

SOMMAIRE

Remerciements	I
Résumé	III
ملخص	IV
Abstract	V
Sommaire.....	1
Table des figures.....	6
Liste des tableaux	10
INTRODUCTION GENERALE.....	11
CHAPITRE 1 : Séismes et sismologie – notions de base	
1. Notion sur le séisme	14
2. Origine d'un séisme	14
3. Mesure d'un séisme	14
3.1 Magnitude	14
3.2 Intensité	14
4. Aléa sismique.....	15
5. La vulnérabilité.....	15
6. Les définitions du risque sismique.....	15
7. Histoire des séismes au nord de l'Algérie.....	16
CHAPITRE 2: Méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des constructions aux séismes	
1. Les méthodes d'évaluations existantes.....	18
2. Les critères d'évaluations	18
1. Méthode du CETE Méditerranée	21
1.1 Description	21
1.2 Champ d'application	21
1.3 Ses avantages	22
1.4 Ses inconvénients	22

2. Méthode de Milan Zacek	22
2.1Description	22
2.2 Champ d'application	23
2.3 Ses avantages	23
2.4 Ses inconvénients.....	24
3. Méthode de Milan Zacek, bâtiments de classe D.....	24
3.1Description	24
3.2 Champ d'application	25
3.3 Ses avantages	25
3.4 Ses inconvénients	26
4. Méthode AFPS BATTIER	26
4.1Description	26
4.2 Champ d'application	28
4.3 Ses avantages	28
4.4 Ses inconvénients	29
5. Méthode VULNERALP	29
5.1Description de la méthode.....	29
5.2 Champ d'application	31
5.3 Ses avantages	32
5.4 Ses inconvénients	32
6. Méthode du CETE de Lyon	34
6.1Description	34
6.2 Champ d'application	35
6.3 Ses avantages	35
6.4 Ses inconvénients	35
7. Méthode du projet européen RISK-UE	36
7.1Description	36
7.2 Champ d'application	38

7.3 Ses avantages	38
7.4 Ses inconvénients	38
8. Méthode Canadienne	39
8.1 Description	41
8.2 Champ d'application	41
8.3 Ses avantages	41
8.4 Ses inconvénients	41
9. Méthode FEMA-154	42
9.1 Description	42
9.2 Champ d'application	42
9.3 Ses avantages	43
9.4 Ses inconvénients	43
10. Méthode japonaise	43
10.1 Description	43
10.2 Champ d'application	45
10.3 Ses avantages	46
10.4 Ses inconvénients	46
11. Méthode néo-zélandaise	46
11.1 Description	46
11.2 Champ d'application	48
11.3 Ses avantages	48
11.4 Ses inconvénients.....	49
12. Méthode du Grille d'évaluation suisse	49
12.1 Description	49
12.2 Champ d'application	50
12.3 Ses avantages	50
12.4 Ses inconvénients	51
13. Méthode italienne GNDT	51

13.1 Description	51
13.2 Champ d'application	51
13.3 Ses avantages	52
13.4 Ses inconvénients	53
Conclusions.....	55
CHAPITRE 3 : Méthode AFPS pour l'évaluation de la vulnérabilité des constructions	
1. Choix du site	56
2. Localisation du quartier par rapport à la ville.....	56
3. Histoire de l'évolution du bâti du quartier de Sidi El Houari.....	57
3.1. La première occupation (1509-1708)	57
3.2. La deuxième occupation (1732-1792)	58
3.3. La ville pendant les périodes algéro-ottomanes.....	58
3.3.1. La période de la première reconquête (1708-1732)	58
3.3.2. La période de la deuxième reconquête (1792-1831)	59
3.3.3. Le quartier Sidi El Houari : Le Centre de la ville coloniale (1831-1880).....	59
3.3.4. La période post-indépendance.....	59
3.4. Inventaire du patrimoine du quartier de Sidi El Houari	60
3.4.1. Édifices religieux.....	60
3.4.1.1. Musulmans.....	60
3.4.1.2. Chrétiens.....	61
3.4.1.3. Israélites.....	61
3.4.2. Édifices algéro-ottomans.....	61
3.4.3. Édifices espagnols.....	61
3.4.4. Édifices de la période coloniale.....	62
3.5. Inscriptions du patrimoine du quartier de Sidi El Houari.....	62
3.5.1. Musulmanes.....	62
3.5.2. Espagnoles.....	62
3.5.2.1 Éléments du réseau de fortification espagnole.....	63

4. Méthode AFPS pour l'évaluation de la vulnérabilité des constructions	64
4.1 La hauteur du bâtiment.....	64
4.2 Les matériaux de construction	67
4.3 L'année de construction.....	67
4.4 L'état d'entretien.....	67
4.5 La régularité en plan et en élévation.....	67
4.6 Situation du bâtiment.....	68
4.7 Toiture.....	68
4.8 Typologies des constructions.....	68
5. La fiche de relevé pour les constructions du quartier de Sidi El Houari	71
5.1 Première étape : typologie du bâtiment.....	72
5.2 Deuxième étape : implantation et structure.....	73
5.3 Troisième étape : localisation et effectif.....	74
5.4 Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	75
6. Détails sur la méthode de calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments	76
6.1 Première étape : typologie du bâtiment.....	76
6.2 Deuxième étape : implantation et structure.....	77
6.3 Troisième étape : localisation et effectif.....	77
Conclusions.....	80
Bibliographie.....	81
Annexes	

Liste des figures

Figure 1 : Grille utilisée pour la détermination du profil de vulnérabilité d'un bâtiment	36
Figure 2 : Quelques monuments historiques dans le quartier de Sidi El Houari	56
Figure 3 : Carte représentative des cinq sous quartiers qui compose le quartier de Sidi El Houari	57
Figure 4 : Représentation des bâtiments selon leur nombre d'étages.....	65
Figure 5 : Carte représentative de l'état des hauteurs des bâtiments du quartier de Sidi El Houari	66
Figure 6 : Représentation des bâtiments selon leur nature d'occupation du sol.....	69
Figure 7: Carte représentative de l'affectation des bâtiments du quartier de Sidi El Houari	70
Figure 8 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	72
Figure 9 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	73
Figure 10 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	74
Figure 11 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	75
Figure 12 : Carte représentative de l'état des bâtiments du quartier de Sidi El Houari.....	79
Figure 13 : Carte représentative de la situation du bâtiment N°01 dans le quartier de Sidi El Houari.....	i
Figure 14 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	ii
Figure 15 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	iii
Figure 16 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	iv
Figure 17 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	v

Figure 18: Carte représentative de la situation du bâtiments N°02 dans le quartier de Sidi El Houari	vi
Figure 19 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	vii
Figure 20 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	viii
Figure 21 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	ix
Figure 22: Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	x
Figure 23: Carte représentative de la situation du bâtiments N°03 dans le quartier de Sidi El Houari	xi
Figure 24 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xii
Figure 25 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xiii
Figure 26 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xiv
Figure 27 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xv
Figure 28: Carte représentative de la situation du bâtiments N°04 dans le quartier de Sidi El Houari	xvi
Figure 29 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xvii
Figure 30 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xviii
Figure 31 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xix
Figure 32 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xx
Figure 33: Carte représentative de la situation du bâtiments N°05 dans le quartier de Sidi El Houari	xxi

Figure 34 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxii
Figure 35 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxiii
Figure 36: paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxiv
Figure 37 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxv
Figure 38: Carte représentative de la situation du bâtiments N°06 dans le quartier de Sidi El Houari	xxvi
Figure 39: paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxvii
Figure 40: paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxviii
Figure 41 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxix
Figure 42: Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxx
Figure 43: Carte représentative de la situation du bâtiments N°07 dans le quartier de Sidi El Houari	xxxi
Figure 44 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxxii
Figure 45 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxxiii
Figure 46 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxxiv
Figure 47 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxxv
Figure 48 : Carte représentative de la situation du bâtiments N°08 dans le quartier de Sidi El Houari	xxxvi

Figure 49 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxxvii
Figure 50 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxxviii
Figure 51 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xxxiv
Figure 52 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.....	xl

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux séisme d'Algérie (depuis 1365 jusqu'à 2001).....	17
Tableau 2 : Tableau de la correspondance de l'endommagement en degrés.....	31
Tableau 3 : Tableau des dommages évalués sur une échelle de 0 à 1	53
Tableau 4: Synthèse de l'analyse des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité.....	54
Tableau 5: Synthèse de l'analyse de l'état des hauteurs des bâtiments du quartier de Sidi El Houari	65
Tableau 6 : Synthèse de l'analyse de l'affectation des bâtiments du quartier de Sidi El Houari.....	69
Tableau 7 : Année de construction	76
Tableau 8 : Matériaux de construction	76
Tableau 9 : Etat d'entretien de construction	76
Tableau 10 : Hauteur de construction	76
Tableau 11 : Implantation et structure	77
Tableau 12 : Groupe de zones	77
Tableau 13 : Effectif d'occupation	77
Tableau 14 : Classification des batiments selon l'indice de vulnérabilité calculé	78

INTRODUCTION GENERALE

Les dernières années, on constate une augmentation des pertes humaines, matérielles et économiques à la suite de séismes. Cette situation est le résultat de la vulnérabilité de plusieurs régions et elle est accentuée par la densité de la population dans les zones urbaines exposées au séisme. La ville d'Oran par exemple et particulièrement le quartier de notre étude qui est Sidi El Houari est soumis à des contraintes augmentant ce risque, la principale raison c'est que ces anciens bâtiments de ce quartier ont été construits sans prendre en considération les normes parasismiques. Pour préserver ce patrimoine historique, il faut passer par l'évaluation de sa vulnérabilité sismique.

Par l'application de la méthode d'estimation de la vulnérabilité des constructions existantes on a élaboré un programme permettant de calculer l'indice de vulnérabilité pour obtenir une carte qui permettra la classification de l'état du bâti au niveau du quartier de Sidi El Houari de la ville d'Oran face au risque sismique et la création d'une base de donnée qui permettra au gestionnaire de gérer le tissu urbain.

Problématique de la vulnérabilité sismique

La vulnérabilité sismique exprime et mesure le niveau de dommages et de conséquences prévisibles d'un séisme sur des infrastructures et peut se définir comme la capacité d'une structure à résister à une sollicitation sismique donnée. Cette mesure dépend ainsi des caractéristiques structurales.

La recherche sur la vulnérabilité sismique de structures traditionnelles en maçonnerie de pierre est relativement récente. L'évaluation des bâtiments historiques du quartier de Sidi El Houari à Oran est possible en utilisant des méthodes simples.

Objectif du mémoire

Dans la perspective d'approfondir l'étude du comportement des bâtiments historiques pour le quartier de Sidi El Houari d'Oran, cette étude se penche sur l'ensemble des structures existantes, construites avant 1945. Il s'agit de fournir l'information sur leur capacité à résister aux forces sismiques. Les objectifs sont:

- proposer une méthode d'évaluation de la vulnérabilité sismique de ces constructions;

- élaboré un programme permettant de calculer l'indice de vulnérabilité et la création d'une base de donnée.
- classer les bâtiments selon leurs indices de vulnérabilité sur une carte synthétique;

Organisation et contenu du mémoire

Notre étude est étalée sur trois chapitres :

Chapitre 1 : séismes et sismologie – notions de base

Pour l'évaluation du risque sismique, il faut prendre en considération un élément essentiel qui est la vulnérabilité sismique d'un bâtiment ou d'un ensemble de bâtiments. Dans ce chapitre nous avons entamé des notions de base utiles pour la bonne compréhension de l'évaluation de la vulnérabilité sismique.

Chapitre 2 : méthodes d'évaluation de la vulnérabilité des constructions aux séismes

La recherche bibliographique (ZACEK Milan, 1993 ; ZACEK Milan, 1997 ; CETE Méditerranée, 2000 ; AFPS, 2002 ; Milutinovic Z. V. and Trendafiloski G. S, 2003 ; Ghislaine verrhiest du CETE méditerranée, 2008) nous a permis de rassembler plusieurs méthodes, nous citons :

- 1- la méthode du CETE Méditerranée;
- 2- la méthode Zacek 1993 ;
- 3- la méthode Zacek élaborée pour évaluer la vulnérabilité des bâtiments de classe D ;
- 4- la méthode du groupe AFPS ;
- 5- la méthode Vulneralp ;
- 6- la méthode CETE de Lyon.
- 7- la méthode RISK-UE.
- 8- la méthode Canadienne ;
- 9- la méthode Américaine FEMA-154 ;
- 10- la méthode Japonaise ;
- 11- la méthode Néo-zélandaise ;
- 12- la méthode Suisse ;
- 13- la méthode Italienne GNDT.

Le principe de ce rétrospectif est de permettre aux évaluateurs la sélection d'une méthode selon les exigences particulières qu'ils peuvent rencontrer; car il ne s'agit pas de définir si une méthode est meilleure qu'une autre mais d'édifier un choix d'une méthode sur la base du contexte de l'étude et de l'objectif à atteindre.

Pour conforter le rétrospectif, chaque méthode est présentée sous forme d'un tableau qui permet de faire une comparaison sur l'ensemble des méthodes présentées.

Les critères d'analyse de chaque méthode ont été basés sur quatre critères qui sont :

- les caractéristiques générales ;
- la complexité ;
- les moyens nécessaires à la réalisation du diagnostic;
- les résultats obtenus.

Chapitre 3 : sélection d'une méthode d'évaluation de la vulnérabilité des constructions

Notre choix c'est porté sur la méthode du groupe AFPS comme méthode d'évaluation de la vulnérabilité du tissu urbain existant dans notre quartier historique de Sidi El Houari à Oran, de connaître les bâtiments les plus sensibles et de définir ainsi les priorités à prendre en compte pour la protection de ces bâtiments et de pouvoir élaborer une carte de classification des bâtiments selon leur vulnérabilité par rapport à l'aléa sismique.

Pour l'évaluation du risque sismique, il faut prendre en considération un élément essentiel qui est la vulnérabilité sismique d'un bâtiment ou d'un ensemble de bâtiments. Dans ce chapitre on va entamer des notions de base qui sont utiles pour la bonne compréhension de l'évaluation de la vulnérabilité sismique.

1. Notion sur le Séisme

Le séisme est défini dans Larousse comme « une secousse brusque d'une portion de l'écorce terrestre, à partir d'un épigentre et à une certaine profondeur » (Larousse, 2008).

2. Origine d'un séisme

Le séisme est un phénomène relié à l'existence de mouvements tectoniques perpétuellement en action qui soulèvent des chaînes de montagnes et creusent des tranchées océaniques à la surface de la terre.

Ces mouvements affectent une quinzaine de plaques et engendrent des contraintes sur les lignes de contact des plaques. Lorsque ces contraintes deviennent trop élevées et supérieures à la résistance au frottement, une rupture brutale se produit : c'est un tremblement de terre, à la suite duquel un nouvel état provisoire de stabilité est réalisé.

Il résulte de cette description qu'il existe des régions du monde à plus ou moins haut risque sismique, suivant leur localisation géographique par rapport à ces zones de jonctions des "plaques".

3. Mesure d'un séisme

Deux notions sont introduites : la magnitude et l'intensité.

3.1. Magnitude

La puissance d'un séisme est mesurée par la magnitude introduite en 1930 par Wadati (japon). Elle a été améliorée en 1935 par l'américain Charles Francis Richter qui a défini la magnitude locale M_L (Naili Mounir, 2012).

3.2. Intensité

L'intensité sismique mesure la force d'un tremblement de terre et son effet sur une région donnée.

En 1902, en Italie une première échelle d'intensité à vu le jour. L'intensité d'un séisme est mesurée par deux paramètres qui sont :

L'ampleur des dégâts causés par un séisme et la perception de la population et qui varient en fonction de la distance à l'épicentre.

Elle est appelée aussi intensité macrosismique dans le cas où elle contribue à la distribution probable des dommages.

4. Aléa sismique

L'aléa sismique est la probabilité d'occurrence d'un tremblement de terre au cours de la durée de vie d'un ouvrage correspondant à une certaine période de retour (Naili Mounir, 2012).

5. La vulnérabilité

Est la sensibilité à l'action sismique des bâtiments. Elle représente la tendance d'endommagement d'une construction face à un seul événement sismique (Naili Mounir, 2012).

La vulnérabilité peut être représentée par deux spécificités vulnérables et fragilité, dans le cas de vulnérable c'est qu'elle peut être atteinte facilement et pour la fragilité c'est la facilité à être altéré, détérioré et détruit. (Petit Robert, 2005).

C'est la propension d'une société à subir des dommages en cas de manifestation d'un phénomène. (D'Ercole, 1994).

La vulnérabilité s'est la spécificité d'un individu ou d'un ensemble d'individus en terme d'aptitude à anticiper, résister et à se rétablir après l'impact d'un aléa naturel. (Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., et Wisner, B., 1994).

La vulnérabilité est une étude dans le cadre d'un aspect évolutif de l'état d'un système dans le temps par rapport à un événement extérieur, de ce fait le terme de vulnérabilité est défini comme suit :

- Une conséquence, un endommagement, une perte, un enjeu, une défaillance;
- Une susceptibilité, une fragilité, une sensibilité. (Beylot, 2007).

6. Définitions du Risque sismique

Plusieurs définitions ont été données au risque sismique, où on considère qu'il est :

- Une estimation statique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et une région donnée, pour un aléa particulier. Le risque est le produit de l'aléa par la vulnérabilité (Naili Mounir, 2012).

- Comme produit de convolution qui fait intervenir les paramètres aléa et vulnérabilité liés par la fonction (Ayadi Abdelhakim, 2012).

$$\text{Risque} = \text{Aléa} * \text{Vulnérabilité}$$

Où l'aléa est représenté comme l'élément perturbateur, l'enjeu comme un élément menacé et la vulnérabilité comme mesure de la sévérité d'un incident. (Duckstein, Parent, 1994)

$$\text{Risque} = f(\text{Aléas}, \text{Vulnérabilité}, \text{Enjeux}) \text{ (Torterot, 1993)}$$

- Comme étant le produit de convolution du paramètre de l'aléa (Filiatrault André, 1996), la vulnérabilité du bâti existant et de sa valeur exposée (les dégâts d'ordre perte en vie humaines, économiques et environnemental) est qui se présentent sous l'équation suivante :

$$\text{Risque} = (\text{Aléa} * \text{Vulnérabilité} * \text{Valeur exposée}).$$

Le risque peut ainsi être mesuré à l'échelle régionale ou locale. Néanmoins, les seuls facteur dont les sismologues disposent sont la magnitude des séismes et les statistiques sur l'occurrence.

De nos jours, la connaissance du risque sismique demeure un l'élément indispensable à la protection des biens et des populations.

7. Histoire des séismes au nord de l'Algérie

Depuis le séisme d'Alger qui s'est produit le 02 janvier 1365, l'activité sismique est devenue connue au nord de l'Algérie (As Suyuti Jalal Al-Din, 1505, Ambraseys, 1988) (Tableau 1).

