin ces moyens d'analyse peuvent être considérées comme une première ébauche d'un arbre de décision qui pourrait être suivi dans le cadre d'une politique active de connaissance et de renforcement des constructions existantes en fonction des paramètres pathologiques des structures et leur capacité de résistance aux efforts latéraux dans le but d'entreprendre d'éventuels renforcement si-nécessaire.

Conclusion Générale

Dans notre travail qui consiste de cartographier la vulnérabilité sismique du bâti existant dans un cas de la ville de Blida, on a choisi une zone pour un exemple généralisable sur toute la ville.

Dans ce mémoire de fin d'étude on parle de la vulnérabilité sismique en général et en particulier du bâti existant en Algérie, sachant que le nord algérien est à 70 % sismique et notre zone d'étude est située dans une zone sismique (zone III) selon le règlement parasismique Algérien (RPA,1999-2003).

La cartographie comme une technique importante a une grande utilité dans la communication et à l'aide de décision, on a montré son utilité dans l'évaluation du risque sismique et cela fait à l'aide d'un système information géographique appelé SIG, qui contiens de différente logiciel, parmi ces derniers on situ, l'Arcmap, le logiciel avec notre travail est réalisé.

Dans notre application, on a trouvé beaucoup de contrainte, surtout dans la phase d'avoir les données nécessaires sur les bâtis de la zone de Blida, comme l'indice de vulnérabilité des bâtis existant. Et pour cela on était obligé d'utilisé une méthode de pondération pour avoir cet indice de vulnérabilité d'une façon empirique, car on n'avait pas les données souhaités avoir pour les cartographier directement.

Ce travail a été fait pour le but de réalisé une carte de vulnérabilité des bâtis existant dans un cas de la ville de Blida, et cela a été fait, après une réalisation de plusieurs cartes en particulier, dans une zone qu'on peut ensuite la généraliser sur toute la ville de Blida, à partir d'une étude d'inventaire faite par le CGS et des évènements sismique et études géologique de la zone étudier.

Référence Bibliographies

1. Schmid, M., et Hegg, C., « Le rôle de la science dans la gestion des dangers naturels et des risques majeurs : Compétences scientifiques en Suisse et au sein de la Genève internationale », Série PLANAT (Plate- forme National Dangers naturels), Vol. 1, (2006).
2. AFPS, « Vulnérabilité Sismique du Bâtis Existant : approche d'ensemble », Cahier Technique n°25, France, (2005).
3. Federal Emergency Management Agency, FEMA, HAZUS MH-5: "Earthquake Loss Estimation Methodology", Technical and user's Manual, (2004), Washington, DC, United States.
4. Boukri, M., "Détermination de l'indice de vulnérabilité des constructions en maçonnerie de la ville d'Alger", Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab, Blida, (2003), Algérie.
5. V. Pellissier, M. Badoux. Estimation Du Risque Sismique De La Ville D'aigle, Mandat Eca, Pully, Switzerland.
6. AFPS, « Vulnérabilité Sismique du Bâtis Existant : approche d'ensemble », Cahier Technique n°25, France, (2005).
7. Federal Emergency Management Agency, FEMA, "HAZUS99: Earthquake Loss Estimation Methodology", Technical Manual, (2002), Washington, DC, United States.
8. Boukri, M., Farsi, M.N, Mébarki, A., Belazougui, M., "Development of an integrated approach for Algerian building seismic damage assessment". Structural Engineering and Mechanics, V.47, n° 4, (2013), 471-493.
9. Chiroiu, L., "Modélisation de dommages consécutifs aux séismes. Extension a d'autres risques naturels", Thèse de Doctorat en Géographie, (2004), Université Paris 7 – Denis Diderot, France.
10. Risk-UE, "An advanced approach to earthquake risks scenarios with to applications different European towns, WP4: Vulnerability of current buildings", (2003).
11. Milutinovic, Z. V. and Trendafiloski, G. S., "RISK-UE: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns", WP4: Vulnerability of current buildings, (2003).

12. Applied Technology Council, ATC-40., "Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings", V. 1, (1996), Redwood City, California, USA.
13. Risk-UE, "An advanced approach to earthquake risks scenarios with to applications different European towns, WP4: Vulnerability of current buildings", (2003).
14. OYO Corporation, RADIUS Methodology, Report IDNDR, (August, 2000).
15. Okasaki, K. and Radius Team., "Radius Initiative for IDNDR-How to Reduce Urban Seismic Risk", Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering, (2000), Auckland, New Zealand.
16. wasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe S., Yasuda S., Sato H. "Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods". Proc., 3rd International Conference on Microzonation, USA, (1982).
17. 48. Bensaïbi, M., Djaalali, F., Belheouane, I., Bourahla, N., "Vulnerability Index Method - Algiers case study", Seventh National Conference of Earthquake Engineering, Istanbul, Turquie, (30 Mai-3 Juin 2011).
18. Djaalali F., « Détermination des courbes de vulnérabilité pour le bâti en maçonnerie de la capitale Alger (Algérie) », thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics, Alger, (2013).
19. Djilali HADJ IDRIS., " VULNERABILITE SISMIQUE DE LA VILLE DE TIPAZA", Mémoire de Magister, Université Saad Dahlab, Blida, (2014), Algérie.
20. Lang, K. 2002. Seismic vulnerability of existing buildings. Thèse de Doctorat, Institut Fédéral Suisse de Technology, pp.
21. M.béguin , pumain , ' la représentation des données géographique ' , colin , cursus , paris , 1994.
22. Internet, Google, Wikipédia.
23. M.béguine, D. pumain, La représentation des données graphique, colin, cool, paris 1994.
24. Carte topographique de Blida échelle 1/25000, INCT, 2018, Alger.
25. Bertin J, la graphique et le traitement graphique de l'information, paris 1977, 250 P
26. <https://avionic-online.com/2018/01/cartes-aeronautique>
27. Bertin Jacques, Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes. Paris, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 1999.

