

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE DE BATNA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister

En Aménagement des milieux physiques

Option : Dynamique des milieux physiques et risque naturels

Thème :

**Contrôle Rapide des Structures en Relation avec le
Risque et Evaluation des Dommages Causés par une
Catastrophe Naturelle : cas de séisme**

Année : 2005/2006

Présenté par :

BELKHIRI KAMEL

Devant le jury

Composé de :

Président	: Dr. M .KALLA	Maître de conférences	Université de BATNA
Rapporteur	: Dr. M. BAHEDDI	Chargé de cours	Université de BATNA
Examineurs	: Dr. H. CHABIL	Professeur	Université de Constantine
	: Dr. A. BOUDELLA	Maître de conférences	U.S.T.H.B
	: Dr. A. YAHIAOUI	Chargé de cours	Université de BATNA

INTRODUCTION

La menace engendrée par les risques naturels reste présente partout dans le monde accentué par la croissance exponentielle de la vulnérabilité au niveau mondial. Parmi les catastrophes naturelles, les tremblements de terre ont été la cause des désastres les plus meurtriers, affectant plus de 80 pays et causant la mort de plus de 1,6 millions de personnes. Chaque année, environ vingt séismes importants, de magnitude supérieure à 7, secouent la terre, selon le recensement du dernier siècle des Nations Unies.

En 1976, un tremblement de terre a tué environ 200.000 personnes dans la ville de Tangshan en Chine ; 1995 le séisme de Kobe au Japon a causé plus de 6000 morts et environ 100 milliards de dollars de pertes économiques. Plus récemment, en août 1999, à Izmit en Turquie un tremblement de terre a provoqué la mort à plus de 20.000 personnes et des pertes économiques estimées à 12 milliards de dollars, qui représente environ 7% du produit national brut de ce pays. Ces chiffres ne donnent qu'un aperçu des conséquences catastrophiques des séismes.

En 1990, le lancement de la Décennie Internationale de la Prévention des Catastrophes Naturelles (DIPCN) sous l'égide des Nations Unies, a eu comme objectif de «préparer toutes les sociétés pour faire face aux catastrophes naturelles, aux catastrophes industrielles, et environnementales connexes, de façon à réduire les pertes environnementales, humaines et sociales liées à ces catastrophes ».

Suite au développement général des techniques spatiales, des chercheurs se sont penchés sur l'utilisation de la télédétection dans le génie parasismique. Les premières études consistantes ont été réalisées après le séisme de Kocaeli, (Turquie. 1999), où l'imagerie radar et optique a été utilisée pour la détection des zones affectées.

Le Nord de l'Algérie a connu plusieurs séismes forts à modérés. Le plus violent séisme enregistré le 10 octobre 1980 à EL ASNAM (Echêlif actuellement), d'une magnitude de 7.3 (Ms), a causé plus de 5000 victimes.

Cette activité sismique est due principalement à la nature géographique de la région Maghrébine et à ces caractéristiques tectoniques à la frontière des plaques Africaine et Eurasienne, en mouvement compressif permanent.

Les travaux que nous présentons ici, abordent la question de contrôle rapide de structures en relation avec le risque et évaluations des dommages causés par une catastrophe naturelle : Cas de séisme.

Le risque de séisme est jugé important à partir des fréquences observées, dans les régions où l'activité sismique est intense, à noter la possibilité d'un séisme, dans les zones réputées non sismiques ; on connaît d'ailleurs plusieurs exemples de zones considérées comme telles jusqu'à ce qu'un séisme notable se sera produit de façon imprévue.

L'exemple de la ville de Batna est édifiant pour l'application de cette étude. Car elle est considérée par l'ensemble de ses habitants comme une ville non concernée par les séismes, une rétrospective des activités sismiques de la ville prouve bien le contraire et la probabilité de survenue d'un séisme n'est pas à écarter.

Pour faire face à une telle éventualité et maîtriser cette catastrophe nous avons élaboré une étude de la ville de Batna dont la finalité est l'élaboration d'une cartographie de risque sismique du secteur urbanisé.

- Le premier chapitre présente dans un premier temps un aperçu historique sur le phénomène des tremblements de terre. Dans un deuxième temps, un aperçu géographique puis une évolution du tissu urbain de la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre introduit une connaissance sur le phénomène sismique.
- Le troisième chapitre s'intéresse, aux concepts géologiques régional et local.
- Dans le quatrième chapitre nous avons réalisé une analyse précise de la sismicité historique et instrumentale de l'activité sismique régionale et locale, et

l'identification des failles actives, qui a fourni le cadre nécessaire de la définition de l'aléa sismique de notre région d'étude.

➤ Le cinquième chapitre introduit premièrement une méthode d'élaboration d'une cartographie des zones à risques sismiques dans la ville de Batna. Dans un deuxième temps, nous réalisons un état de prévention et la mise en place des mesures de management de catastrophes et par conséquent la mise en oeuvre de tous les moyens nécessaires pour faire face à ces risques. Il est également question de mettre en oeuvre des méthodes pour la compréhension et l'aminoplastie de la gestion du risque (désastre management).

De passer de la culture de la réaction au risque à la culture de prévention du risque.

➤ En fin, nous présentons une conclusion générale qui résume l'essentiel de notre travail.

CHAPITRE I

APERÇU HISTORIQUE ET SITUATION GEOGRAPHIQUE

I.1 Aperçu historique

La première fois où l'homme a essayé de trouver une explication rationnelle au phénomène des tremblements de terre remonte à l'époque grecque où, plusieurs séismes et volcans ont eu lieu dans la région de la mer Egée et de la Méditerranée. En effet, des philosophes tels *Strabo* et *Aristote* constataient par exemple que les séismes se produisaient le plus souvent le long des côtes qu'à l'intérieur des continents. Par ailleurs, la première idée sur la dérive des continents revient au chercheur Américain *F.B. Taylor* qui en 1910 l'annonça en se basant sur la configuration des chaînes montagneuses de l'Eurasie.

Cependant c'est *Alfred Wegener* que l'histoire retiendra comme père de la théorie de la dérive des continents car il l'a proposée clairement avec de nombreux arguments en 1912.

En effet, pour ce géomorphologiste allemand, les continents à l'origine constituaient un seul et énorme bloc qu'il appela la *PANCEE* et un seul océan appelé *PANTHALASSA*. Cet énorme continent avait dérivé depuis l'ère Mésozoïque à nos jours, et ses fragments constitutifs seraient progressivement détachés les uns des autres. L'Amérique du Sud et l'Afrique auraient commencé à se séparer au Crétacé, ainsi que l'Amérique du Nord et l'Europe, ces deux derniers restant soudés à leur extrémité nord jusqu'au Quaternaire. Cette théorie a été étayée par un grand nombre d'arguments qui sont d'ordres morphologiques, structuraux, paléo climatiques, paléontologiques et paléo magnétique.

Néanmoins, elle pêche par le manque d'un moteur de ce déplacement des continents.

Il faudra attendre plus de 50 ans pour que le géophysicien *H. HESS* de l'université de Princeton, propose en 1962 une idée nouvelle qui bouleversera les sciences de la terre; c'est l'hypothèse de l'expansion des océans. *Wilson*, 1965, de l'Université de Toronto, fut frappé par le fait que les mouvements de la croûte terrestre se concentraient essentiellement autour de trois types de structures caractérisées par une intense activité sismique et volcanique, il s'agit des chaînes de montagnes, des RMO et des failles transformantes qui sont caractérisées par un grand déplacement horizontal. L'hypothèse de *Hess* a permis enfin d'arriver à un schéma cohérent de la structure des océans, et surtout de trouver le moteur de

la dérive des continents. Ainsi est née *la théorie de la tectonique des plaques*. En effet, en se basant sur les travaux cités précédemment, des jeunes chercheurs tels que *Morgan*, *McKenzie* et *Le Pichon* entre autres développèrent la théorie de la tectonique des plaques. Il apparaît à la lumière des travaux de ces derniers, que la terre est composée d'un certain nombre de plaques lithosphériques dont l'épaisseur varie de 30 à 140km qui sont en mouvement continu. Les plaques lithosphériques qui peuvent être composées de croûte océanique seule ou de la croûte océanique et continental sont en mouvement les unes par rapport aux autres selon trois types de frontières.

- (I) Limites de convergence le long des chaînes de montagnes et zones de subduction ;
- (II) Limites de divergence le long des rides médioocéaniques ;
- (III) Limites de coulissage le long des failles transformantes. Les principales plaques tectoniques sont les suivantes: Afrique, Eurasie, Pacifique, Amérique, Indes et Antarctique.

La théorie de la tectonique des plaques met en relief l'importance de la géologie dans la compréhension des tremblements. Ainsi, est née la tectonique active ou la géologie des tremblements de terre.

I.1.1 Situation de l'Algérie par rapport aux mouvements des plaques

La chaîne tellienne (Atlas tellien) constitue le segment orogénique périméditerranéen de la ceinture active alpine et himalayenne qui s'étend du Sud-Ouest asiatique à l'Océan Atlantique. Dans la région méditerranéenne, cette ceinture est caractérisée par la convergence des plaques tectoniques africaine et eurasienne. Les travaux récents basés sur des analyses des mécanismes au foyer des séismes forts, sur les études néotectoniques. Ainsi que des méthodes très récentes basées sur des techniques spatiales telles que le GPS (Global Position System), VLBI (Very Long Baseline Interferometry) et le SLR (Satellite Laser Ranging), cette dernière montre essentiellement les déplacements globaux et non les déplacent à court terme au niveau des frontières des plaques, qui permettent des mesures de plus en plus précises sur les déplacements des plaques tectoniques, montrent que la direction du raccourcissement est NNW-SSE. Le rapprochement entre les Plaques africaine et eurasienne est d'environ 4-6mm/an (Fig. 01).

Ce contexte géodynamique régional a engendré dans le Nord de l'Algérie, sur environ 200 à 300Km de large, un ensemble de structures tectoniques (plis, failles) de direction générale perpendiculaire à la direction de convergence des plaques tectoniques ainsi qu'une activité sismique relativement élevée (Fig.02). Cette sismicité est superficielle d'où son caractère souvent destructeur. (Ref.2)

I 1.2 Conditions sismo-tectoniques régionales

La répartition des zones sismiques de l'Algérie est indiquée sur la (Figure n°03), cette carte a été préparée sur la base de l'échelle Marcalli modifiée (1931) notons que les zones d'activité sismiques sont concentrées au Nord et au Nord-Est de l'Algérie, le long de la chaîne côtière qui s'étend entre Oran et Annaba, et dans la région du Hodna et des Aurès. Une troisième zone d'activité se trouve dans l'Atlas passe par Gabes en Tunisie, Biskra et Laghouat en Algérie et Agadir en Maroc.

I.1.3 Classification des zones sismiques en Algérie

Le règlement parasismique Algérien (version 2003), divise le territoire national en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies comme suite:

- Zone 0: sismicité négligeable
- Zone I: sismicité faible
- Zone (II a – II b): sismicité moyenne
- Zone III: sismicité élevée

La carte des zones sismique de l'Algérie, et le zonage globale des différents Wilaya. Représenté sur la (Figure n°04).

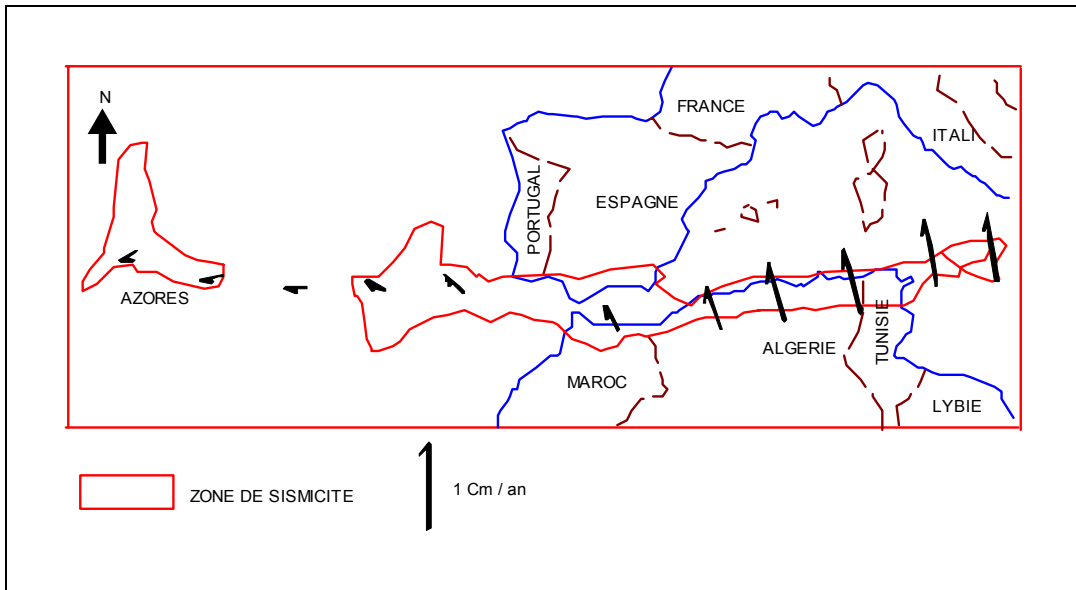


Figure 01 : La limite des Plaques Africaine et Eurasienne. Les flèches indiquent le taux et la direction du raccourcissement. Réf [4].

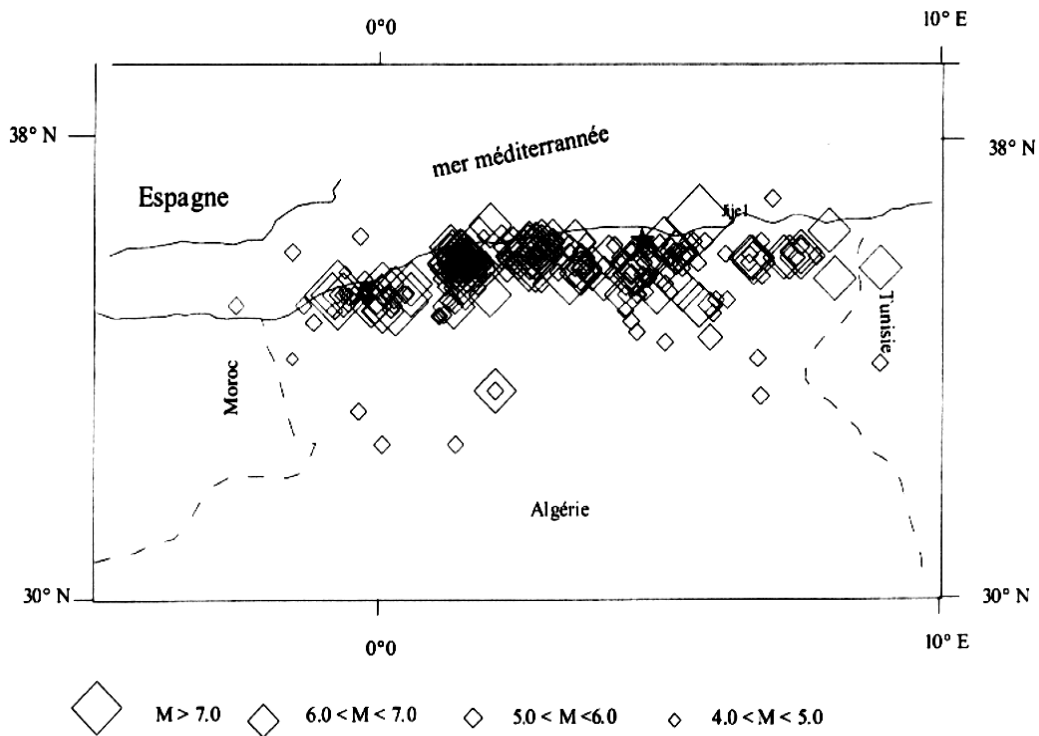


Figure 02 : Distribution spatiale des tremblements de terre en Algérie du Nord. Réf [4].

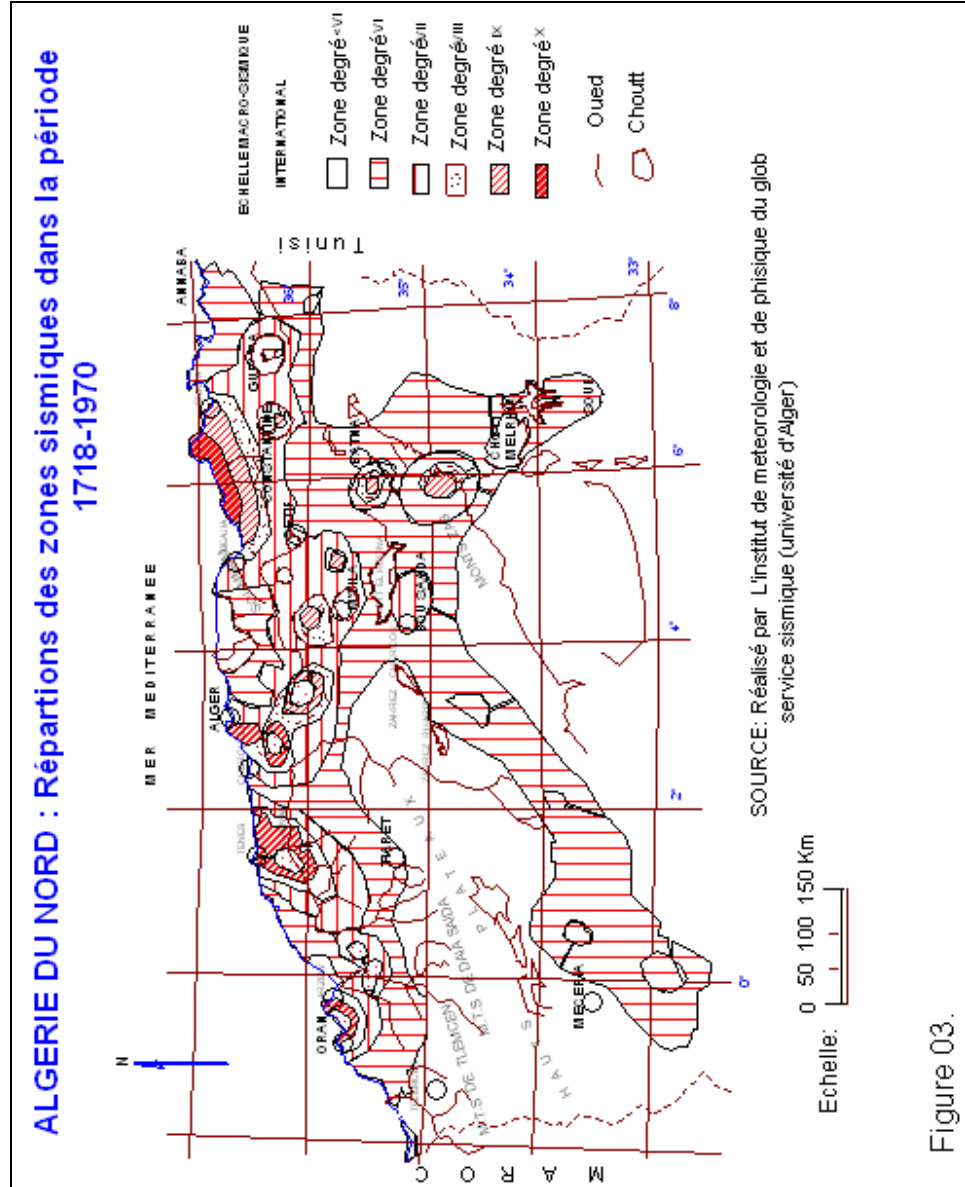
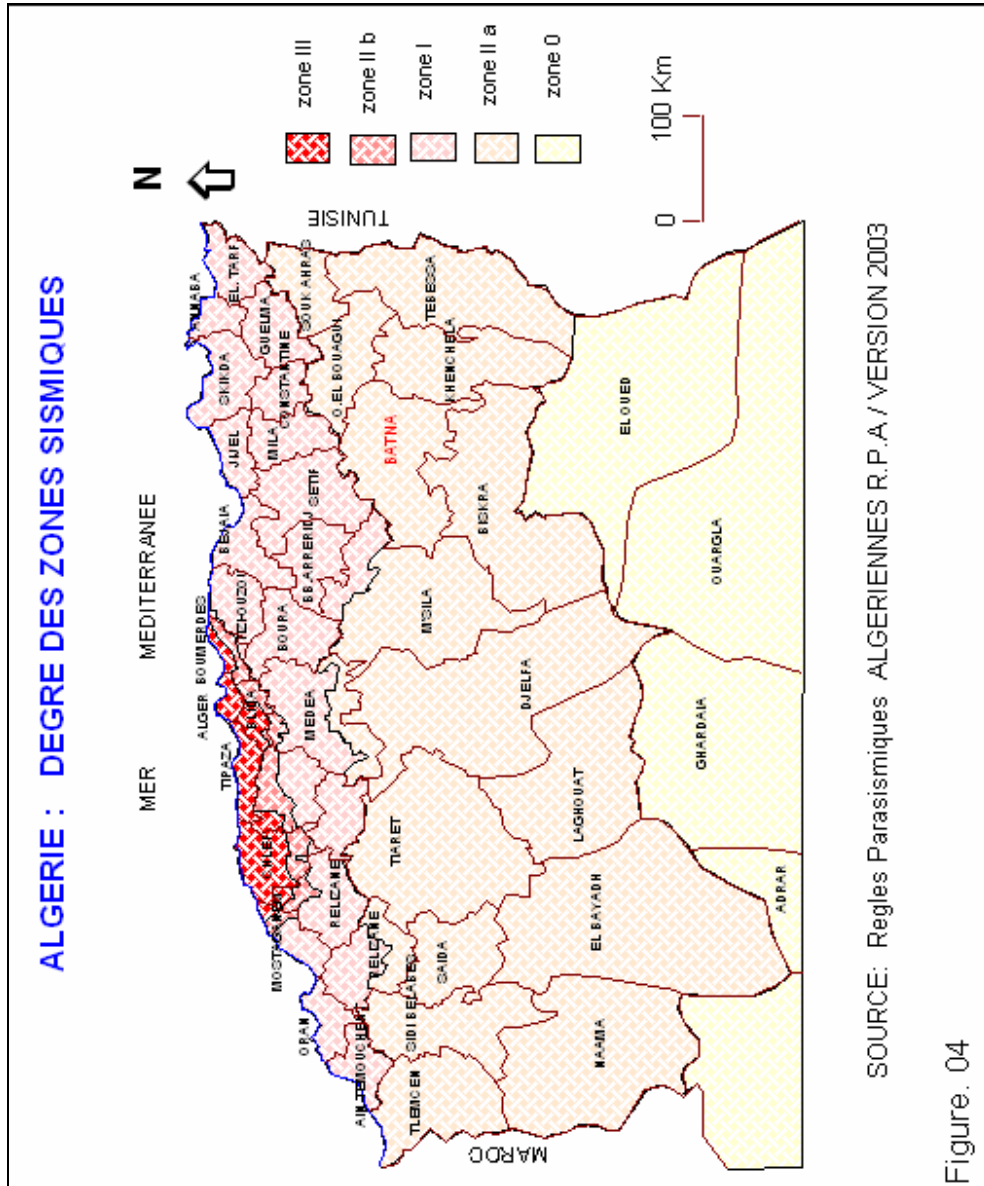


Figure 03.



I.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Introduction

Batna, chef lieu de la Wilaya, située au nord du massif de l'Aurès et constitué un pôle commercial de la région agricole.

Batna fut fondée sur un terrain marécageux le 12 février 1844, ce lieu était connu sous le nom de «Betna».

Le décret de 1848 lui donne le nom de «nouvelle Lambèse» avant qu'elle ne soit appelée «Batna» et restera longtemps une ville de garnison.

I.2.1 situation géographique

La commune de Batna (zone d'étude) est située à la latitude Nord 35°33' et 6°11' de longitude Est ; Occupe une superficie de 11641ha. Les limites de la commune sont : Tazoult au sud, Fesdis au nord, Oyoum el assaffer à l'ouest et Oued châaba à l'est.

I.2.2 Eléments statique

- **Relief**

Le relief de la commune est composé de deux grands ensembles :

- Les zones montagneuses très accidentée au Nord-Ouest : (Dj-Tichao, Dj-Kasro, Dj-Bouarif) et au Sud (Dj-Tch.all) ; Le point culminant de cette région est le (Dj-Tichao 2141mètres d'altitude).
- Une zone de plaines située entre les deux grandes chaînes montagneuses.
- Du côté hydrographique, l'Oued Gourzi représente ; La source la plus importante vu qu'il est à écoulement permanent ; Il y a d'autres Oueds qui prennent leurs sources dans la zone montagneuse et déversent dans la plaine. leurs apport en hydrologique est très important.

- **La sismicité**

Le séisme historique le plus fort qui a affecté le site d'étude était d'une intensité(IX) (Rosi Forelle d'après Rothé 1949), et de magnitude 6,5 (Mm). a la date du 16 mars 1924 D'autres séismes ont eue lieu sont :

- le 17 janvier 1885 d'une intensité (VIII) à N'Gaous. De distance épacentrale 75Km de la ville de Batna.

- Le 02 octobre 1970 un séisme dans la région de Batna de magnitude 4,5(Mm).
- Le 20 mai 1986 de magnitude 4,6 et d'intensité (VI) à eu lieu entre Batna et Constantine.
- Le 09 septembre 1988 à Aïn Touta de magnitude 4.1 et d'intensité (V) d'épicentre à la distance de 47Km de Batna.
- Le plus récent date du 09 Mars 2005 de magnitude 4,9 (Mm) à Merouana.

- **Le climat**

Le climat de la région et de type semi-aride, (voire tableau n°1).

Tableau N° 01: climat de la région

Très sec	Sec	Sub-humide	Humide
Juin, Juillet, Août	Septembre, Octobre	Avril, Mai	Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars

- **La température de l'air**

Le froid s'installe dès novembre et dure jusqu'au mois de mars ou la température est inférieure à 10C°. Les mois de Décembre, Janvier et Février sont particulièrement rigoureux. La saison estivale est assez agréable de température entre 20C° et 25C° avec le mois de Juillet le plus chaud.

- **L'humidité :** Elle exprime le rapport en pourcentage de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air (Pa) à la pression de vapeur saturée (Pr) dans les mêmes conditions de mesures des températures lues au thermomètre sec et de pression.

L'humidité est plus élevée en hiver qu'en été, (humidité relative moyenne mensuelle, varie entre 40% en juillet et 74,3% en décembre).

- **Les vents :** Les vents dominants dans la région sont ceux du Sud-Ouest, en provenance du Sahara, c'est ainsi que le sirocco (vent chaud et sec) est très fréquent grâce à son pouvoir desséchant, il peut endommager les cultures.

Les vents du Nord-Est sont secs et froids, le vent chaud du Sud apparaît au printemps en liaison avec le passage des perturbations en Méditerranée.

La vitesse moyenne mensuelle du vent varie entre 3,26m/s en septembre et 4,22m/s en avril.

- **Les précipitations** : C'est la hauteur de la lame d'eau recueillie par le pluviomètre, quelque soit l'origine de cette eau, pluie, gèle ou neige.

Notre région reçoit entre 300 et 500mm de pluies par an. la valeur maximale de précipitation est observée au mois de septembre avec 37,71mm/mois et une valeur minimale de 8,77mm/mois en juillet.

I.2.3 Les ressources naturelles

- **A) Les ressources minières non métalliques** : La région est assez riche en substances utiles non métalliques d'origine sédimentaire. Les principales substances recensées sont des roches carbonatées calcaires et dolomies. Il existe également des grès, des argiles, du gypse triasique ainsi que des sables alluvionnaires d'oueds.

- **B) Les ressources hydriques** : Les eaux de surface ne sont pas très importantes parce que, d'une part les, Oueds sont à écoulement intermittent et d'autre part, parce que la pluviométrie est limitée. Enfin et pour une année humide, les eaux de crues, estimées à 370m³/s ne sont pas mobilisées totalement par manque, d'ouvrages et sont drainées vers les dépressions du nord de la commune.

Les eaux souterraines dont l'importance n'est pas connue pour absence d'étude hydrologique.

- La nappe du mio-pliocène
- La nappe du turonien

Les débits extraits sont moyens à faibles.

D'autres ressources naturelles à potentialités notamment touristiques, sont recensées Il s'agit de :

- Sites archéologiques
- Paysages et vues panoramiques.

I.2.4 Les ressources humaines

- **Potentiel humain** : La commune de Batna a connu un fort dynamisme démographique, entraînant une remarquable évolution notamment pour la dernière décennie (5,34% en moyenne par an). Il y a atteinte à 242940 habitants sur 77915 ménages.

- **Zone industrielle** : Elle occupe une superficie de 314,15ha et est facilement Accessible. Elle est composée d'une centaine d'unités économiques actives.

La croissance industrielle a été rendue possible grâce à l'action conjuguée de moyens structurants : zone d'activité – énergie – main d'œuvre – eau – matière première – réseaux de communication et de transport.

- **La voirie :** L'existence d'axes routiers d'importance nationale qui facilitent les échanges et la liaison avec d'autres villes.

Il s'agit de la RN03 (Nord-Sud) vers Constantine vers Biskra ; La RN31 (Est-ouest) vers Tazoult ; La RN88 (prolongement de la RN31 vers Khenchela) ; La RN77 (reliant Batna à Sétif) vers Merouana.

- A cela s'ajoute les liaisons ferroviaires reliant les ports Annaba et celui de Skikda à Touggourt en passant par Batna et la rocade Aïn Touta – Barika – M'Sila – Bourdj Bou Arreridj.

- **Energie :**

- Un passage d'une ligne haute tension (220Kv) en provenance de Aïn M'Lila.
- Passage de Gazoduc Hassi R'Mel – Skikda.
- Un transformateur électrique (220/150/60/30Kv) au niveau de la zone industrielle.

- **L'habitat :** L'agglomération de Batna datant de 1844, s'est constituée, au cours de différentes étapes de croissance selon des modes différents d'occupation du sol. De ce fait, tous ensembles urbains s'insèrent dans 03 types de tissu.

- Le tissu central mixte représentant le centre ville, conçu suivant un plan en damier et regroupent les principaux équipements représentatifs de la ville.
- Le tissu périphérique très hétérogène dans la prédominance de l'habitat individuel.
- Le tissu des zones d'habitat urbain nouvelles (ZUHN I et II), représentant le programme d'habitat collectif, individuel et les équipements d'accompagnement.

Le R.G.P.H de 1999 concernant les logements donne les résultats suivants :

Tableau N° 02: Nombre de construction

Nombres d'immeubles				
Habités	Occupé	Non occupé	Professionnel	total
32077	35869	8257	1712	77915

- **Evolution du tissu urbain** : L'installation de la division militaire de Constantine à Batna en 1850 et la construction du chemin de fer ont donné naissance au premier noyau de la ville coloniale.

Jusqu'à 1923 la ville était structurée en (02) parties séparées par Oued Batna.

- Le noyau colonial à l'intérieur de la forteresse (au Nord).
- Z'MALA comme quartier traditionnel (au Sud).

- **1923 – 1945** : Durant cette période, Batna va jouer son rôle de centre administratif et commercial, en raison de son niveau d'équipement. Ce qui a permis un nouvel effort de colons (en 1925 : 11000habitants, en 1930 : 13000habitants, en 1940 : 15000habitants), cette situation s'est traduit par l'éclatement du noyau en 03 direction.

- Nord – Est : par le quartier stand.
- Nord – Ouest : par le quartier fourrière.
- Sud – Est et Sud – Ouest : par les premières constructions de deux (02) futurs quartiers de l'agglomération Chekhi et Bouakal.

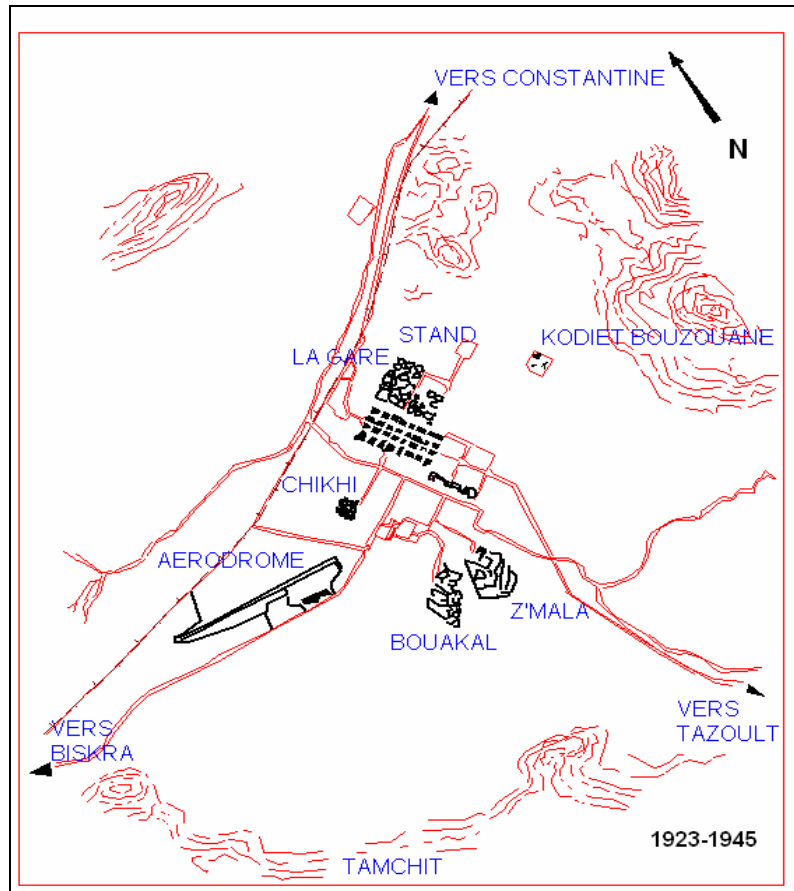
- **1945 – 1962** : Cette étape de croissance coïncide avec le lancement du plan de Constantine et la guerre de libération. Cette situation s'est traduite sur le plan spatial par les opérations suivantes.

- Au Nord (les quartiers européens).

L'introduction des immeubles collectifs, et le renforcement du potentiel militaire par la construction des casernes.

Au Sud (les quartiers traditionnels). Le regroupement d'une grande partie de la population durant la guerre dans les citées de recasement.

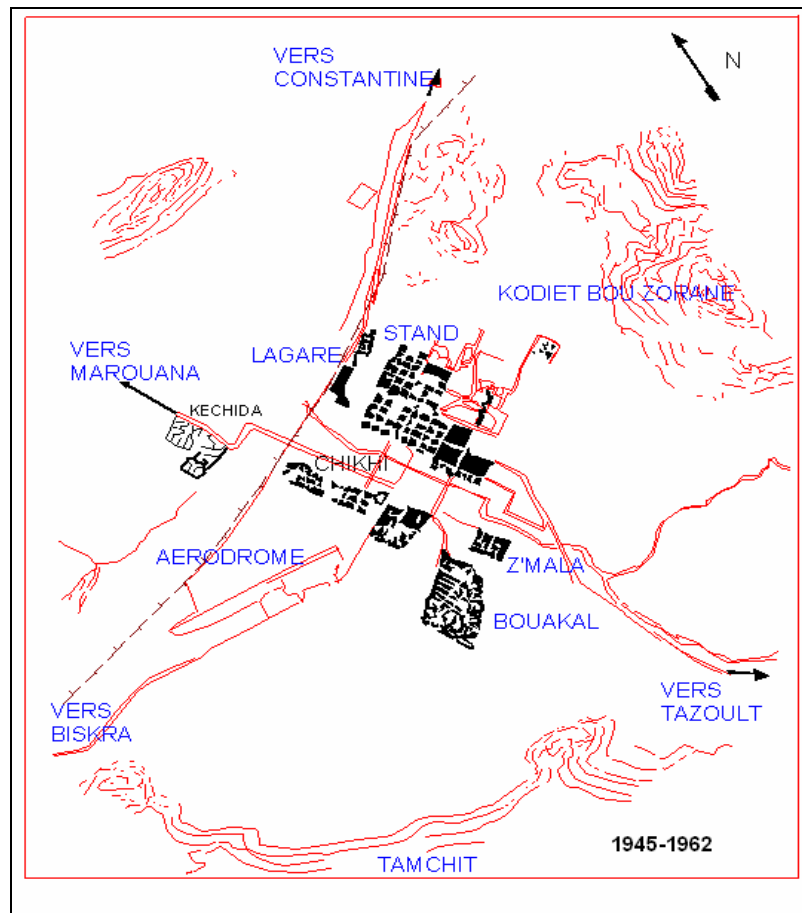
Cité Chekhi avec 252 logements, cité Kechida avec 260 logements et l'apparition de nouveaux quartiers, Kechida à l'Ouest, Parc à Fourage à l'Est et l'extension des quartiers traditionnels Bouakal, Chekhi, Z'Mala et la cité évolutive, pour recevoir une population qui passe de 25000 habitant en 1949 à 55000 habitants en 1962.