Mais malheureusement la sismicité n'était pas connue avant la date du 02 janvier 1365, cela est dû à l'absence et au manque d'archives.

Plusieurs séismes violents et meurtriers se sont produits depuis 1365. Nous pouvons citer Parmi lesquels le séisme qui a frappé Alger en 1716, Oran en 1790, et Gouraya en 1891.

Par contre, dans une période plus récente on peut citer le séisme d'orleans ville le 09 septembre 1954, d'el Asnam le 10 octobre 1980 (Ouyed, 1981), (Benhallou, 1985), (Meghraoui, 1988), constantine le 27 octobre 1985 (Bounif et al, 1987), Tipaza 29 octobre 1989 (Meghraoui, 1991), Mascara 17 aout 1994 (Benouar et al., 1996), Alger 04 septembre 1996 (Yelles et al., 1997), Ain Temouchent 22 décembre 1999 (Yelles et al., 2000), Beni Ouartilane 10 novembre 2000 (Yelles et al., 2001) et Boumerdes, 2003 (Yelles et al., 2003).

Tableau 1 : Principaux séismes d'Algérie (depuis 1365 jusqu'à 2001).

Lieu	Date	I/M	M	Victimes
Alger	03-01-1365	X		plusieurs
Alger	10-03-1673			
Mitidja	03-02-1716	X		20000
Oran	09-10-1790	X		2000
Blida	02-03-1825	X		7000
Djidjelli	22-08-1856	X		-
Aures	16-11-1869	IX		30
Gouraya	15-01-1891	X		38
Orleansville	09-09-1954	X	6.7	1243
El Asnam	10-10-1980	X	7.3	2633
Constantine	27-10-1985	VIII	5.9	10
Tipaza	29-10-1989	VIII	6.0	22
Mascara	18-08-1994	VII	5.7	175
Alger	04-09-1999	VII	5.7	-
Temouchent	22-12-1999	VII	5.7	25
Beni.Ouartilane	10-11-2000	VII	5.4	04
Boumerdes-alger	21-05-2003	X	6.8	2300

1- LES METHODES D'EVALUATIONS EXISTANTES

La recherche bibliographique (ZACEK Milan, 1993 ; ZACEK Milan, 1997 ; CETE Méditerranée, 2000 ; AFPS, 2002 ; Milutinovic Z. V. and Trendafiloski G. S, 2003 ; Ghislaine verrhiest du CETE méditerranée, 2008) nous a permis de rassembler plusieurs méthodes citées ci- dessous :

1-la méthode du CETE Méditerranée.

2-la méthode Zacek .

3-la méthode Zacek élaborée pour évaluer la vulnérabilité des bâtiments de classe D.

4-la méthode AFPS Battier.

5-la méthode Vulnérable

6-la méthode CETE de Lyon.

7-la méthode RISK-UE.

8-la méthode canadienne.

9-la méthode américaine FEMA-154.

10-la méthode japonaise.

11-la méthode néo-zélandaise.

12-la méthode suisse.

13-la méthode italienne GNDT.

Les genèses de chaque méthode sont décrites dans la partie qui suit en énonçant leurs objectifs, permettant de les comparer par le biais d'une description et une analyse de chacune d'entre elles.

La qualification des critères est traduite par un symbole « + », il doit permettre une comparaison des méthodes.

2. LES CRITERES D'EVALUATION

Les sept critères définis pour déterminer et comparer les treize méthodes étudiées sont cités comme suit :

Grille d'application : On perçoit par grille d'application l'échelle dans laquelle la méthode peut être utilisée et qui permettra de classer les méthodes comme suit :

U : la méthode s'applique à l'échelle urbaine ;

B : la méthode s'applique à l'échelle du bâtiment ;

U et B : la méthode peut s'appliquer aux deux échelles.

Typologies de bâtiments : Dans cette étape le nombre de typologie de chaque bâtiment qui rentre dans le cas de l'étude se présente comme suit :

+ Spécifique à un seul type de bâtiment ;

+ + s'applique à quelques types de bâtiments ;

+ + + s'applique à tous les types de bâtiments.

Paramètre de départ : Ce paramètre représente la quantité de données nécessaire comme les plans du bâtiment, carte géologique, étude des sols et fondations, sondages structuraux ainsi que l'étude des plans d'exécution pour l'accomplissement de cette méthode est qui se présente comme suit :

+ Nombreux documents et études ;

+ + Quelques documents ;

+ + + Aucun document.

Technicité requise : Ce paramètre représente le niveau de connaissances requises en bâtiment afin de pouvoir mettre en œuvre la méthode.

+ Ingénieur-expert ;

+ + Technicien ;

+ + + Sans connaissance particulière.

Simplicité : la simplicité dépend de deux paramètres qui sont en premier lieu l'aspect didactique, défini par un vocabulaire simple, des illustrations par des schémas et en deuxième lieu l'aspect synthétique de la méthode qui se présente comme suit :

+ Peu didactique ni synthétique ;

+ + Didactique et pas synthétique ou synthétique mais pas didactique ;

+ + + Didactique et synthétique.

Types de résultats obtenus :

Trois types de résultats peuvent être obtenus en utilisant ces méthodes : l'indice de vulnérabilité, une simple qualification et troisièmes un pourcentage de bâtiments à un endommagement donné. Certaines de ces méthodes finissent à deux grandeurs. On va donc évaluer les types de résultats acquis pour chaque méthode est qui se présente comme suit :

- + Un type de résultat ;
- + + deux types de résultats.

De ce fait, le I correspond à l'indice de vulnérabilité, Q pour qualification, D pour résultat en termes de dommages et M pour incertitudes d'erreurs.

Facteurs de vulnérabilité pris en compte : il s'agit de définir les méthodes car parmi elles, il ya celles qui ne prennent en compte que les caractéristiques physiques des éléments structuraux et non structuraux et d'autres qui prennent aussi la nature du sol, la situation dans le site, la proximité d'ouvrages, les défauts d'organisation, l'état de conservation, la vulnérabilité des réseaux et des équipements intérieurs est qui se présentent comme suit :

- + Peu de facteurs de vulnérabilité pris en compte ;
- + + Une quantité intermédiaire de facteurs pris en compte ;
- + + +La plupart des principaux facteurs pris en compte.

1- Méthode du CETE Méditerranée :

1.1. Description

A la fin des années 90, une méthode d'analyse de la vulnérabilité s'est développée par le **Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée** (CETE Méditerranée, 2000) qui constitue une approche dans le cadre de la détermination de la présomption de la vulnérabilité. Elle consiste à faire un recensement des indices de vulnérabilité des bâtiments en fournissant des indications sur leur comportement sous sollicitation sismique.

Cette méthode se base sur un aspect empirique car on ne procède pas à des calculs dans le cadre de la réponse des constructions à des sollicitations sismiques, mais par contre elle prend en considération les données du site sans autant être besoin des données intérieures de la construction.

Ce concept consiste à identifier et à pondérer les paramètres structuraux ou non qui peuvent avoir un impact sur les constructions existantes en cas de survenu d'un séisme sur la base d'un examen visuel extérieur des constructions.

Chacune de ces constructions est caractérisée par une fiche de relevé, cette dernière nous permettra d'identifier des facteurs de vulnérabilité.

L'indice de vulnérabilité v est calculé de la façon suivante : $V = V_1 + V_2$

D'où :

V_1 : indice cumulant l'influence des caractéristiques du bâtiment selon trois critères : l'âge de la construction V_a , le matériau structural V_m et l'état d'entretien V_e .

V_2 : facteur de vulnérabilité découlant des dommages post-sismiques et issu des travaux de l'association française de génie parasismique, le bulletin n°24 mars 2002 (AFPS, 2002).

Un poids est attribué selon l'estimation du degré de dommage pour chacun d'eux. L'indice global de vulnérabilité est compris entre 0 et 1.

La valeur 1 correspond au niveau de vulnérabilité le plus important.

1.2. Champ d'application :

Premièrement, cette méthode peut être utilisée à l'échelle d'une ville, d'un quartier ou d'un ensemble de constructions.

Deuxièmement, cette approche est élaborée dans le cadre d'étude pour la réalisation de plan de prévention du risque sismique.

Troisièmement, elle peut être utilisée aussi dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité des constructions qui soit : maçonnerie, béton armé ou structure métallique.

1.3. Ses avantages :

Elle a un avantage de simplicité et de rapidité, elle peut être utilisée par des personnes non expérimentées dans le domaine du bâtiment.

Les caractéristiques du bâtiment sont peu exigées, puisque aucun dossier graphique n'est nécessaire dans cette étude, car la fiche de relevé contient deux paramètres fondamentaux qui sont : la pente du terrain, la dissymétrie du bâtiment.

1.4. Ses inconvénients :

Dans ce cas, certains facteurs en termes de comportement du bâtiment sous sollicitation sismique ne sont pas pris en compte tels que les types de fondation et la nature du sol existant.

On remarque que dans cette méthode, les équipements intérieurs ne sont pas pris en compte en cas d'un séisme. Cependant, ils sont pour les constructions réservant le public des paramètres importants.

Dans cette méthode, les indices de vulnérabilité obtenus doivent être calculés avec une précaution car aucune incertitude n'est attribuée à ces indices.

Dans le cas d'un séisme, l'estimation du niveau de dommage ne peut être évaluée par cette méthode.

2- METHODE DE ZACEK MILAN :

2.1. Description

En 1993, une méthode d'évaluation de la présomption de la vulnérabilité est introduite par ZACEK MILAN (ZACEK Milan, 1993).

Cette méthode est une approche simplifiée ne nécessite aucun moyen coûteux ainsi qu'aucun calcul de structure, car elle se base seulement sur un relevé qui se caractérise par un examen visuel.

L'identification des constructions dangereuses est un des buts essentiels de cette méthode, elle nous permet de définir les degrés de dommage qui soient moyennes ou graves et cela en fonction de l'intensité du séisme (faible, moyenne, forte).

Dans cette méthode, on procède en premier lieu à faire un relevé des facteurs de vulnérabilité comme les caractéristiques du bâtiment et son état de conservation par l'utilisation d'une fiche de relevé.

En deuxième lieu, à l'aide de la grille d'évaluation de la présomption de vulnérabilité on détermine les dommages relatifs à chaque facteur, ainsi on peut constater trois niveaux d'agression sismique (faibles, moyens et forts) et en fonction de la situation la plus défavorable on peut donner des appréciations correspondantes à chaque facteur de vulnérabilité.

Si le bâtiment est un ouvrage qui cumule certains facteurs de vulnérabilité alors les dommages sont majorés d'un degré comme exemple le facteur d'irrégularité de la forme.

Dans la fiche de relevé deux facteurs sont pris en considération : la nature du sol et sa situation dans le site. Cependant, chacun de ces facteurs n'est pris en compte dans l'évaluation des dommages.

Les résultats de ce relevé nous incitent à se diriger vers une étude plus détaillée.

2.2. Champ d'application :

Elle est utilisée comme un outil d'aide à la décision dans l'étude de la vulnérabilité des constructions. Cependant, cette méthode est appliquée en majorité à un bâtiment bien défini.

Dans le cas de cette méthode, on peut envisager de l'appliquer sur un ensemble de constructions à l'échelle urbaine.

2.3. Ses avantages :

La simplicité et la rapidité sont des principes essentiels de cette méthode.

Dans cette méthode, le diagnostic ne prend pas en considération les paramètres relatifs à la structure, puisque les données caractérisant le bâtiment ne sont pas exigées, car aucun plan n'est nécessaire pour l'étude.

La fiche de relevé utilisée dans cette méthode a un avantage d'être synthétique et se base sur des paramètres de vulnérabilité du bâtiment tels que poteaux élancés ainsi que la dissymétrie.

Deux types de résultats sont obtenus :

- premièrement, une appréciation sur la nécessité d'établir une étude approfondie est nécessaire ;

- deuxièmement, un degré de dommage est défini en fonction du niveau de sismicité.

Contrairement à d'autres méthodes, cette méthode ne se limite pas à la définition d'un indice de vulnérabilité, mais elle nous permet d'avoir une idée sur le comportement de cette structure en cas de séisme.

2.4. Ses inconvénients :

C'est d'avoir en possession une carte géologique du site et de faire appelle à des géotechniciens.

Cette méthode exige de faire un examen intérieur pour certains paramètres tels que l'ossature non contreventée ou les liaisons entre les éléments constructifs.

Les paramètres de l'interaction avec le sol, les effets du site ainsi que l'état de conservation des constructions sont notés sur la fiche de relevé .Cependant, ils ne sont pas pris en compte dans l'évaluation des dommages.

Les éléments structuraux et non structuraux sont les deux caractéristiques physiques de cette méthode et il s'agit seulement de faire un examen extérieur du bâtiment sans autant s'intéresser à la fondation du bâtiment.

Dans le cas où on s'intéresse aux établissements recevant le public et aux bâtiments stratégiques, la vulnérabilité des réseaux et des équipements intérieurs en cas de séisme n'est pas abordée dans cette méthode.

3- Méthode de ZACEK MILAN, POUR LES BATIMENTS DE CLASSE D :

3.1. Description

C'est une démarche qualitative qui se base sur un examen visuel, destiné à étudier le comportement des constructions sous sollicitation sismique dans un but de définir le degré de dommages qu'ils pourraient subir (ZACEK Milan, 1997).

Dans le cas de cette méthode, chaque construction doit être soumise à un examen visuel extérieur et intérieur qui porte sur :

- l'aspect architectural ;
- le type de système constructif utilisé ;
- les dispositions constructives apparentes.

Ces deux examens nous permettent d'élaborer, par des observations, des fiches de relevé qui sont destinées pour l'étude des bâtiments stratégiques. Dans ces fiches de relevé, sont consignés sous forme de commentaires des facteurs aggravant, à savoir :

- la cause indirecte de l'effondrement d'un bâtiment adjacent au bâtiment étudié ;
- la présence d'aléa sismique local : effet du site, effets induits ainsi que sa distance par rapport à une faille active.

Sur la base de ces relevés on peut conclure les hypothèses suivantes :

- la stabilité des bâtiments sous des sollicitations sismiques ;
- le degré de dommages subis ;
- l'atteinte à des fonctions vitales.

Cette méthode nous permet de suggérer aussi un renforcement pour le bâtiment face au séisme.

Les résultats de cette évaluation sont présentés dans une grille mettant en rapport l'intensité des séismes (faible, moyenne, forte) avec le degré de dommages du bâtiment (légers, modérés, graves).

3.2. Champ d'application :

Les champs d'application de cette méthode peuvent être élaborés sur l'échelle d'une ville, d'un quartier ou d'un groupe de bâtiments et peuvent être aussi utilisés sur un bâtiment spécifique comme les bâtiments stratégiques, mais pourraient également être appliqués à des bâtiments de classe B ou C.

Cette méthode peut être utilisée pour différentes typologies de bâtiments que soit : en structure métallique, en béton armé et en maçonnerie.

Remarque : Les bâtiments à ossature en bois ne sont pas pris en considération.

3.3. Ses avantages :

Cette méthode permet d'élaborer un relevé complet sur la construction dans un contexte de base de données pour une étude approfondie.

Un degré de dommage est estimé sur la base du niveau de sismicité (faibles, moyens, forts).

Les résultats obtenus dans cette méthode sont essentiels dans l'élaboration d'un diagnostic sur les bâtiments les plus vulnérables d'un groupe de construction et de définir le type de renforcement adéquat.

Cette méthode ne se limite pas seulement sur l'analyse des éléments structuraux et non structuraux mais elle prend en compte la nature du sol et la situation dans le site comme des paramètres dans l'étude, sans autant oublier l'état de conservation de l'ouvrage et les facteurs aggravants la vulnérabilité.

3.4. Ses inconvénients :

Dans le cas du traitement des données on doit faire appel à un expert, car les résultats obtenus ne se basent pas sur une lecture mais par contre sur des jugements de chaque cas.

Elle ne prend pas en compte l'aléa sismique : les effets du site, les effets induits et la proximité d'une faille active.

Dans cette méthode, la fiche de relevé ne prend pas en compte les fondations comme un aspect dans l'observation.

Chaque facteur de vulnérabilité définit un indice de vulnérabilité.

4- METHODE AFPS BATTIER :

4.1. Description

Cette méthode permet de définir les facteurs qui contribuent à la vulnérabilité des bâtiments qui constituent un patrimoine immobilier et la nature des dommages sous l'effet d'un séisme (AFPS, 2002).

Elle est destinée pour l'évaluation de la vulnérabilité des constructions de classe B et C. Cependant, pour les constructions de classe D une analyse approfondie doit être élaborée.

Dans le cas de cette méthode, deux étapes sont définies pour l'évaluation de la vulnérabilité :

- l'enquête relative aux caractéristiques du bâtiment;
- l'évaluation de la présomption de la vulnérabilité.

En premier lieu, un recensement doit être fait par une fiche de relevé dans un but de recenser les caractéristiques du bâtiment par un examen visuel extérieur et intérieur.

En deuxième lieu, on procède à l'évaluation de la présomption de vulnérabilité par une fiche d'enquête afin d'élaborer une grille d'analyse, dont le coefficient de pénalité et les facteurs de vulnérabilité sont définis.

L'indice de présomption de la vulnérabilité est le résultat de la somme des coefficients de pénalité K_i sur une échelle de 0 jusqu'à 100, alors de ce fait cinq degrés de vulnérabilité sont déterminés à partir des indices obtenus :

Si $K_i > 100$ présomption très forte de vulnérabilité.

Si $50 < K_i < 100$ présomption forte de vulnérabilité.

Si $25 < K_i < 50$ présomption moyenne de vulnérabilité.

Si $10 < K_i < 25$ présomption faible de vulnérabilité.

Si $K_i < 10$ présomption très faible de vulnérabilité.

On procède à une analyse approfondie sur le bâtiment lorsque l'indice dépasse 50.

Dans le cas contraire, si l'indice de vulnérabilité et le degré de dommages sont identiques sous l'effet des sollicitations sismiques, alors le résultat se présentera sous forme de nature de dommage de la façon suivante :

Présomption de vulnérabilité moyenne : $25 < K_i < 50$

Accélération maximale du sol **0.1g** : dommages légers.

Accélération maximale du sol **0.2g** : dommages modérés.

Accélération maximale du sol **0.4g** : dommages graves.

Présomption de vulnérabilité moyenne : $10 < K_i < 25$

Accélération maximale du sol **0.1g** : dommages négligeables.

Accélération maximale du sol **0.2g** : dommages légers

Accélération maximale du sol **0.4g** : dommages modérés.

Présomption de vulnérabilité très faible : $K_i < 10$

Accélération maximale du sol **0.1g** : dommages nuls à négligeables.

Accélération maximale du sol **0.2g** : dommages négligeables à légers.

Accélération maximale du sol **0.4g** : dommages légers à modérés.