28. Ehrensvärd, Ulla (2006). Nordiska Kartans Historia (The History of the Nordic Map). Art-Print Oy, Helsingfors,Finlande.ISBN 951-50-1633-9.
29. Mr. Monmonier , comment faire mentir des cartes ,ED flamarion , paris, 2003.
30. Ehrensvärd, Ulla (2006). Nordiska Kartans Historia (The History of the Nordic Map). Art-Print Oy, Helsingfors,Finlande.ISBN 951-50-1633-9.
31. Rystedt, B., 2006: The cadastral cartographic heritage of Sweden. http://www.e-perimetron.org/Vol_1_2/Vol1_2.htm.
32. CHATELAIN J.-L., YEPES H., GUILLIER B., FERNANDEZ J., VALVERDE J., KANEKO F., SOURIS hL, DUPEFXER E., HOEFER, *Revue de Géographie AZpirte*, Tome LXXXII, no 4, pp. 131-150.
33. Brewer, C. A., 2005: Designing Better Maps: A Guide for GIS Users. Esri Press, Redlands, USA.
34. S.S.S, Service Sismologie Suisse.
35. Cartographier le risque associé aux maladies contagieuse (<http://www.sa.inra.fr/>) ; résumé de la thèse de doctorat de Sylvain Coly «M éthodes spatiotemporelles de cartographie du risque pour maladies contagieuse s» soutenue le 25 octobre 2016 à l'université Clermont.
36. Bertin Jacques, Sémiologie graphique. Les diagrammes, les réseaux, les cartes, Paris, en Sciences Sociales, 1999.ISBN 978-2713212772.École des Hautes Études
37. CGS, centre national de recherche appliqué en génie-parasismique.
38. Mr boukri thèse de doctorat sur la vulnérabilité sismique du bâti algérien, université de Saad dahleb de Blida, Algérie, 2014.
39. Internet, Wikipédia.
40. Centre Français National de Télédétection.
41. Document PDF, internet, site : Wikipédia.
42. Brewer, C. A., 2005: Designing Better Maps: A Guide for GIS Users. Esri Press, Redlands, USA. ISBN 978-1 58948-089-6. Diercke International Atlas 2010. Westermann, Brunswick, Allemande.
43. Mr. Steinberg, 2002, Nicolai, Roel (2014): A critical review of the hypothesis of a medieval origin of portolan charts. Thèse. Université d'Utrecht, Pays-Bas.
44. Chatelain J. L., 1994

45. Carte de situation géographique de la Wilaya de Blida, Google, traitée par Arcgis.
46. ONS, Office National des Statistiques, 2008.
47. Trumelet, C., Blida, Récits selon Légende, la Tradition et l’Histoire, (1887).
48. Benelhadj-Saïd, Z., "Méthodes et outils pour la réduction de la vulnérabilité sismique à Blida : Étude pluridisciplinaire basée sur l'analyse des enjeux urbains et le bruit de fond sismique", Thèse de Doctorat, (2010), Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
49. Documents et Récits des autochtones de la ville de Blida.
50. Deluz-Labruyère, J., "Urbanisation en Algérie : Blida, Processus et Formes", (1988), Editions Maison de l’Orient Méditerranéen et Office des Publications Universitaires d’Algérie, Lyon – Alger.
51. Benelhadj-Saïd, Z., "Méthodes et outils pour la réduction de la vulnérabilité sismique à Blida : Étude pluridisciplinaire basée sur l'analyse des enjeux urbains et le bruit de fond sismique", Thèse de Doctorat, (2010), Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
52. Mémoires de fin d’études, Institut d’Architecture, Université Saad Dahlab, Blida, Algérie.
53. J. Deluz-Labruyère, 1988.
54. Harbi, A., "Evaluation de l’Aléa Sismique en Algérie du Nord par la Modélisation de l’Input Sismique dans les Zones Urbaines et l’Etablissement d’un Catalogue". Thèse Doctorat, (2005), Université des Sciences et Technologies Houari Boumediene (USTHB), Alger, Algérie.
55. CRAAG : Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, "Étude géologique, géophysiques et géotechniques des piémonts Est et Ouest de la ville de Blida", Rapport, (2005), Algérie.
56. Boukri, M., “Vulnérabilité sismique du bâti algérien : développement d’un outil aide a la décision”. Thèse de doctorat, UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA, (2014), Blida, Algérie.
57. Yelles-Chaouche, A., Boudiaf, A., Djellit, H., Bracene, R. "La tectonique active de la région nord-algérienne", C. R. Geoscience 338, (2006), 129-139
58. CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d’évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 1, (2013), Algérie.

59. CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 2, (2013), Algérie.
60. Yelles-Chaouche, A., Boudiaf, A., Djellit, H., Bracene, R. "La tectonique active de la région nord-algérienne", C. R. Géoscience 338, (2006), 140-145.
61. CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 3, (2013), Algérie.
62. Site officiel de logiciel ArcGis « <http://www.arcgis.com> », 2018.
63. INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection, 2018, Alger.
64. CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 5, (2012), Algérie.
65. CGS : Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, "Etude de vulnérabilité et d'évaluation du risque sismique de la ville de Blida", Rapport 4, (2012), Algérie.
66. CRAAG, www.google.com, Wikipédia,