Réf 26.

Figure 05 : Ville de Batna Période 1923-1954

- **1962 – 1978** : Après l'indépendance, Batna n'a pas connu de développement spectaculaire, l'extension est apparue uniquement aux quartiers traditionnels Bouakal, Chikhi et Parc à fourrage. Le lancement du programme spéciale Aurès 1968 a impulsé une dynamique nouvelle et ce dans tous les secteurs notamment le secteur socio-économique. Cette dynamique s'est traduite par de nombreuses réalisations d'équipements, d'infrastructures et d'habitat, ce qui a permis à l'agglomération de palier à son retard accumulé depuis la guerre d'indépendance.



Réf 26

Figure 06 : Ville de Batna Période 1945-1962

- **Les équipements**

- Complexe hospitalier + Polyclinique – Hôtel de la Wilaya – Zone industrielle (1971).
- Institut Islamique – Maison de la culture – Parc des sports – Centre de formation professionnelle – Lycée polyvalent + CEM + 02 Ecoles normales.
- Centre de protection civile – Ecole pour aveugles – Aménagement du CNET en Lycée technique.

Le deuxième fait marquant de cette période est l'élaboration du premier plan d'urbanisme (PUD) 1978 dont l'objectif est de définir les zones d'extension.

Le PUD définit 03 secteurs d'extension.

. **Secteur 1** : (Nord Est)

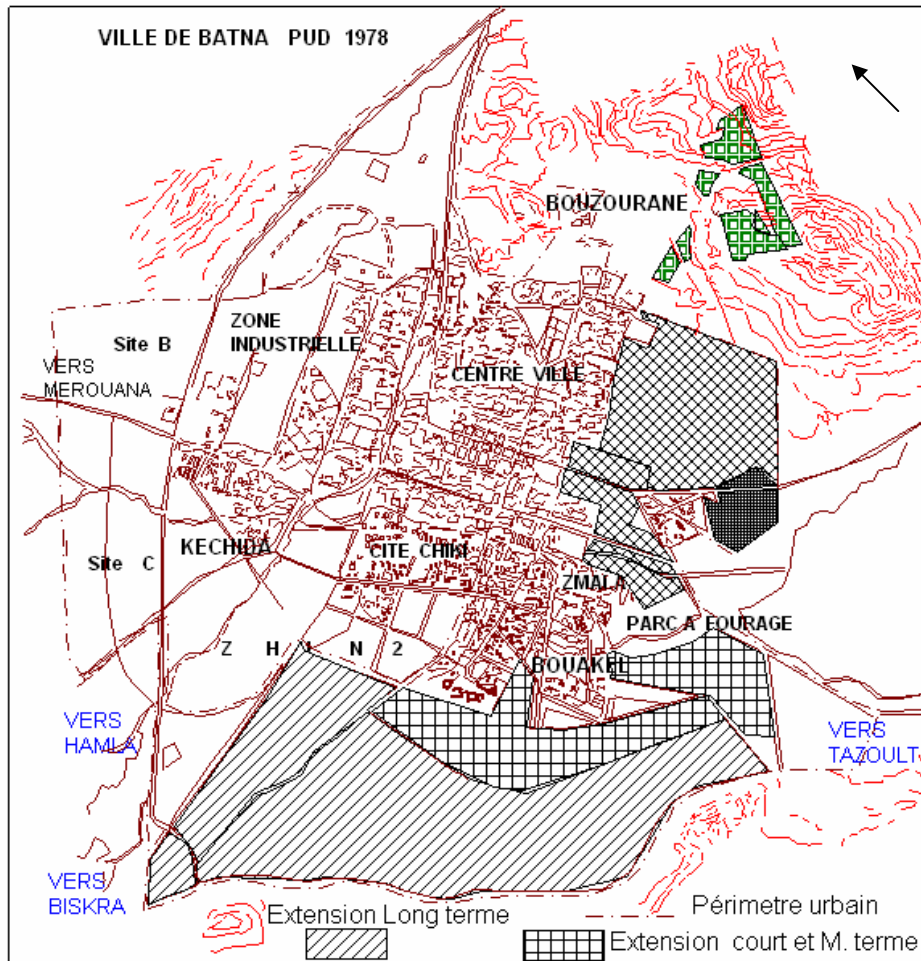
- La zone militaire. - Parc à Forage.

. **Secteur 2** : (Sud et Sud Ouest)

- Création de deux ZHUN (ZHUN 1, ZHUN2) : un programme d'habitat et d'équipement pour le long terme.

. **Secteur 3** : Extension prévue pour la zone industrielle au Nord-Ouest, en plan de ces zones d'extension, le PUD a proposé la création de deux voies d'évitement :

- La première au Sud, reliant la RN03 à la RN31 en direction de Khenchela.
- La deuxième au Nord, contournant l'agglomération en direction de Constantine.



Réf 26

Figure 07 : Ville de Batna en 1978

• **1975 – 1984** : (Eclatement de l'agglomération) : La recherche de l'emploi, la scolarisation et les services ont drainé un flux migratoire très important qui s'est traduit au cours de cette période par l'éclatement de l'agglomération dans tous les sens ainsi ,Bouakal ,Khechida, Parc à Fourrage et Tamchit ont connu une urbanisation spectaculaire sans

précédent. Les orientations du PUD 78 se sont concrétisées par le lancement d'un large programme d'habitat collectif et individuel : coopératives, lotissements et ZUHN.

• **1984 – 1996** : (Saturation du tissu urbain) : La réalisation du programme prévu dans le cadre du PUD 78 en matière d'habitat et d'équipements n'a pas atteint ses objectifs à cause de l'ampleur et de la rapidité avec lesquelles se sont développées les constructions individuelles .cette typologie qui s'est répandue dans tous les quartiers : Khechida, Bouzourane , Parc Fourrage , Route de Tazoult et notamment dans la partie sud (Tamchit et bouakal), ou l'urbanisation est favorisée par les terrains plats ,était à l'origine de tous les problèmes que connaît l'agglomération à savoir.

- Le problème d'intégration de ces tissus urbains et leurs liaisons avec le centre.
- Le développement des quartiers périphériques sans équipements et sans support de VRD préalables.
- La création d'une monotonie angoissante dans le paysage urbain.
- L'éclatement de l'agglomération a rendu difficile le fonctionnement autour du centre, déjà saturé.

Pour maîtriser le développement particulièrement rapide et bloquer, d'une part, la prolifération des constructions illicites et d'autre part reprendre aux demandes pressantes en logement, plusieurs opérations de redressement ont été lancées à savoir :

- La restructuration des quartiers périphériques,
- La rénovation du centre ville,
- L'implantation d'équipements dans tous les quartiers de la ville.

• **Les nouvelles cites**

Cité des frères Madani	: 220logts (R+4),
Cité militaire	: 50logts (R+2),
Cité fourrier	: 68logts CNEP (4+3) et 34logts wilaya(R+2),
Cité 20 Août (semi-collectif)	: 114logts (R+1),
Cité 84 logts (semi-collectif)	: 84logts (R+1),
Cité Eco tec et frères Azzoult	: 50logts (R+4) + 114logts,
Cité des fonctionnaire	: 92logts (R+2),

Cité 45logts (cité Million) :100logts (R+1),
100logts de la cité chi khi : 100logts (R+4) en état vétuste

- **L'infrastructure de santé :** L'existence d'un centre hospitalo-universitaire (C.H.U) qui regroupe cinq (05) infrastructures totalisant 964 lits.

En matière d'infrastructure de santé, aucune évolution n'a été enregistrée au profit de la commune de Batna depuis 1993.

Le secteur de la santé est renforcé par l'apport des services du secteur privé qui est représenté par les cabinets de médecins et les officines et cliniques privées.

CHAPITRE I

APERÇU HISTORIQUE ET SITUATION GEOGRAPHIQUE

I.1 Aperçu historique

La première fois où l'homme a essayé de trouver une explication rationnelle au phénomène des tremblements de terre remonte à l'époque grecque où, plusieurs séismes et volcans ont eu lieu dans la région de la mer Egée et de la Méditerranée. En effet, des philosophes tels *Strabo* et *Aristote* constataient par exemple que les séismes se produisaient le plus souvent le long des côtes qu'à l'intérieur des continents. Par ailleurs, la première idée sur la dérive des continents revient au chercheur Américain *F.B. Taylor* qui en 1910 l'annonça en se basant sur la configuration des chaînes montagneuses de l'Eurasie.

Cependant c'est *Alfred Wegener* que l'histoire retiendra comme père de la théorie de la dérive des continents car il l'a proposée clairement avec de nombreux arguments en 1912.

En effet, pour ce géomorphologiste allemand, les continents à l'origine constituaient un seul et énorme bloc qu'il appela la *PANCEE* et un seul océan appelé *PANTHALASSA*. Cet énorme continent avait dérivé depuis l'ère Mésozoïque à nos jours, et ses fragments constitutifs seraient progressivement détachés les uns des autres. L'Amérique du Sud et l'Afrique auraient commencé à se séparer au Crétacé, ainsi que l'Amérique du Nord et l'Europe, ces deux derniers restant soudés à leur extrémité nord jusqu'au Quaternaire. Cette théorie a été étayée par un grand nombre d'arguments qui sont d'ordres morphologiques, structuraux, paléo climatiques, paléontologiques et paléo magnétique.

Néanmoins, elle pêche par le manque d'un moteur de ce déplacement des continents.

Il faudra attendre plus de 50 ans pour que le géophysicien *H. HESS* de l'université de Princeton, propose en 1962 une idée nouvelle qui bouleversera les sciences de la terre; c'est l'hypothèse de l'expansion des océans. *Wilson*, 1965, de l'Université de Toronto, fut frappé par le fait que les mouvements de la croûte terrestre se concentraient essentiellement autour de trois types de structures caractérisées par une intense activité sismique et volcanique, il s'agit des chaînes de montagnes, des RMO et des failles transformantes qui sont caractérisées par un grand déplacement horizontal. L'hypothèse de *Hess* a permis enfin d'arriver à un schéma cohérent de la structure des océans, et surtout de trouver le moteur de

la dérive des continents. Ainsi est née *la théorie de la tectonique des plaques*. En effet, en se basant sur les travaux cités précédemment, des jeunes chercheurs tels que *Morgan*, *McKenzie* et *Le Pichon* entre autres développèrent la théorie de la tectonique des plaques. Il apparaît à la lumière des travaux de ces derniers, que la terre est composée d'un certain nombre de plaques lithosphériques dont l'épaisseur varie de 30 à 140km qui sont en mouvement continu. Les plaques lithosphériques qui peuvent être composées de croûte océanique seule ou de la croûte océanique et continental sont en mouvement les unes par rapport aux autres selon trois types de frontières.

- (I) Limites de convergence le long des chaînes de montagnes et zones de subduction ;
- (II) Limites de divergence le long des rides médioocéaniques ;
- (III) Limites de coulissage le long des failles transformantes. Les principales plaques tectoniques sont les suivantes: Afrique, Eurasie, Pacifique, Amérique, Indes et Antarctique.

La théorie de la tectonique des plaques met en relief l'importance de la géologie dans la compréhension des tremblements. Ainsi, est née la tectonique active ou la géologie des tremblements de terre.

I.1.1 Situation de l'Algérie par rapport aux mouvements des plaques

La chaîne tellienne (Atlas tellien) constitue le segment orogénique périméditerranéen de la ceinture active alpine et himalayenne qui s'étend du Sud-Ouest asiatique à l'Océan Atlantique. Dans la région méditerranéenne, cette ceinture est caractérisée par la convergence des plaques tectoniques africaine et eurasienne. Les travaux récents basés sur des analyses des mécanismes au foyer des séismes forts, sur les études néotectoniques. Ainsi que des méthodes très récentes basées sur des techniques spatiales telles que le GPS (Global Position System), VLBI (Very Long Baseline Interferometry) et le SLR (Satellite Laser Ranging), cette dernière montre essentiellement les déplacements globaux et non les déplacent à court terme au niveau des frontières des plaques, qui permettent des mesures de plus en plus précises sur les déplacements des plaques tectoniques, montrent que la direction du raccourcissement est NNW-SSE. Le rapprochement entre les Plaques africaine et eurasienne est d'environ 4-6mm/an (Fig. 01).

Ce contexte géodynamique régional a engendré dans le Nord de l'Algérie, sur environ 200 à 300Km de large, un ensemble de structures tectoniques (plis, failles) de direction générale perpendiculaire à la direction de convergence des plaques tectoniques ainsi qu'une activité sismique relativement élevée (Fig.02). Cette sismicité est superficielle d'où son caractère souvent destructeur. (Ref.2)

I 1.2 Conditions sismo-tectoniques régionales

La répartition des zones sismiques de l'Algérie est indiquée sur la (Figure n°03), cette carte a été préparée sur la base de l'échelle Marcalli modifiée (1931) notons que les zones d'activité sismiques sont concentrées au Nord et au Nord-Est de l'Algérie, le long de la chaîne côtière qui s'étend entre Oran et Annaba, et dans la région du Hodna et des Aurès. Une troisième zone d'activité se trouve dans l'Atlas passe par Gabes en Tunisie, Biskra et Laghouat en Algérie et Agadir en Maroc.

I.1.3 Classification des zones sismiques en Algérie

Le règlement parasismique Algérien (version 2003), divise le territoire national en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies comme suite:

- Zone 0: sismicité négligeable
- Zone I: sismicité faible
- Zone (II a – II b): sismicité moyenne
- Zone III: sismicité élevée

La carte des zones sismique de l'Algérie, et le zonage globale des différents Wilaya. Représenté sur la (Figure n°04).

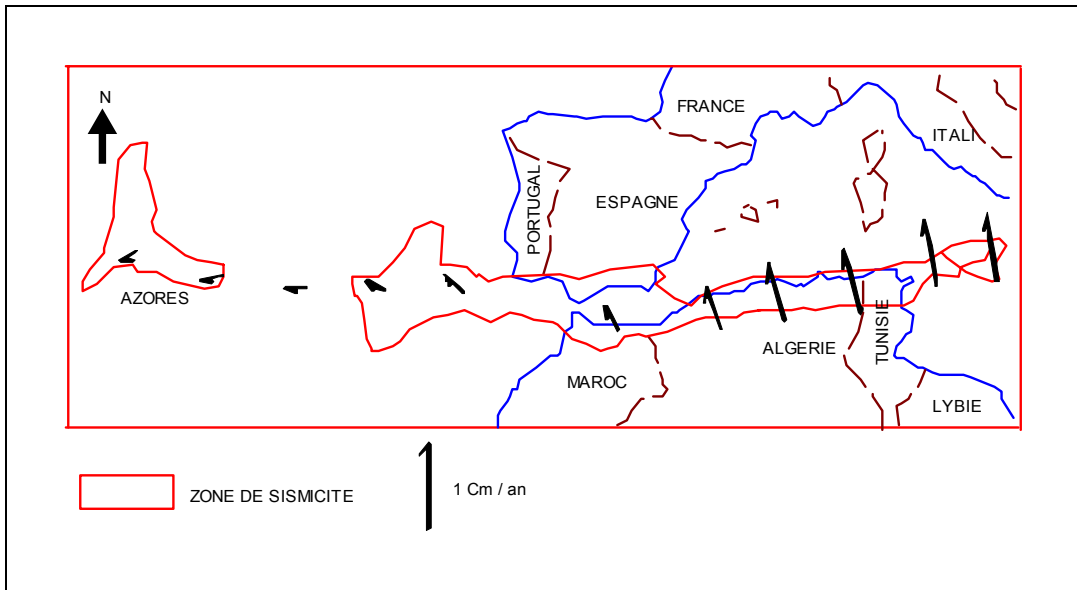


Figure 01 : La limite des Plaques Africaine et Eurasienne. Les flèches indiquent le taux et la direction du raccourcissement. Réf [4].

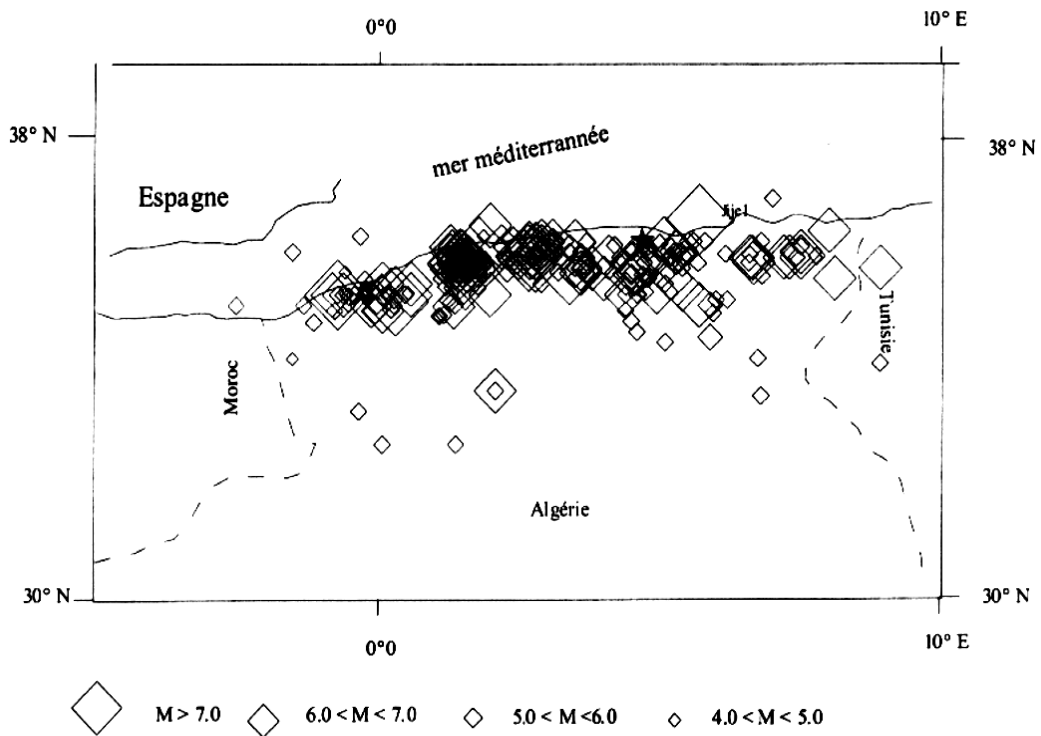


Figure 02 : Distribution spatiale des tremblements de terre en Algérie du Nord. Réf [4].

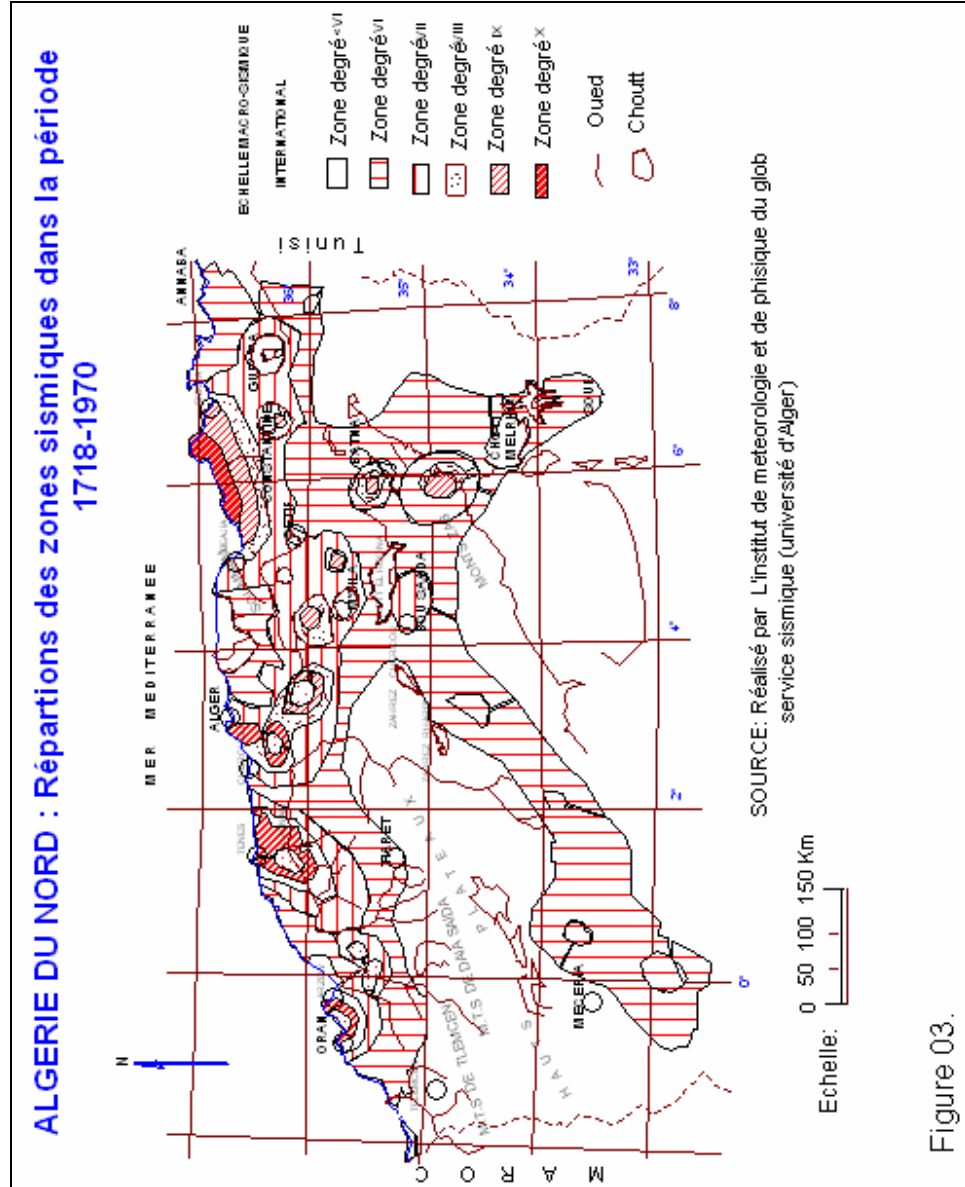
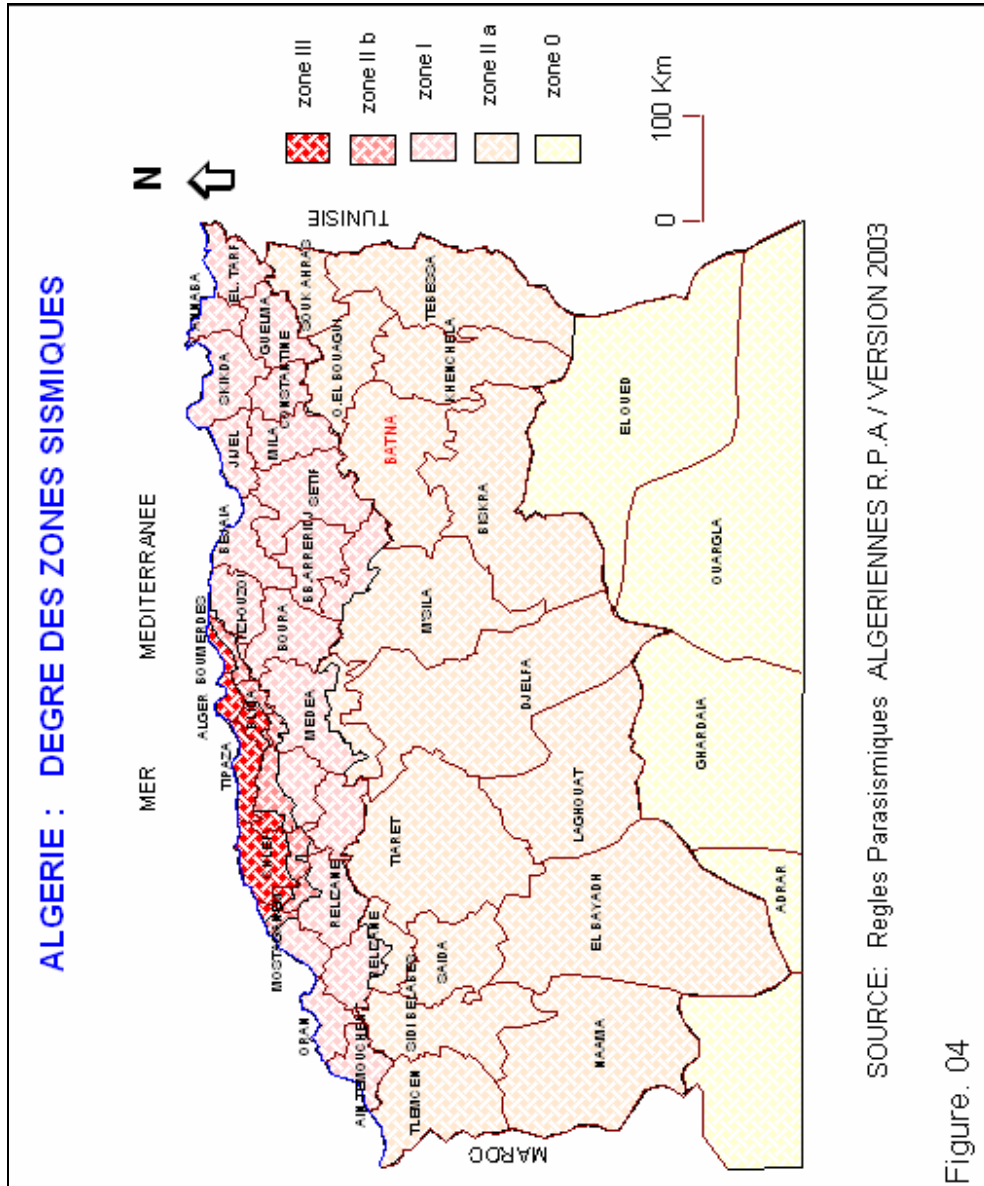


Figure 03.



I.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Introduction

Batna, chef lieu de la Wilaya, située au nord du massif de l'Aurès et constitué un pôle commercial de la région agricole.

Batna fut fondée sur un terrain marécageux le 12 février 1844, ce lieu était connu sous le nom de «Betna».

Le décret de 1848 lui donne le nom de «nouvelle Lambèse» avant qu'elle ne soit appelée «Batna» et restera longtemps une ville de garnison.

I.2.1 situation géographique

La commune de Batna (zone d'étude) est située à la latitude Nord 35°33' et 6°11' de longitude Est ; Occupe une superficie de 11641ha. Les limites de la commune sont : Tazoult au sud, Fesdis au nord, Oyoum el assaffer à l'ouest et Oued châaba à l'est.

I.2.2 Eléments statique

- **Relief**

Le relief de la commune est composé de deux grands ensembles :

- Les zones montagneuses très accidentée au Nord-Ouest : (Dj-Tichao, Dj-Kasro, Dj-Bouarif) et au Sud (Dj-Tch.all) ; Le point culminant de cette région est le (Dj-Tichao 2141mètres d'altitude).
- Une zone de plaines située entre les deux grandes chaînes montagneuses.
- Du côté hydrographique, l'Oued Gourzi représente ; La source la plus importante vu qu'il est à écoulement permanent ; Il y a d'autres Oueds qui prennent leurs sources dans la zone montagneuse et déversent dans la plaine. leurs apport en hydrologique est très important.

- **La sismicité**

Le séisme historique le plus fort qui a affecté le site d'étude était d'une intensité(IX) (Rosi Forelle d'après Rothé 1949), et de magnitude 6,5 (Mm). a la date du 16 mars 1924 D'autres séismes ont eue lieu sont :

- le 17 janvier 1885 d'une intensité (VIII) à N'Gaous. De distance épacentrale 75Km de la ville de Batna.

- Le 02 octobre 1970 un séisme dans la région de Batna de magnitude 4,5(Mm).
- Le 20 mai 1986 de magnitude 4,6 et d'intensité (VI) à eu lieu entre Batna et Constantine.
- Le 09 septembre 1988 à Aïn Touta de magnitude 4.1 et d'intensité (V) d'épicentre à la distance de 47Km de Batna.
- Le plus récent date du 09 Mars 2005 de magnitude 4,9 (Mm) à Merouana.

- **Le climat**

Le climat de la région et de type semi-aride, (voire tableau n°1).

Tableau N° 01: climat de la région

Très sec	Sec	Sub-humide	Humide
Juin, Juillet, Août	Septembre, Octobre	Avril, Mai	Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars

- **La température de l'air**

Le froid s'installe dès novembre et dure jusqu'au mois de mars ou la température est inférieure à 10C°. Les mois de Décembre, Janvier et Février sont particulièrement rigoureux. La saison estivale est assez agréable de température entre 20C° et 25C° avec le mois de Juillet le plus chaud.

- **L'humidité :** Elle exprime le rapport en pourcentage de la pression partielle de la vapeur d'eau dans l'air (Pa) à la pression de vapeur saturée (Pr) dans les mêmes conditions de mesures des températures lues au thermomètre sec et de pression.

L'humidité est plus élevée en hiver qu'en été, (humidité relative moyenne mensuelle, varie entre 40% en juillet et 74,3% en décembre).

- **Les vents :** Les vents dominants dans la région sont ceux du Sud-Ouest, en provenance du Sahara, c'est ainsi que le sirocco (vent chaud et sec) est très fréquent grâce à son pouvoir desséchant, il peut endommager les cultures.

Les vents du Nord-Est sont secs et froids, le vent chaud du Sud apparaît au printemps en liaison avec le passage des perturbations en Méditerranée.

La vitesse moyenne mensuelle du vent varie entre 3,26m/s en septembre et 4,22m/s en avril.

- **Les précipitations** : C'est la hauteur de la lame d'eau recueillie par le pluviomètre, quelque soit l'origine de cette eau, pluie, gèle ou neige.

Notre région reçoit entre 300 et 500mm de pluies par an. la valeur maximale de précipitation est observée au mois de septembre avec 37,71mm/mois et une valeur minimale de 8,77mm/mois en juillet.

I.2.3 Les ressources naturelles

- **A) Les ressources minières non métalliques** : La région est assez riche en substances utiles non métalliques d'origine sédimentaire. Les principales substances recensées sont des roches carbonatées calcaires et dolomies. Il existe également des grès, des argiles, du gypse triasique ainsi que des sables alluvionnaires d'oueds.

- **B) Les ressources hydriques** : Les eaux de surface ne sont pas très importantes parce que, d'une part les, Oueds sont à écoulement intermittent et d'autre part, parce que la pluviométrie est limitée. Enfin et pour une année humide, les eaux de crues, estimées à 370m³/s ne sont pas mobilisées totalement par manque, d'ouvrages et sont drainées vers les dépressions du nord de la commune.

Les eaux souterraines dont l'importance n'est pas connue pour absence d'étude hydrologique.

- La nappe du mio-pliocène
- La nappe du turonien

Les débits extraits sont moyens à faibles.

D'autres ressources naturelles à potentialités notamment touristiques, sont recensées Il s'agit de :

- Sites archéologiques
- Paysages et vues panoramiques.

I.2.4 Les ressources humaines

- **Potentiel humain** : La commune de Batna a connu un fort dynamisme démographique, entraînant une remarquable évolution notamment pour la dernière décennie (5,34% en moyenne par an). Il y a atteinte à 242940 habitants sur 77915 ménages.

- **Zone industrielle** : Elle occupe une superficie de 314,15ha et est facilement Accessible. Elle est composée d'une centaine d'unités économiques actives.

La croissance industrielle a été rendue possible grâce à l'action conjuguée de moyens structurants : zone d'activité – énergie – main d'œuvre – eau – matière première – réseaux de communication et de transport.

- **La voirie :** L'existence d'axes routiers d'importance nationale qui facilitent les échanges et la liaison avec d'autres villes.

Il s'agit de la RN03 (Nord-Sud) vers Constantine vers Biskra ; La RN31 (Est-ouest) vers Tazoult ; La RN88 (prolongement de la RN31 vers Khenchela) ; La RN77 (reliant Batna à Sétif) vers Merouana.

- A cela s'ajoute les liaisons ferroviaires reliant les ports Annaba et celui de Skikda à Touggourt en passant par Batna et la rocade Aïn Touta – Barika – M'Sila – Bourdj Bou Arreridj.

- **Energie :**

- Un passage d'une ligne haute tension (220Kv) en provenance de Aïn M'Lila.
- Passage de Gazoduc Hassi R'Mel – Skikda.
- Un transformateur électrique (220/150/60/30Kv) au niveau de la zone industrielle.

- **L'habitat :** L'agglomération de Batna datant de 1844, s'est constituée, au cours de différentes étapes de croissance selon des modes différents d'occupation du sol. De ce fait, tous ensembles urbains s'insèrent dans 03 types de tissu.

- Le tissu central mixte représentant le centre ville, conçu suivant un plan en damier et regroupent les principaux équipements représentatifs de la ville.
- Le tissu périphérique très hétérogène dans la prédominance de l'habitat individuel.
- Le tissu des zones d'habitat urbain nouvelles (ZUHN I et II), représentant le programme d'habitat collectif, individuel et les équipements d'accompagnement.

Le R.G.P.H de 1999 concernant les logements donne les résultats suivants :

Tableau N° 02: Nombre de construction

Nombres d'immeubles				
Habités	Occupé	Non occupé	Professionnel	total
32077	35869	8257	1712	77915

- **Evolution du tissu urbain :** L'installation de la division militaire de Constantine à Batna en 1850 et la construction du chemin de fer ont donné naissance au premier noyau de la ville coloniale.

Jusqu'à 1923 la ville était structurée en (02) parties séparées par Oued Batna.

- Le noyau colonial à l'intérieur de la forteresse (au Nord).
- Z'MALA comme quartier traditionnel (au Sud).

- **1923 – 1945 :** Durant cette période, Batna va jouer son rôle de centre administratif et commercial, en raison de son niveau d'équipement. Ce qui a permis un nouvel effort de colons (en 1925 : 11000habitants, en 1930 : 13000habitants, en 1940 : 15000habitants), cette situation s'est traduit par l'éclatement du noyau en 03 direction.

- Nord – Est : par le quartier stand.
- Nord – Ouest : par le quartier fourrière.
- Sud – Est et Sud – Ouest : par les premières constructions de deux (02) futurs quartiers de l'agglomération Chekhi et Bouakal.

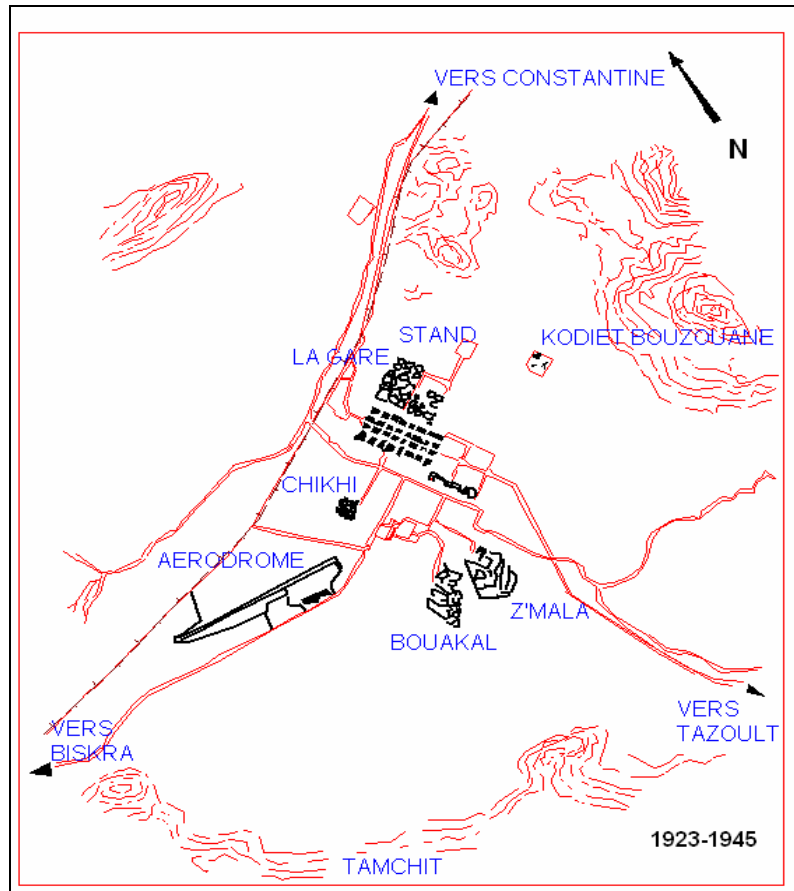
- **1945 – 1962 :** Cette étape de croissance coïncide avec le lancement du plan de Constantine et la guerre de libération. Cette situation s'est traduite sur le plan spatial par les opérations suivantes.