4.2. Champ d'application :

Cette méthode est destinée pour l'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments de classe B et C qui sont construits depuis 1960. Cependant, elle peut être utilisée pour l'évaluation des bâtiments de classe D (AFPS, 2002). Elle peut être utilisée aussi pour l'évaluation de la vulnérabilité d'un quartier tout en étudiant en préalable la typologie des bâtiments existants.

Enfin, elle s'applique sur deux types de typologie de bâtiment :

- les bâtiments avec murs porteurs en maçonnerie, bâtiment à ossatures poteaux, poutres avec ou sans remplissage et planchers en corps creux et poutrelles ;
- les bâtiments en béton comprenant voiles, poteaux, poutres, dalles béton, façades préfabriquées, ainsi elle peut s'appliquer également aux bâtiments mixtes.

4.3. Ses avantages :

On décortiquant la fiche de relevé des facteurs de vulnérabilité dans cette méthode, on constate ce qui suit:

- premièrement, on remarque qu'elle est très précise ;
- deuxièmement, chaque facteur est étudié en détail.

Deux types de résultats sont fournis par cette méthode :

- **l'indice de vulnérabilité** joue un rôle de paramètre d'hierarchisation de la vulnérabilité du bâtiment dans le cas de l'étude d'un groupe de bâtiments à l'échelle d'une ville ou d'un quartier ;

- **le niveau de dommages** du bâtiment en cas de séisme est calculé en fonction du niveau d'agression sismique, dont l'accélération maximale du sol est de 0.1 g, 0.2g ou 0.4g.

L'avantage de cette méthode est d'être un outil d'aide à la décision sur les prérogatives d'intervention sur la base de l'hierarchisation obtenue et de donner un aperçu sur la réaction de chaque bâtiment sous sollicitation sismique.

Dans la fiche de relevé, on remarque que les facteurs de vulnérabilité sont illustrés par des schémas explicatifs.

Pour les techniciens, cette approche permet de définir les facteurs qui sont impliqués dans le comportement des constructions.

4.4. Ses inconvénients :

La précision des facteurs dans cette méthode requiert deux examens (extérieurs et intérieurs), la consultation des plans et peut progresser jusqu'aux calculs lors de l'évaluation de l'indice de vulnérabilité (calcul pour estimer la variation verticale croissante des rigidités ou bien la densité de voiles de contreventement dans le sens x et y).

Enfin, à cause de son degré de complexité, cette méthode est très longue en termes de temps d'élaboration.

Cette méthode nécessite des connaissances suffisantes en bâtiment pour sa mise en œuvre.

Cette méthode est dédiée aux constructions en béton armé et elle ne peut donc pas être appliquée à toutes les typologies de bâtiments.

Dans cette méthode les niveaux de dommages ont été établis en s'appuyant sur l'échelle macrosismique européenne EMS 92, Par contre depuis la date d'élaboration de cette méthode l'échelle macrosismique européenne a été réactualisée. Car La nouvelle référence d'échelle est l'EMS 98.

Les éléments structuraux et non structuraux sont les deux caractéristiques physiques de cette méthode, elle prend aussi en compte la situation dans le site et l'état de conservation de l'ouvrage.

Par contre, les fondations et la nature du sol ne sont pas prises comme facteurs de vulnérabilité même si elles sont retenues dans la fiche de relevé, donc les deux paramètres n'influencent en aucun cas sur la vulnérabilité de l'ouvrage.

Cependant, les anomalies d'organisation et la vulnérabilité des réseaux ne sont pas prises en compte. Mais malheureusement lorsque l'on s'intéresse aux établissements recevant du public et aux bâtiments stratégiques ces paramètres influent sur la vulnérabilité des ouvrages.

5- METHODE VULNERALP:

5.1. Description

Cette méthode qualitative a été élaborée dans le cadre du projet VULNERALP par le laboratoire central des ponts et chaussées / laboratoire de géophysique interne et tectonophysique de l'université JOSEPH FOURIER-Observatoire de Grenoble (LCPC/LGIT)

ainsi que le travail du groupe dans le cadre de la Vulnérabilité du bâti existant par l'AFPS (AFPS, 2002).

Sur la base des fiches de relevés, on peut identifier l'indice de vulnérabilité global par l'utilisation des facteurs architecturaux et constructifs.

Pour les pondérations des facteurs de vulnérabilité elles sont faites sur la base des travaux développés par le Groupe national pour la défense contre les tremblements de terre (GNDT).

Le but de cette méthode est de définir par rapport à un ensemble de bâtiments qui soit à l'échelle d'un quartier ou d'une ville des prérogatives d'analyse.

Cette méthode permet de fixer les différents niveaux d'analyse en se basant sur plusieurs moyens.

Jusqu'à ce jour, il y a que 4 niveaux d'analyse qui ont été élaborés :

Pour le niveau 1, appelé aussi niveau 0, qui se fonde sur la base de la typologie des bâtiments constatés en se référant à la typologie EMS 98. Cette dernière va nous permettre de faire une sélection sur la base des niveaux de dommage par rapport à une typologie présente.

Les photos aériennes ainsi que les données relatives au bâti sont essentielles dans ce niveau.

Pour le niveau 2, appelé aussi niveau 1.0, c'est un questionnaire qui va nous permettre d'estimer l'indice de vulnérabilité. Les données qualitatives et géométriques sont essentielles dans cette méthode comme : matériau de construction, âge, terrain d'implantation, nombre d'étages, régularité géométrique, toiture.

Pour le niveau 3, appelé aussi niveau 1.1, il se présente sous forme de fiches qui sont détaillées, est formé après un constat visuel extérieur. Pour l'indice de vulnérabilité, il peut être affiné à la base des informations complémentaires ainsi la marge d'incertitude est réduite.

Et enfin le niveau 4, appelé aussi niveau 2.0, dont la fiche est plus détaillée que la précédente, elle est élaborée sur la base d'un constat extérieur et intérieur du bâtiment ainsi que l'utilisation des plans de la construction. Elle permet aussi de définir le système de contreventement en cas d'un séisme, les apports des éléments non structuraux et les défauts perceptibles.

Pour chaque niveau d'analyse, un indice de vulnérabilité global est obtenu suite à l'Association des indices de vulnérabilité partiels pour les factures étudiés et pondérés à la

base des coefficients, une marge d'erreur est adjoint à l'indice de vulnérabilité global qui doit être entre un intervalle de 0 et 100.

Donc, le niveau de dommage peut être déterminé sur la base de l'indice de vulnérabilité global.

A partir de la formule de Giovinazi et Lagomarsino (Giovinazzi S. and Lagomarsino S.2005), le niveau d'endommagement se calcule par croisement de la vulnérabilité du bâtiment et des intensités sismiques sous forme :

$$\text{Endommagement} = [0,5 + 0,45 \cdot \arctan (0,55 (I - 10,2 + 0,05 \cdot IV))]$$

Où : I est l'intensité macrosismique.

IV est l'indice de vulnérabilité.

L'endommagement qui est obtenu s'exprime en degrés selon la correspondance suivante:

Tableau 2 : Tableau de la correspondance de l'endommagement en degrés (GHISLAINE VERRHIEST du CETE méditerranée, 2008).

DEGRE	ENDOMMAGEMENT
Degré 1 (dégât léger)	0 à 0,2
Degré 2 (dégât modéré)	0,21 à 0,4
Degré 3 (dégât important)	0,41 à 0,6
Degré 4 (dégât très important)	0,61 à 0,8
Degré 5 (dégât destruction)	0,81 à 1

5.2. Champ d'application :

Cette méthode peut être utilisée dans le cas d'une ville et quartier ou bâtiment de classe C.

On l'applique à l'échelle d'une ville pour définir les éléments de vulnérabilité qui peuvent être utiles dans la définition de la stratégie de réduction de la vulnérabilité dans un but d'élaboration de plans de sauvegarde ou de scénario de crise sismique.

Par contre, dans le cas d'un quartier, cette méthode permet de hiérarchiser les bâtiments donc de les classer en cas de séisme et sur la base de ce classement on peut déterminer les prérogatives de renforcement du bâti en vue d'une réduction de la vulnérabilité.

Cette méthode est applicable à toutes les typologies comme : maçonnerie, béton armé, structure métallique, bois, terre.

5.3. Ses avantages

Pour les niveaux 1.0 et 1.1, la méthode Vulnérable présente l'avantage d'être simple, rapide et elle ne requiert pas un niveau de compétence très élevé car la donnée exigée est : un examen extérieur simple dans le niveau 1.1.

Elle permet dans un premier lieu une évaluation de la vulnérabilité.

Le niveau 2.0 est plus complexe puisqu'il nécessite un examen intérieur et la présence des plans dédiés au bâtiment.

Cette méthode fournit deux types de résultats :

Un indice de vulnérabilité qui va nous permettre de faire une hiérarchisation de la vulnérabilité des bâtiments dans le cas d'une étude à l'échelle d'une ville ou d'un quartier.

Un niveau de dommages qui est établie en fonction du niveau de l'intensité sismique observée.

Par rapport à d'autres méthodes qui s'intéressent seulement à donner un indice de vulnérabilité, cette méthode va nous permettre d'avoir une idée sur le comportement qui soit favorable ou non en cas de survenance d'un séisme.

Elle est donc à la fois comme critère d'aide à la décision pour établir des prérogatives d'intervention sur le bâti et de fournir en cas de séisme des niveaux de dommages.

5.4. Ses inconvénients

Dans cette méthode, on remarque qu'un certain nombre de facteurs ne sont pas pris en compte comme le cas :

- du contreventement vertical et horizontal ;
- des planchers ;
- des fondations ;
- de présence de joints parasismiques entre la construction étudiée et les bâtiments voisins ;

- de la proximité d'ouvrage non parasismique ;
- de la vulnérabilité des équipements intérieurs.

Dans le cas de l'utilisation de cette méthode, il est nécessaire d'entamer des études complémentaires portant sur les facteurs énumérés précédemment.

Un deuxième inconvénient est que les facteurs de vulnérabilité comme l'état d'entretien, du contreventement, de la transparence et des éléments non structuraux n'apparaissent qu'au niveau 2.0.

Il faut donc se baser sur les résultats des analyses de premier niveau comme renseignements sur la vulnérabilité du bâtiment pour une base de données dans le deuxième niveau.

Plusieurs observations peuvent être formulées dans le cas de l'étude des facteurs de vulnérabilité comme suit :

Dans le cas des niveaux 1.0 et 1.1 la maçonnerie chaînée et non chaînée sont pris dans leur étude comme élément en maçonnerie bien qu'il présente en cas de séisme des vulnérabilités différentes.

Pour les structures mixtes, il n'y a pas de règle qui permet leur classement dans des typologies plus pénalisantes.

Le facteur d'irrégularité qui soit en plan ou en élévation doit être pris en compte dans l'étude de l'estimation de la vulnérabilité.

Les caractéristiques du contreventement (nature, disposition, régularité en plan et en élévation,...) présentent un élément très important dans la résistance des constructions en cas de survenance d'un séisme.

Ainsi pour les diaphragmes horizontaux dans le critère de vulnérabilité qui étudie les types de planchers, alors qu'il serait très important d'étudier la solidarisation des éléments constitutifs et la qualité des ancrages périphériques qui jouent un rôle dans l'identification des critères de vulnérabilité dans le cas où les diaphragmes soient flexibles ou rigides ou en porte à faux.

Il y a aussi certains critères d'évaluation des facteurs de vulnérabilité qui sont difficilement identifiables dans le cas du facteur de la typologie des structures qui est caractérisé dans le niveau 2.0, on ne peut pas différencier les maçonneries en pierre massive

de celles en pierre brute ainsi que pour le renforcement et la pente du terrain qui sont difficiles à évaluer.

6- METHODE DU CETE DE LYON :

6.1. Description

En 2001, la méthode du CETE de Lyon a vu le jour dans le cas de l'étude sur l'agglomération grenobloise dans le cadre de l'étude de la vulnérabilité des bâtiments de l'agglomération grenobloise de 140 bâtiments de classe D au mouvement sismique.

Cette méthode a été établie sur la base de travaux existants réalisés par Milan Zacek, CETE Méditerranée et LCPC, divers experts et organismes (GHISLAINE VERRHIEST du CETE méditerranée, 2008).

Sur la base d'un relevé qui soit intérieur ou extérieur, un profil de vulnérabilité des constructions est élaboré suivant huit facteurs relatifs à divers apparences relatif à la construction et son environnement, à savoir :

- le terrain et l'environnement du bâtiment ;
- la morphologie ;
- les fondations ;
- la structure ;
- le contreventement ;
- les éléments non structuraux ;
- l'âge ;
- l'entretien.

Chacun de ces facteurs a des influences qui soient positives ou négatives sur le niveau de vulnérabilité du bâtiment. A cet effet une observation est attribuée à chaque élément on se basant sur l'incidence de vulnérabilité ainsi qu'une interprétation illustrative est donné pour chaque élément.

Cette méthode présente des coefficients de pénalité ainsi qu'un coefficient de bonification ainsi qu'un diagnostic sur les caractéristiques de résistance d'un bâtiment au mouvement sismique.

Un indice est affecté à un facteur qui est compris entre -10 et $+3$ en sommant la totalité des notes obtenues est enfin une grille est élaborée appelée « Profil de la vulnérabilité d'un bâtiment » par le regroupement des indices obtenus pour les huit facteurs.

A cet effet le profil global est estimé de la manière suivante :

- très défavorable pour des indices compris entre -10 et -7.5 ;
- défavorable pour des indices compris entre -7.5 et -2.5 ;
- neutre pour des indices compris entre -2.5 et 0.5 ;
- favorable pour des indices compris entre 0.5 et 3 .

6.2. Champ d'application

Cette méthode a été élaborée dans le but de l'étude des constructions de classe D, néanmoins elle peut être utilisée pour autre type de construction que soit à échelle individuelle ou urbaine.

6.3. Ses avantages

Le choix des facteurs de vulnérabilité d'un bâtiment est fait sur la base d'étude et de constatation de l'état d'entretien, le contreventement vertical et horizontal ainsi que les caractéristiques des fondations.

Ces sous-indices de vulnérabilité permettent d'identifier les facteurs les plus prépondérants.

6.4. Ses inconvénients

Comme inconvénients, la liste des facteurs de vulnérabilité est très détaillée néanmoins le choix de certains facteurs dans cette méthode reste discutable, car certains de ces facteurs (structure, âge,...) restent non pondérés entre eux, malgré que les fiches de relevé sont très détaillées.

Le facteur de précision qui est adjoint aux facteurs de vulnérabilité rapporté n'est pas le cas du comportement des constructions sous effet du séisme. Par contre dans le cas du niveau de détail de ces facteurs nous converge vers les mêmes données.

Un bilan sur les facteurs de vulnérabilité est élaboré par élément (ex : morphologie ou contreventement), le résultat de l'analyse sur le bâtiment est obtenu par la méthode de la superposition des niveaux de vulnérabilité adjoints à chaque élément.

L'élaboration de la grille d'évaluation ne permet d'indiquer l'indice pénalisant et pas le niveau de vulnérabilité (ex : un indice de -2 d'une rubrique peut être plus pénalisant qu'un -4 d'une autre).

Le niveau de dommages en cas de survenance d'un séisme n'est pas estimé contrairement aux autres méthodes.

Cette méthode aboutit à un profil de vulnérabilité qui est constitué sur la base des sous indices de vulnérabilité et n'aboutit pas à un indice de vulnérabilité.

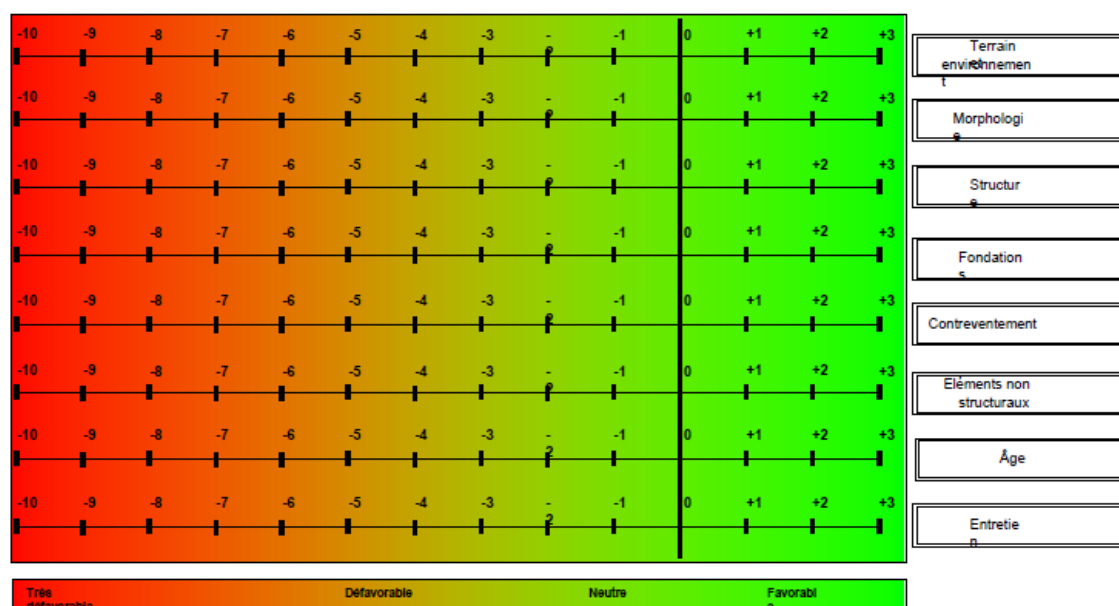


Figure 1 : Grille utilisée pour la détermination du profil de vulnérabilité d'un bâtiment (GHISLAINE VERRHIEST du CETE méditerranée, 2008).

7- METHODE DU PROJET EUROPEEN RISK-UE:

7.1. Description

Cette méthode a été élaborée par la contribution des institutions partenaires du projet RISK-UE dans le cadre du Works Package 4 relative à l'évaluation de la vulnérabilité du bâti existant (Milutinovic Z. V. and Trendafiloski G. S, 2003).

Elle vise à analyser le risque sismique sur l'échelle d'une ville dans un contexte de parvenir à la création d'une méthodologie d'évaluation des risques.

Dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments, deux méthodes ont été établies :

- la méthode macrosismique qui est caractérisée par un niveau 1, qui est défini par l'affectation aux bâtiments d'un indice de vulnérabilité et résulte à la détermination des courbes de vulnérabilité et de fragilité ;

- la méthode mécanique qui est caractérisée par un niveau 2, appuyée sur des analyses analytiques sur la structure ainsi que des modélisations simplifiées qui peut progresser jusqu'à des modélisations dynamiques.

Dans cette méthode, on ne s'intéressera pas à la méthode mécanique puisqu'il s'agit d'une méthode quantitative.

Par contre, la méthode macrosismique se base sur l'évaluation de l'indice de vulnérabilité qui est en fonction de la typologie constructive du bâtiment et des facteurs qui sont susceptibles de modifier son comportement.