- Au Nord (les quartiers européens).

L'introduction des immeubles collectifs, et le renforcement du potentiel militaire par la construction des casernes.

Au Sud (les quartiers traditionnels). Le regroupement d'une grande partie de la population durant la guerre dans les citées de recasement.

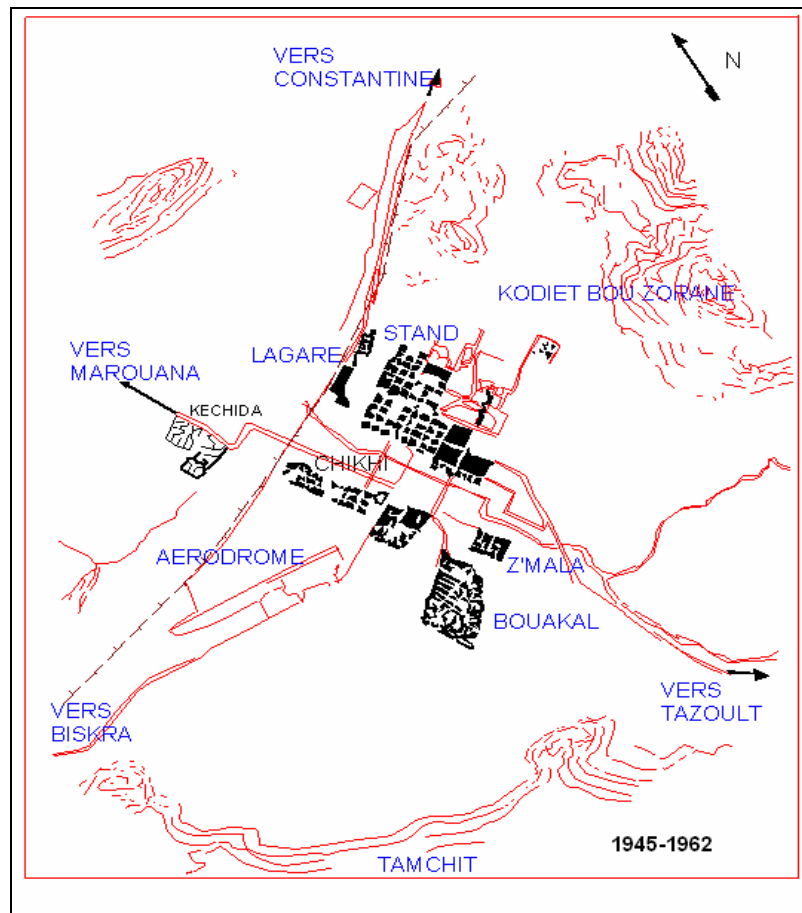
Cité Chekhi avec 252 logements, cité Kechida avec 260 logements et l'apparition de nouveaux quartiers, Kechida à l'Ouest, Parc à Fourage à l'Est et l'extension des quartiers traditionnels Bouakal, Chekhi, Z'Mala et la cité évolutive, pour recevoir une population qui passe de 25000 habitant en 1949 à 55000 habitants en 1962.



Réf 26.

Figure 05 : Ville de Batna Période 1923-1954

- 1962 – 1978 :** Après l'indépendance, Batna n'a pas connu de développement spectaculaire, l'extension est apparue uniquement aux quartiers traditionnels Bouakal, Chikhi et Parc à fourrage. Le lancement du programme spéciale Aurès 1968 a impulsé une dynamique nouvelle et ce dans tous les secteurs notamment le secteur socio-économique. Cette dynamique s'est traduite par de nombreuses réalisations d'équipements, d'infrastructures et d'habitat, ce qui a permis à l'agglomération de palier à son retard accumulé depuis la guerre d'indépendance.



Réf 26

Figure 06 : Ville de Batna Période 1945-1962

- **Les équipements**

- Complexe hospitalier + Polyclinique – Hôtel de la Wilaya – Zone industrielle (1971).
- Institut Islamique – Maison de la culture – Parc des sports – Centre de formation professionnelle – Lycée polyvalent + CEM + 02 Ecoles normales.
- Centre de protection civile – Ecole pour aveugles – Aménagement du CNET en Lycée technique.

Le deuxième fait marquant de cette période est l'élaboration du premier plan d'urbanisme (PUD) 1978 dont l'objectif est de définir les zones d'extension.

Le PUD définit 03 secteurs d'extension.

. **Secteur 1** : (Nord Est)

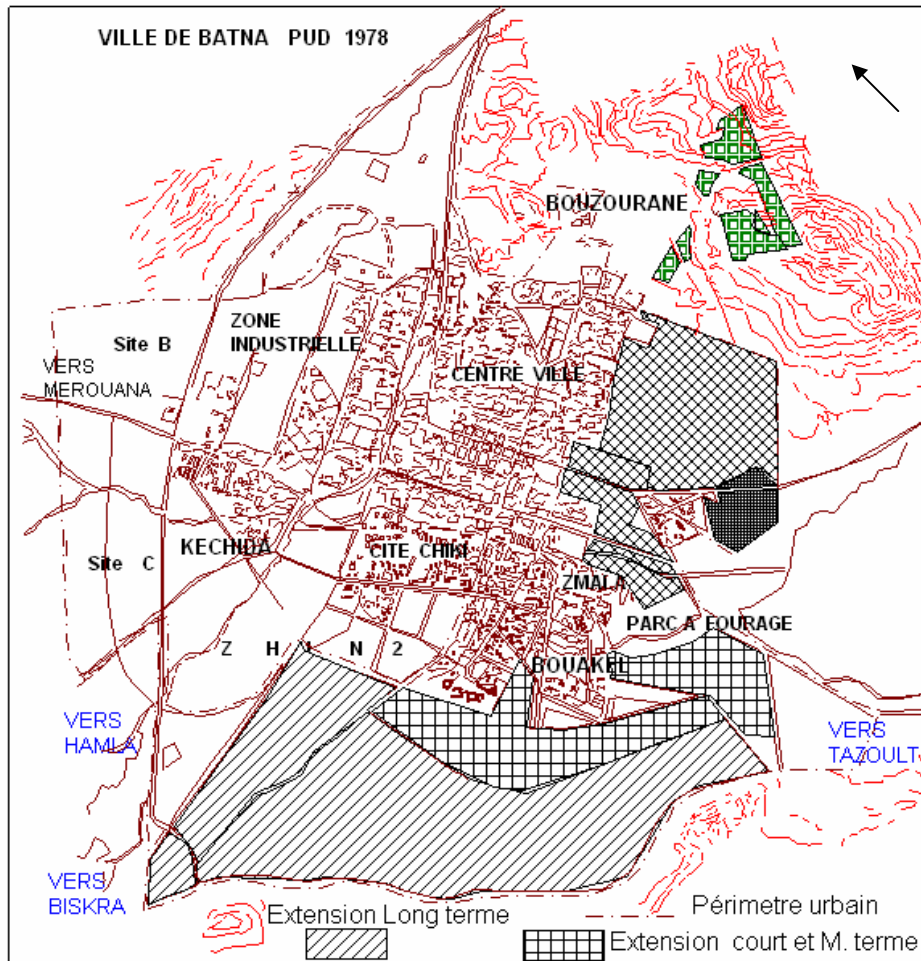
- La zone militaire. - Parc à Forage.

. **Secteur 2** : (Sud et Sud Ouest)

- Création de deux ZHUN (ZHUN 1, ZHUN2) : un programme d’habitat et d’équipement pour le long terme.

. **Secteur 3** : Extension prévue pour la zone industrielle au Nord-Ouest, en plan de ces zones d’extension, le PUD a proposé la création de deux voies d’évitement :

- La première au Sud, reliant la RN03 à la RN31 en direction de Khenchela.
- La deuxième au Nord, contournant l’agglomération en direction de Constantine.



Réf 26

Figure 07 : Ville de Batna en 1978

• **1975 – 1984** : (Eclatement de l’agglomération) : La recherche de l’emploi, la scolarisation et les services ont drainé un flux migratoire très important qui s’est traduit au cours de cette période par l’éclatement de l’agglomération dans tous les sens ainsi ,Bouakal ,Khechida, Parc à Fourrage et Tamchit ont connu une urbanisation spectaculaire sans

précédent. Les orientations du PUD 78 se sont concrétisées par le lancement d'un large programme d'habitat collectif et individuel : coopératives, lotissements et ZUHN.

• **1984 – 1996** : (Saturation du tissu urbain) : La réalisation du programme prévu dans le cadre du PUD 78 en matière d'habitat et d'équipements n'a pas atteint ses objectifs à cause de l'ampleur et de la rapidité avec lesquelles se sont développées les constructions individuelles .cette typologie qui s'est répandue dans tous les quartiers : Khechida, Bouzourane , Parc Fourrage , Route de Tazoult et notamment dans la partie sud (Tamchit et bouakal), ou l'urbanisation est favorisée par les terrains plats ,était à l'origine de tous les problèmes que connaît l'agglomération à savoir.

- Le problème d'intégration de ces tissus urbains et leurs liaisons avec le centre.
- Le développement des quartiers périphériques sans équipements et sans support de VRD préalables.
- La création d'une monotonie angoissante dans le paysage urbain.
- L'éclatement de l'agglomération a rendu difficile le fonctionnement autour du centre, déjà saturé.

Pour maîtriser le développement particulièrement rapide et bloquer, d'une part, la prolifération des constructions illicites et d'autre part reprendre aux demandes pressantes en logement, plusieurs opérations de redressement ont été lancées à savoir :

- La restructuration des quartiers périphériques,
- La rénovation du centre ville,
- L'implantation d'équipements dans tous les quartiers de la ville.

• **Les nouvelles cites**

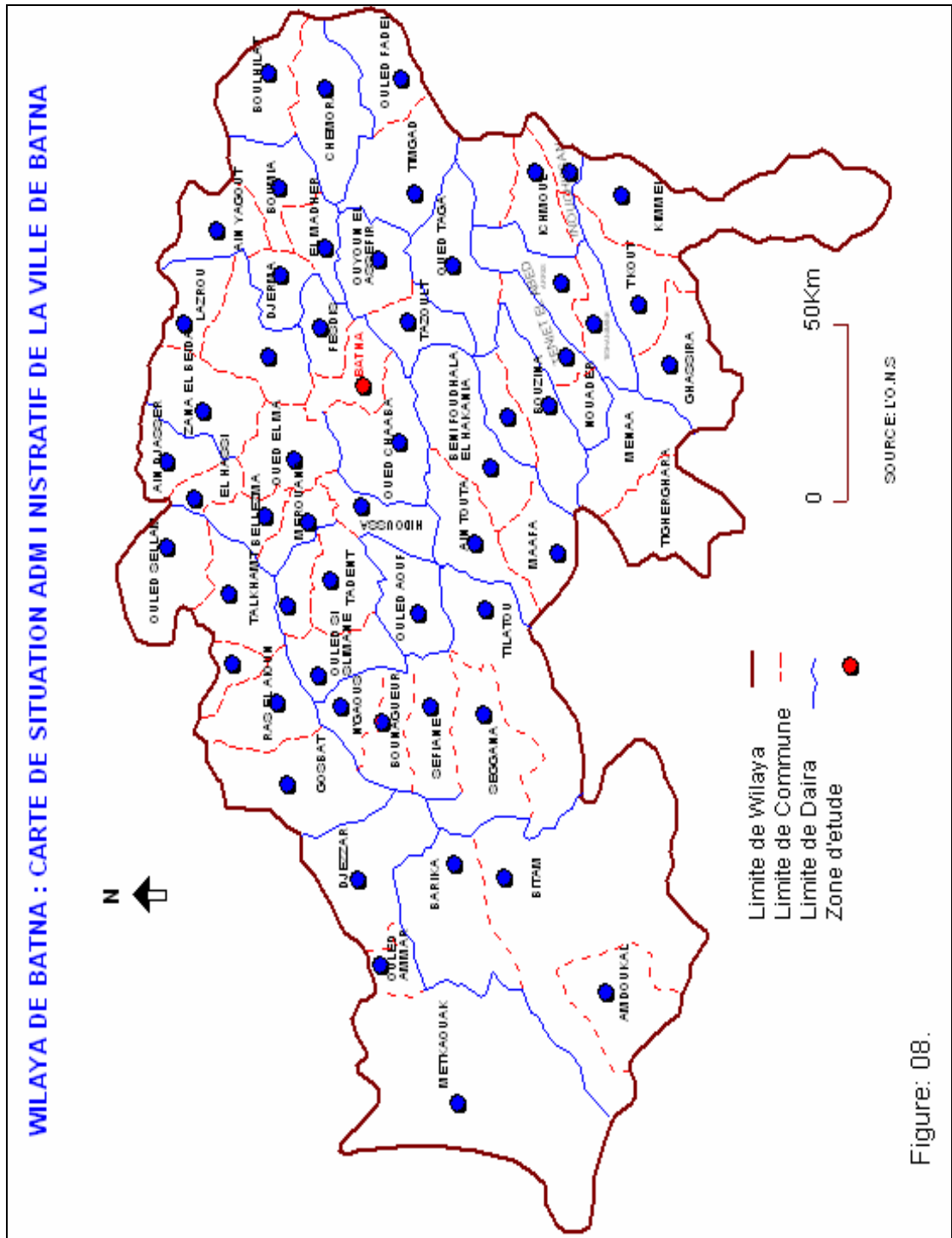
Cité des frères Madani	: 220logts (R+4),
Cité militaire	: 50logts (R+2),
Cité fourrier	: 68logts CNEP (4+3) et 34logts wilaya(R+2),
Cité 20 Août (semi-collectif)	: 114logts (R+1),
Cité 84 logts (semi-collectif)	: 84logts (R+1),
Cité Eco tec et frères Azzoult	: 50logts (R+4) + 114logts,
Cité des fonctionnaire	: 92logts (R+2),

Cité 45logts (cité Million) :100logts (R+1),
100logts de la cité chi khi : 100logts (R+4) en état vétuste

- **L'infrastructure de santé :** L'existence d'un centre hospitalo-universitaire (C.H.U) qui regroupe cinq (05) infrastructures totalisant 964 lits.

En matière d'infrastructure de santé, aucune évolution n'a été enregistrée au profit de la commune de Batna depuis 1993.

Le secteur de la santé est renforcé par l'apport des services du secteur privé qui est représenté par les cabinets de médecins et les officines et cliniques privées.



CHAPITRE II

CARACTERISATION DES PHENOMENES SISMIQUES

II.1 Le séisme

Un séisme se traduit en surface par des vibrations du sol. Il provient de la fracturation des roches en profondeur, la fracturation est due à une grande accumulation d'énergie qui se libère, en créant des failles, au moment où le seuil de rupture mécanique des roches est atteint, en surface, les mouvements brusques du sol peuvent atteindre des amplitudes de plusieurs décimètres a de fortes accélérations (par fois supérieur à 1G pour centre de gravité) et des durées variant de quelques secondes à quelques minutes.

II.2 Le séismographe

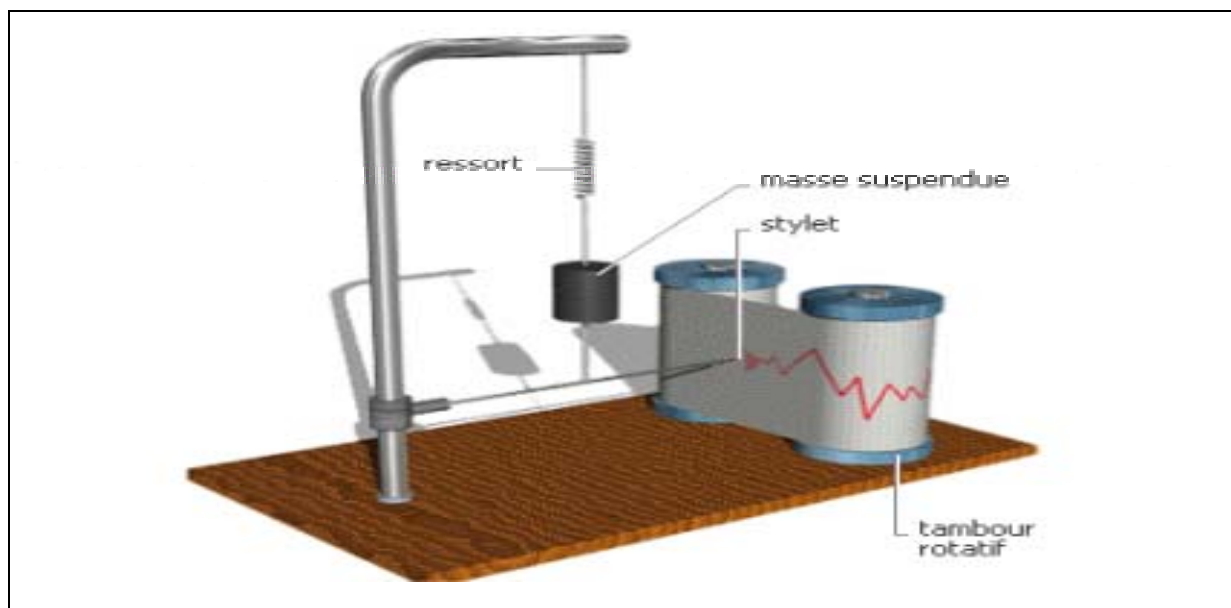


Figure : 09 Séismographes verticaux.

Les séismographes proprement dits sont de types mécanique ou électromagnétique. Ce sont des instruments très sensibles basés essentiellement sur le principe d'énergie d'un pendule et dont l'enregistrement prend en compte la période propre du pendule et son amortissement.

Lorsqu'un séisme est engendré, le mouvement du sol a lieu un dans une direction quelconque.

Pour parvenir à enregistrer un mouvement complet, les sismologues installent habituellement 03 séismographes:

- Un séismographe pour mesurer la composante verticale (onde longitudinale ou P).
- Deux séismographes horizontaux polarisés Nord-Sud et Est-ouest pour mesurer la composante horizontale du mouvement (onde transversale ou S).

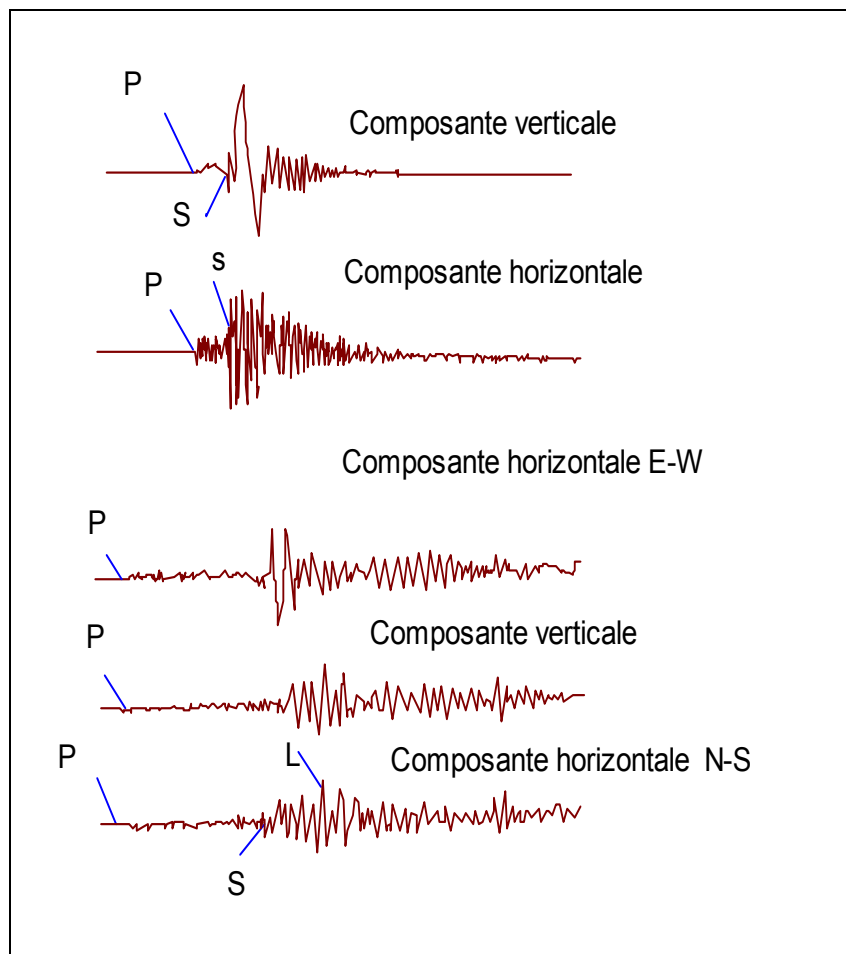


Figure 10 : Sismogrammes typiques de séismes proche et lointain.

II.3 Les répliques

La première secousse appelée choc principal est habituellement suivie d'une pause après laquelle pourront avoir lieu d'autres secousses d'intensité généralement plus faible et qu'on appelle les répliques.

II.4 Caractéristiques géométriques d'un séisme

II.4.1 Le foyer (hypocentre)

Région de la faille d'où partent les ondes sismiques, dans la contrainte imposée par le mouvement des plaques (mouvement de rapprochement ou d'écartement ou bien encore de coulissage des plaques rigides).

Les roches superficielles se déforment de façon élastique jusqu'à un certain point de rupture à partir duquel elles cassent brutalement le long d'une ou plusieurs failles.

Les parois de la faille mises en mouvement l'une contre l'autre de telle sorte qu'il y a dissipation de l'énergie d'une part sous forme de chaleur obtenue par frottement, et d'autre part sous forme de vibrations. Les ondes sismiques qui se propagent dans toutes les directions à partir du foyer sont mesurées par un sismomètre et enregistrés.

II.4.2 L'épicentre

Point de la surface terrestre, à la vertical du foyer, où l'intensité de séisme est la plus importante.

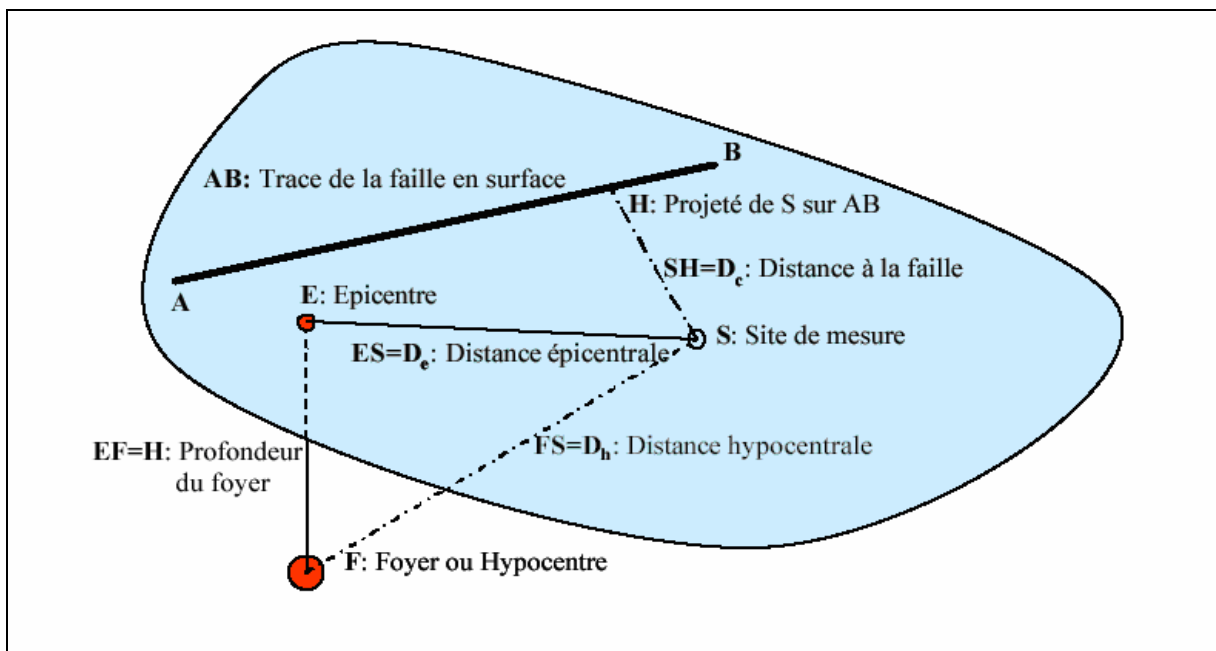


Figure 11 : Principales caractéristiques géométriques d'un séisme.

II.4.3 La magnitude (M)

Pour caractériser l'importance d'un séisme; il faut observer le coulissage (décalage des compartiments en rupture).

Richter, en 1935 : a défini la magnitude d'un séisme local par le logarithme décimal de l'amplitude maximale de l'onde (en microns) enregistrée sur un sismographe, à distance de 100km de l'épicentre du séisme. (Voir tableau N° 03).

Tableau : 03 Energie déterminée par un sismographe à distance 100Km de l'épicentre

Magnitude	Longueur caractéristique la rupture	Coulissage (m)	Durée de la rupture	Energie dégagée
9	800km	8m	250 s	$E_5 = E_4 \times 30$
8	250	5	85 s	$E_4 = E_3 \times 30$
7	50	1	15s	$E_3 = E_2 \times 30$
6	10	20	3s	$E_2 = E_1 \times 30$
5	3	5	1s	$E_1 = E \times 30$
4	1	2	0.3s	E

II.4.4 Intensité sismique

C'est la mesure des effets et dommages du séisme en un lieu donné, elle est maximale à l'aplomb de la faille. (Intensité épacentrale).

Elle est d'autant plus importante que le foyer est plus superficiel.

L'Algérie, utilise l'échelle d'intensité M.S.K (Medvedv, sponheur, karnik), graduée de (I à XII).

- Le seuil d'affolement des populations et de faible dommage est au degré V ;
- Des dommages importants au degré VIII ;
- Le degré XII étant le «bouleversement de Paysage». [Voire Annexe N°: I].

I.4.5 les ondes sismiques

Si une contrainte est appliquée ou relâchée soudainement en un point quelconque de la surface du sol, trois types d'onde sismiques se propagent de l'impulsion, à des vitesses différentes.

Deux de ces types sont des ondes de volume et le troisième type représente les ondes de surface, voir (Fig.12a, 12b).

Les ondes de volume incluent les ondes Primaire (P), et les ondes Secondaires (S) tandis que les ondes de surface, occasionnées par des conditions spéciales d'interfaces, ne sont qu'une combinaison des ondes P et S. Elles comprennent une grande variété de types d'ondes dont les plus connues sont les ondes de Rayleigh (R), et de Love.

L'incidence de l'onde de volume sur une surface de discontinuité donne naissance à une onde réfléchie ou réfractée où mènent les deux ensembles (voir fig.13).

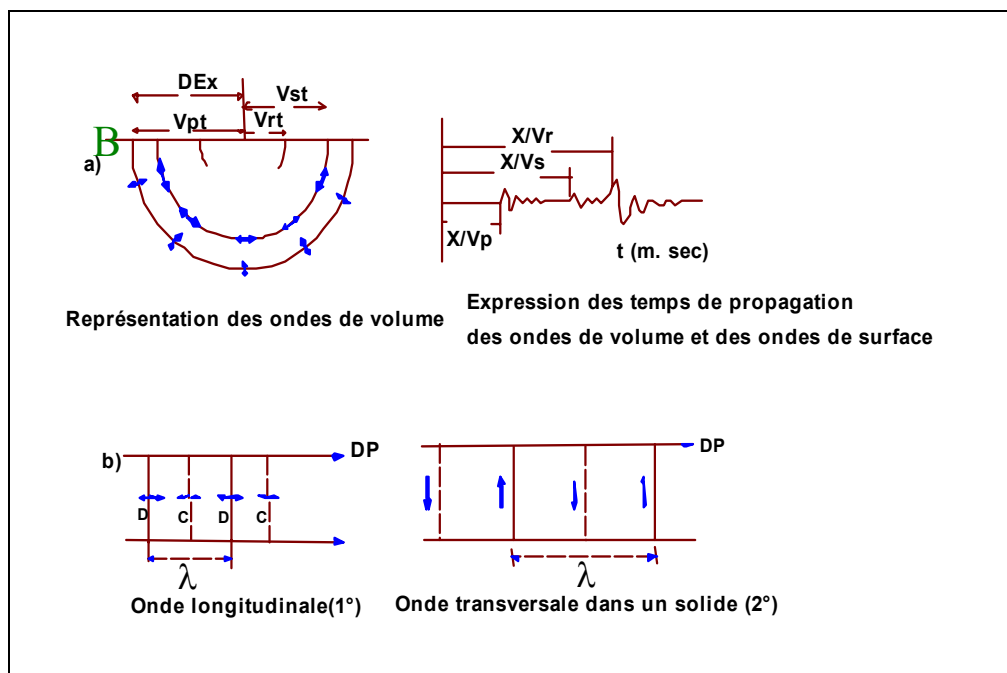


Figure12: Représentation des ondes.

D et C représentent respectivement les mouvements de dilation et de compression.

Les flèches dans (2°) représentent la direction de mouvement des particules.

DP- direction de propagation de l'onde.

De : distance de l'épicentre à la station de mesure.

Vp : vitesse des ondes primaires.

Vs : Vitesse de ondes secondaires.

Vr : vitesse des ondes de Rayleigh

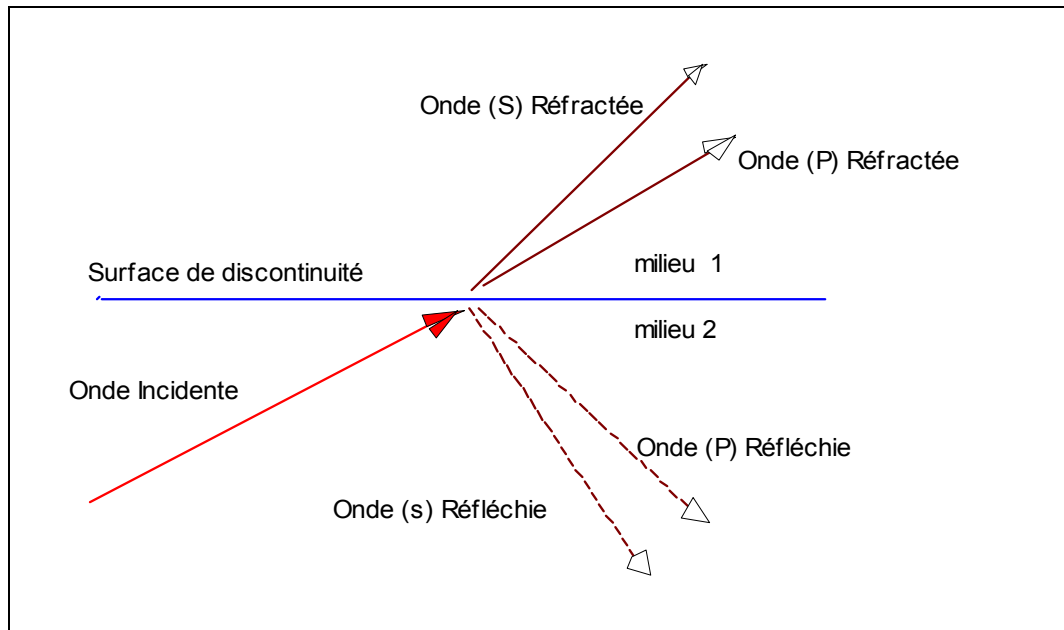


Figure 13: Principe de la réfraction.

- **Ondes primaires (P) ou longitudinales**

Elle se caractérisent par un mouvement de particules parallèles à la direction de propagation (sont des ondes de compressions longitudinales).

Leur vitesse de propagation étant plus grande que celle des autres ondes peuvent atteindre une vitesse de 14 km/s, dans le milieux solides cette augmentation de vitesse s'explique par l'accroissement de densité des roches traversées, au contraire la vitesse diminue quand les ondes atteignent un milieu liquide ou de densité plus faible.

Cette vitesse peut être aussi exprimée en fonction de paramètres élastiques.

$$V_p = \sqrt{\frac{K + \frac{4}{3}\mu}{\rho}} \quad (1)$$

$$V_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} \quad (2)$$

$$V_p = \lambda f \quad (3)$$

$$\mu = \frac{f/S}{dL/L} \quad (4)$$

f : étant la fréquence

λ : Longueur de l'onde

ρ : Densité du milieu.

K : Module d'incompressibilité ou module globale d'élasticité.

μ : Module de rigidité ou module de coulomb.

Ce module est le résultat de l'application d'une force tangentielle à la surface de l'élément solide (rigidité). Le module de rigidité est nul dans les fluides.

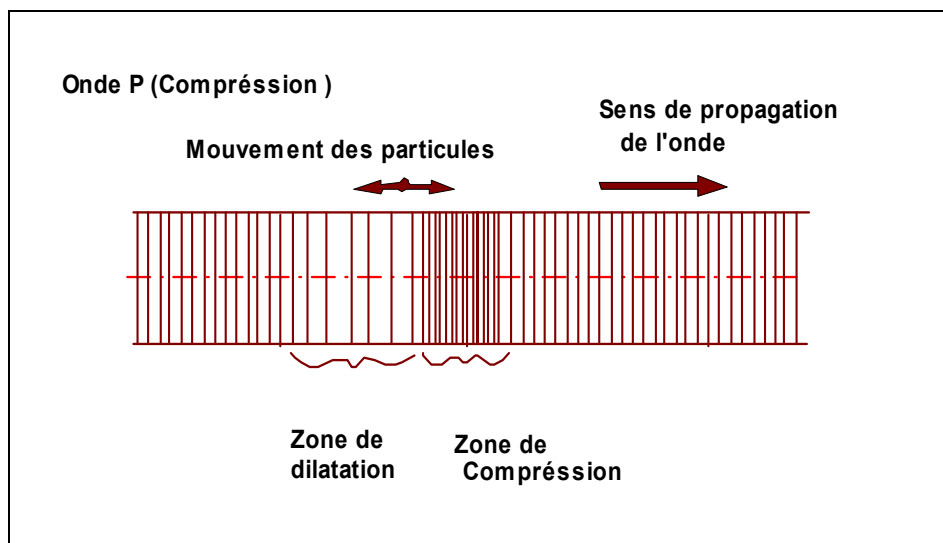


Figure 14: Ondes Longitudinales.

- **Les ondes secondaires ou transversales**

Aussi appelées ondes dont l'oscillation des Particules Perpendiculaire à la direction de propagation, ces ondes sont moins rapides que les précédentes (1.7 fois moins rapide).

Durant le passage d'ondes secondaires, le milieu matériel est soumis à une contrainte de cisaillement, contrainte entraînant des déformations sans changement de volume.

D'où l'appellation, ondes de cisaillement ou de rotation attribué à ce type d'ondes.

En fonction des coefficients d'élasticité. La vitesse d'ondes de distorsion s'exprime par la relation suivent.

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad (5)$$

V_s : Vitesse d'ondes secondaires.

Le module de rigidité étant nul dans les fluides, cette relation devient : $V_s = 0$. Ce qui justifie la non propagation des ondes secondaires à travers les fluides. C'est ce type d'onde qui provoque les destructions.

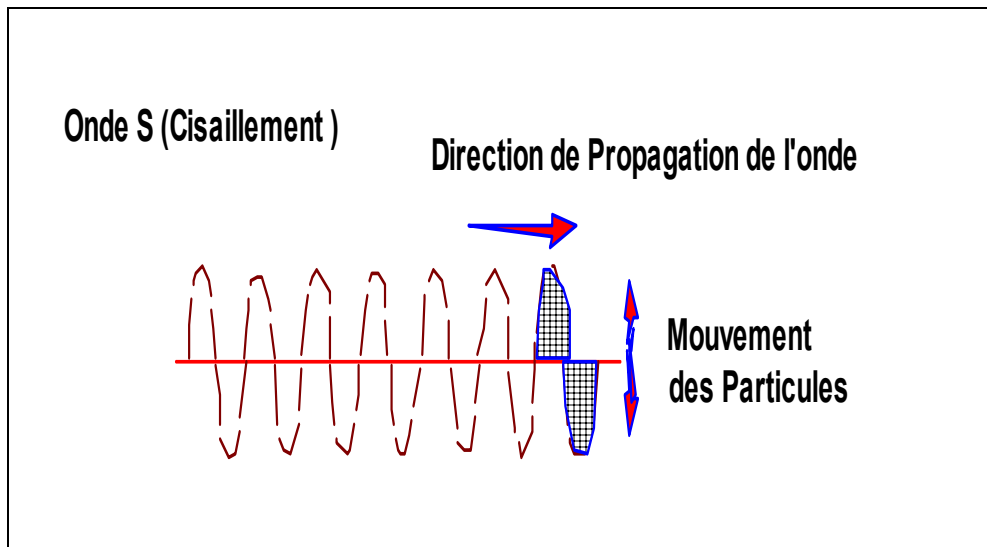


Figure 15 : Onde transversales.

I.4.6 les ondes de surface

- **Ondes de love (L)**

Ces ondes sont observées lorsque la vitesse de propagation du milieu matériel supérieur est moins élevée que celle du milieu inférieur.

Leur mouvement s'effectue parallèlement à la surface et dans une direction transversale à la direction de propagation. Elle sont, ainsi appelées «ondes secondaires horizontales (SH)». Les ondes de Love sont essentiellement des ondes secondaires qui se propagent grâce à un processus de réflexion multiple entre la surface et l'interface du milieu inférieur.

Pour de courtes longueurs d'onde (λ) la vitesse des ondes de Love (V_L) est approximativement égale à la vitesse des ondes secondaires (V_S) du milieu supérieur et pour de grande longueur d'onde, (V_L) égalise approximativement (V_S) du milieu inférieur.

Il s'avère alors que la vitesse des ondes de Love est une vitesse intermédiaire entre (V_S) du milieu supérieur et (V_S) du milieu inférieur.

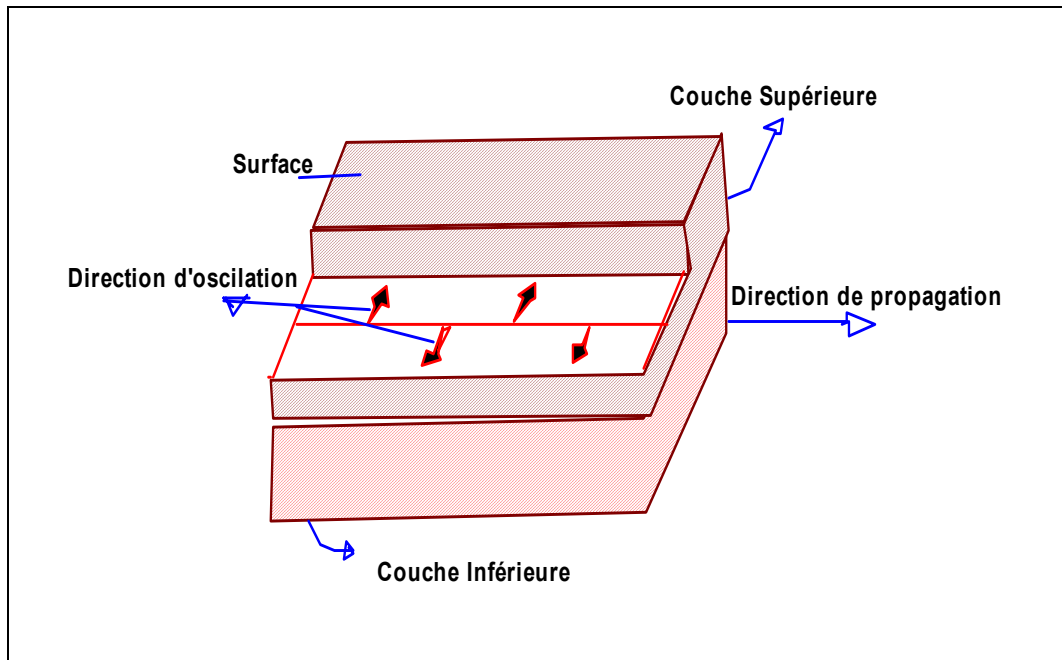


Figure 16 : Propagation de l'onde de Love.

• Ondes de Rayleigh (R)

L'oscillation, quasi-verticale des particules est elliptique et rétrograde par rapport à la direction de Propagation. Malgré les composantes horizontales du mouvement du sol soient toutes deux présentés, La composante horizontale est beaucoup moindre que la composante verticale elle est à 90° en arrière de phase par rapport à cette dernière.

L'amplitude du mouvement décroît exponentiellement avec la profondeur à partir de la surface et devient négligeable à une profondeur égale à la longueur d'onde (λ) Le passage des ondes de Rayleigh à travers un milieu matériel entraîne un mouvement des particules qui est la combinaison des mouvements des ondes (P) et (S) verticale (S.V). Leur vitesse est d'environ 90% de la valeur des ondes secondaires.

$V_R = 0,92$ de V_S lorsque $\sigma = 1,4$.

V_R : Vitesse d'onde de Rayleigh.

σ : Coefficient de poisson (est une mesure du changement géométrique de forme, rapport de la contraction latérale à la dilatation longitudinale:

$$\sigma = \frac{dl/l}{dL/L} \quad (6)$$

dl/l : Correspondant à la variation de dimension transverse.

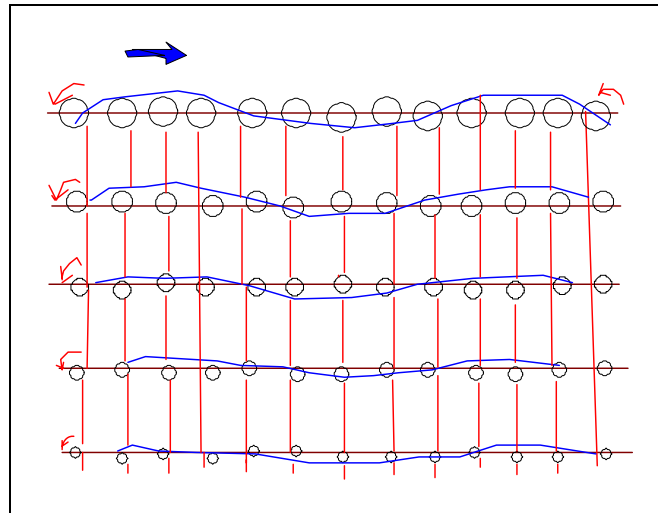


Figure 17 : Propagation de l'onde de Rayleigh.

II.4.9 la fréquence et la durée des vibrations

Engendrées par l'énergie libérée elle ont une incidence fondamentale sur les effets en surface. Ce sont ces vibrations dans la gamme de 0,1 à 2s de Période qui affectent le plus des bâtiments courants.

II.4.10 Corrélation entre accélération et intensité

L'intensité est une mesure subjective, cette corrélation entre accélération et intensité est peu précise, car pour une même valeur d'accélération du sol, les séismes peuvent avoir des effets différents selon leurs composantes fréquentielles, leurs durées, et les différentes natures du sous-sol.

Tableau 04 : Relation Accélération ; Intensité et Magnitude

magnitude	Accélération et intensité				
	VI	VII	VIII	IX	X
5,5	0,135	-	-	-	-
6,0	0,082	0,284	-	-	-
6,5	0,048	0,179	0,583	-	-
7,0	0,030	0,104	0,389	1,154	-
7,5	0,022	0,064	0,228	0,833	-
8,0	0,018	0,044	0,136	0,502	1,747
8,5	0,017	0,034	0,091	0,292	1,100

Réf: (20)

II.5 Effet des séismes sur les bâtiments

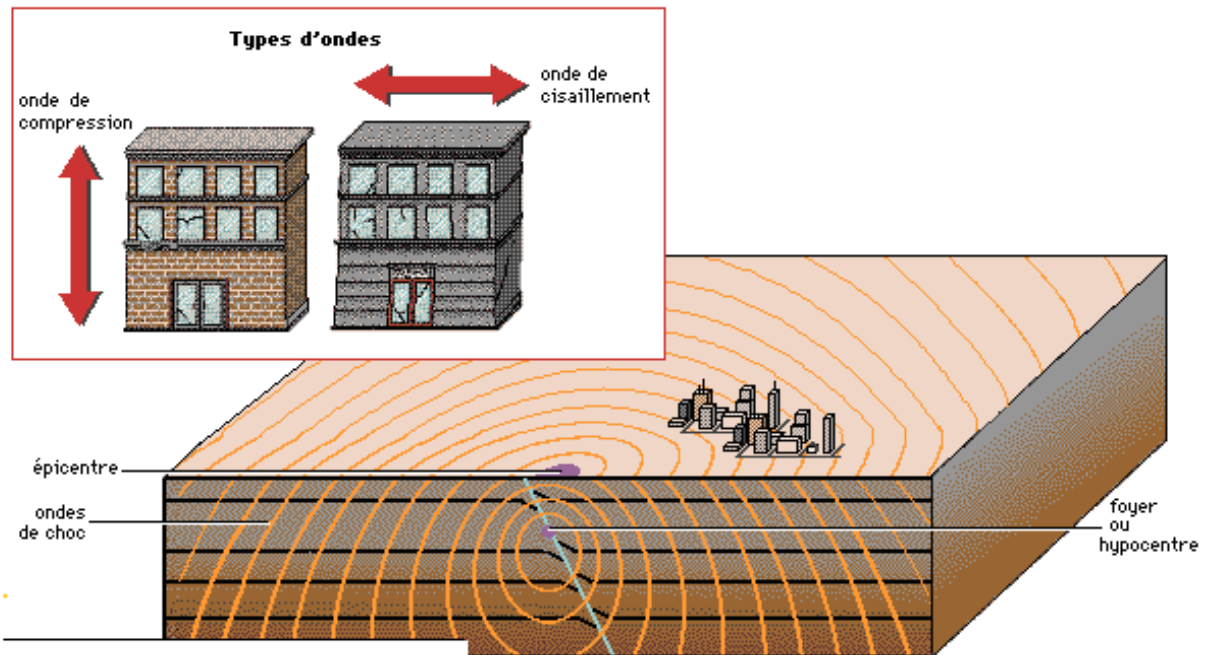


Figure 18: Mouvement sismique et de l'interaction de sol structures.

L'effondrement des constructions pendant un séisme est la cause principale des victimes, des dommages matériels et de la désorganisation des secteurs socio-économique de la région touchée.

L'amélioration de la réglementation technique de construction se base sur une connaissance approfondie du mouvement sismique et de l'interaction de sol structures. On peut avoir trois types d'interaction structure sollicitation sismique. Voir (fig. 19)

➤ **Premier type d'endommagement :**

Les constructions solides sur des mauvais sols : la menace de destruction est due dans ce cas au déplacement irréversible du sol, Voir (fig.19a).

➤ **Deuxième type d'endommagement :**

Peut avoir lieu dans le cas où le sol est solide mais l'épicentre du séisme est très proche .Les premières arrivées des ondes sismiques sont de courtes périodes avec une amplitude rapidement croissante. L'accélération sismique. Augmente instantanément le sol résiste à cette accélération et au moment où les sollicitations sismiques atteignent la construction, le sol et la construction se déplacent rapidement de leur position d'équilibre, ce qui provoque des forces considérables qui s'exercent surtout au rez-de-chaussée fig. (19b), si ces forces sont dirigées horizontalement, les supports de la construction seront coupés et les

étages supérieurs tomberont. Si les forces sont dirigées verticalement les étages supérieurs pourront se détacher et se détruire.

➤ **Troisième type d'endommagement:**

Si la durée des vibrations est courte, la résonance pour a ne pas avoir des effets catastrophiques celui-ci est le type d'endommagement et qui est le plus répandu Fig. (19 c).

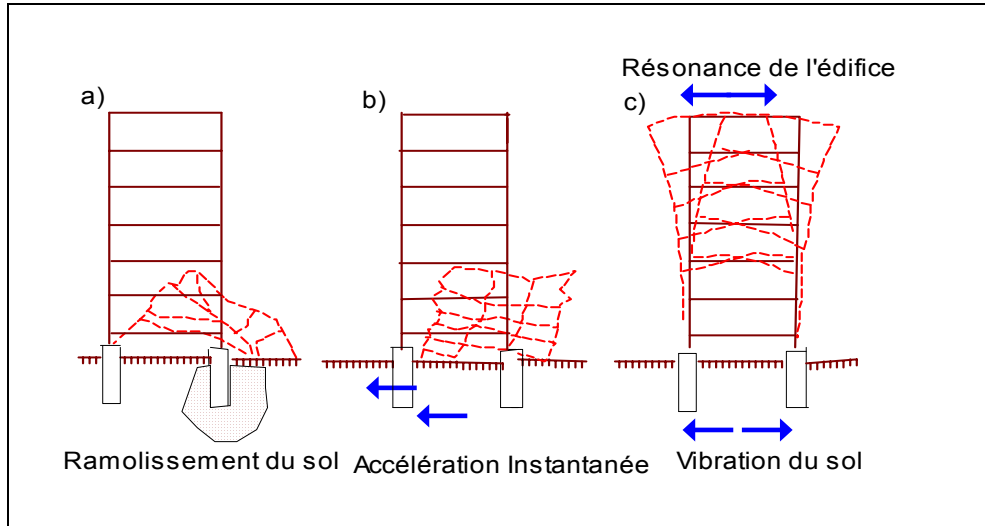


Figure 19 : Trois causes principales de destruction des constructions pendant le séisme.

➤ **Formes de déformations des constructions :**

• Il faut noter qu'on peut avoir trois formes de déformations des constructions soumises à l'action des sollicitations sismiques. Voir fig. (20).

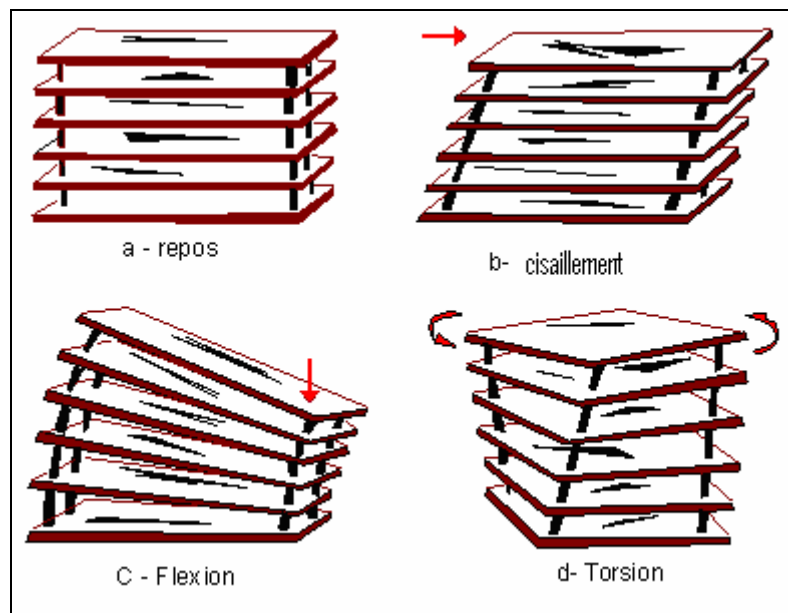


Figure 20: Forme de déformation des structures pendant leurs vibrations.

- Le modèle de vibration est celui d'une tige élastique soumise à l'effet d'une charge fig. (21). Lorsque le fondement de la construction commence à vibrer à cause des sollicitations sismiques, les effets de telles vibrations sont liés au rapprochement du spectre des sollicitations sismiques et du spectre des vibrations propres de la construction.

S'il y a des périodes qui sont égales ou proches les unes des autres, un phénomène de résonance prendra naissance. La construction commence à se balancer l'amplitude de vibration augmente, les nœuds se détachent, les murs se fissurant et la construction se détruit, l'endommagement ne dépend pas seulement de l'amplitude, mais aussi de la durée des vibrations.

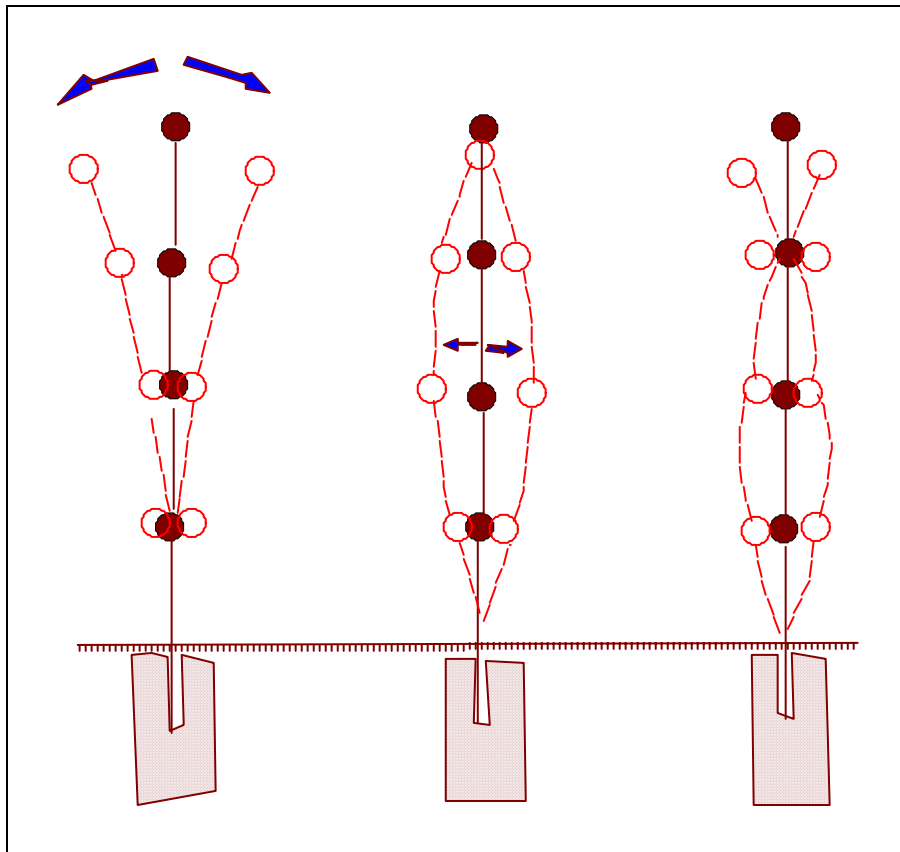


Figure 21 : Différentes formes de vibrations du modèle de structure.

II.5.1 Les courbes de capacité

Comme nous allons le voir, les courbes de capacité expriment une relation entre la force imposée au bâti par le séisme et le déplacement du bâti sous l'effet de cette force (fig.22). Cette relation est spécifique à chaque type de construction, en raison notamment des caractéristiques structurelles et géométriques différentes. Le déplacement d'un bâtiment peut ainsi être exprimé en fonction d'une sollicitation de type sismique et de sa résistance.

$$D = f(S, R) \quad (7)$$

Où :

S = la sollicitation imposée au bâti ;

R = la résistance du bâti.

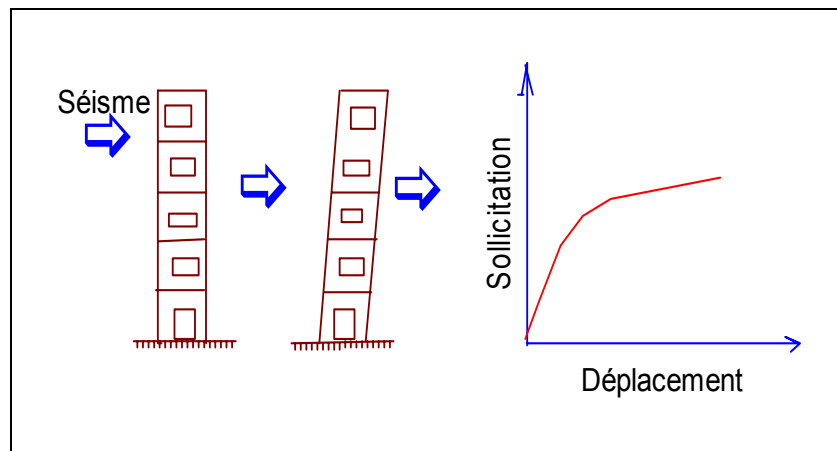


Figure 22 : La représentation physique des courbes de capacité.

CHAPITRE III

CONCEPTS GEOLOGIQUES

III.1 Aperçu sur la géologie régionale

La chaîne alpine d'Algérie orientale est constituée par la superposition de plusieurs types de séries définissables en général du Trias au Miocène.

Les grands ensembles structuraux se subdivisent en trois grands familles qu'on peut distinguer du Nord vers le sud et qui sont respectivement d'origine interne, médiane et externe (Figure N° :23).

III.1.1 Domaine interne

En Algérie orientale, il est représenté par un chapelet de massifs côtiers bordé au sud par la dorsale Kabyle et au Nord par le socle Kabyle.

- **Socle KABYLE** : Il affleure en grande et en petite Kabylie, entre Jijel et Skikda, dans les pointements côtiers des massifs d'Algérie, du Chénoua et de Ténès.
- **La Dorsale KABYLE (ou chaîne Calcaire)** : En Algérie, elle affleure au sud de Annaba (Dj-Labioud) d'où on peut la suivre d'une manière continue jusqu'au Nord de Constantine (Kef Sidi Driss). Elle est localisée à la bordure méridionale du socle Kabyle et se caractérise par une sédimentation carbonatée d'où son nom de chaîne calcaire.

III.1.2 Domaine médian ou domaine des flyschs

Deux grands types de flysch ont été distingués avec au nord les flyschs mauritanien et au sud les flyschs Massyliens et Numidiens, ils sont déposés durant le crétacé et le paléogène.

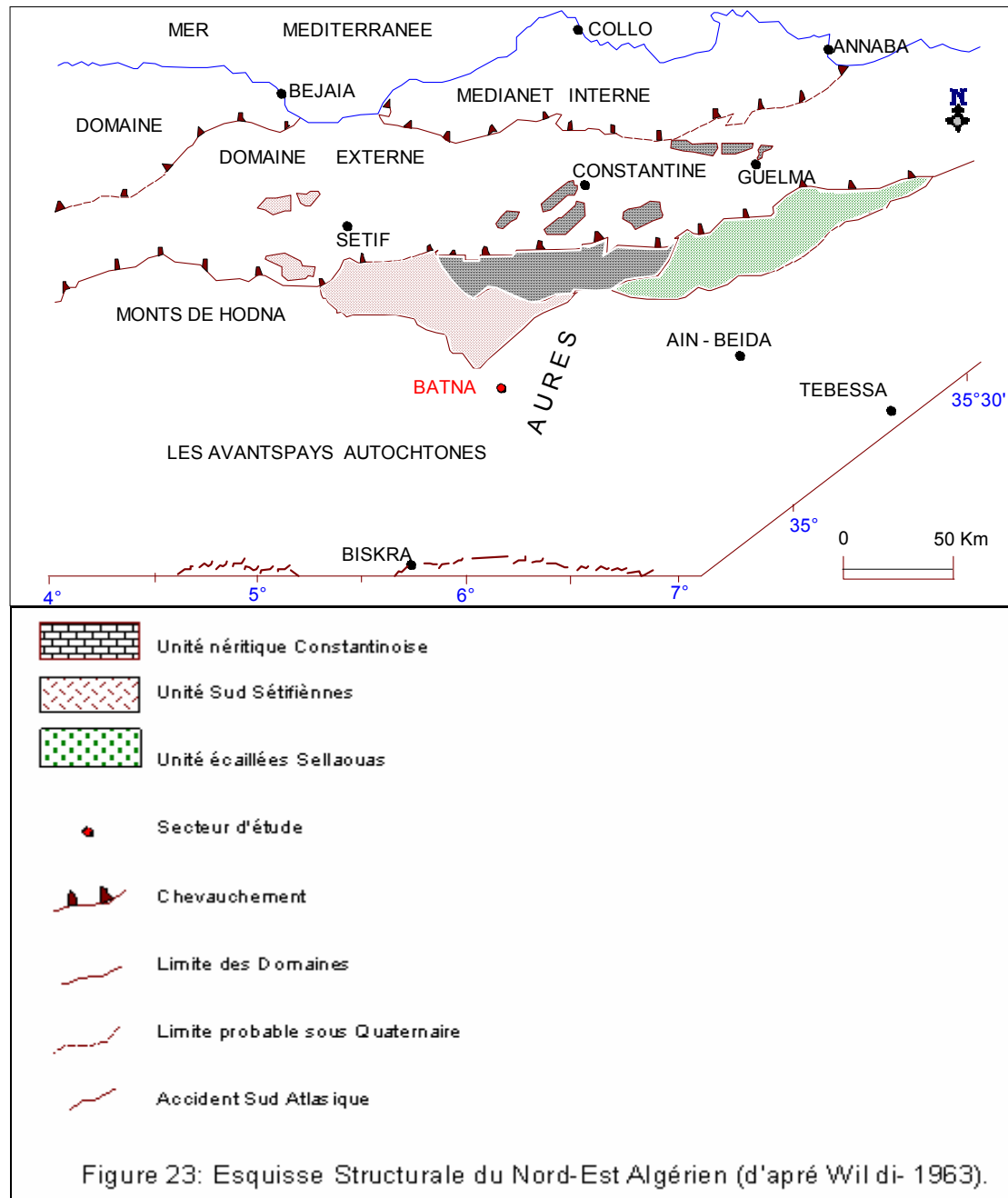
III.1.3 Domaine externe

En Algérie orientale, le domaine externe est représenté par les séries suivantes:

III.1.3.1- Les séries telliennes

Les formations Telliennes ont été découpées en trois grandes entités, dont les limites suivent à-peu-près les lignes paléogéographique (F-M.vila, 1980).

- Les unités Ultra-Telliennes.
- Les unités Telliennes S.S (sensu- stricto).
- Les unités Péni-Telliennes.



III.1.3.2 Les avants pays allochtones

- L'unité sud Sétienne.
- L'unité néritique Constantinoise.
- L'unité du type Sellaoua.

III.1.3.3 L'avant pays autochtone

Il est caractérisé par des séries sédimentaires Mésozoïques épaisses, très plissées, localisées au niveau de : l'Atlas Tunisien, l'Atlas Saharien, les monts du Hodna, les monts de Batna et les massifs de l'Aurès.

III.2 Géologie locale

La région d'étude se situe entre deux ensembles, à savoir l'allochtone Sétifien composé par l'échelle des Djebels Agmerouel et Azrouat d'âge crétacé au nord et l'ensemble para-autochtone et autochtone Aurésien.

III.2.1 Lithostratigraphie

D'après l'inventaire stratigraphique dressé par plusieurs géologues et en particulier par R.Laffite, les terrains les plus anciens sont attribués au trias et les plus récents au Quaternaire.

III.2.1.1 Trias

Le trias affleure toujours en position anormale, il est formé de pointements diapiriques nombreux jalonnant les accidents tectoniques (para-autochtone) constitué surtout de marne argile vari colore, de gypse d'anhydrite accompagnés souvent de masse dolomitiques de couverture dans l'Aurès ; monts de Belezma - Batna au

Dj Tuggurt et Dj Kesserou.

III.2.1.2 Jurassique

III.2.1.2.1 Lias

Il est représenté par une épaisse série de calcaire, de dolomies et calcaro-dolomitiques indifférenciés. Il affleure au Nord-Ouest vers Dj-Tuggurt (le seul affleurement existant dans le terrain), et atteint environ 300mètres d'épaisseur.

III.2.1.2.2 Dogger

Le jurassique moyen (Aalénien) est constitué par une série d'alternance ; de dolomies, de calcaire et de marne avec des gypses. Le seul affleurement apparaît dans les monts de Belezma (Dj-Tuggurt) sur une épaisseur de 70mètres environ.

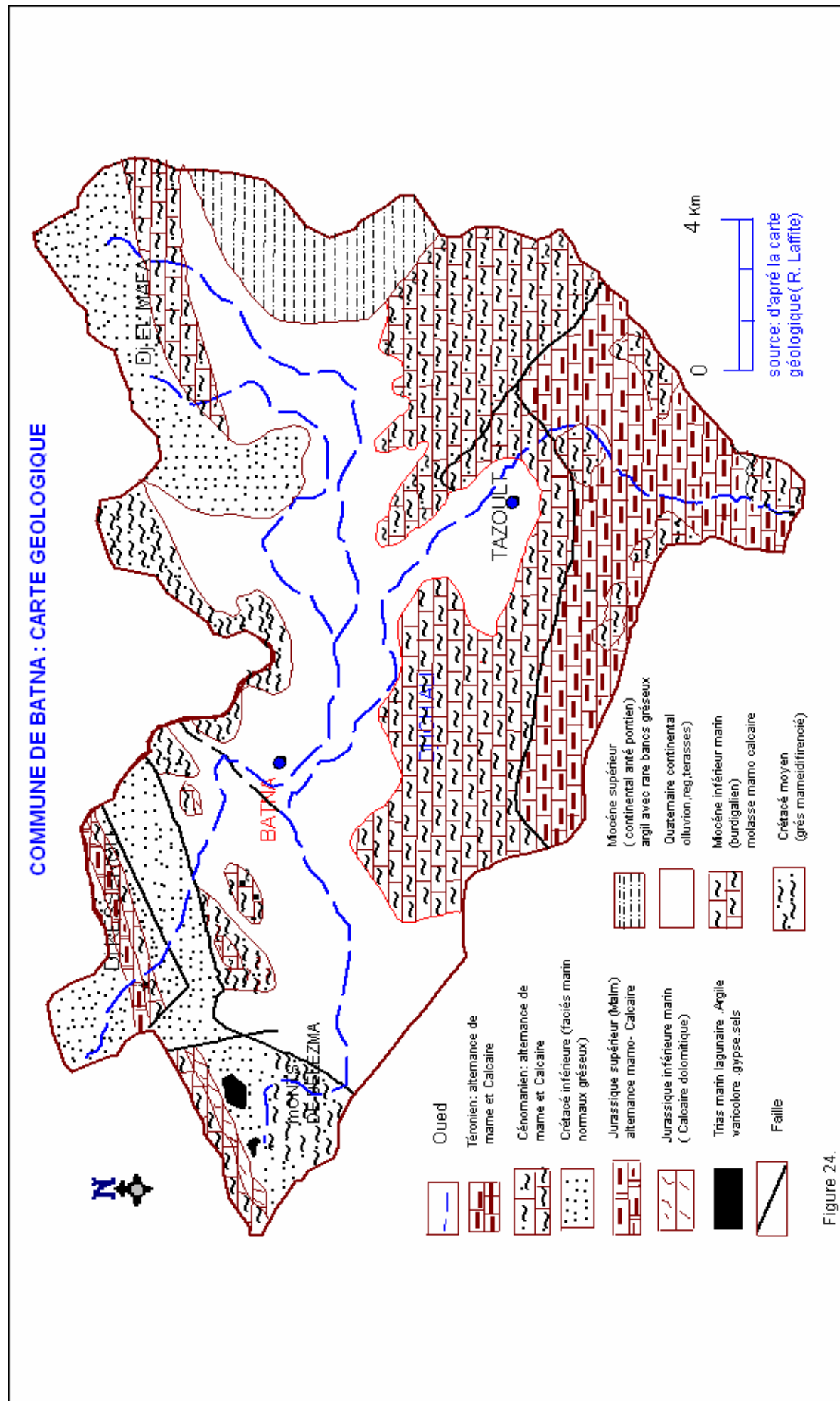


Figure 24.

III.2.1.2.3 Malm

Au Djebel Ketaf-Deba, Sud de Ain-Touta, il est constitué par 15 mètres d'épaisseur d'une alternance des calcaires noduleux et des marnes.

III.2.1.3- Crétacé

Le crétacé a été subdivisé par R. Laffite (1939-P 73) en Crétacé inférieur ou série gréseuse (Berriasien à l'Albien) (= 2000m) et en Crétacé supérieur ou série marno-calcaires (Cénomaniens à Maestrichtien) (= 3000m).

III.2.1.3.1- Crétacé inférieur

Il couvre une grande partie des anticlinaux des monts de Belezma-Batna (Dj. Tuggurt, Dj-El Mafla, Dj- Tissoures), avec une épaisseur qui dépasse parfois les 3000 mètres (par endroit). Le Crétacé inférieur peut être subdivisé en quatre ensembles lithologiques :

- * Un ensemble inférieur (1000 mètres) à dominance argileuse correspondant au Berriasien supérieur - Valanginien.
- * Un ensemble basal (1300 mètres) à dominance carbonate avec des calcaires micritiques et bioclastiques en bancs métriques (Tithonique supérieur - Berriasien moyen).
- * Un ensemble médian (1400 mètres), à dominante grés-dolomitique appartenant à l'Hauterivien - Barrémien.
- * Un ensemble supérieur (700 à 750 mètres), comprenant à la base des dolomies et une alternance de grès, de calcaire à orbitolines, puis des grès à stratifications obliques, des marnes gréseuses, des calcaires marneux et des calcaires au sommet, est attribué à l'Aptien - Albien (Figure N°:24).

III.2.1.3.2 Crétacé supérieur

Il occupe une grande superficie à l'affleurement dans les monts de Belezma – Batna (Dj. Tuggurt) et dans l'Aurès (Dj. Chenntouf). Morphologiquement il forme de vaste dépression Sénoniennes faites de marne, d'argiles à intercalations calcaires et de relief marno-calcaires (Figure N°: 24).

III.2.1.3.2.1 Cénomaniens

Le cénomaniens épais de 700 à 750 mètres est constitué par une alternance de marne et de calcaire qui affleure uniquement au Dj-Ich Ali, comprenant une épaisse barre à rudistes d'âge Cénomano-Turonien.

III.2.1.3.2.2 Turonien

Le versant Sud de l'Ich Ali, dont le Turonien prend un très grand développement et devient particulièrement épais (600 à 800mètres). C'est cet étage qui forme tout le synclinal compris entre les deux anticlinaux de l'ich Ali et d'Igguedelène, il s'ennoie vers l'Ouest sous le Sénonien et disparaît à l'Est sous le Miocène.

Les termes inférieurs de l'étage forment une bande d'affleurements entre Lambiridi et Lambèse, constituée par des alternances de marnes et calcaires où (Dj Chenntouf) les seuls fossiles abondants sont des Echinides principalement du genre Hemiaster.

Sur le versant Sud de l'Anticlinal du Bellezma on peut observer une bonne coupe du «Sénonien». Ses principaux affleurements se trouvent au centre du synclinal de Mac-Mahon, ou il n'est pas recouvert par le Numulitique (Fig. 25).

III.2.1.3.2.3 Coniacien

Il présente un horizon de marne et de marno-calcaires à Tissotia Fourneli et Echinides avec couches à Bryozoaires.

III.2.1.3.2.4 Santonien

Le santonien est constitué de marno-calcaire à Echinides.

III.2.1.3.2.5 Campanien

Il est constitué de marno-crayeux ou de marno-calcaire à H. Superbissimus.

III.2.1.3.2.6 Maestrichtien

Le Maestrichtien est assez différent ; Il est formé par :

- des calcaires massifs à la base (50mètres d'épaisseur) ;
- des alternances de marnes et de calcaires durs avec Cyphosoma (Thylechinus) (80 mètres d'épaisseur).
- des calcaires massifs (100mètres).