Sur la base de cet indice et en fonction de l'intensité macrosismique de l'EMS-98, on peut définir les courbes de vulnérabilité qui vont nous permettre d'évaluer la répartition des probabilités des dommages sur le bâtiment.

Cet indice de vulnérabilité (VI) est compris entre 0 et 1. Pour des valeurs proches de 1 qui correspondent aux bâtiments les plus vulnérables, il s'obtient en faisant la somme de :

V_I^* : qui est la fonction de la typologie du bâtiment.

DV_m : qui représente l'influence des différents facteurs pouvant modifier le comportement.

DV_r : le jugement de l'expert concernant les particularités régionales de la vulnérabilité pressentie lors de l'observation.

DV_f : l'incertitude du relevé de la typologie et des facteurs de vulnérabilité.

Le terme VI^* est proposé par une matrice dans laquelle un indice de vulnérabilité est affecté à chaque type de bâtiment.

Il existe 23 typologies de bâtiments qui sont caractérisées dans cette matrice.

Le terme DV_m est évalué en totalisant les coefficients associés à chaque facteur de vulnérabilité observé sur le bâtiment.

Les facteurs de vulnérabilité sont recensés suivant une fiche de relevé. Deux fiches de relevé existent, l'une pour les bâtiments en béton armé, acier et bois et l'autre pour les bâtiments en maçonnerie. Ce recensement nécessite un simple examen visuel extérieur.

Le DVr est laissé à l'appréciation de l'enquêteur.

L'indice de vulnérabilité peut être établi pour un ensemble de bâtiment ou pour un bâtiment.

Une incertitude est associée à cet indice de vulnérabilité. En effet la matrice de typologie de bâtiment propose pour chaque typologie spécifique le terme :

VI * : l'indice de vulnérabilité le plus probable.

[VI- ; VI+] : limites de l'intervalle plausible de VI .

[VImin ; VImax] : limites inférieure et supérieure des valeurs possibles de VI).

En totalisant ces valeurs de V_I^* aux autres termes (DVm ; DVr ; DVf), il est possible d'obtenir une marge d'erreur de l'indice global de vulnérabilité.

Sur la base de cet indice, une évaluation de la répartition des probabilités de dommages aura lieu pour définir les courbes de vulnérabilité qui exprime le taux de dommage moyen en fonction de l'intensité macrosismique I de l'EMS 98 et de l'indice VI.

Pour définir les courbes de fragilité une loi de distribution de dommages est utilisée pour passer du taux de dommage aux degrés de dommage EMS 98.

Ces courbes de fragilité sont définies pour un degré de dommage EMS-98 Dk donné.

Elles fournissent, en fonction de l'intensité macrosismique, la probabilité d'atteindre ou de dépasser ce degré Dk.

7.2. Champ d'application :

Cette méthode peut être appliquée à un bâtiment ou à un groupe de bâtiments.

Pour un groupe de bâtiment, le terme $VI^* = \sum_t q_t VI_t^*$, où q_t est le pourcentage de bâtiment appartenant à une catégorie spécifique. On obtient de la même façon DVm, DVr .

Elle est utilisable pour tous les types de bâtiment que soit: maçonnerie, béton armé, structure métallique, structure en bois.

7.3. Ses avantages :

Cette méthode procure deux types de résultats :

Un indice de vulnérabilité permettant de hiérarchiser la vulnérabilité de bâtiments dans le cas de l'analyse d'un groupe de bâtiments à l'échelle d'une ville ou d'un quartier.

Une répartition des probabilités de dommages sur le bâtiment en cas de séisme en fonction de l'intensité sismique.

Elle a donc l'avantage de fournir des critères d'aide à la décision ou de renforcement du bâti existant et un aperçu du comportement d'un bâtiment en cas d'un séisme.

Cette méthode est très complète puisqu'elle ne se base pas uniquement sur les caractéristiques physiques du bâtiment, elle s'intéresse aussi au contreventement, aux fondations, à la nature du sol, à l'état d'entretien, à la transparence et à la proximité d'ouvrages non parasismiques.

7.4. Ses inconvénients :

Dans cette méthode plusieurs facteurs de vulnérabilité sont pris en compte, nous pouvons citer : la nature du sol, les éléments de contreventement et l'état de conservation de l'édifice sans autant prendre en compte les défauts d'organisation, les éléments non structuraux et les équipements intérieurs qui ne sont pas abordés dans cette méthode.

Malheureusement ces facteurs qui ne sont pas abordés, ont une influence forte dans le cadre de la vulnérabilité des bâtiments face au séisme, spécifiquement lorsque l'on s'intéresse aux établissements recevant du public et aux bâtiments stratégiques.

8- METHODE CANADIENNE:

8.1. Description

Cette méthode a été élaborée par l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil National de recherches Canadien (CNRC), on se basant sur les documents américains ATC-21, ATC-22, ATC-14 publié par la Fédéral Emergency Management (CONSEIL CANADIEN DES NORMES, 1997).

Dans cette méthode on définit deux niveaux d'analyse :

Le premier niveau est dédié pour la sélection des bâtiments dans un but de leur attribuer un indice de vulnérabilité afin de définir la nécessité à une éventuelle évaluation sismique plus détaillée ou non.

Le deuxième niveau est dédié non seulement pour l'évaluation des faiblesses du système structural des bâtiments, mais aussi à estimer les menaces sur la sécurité des personnes.

Dans le cas du premier niveau, on entame une analyse intérieure et extérieure de chaque bâtiment ou à partir de ses plans et on rassemble ces données requises sur un formulaire dans

un but de déterminer l'indice de priorité sismique (IPS) de chaque bâtiment. Plus l'IPS est élevé, plus le degré de priorité pour une évaluation ultérieure est élevé. On passe ensuite aux indices pour classer les bâtiments en éliminant les cas qui n'exigent pas un examen plus approfondi.

Les valeurs suggérées pour classer les bâtiments sont :

- inférieure à 10, considéré comme une faible priorité ;
- entre 10 et 20, considéré comme une priorité moyenne ;
- plus de 20, considéré comme une priorité élevée.

La sismicité, l'irrégularité des structures, la présence d'éléments non structuraux et les conditions du sol sont des facteurs qui sont pris en compte pour la détermination de l'indice de priorité sismique (l'IPS), sans oublier l'importance du bâtiment qui dépend de sa catégorie et son utilisation.

Concernant le second niveau qui se base sur un ensemble de questions dans un but de déceler les faiblesses et les défauts du bâtiment, ces questions sont présentées sous forme d'énoncées d'évaluation qui visent à éviter les défaillances observées lors d'un passage d'un séisme.

L'ingénieur évaluateur examine chaque donnée et détermine si elle est vraie ou fausse. Les données vraies représentent des situations qui sont acceptables et les données fausses indiquent des difficultés exigeant une étude plus approfondie.

Ainsi ce second niveau est divisé en deux phases :

La première phase comporte une procédure d'évaluation sur le bâtiment en se basant sur une étude sur site ainsi qu'un examen des plans, confortée par une correction des données d'évaluation applicables au bâtiment.

Cette correction comprend plusieurs calculs de vérification sur la résistance et les déplacements de la structure soumise aux forces sismiques pour obtenir comme résultat un inventaire des défaillances dans cette première phase.

La seconde phase de la méthode d'évaluation se présente sous forme d'une étude des lieux et une analyse de la structure en vue de déterminer si les données indiquent des faiblesses.

La finalité de cette méthode est l'aboutissement à une liste des faiblesses à corriger pour que les données d'évaluation passent de « faux » à « vrai ». On ajoutant des commentaires relatifs aux faiblesses dans un but d'aide pour le propriétaire à déterminer les mesures à prendre en vue d'une amélioration du bâtiment para- sismiquement.

8.2. Champ d'application

Cette méthode est applicable à l'échelle d'une ville ou d'un groupe de bâtiments, dont le premier niveau permet de passer d'une évaluation à l'échelle d'une ville à une évaluation à l'échelle du bâtiment qui est le niveau 2.

Puisque l'échelle de décision est fournie comme point de départ, on peut considérer que le premier niveau s'applique aussi à l'échelle du bâtiment, alors :

- si $IPS < 10$ est considérée comme faible priorité pour une évaluation ;
- si $10 < IPS < 20$ est considérée comme une moyenne priorité ;
- si $IPS > 20$ est considérée comme une priorité élevée.

Cette méthode est dédiée pour tous types de typologies de construction que soit en : maçonnerie, béton armé, structure métallique, structure en bois, quoiqu'elle ne concerne pas les petits bâtiments, les grandes tours et les bâtiments spéciaux.

8.3. Ses avantages

Parmi ces avantages, cette méthode représente une complète étude de point de vue des facteurs de vulnérabilité observés, car seuls les facteurs des fondations, les défauts d'organisation, et la vulnérabilité des réseaux qui ne sont pas pris en compte dans l'évaluation de la vulnérabilité.

La somme des deux paramètres : l'indice structural (IS) et l'indice non structural (INS) ne permettra de déterminer l'indice de priorité sismique (l'IPS). Elle permet aussi d'identifier les facteurs qui sont à l'origine de la vulnérabilité du bâtiment suite à la différenciation qui se présente entre les éléments structuraux et les éléments non structuraux.

8.4. Ses inconvénients

Un seul type de résultat peut être obtenu, à savoir un indice de priorité sismique qui permettra de classer en fonction de leur vulnérabilité les bâtiments.

Elle ne donne pas un niveau de dommages sur le bâtiment en cas de survenance d'un séisme.

Aucune correspondance n'est établie entre l'indice de priorité sismique et le niveau de dommages.

Ce premier niveau ne permet donc pas d'avoir une idée sur le comportement de chaque bâtiment en cas de survenance d'un séisme. Elle ne procure pas non plus de marges d'erreurs.

9- METHODE FEMA 154 :

9.1. Description

Cette méthode est établie par la Fédéral Emergency Management Agency (FEMA) et appelle aussi sous le nom d'ATC-21.

Le principe de cette méthode est qu'une note est adjointe au risque structurel est qui soit attribuée à chaque bâtiment selon leur type constructif et aussi en prenant en compte la sismicité de la région ; cette note varie de 1,6 jusqu'à 7,4 la premier et dédie pour les structure en ossatures en béton armé avec remplissage en maçonnerie situées en zone de forte sismicité, et le deuxième pour les structures de type charpente en bois dans une zone de faible sismicité (BSSC,2002a).

Par l'outil d'ajout ou la soustraction des facteurs de modification de performance SM, la note qui est attribuée au paravent est modifiée selon les caractéristiques observées pour les différentes catégories de bâtiment. Ces caractéristiques structurales sont l'année de conception qui préjuge l'application d'un certain code de construction, le type de sol, les irrégularités géométriques et structurales en plan et en élévation ainsi la hauteur du bâtiment. A cet effet, une grille comporte des coefficients et un pointage de ces éléments.

Le résultat final obtenu est une note qui varie dans un intervalle entre 0 et 7 et qui représente la probabilité d'effondrement d'un bâtiment pour une valeur qui dépasse ou égal au séisme maximum (MCE, correspondant à 2% de probabilité de dépassement en 50 ans) selon la relation :

$$S = -\log_{10} (\text{probabilité d'effondrement})$$

9.2. Champ d'application

Cette méthode est une procédure d'évaluation de la vulnérabilité dédiée à déceler les bâtiments qui présente une faiblesse face a un risque inacceptable. En premier lieu, on doit procéder à un diagnostic suivant la procédure FEMA 310 des bâtiments dont leur note est inférieure à 2, c'est-à-dire des bâtiments dont la probabilité d'effondrement est supérieure à 1 %.

La méthode est destinée pour tous les types de constructions et les différentes zones sismiques.

9.3. Ses avantages

La simplicité et la rapidité sont deux principes qui caractérisent la méthode FEMA-154, il n'y a pas une nécessité de calcul parasismique, mais par contre le diagnostic est essentiel comme une observation visuelle sur le bâtiment.

En outre, la méthode est accompagnée dans sa seconde édition (BSSC, 2002a) d'un manuel comprenant :

- pour chaque les phases des recommandations de préparation et de gestion, qui converge vers la question du coût ;
- des recommandations pour l'analyse visuelle des bâtiments et l'identification des facteurs de vulnérabilité destinés à la formation des releveurs ;
- une aide pour l'utilisation des résultats ;
- de nombreux exemples d'applications.

Sur la base de la note obtenue on peut associer la vulnérabilité du bâtiment et le niveau d'aléa sismique, c'est donc une mesure directe du risque d'effondrement à partir de laquelle peuvent être établies une valeur absolue et des priorités aux autres bâtiments.

9.4. Ses inconvénients

Le contreventement est un paramètre important dans un bâtiment par sa qualité, son dimensionnement et le respect des dispositions parasismiques vis-à-vis à l'action sismique.

Ce paramètre est difficile à identifier sur la base d'un simple examen visuel, car on devra avoir en position de son année de construction.

10- METHODE JAPONAISE:

10.1. Description

La première méthode qui a vu le jour dans le cadre de la réévaluation sismique des bâtiments existants est en 1977 au Japon. Elle a été mise à jour en 1990 et 2001 afin de prendre en considération les derniers développements. Cette méthode se base sur l'analyse de la version anglaise disponible depuis 2001 (Japanese Building Disaster Prevention Association, 2001).

Dans cette méthode, l'indice de performance sismique, IS, représente la performance du bâtiment sous l'effet d'un séisme qui doit être calculé sur la base de l'équation suivante :

$$IS = E0 SD T$$

Où :

- E0 : représente l'indice structural dans la performance du bâtiment, il est parfaitement régulier et en bon état.
- SD : l'indice d'irrégularité du bâtiment, quantifie l'effet des diverses irrégularités structurelles et géométriques sur le comportement de la structure,
- T : représente l'indice de vieillissement qui est proportionnel à l'état de dégradation de la structure, il est introduit pour tenir compte de l'influence des : fissurations, flèches et le vieillissement des matériaux.

Dans cette méthode, trois niveaux pour l'évaluation de ces indices sont proposées : niveaux 1, 2 et 3. Deux niveaux sont éliminés de cette analyse (niveaux 2 et 3), car ces deux niveaux demandent des calculs très complexes.

Le paramètre E0 est défini pour chaque niveau par la multiplication de l'indice de résistance C et l'indice de ductilité F, sans oublier de tenir compte du mode de rupture possible, du nombre de niveaux ainsi que la disposition de l'étage examiné. Des formules sont procurées afin de distinguer les trois types d'éléments verticaux de contreventement existant, à savoir les poteaux, les murs, et les poteaux courts.

L'indice d'irrégularité SD est obtenu par la pondération des coefficients d'évaluations. Les indices partiels obtenus pour des spécifications des bâtiments sont :

- la régularité géométrique et en plan ;
- les dimensions des joints de construction ;
- la présence d'un sous-sol ;
- la concordance des étages.
- l'existence d'un étage souple.

L'indice T est obtenu par l'évaluation de quelques critères qualitatifs liés :

- à l'âge du bâtiment ;

- aux déformations observées comme les tassements différentiels et la flèche d'éléments structurels) ;

- à la fissuration des murs et des poteaux ;

- à d'éventuels incendies.

Une fois l'indice de performance sismique IS calculé, celui-ci doit être comparé avec l'indice de demande sismique IS_0 calculé selon la formule :

$$IS_0 = ES \cdot Z \cdot G \cdot U$$

Où :

- ES est un coefficient qui est égale à 0,8 dans le premier niveau et égale à 0,6 pour les niveaux suivants pour tenir compte de la plus grande incertitude portant sur le premier niveau d'évaluation.

- Z définit le degré d'aléa par la localisation du bâtiment.

- G est un paramètre qui prend en compte l'interaction sol et structure ainsi que d'autres effets liés à la topographie.

- U est un facteur qui dépend de l'usage du bâtiment.

Le facteur ZG est choisi égal à l'accélération spectrale (g) et correspond à la période fondamentale du bâtiment considéré.

A cet effet, trois possibilités sont envisagées :

- si $IS > IS_0$, le bâtiment est considéré comme sûr ;

- si $IS \ll IS_0$, Le renforcement ou la démolition doit être envisagée car le bâtiment est à haut risque ;

- si $IS < IS_0$, un diagnostic plus poussé doit être accompli et l'évaluation est incertaine.

10.2. Champ d'application

Cette méthode a été développée dans le cas des bâtiments ordinaires en béton armé de faible élévation. Par contre pour les autres types de bâtiments (maçonnerie, bois, acier, etc.) ou en béton armé de grande hauteur ils sont éliminés du champ d'application de la méthode.

D'autre part, la réglementation exclue l'utilisation de la procédure de niveau 1 dans le cas des bâtiments situés dans une zone sismique.

10.3. Ses avantages

Le comportement du bâtiment ainsi que le niveau d'aléa sont influencés par plusieurs paramètres et chaque paramètre est étudié en détail.

Le facteur de contreventement est pris en compte, car il reste un élément clé dans la réplique du bâtiment.

Le résultat final qui tient compte de la vulnérabilité du bâtiment et le niveau d'aléa est l'indice de performance sismique IS, il représente donc l'indice de risque.

10.4. Ses inconvénients

Cette méthode est dédiée qu'aux bâtiments de faibles hauteurs en béton armé.

L'indice IS est destiné pour définir le niveau des risques sur un bâtiment et de les comparer avec la demande sismique donnée par l'indice IS0.

11- METHODE NEO-ZELANDAISE:

11.1. Description

Cette méthode est éditée par la New- Zealand Society for Earthquake Engineering pour la première fois en 2000 (NZSEE, 2000). Une réactualisation de cette méthode sous forme d'une procédure d'évaluation destinée à sélectionner les bâtiments susceptible d'être en risque.

Elle se base sur une estimation sommaire de la capacité des bâtiments existants à résister au risque par rapport au nouveau bâtiment. Cette estimation prend en compte toutes les données nécessaires, qui se présentent par le paramètre %NBS (pourcentage new buildings standard). Pour le calcul du paramètre %NBS, il existe plusieurs étapes détaillées.

Dans la première étape, on doit procéder au calcul du paramètre (%NBS)_b (baseline pourcentage new buildings standard), ce paramètre est la représentation d'un bâtiment parfaitement conçu et régulier, du même âge, du même type, construit au même endroit selon les règlements en vigueur. Et afin de déterminer le paramètre (%NBS)_b, plusieurs facteurs rentrent en jeu : la localisation du niveau d'aléa, en prenant compte de la proximité de la faille, le type de sol que soit de la classes A jusqu'à E, l'année de construction ou le code parasismique appliqué, la période indispensable pour la vibration du bâtiment, la catégorie des bâtiments qui soit courant, bâtiment accueillant un public, bâtiments stratégiques, etc.).