On se rapproche de la zone des hautes plaines Constantinoise où le Maestrichtien semble ne pas exister, ce qui indique que, s'il s'est déposé dans cette région, ce fut sous une faible épaisseur et qu'il a ainsi été facilement enlevé par

l'érosion ; peut-être même n'a-t-il jamais existé en certains points et sa position dans le schéma tectonique de l'Aurès.

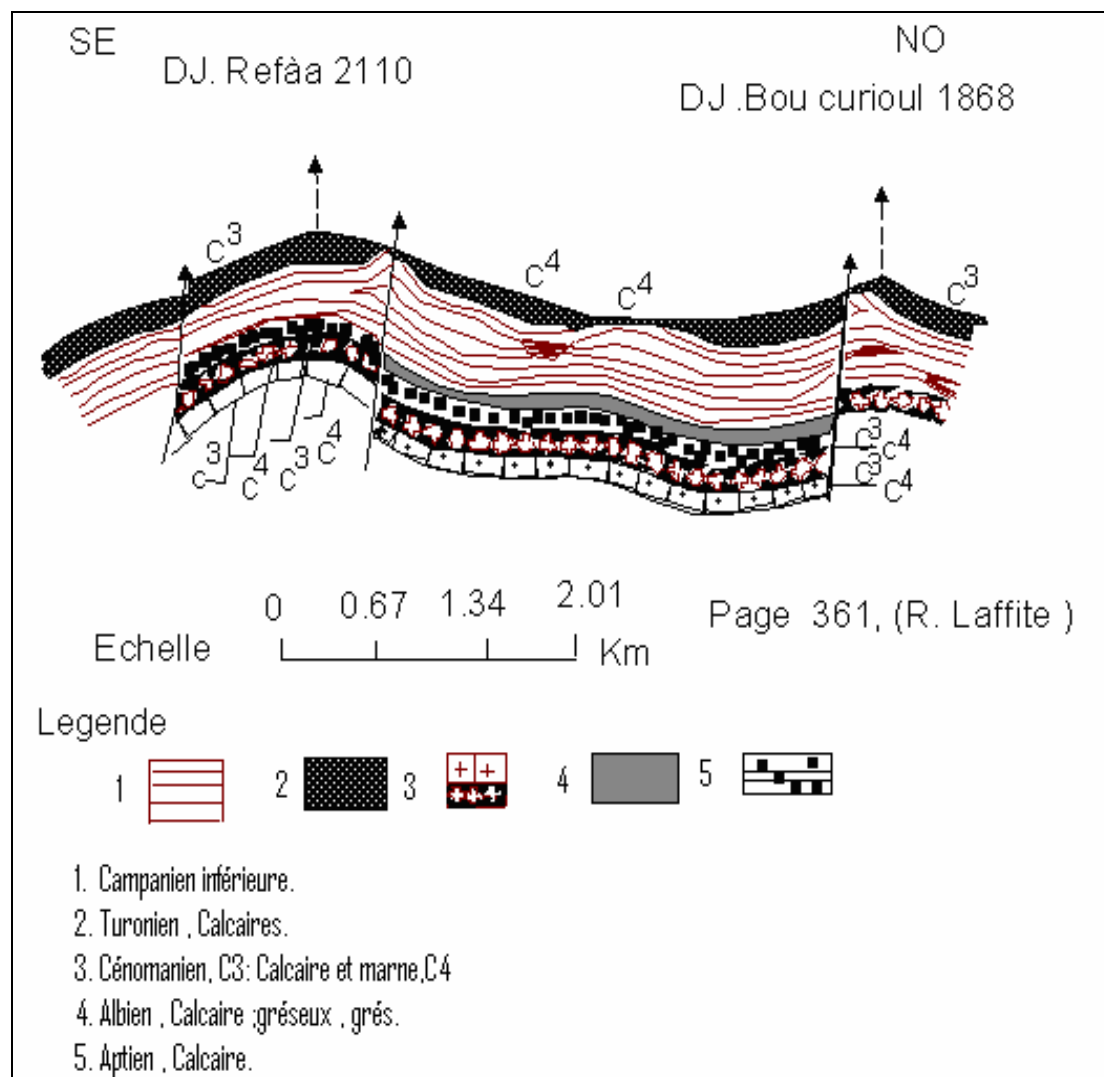


Figure 25 : Coupe géologique du Sud Ouest de l'anticlinal du Belezma.

III.2.1.4 Paléogène

Le paléogène marin, au Danien marin succèdent en concordance, des couches marines, marno-calcaire, dans lesquelles, latéralement, en certain points, s'intercalent des couches lacustres et des couches rouges d'origine lagunaire ou plutôt continentale, mais il s'agit là de conditions exceptionnelles de l'Eocène inférieur (Y présien) et l'Eocène moyen (Lutétien) sont essentiellement marin

III.2.1.4.1 Eocène inférieur: (Y Presien)

C'est dans le Sud- Est de l'Aurès, que le Nummulitique est le plus développé ; et peut être le seul affleurement existant dans le terrain est celui de A.Eguelmamène constitué par des calcaires à silex. Au début de l'Eocène, et pendant la période Paléocène, c'est-à-dire pendant le Montien et le Thanétien, la mer semble avoir recouvert l'Aurès d'une manière assez uniforme. Dans le Sud-Est, on trouve, dès la base de la formation, une faune caractérisée par l'abondance des Turritelles.

II.2.1.5 Néogène

Le Néogène étant bien développé et fossilifère dans les plaines facilement accessibles de la périphérie de l'Aurès, et notamment entre Biskra et El Kantara.

III.2.1.5.1 Miocène inférieur : (Aquitaniens)

Dans l'Aurès le Miocène repose toujours en discordance sur les couches marines plus anciennes, il est constitué par des molasses marno-calcaires vers le Nord de Ain-Touta.

III.2.1.5.2 Miocène inférieur : (Burdigaliens)

Le Burdigalien marin est constitué par des molasses gréseuses, marno-calcaires en certains points de la périphérie du massif, les poudingues indiquent la limite des régions émergées, il affleure à l'Ouest des monts de Bellezma (Dj-ech cheffa) et à Markouna.

III.2.1.5.3 Miocène supérieur (Anté Pontien)

Au-dessus du Miocène marin viennent des assises continentales Anté-Pontiennes qui sont constituées par des argiles avec rares bancs gréseux qui affleurent à l'Est de Batna (Draa oum Rkra)

III.2.1.5.4 Mio-pliocène (Pontien)

Le Mio-pliocène est constitué par des poudingues qui affleurent à l'Est de Batna, la présence de ces poudingues indique une érosion plus active qui est probablement la conséquence d'une accentuation du relief, due aux mouvements épigénétiques qui affectèrent le massif à ce moment. Les poudingues supérieurs, plus récents que le Pontien, ils ne peuvent être que Pliocènes ; ceci est confirmé par une faune Pliocène (Leucochroa).

III.2.1.6 Quaternaire

Les dépôts Quaternaires recouvrent le majeur parti des plaines, Ce sont des éboulis et des terrasses qui constituent de larges nappes alluviales d'une épaisseur considérable.

Le recouvrement de la plaine de Ain-Touta est formé par un matériel très hétérogène : argiles, limons, gravier et galets calcaires (enrobés dans du matériel sablo-argileux) d'épaisseur variable n'excédant pas 30 à 40mètres au centre de la plaine.

III.2.2 Tectonique régionale

La plus longue période allant du Crétacé inférieur au Lutétien supérieur inclus, présente deux phases relativement instables, Cénomaniens à Sénonien inférieur et Lutétien supérieur.

A partir du Lutétien jusqu'au Quaternaire, trois phases orogéniques se distinguent.

La région de Batna a été le siège d'une tectonique assez complexe surtout dans la partie septentrionale de la région, la tectonique prédominante est la tectonique atlasique ayant abouti à des structures généralement anticlinales, de même que les grandes fractures présentant la direction SW-NE.

III.2.2.1 Phase atlasique : (fig. 23 et 25)

La nomination de cette phase diffère d'un auteur à un autre en fonction du domaine étudié.

- FIN-LUTETIENNE pour D.DELGA (1969) et J.F RAOULT (1974).
- ATLASIQUE pour R. GUIRAUD (1973).
- PRIABONIENNE pour J.M. VILA (1977).

Cette phase se manifeste à la fin du Crétacé supérieur et atteint son paroxysme entre le Lutétien supérieur et le Miocène inférieur, c'est une phase Priabonienne durant laquelle il y a un plissement des formations avec apparition d'anticlinaux et de synclinaux orientés Sud-Ouest Nord-Est accompagnés de failles conjuguées de direction SW-NE, elle conduit à l'apparition des premières nappes de charriage dans les zones septentrionales formant ainsi le domaine allochtone Sud-Sétifien. Au Miocène, il y a réapparition de la mer avec des dépôts continentales, on a une série normale du Lias au Crétacé inférieur (Tableau: 05)

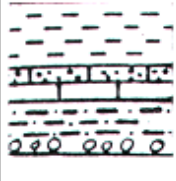
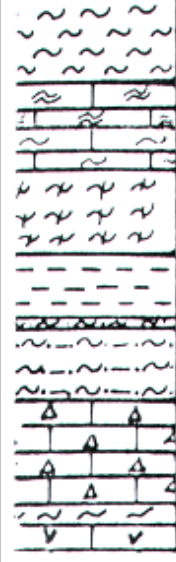
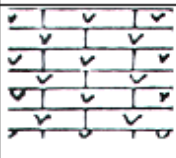
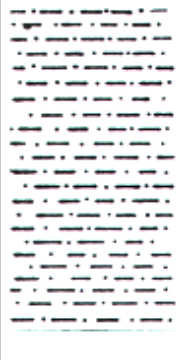
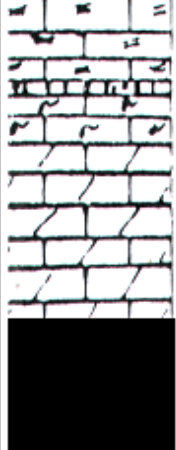
	Système	Etage	Symbol	Description lithologique	Epaisseur (m)	Les affleurements	Perméabilité	Aquifère
	Néogène	Miocène	M ³ M ⁴⁻⁵ m ^c m	Conglomerats, argile grès roux et calcaire à la base.		Flanc Nord-Ouest du Bouarif versant Sud du Dj Belkez, DRAA OUM Rkra.	Perméable	Aquifère
	Crétacé moyen supérieur	TURONIE N sup et moyen	C ^{2b} C ² C ^{2a}	Marneux calcaire à la base et marne beiges au sommet	450	Le flanc Nord du Dj Bouarif et Metrassi.	Imperméable	Aquifère multicouche
		Turonien inférieur	C ^{1c}	Calcaire marneux.		Le flanc Est de Dj chentouf	Perméable	
		Cénomani n sup.	C ^{1b}	Grès bleu.		Sur les deux flancs de Bouarif.	Imperméable	
		Cénomani n moyen.	C ^{1a}	Marnes beiges.		L'anticlinal de Bouarif.	Imperméable	
		Cénomani n inf.	M ⁶⁻⁷ M ⁶	Marnes grises. Argiles, marnes et grès à dominante marneuse	300	Dj Metrassi, Dj Tarbenat, Bouarif.	Perméable	
		Albien.	M ^{6bc}					
		Aptien.	M ³	à la base et carbonaté au sommet.	350	Les monts de Batna et Bouarif.		
		Barrémien	M ^H M ^{Hbc}	Calcaro-dolomitique à la base et gréseux au sommet.	700	Il affleure dans les monts de Belezma ; Dj Toubait.	Perméable	
	Crétacé inférieur	Néocomien	M ¹⁻³	Pelites et grès	1000	Ravin bleu, mont de belezma et ras tarbert. Au Nord-Est Dj el mafla	Imperméable	Substratum
	Jurassique sup	Malm	J ^{SN}	Marno-calcaire	210	Dj ketaf deba au SW Dj sarif		Aquifère
	Jurassique moyen	Dogger	J ^{nr} J ^{mp}	Calcaire noduleux Calcaire à silex	15 75	Les monts de belezma (Nord du terrain)	Perméable	
	Jurassique inf	Lias	L	Calcaire et dolomies et calcaro-dolomitique	300	Ravin bleu ; le SW de Dj toubait, Dj tuggurt (belezma) Draa djebessa, Dj sarif, Dj messaouda, (cœur du ravin bleu, ain yagout)		
	Trias		t	Argile varicolores gypses à glaçons			Substratum	

Tableau 05 : Colonne litho stratigraphique du Par autochtone AURESIEN

III.2.2.2 Phase alpine (Miocène)

La transgression puis la régression marine du Miocène inférieur est suivie par un paroxysme orogénique qui bouleverse entièrement la paléogéographie. Cette phase est caractérisée par une direction de raccourcissement Nord-Sud. Pour J.M. VILA, c'est la phase majeure Tortonienne.

Elle déforme la chaîne plissée priabonienne (Anté-Miocène), et affecte essentiellement le domaine para-autochtone en créant de nouvelles nappes dans l'avant pays et conduit à l'apparition de plis à faible longueurs (déca kilométrique) déformés en plan par des torsions simples, des décrochements cumulatifs ou par la combinaisons de ces deux phénomènes. Elle est également responsable de grands cisaillements.

L'accumulation des sédiments Plio-Quaternaires, rarement déformés correspond à un comblement des reliefs dans le domaine des hautes plaines Constantinoises et du pied des «Aurès».

III.2.2.3 Néotectonique

Après le Tortonien supérieur deux phases successives apparaissent; au Plio-Quaternaire les mouvements verticaux sont accompagnés et suivis de décrochements horizontaux qui suivent de grandes failles en direction N.E-S.W pour C. Voûte (1967), pour J.M.VILA (1980), cette période de Néotectonique correspond à deux phases de distension et compression (Post-Miocène) affectant les reliefs (l'édifice des nappes Tortonniennes en le plissant et en le faillant intensément créant ainsi les reliefs actuels).

Notons enfin que la phase de distension a dû s'accompagner de la mise en place du Trias en relation avec les failles, ainsi que sous forme de diapir, alors que la phase de compression se traduit par des plis amples de directions NW - SE et NE - SW et de pendage faibles.

III.2.3 Tectonique locale

Les mouvements différentiels du sous-sol se sont fait sentir dans toute la région depuis le Crétacé jusqu'au Quaternaire. Le champ des contraintes a relativement varié en direction, dans l'espace et dans le temps.

La région de Batna a été le siège d'une tectonique assez complexe surtout dans la partie septentrionale de la région, la tectonique prédominante est la tectonique

Atlasique ayant abouti à des structures anticlinaux et synclinaux de même que les grandes fractures présentant de direction SW - NE.

La présence des séries compétentes; constituées par des calcaires et dolomies qui présentent des formations résistantes, amène l'existence d'une tectonique cassante indiquée par des «horstes» et zones d'effondrement (Lambiridi- Ain-Touta).

La présence des séries incompetentes ; à dominante «Marneuse» et argileuse donnant des bombements anticlinaux et des plis a faible rayon de courbure.

Le secteur étudié est limité du point de vue structural, de la base, par l'ensemble allochtone Sud-Sétifien au Nord, et au Sommet par l'ensemble para autochtone et autochtone au Sud.

CHAPITRE IV

ALEA SISMIQUE DE LA VILLE DE BATNA

Introduction

Les diverses informations disponibles pour l'accomplissement de se travaille sont :

La loi du 29 décembre 2004, catalogues et cartes d'intensité sismique couvrant la période 1860-2000.

Dans l'élaboration de ce catalogue, l'échelle d'intensité Mercalli modifiée a été utilisée.

- Le premier séisme enregistré et dont l'épicentre à été localisé date de 1924.
- Parmi les 33 séismes considérés, 12 sont inclus dans la période 1940-2000.

(Tableau n° : 06).

Suivant le Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique(C.G.S), tous les séismes algériens ont leur hypocentre situé à une profondeur inférieur à 20Km ,ce qui pourrait mettre en évidence leur relations avec des structures géologiques.

Tableau n° 06 : Séisme proche de la ville de Batna dans la période 1940- 2000

N ° : D'ordre	la date AA,MM,JJ	l'heur origine HH:MM:SS	les coordonnées lat °N lon °E		Magnitude		Distance (De Km)	Intensité I ₀ (MM)
					Mm	mi		
13	1924.03.16	10:18: 08:00	35,500	05,900	6.5	5.6	25	9
23	1953.08.29	14:08:48 :00	35,800	05,400	6.5	5.2	75	8.5
40	1963.03.14	00 :00 :00 :00	36,200	06.100	5.2	-	70	7
46	1969.01.26	14 :26 :17 :00	35,600	06 ,00	-	4.7	15	7
48	1970.10.02	00:31 :48:00	35,600	06,200	4.6	4.5	8	6
80	1986.05.20	07 :29 :49 :00	36,620	06,370	4.6	-	20	6
81	1987.04.24	06 :21 :58 :83	36,010	05,700	4.1	-	64	5.1
83	1988.09.09	16 :58 :29 :38	35,170	05,950	4	-	47	4.9
90	1994.10.03	03 :08 :00 :66	36,640	05,740	4.2	-	40	5.3
102	1998.10.27	20 :16 :48 :19	35,700	06,000	4.7	-	22	6.2
103	1998.12.14	00 :39 :13 :93	35,080	06,160	4.2	-	53	5.3
104	1999.03.17	06 :04 :34 :32	35,830	06.080	4.4	-	29	5.6

De :distance épiscoptrale

(Voir Annexe II)

IV.1 Analyse de l'influence de l'activité sismique

L'analyse de la sismicité historique et la sismicité instrumentale et l'identification des failles actives permettent de fournir le cadre nécessaire de la définition de l'aléa sismique d'une région.

La notion de probabilité d'un événement, d'une intensité donnée est implicitement introduite pour la détermination des caractéristiques des tremblements de terre.

IV.1.1 Analyse de l'influence de l'activité Sismique régionale et locale

Sur une distance épacentrale ($De \leq 300\text{Km}$) autour de la ville de Batna se sont produits seulement des tremblements de terre dans les foyers ont une profondeur normale ($h \leq 20\text{Km}$), (C.G.S)

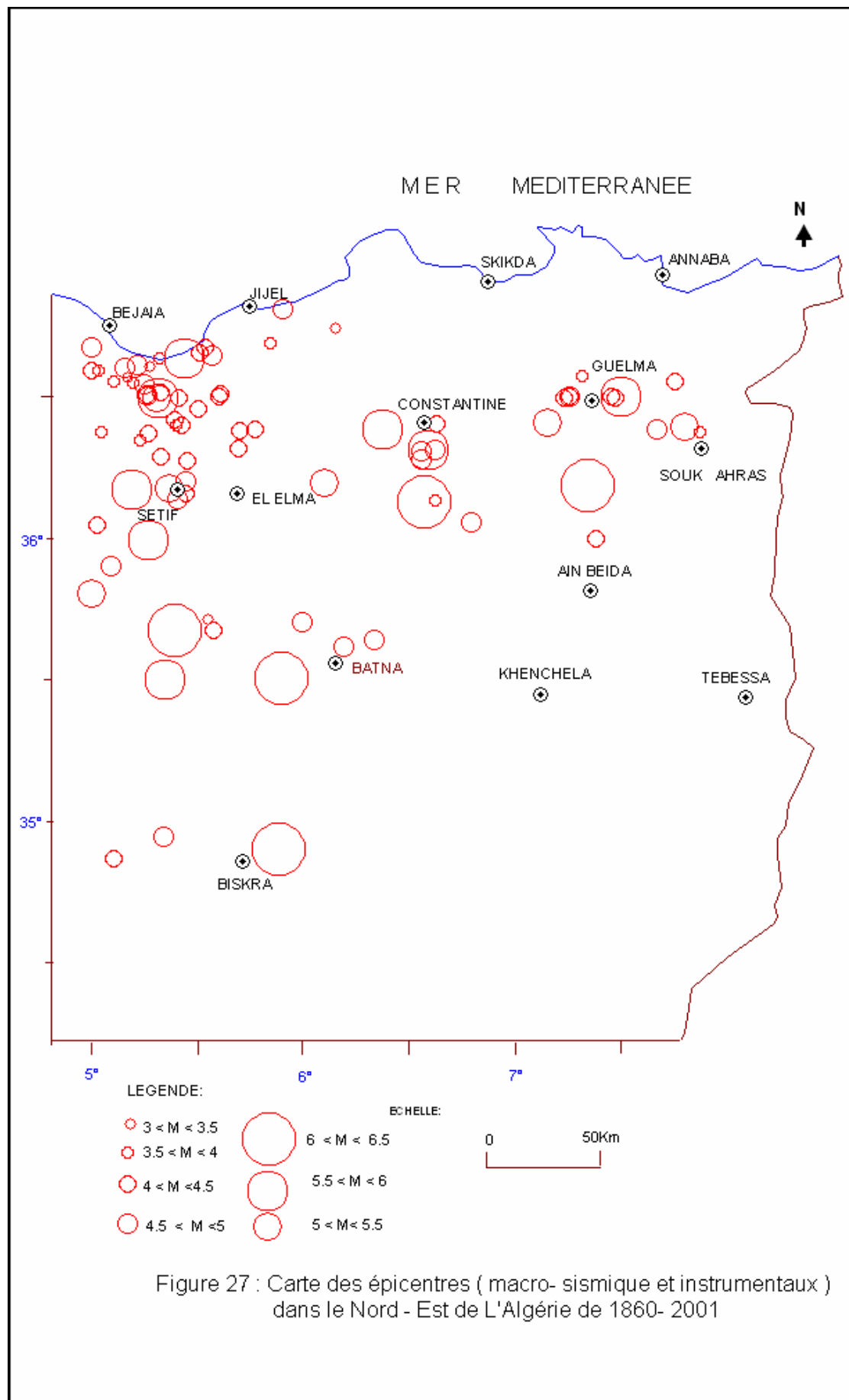
Sur la base des enregistrement des séismes effectuée du Nord – Est Algérien, et les longueurs de rupture caractéristiques des séismes de Richter (1935) voire tableau n°03.

On considère que celles qui peuvent influencer la sismicité de la ville de Batna sont celles qui se situent à une distance épacentrale beaucoup plus petite respectivement de distance épacentre ($De \leq 200\text{Km}$).

Pour cela on a retiré, une série de tremblement de terre historique (jusqu'à 1900) et instrumentaux (1900 – 2000) présenté dans (l'annexe II).

- Nombre de tremblements de terre observés $N=123$.
- Profondeur ($h \leq 15\text{Km}$).
- Magnitude $M_m = 6,5$ (M_m).
- Intensité épacentrale maximale : $I_0 = 9$ (MM).

La représentation des tremblements de terres sélectionnées sur la (fig27) montre les foyers des séismes de distance épacentre ($De \leq 200\text{Km}$), du Nord - Est Algérien dans la période 1986-2000.



IV.1.2 Intensité maximum ressenti dans la ville de Batna

Pour le calcul de l'intensité de la ville de Batna (I_B), due aux tremblements de terre qui se sont produits entre Latitude. Nord : 35°33 et Longitude. Est : 06°11'.

On a utilisé les relations d'atténuation de l'intensité épacentrale (I_0), avec des distances établies par : Schebalin (1960) et Ganse (1980).

Relation présentée dans le tableau suivant :

Tableau 07: Relation d'atténuation de l'intensité épacentrale.

	Auteur	Relation	Echelle d'intensité
1	Shebalin (1968)	$I_{(\Delta)} = I_0 - 3,6 \cdot \text{Log}(R/h)$ (8)	MSK
2	Ganse (1980)	$\text{Ln } I_{(\Delta)} = \text{Ln } I_0 - 0,10 - 0,00196\Delta - 0,076 \text{Ln } \Delta$ (9)	MM
3	Ganse (1980)	$\text{Ln } I_{(\Delta)} = \text{Ln}(1,5 M - 1,5) + 0,0477 - 0,022 \Delta - 0,055 \text{Ln } \Delta$ (10)	MM

I_0 : Intensité à l'épicentre.

I_{Δ} : Intensité local.

h : profondeur du foyer (Km).

Δ : distance à l'épicentre (Km).

$R = (\Delta^2 + h^2)^{1/2}$ distance focal (Km).

➤ Les résultants obtenus de l'atténuation de l'intensité épacentrale sont les suivants:

- Intensité minimale à la ville de Batna : $I_B = 4,2$ (MM).
- Intensité maximale à la ville de Batna : $I_B = 7,5$ (MM).
- Intensité moyenne à la ville de Batna : $I_B = 6,3$ (MM).

Distribution moyenne du nombre des tremblements de terre $N=123$ en fonction des distances épacentrales

- $0\text{Km} \leq De \leq 30 \text{ Km}$; $N=7$, (5,69 %) $I_{B \text{ Max}}^{Obs} = 6,5$ (MM) ,
- $30\text{Km} \leq De \leq 50\text{Km}$; $N=2$, (1,62 %) $I_{B \text{ Max}}^{Obs} = 4,4$ (MM) ,
- $50\text{Km} \leq De \leq 100 \text{ Km}$; $N=27$,(21.95 %) $I_{B \text{ Max}}^{Obs} = 6,2$ (MM) ,
- $100\text{Km} \leq De \leq 200\text{Km}$; $N=87$, (70,73 %) $I_{B \text{ Max}}^{Obs} = 3,5$ (MM) .

- Le tremblement de terre du 16- 03- 1924 de coordonnées :
 Lat.°N 35 - 500 Lon.°E 05 – 900, de Magnitude 6.5 (Mm), d'intensité épiscoptrale $I_0=9$ (MM), et de distance épiscoptrale $D_e = 25\text{Km}$ de la ville de Batna.cela à permet de déterminer l'intensité maximale observée à la ville de Batna ($I_{B_{Max}}^{Obs}=6,5(MM)$).

Voire annexe II

Les donnés présentées dans l'annexe (II) et la (Fig. : N°27) respectivement dans les cartes des tremblements de terre significatifs (Fig. N° 28-29-30), montrent que l'intensité maximale observée dans la ville de Batna est de : $I_{B_{max}}^{obs} = 6,3(MM)$

Sur cette base des donnés on peut considérer que l'intensité maximale est de :

$$I_{B_{max}}^{obs} = 6,5(MM)$$

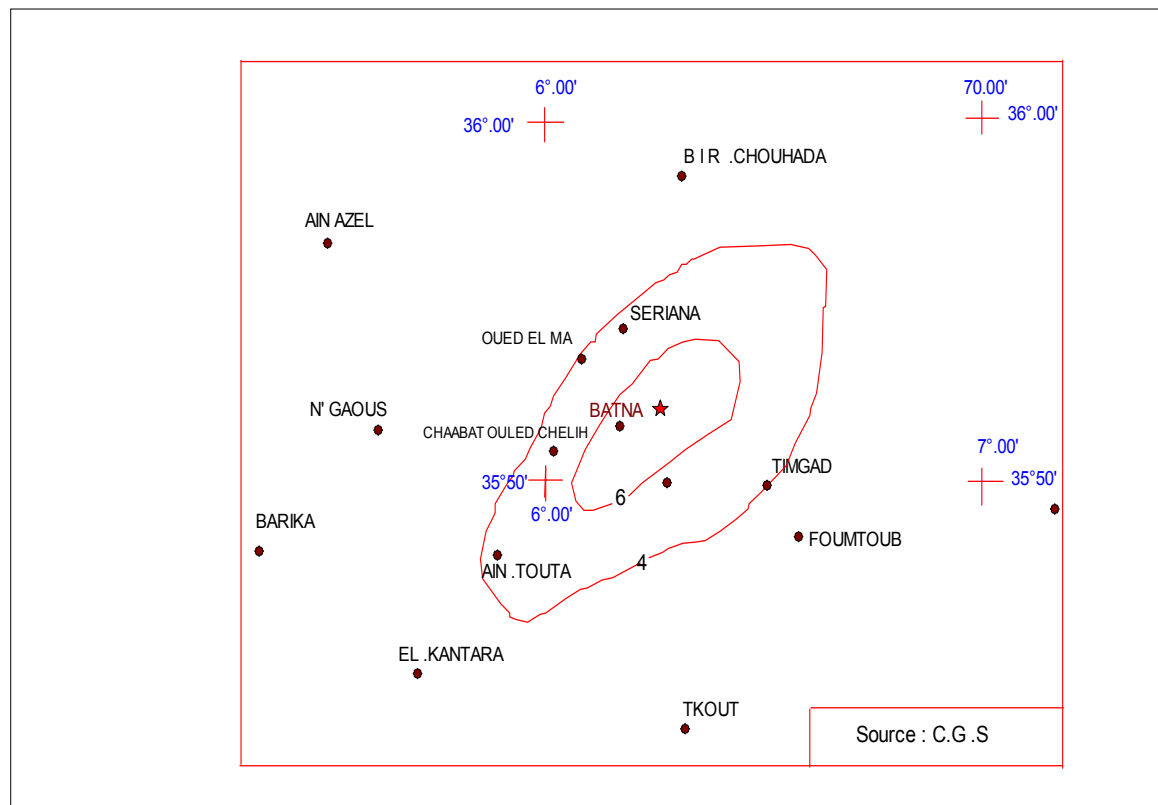


Figure 28 : Isoiséistes des séismes du 02 Octobre 1970, Région de Batna de magnitude $M=4.5$.

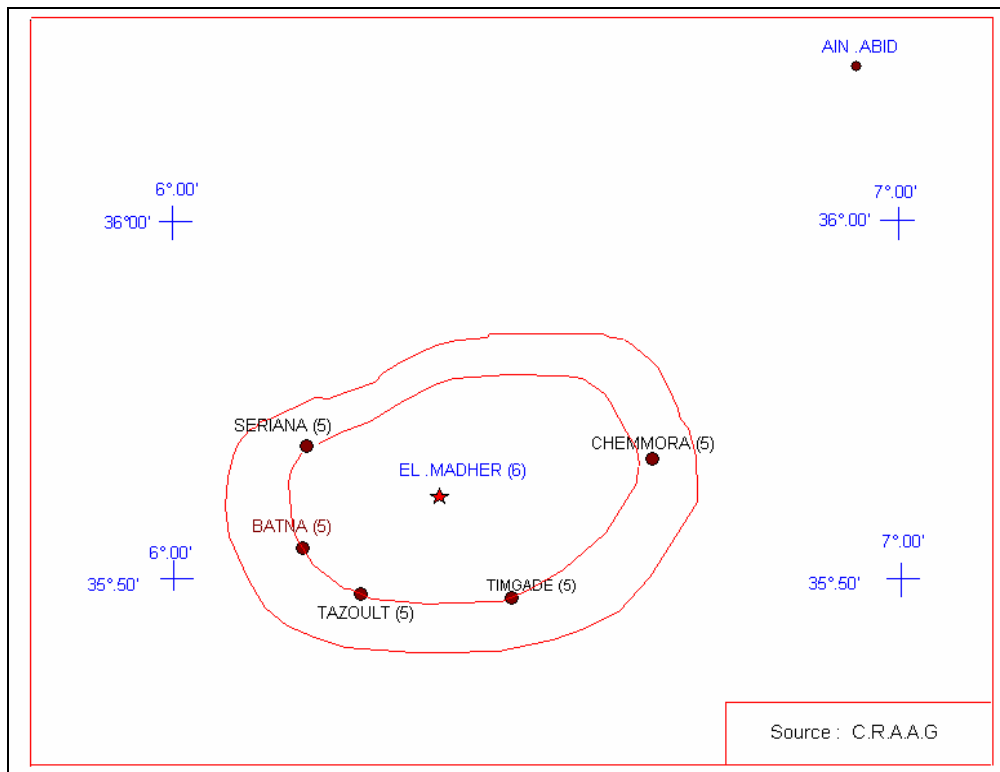


Figure 29 : Isoiséistes des séismes du 2Mai 1986, Madher de magnitude M=4.8.

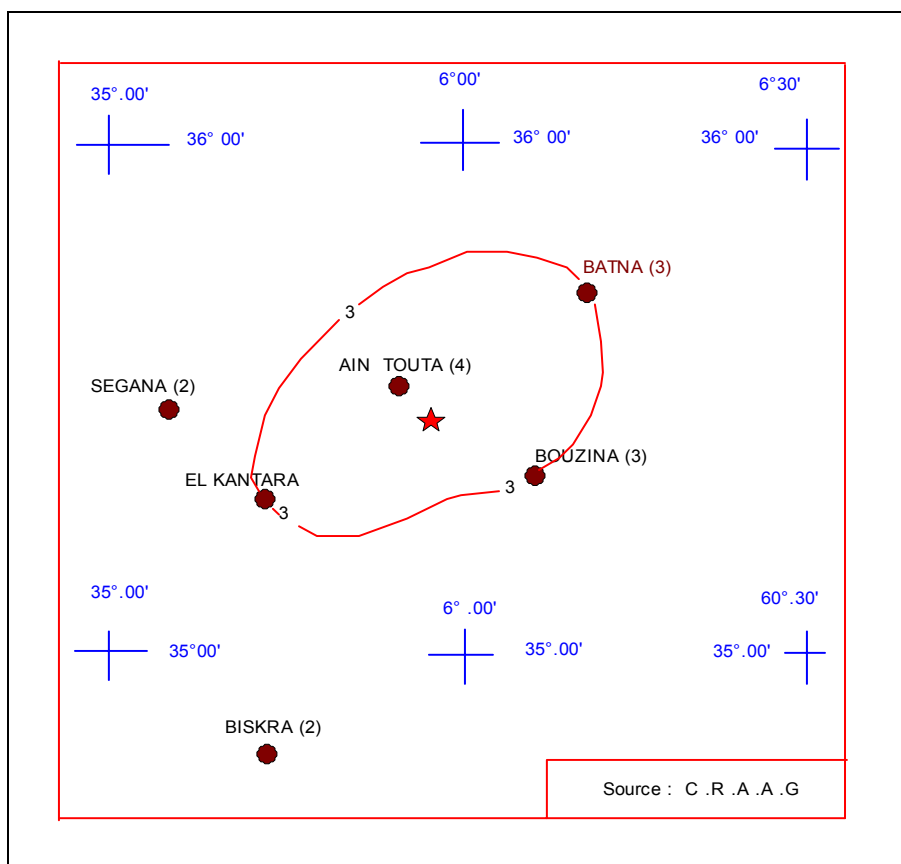


Figure 30 : Isoiséistes des séismes du 09/09/ 1988, Ain Touta de magnitude M=4.1.

IV.2 Evaluation du hasard sismique

Pour l'estimation du hasard sismique, on a utilisé les procédures et les méthodes probabilistes suivantes :

- a) Relation fréquence – magnitude (Gutenberg et Richter, 1956).
- b) Relation fréquence – magnitude (Hwang et Huo, 1956).
- c) Théorie de valeurs extrêmes (distribution de Gumbel).

IV.2.1 Relation fréquence – magnitude

Les résultats obtenus par l'utilisation des données présentées dans le tableau de l'annexe II et à l'aide des relations :

- Gutenberg et Richter (1956)

$$\text{Log}_{10}(N_c/an)=a-b.M \quad (11)$$

$\left\{ \begin{array}{l} a \text{ et } b : \text{Sont des cons tan tes} \\ N_c/an : \text{Le nombre de magnitudes cumulés par an sup érieur à } M \end{array} \right.$

- Hwang et Huo (1956)

$$N(\geq M)=e^{\alpha-\beta M} \cdot (1-e^{-\beta(M_{\max}-M)})/(1-e^{-\beta(M_{\max}-M_0)}) \quad (12)$$

Où : $M_{\max} = 6,5$, $M_0 = 3$

Après résolution du système d'équations linéaires ce la conduit aux relations suivantes :

$$\text{Log}(N_c \geq M)=2,41-0,59.M \quad (13)$$

$$N(\geq M) = e^{5,55-1,36 M} \cdot (1 - e^{1,36(M_{\max}-M)}) / (1 - e^{1,36(M_{\max}-M_0)}) \quad (14)$$

Où :

$$\alpha = a \text{Ln}10 = 5,55 \quad (15)$$

$$\beta = b \text{Ln}10 = 1,36 \quad (16)$$

A partir du tableau de l'annexe II, on a classé les magnitudes par ordre décroissant, en attribuant à chaque une des magnitudes son numéro d'ordre (ni) compté à partir de 1.

Les données sont dressées sur le tableau suivant :

Tableau N° 08 :(Relation fréquence – magnitude (1910 –2000))

Rang (ni)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Log (n)	0	0,69	1,10	1,39	1,61	1,79	1,95	2,08	2,20	2,30	2,40	2,48	2,56	2,64	2,71	2,77	2,83
Magnitude	6,5	5,7	5,2	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,7	3,6	3,5	3,4	3,0

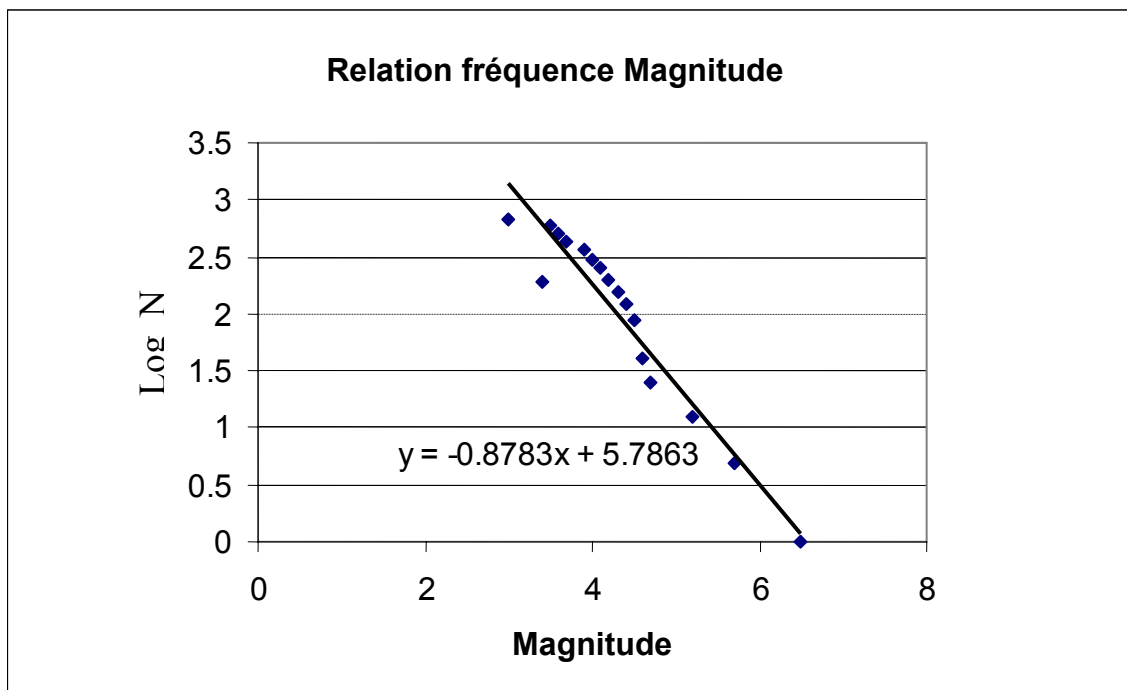
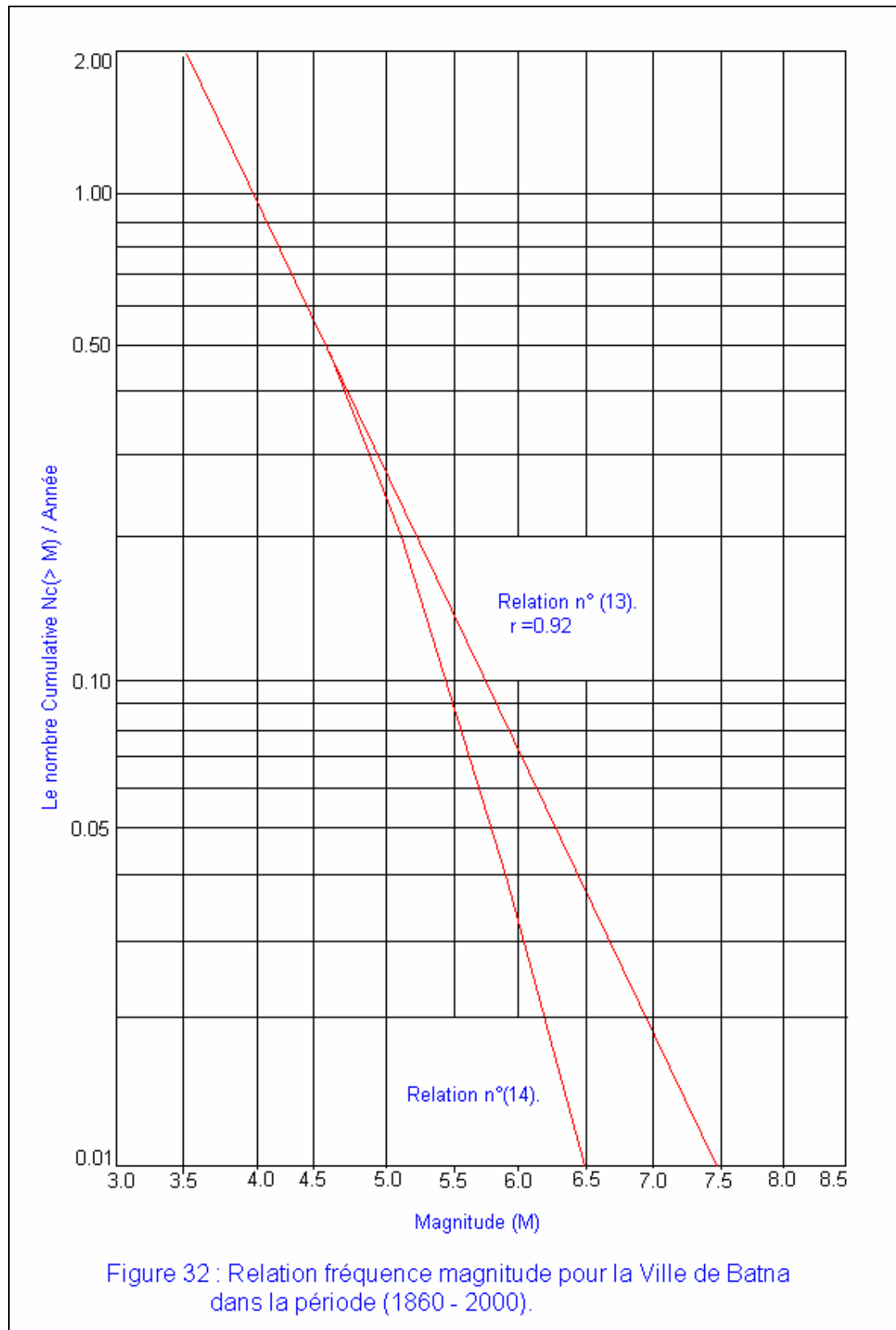


Figure 31: Relation fréquence – magnitude pour le Nord-Est de L'Algérie, dans la période (1910 – 2000).



D'après les figures (31 et 32) on a :

a) Une tremblement de terre de grand dimensionnement $M_{\max} = 7,5$ (M) d'après (13).

b) Une tremblement de terre de base dimensionnement $M_{\max} = 6,5$ M d'après (14).

IV.2.2 Détermination des valeurs extrêmes

La théorie des valeurs extrêmes décrite par Gumbel offre une méthode convenable d'estimation des fréquences de tremblement de terre ; constituée de valeurs maximums observées.

La distribution de Gumbel à la fonction cumulative de forme (Burton 1979) :

$$G_{(M)} = \exp [- \exp [(\beta (M - u))]] \quad (17)$$

Ou de forme (Epstain et Lamnitz 1966) :

$$G_{(M)} = \exp[-\alpha \exp(-\beta M)] \quad (18)$$

Où :

$\alpha = \exp(\beta u)$: sont des constantes.

β, u : Coefficient d'ajustement.

u : Magnitude modale.

Par un changement de variables, $Y = \beta (M - u)$ la loi de Gumbel s'écrit :

$$G_{(M)} = G_{(Y)} = e^{-e^{-Y}} = u \quad (19)$$

Où : Y est la variable réduite de Gumbel, liée à la probabilité attachée à la valeur M (magnitude).

$G_{(Y)}$: Fréquence au non dépassement de la variable réduite (Y). L'équation :

$Y = \beta (M - u)$ présentée sous la forme

$$Y = U = -[\ln(-\ln(G_{(M)}))]]$$

$$M = \frac{1}{\beta} \cdot Y + u \quad (20)$$

$$\text{D'où} \quad \frac{1}{\beta} = 0,78 \cdot \delta, \quad \text{et} \quad u = \bar{M} - 0,577 \cdot \frac{1}{\beta}$$

δ : Écart-type de la série des M (magnitude).

En portant en ordonnées les valeurs de (M) et en abscisse les fréquences expérimentales au non dépassement :

$$G_{(M)} = (i - 0,5) / N \quad (21)$$

D'où : i : allant de 1 jusqu'à N . (Rangs)

FND : Fréquence de non dépassement

$$FND = 1 - \frac{1}{T} \quad (22)$$

D'où : T : Période de retour.

Tableau 09: Moyenne, Ecart type pour la magnitude, Intensité de la ville de BATNA pour la période $T_A = 1860-2000$, et la période $T_B = 1900-2000$.

Période	Magnitude (M)		Intensité épacentrale		Intensité							
	T_A	T_B	T_A	T_B	Schebalon		Gense(2-1)		Gense(2-2)		Intensité I	
	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B
Moyenne	4.5	4.2	5.38	5.28	2.4	2.22	6.06	5.09	4.78	4.80	4.38	4.38
Ecartype σ	0.78	0.92	1.36	1.57	1.5	1.47	0.99	0.90	0.94	0.97	0.73	0.69
$1/\sigma$	0.69	0.54	1.22	1.17	1.17	1.13	0.77	0.70	0.73	0.76	0.57	0.54
Magnitude (M_0)	4.5	4.00	4.76	4.40	1.73	1.57	5.60	5.50	4.36	4.36	4.05	4.07

Tableau N° 10: Détermination de la variable réduite de Gumbel.

Période de retour T_R (Années)	Fréquence au dépassement F_D	Fréquence au non dépassement FND	Variable réduite de Gumbel
50	0,02	0,98	3,9
100	0,01	0,99	4,6
200	0,005	0,995	5,29
475	0,0021	0,9979	6,16

Tableau N° 11: Magnitude, intensité I_0 , intensité de la ville de Batna I_B obtenue par la méthode de Gumbel et relation fréquence – magnitude.

Période de retour, moyenne T_R (années)	Magnitude (M)		Intensité épacentrale (I_0)		Intensité							
	1860-2000 T_A	1900-2000 T_B	1860-2000 T_A	1900-2000 T_B	Schebalon		Gense (2-1)		Gense (2-2)		Intensité $I_{B \max}^{obs}$	
	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B	T_A	T_B
50	6,49	6,12	9,52	8,97	6,29	5,98	8,60	8,23	7,21	7,32	6,27	6,18
100	6,91	6,48	10,37	9,78	7,11	6,77	9,14	8,72	7,72	7,86	6,67	6,55
200	7,32	6,86	11,20	10,58	7,92	7,55	9,67	9,20	8,22	8,38	7,07	6,93
475	7,85	7,33	12,25	11,60	8,94	8,53	10,34	9,80	8,86	9,04	7,56	7,40

De l'analyse des résultats du tableau en remarque :

- à la période de 200 ans : $M_{\max} = 7,32 \div 6,86$ et $I_{B \max} = 7,07 \div 6,93$
- à la période de 475 ans : $M_{\max} = 7,84 \div 7,3$ et $I_{B \max} = 7,56 \div 7,4$

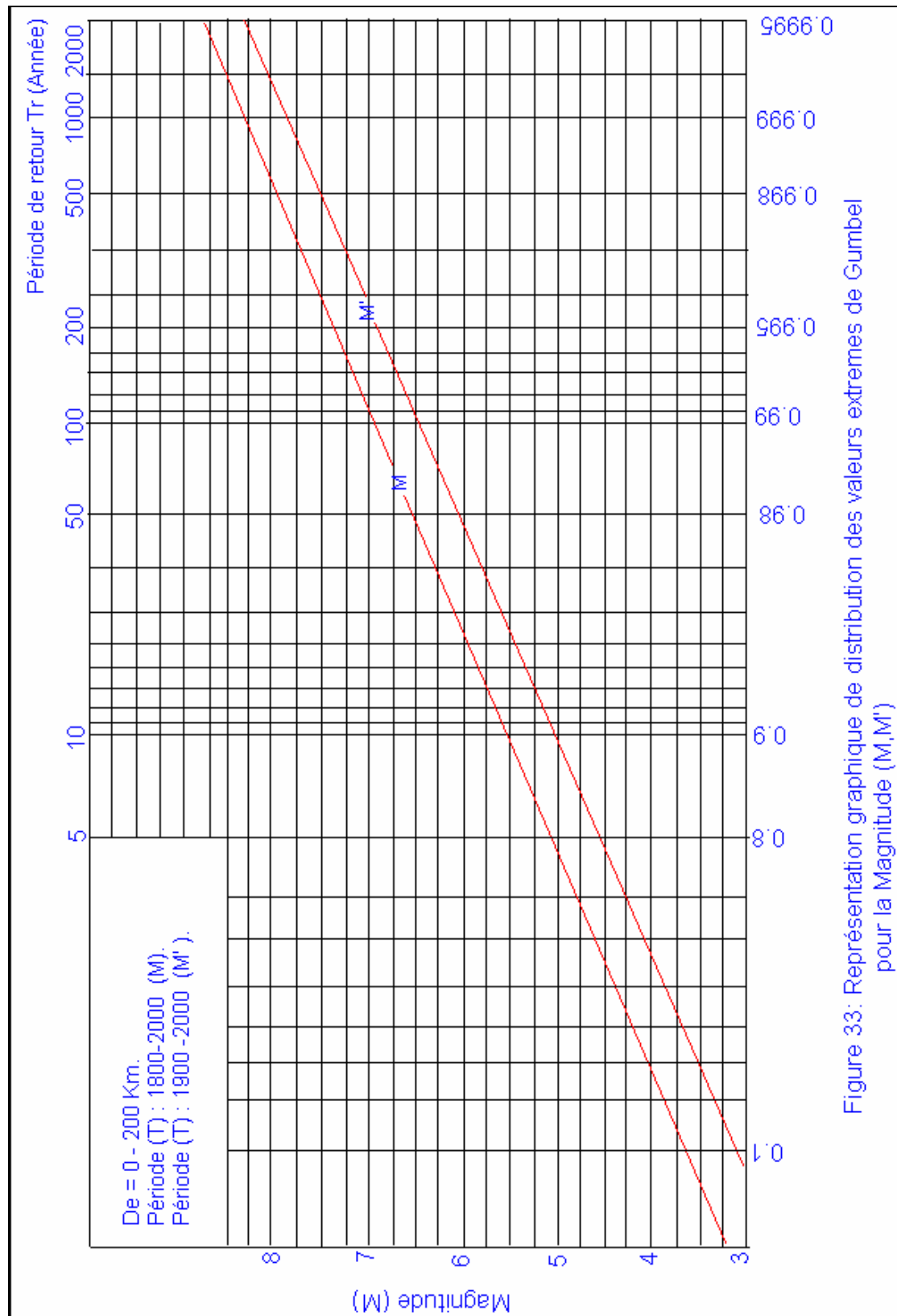


Figure 33: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour la Magnitude (M, M')

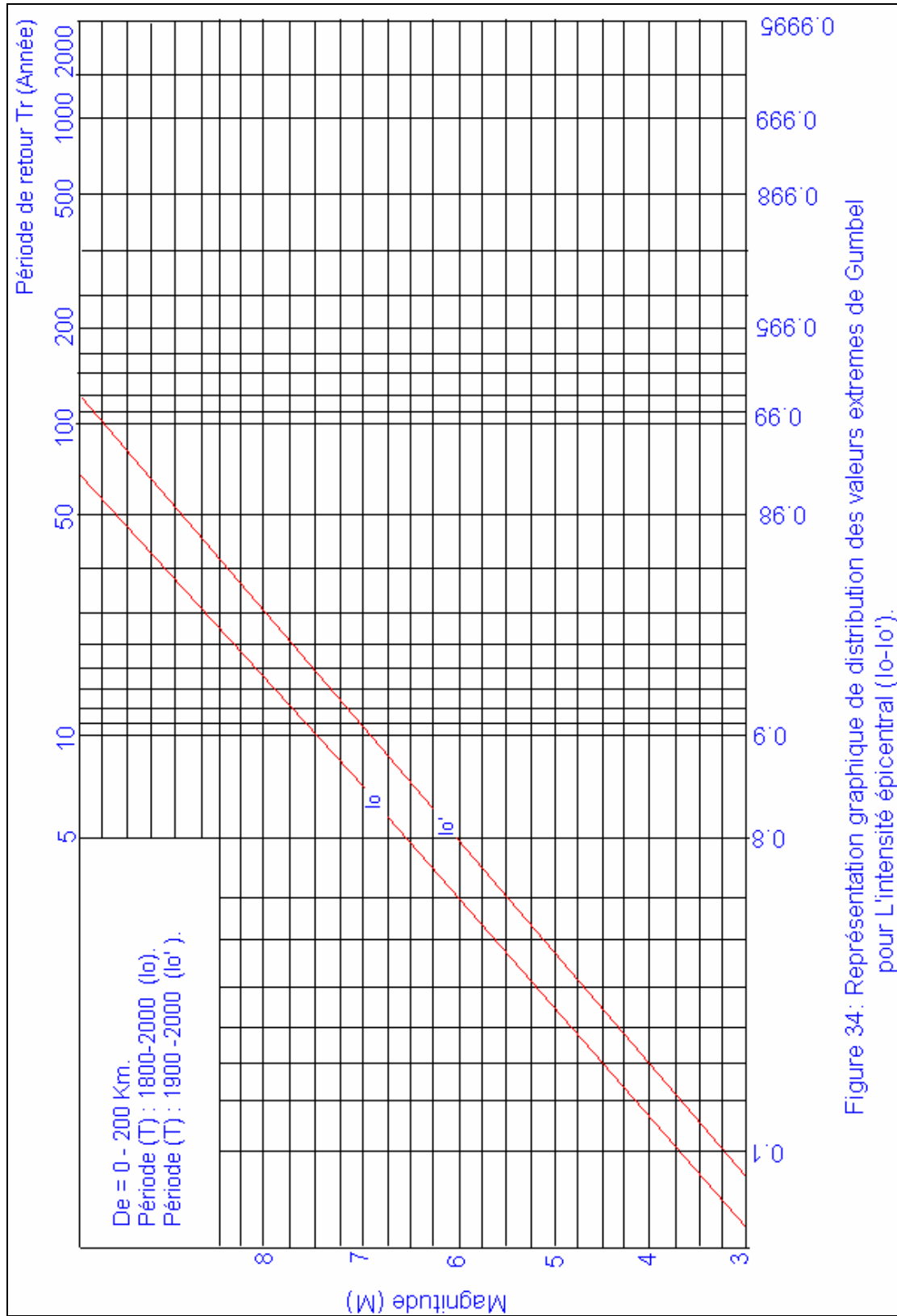


Figure 34: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour l'intensité épiscopentrale ($I_0 - I_0'$).

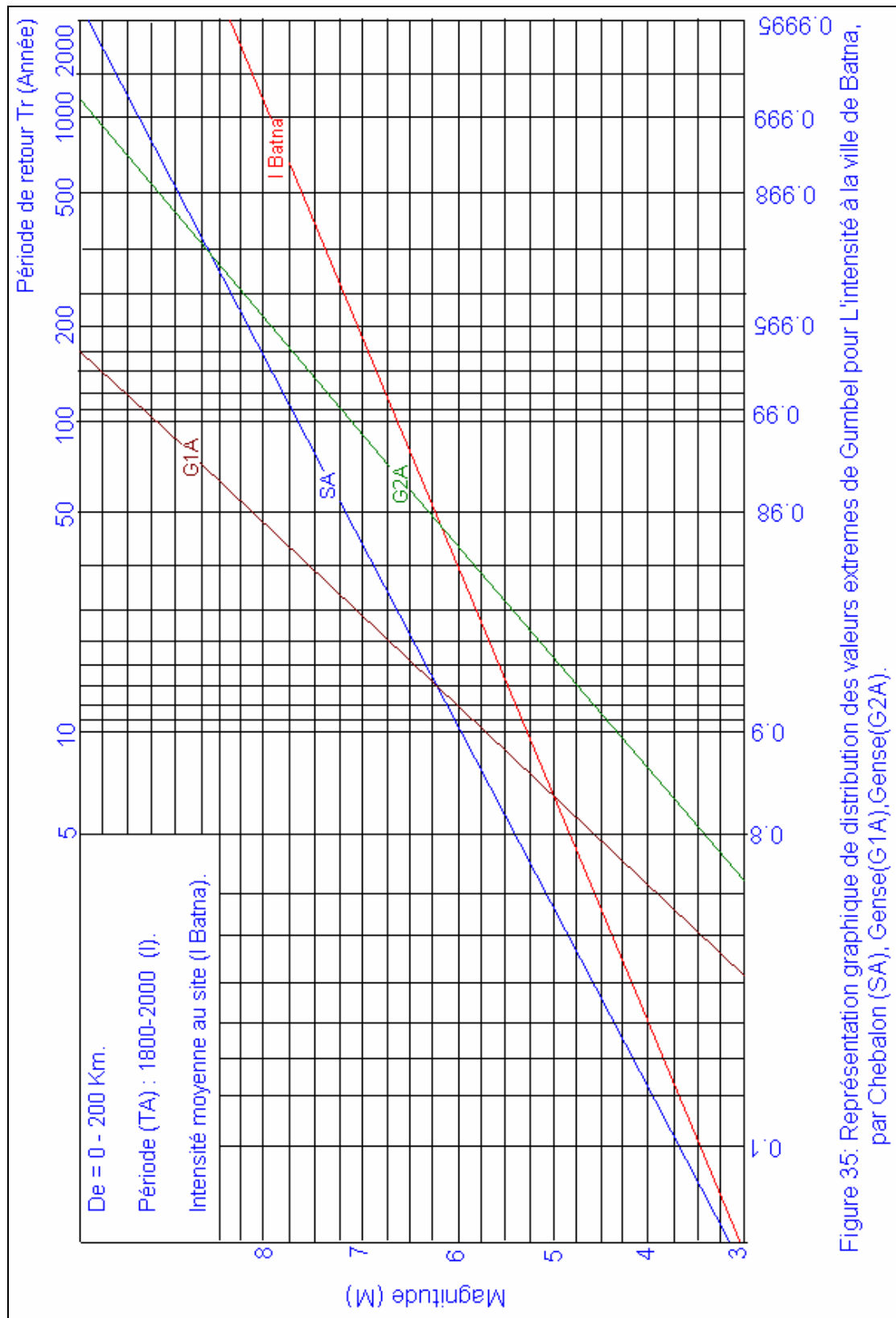


Figure 35: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour l'intensité à la ville de Batna, par Chebalon (SA), Gense(G1A), Gense(G2A).

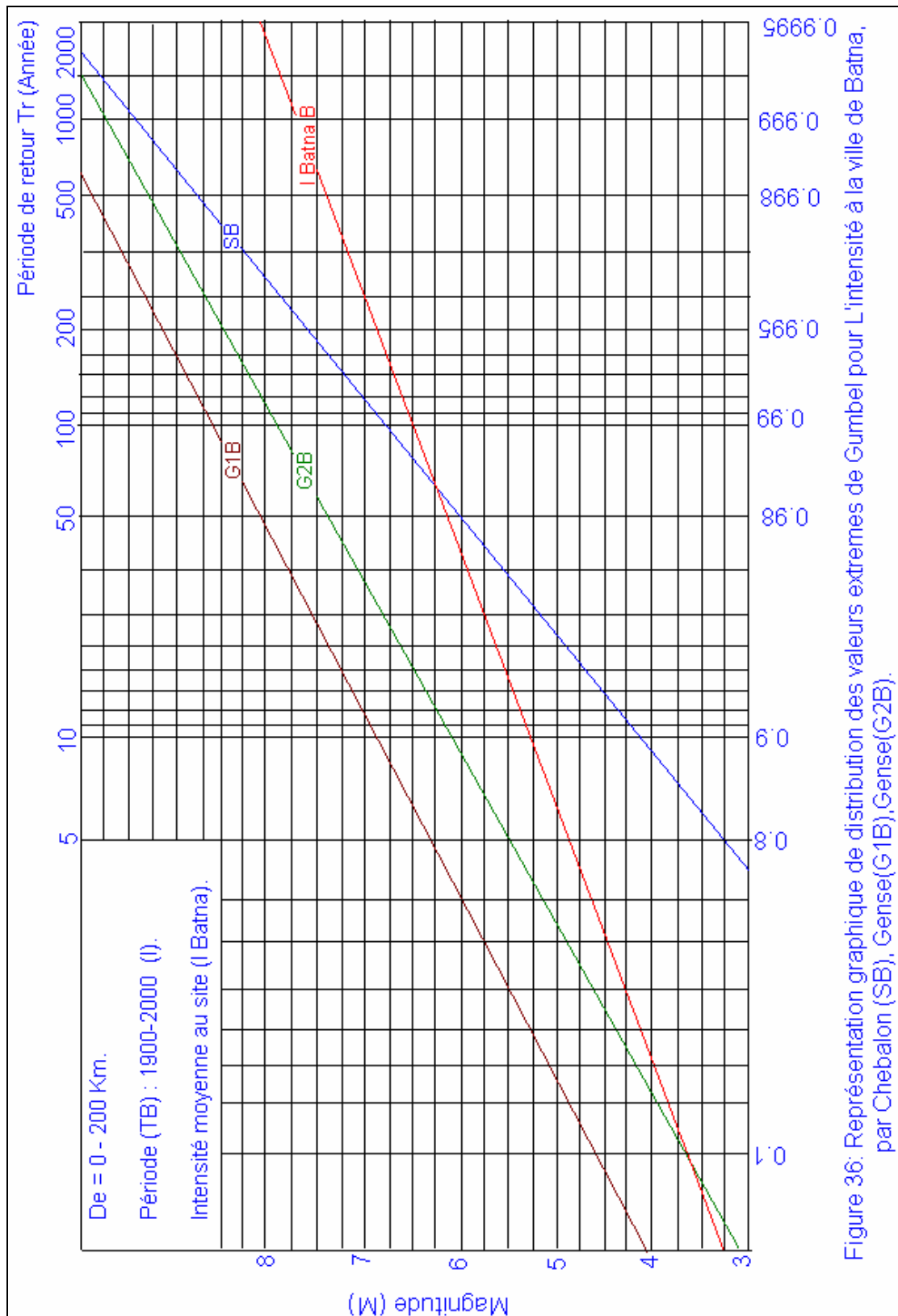


Figure 36: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour L'intensité à la ville de Batna, par Chebalon (SB), Gense(G1B),Gense(G2B).

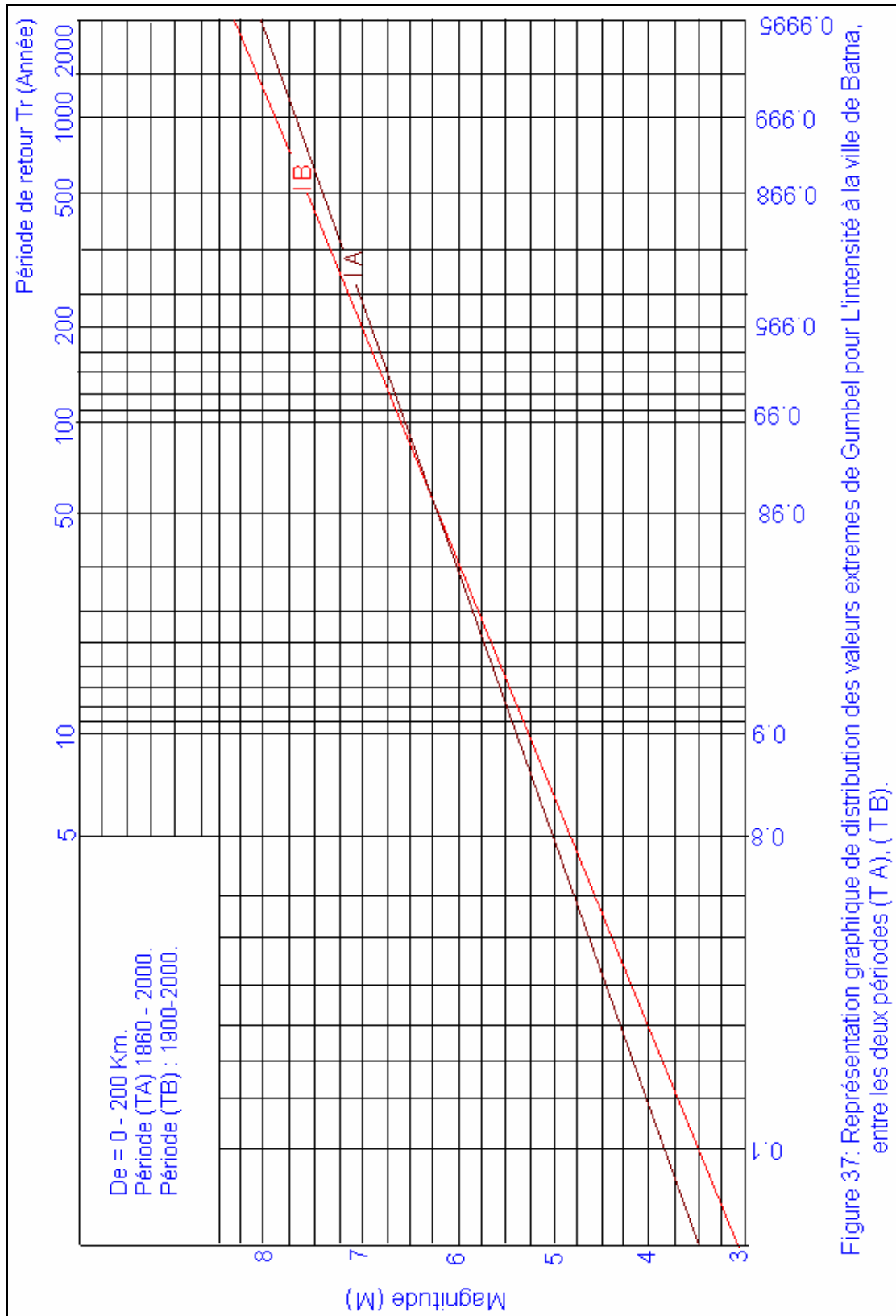


Figure 37. Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour l'intensité à la ville de Batna, entre les deux périodes (T A), (T B).

IV.3 Détermination de l'accélération et la vitesse de vibration du sol

La connaissance de la nature des sources sismique, ainsi que les lois qui régissent le mode de propagation des ondes sismiques établies par Trifunac, et Brady (1975), relation présenté dans le tableau suivant :

Tableau N° 12: Tableau des lois du mouvement du sol.

Relation	Echelle d'intensité	Observations
$\text{Log } a_H = 0,3 \cdot I_{(MM)} + 0,014$ (23)	MM	En Cm/S^2 , pour $I_{(MM)} = IV - X$
$\text{Log } a_V = 0,3 \cdot I_{(MM)} - 0,18$ (24)		
$\text{Log } V_H = 0,25 \cdot I_{(MM)} - 0,63$ (25)	MM	En Cm/S , pour $I_{(MM)} = IV - X$
$\text{Log } V_V = 0,28 \cdot I_{(MM)} - 1,1$ (26)		
$\text{Log } d_H = 0,19 \cdot I_{(MM)} - 0,53$ (27)	MM	En Cm , pour $I_{(MM)} = V - X$
$\text{Log } d_V = 0,24 \cdot I_{(MM)} - 1,13$ (28)		

$I_{(MM)}$: Intensité dans l'échelle (MM).

$a_{H,V}, V_{H,V}, d_{H,V}$: Valeurs de pointe d'accélération, vitesse, déplacement horizontal (H) et Vertical (V).

Les résultats obtenus par le tableau N° 12 sont les suivants :

a) Le tremblement de terre de base dimensionnement :

- Magnitude : $M = 6,5$ (Richter).

- Intensité : $I_{B_{\max}}^{obs} = 6,5(MM)$, et $1g = 9.81\text{m/s}^2$

• Accélération horizontale : $a_H = 92 \text{ Cm} / \text{S}^2 \approx 0,094 g$

• Accélération verticale : $a_V = 61 \text{ Cm} / \text{S}^2 \approx 0,062 g$

• Déplacement horizontal : $d_H = 5,1 \text{ Cm}$

• Déplacement vertical : $d_V = 2,7 \text{ Cm}$

• Vitesse horizontale : $V_H = 9,88 \text{ Cm/S}$

• Vitesse verticale : $V_V = 5,24 \text{ Cm/S}$

b) Le tremblement de terre de grand dimensionnement :

- Magnitude : $M = 7,1$ (Richter).

- Intensité : $I_{B_{\max}}^{obs} = 7,5(MM)$

- Accélération horizontale : $a_H = 184 \text{ Cm} / \text{s}^2 \approx 0,19 \text{ g}$
- Accélération verticale : $a_V = 123 \text{ Cm} / \text{s}^2 \approx 0,13 \text{ g}$
- Déplacement horizontal : $d_H = 7,9 \text{ Cm}$
- Déplacement vertical : $d_V = 4,7 \text{ Cm}$
- Vitesse horizontale : $V_H = 17,58 \text{ Cm/S}$
- Vitesse verticale : $V_V = 10 \text{ Cm/S}$

Conclusion :

L'analyse des informations sismologiques disponibles, depuis les plus anciens temps jusqu'à présent (données historiques et instrumentales) montrent que la sismicité de la commune de Batna est déterminée par les tremblements de terre de profondeur ($10 \text{ Km} \leq h \leq 15 \text{ Km}$) qui se produisent sur une surface de rayon ($De \leq 200 \text{ Km}$).

L'intensité maximum observée est de $I_{B \max}^{obs} = 6,5 (MM)$.

A noter que cette intensité maximum, observée, est due au fort tremblement de terre qui s'est produit le 16/03/1924 de : ($M_m = 6,5$, $I_0 = 9 (MM)$, $h = 10 \text{ Km}$, et $De = 25 \text{ Km}$).

Conformément au procédés fréquents, utilisés dans le cas de l'existence des données d'observation avec une ancienneté de plus de 200 ans, l'intensité maximal, probable (attendue) à la zone d'étude, résulte de l'augmentation avec le degré de l'intensité maximum possible qui est $I_{B \max}^{obs} = 7,5 (MM)$.

La connaissance pratique et concrète des mouvements du sol dans leur niveau absolu comme dans leurs variations locales liées aux effets de site, passe par des moyens d'enregistrements (Accélérométriques) de tel enregistrements permettent de contrôler, et éventuellement de modifier les caractéristiques spécifiées dans la réglementation que ce soit pour les construction courantes, ou pour des installations spéciales.

CHAPITRE V

ELABORATION D'UNE CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUE SISMIQUE DANS LA VILLE DE BATNA

Introduction

Les moyens mis en œuvre pour l'accomplissement de ce travail se résument en une carte topographique, des visites et observations sur terrain et quelques essais géotechniques du Laboratoire National de l'Habitat (L.N.H.C), des données de recensement de L'O.N.S de 1998, des statistiques de la D.P.A.T du 2004.

A partir de ces données, nous avons élaboré une série de cartes qui s'enchaînent dans un ordre logique, bien défini pour en arriver à une carte prévisionnelle de risque sismique du secteur urbanisé de la ville de Batna.

V.1 Périmètre urbain de la ville de Batna

V.1.1 Présentation des quartiers du périmètre urbain de la ville de Batna

Dan cette phase d'étude on a partagé notre site d'étude en douze secteurs comme indiqué dans le tableau n° 15 et la (Fig. 38.)