La deuxième étape comporte une analyse des bâtiments dont leurs structures représentent une faiblesse (critical structural weakness). Les facteurs de vulnérabilité se rapportent :

- aux irrégularités structurelles et géométriques en plan et en élévation (forme irrégulière ou élancée, discontinuité du contreventement, etc.) ;

- à l'existence de poteaux courts ;

- aux possibilités d'entrechoquement avec des structures voisines (différence de hauteurs, largeur des joints) ;

- à l'insensibilité du site aux effets induits par le glissement et liquéfaction. Pour chaque faiblesse structurelle un coefficient est attribué entre un intervalle de 0 jusqu'à 1. Le résultat obtenu de ces facteurs, appelé PAR pour « performance assessment ratio », qui mesure la diminution de la performance souhaitée, et cela par rapport à une structure bien engendrée du même type, du fait de la présence de facteurs de vulnérabilité supplémentaires. Ainsi on se finalise à la formule suivante :

$$\%NBS = (\%NBS)_b \times PAR$$

Est afin de procéder au calcul du paramètre NBS, destiné aux bâtiments en maçonnerie non armée, il faut procéder à l'évaluation de la vulnérabilité qui exige une démarche plus approfondie.

Les éléments recherchés sont liés :

- à la présence de chaînages verticaux ou horizontaux dans un bâtiment ;

- aux configurations structurelles et géométriques en plan et en élévation ;

- à l'état de conservation ainsi que la qualité des matériaux utilisés ;

- aux rapports de distance qui déterminent la stabilité hors plan des murs en maçonnerie (élancement horizontal et vertical) ;

- à la densité de murs qui se présente par le rapport de surface entre la section totale des murs de contreventement et la surface de l'étage courant ;

- à la rigidité des planchers et leur aptitude à jouer le rôle de diaphragme que soit sous forme de couverture géométrique ou ouvertures ;

- au type de système utilisé pour les fondations (fondations isolées ou filantes, radier complet) ;

- aux joints de construction avec les structures voisines.

A cet effet, une note globale est attribuée au bâtiment sous forme de la somme des scores attribués à chacun des éléments classés ci-dessus :

- si le %NBS < 33 %, donc le bâtiment est destiné pour s'effondrer en cas de séisme « earthquake prone building », alors on exige la mise en œuvre d'un diagnostic détaillé ;
- si le %NBS > 67 %, donc le bâtiment peut être considéré ainsi comme un bâtiment fiable ;
- si le $33 > \%NBS > 67$ %, donc la un diagnostic détaillé est préconisé.

Enfin, comme résultat un diagramme est proposé pour classer les bâtiments par disposition de prérogative d'intervention.

Dans cette méthode un facteur de vulnérabilité doit être calculé est qui fait allusion à la performance de la structure (%NBS) sans autant oublier l'importance du bâtiment qui soit de type stratégique ou non, taux d'occupation et nombre total d'occupants et des risques procréés pour les personnes situées en dehors du bâtiment.

11.2. Champ d'application

Le principe de cette méthode est d'identifier les bâtiments qui représentent un risque est doivent être soumis à un diagnostic détaillé.

Les typologies qui sont pris en compte dans cette méthode sont les ossatures en béton ou en acier avec remplissages en maçonnerie, les ossatures en béton armé, les structures mixtes ossatures et voiles, les ossatures en béton armé, les ossatures en acier, les bâtiments à planchers et murs en bois, ainsi que les bâtiments en maçonnerie non armée.

11.3. Ses avantages

Chaque bâtiment subi des influençant sur son comportement, sur la base du niveau de risque pris en considération. Dans cette méthode chacun de ces facteurs est étudié ainsi que les indications sont facilement vérifiables.

La note de performance des bâtiments (%NBS) est liée aux niveaux d'aléa sismique ainsi qu'à la vulnérabilité des bâtiments.

Afin d'établir les priorités d'intervention dans chaque bâtiment, il faut se référer au facteur de priorité. Donc, elle dépend de la performance des bâtiments et aussi des conséquences que peut avoir sur son environnement par l'effondrement.

11.4. Ses inconvénients

La note de performance des bâtiments %NBS est par définition une valeur qui permet de sélectionner les bâtiments qui représentent un risque conformément aux principes du « Building Act » de 2004. Il n'est adjoint à aucun degré de dommages espéré en cas de séisme.

Dans le cas des structures en béton armé ou en acier, l'examen visuel dans ce cas est d'aucune utilité. A cet effet, il faut se référer au code parasismique.

En appliquant cette méthode :

- le calcul de la performance du bâtiment est en fonction de sa date de construction et des codes en vigueur ;
- la définition de la performance est liée aux exigences des derniers codes parasismiques.

12- METHODE DE GRILLE D'EVALUATION SUISSE :

12.1. Description

Cette méthode est élaborée par l'Office Fédéral des eaux et de la Géologie suisse en 2003 et réactualisée en 2005 (OFEG, 2005a, 2005b, 2005c), pour permettre de trouver une solution à la décision du conseil fédéral exigeant de recenser les bâtiments de la confédération des catégories de fonctions comme suit II et III situés dans les zones d'aléa sismique 2 et 3.

La première phase de cette méthode conclue vers l'élaboration de la grille d'évaluation qui présente un diagnostic préliminaire.

Elle vise à faire une évaluation sur les bâtiments par l'utilisation d'une fiche de relevé qui détermine :

- l'indicateur AZPS qui définit l'ampleur des dommages corporels et des dommages matériels ;
- l'indicateur WZ qui témoigne de la probabilité d'effondrement de l'ouvrage.

Le produit des deux indicateurs fournit l'indicateur de risque RZPS.

L'indicateur AZPS est obtenu en combinant plusieurs indicateurs qui sont : l'indicateur ADS relatif aux coûts, l'indicateur ADP relatif aux dommages corporels et l'indicateur AIF relatif à la catégorie de fonction du bâtiment.

L'indicateur ADS est un indicateur qui représente la valeur d'assurance du bâtiment des ruines et du coût des équipements qu'il abrite.

L'indicateur ADP est calculé à partir du taux d'occupation. Le coefficient AIF qui est appelé aussi coefficient d'importance du bâtiment interprète les effets indirects de la perte de la ruine du bâtiment.

L'indicateur de dommages AZPS renvoie vers les pertes associées à la valeur sociale et économique du bâtiment.

L'indicateur WZ est la combinaison de l'aléa sismique avec les indicateurs WB représentant l'effet du site, WEP caractérisant l'année de son conception et sa zone sismique ainsi que le maintien de la structure au séisme par la somme de plusieurs coefficients W^* sur la base des plans ou des observations sur le bâtiment comme : nature du sol, fondations, conditions du contreventement, matériaux de construction ainsi que le nombre d'étages.

Les bâtiments examinés sont classés sur la base d'indicateur de risque RZPS afin de classer ces bâtiments sur leurs priorités d'intervention ainsi que les courbes par le rapport de WZ/AZPS qui permet de différencier les bâtiments pour mieux les classer.

12.2. Champ d'application

Dans cette méthode, on procède en premier lieu à l'évaluation du risque sur la base de leurs capacités à résister, afin de les sélectionner pour la deuxième étape, car dans cette étape on procède à une analyse détaillée sur la base des questionnaires ainsi que des calculs (OFEG, 2005b).

Bien que cette méthode soit destinée pour les bâtiments de classes de fonction II et III, la méthode peut être utilisée pour des bâtiments courants.

Plusieurs types de construction sont pris en compte : maçonnerie, béton armé, acier, composite, bois, préfabriqué.

12.3. Ses avantages

Cette méthode est une technique simple et rapide puisque elle ne nécessite aucune compétence dans le domaine de la parasismicité. Aussi pour le diagnostic, elle se base seulement sur un examen visuel sur le bâtiment et une consultation des plans.

Le résultat obtenu dans cette méthode permet d'octroyer des indices dans un but d'évaluer le niveau de dommage qui peut être occasionné sur l'économie et les vies humaines, car l'appréciation du risque ne se base pas seulement sur l'aspect technique mais aussi sur l'aspect sociale et économique.

12.4. Ses inconvénients

Le but de cette méthode est de procurer un indice permettant de hiérarchiser les bâtiments en fonction du risque qu'ils présentent. Cet indice procuré ne correspond pas à la probabilité de subir un niveau de dommages en cas d'un séisme.

13- METHODE ITALIENNE GNDT (Groupe national pour la défense contre les tremblements de terre) :

13.1. Description

Cette méthode a été élaborée par Le GNDT italien (Groupe national pour la défense contre les tremblements de terre), créé par le conseil national de la recherche italien en 1983) est cela depuis 1984, dans le cadre de l'évaluation de la vulnérabilité des constructions dédiées à l'étude (GHISLAINE VERRHIEST du CETE méditerranée, 2008).

Elle se présente sous deux principes, soit sur la base d'une identification ou bien elle peut aller jusqu'à l'utilisation des calculs qui représentent le comportement du bâtiment. Cette méthode comporte deux niveaux :

- Le premier niveau, où l'évaluation se base sur la fiche de relevé dédié pour l'étude des bâtiments. Cette fiche comporte huit cases qui sont définies comme : données relatives à la fiche remplie, situation du bâtiment, données métriques, utilisation du bâtiment, âge de la construction, état de l'ouvrage, typologie structurale, niveau des dommages ;

- Au deuxième niveau, on peut distinguer les différentes typologies de bâtiments, que soit en béton armé ou en maçonnerie. Dans ce niveau, chacune de ces fiches regroupe onze paramètres qui sont : typologie du système résistant, capacité du système à résister, résistance conventionnelle, situation du bâtiment, planchers, configuration en plan, configuration en élévation, état du bâtiment. Ces paramètres sont communs aux deux typologies, nœuds et éléments peu ductiles pour les bâtiments en béton armé, rapport épaisseur / longueur et toiture pour les bâtiments en maçonnerie.

13.2. Champ d'application

Cette méthode peut être appliquée sur l'échelle d'un bâtiment ou d'un groupe de bâtiments. Elle peut aussi être utilisée pour les deux types de typologies, que soit les bâtiments en béton armé ou en maçonnerie. Par contre, les structures métalliques et les bâtiments en bois ne sont pas pris en compte.

La méthode GNDT constitue une sorte de référence pour l'évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments. Il est important de remarquer que la méthode n'est pas appliquée en cas d'événement sismique grave, car elle se révèle trop complexe à remplir.

13.3. Ses avantages

Cette méthode tient en compte d'une étendue gamme d'éléments influant sur la nature de la réponse du bâtiment face aux sollicitations sismiques. Parmi ces paramètres, la qualité du système résistant réciproquement à d'autres méthodes, elle inclut l'état d'entretien du bâtiment dans l'évaluation de sa vulnérabilité sismique.

D'autres paramètres sont pris en compte comme les nœuds et les éléments courts dans l'évaluation.

Les fiches de relevés dédiés aux bâtiments en maçonnerie sont représentées dans le niveau 1, la deuxième fiche qui représente le niveau 2 est dédiée aux bâtiments en béton armé.

La fiche de relevé permet d'avoir une vision globale sur la structure et elle est représentée avec des cases qui permettent une gestion rapide des résultats.

Dans le cas de cette méthode, il faut procéder à des croquis et des photographies des bâtiments.

Le type des résultats qui peut être obtenus dans le cas de la méthode de niveau deux fournit quatre types de résultats :

- L'indice de vulnérabilité ;
- Le niveau de dommage en fonction de l'accélération maximale au sol ou en fonction de l'intensité macrosismique ;
- Donner une évaluation des dommages k et réparer les probabilités de dommages ;
- Evaluation de la crédibilité du résultat obtenu.

Les dommages évalués sur une échelle de 0 à 1 peuvent être inscrits sur l'échelle EMS98 (GHISLAINE VERRHIEST du CETE méditerranée, 2008) par l'application de l'équivalence suivante (Tableau 3) :

Tableau 3 : Tableau des dommages évalués sur une échelle de 0 à 1.

Dommage D	EMS98
0	Pas de dommage
] 0 ; 0.2]	Degré 1
] 0.2 ; 0.4]	Degré 2
] 0.4 ; 0.6]	Degré 3
] 0.6 ; 0.8]	Degré 4
] 0.8 ; 1]	Degré 5

13.4. Ses inconvénients

Dans cette méthode, certains éléments restent difficiles à évaluer, les sources de cette difficulté sont :

- L'absence des plans concernant les bâtiments d'études ;
- présence de plusieurs éléments qui doit être vérifiés comme les nœuds d'ossature et les éléments qui doivent être vérifiés pour les bâtiments en béton armé ;
- l'absence d'information sur les structures dans le cas du niveau 1 de la méthode parce qu'il y a une différence entre les typologies ;
- besoin de sondage dans le cas de l'évaluation du degré de connexion des éléments horizontaux aux éléments verticaux dans le cas du niveau 2 ;
- dans le cas des fondations, on doit être en possession des plans des fondations et les données géotechniques nécessaires qui sont rarement disponibles sur un bâtiment, afin de remplir la fiche de relevé.

Cette méthode ne définit pas si on doit procéder à une étude approfondie, il appartient au maître d'ouvrage de se fixer si on doit procéder à un renforcement ou pas.

La fiabilité des résultats est basée sur la fiabilité des données relevées et non sur la fiabilité du modèle utilisé.

MÉTHODE	CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES			COMPLÉXITÉ			MOYENS	RÉSULTATS
	CHAMP D'APPLICATION	TYPES DE BÂTIMENTS CONCERNÉS	FACTEURS DE VULNERABILITÉ PRIS EN COMPTE	DONNÉES D'ENTRÉE	TECHNICITÉ REQUISE	SIMPLICITÉ		
Méthode CETE Méditerranée	* U	**	*	***	**	**	***	* I
Méthode ZACEK 1993	* B	***	*	**	***	***	***	* D
Méthode ZACEK Classe D NICE	** BU	**	**	**	*	*	*	* D
Méthode AFPS BATTIER	** BU	*	**	*	*	**	*	** ID
Méthode RISK- UE Niveau 0	** BU	***	**	***	**	**	**	*** IDM
Méthode vulnérable	* U	***	*	****	***	***	***	*** IDM
				**	**			
				*	*			
				*	*			
Méthode CETE LYON	** BU	***	**	**	**	**	**	* Q
Méthode canadienne (niveau1)	** BU	***	**	**	**	**	**	* I
Méthode américaine (FEMA154)	* U	**	**	**	**	***	***	* ID
Méthode suisse OFEG (niveau1)	** BU	***	**	**	**	***	**	* I
Méthode néo-zélandaise NZSEE	** BU	***	***	**	*	**	**	* I
Méthode japonaise (niveau1)	B	*	***	*	*	**	*	* I
Méthode italienne GNDT (fiches Deniveau2)	** BU	**	***	**	**	**	*	* ID

Tableau 4 : Synthèse de l'analyse des méthodes d'évaluation de la vulnérabilité.

B= la méthode s'applique à l'échelle du bâtiment D= résultat en termes de dommages M= marges d'erreurs

U= la méthode s'applique à l'échelle urbaine I= indice de vulnérabilité Q= qualification

Conclusion

Le principe de ce rétrospectif est de permettre aux évaluateurs de sélectionner une méthode selon les exigences particulières qu'ils peuvent rencontrer, car il ne s'agit pas de définir si une méthode est meilleure qu'une autre mais d'édifier un choix d'une méthode sur la base du contexte de l'étude et de l'objectif à atteindre.

Pour conforter la rétrospective, chaque méthode est présentée sous forme d'un tableau qui permet de faire une comparaison sur l'ensemble des méthodes présentées.

Les critères d'analyse de chaque méthode ont été répartis sur :

- Les caractéristiques générales ;
- La complexité ;
- Les moyens nécessaires à la réalisation du diagnostic ;
- Les résultats obtenus.

1. CHOIX DU SITE

Dans le cadre de la politique nationale et les efforts considérables entrepris par le ministère de la culture en matière de la restauration et la réhabilitation des sites historiques, plusieurs opérations ont été entamées sur plusieurs sites à savoir :

- Alger : la casbah ;
- Batna : Timgad ;
- Oran : le palais du bey et la santa Cruz ;
- Tlemcen : el Mechouar.

Le quartier historique de Sidi El Houari abrite de nombreux monuments abandonnés et livrés à eux mêmes.

Aujourd'hui le quartier de Sidi El Houari nécessite une grande attention pour la sauvegarde et la protection des sites historiques contre les aléas du temps.

2. LOCALISATION DU QUARTIER PAR RAPPORT A LA VILLE

Le quartier de Sidi El Houari se trouve au nord ouest de la ville d'Oran constitué par cinq sous quartiers qui sont comme suit :

- La casbah, la calère, la blanca, darb, stalingrad, Limité :
- au nord par le vieux port ;
- à l'ouest par la montagne du Murdjadjo ;
- à l'est par le château neuf et le mur de la deuxième enceinte espagnole ;
- au sud par le même mur que rejoint le fort de saint Philippe avec le fort de saint André.



Figure 2 : Quelques monuments historiques dans le quartier de Sidi El Houari.

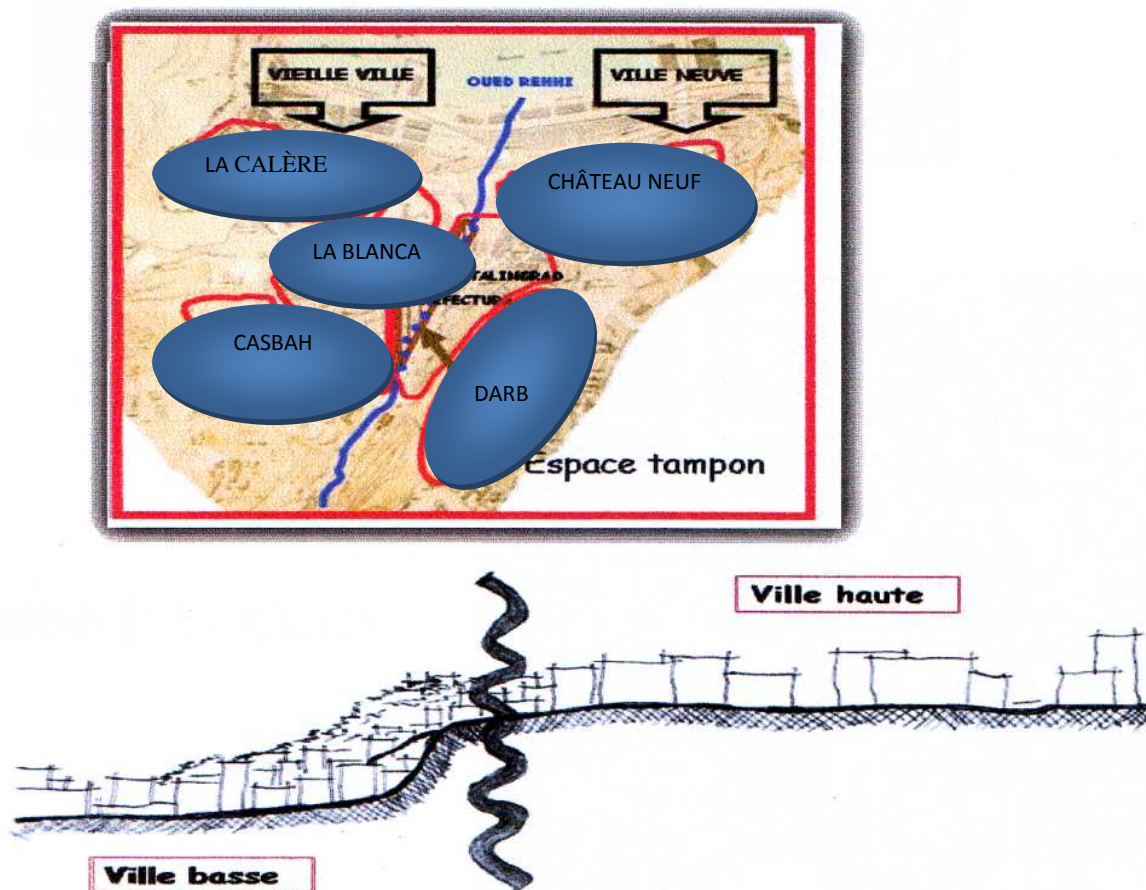


Figure 3 : Carte représentative des cinq sous quartiers qui composent le quartier de Sidi El Houari.