Tableau13 : Les secteurs du périmètre urbain de la ville de BATNA

N° : de zone	Nomination du secteur	Surface (ha)
1	Centre ville	225.52
2	Z'Mala, Cité Chikhi	112.26
3	Bouakal	213.33
4	Kechida	349.19
5	Parc A forage	437.4
6	Bouhourane	239.83
7	Hai chouhada	142.88
8	Route de Tazoult	282.85
9	ZUHN2	330.77
10	ZUHN1	445.42
11	Zone industrielle	458.51
12	Zone militaire	156.01

(D.P.A.T, 2004)

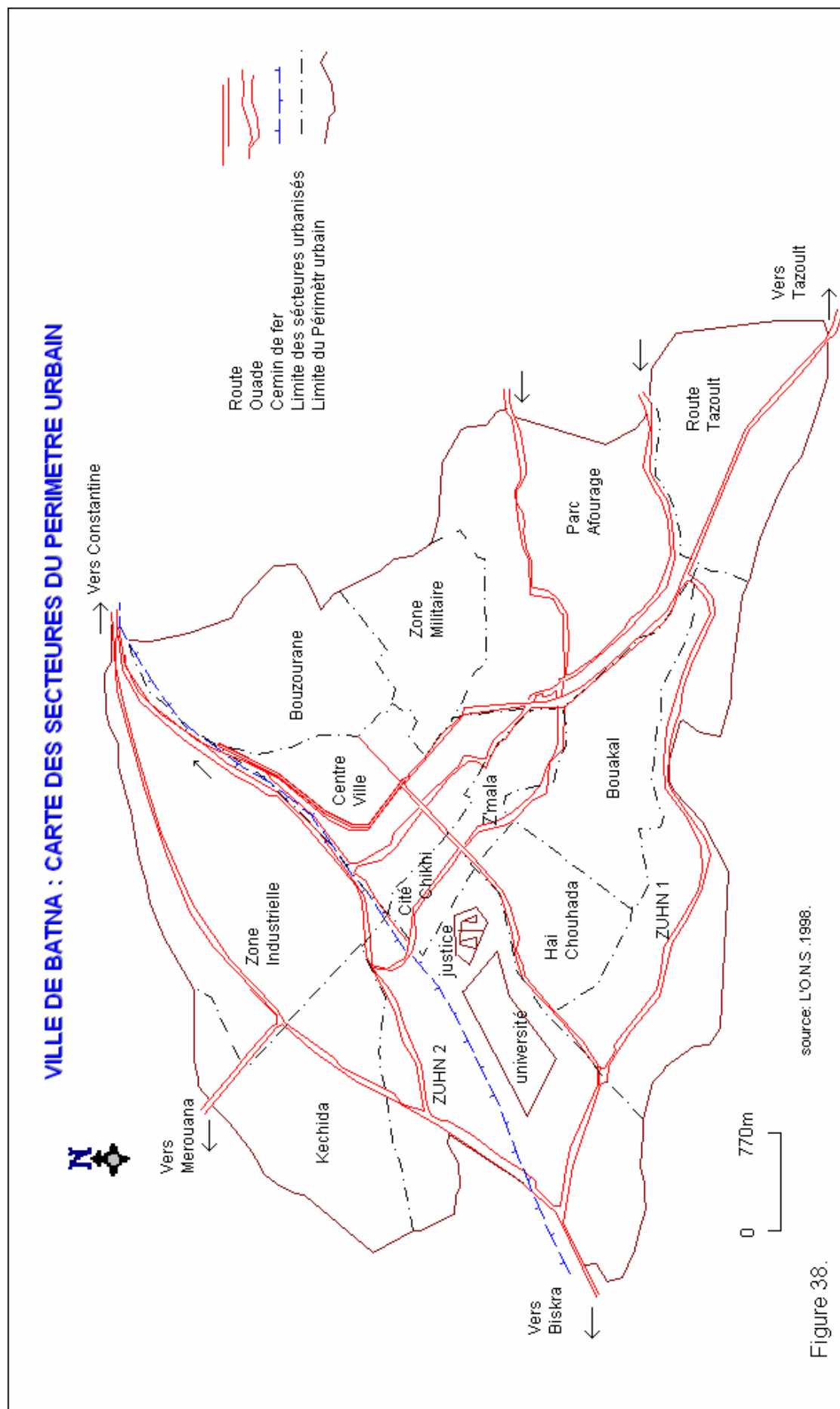


Figure 38.

On remarque la male formation de plusieurs quartiers périphériques sous la pression démographique due à l'exode rurale autour du centre, au cours des différentes étapes d'extension de la ville. En effet, de par la qualité du cadre bâti et les caractéristiques du tissu urbain, on distingue deux groupes de tissu.

1^{er} Tissu: parc à fourrage, Bouakal, Tamchit, khechida, lotissements (kemouni, chouhada et El Bousten) ou l'urbanisation est caractérisée par la prédominance de l'habitat individuel (R+1) de qualité souvent précaire. Les travaux de la viabilisation ainsi que le raccordement des sites aux réseaux d'assainissement et d'alimentation en eau potable a atteint les 70 %.

2^{ème}- Tissu: Bouzourane, route de Tazoult et route de Biskra, caractérisé par un habitat (individuel et collectif) plus structuré architecturalement.

V.1.2 Technique de construction du périmètre urbain

Différents systèmes de construction ont été adoptés, On peut citer les techniques suivantes :

1. Le traditionnel,
2. les techniques utilisant les coffrage outils (tunnel, tables et banches) ;
3. Le système préfabriqué.

V.1.3 Les infrastructures d'utilité collective

Le centre ville concentre les principaux édifices, administratifs, culturel et sociaux.

Le Siège de la Wilaya, L'hôtel de Ville, La Daïra, la Sûreté et la Gendarmerie , la Maison de la Culture , Université (C.U.B 1), le Centre Islamique la Gare Ferroviaire et la Gare Routière le théâtre, les Centres de Formations Professionnels, le Sanatorium, les hôtels Chélia ,et Salem .

Les sièges des administrations : Cadastre, Agriculture, Education, Sonal Gaz, Domaine, Hôtel des Finances, Parc Omnisport.

En effet la concentration d'équipements et d'activités ont fait de ce centre ville le centre urbain principal de l'agglomération, sur le quel repose toute la structure urbaine.

La structure ancienne et son tissu urbain vétuste ont créé d'importantes contraintes pour son adaptation au cadre de vie urbaine moderne, qui augmente la vulnérabilité du centre ville en cas d'un séisme.

Les établissements de santé ainsi que d'autres établissements vitaux implantés durant la période (1962-1978), qui est caractérisé par l'absence du règlement parasismique Algérien.

La prise en charge de deux infrastructures de santé (sanatorium, clinique O.R.L) qui se trouvent dans un état très vétuste, et plus que nécessaire.

V.1.4 La zone industrielle

Lors de notre visite sur les lieux pour évaluer le risque technologique contre le séisme de certaines installations potentiellement les plus nuisantes telles que :

- 1 Les unités de fabrication de Gaz liquéfié sous pression.
- 2 Les unités de mise en bouteille de Gaz sous pression

On a constaté que tous les édifices respectent la norme parasismique.

V.1.5 Les infra structures techniques

L'installation du réseau d'électricité et de Gaz se trouve en dehors du périmètre urbain. Cependant toute forme de risque à l'intérieur de notre zone d'étude est protégée par des systèmes de sécurité performants (D.R.T et électrovalve à Pression) qui peuvent protéger le réseau (Électricité et Gaz), en cas de pertes de charge électriques ou présence de fuite de Gaz (Voire Fig. 39).

V. 2 Méthodes de réalisation des cartes prévisionnelles de risque sismique

La méthode suivie consiste, à cartographier séparément les facteurs naturels et entropiques, qui sont les indicateurs de la vulnérabilité. (L'évaluation des différents facteurs naturels, entropiques dans le sens d'une recherche de l'objectivité du rôle respectif de chacun de ces facteurs retenus).

Dans un premier temps, pour chaque carte nous avons affectés un indice déterminant dans une échelle numérique en rapport avec son importance. Cette simulation nous permet de traduire une << méthode arithmétique >> qui consiste à faire la somme des indices par secteur figurant dans chaque carte et par la suite nous obtenons la carte de la somme indiciaire qui donne un minimum et un maximum de risques susceptibles de produire des préjudices ou des dommages.

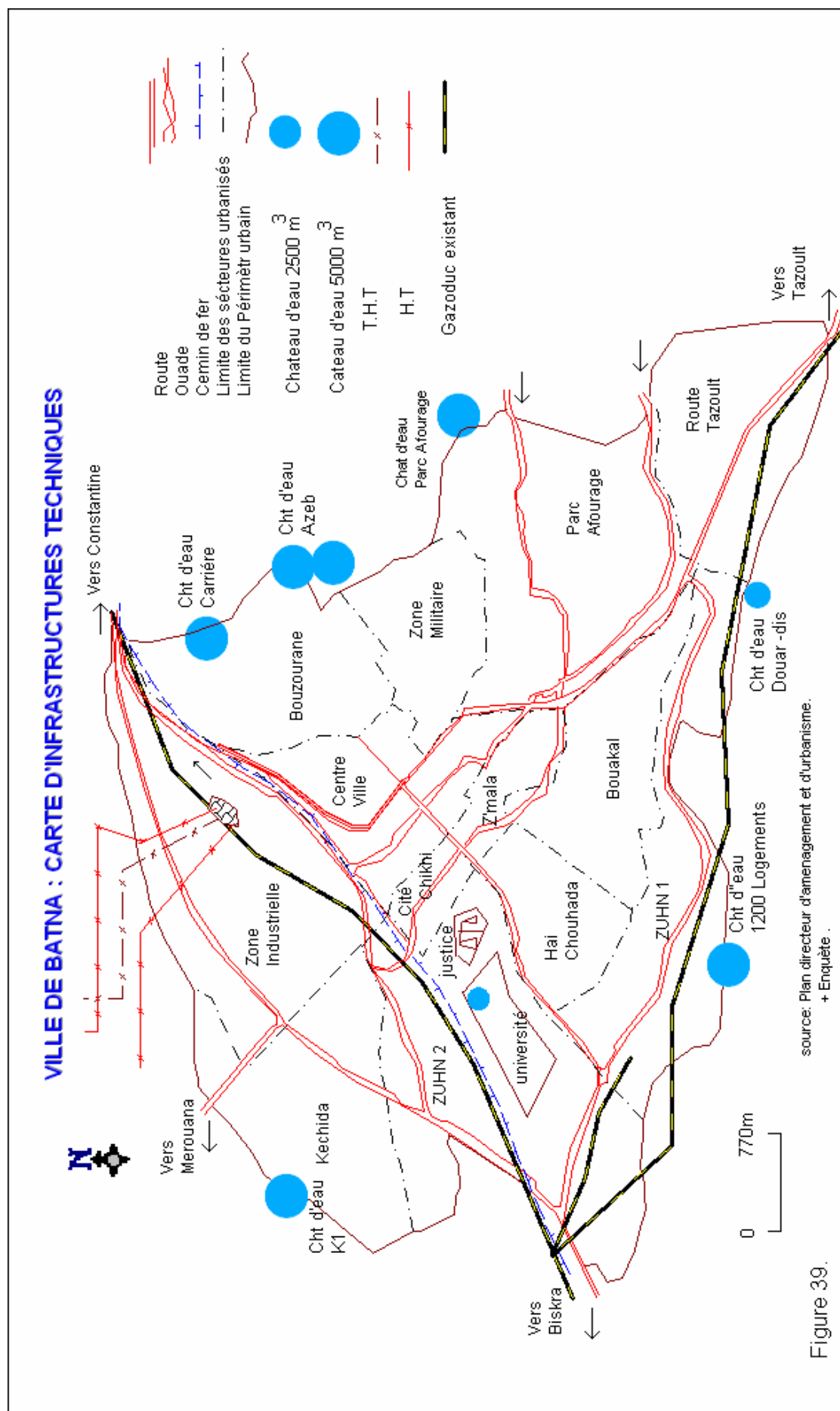


Figure 39.

V.2.1 Facteur naturel

1 Le sol :

La qualité du sol joue un rôle important et c'est pourquoi, entre autres, le roche dure en place est à choisir plutôt qu'un remblai artificiel ou un terrain meuble, trop souvent gorgé d'eau et dès lors susceptible de se liquéfier sous l'effet des vibrations et de devenir en quelques instants incapable de soutenir un bâti quelconque. Par ailleurs, il faut garder présent à l'esprit le risque des effets induits dus aux tremblements de terre : éboulements, glissements de terrain, etc., qui peuvent mettre gravement en péril plusieurs bâtiments.

A fin d'estimer le comportement d'une construction face au risque séismique, une attention particulière doit être portée aux conditions suivantes :

- Rupture de sol (contrainte de rupture du sol) ;
- Topographie superficielle (Pente).

V.2.1.1 Rupture de sol

La rupture d'un sol est déterminée à partir de l'observation des courbes effort-déformation.

- 5 soit la forme (I) qui présente un maximum.
- 6 soit la forme (II) continuellement croissant.
- 7 Dans le cas (I), on dit généralement qu'il y a rupture lorsque on teint le maximum de la courbe.
- 8 Dans le cas (II) la définition de la rupture est plus arbitraire, on se fixe généralement un certain pourcentage de déformation.

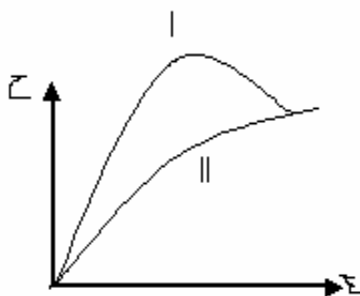


Figure 40 : Courbe effort déformation.

Rappelons que la courbe intrinsèque enveloppe des cercles de MOHR à la rupture, sépare dans le plan (ϵ , ζ), les zones de contraintes possibles des zones de contraintes impossibles à atteindre parce qu'il y a rupture du matériau avant.

1 On peut déterminer la résistance au cisaillement des sols : par les appareilles suivantes : La boîte de cisaillement, l'appareil Triaxial, et le Pénétrromètre statique.

2 La boîte de cisaillement.

La boîte de cisaillement est constituée de deux demi boites dont l'une est fixe (demi boîte inférieur) et l'autre mobile le long du plan de contact (A B) dans une direction donnée.

Voir (fig.41).

Un échantillon du sol à étudier est introduit dans la boîte sur la quelle on exerce une force normale constante N .Puis on augmente progressivement la force de traction tout en notant les déplacements horizontaux et verticaux, jusqu'à rupture complète de l'échantillon. Le déplacement de la demi boîte supérieur se fait à vitesse normale si S est la section de l'échantillon, on exerce ainsi sur le plan (AB) une contrainte dont les composantes normale et tangentielle sont en moyenne:

$$\sigma = N/S$$

$$\zeta = F/S$$

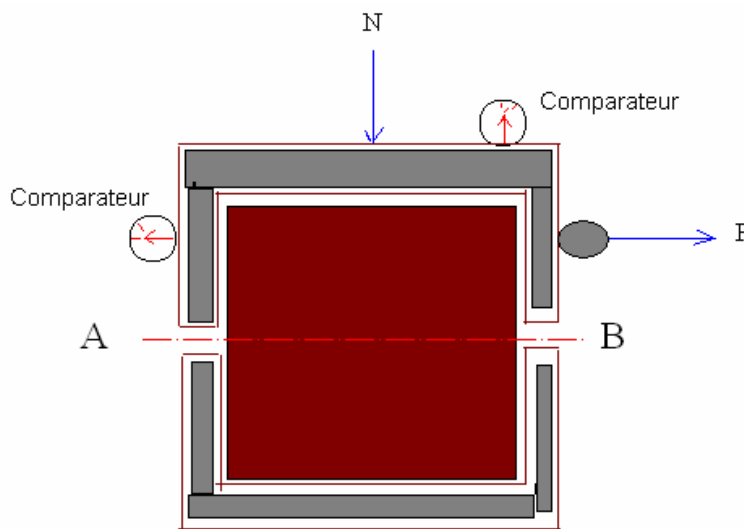


Figure 41 : La boîte de cisaillement

Si l et h sont les déplacements horizontaux et verticaux, les déformations correspondantes sont :

$$\epsilon_1 = l/L \quad \epsilon_2 = h/H$$

(H et L) étant la longueur et la hauteur de l'échantillon.

La courbe intrinsèque s'obtient directement à partir de plusieurs essais, les points répondant à la rupture dans des axes (ζ) et (σ).

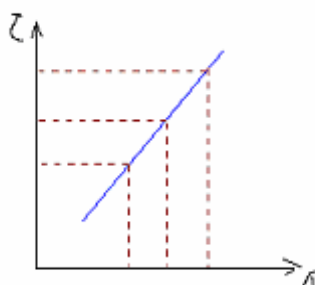


Figure 42 : La courbe intrinsèque

V.2.1.2 Carte d'indice rupture dans le sol (IG)

Sur une carte de notre site, on a présenté les valeurs d'essai (fourni par le laboratoire national de l'habitat). Sur leur endroit de prélèvement, et par un cheminement entre les valeurs les plus faible on a abouti à une carte prévisionnelle de l'indice rupture de sol.

La connaissance de la contrainte du sol Joue un rôle important dans le choix de la profondeur ainsi la forme des fondations d'un ouvrage, cela augmente la résistance et assure le non effondrements du bâti face au risque sismique majeur.

A travers la carte d'indice (IG) de rupture du sol (Fig.43), on a localise trois classes de sol dans la zone d'étude, représentée dans le tableau suivant.

Tableau : 14 Classification selon le facteur rupture de sol

Degré de risque d'Indices (IG)	IG1=1	IG2=2	IG3=3	IG4=4
Contrainte du sol (bar)	$\bar{\sigma} > 1.7$	$\bar{\sigma} = (1.7-1.2)$	$\bar{\sigma} \leq (1.2-0.5)$	$\bar{\sigma} \leq 0.5$
Influence de séisme sur les fondations	faible	Moyen	Forte	Très Forte
Qualité du sol pour construction	Bonne	Moyen	faible	médiocre

Conclusion :

Les sols étudiés sont hétérogène, leurs propriétés varient tant avec la profondeur qu'horizontalement .A cet effet on a choisi les valeurs les plus faible des rupture du sol pour estimer la qualité du sol, évaluer le degré du risque sismique dans les secteurs urbanisés.

Le risque maximum pour la contrainte rupture du sol est.

$\bar{\sigma} = 0.5$ bar (sol lâche).

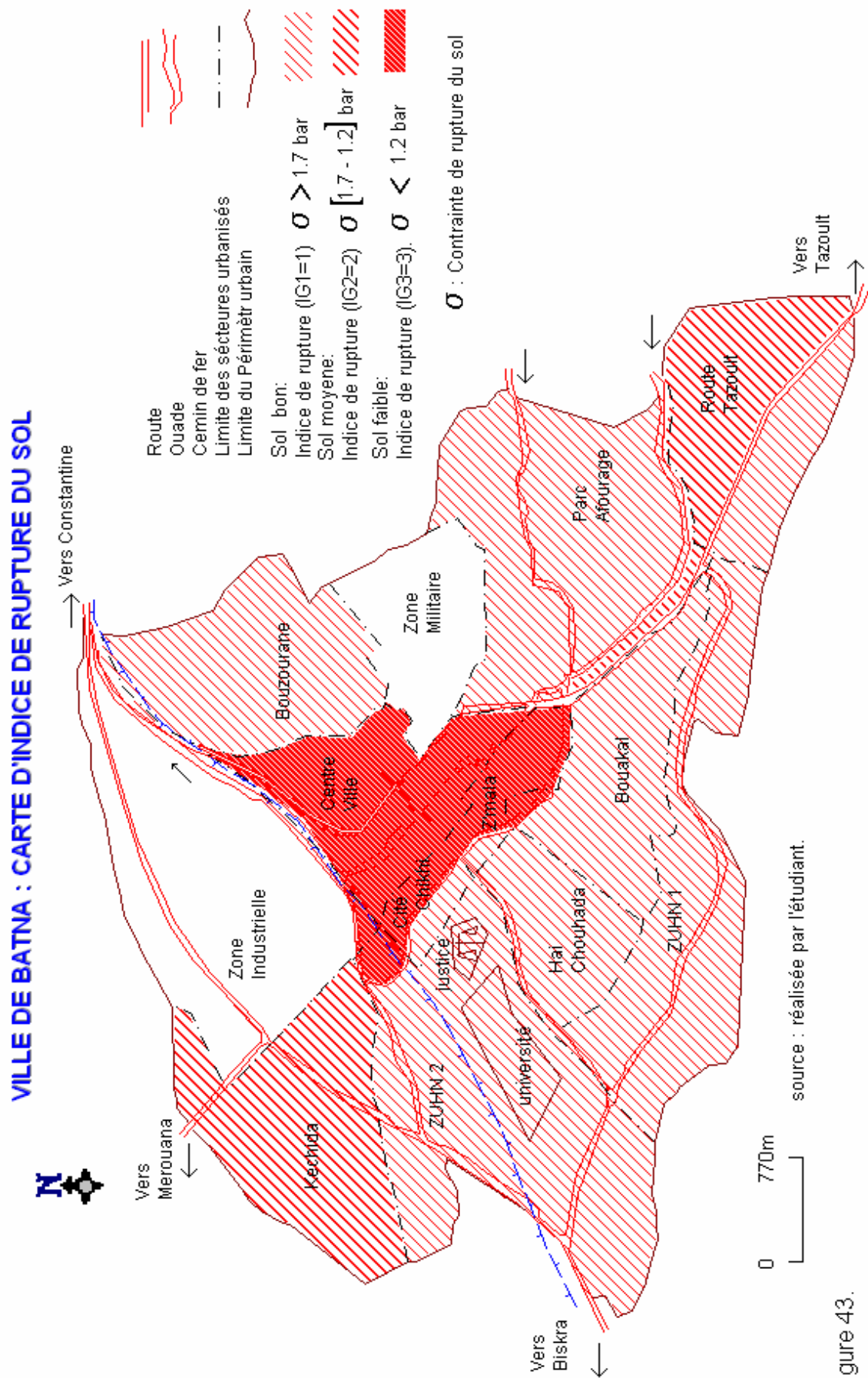


Figure 43.





V.2.1.3 Indice de pente (IP)

Le relief du site et reflété par l'indice de pente (IP).l'indice permet l'élaboration d'une carte de facteur pente, la carte de pente et faite à partir de la carte topographique de la ville de Batna 1960.

Les classes de pentes du paramètre <<pente de terrain et fondation>>. Représentées dans le tableau suivant.

Tableau : 15 Classification selon paramètre<<pente du terrain et fondation>>

Indice (IP1)=1	Indice (IP2)=2	Indice (IP3)=3	Indice (IP4)=4
Catégorie (A)	Catégorie (B)	Catégorie (C)	Catégorie (D)
Pente < 10 ‰	Pente 10-25 ‰	Pente 25-45 ‰	Pente > 45 ‰
Risque faible	Risque moyen	Risque fort	Risque très fort

	Existence de longrines	Fondations isolées > 50x50 cm ²	Sols Peu Portants et Fondations < 50x50 cm ²	Fondations sur remblais
Pente du terrain				

Réf : (18)

Conclusion

D'après la (Fig.44) on remarque que l'indice de pente prévue au secteur urbanisé est faible, représente 10 ‰ de la surface totale du périmètre urbain.

1 Le risque est maximum pour IP > 45 ‰ ⇔ risques très fort

V.3 Facteurs entropiques

La grande diversité dans les caractéristiques structurelles fait que l'évaluation de risque sismique d'une structure existante est une tâche difficile, car elle implique plusieurs incertitudes (caractéristiques des matériaux, détails de ferrailages et rigidités des éléments).

L'importance des dégâts causés par un séisme Provient souvent de la vétusté ou de la qualité des constructions.

A cet effet on a jugé de prendre l'effet d'âge des constructions comme facteur commun, pour estimer la vulnérabilité et par la suite déterminée le degré de risque en cas d'un séisme.

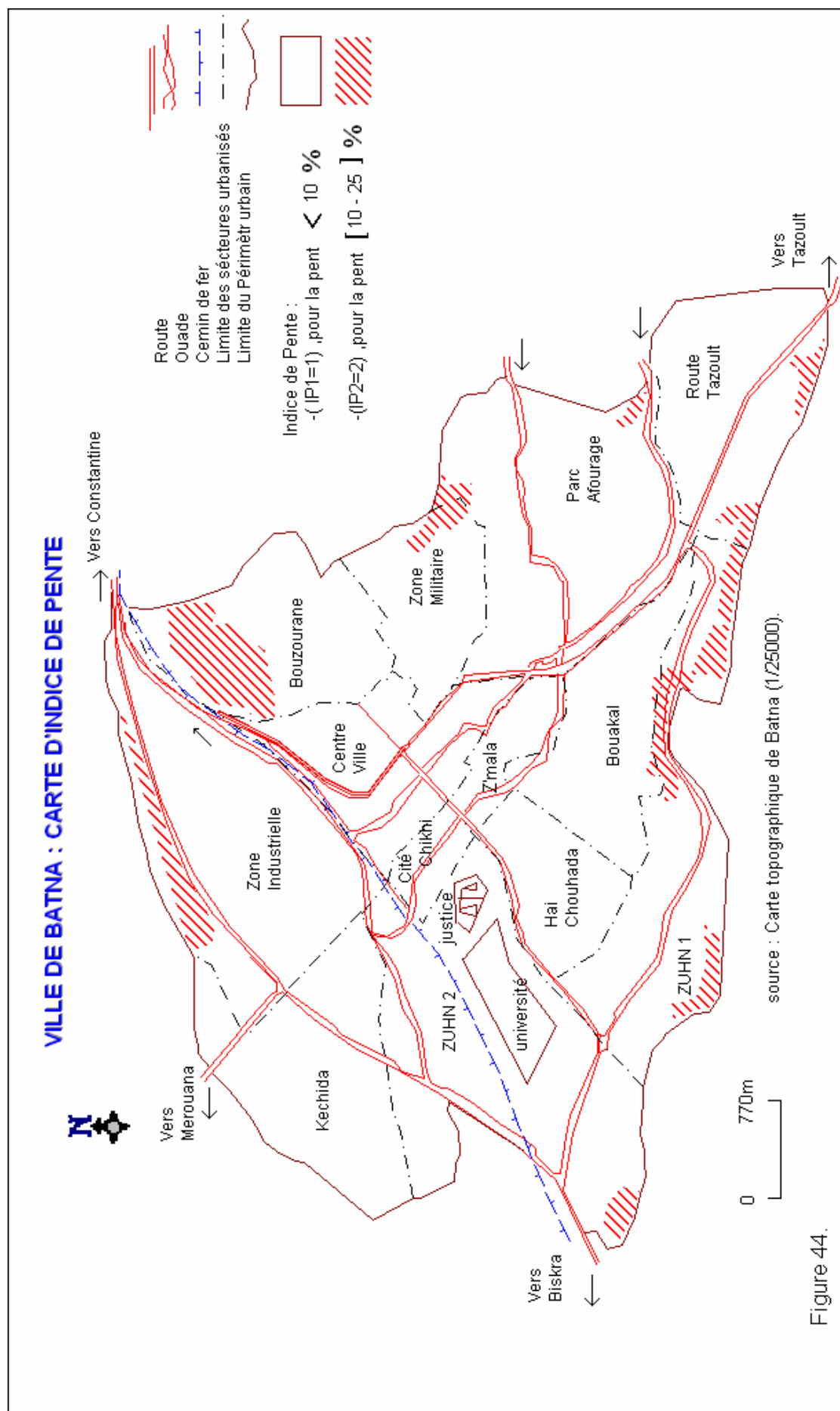


Figure 44.

V.3.1 Indice Age de la construction :

La carte d'indice Age de tissu urbain (fig.45), réalisée a partir du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme, puis un indice (IA) a été affecté pour chaque période comme indiquée ci dessus.

Tableau : 16 Classifications d'Indice Age de constrictioin dans la ville de Batna

Indices d'age de constrictioin	(IA1)=1	(IA2)=2	(IA3)=3
age de constrictioin	1989-2005	1962 - 1988	1844 - 1961
Observations	Période d'apparition de la réglementation parasismique R.P.A	Constrictioin menacée par la ruine (anarchique)	Construction Précaire (coloniale)
Risque sismique	Moyen	fort	Très fort

Conclusion :

Selon le facteur age on a localisé trois époques de construction et l'étude de son état (règle de constructions adoptées) qui nous permettent d'évaluer son comportement en cas de séisme destructeur.

V.3.2 Indice de densité d'habitat (IH)

Tenant compte de la densité d'habitat, comme facteur d'influant sur la fréquence du risque, a été affecté l'indice (IH) par catégorie, comme indique le tableau suivant :

Tableau:17 classification d'indice densité d'habitat dent la ville de Batna

d'indice (IH) d'habitat	(IH1)=1	(IH2)=2	(IH3)=3
Nombre d'habitat /ha	18-78	79-270	>270
Degré de risque	Moyen	élevé	Très élevé

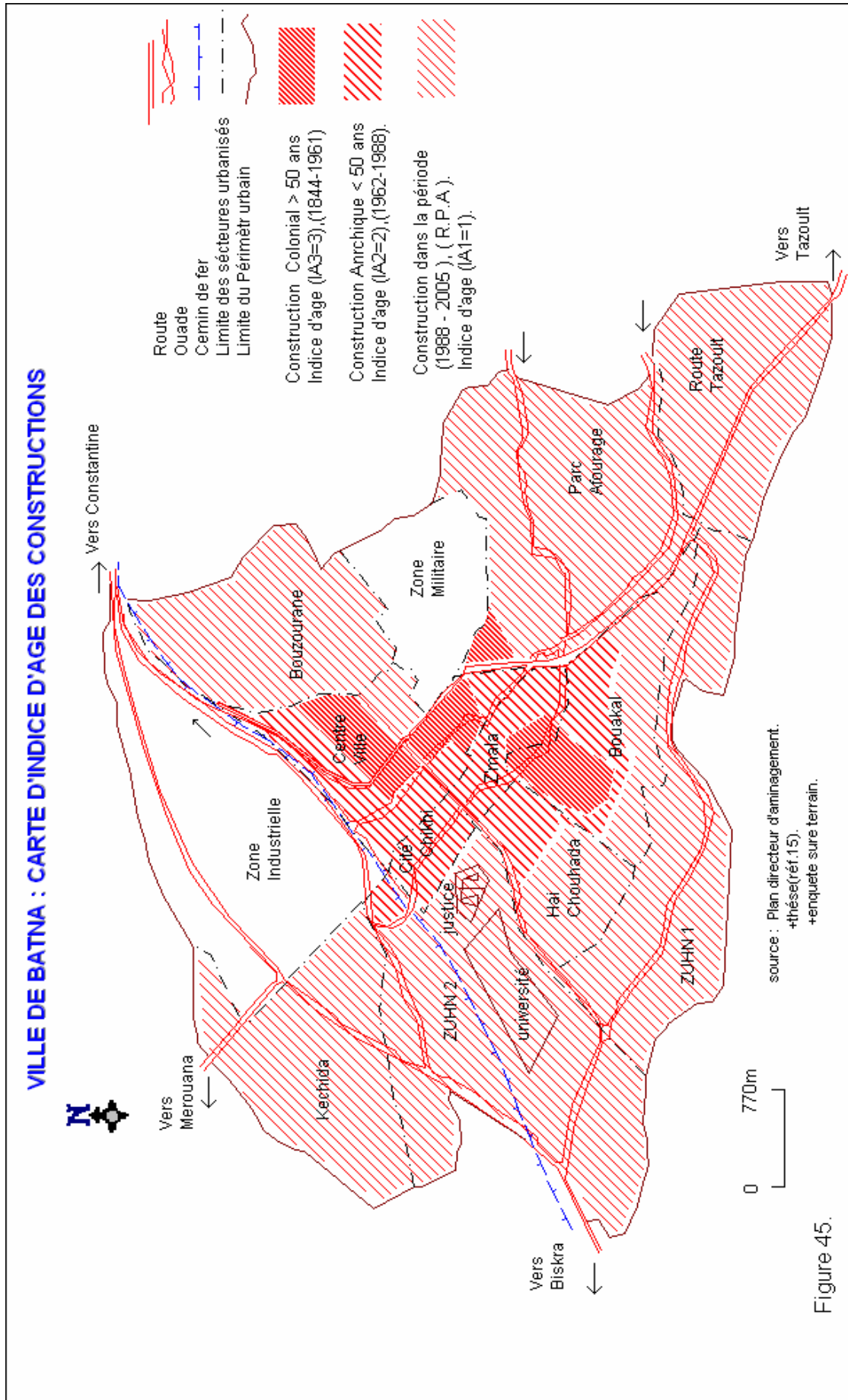


Figure 45.

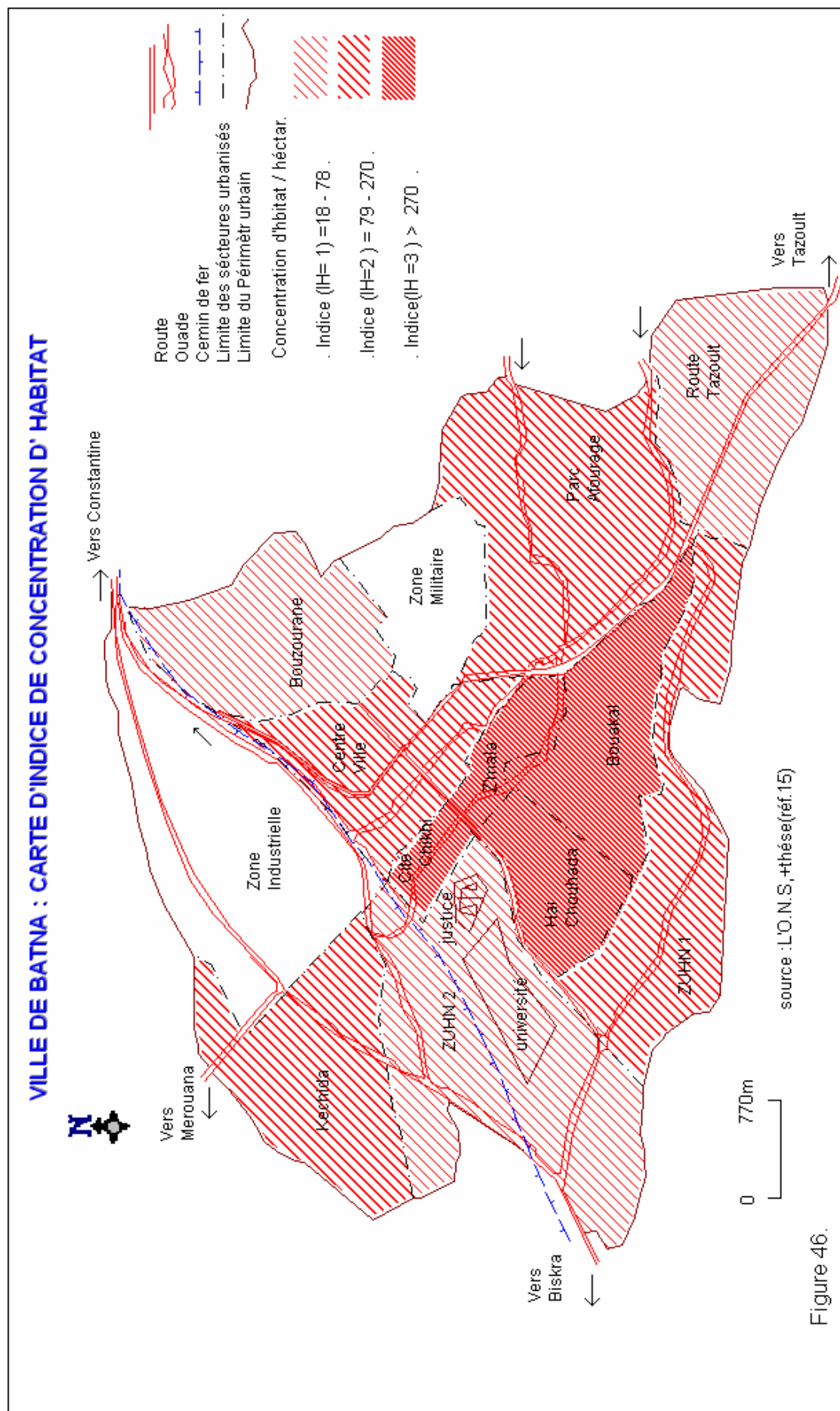


Figure 46.