3. HISTOIRE DE L'ÉVOLUTION DU BÂTI DU QUARTIER DE SIDI EL HOUARI

3.1. La première occupation (1509-1708)

C'est avec la première occupation de la ville par l'Espagne en 1509, que l'évolution urbaine commençait à se poser en termes de modernité.

En effet, la vieille-ville qui constituait la ville proprement dite, était initialement conçue sur le modèle arabo-musulman. Au lendemain, elle va, sous l'influence de l'occupation militaire espagnole, rapidement évoluer durant la première occupation (1509-1708) vers le modèle de ville européenne fortifiée. Ce qui faisait que la structure urbaine se ressentait fortement du caractère militaire des équipements, sacrifiant ainsi, délibérément les commodités de la vie urbaine aux impératifs de défense (René Lespès ,2003).

3.2. La deuxième occupation (1732-1792)

Lorsque les Espagnols réoccupaient Oran pour la seconde fois en 1732, la ville paraissait si dépassée tant sur le plan de son urbanisme que sur celui de son système de défense, qu'il parût urgent d'y introduire des aménagements au tissu urbain pour donner à la ville un peu d'air et de lumière, et de procéder au renforcement du dispositif de défense par l'adoption de nouvelles techniques de fortification (René Lespès ,2003).

Ce qu'il y'avait de singulier pour l'époque, c'était l'incroyable invention dont avaient fait preuve les Espagnols en donnant aux éléments de la voirie (rues, places, promenades etc.) des appellations officielles, comme :

- Calle de la Carrera, devenue rue du Vieux-Château, actuelle rue Sidi El Houari ;
- Calle de la Amargura, devenue rue de la Moskowa;
- Calle Amor de Dios, devenue rue Montebello;
- Calle de la Parra, devenue rue de Dresde ;
- Plaza del Mercado o de la Verdura, devenue la place aux Herbes;
- Plaza del Carmen, dans le quartier de la Marine ;
- Plaza Mayor, devenue place de la Perle, actuelle Place Cheikh Abdelbaki Benziane.

3.3. La ville pendant les périodes algéro-ottomanes

3.3.1. La période de la première reconquête (1708-1732)

Durant le cours intermède de la première reconquête de la ville par les Algéro-ottomans (1708-1732), le Bey Mustapha Bouchlaghem (el Bigotillos) aménagea les alentours de la Plaza Mayor en procédant à quelques modifications dans l'aspect architectural des édifices espagnols, en y introduisant notamment les arcades (Aqouas). Comme il transforma également les lieux de cultes, les couvents et églises, en synagogues et en mosquées.

L'Alcazaba appelée également par les Espagnols Castillo Viejo (le Vieux-Château), la Casbah des Algéro-ottomans, formant la citadelle militaire proprement dite de la ville, fit particulièrement l'objet de travaux de réaménagement tout à fait singuliers, en créant notamment des équipements collectifs adaptés au style de vie et d'habitation algériens : palais beylical, harem, bains, magasins, écuries, silos etc. dont trois inscriptions datant de cette période témoignent des travaux entrepris par le bey (René Lespès ,2003).

3.3.2. La période de la deuxième reconquête (1792-1831)

La Ville-Neuve du Bey Mohamed el Kébir au lendemain de l'évacuation de la ville par les Espagnols, en 1792, le bey Mohamed El Kébir, en prenant possession de la ville, il l'a trouve complètement dévastée par le séisme d'octobre 1790. Il décide aussitôt de relever les constructions de la vieille-ville; mais il apporte surtout, une innovation, en créant sur la rive droite de l'oued Raz-el-Aïn, la moins éprouvée par le séisme, une Ville-Neuve, qui représente le parfait modèle de micro-urbanisme de la période ottomane en Algérie.

Il y fit doter la Ville-neuve d'un certain nombre d'édifices religieux et d'équipements collectifs ; en acceptant notamment sur la demande de la population juive, la création d'un quartier qui leur serait réservé, c'était l'origine de "Derb el Houd" (René Lespès ,2003).

3.3.3. Le quartier Sidi El Houari : Le Centre de la ville coloniale (1831-1880)

En occupant définitivement Oran en 1832, les Français recensèrent 65 rues, dont 27 rues contenues dans la Ville-Neuve et 38 rues dans la vieille ville espagnole (René Lespès ,2003).

A partir de 1840, les militaires y commencèrent des travaux de déblaiement et de pose des réseaux d'assainissement et d'adduction d'eau; ainsi qu'ils commencèrent les premières opérations d'alignement et d'ouvertures des voies intérieures. Ces dernières portèrent le nombre de rues de 65 en 1840 à 163 en 1901.

Durant cette période de la moitié du XIX^e siècle, l'aménagement de la Vieille -ville est achevé avec la création notamment du quartier de la Préfecture, dont le tracé est dû à l'ingénieur Auguste Aucour. La ville commençait déjà à s'étendre sur le plateau de Karguentah. L'enceinte militaire, fut déplacée en 1866, ce qui donna à l'espace urbain une superficie totale de 420 hectares.

Mais, sous les effets conjugués de l'entassement urbain et de la pression démographique, la vieille ville commençait à partir de 1870 à sentir vraiment qu'elle ne pouvait plus continuer à accueillir plus d'habitants qu'elle ne pouvait en contenir. Sa densité démographique était estimée au dénombrement de 1866, à 302 habitants à l'hectare en 1866.

3.3.4. La période post-indépendance

Le départ massif, aussi bien de la population européenne à majorité d'origine espagnole des quartiers de la ville basse et de la population israélite des quartiers de la ville haute; ont été remplacées par des habitants d'origine musulmane qui, jadis étaient très minoritaires dans

ces quartiers. Mais, l'origine rurale des nouveaux occupants, n'avait pas permis d'assurer une continuité dans la manière d'habiter (René Lespès ,2003).

Cette situation conduit à une dégradation rapide du parc logement, dont une très grande partie, un millier de maisons qui avaient 100 à 150 ans d'âge étaient déjà signalées durant la période d'avant l'indépendance, comme vieux bâti.

Il va sans dire que le vieillissement inquiétant des constructions mettait manifestement en grand danger de nombreux monuments historiques et partants tout le patrimoine culturel de Sidi El Houari. A telle enseigne, que dès 1967, le quartier de la Calère commençait à perdre à vue d'œil la majorité de ses maisons ; ce qui bouleversa sa physionomie de quartier jadis connu pour son pittoresque et sa vitalité.

Les opérations de démolition, initialement cantonnées à certaines constructions, toucha par la suite des ilots, et enfin des quartiers entiers, comme c'est le cas de la Calère qui, à son propos un architecte disait que c'est un "Beyrouth silencieux".

Ces opérations commencées en 1974, étaient menées dans le cadre de travaux urbains non planifiés ou dans le cadre d'opération d'urgence, contribuent grandement à la dégradation des tissus urbains anciens, notamment des quartiers de Sidi El Houari.

3.4. Inventaire du patrimoine du quartier de Sidi El Houari (APC d'Oran, 2012)

3.4.1. Édifices religieux

3.4.1.1. Musulmans

- Mosquée du Pacha : Rue Benamar Boutkhil (ex. rue Philippe), classée le 6 août 1952 et le 20 décembre 1967.

- Minaret de la Mosquée du Pacha : Attenante à la mosquée du Pacha (rue de la Mosquée), classée le 29 décembre 1906 et le 20 décembre 1967.

- Mosquée Imam El Houari dite mosquée du campement et Bains y attenants : Place Cheikh Benziane Abdelbaki (ex place de la Perle); classée le : Non classée

- Minaret de la Mosquée Imam El Houari, attenant à la mosquée Imam El Houari, classé le 29 décembre 1906 et le 20 décembre 1967.

- Zaouia du cheikh Abdelbaki Benziane : Rue d'Islande (Jardins Welsford); non classée.

- Quoubba de Sidi El Houari : rue Sidi El Houari (ex. du Vieux-Château); classée le 29 décembre 1906 et le 20 décembre 1967.

- Mosquée attenante à la Quoubba de Sidi El Houari : Rue de l'intendance, non classée
(complètement démolie en 2003)

- Mosquée des Berranis dite Mosquée Ahmed Bennacef (ex Eglise St André) : Place des frères Bougarda (ex Place Maréchal des logis Bendaoud), non classée.

3.4.1.2. Chrétiens

- Ancienne Église Saint Louis : Vieille ville, classée le 2 janvier 1952 et le 20 décembre 1967.

- Chapelle de la Vierge dite de Santa Cruz : Montagne du Murdjadjo; classée le 6 octobre 1950 et le 20 décembre 1967.

- Ancien Séminaire des Sœurs Trinitaires : Rue Rognon (Quartier Saint-Louis); non classé.

3.4.1.3. Israélites

- Ancienne Synagogue (ancien Temple israélite) : 27 rue d'Austerlitz, (transformée en mosquée); non classée.

3.4.2. Édifices algéro-ottomans

- Ancien Tribunal algéro - Turc : 14 rue Montebello (quartier Sidi El Houari), non classée.

- Palais du Bey (ex Hôtel de la Division) : Château-Neuf; classé le 23 juillet 1952 et le 20 décembre 1967.

- Pavillon de la Favorite : Palais du Bey (Château-Neuf), classé le 23 juillet 1952 et le 20 décembre 1967.

- Hammam Habiche : Rue Benamar Boutkhil (ex rue Philippe); non classé.

- Bains attenants à la Mosquée Imam El Houari : Place Cheikh Benziane Abdelbaki (ex place de la Perle); non classés.

3.4.3. Édifices espagnols

- Ancienne administration des Tabacs et Boucherie espagnole (inscription) : n° 2,3 et 4 Place Cheikh Abdelbaki Benziane , (Ex place de la Perle); non classée.

- Fontaine espagnole : Place Emerat, la Calère; classée le 2 janvier 1952 et le 20 décembre 1967.

3.4.4. Édifices de la période coloniale

- Ancienne Mairie : Place de la République; non classée .
- Fontaine Aucour : Place de la République; non classée .
- Hôtel de la Paix : Place Boudali Hasni (ex. Place Kléber); non classé.
- Ancien Hôpital militaire Baudens : Place du Colysée; non classé.
- Ancien ensemble de la Préfecture et du Conseil général : Place Boudali Hasni (Ex. place Kléber); non classé.
- Borne du Centre d'Oran : Bâtiment de l'ancien Conseil général, Bd. des Frères Guerrab (ex. Bd. Oudinot); non classée.
- Kiosque à Musique : Place de la République; non classé.
- Ancien Palais Consulaire (Tribunal de Commerce) (actuel Tribunal de Sidi El Houari : Place de la République; non classé.
- Bâtiment de la première banque d'Oran : Rue Oued Rhiau (ex. rue Rognon (Saint-Louis); non classé.
- Ancien siège de la Sub-division militaire d'Oran : n° 42 rue des Frères Hammadi (ex. rue de Wagram); non classé.

3.5. Inscriptions du patrimoine du quartier de Sidi El Houari (APC d'Oran, 2012)

3.5.1. Musulmanes

- Inscription algéro-ottomane de la porte d'entrée du Château-Neuf, surmontant l'inscription espagnole ; répertoriée ; classée le 23 juillet 1952 et le 20 décembre 1967.
- Inscription en caractère latin du Bey Bouchelaghem située au-dessus de la porte principale de Vieille-Casbah, rue Sidi El Houari (ex. rue de la Vieille-Casbah), répertoriée; non classée.

3.5.2. Espagnoles

- Inscription espagnole de la porte d'entrée du Château-Neuf; classée le 23 juillet 1952 et le 20 décembre 1967.

3.5.2.1 Éléments du réseau de fortification espagnole

- Les donjons (Bordj El Ahmar) (Rosalcasar), à l'intérieur du Château-Neuf, non classés

à l'intérieur du Château-Neuf.

- Anciens bâtiments de la Vieille-Kasbah : Site de la Vieille Kasbah, non classé.
- Porte d'entrée (avec inscriptions) du Château-Neuf : Château-Neuf, classée le 23 juillet 1952 et le 20 décembre 1967.
- Porte de Canastel : Place Boudali Hasni (ex: Place Kléber), classée le 2 janvier 1952 et le 20 décembre 1967.
- Porte du Santon (Bab El Hamra) : Route des Planteurs (Bab el Hamra); classée le 6 août 1953 et le 20 décembre 1967.
- Porte d'Espagne : attenante à la casbah ; classée le 29 décembre 1906 et le 20 décembre 1967.
- Tambour San José : Rue Sidi Brahim Tazi (ex rue des jardins); classé le 2 janvier 1952 et le 20 décembre 1967.
- Bordj Sbaihia, ou Bordj Djedid, (Fort St André) : Quartier En Nasr (ex. Derb); non classé.
- Échauguette d'angle (Château-Neuf) : Château-Neuf; classée le 29 juillet 1952 et le 20 décembre 1967.
- Fort San Pedro : Les Planteurs; non classé.
- Bordj El Houdi , (Fort Lamoune) : Route de la Corniche; non classé.
- Vestiges du Fort San Fernando (Bordj Bou Benika) : Route du Ravin Raz el Aïn (Quartier de Chollet); non classé.

4. MÉTHODE POUR L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DES CONSTRUCTIONS DU QUARTIER DE SIDI EL HOUARI :

La méthode de l'AFPS se divise en trois étapes, il s'agit de faire intervenir la typologie du bâtiment comme (étape 1), une analyse visuelle de la structure comme (étape 2) et l'aspect réglementation comme (étape 3). L'indice de vulnérabilité sera la moyenne des valeurs obtenues à chaque étape, les deux premières étapes seront chacune notée sur 1, la troisième étape faisant intervenir la zone de sismicité sera notée sur 0,6. La notation se base sur des statistiques observées lors de retour d'expériences, les coefficients se basent sur les pourcentages (les causes de la destruction de la structure) et sur l'importance des dommages que chaque critère peut avoir.

La moyenne de ces valeurs nous permettra de retomber sur une valeur de vulnérabilité incluse entre 0 et 1.

Il existe plusieurs paramètres qui influent sur le niveau de vulnérabilité d'une structure, on peut citer la hauteur du bâtiment et le matériau de sa construction, la période de sa construction, sa régularité en plan et en élévation ainsi que son état d'entretien.

Dans le cas du tissu urbain du quartier de Sidi El Houari à Oran, on considère que le paramètre de la sismicité est pris seulement dans le cas des bâtiments qui sont récemment construits.

Les paramètres influents sont comme suit :

4.1 La hauteur du bâtiment :

La hauteur du bâtiment est un paramètre très important dans l'évaluation de la vulnérabilité, dans le nombre d'étage qui est un élément primordial dans l'étude parasismique.

On prend en compte que les bâtiments dont le nombre d'étages dépassent les trois niveaux sont considérés comme une problématique sismique dans un tissu urbain, par contre pour les bâtiments inférieurs à trois niveaux ne subissent que des déformations qui sont dues à des résonnances.

Dans le cas des bâtiments en maçonnerie, les planchers ne sont pas considérés comme des diaphragmes et que les combles par leur masse peuvent être calculé autant qu'étage par contre pour les bâtiments en béton le nombre d'étages est facile à déterminer, il suffit de déterminer le nombre de planchers.

Dans le cas de notre étude, le quartier de Sidi El Houari est composé de la façon suivante :

Tableau 5 : Synthèse de l'analyse de l'état des hauteurs des bâtiments du quartier de Sidi El Houari.

Nombre d'étages	Nombre de bâtiments
RDC	39
R+1	196
R+2	200
R+3	80
R+4	04
R+5	05

Dans la figure 4 ci-dessous, nous avons une représentation en histogramme de ces bâtiments.

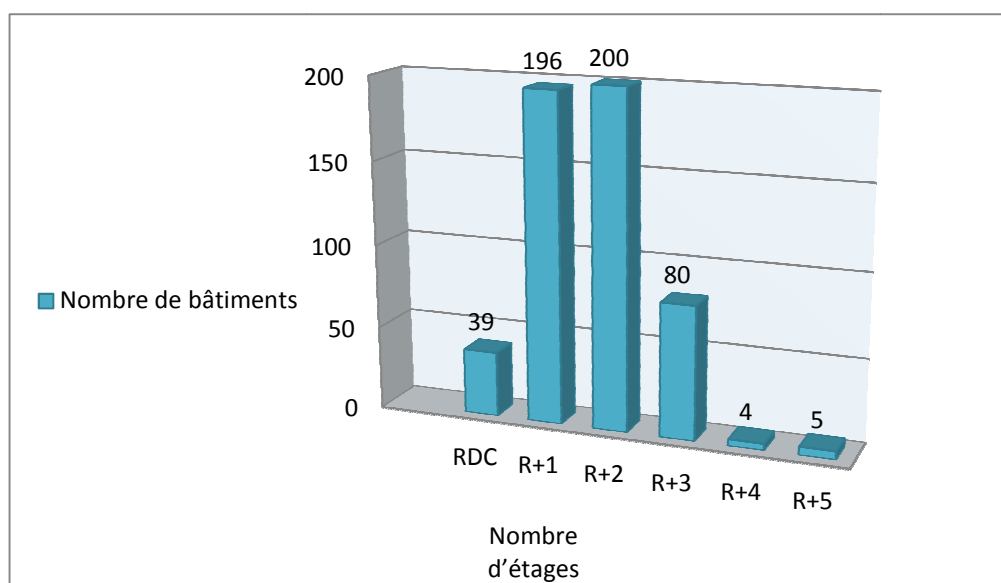


Figure 4 : Représentation des bâtiments selon leur nombre d'étages.