Tableau18 : déterminations de degré de risque par classe d'indices et par zone

N°	Nom de zone	Indices de concentration d'habitat			Indices d'ages des tissus urbains			Indices géotechniques			Indices de pente		Σ des Indices par zone
		IH 1	IH2	IH3	IC1	IC2	IC3	IG1	IG2	IG3	IP1	IP2	
01	Centre ville		*				*			*	*		9
02	Z'mala Cité Chikhi			*		*				*	*		9
03	Bouakel			*			*	*			*		8
04	Kechida		*		*				*		*		6
05	Park à forage		*		*			*			*		5
06	Bouzourane	*			*			*				*	5
07	Hai Chouhada			*		*		*			*		7
08	Route de Tazoult	*			*				*		*		5
09	ZHUN 1		*		*			*			*		5
10	ZHUN 2	*			*			*				*	5

Conclusion :

Le degré de vulnérabilité est déterminé par un calcul arithmétique par Le quel nous avons évalué l'importance de chaque indice pour les cartes suivantes (carte de pente, carte géotechnique, carte typologique, carte de densité d'habitat).

La superposition de ces cartes de même échelle va nous permettre de dégager en trois degré de niveau décroissant de risque comme suit :

- 1 Degré III : zone de vulnérabilité élevée (couleur rouge foncée),
- 2 Degré II : zone de vulnérabilité moyenne (couleur rouge moins foncée),
- 3 Degré I : zone de vulnérabilité moins élevée (couleur rouge faible).

Où cette carte peut représenter une aide importante pour le déroulement optimal des opérations de secours, selon le décret du 85-231-du 25 Août 1985.

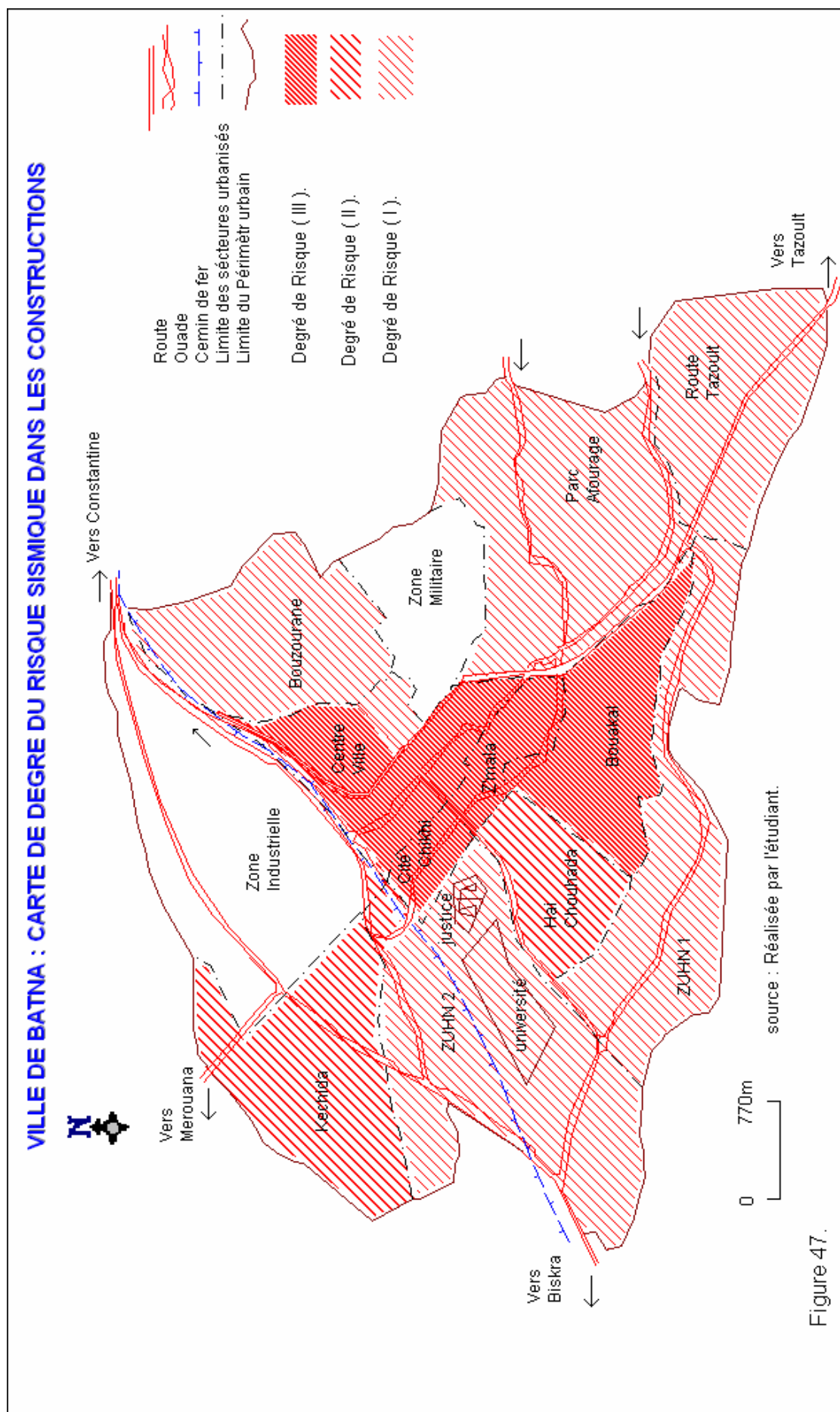


Figure 47.

V. 4 BILAN DU RISQUE

Si l'impact mortel initial d'un séisme dépend de la concentration urbaine et de la qualité parasismique des constructions, la vulnérabilité dépend fortement de la déstructuration des liens techniques et sociaux entre les membres de la communauté.

Les interruption des flux techniques aggravant les ruptures sociales et économiques.

Sur la base des statistiques de 1998 (ONS) et la D.P.A.T (organisation de la planification et de l'aménagement du territoire) on détermine le tableau suivant :

Tableau 19: nombre de constructions menacées par le séisme.

Degré de risque	Nombre de construction	N° constructions occupées	Usage professionnel	Construction non occupées
III	19191	15819	1248	2124
II	8538	6968	196	1375
I	18109	13082	268	4759

Il résulte des statistiques de la (D.P.A.T) que le nombre d'habitant de la ville de BATNA en 2004 est de 286.093 habitant.

Il est reparti comme suite:

Tableau 20: Pourcentage de la concentration d'habitants par degré de risque

Degré de risque	Le % d'habitons par zone
III	43,40 %
II	20,61 %
I	35,99 %

V.5 Plan d'intervention

Selon l'étude d'évaluation du risque, les mesures d'intervention qui conduisent à réduire le risque sismique et l'importance des pertes occasionnées directement ou indirectement par l'évènement sismique est prise en considération par un plan de secours et de prévention.

A cet effet, nous avons jugé nécessaire selon un protocole en vigueur de suivre les étapes suivantes :

V.4 .1 Organisation des secours

Les zones sinistrées ayant été délimitées et divisées en trois secteurs selon la carte de risque n° (47).

A la tête de chaque équipe, un membre expérimenté est nommé responsable et choisi parmi les membres les plus expérimentés. Ce responsable doit coordonner le

travail des (ingénieurs, techniciens et volontaires) constituant l'équipe et les aider à effectuer l'expertise en cas de besoin et faire aussi la synthèse du travail de la journée lors d'un briefing qui se tient quotidiennement regroupant les chefs d'équipe.

La première phase consiste à déterminer l'ampleur des dégâts et classer les constructions en trois catégories correspondant à trois couleurs.

Cette première phase a pour but de déterminer l'intensité de Marcalli pour chaque quartier et échanger les observations faites au Centre de Commande des Opérations d'Urgence.

Un certain nombre de décisions sont à prendre :

a) Les demandes d'aide sont formulées par le Centre de Commande après la prise de contact avec le département correspondant.

b) l'envoi d'ingénieurs et d'inspecteurs du bâtiment est obligatoire pour évaluer les installations critiques et analyser les bâtiments endommagés.

Ces équipes d'intervention rapide sont tenues de consigner l'ensemble des informations recueillies sur des fiches de couleurs spécifiques au degré d'évaluation retenu, à savoir :

☉ **La fiche rouge** signifie qu'une évaluation rapide a révélé que le bâtiment endommagé présente un danger immédiat. L'entrée dans le bâtiment est strictement interdite même pour retirer des affaires personnelles.

☉ **La fiche jaune** signifie qu'une évaluation rapide a dévoilé que le bâtiment endommagé ne présente pas un danger d'effondrement immédiat. Toutefois, l'effondrement est possible au cours des répliques éventuelles. Les propriétaires sont autorisés à entrer, sous leur entière responsabilité, pour prendre leurs affaires personnelles mais ne peuvent y rester en permanence.

☉ **La fiche verte** signifie qu'une évaluation rapide n'a révélé aucun dégât structural. De ce fait, les propriétaires sont autorisés à occuper le bâtiment en question.

Il est très important d'avoir une évaluation scrupuleuse des dégâts pour ajuster les moyens nécessaires de gestion des catastrophes.

Parallèlement à ces équipes composées d'ingénieurs en génie civil, une autre équipe (composée de trois géologues, d'un géotechnicien et d'un technicien) doit parcourir la zone sinistrée pour rechercher et localiser les éventuelles manifestations en surface et récupérer en même temps les flancs des cartographes dans les différentes stations situées dans la région.

(Voire les figures.48, 49)

ORGANIGRAMME DU CONTROLE RAPIDE
DE CONSTRUCTION EN CAS DE SEISME

Figure 49 : Organigramme du contrôle rapide de construction en cas de séisme
Toute démarche de renforcement parasismique, réalisation d'un véritable diagnostic de vulnérabilité.

L'intervention d'un architecte ou d'un professionnelle ayant une formation spécifique en construction parasismique et un géotechnicien, peut se révéler nécessaire pour déterminer la qualité du sol.

V.4 .3 Le module de sécurité et l'ordre public

Les expériences d'évaluations des dommages après les séismes de la ville de BATNA ont porté sur les constructions uniquement.

Un certain nombre de renseignements concernant la fiche d'évaluation et le déroulement de l'opération des dommages est à prendre en considération :

- 1 Nombre de logements de constructions.
- 2 Croquis, sommaire de la construction.
- 3 Conditions locales du sol et des topographies, certains articles sont insuffisamment spécifiés.
- 4 Localisation précise par rapport à un plan une photo panoramique ou autres systèmes de repérage.
- 5 Type de fondation.
- 6 Cause probable des dommages.
- 7 Mécanisme probable de ruine.

A cet effet il est nécessaire de respecter certaines règles pour mieux gérer et faire une évaluation plus fine.

1- Identification des victimes :

a)- la première étape : l'urgence dans le dégagement des victimes vivants enfouies et l'évacuation de personnes blessées.

b)- deuxième étape : le dégagement des cadavres ensevelis sous les décombres.

2- Identification des corps.

3- veiller à récupérer et à sauvegarder les archives.

Les données recueillies lors de l'opération de l'évaluation des dommages suite à un séisme, doivent être saisies sur micro-ordinateur au moyen d'un programme spécialement développé pour faciliter considérablement cette analyse, ces informations constituent une base de données de pathologie sismique, un programme d'interprétation, de recherche, d'analyse et d'exploitation statistique

V.4.4 Soins médicaux

Après avoir fait l'évaluation et la prospection des lieux le module du soin médical est obligatoire toute en détectant les épidémies en assurant un contrôle sanitaire rigoureux ainsi que le contrôle des produits alimentaire et l'hygiène du milieu.

V.4 .5 Module matériels

La présentation du matériel dans une fiche (selon le guide pour l'élaboration des plan de prévention et des plans d'organisation des interventions et secoure en cas de catastrophe) devrait facilité l'automatisation du dispositif de secours à l'aide de moyens différents et particuliers.

V.4 .6 Module de télécommunication Le réseau de télécommunication doit être établi dès que possibles pour pouvoir organiser les secours. La liaison par moyen de télécommunication sans fil est utilisée pour supplanter le réseau endommagé qui est réparé dans les meilleures conditions.

V.4 .7 Module d'information

L'information présente un moyen très sensible pour informer, sensibiliser et diffuser des consignes aux populations sinistrées. Le centre d'information élabore les communiqués officiels amenant au poste de commandement les informations concernant la zone sinistrée, il est placé sous l'autorité du wali de la Wilaya.

V.4 .8 Module du recasement provisoire

Les sinistrés seront placés dans des Camps de toiles dotés de cabiné sanitaires leur créer une assistance de soin (infirmerie) les alimentés en eau potable leur assurés régulièrement des rations alimentaires.

Doter le Camps de toile, avec des groupes électrogènes pour fournir l'énergie électrique. Pour les cas d'urgence des sinistrés prévoir les moyens de transport. En fin de compte la remise en état de service des installations publique (canalisations endommagées) reste la solution qui remédiera la situation.

La reprise de l'activité économique doit être assumée entièrement par la population sinistrée aussitôt que la prise en charge de ces besoins essentiels.

Conclusion

Nous avons également réalisé un schéma de circulation et de recasement des sinistrés ou cette carte peut représenter une aide importante pour le déroulement optimal des opérations de secours et de sauvetage.

Dans un contexte de gestion de crise, nous avons proposée une fiche d'évaluations rapides des dégâts dans les constructions provoquées par un séisme.

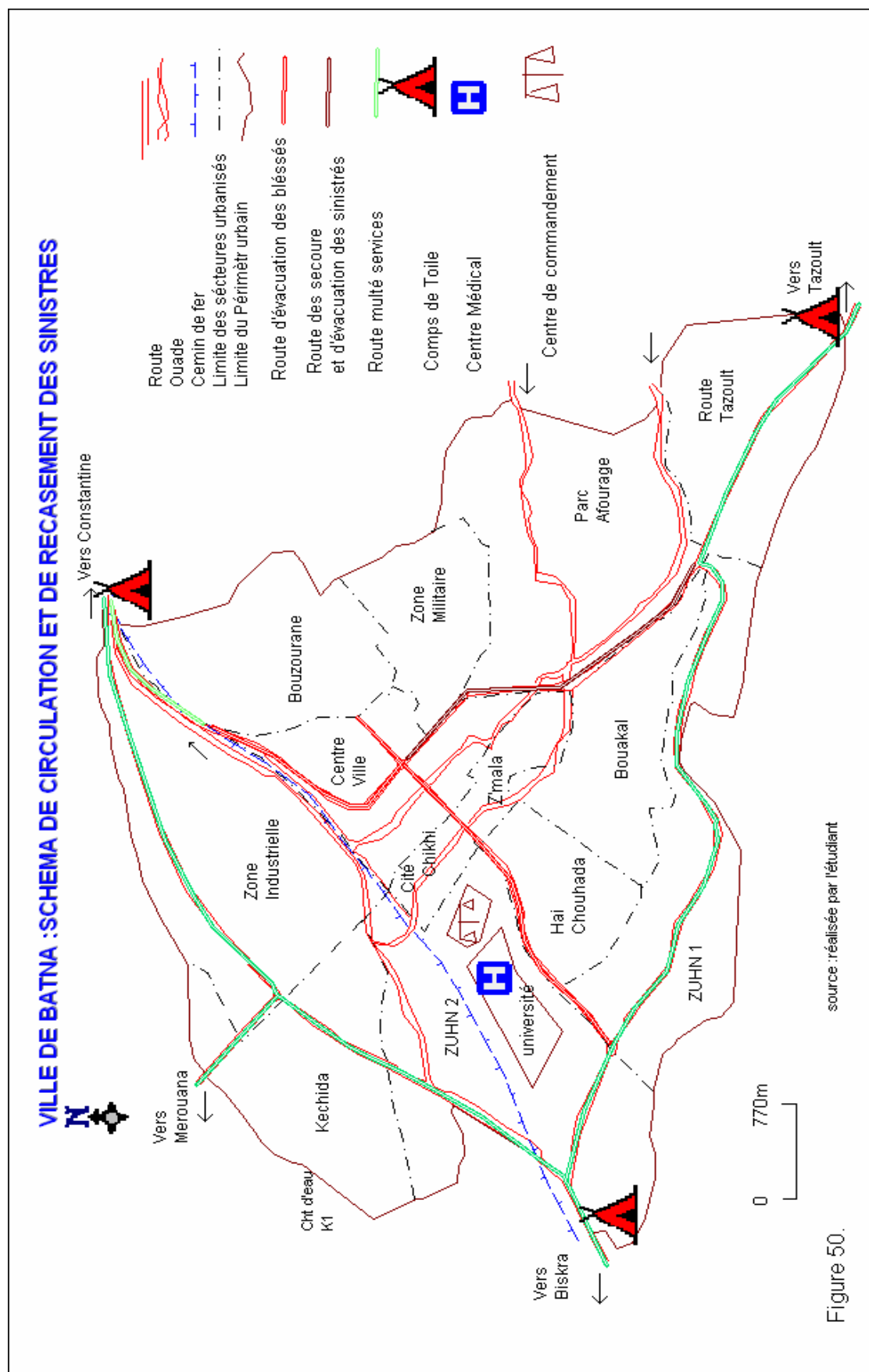


Figure 50.

CONCLUSION GENERALE

A travers cette étude nous avons mis en place un outil supplémentaire permettant le renforcement de la gestion du risque de la ville de Batna.

A cet égard, nous avons utilisé le modèle probabiliste de l'aléa sismique à partir de l'identification des sources sismique qui peut influencé la sismicité dans la ville de Batna à une distance épacentrale ($D_e \leq 200\text{Km}$) et de profondeur h entre (10 :15 Km), l'atténuation de l'intensité épacentrale (I_0) avec les distances établies par les relations de Schebalin (1960), et Gense (1980). Nous avons trouvé que le tremblement de terre de 1924 à terminé l'intensité maximale observée dans la ville de Batna ($I_{BMax}^{Obs} = 6,5(MM)$).

La relation entre la fréquence et la magnitude de notre série sélectionner de (1860 : 2000) à donner une magnitude entre (6.5, et 7.5 M) pour cent ans. A travers les relations qui régissent le mode de propagation des ondes sismiques établies par Trifunac, et Brady (1975) nous avons déterminé expérimentalement l'accélération et la vitesse de vibration du sol pour les tremblement de terre de basse dimensionnement (6.5MM), et grand dimensionnement (7.5MM).

Pour prémunir, la ville de Batna en cas de survenue d'un séisme de même type que celui de 1924, il est nécessaire d'élaborer une cartographie des zones à risque avec les dégâts y afférents. Pour l'atteinte de cet objectif nous avons pris en considération la combinaison de l'aléa sismique et des enjeux urbanistique de la ville de Batna afin de trouver un bon compromis entre ces deux variables.

La méthode suivie consiste, à cartographier séparément les facteurs évalués indicateurs de la vulnérabilité, le résultat de cette méthode, une carte de risque sismique montre d'un part la répartition des densités prévisibles des dommages, et d'autre part offre une grand facilité de lecture et d'utilisation par large publique.

Ces résultats offrent uniquement un aperçu des conséquences directes potentielles consécutives à un séisme. Actuellement, il est très difficile de prévoir tous les impacts indirects notamment d'ordre social et financier.

En perspective, et afin de minimiser les dégâts humains et matériels, nous avons proposé à moyen terme les différentes actions spécifiques suivantes :

- la mise en place d'un réseau de surveillance et de mesure des mouvements de terrain ;
- expertise des bâtiments stratégiques (hôpitaux et écoles) ;
- Etablissement de banque de données à l'échelle zonal, régional, et nationale ;
- Développer des actions de sensibilisation auprès de l'ensemble des intervenants notamment, les institutions scientifiques, les bureaux d'études et Les entrepreneurs.

Ceci présente un élément très important pour la préparation et la prévention du risque, les décideurs devraient se pencher plus vers de telles estimations afin de mettre en place des politiques réelles de mitigation. L'aménagement du territoire, notamment les normes parasismique et le contrôle du bâti devrait permettre une meilleure protection face au risque sismique.

SOMMAIRE

Introduction	1
CHAPITRE I	
APERÇU HISTORIQUE ET SITUATION GEOGRAPHIQUE	4
I.1 Aperçu historique	4
I.1.1 Situation de l'Algérie par rapport aux mouvements des plaques	5
I.1.2 Conditions Sismo-Tectoniques régionales	6
I.1.3 Classification des zones sismiques en Algérie	6
I.2 SITUATION GEOGRAPHIQUE	10
I.2.1 situation géographique	10
I.2.2 Eléments statistiques	10
I.2.3 éléments dynamiques.....	12
I.2.3.1 ressources naturelles	12
I.2.3.2 ressource humaine	13
CHAPITRE II	
CARACTERISATION DES PHENOMENES SISMIQUES	21
II.1 Le séisme	21
II.2 Le séismographe	21
II.3 Les répliques	23
II.4 Caractéristiques géométriques d'un séisme	23
II.4.1 foyer (hypocentre)	23
II.4.2 epicentre	23
II.4.3 magnitude (M)	24
II.4.4 Intensité sismique	24
II.4.5 ondes sismiques	24
II.4.6 ondes de surface	28
II.4.9 la fréquence et la durée des vibrations	30
II.4.10 Corrélation entre accélération et intensité	30
II.5 Effet des séismes sur les bâtiments	31
II.5.1 courbes de capacité	34

CHAPITRE III

CONCEPTS GEOLOGIQUES	35
III.1 Aperçu sur la géologie régionale	35
III.1.1 Domaine interne	35
III.1.2 Domaine médian ou domaine des flyschs	35
III.1.3 Domaine externe	35
III.1.3.1- Les séries telliennes	35
III.1.3.2 Les avants pays allochtones	32
III.1.3.3 L'avant pays autochtone	33
III.2 Géologie locale	33
III.2.1 Lithostratigraphie	33
III.2.1.1 Trias	37
III.2.1.2 Jurassique	37
III.2.1.2.1 Lias	37
III.2.1.2.2 Dogger	37
III.2.1.2.3 Malm	39
III.2.1.3.1- Crétacé	39
III.2.1.3.1- Crétacé inférieur	39
III.2.1.3.2 Crétacé supérieur	39
III.2.1.3.2.1 Cénomaniens	39
III.2.1.3.2.2 Turonien	40
III.2.1.3.2.3 Coniacien	40
III.2.1.3.2.4 Santonien	40
III.2.1.3.2.5 Campanien	40
III.2.1.3.2.6 Maestrichtien	40
III.2.1.4 Paléogène	41
III.2.1.4.1 Eocène inférieur: (Y Presien)	41
III.2.1.5 Néogène	42
III.2.1.5.1 Miocène inférieur : (Aquitaniens)	42
III.2.1.5.2 Miocène inférieur : (Burdigaliens)	42
III.2.1.5.3 Miocène supérieur (Ante Pontien)	42
III.2.1.5.4 Mio-pliocène (Pontien)	42
III.2.1.6 Quaternaire	43
III.2.2 Tectonique régionale	43

III.2.2.1 Phase atlasique	45
III.2.2.2 Phase alpine (Miocène)	45
III.2.2.3 Néotectonique	45
III.2.3 Tectonique locale	46

CHAPITRE IV

ALEA SISMIQUE DE LA VILLE DE BATNA	48
IV.1 Analyse de l'influence de l'activité sismique	49
IV.1.1 Analyse de l'influence de l'activité sismique régionale et locale	49
IV.1.2 Intensité maximum ressenti de la ville de Batna	51
IV.2 Evaluation du hasard sismique	54
IV.2.1 Relation fréquence – magnitude	54
IV.2.2 Détermination des valeurs extrêmes	57
IV.3 Détermination de l'accélération et la vitesse de vibration du sol	64

CHAPITRE V

ELABORATION D'UNE CARTOGRAPHIE DES ZONES A RISQUE SISMIQUE DANS LA VILLE DE BATNA	66
V.1 Périmètre urbain de la ville de Batna.....	66
V.1.1 Présentation des quartiers du périmètre urbain de la ville de Batna	66
V.1.2 Technique de construction du périmètre urbain	68
V.1.3 Les infrastructures d'utilité collective	68
V.1.4 La zone industrielle	69
V.1.5 Les infra structures techniques	69
V. 2 Méthodes de réalisation des cartes prévisionnelles des risques sismiques	69
V.2.1 Facteur naturel	71
V.2.1.1 Rupture de sol	71
V.2.1.2 Carte d'indice de rupture dans le sol (IG)	73
V.2.1.3 Indice de pente (IP)	75
V.3 Facteurs entropiques	75
V.3.1 Indice d'âge de la construction (IA).....	77
V.3.2 Indice de densité d'habitat (IH)	77
V.4 Bilan du risque	82
V.5 Plan d'intervention	82

V.4 .1 Organisation des secours	82
V.4 .2 Classification des dommages	84
V.4 .3 module de sécurité et l'ordre public	86
V.4 .4 Module Soins médicaux	86
V.4 .5 Module matériels	87
V.4 .6 Module de télécommunication	87
V.4 .7 Module d'informations	87
V.4 .8 Module du recasement provisoire	87
Conclusion générale	89
Annexe I : Degré d'échelle d'intensité M.S.K	91
Annexe II : Liste des épïcètres des séismes autour de Batna, (Lat °N 35°33' : Lon °E : 06°11')	93
Annexe III : Fiche d'évaluation des dommage	98

Bibliographie

- [01] ALLAL. M, GHOMARI.F, GHENNANI.B, 2003.*cartographie d'aléa et de risques naturels, cas de zones a urbanisé dans la ville de HAMMAM BOU HANIFIA (ALGERIE)*. In « Risque, Vulnérabilité et fiabilité dans la construction, vers une réduction des désastres, Alger, Algérie, 11et12octobre2003.
- [02] ABDELHADI BOUSAFFA, RAOF BEN SLIMANE, 1997. *Contribution à l'étude Hydrologique de La Région de Batna (Tazolt-Ain Touta)*, Mémoire d'ingénieur, Université de Constantine.
- [03] BADRI KAMEL, DJEDDI MABROUK, 2002. *Les Séismes et Leurs Prévision*, Office de Publication Universitaire. P356.
- [04] BOHADAD, Y, & BELHAID, 2003.*la Technique Active : Exemple de L'Algérie du Nord*.
In « Risque, Vulnérabilité et fiabilité dans la construction, vers une réduction des désastres », Alger, Algérie, 11et12octobre2003.
- [05] BELLMARE L.O, 2003. *Pour une politique de mitigation et de recherche adaptée aux pays en voie de développement en zone de forte sismicité : l'exemple de la Martinique*,
In « Risque, Vulnérabilité et fiabilité dans la construction, vers une réduction des désastres », Alger, Algérie, 11et12octobre2003.
- [06] CENTRE NATIONALE DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE PARASISMIQUE (C.G.S), 1990. *Actes des Journées d'Etudes*.
In « Prévention et Action Post Sismiques » Tipaza (Algérie), 5-6 Février, 1990.
- [07] CENTRE NATIONALE DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE PARASISMIQUE (C.G.S). *Aléa Sismique en Algérie et Microzonage, Cas de L'Algérie*.
- [08] CHEHRAZED BOURASSE, 2001.*Dynamique D'espace et les formes Urbains de la ville de Batna*, Mémoire d'ingénieur, Université de Constantine.

Bibliographie

- [09] EMILE OUVIER, 1981. *Sols et fondations, D'édition*, entreprise moderne p363.
- [10] JACQUELINE FOURASTIE, BENJAMIN SAHLER ,1981. *Probabilités et Statistique* ,2^{ème} Edition DUNOD p 180.
- [11] LUCIAN CHIROIU, 2004. Modélisation de Dommages Consécutifs Aux Séismes. Extension à D'autre Risque Naturels. Thèse de doctorat en géographie. Université de Paris7-Denis Diderot.
- [12] MOHAMED EL HADI LAROUK, ALI DROUCHE, 2002. *Les Tremblements de Terre*, Office de Publication Universitaire p121.
- [13] MINISTRE De L'INTERIEUR, 1982 *Etude sur la catastrophe D'el-Asnam séisme du10 octobre 1980*, p360.
- [14] MINISTRE DE L'INTERIEUR ET DES COLLECTIVITES LOCALES, 1985, *Guide, Pour L'élaboration des Plans de Prévention et des Plans D'organisation des Interventions et Secours en Cas de Catastrophe*.
- [15] MINISTRE DE L'HABITA ,1998. *Journées d'étude sur le séisme de Beni-Chougrane Du 18 Août 1994-W. MASCARA*, édition Centre Nationale de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (C. G. S).
- [16] MINISTRE DE L'HABITA, *Le Risque Sismique en Algérie*.
Centre Nationale de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (C. G. S).
- [17] MINISTRE. DE L'EQUIPEMENT ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, 1969. *Demain L'Algérie*, O.P.U, Alger, Algérie. P165.
- [18] MEBARKI. A, 2003. *Risque sismiques : Aléas, Vulnérabilité et aide a la décision par cartes SIG*.
In « Risque, Vulnérabilité et fiabilité dans la construction, vers une réduction des désastres », Alger, Algérie, 11et12octobre2003.

Bibliographie

- [19] MOUROUX. P, 2003.*Le projet européen risk-ue.*
In « Risque, Vulnérabilité et fiabilité dans la construction, vers une réduction des désastres, Alger, Algérie, 11et12octobre2003.
- [20] MINISTERE DE L'HABITA, document technique réglementaire DTRBC248,
Règles Parasismiques Algériennes (R.P.A 99 /version 2003).
- [21] NAKAZAWA, K., 1981.*Rapport sur le séisme de l'Algérie*, l'équipe des expert envoyée par le gouvernement du japon, Agence japonaise de Coopération internationale.p160.
- [22] ROTHE, J.P. 1950: *Séismes de Kherrata et la Sismicité de L'algerie.* Anales I.P.G Strasbourg.
- [23] SARI AHMED, ABDELWAHAB, 2002. *L'Hydrologie de Surface*,
Edition –distribution HOUMA. P123
- [24] Y-X.HU, S-C UN and W. Dong, 1996. *Earthquake Engineering (E et F N S PON)* An Imprint of Chapman et Hall, First edition, p350
- Plans:
- [25] AGENCE NATIONAL DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, 1998, Biskra.
PLAN DIRECTEURE D'Aménagement et d'Urbanisme de la Commune de BATNA,
- [26] AGENCE NATIONAL DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE, 1994, Biskra.
PLAN DIRECTEURE D'Aménagement et d'Urbanisme de la Commune de BATNA,
phase 1, Biskra, Algérie.
- LOIS :
- [27] JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N°84.
Loi n°04-20 du 13 Dhou EL Kaada 1425correspondant au 25 décembre2004 relative à la prévention des risques majeures et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.
- INTERNET
- [28] file://C:DOCUME-1 /BEKHI-1/LOCALS-1Temp/J2TEJCZC.htm

Liste des Figures

Fig.1 : La limite des plaques Africaine et Eurasienne	7
Fig.2 : Distribution spatiale des tremblement de terre en Algérie du Nord	7
Fig.3 : Algérie du Nord, Répartition des zones sismiques dans la période 1718-1870	8
Fig.4 : Algérie, Degré des zones sismiques	9
Fig. 5 : Ville de Batna période 1923-1954	15
Fig. 6 : Ville de Batna période 1945-1962	16
Fig. 7 : Ville de Batna 1978.....	17
Fig. 8 : Wilaya de Batna, Carte de situation Administratif	20
Fig.9: Séismographe vertical	21
Fig.10: Sismogrammes typique de séisme proche et lointain	22
Fig.11: Principales Caractéristiques géométriques d'un séisme	23
Fig.12: Représentation des ondes	25
Fig.13: Principe de la réfraction	26
Fig.14: Ondes longitudinal	27
Fig.15: Ondes Transversales	28
Fig.16: Propagation de l'onde de Love	29
Fig.17: Propagation de l'onde de Rayleigh	30
Fig.18: Mouvement sismique et de l'interaction de sol structures	31
Fig.19: Trois Causes principales de destruction des Constructions Pendant le séisme	32
Fig.20: Forme de déformation des structures Pendant leurs vibrations	32
Fig.21: Différente formes de vibrations du model de structure	33
Fig.22: La représentation physique. Des courbes de Capacité	34
Fig.23: Esquisse structural du Nord – Est Algérien	36
Fig.24: Commune de Batna, Carte Géologique	38
Fig.25: Coupe Géologique. Du Sud- Ouest de l'anticlinal du Belezma	41
Fig.26: Carte des Faille	47
Fig.27: Carte des épicode (macro-sismique. Et instrumentaux).dans le Nord-Est de L'Algérie1860 – 2000.	50
Fig.28: Isoséistes des séismes du 02 Octobre 1970; région de Batna de magnitude M=4.5	52
Fig.29: Isoséistes des séismes du 02 Mai 1986, EL Madhre de magnitude M=4.8.....	53
Fig.30: Isoséistes des séismes du 09 septembre 1988, Ain Touta de magnitude M=4.1	53

Fig.31: Relation Fréquence –Magnitude pour le Nord- Est de l’Algérie, dans la période 1860-2000	55
Fig.32: Relation fréquence- Magnitude pour la ville de Batna dans la période 1860-2000 ...	56
Fig.33: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour la Magnitude	59
Fig.34: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour l’intensité épical (I0,I’0)	60
Fig.35: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour l’Intensité à la ville de Batna, pour (Chalon, Gense1.2, Gense 2.2) 1860-2000	61
Fig.36: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour l’Intensité à la ville de Batna, pour (Chalon, Gense1.2, Gense 2.2) 1900-2000	62
Fig.37: Représentation graphique de distribution des valeurs extrêmes de Gumbel pour l’Intensité à la ville de Batna, entre les deux périodes (1860-2000et 1900-2000)	63
Fig.38: Ville de Batna : Carte des secteurs du périmètre urbain	67
Fig.39: Ville de Batna : Carte d’infrastructures Techniques	70
Fig.40: Courbe effort déformation	71
Fig.41: Boite de Cisaillement	72
Fig.42: La Courbe intrinsèque	73
Fig.43: Ville de Batna, Carte d’indice de rupture du sol	74
Fig.44: Ville de Batna ,Carte d’indice de pente	76
Fig.45: ville de Batna , Carte d’indice d’age	78
Fig.46: Ville de Batna, Carte d’indice de concentration d’habitat	79
Fig.47: Ville de Batna, Carte de degré de risqué sismique dans les constructions.....	81
Fig.48 : La fiche de contrôle rapide des constructions	84
Fig.49 : Organigramme de contrôle rapide des bâtiment	85
Fig.50 : schéma de circulation et de recasement des sinistrés	88

Liste des Tableaux

Tableau N°.1 : Climat de la Région	11
Tableau N°.2 : Nombre de Constructions	14
Tableau N°.3 : Energie déterminer par un Sismographe à distance de 100Km de l'épicentre.....	24
Tableau N°.4 : Relation Accélération, intensité et Magnitude.....	30
Tableau N°.5 : Colonne Litho stratigraphique de Par autochtone Auresien.....	44
Tableau N°.6 : Séisme Proche de la villa de Batna de la Période 1940-2000.....	48
Tableau N°.7 : Relation d'atténuation de l'Intensité.....	51
Tableau N°.8 : Relation Fréquence – Magnitude (1910 - 2000).....	55
Tableau N°.9 : Moyenne, Ecartype pour la Magnitude, Intensité de la ville de Batna pour la Période TA=1860-2000, Période TB= 1900-2000.....	58
Tableau N°.10 : Détermination de la variable réduite de Gumbel	58
Tableau N°.11 Magnitude Intensité (I_0) et intensité de la ville de Batna (I_B) obtenue pour la méthode de Gumbel et relation fréquence –Magnitude	58
Tableau N°.12 :Les lois de mouvement du sol	64
Tableau N°.13 : Les secteurs du Périmetre urbain de la ville de Batna	66
Tableau N°.14 : Classification selon le facteur rupture de sol	73
Tableau N°.1 5 : Classification selon le paramètre « Pente du terrain Fondation »	
Tableau N°.1 6 : Classification d'indice d'age des Constructions dans la ville de Batna.....	77
Tableau N°.1 7: Classification d'indice d'habitat de la ville de Batna	
Tableau N°.1 8 : Détermination de degré de Risque par Classe d'indice et secteur	80
Tableau N°.1 9 : Nombre de Construction menacées par le Séisme	82
Tableau N°.20 : Concentration d'habitants par degré de risque	82