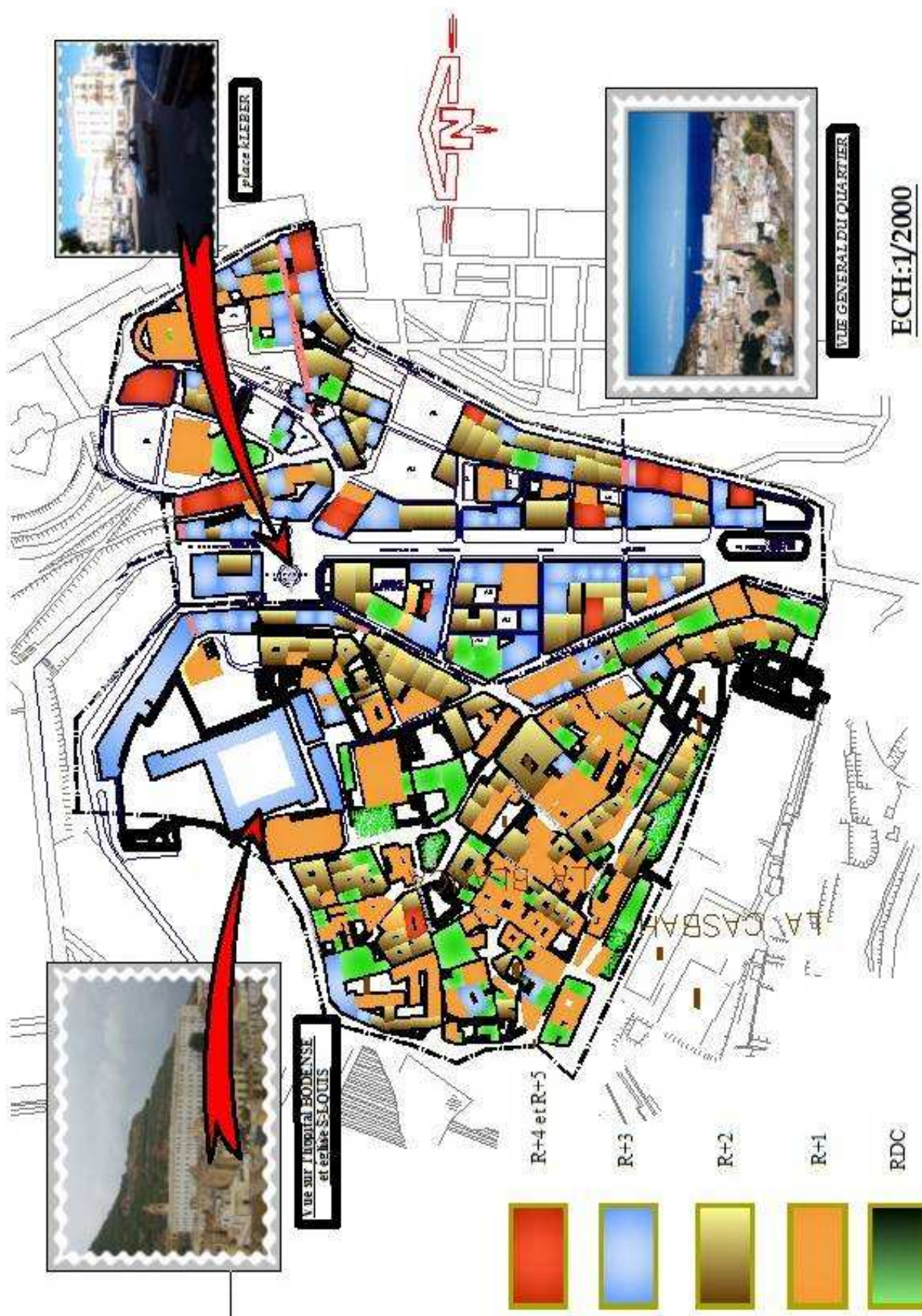


Figure 5 : Carte représentative de l'état des hauteurs des bâtiments du quartier de sidi el houari.

4.2 Les matériaux de construction :

Le deuxième paramètre important dans l'évaluation de la vulnérabilité des constructions concerne les matériaux utilisés.

Pour les bâtiments en maçonnerie, il faut déterminer le type des matériaux utilisés que soit en pierre ou en brique, mais parfois il est difficile de définir le type de matériau utilisé car il est recouvert d'une couche assez épaisse de crépissage, sans oublier de définir si le bâtiment est stabilisé par des cadres ou des refends verticaux.

Pour les planchers qui représentent les éléments horizontaux doivent être aussi déterminés, la différence est faite entre les planchers en bois et ceux en béton armé.

4.3 L'année de construction :

L'année de construction constitue un élément dans le calcul de l'indice de vulnérabilité. A cet effet il est nécessaire de déterminer les périodes de construction des bâtiments qui existent dans notre tissu d'étude.

D'après notre recherche il s'est avéré que notre tissu urbain du quartier de Sidi El Houari comprend des constructions datées de jusqu'à 1832.

4.4 L'état d'entretien :

Parmi les paramètres qui permettent de quantifier l'indice de vulnérabilité, il ya le facteur de l'état d'entretien du bâtiment, car ce paramètre influe sur la résistance du bâtiment aux effets extérieurs.

Un bâtiment bien entretenu résiste mieux qu'un bâtiment de même typologie qui est délaissé et qui pourra peut s'effondrer.

Dans le cas de ce paramètre, la complexité rentre dans le cadre de la détermination de l'état du bâtiment s'il est bien entretenu ou pas.

4.5 La régularité en plan et en élévation :

Comme nous l'avons vu dans le cours de génie parasismique, le bâtiment idéal, du point de vue sismique, serait un cube dans lequel aucun saut de rigidité n'est présent où les éléments internes de rigidité (cage d'escalier, cage d'ascenseur) sont disposés de manière symétrique.

Cependant, de tels bâtiments seraient inconfortables du point de vue fonctionnel. Nous avons donc affaire dans la quasi-totalité des bâtiments observés à des variations plus ou moins

importantes de ce plan idéal. Plus on s'en éloigne, plus la vulnérabilité du bâtiment sera grande.

Il était donc important de déterminer la régularité en plan et en élévation des différents bâtiments évalués.

4.6 Situation du bâtiment :

La position du bâtiment par rapport aux autres revêt également une certaine importance. En effet, si deux bâtiments accolés l'un à l'autre n'ont pas la même hauteur d'étage et oscillent à des fréquences différentes, des problèmes de martèlement peuvent apparaître et causer des dégâts importants.

Il est également important de relever la position des bâtiments lorsque ceux-ci sont accolés. En effet les bâtiments situés dans un angle ou en bout de bloc sont plus vulnérables, car leurs déplacements sont moins entravés.

4.7 Toiture :

La toiture n'est pas un élément du bâtiment qui participe directement à sa résistance, mais son type de construction peut avoir un effet favorable ou défavorable. Si la charpente de la toiture est réalisée, elle peut jouer le rôle de diaphragme et donc limiter les ruptures hors-plan.

Si au contraire, la toiture repose uniquement sur les murs, elle ne fera qu'accentuer l'effort horizontal sur les murs. Les toitures à quatre pans assez plats sont assez favorables au contraire des toitures à deux pans assez raide. Concernant les toitures, nous avons encore déterminé la position et le nombre déterminé. Celles –ci ne jouent en effet aucun rôle sur la résistance du bâtiment, elles peuvent par contre être très dangereuses pour la sécurité des personnes.

4.8 Typologies des constructions :

Après avoir observé le tissu existant dans le quartier de Sidi El Houari à Oran, on a essayé d'analyser les typologies des constructions existantes, afin de permettre la connaissance de la composition de notre tissu d'étude et de distinguer entre les bâtiments urbains et les bâtiments collectifs.

Dans le cas de notre étude, le quartier de Sidi El Houari est composé de la façon suivante :

Tableau 6 : Synthèse de l'analyse de l'affectation des bâtiments du quartier de Sidi El Houari.

Nature d'occupation du sol	Nombre
Équipements	33
Habitation	491

Dans la figure 6 ci-dessous, nous avons une représentation en histogramme de ces bâtiments.

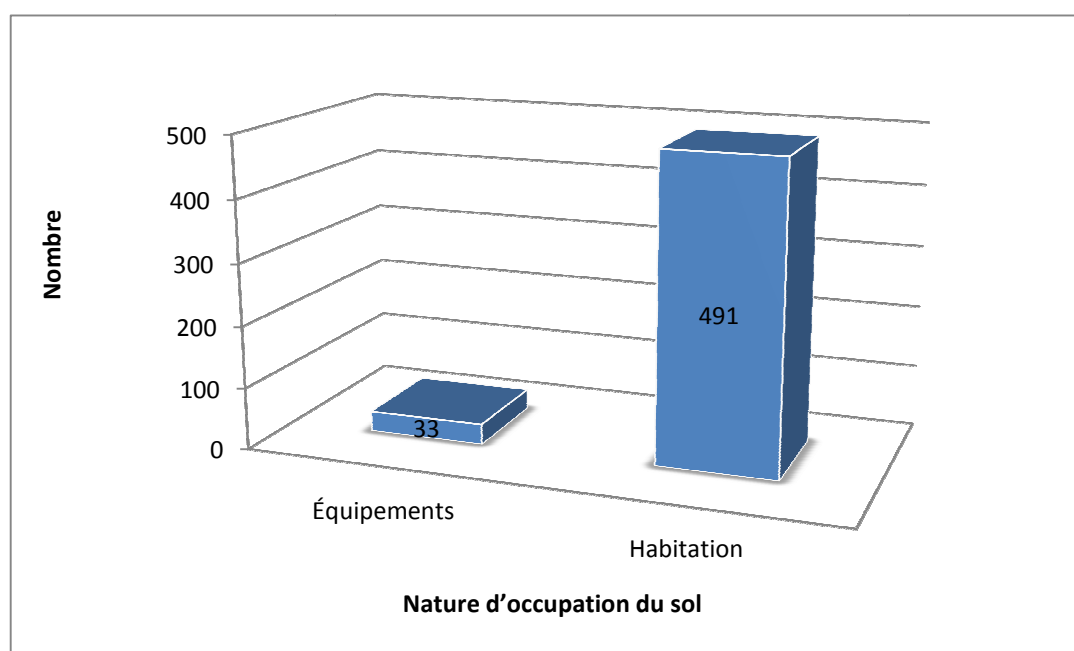


Figure 6 : Représentation des bâtiments selon leur nature d'occupation du sol.

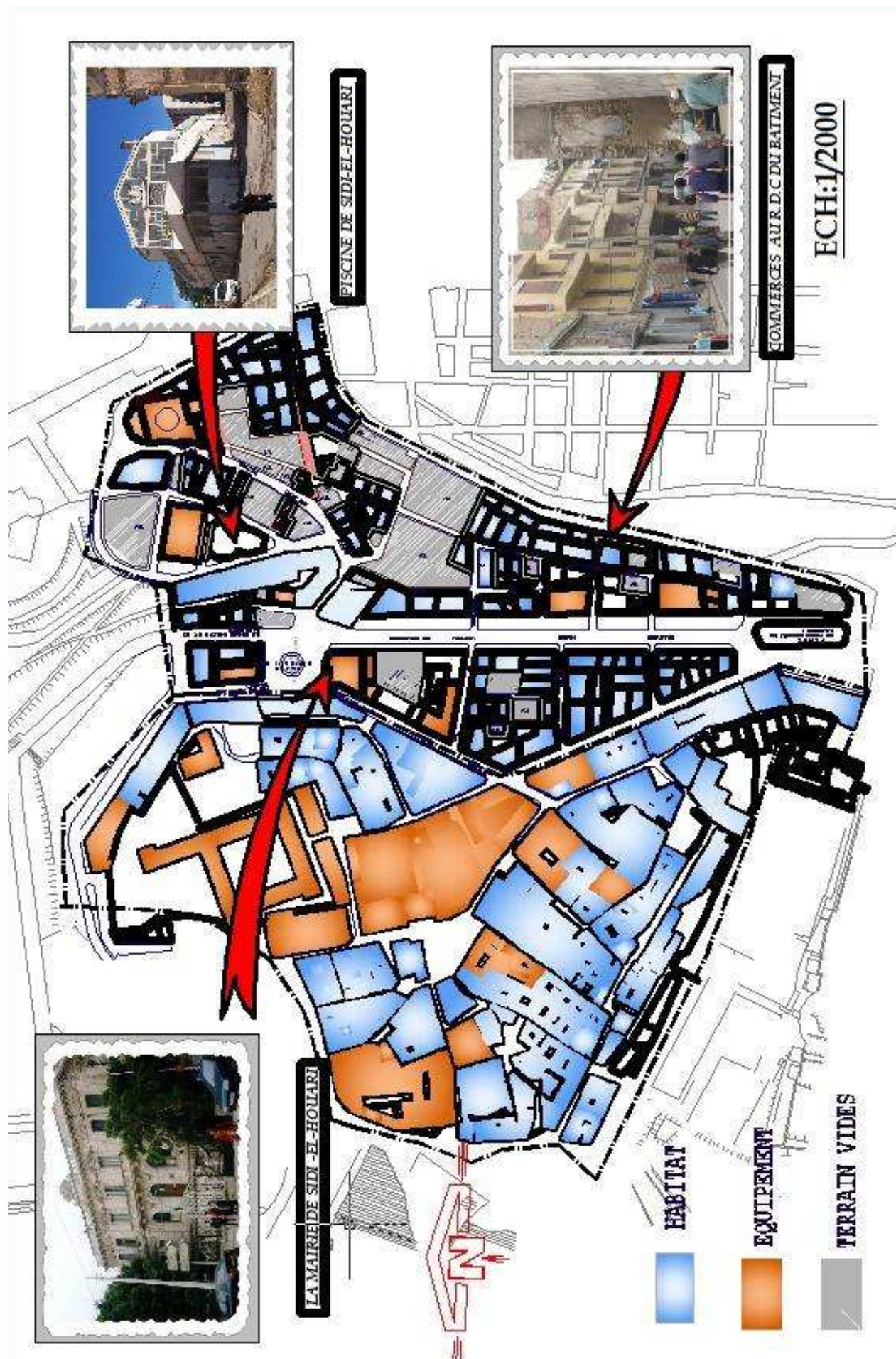


Figure 7 : Carte représentative de l'affectation des bâtiments du quartier de sidi el houari.

5. LA FICHE DE RELEVÉ POUR LES CONSTRUCTIONS DU QUARTIER DE SIDI EL HOUARI :

Les données concernant ces bâtiments ont été numérisés dans une base de données grâce aux fiches d'enquêtes et intégrées à un Système d'Information. Nous avons développé un programme de calcul nous permettant de calculer la valeur de l'indice de vulnérabilité pour chacun des bâtiments étudiés.

L'élaboration de la fiche de relevé permettant l'estimation de l'indice de vulnérabilité 'V' après enquêtes sur site, nécessite la connaissance des paramètres de nature structurale ou non structurale, ayant une influence sur le comportement de la structure et donc sur la réponse sismique.

Le quartier est dans un état de vétusté, accentué par deux facteurs, naturel et humain. Quant aux dégâts occasionnés par le manque d'entretien des habitants, ils concernent la majeure partie du quartier.

La fiche d'enquête regroupe l'ensemble des paramètres pouvant avoir une influence sur la réponse sismique des bâtiments et qui permet le calcul de l'indice de vulnérabilité. Cette fiche comprend les éléments principaux suivants :

- a)- Données générales (adresse, âge, etc...) ;
- b)- Caractéristiques géométriques ;
- c)- Système structural ;
- d)- Conditions du sol ;
- e)- État des éléments structuraux et non structuraux.

Ces informations permettent d'évaluer la qualité sismique des constructions.

5.1. Première étape : typologie du bâtiment

CALCUL DE L'INDICE DE VULNERABILITE SISMIQUE
Fichier Affichage Ajouter

Typologie du bâtiment Implantation et structure Localisation et effectif

Quartier : Quartier Sidi el Houari
Ilot : N° 463
Adresse : N° 01, place de la république

Année construction
☐ Après 2003 ☐ Entre 2000 et 2003
☐ Entre 1988 et 2000 ☐ Entre 1980 et 1988
☐ Entre 1954 et 1980 ☒ Avant 1954

Matériau
☐ Béton armé ☒ Maçonnerie
☐ Charpente métallique

Entretien
☐ Bon ☒ Moyen ☐ Mauvais

Hauteur
☐ RDC ☒ R+3 et plus ☐ R+1 et R+2

Charger une photo **Fermer**

0.95

V1




Figure 8 : paramètre de la typologie pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.

5.2. Deuxième étape : implantation et structure (analyse visuelle)

CALCUL DE L'INDICE DE VULNERABILITE SISMIQUE

Fichier Affichage Ajouter


X
-

Typologie du bâtiment

Quartier : Quartier Sidi el Houari

Ilot : N° 463

Adresse : N°01, place de la république



Implantation et structure

- ☒ **Pente générale du terrain ($p > 30\%$)**
- ☐ Proximité d'un talus ou soutènement ($\alpha < 2h$)
- ☐ Partie en décrochage (saillante ou rentrante)
- ☒ Présence de bâtiments proches ($d < h$)
- ☐ Bâtiment accolés avec JD insuffisants ou obstrués, ou bien altitudes des planchers différentes
- ☐ Retard en façade
- ☐ Faiblesse de contreventement sens x effou y
- ☐ Absence de diaphragme horizontal en toiture ou sommet de bâtiment
- ☐ Non continuité des éléments porteurs
- ☐ Revêtement lourd agrafé ou collé (pierre, béton, verre)
- ☐ Percements ou inserts dans la structure porteuse
- ☒ Présence de souchets de cheminées, fronton, antennes

Localisation et effetif

- ☐ Changement de pente ($d \leq 2h$)
- ☐ Dissymétrie en plan
- ☐ Elancement en plan ($L/l_1 > 4$)
- ☐ Etages de hauteurs différentes
- ☐ Porte à faux supérieure à 2m
- ☐ Présence de poteaux élancés
- ☐ Affaiblissement de certains angles
- ☐ Présence de pièces courtes

V2
0.055

[Charger une photo](#)
[Fermer](#)

Figure 9 : paramètre d'implantation et structure pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.

5.3. Troisième étape : localisation et effectif (aspect réglementation)

CALCUL DE L'INDICE DE VULNERABILITE SISMIQUE

Fichier Affichage Ajouter

Typologie du bâtiment		Implantation et structure		Localisation et effectif	
Groupe de zones					
I	IIa	IIb	III		
IA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
IB	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

EFFECTIF	V3	0.3000
<input checked="" type="checkbox"/> 0-100		
<input type="checkbox"/> 100-1000		
<input type="checkbox"/> >1000		

Indice de vulnérabilité

Résultat

Quartier : Quartier Sidi el Houari

Ilot : N° 463

Adresse : N°01, place de la république



Charger une photo

Fermer

Figure 10 : paramètre de localisation et effectif pour le calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.

5.4. Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments

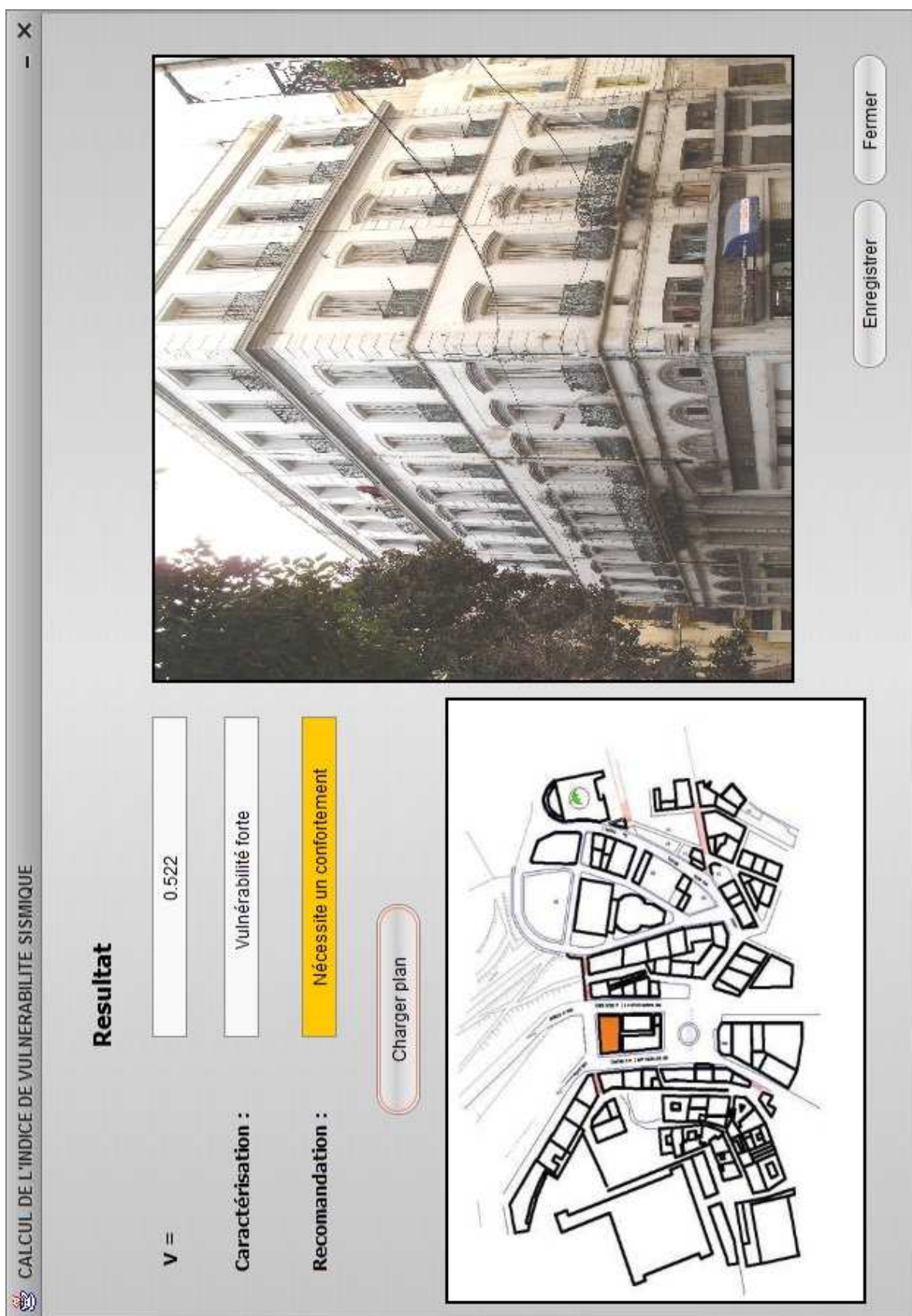


Figure 11 : Résultat du calcul de l'indice de vulnérabilité sismique des bâtiments.

6. DETAILS SUR LA METHODE DE CALCUL DE L'INDICE DE VULNERABILITE SISMIQUE DES BATIMENTS

6.1. Première étape : typologie du bâtiment (V1)

Tableau 7 : Année de construction.

Après 2003	VA=0,05
Entre 2000 et 2003	VA=0,1
Entre 1988 et 2000	VA=0,15
Entre 1980 et 1988	VA=0,20
Entre 1954 et 1980	VA=0,25
Avant 1954	VA=0,30

Tableau 8 : Matériaux de construction.

Béton armé	VM=0,10
Charpente métallique	VM=0,20
Maçonnerie	VM=0,30

Tableau 9 : Etat d'entretien de la construction.

Bon	VE=0,00
Moyen	VE=0,05
Mauvais	VE=0,10

Tableau 10 : Hauteur de la construction.

RDC	VE=0,10
R+1 et R+2	VE=0,20
R+3 et plus	VE=0,30

6.2. Deuxième étape : implantation et structure (analyse visuelle V2)

Les paramètres structuraux et non structuraux sont relevés visuellement sur site (tableau 11).

Tableau 11 : Implantation et structure.

Pente générale du terrain ($p > 30\%$)	V=0,025
Changement de pente ($d < 2h$)	V=0,040
Proximité d'un talus ou soutènement ($d < 2h$)	V=0,030
Présence de bâtiments proches ($d < h$)	V=0,020
Bâtiments accolés avec JD insuffisants ou obstrués, ou bien altitudes des planchers différentes	V=0,025
Dissymétrie en plan	V=0,035
Elancement en plan ($L/l > 4$)	V=0,010
Partie en décrochage (saillante ou rentrante)	V=0,015
Retrait en façade	V=0,015
Etages de hauteurs différentes	V=0,010
Faiblesse de contreventement sens x et/ou y	V=0,060
Absence de diaphragme horizontal en toiture ou sommet de bâtiment	V=0,020
Non continuité des éléments porteurs	V=0,025
Porte à faux supérieur à 2m	V=0,030
Présence de pièces courtes	V=0,020
Présence de poteaux élancés	V=0,010
Percements ou inserts dans la structure porteuse	V=0,020
Affaiblissement de certains angles	V=0,020
Présence de souches de cheminées, fronton, antennes	V=0,010
Revêtement lourd agrafé ou collé (pierre, béton, verre)	V=0,010

6.3. Troisième étape : localisation et effectif (aspect réglementation V3)

Tableau 12 : Groupe de zones.

	I	II a	II b	III
1a	0,15	0.25	0.30	0.40
1b	0,12	0.20	0.25	0.30
2	0,10	0.15	0.20	0.25
3	0,07	0.10	0.14	0.18

Tableau 13 : Effectif d'occupation.

EFFECTIF	0-100	0.1
	100-1000	0.15
	>1000	0.2

L'indice de vulnérabilité V se calcule de la façon suivante :

$$V = (V1 + V2 + V3)/2,5$$

Tableau 14 : classification des bâtiments selon l'indice de vulnérabilité calculé.

Indice de Vulnérabilité	Caractérisation	Observations
0,80-1,0	Vulnérabilité très forte	Démolition
0,50-0,80	Vulnérabilité forte	Confortement
0,30- 0,50	Vulnérabilité moyenne	Modélisation
0,0-0,30	Vulnérabilité faible	Sans observations critiques

On obtient une carte synthétique qui définit le degré de vulnérabilité des bâtiments à l'aide de l'indice de vulnérabilité qui est calculé (Figure 12).

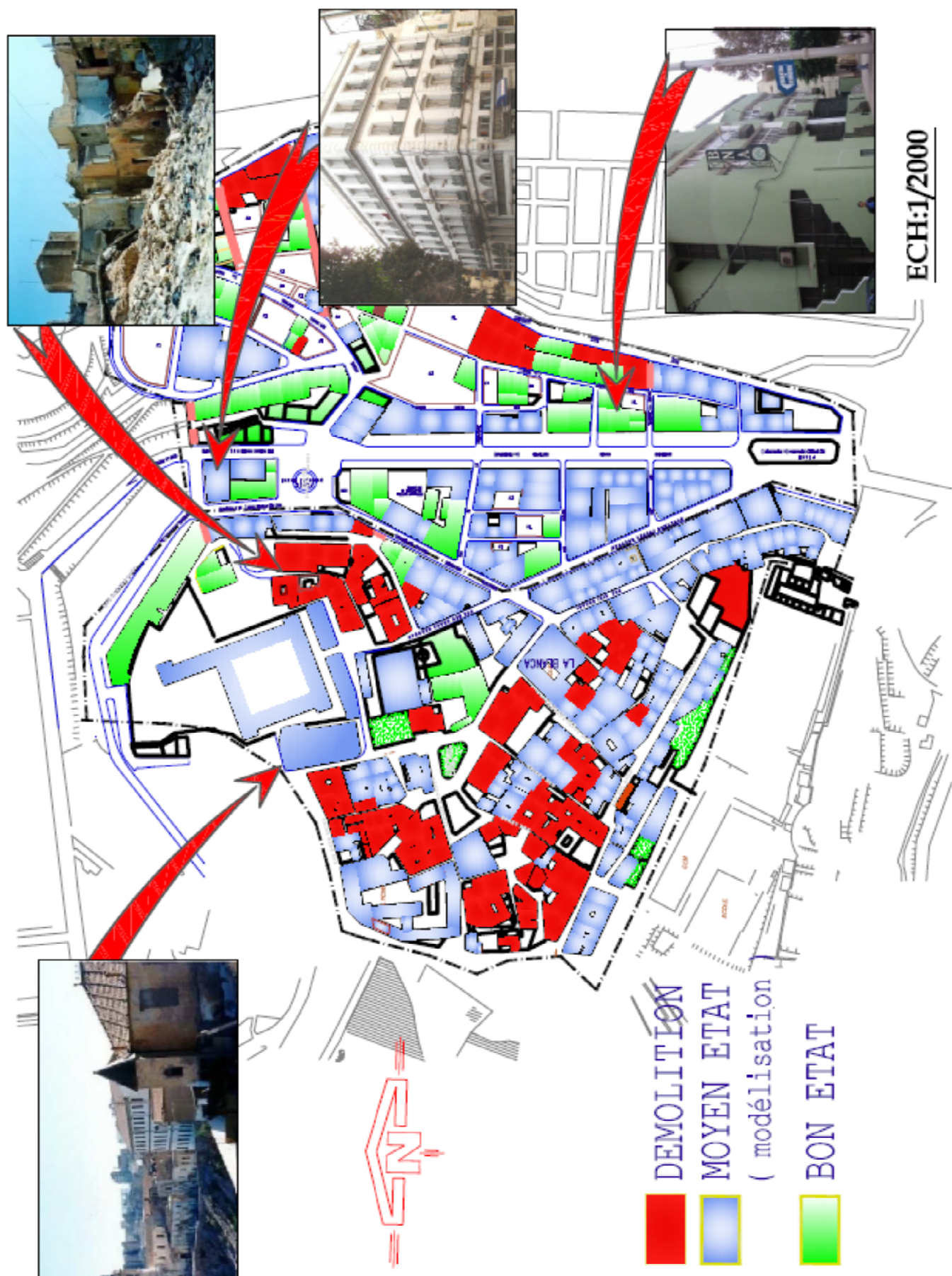


Figure 12: Carte représentative de l'état des bâtiments du quartier de sidi el houari.

CONCLUSION

L'objectif de ce travail de magistère était en premier lieu d'évaluer la vulnérabilité des bâtiments du quartier de Sidi El Houari afin de nous permettre de connaître les sites les plus sensibles et de définir ainsi les priorités à prendre en compte pour préserver ces bâtiments.

Cette étude a permis de mieux connaître la vulnérabilité du patrimoine bâti et par conséquent mettre en place une politique de développement et d'aménagement qui intégrera le risque sismique dans les différents plans d'urbanisme.

A partir de ce développement méthodologique, nous avons créé un outil pour aider au renforcement du patrimoine vétuste et à l'établissement de plans de prévention et de gestion des catastrophes à court, moyen et long terme selon l'estimation, tout en réalisant les différentes mesures.

La méthodologie étudiée dans ce travail de recherche nous a permis de connaître l'état des bâtiments en maçonnerie du quartier de Sidi El Houari d'Oran pris comme échantillons. A la suite des résultats satisfaisants, nous suggérons son application sur d'autres sites qui sont sujettes au risque sismique, afin de préserver ce patrimoine architecturale.

BIBLIOGRAPHIE

- AFPS (2002).** Premières recommandations en vue de l'évaluation de la présomption de vulnérabilité du bâti existant. Cahier technique n° 24. 137 p.
- Ambraseys N. and Vogt J. (1988).** Material for the investigation of the seismicity of the region of Algiers. Eur. Earthq. Enging, 3,16-29.
- APC d'Oran (2012).** Service technique des constructions.
- As Suyuti Jalal Al-Din (1505).** « Kechf Al Salsala, Wasf Al Zelzala » recherche de la recurrence et description des séismes. Ed. Abdelatif sadanai, Fez,1971.
- Ayadi Abdelhakim (2012).** Cours des risques majeurs pour post-graduants - Mostaganem.
- Benhallou H.(1985).** Les catastrophes sismiques de la région d'Echelif dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie. Thèse d'Etat. USTHB. Alger. 294 p.
- Benouar D. (1996).** The seismicity of Algeria and the Maghreb during the twentieth century, PhD dissertation, Imperial College London, U.K.
- Beylot, R. (2007)** Concept de formation en gestion des risques, École polytechnique de Montréal. Département de mathématiques et de génie industriel.
- Blaikie, p., cannon, t., davis, i. et wisner, b. (1994).** At risk : Natural hazard, People's Vulnerability and disaster. Londres, Routledge.
- Bounif, A., H. Haessler and M. Meghraoui (1987):** The Constantine (Northeast-Algeria) earthquake of October 27, 1985: surface ruptures and aftershocks study, Earth Planet. Sci. Lett., 85, 451-460.
- BSSC (2002a).** Rapid visual screening of buildings for potential seismic hazards : a handbook (Report N°FEMA-154, 2nd edition). Buildings Seismic Safety Council, Washington D.C.
- CETE Méditerranée (2000).** PPR de la Commune d'Orgon. 53 p.
- Conseil canadien des normes. (1997).** Association Canadienne de normalisation : Gestion des Risques : Guides à l'intention des décideurs. A national standard for Canada. National standard of Canada, CAN-CSA Q850.

D'ERCOLE, R. (1994). Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbanisés : Concepts, typologie, modes d'analyse, *Revue de Géographie Alpine*, n°4, p. 87-88.

Duckstein, Parent (1994). Engineering risk in natural resources management: with special references to hydro- systems under changes of physical or climatic environment.

Filiatrault André (1996). Éléments de génie parasismique et de calcul dynamique des structures. Montréal: Éditions de l'École polytechnique de Montréal, 478 p.

Ghislaine verrhiest du CETE méditerranée (2008). Plan séismes- action 2.4.7. Guide des méthodes de diagnostics de la résistance des batiments aux séismes, novembre 2008.

Giovinazzi S. and Lagomarsino S. (2005). Fuzzy-Random Approach for a Seismic Vulnerability Model. Proc. of ICOSAR 2005, Rome, Italy.

Japanese Building Disaster Prevention Association (2001), Standard for seismic evaluation of existing reinforced concrete buildings / Guidelines for seismic retrofit of existing reinforced concrete buildings / Technical manual for seismic evaluation and seismic retrofit of existing reinforced concrete buildings, 1st english version, Japanese Building Disaster Prevention Association, Ministry of Construction, Tokyo, Japan.

Larousse (2008). Le petit Larousse illustré en couleur. Paris: Larousse, 1812 p.

Meghraoui M. (1988). Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie: Paléosismologie, Tectonique active et Synthèse Sismotectonique, Thèse de Doctorat es Science, U. de Paris XI, France, 356 pp.

Meghraoui M. (1991). Blind reverse faulting system associated with the Mont Chenoua Tipaza earthquake of 29 October 1989 (north central Algeria). *Terra Nova*, 3, 84-93, 1991

Milutinovic z. v. and trendafiloski g. s. (2003) WP4: Vulnerability of current buildings. Risk-UE Project: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications <http://www.risk-ue.net>.

Naili Mounir (2012). Sismologies de l'ingénieur pour post-graduants - Mostaganem.

Naili Mounir (2012). Cours de prise en compte des effets de site d'origine sismique pour post-graduants - Mostaganem.

NZSEE (2000). An initial evaluation process for identifying buildings not safe in earthquake, 27 pp. New-Zealand Society for Earthquake Engineering.

OFEG (2005a). Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants : principes et directives pour l'étape 1 (2ème édition), Office Fédéral des Eaux et de la Géologie, Berne.

OFEG (2005b). Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants : principes et directives pour l'étape 2 (2ème édition), Office Fédéral des Eaux et de la Géologie, Berne.

OFEG (2005c). Vérification de la sécurité parasismique des bâtiments existants : principes et directives pour l'étape 3 (2ème édition), Office Fédéral des Eaux et de la Géologie, Berne.

Ouyed, M. (1981), Le tremblement de terre d'El Asnam du 10 Octobre 1980: Etude des répliques, Ph.D. thesis, 227 pp., Univ. de Grenoble, Grenoble, France.

Petit robert. (2005). Le nouveau Petit Robert, Dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française. Dictionnaires Le Robert, Paris.

Rene lespes. (2003). Oran étude de géographie et d'histoire urbaines, Édition Bel Horizon.

Torterot, j.p. (1993). Le coût des dommages dus aux inondations : Estimation et analyse des incertitudes, vol 1 et 2, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale de Ponts et Chaussées, France.

Yelles-chaouche a. k., h. djellit, m.e.m. derder, a. abtout and s. bourouis (1997).The Ain Benian Fault: A New Active Coastal Fault Revealed by the Algiers September 4th ,1996 Earthquake. I.A.S.P.E.I. (Inter. Assoc. of Seismology and Physics of the Earth's Interior),Thessalonik Greece, August 18-28.

Yelles-chaouche a. k. h.djellit, m.e.m. derder, a. abtout and h.beldjoudi (2000).The Ain Temouchent earthquake of december 22 th, 1999. Symposium of the Dynamics of Active faulting in the Mediterranean region Algiers, October 9-11 th, 2000.

Yelles-chaouche a. k. (2001). Le séisme de Beni Ouartilane du 10 Novembre 2000. Rapport interne CRAAG 2001.

Yelles-chaouche, a.k., djellit, h., and hamdache, m. (2003), The Boumerdes Algiers (Algeria) earthquake of May, 21, 2003 (Mw: 6.8), CSEM Lett., 20, 1–3.

ZACEK Milan (1993). Estimation de la vulnérabilité aux séismes des constructions existantes. Laboratoire ABC, Ecole d'architecture de Marseille-Luminy.

ZACEK Milan (1997). Evaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes de bâtiments de classe D sur la ville de Nice (Alpes-Maritimes).