

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



UNIVERSITE ABDELHAMID IBN
BADIS MOSTAGANEM DEPARTEMENT
DE GENIE CIVIL & ARCHITECTURE



MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : GENIE CIVIL
OPTION : STRUCTURES

THEME

**Evaluation de la vulnérabilité des bâtis existantes dans la
ville de Mostaganem par la méthode RISK-UE**

Présenté Par
Benderbouz Mohammed Ilyes
Abbou Hicham

Soutenu le : 08.07.2019

Devant le jury composé de :

Président -Mr Benanane Abdelkader

Examineur -Mr Sardou Miloud

Encadreur -Mr Sabeur Bendehiba

Année Universitaire 2018/2019

Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Dieu qui nous a donné le courage et la patience pour achever ce travail.

Nos sincères remerciements pour tous mes enseignants qui m'ont formé durant mon cursus universitaire.

*A notre encadreur **MR Sabeur Bendehiba**, pour ses précieux conseils et ses efforts pendant l'élaboration de ce travail.*

*Nous tenons également à remercier les membres de jury **Mr Benanane***

***Abdelkader et Mr Sardou Miloud**, d'avoir examiné ce travail et assister à la soutenance.*

Enfin, nous remerciant aussi tous les membres du département de génie civil et d'architecture de l'université Abdelhamid ibn badis de Mostaganem.

Table des matières

Introduction.....	10
Problématique de la vulnérabilité sismique.....	10

CHAPITRE 1: Aléa sismique (sismologie)

1 Aléa sismique (sismologie)	13
1.1 Introduction.....	13
2 Evaluation de l'alea sismique	14
2.1 Les différentes étapes d'évaluation de l'aléa sismique.....	15
2.2 Qu'est-ce que le risque sismique?.....	15
2.3 Comment évaluer un risque sismique?.....	16
3 Caractérisation de l'alea sismique.....	18
3.1 L'origine des séismes.....	18
3.1.1 L'enregistrement des séismes	19
3.1.2 Les ondes sismiques	19
3.1.3 Déformation plastique	22
3.1.4 Déformation cassante	23
3.2 La quantification des séismes.....	26
3.2.1 L'intensité macrosismique.....	28
3.2.2 Relation entre intensité et magnitude	28
3.2.3 La localisation des séismes.....	29
3.3 Caractérisation d'une source sismique	29
3.4 Définition de la source	30
3.4.1 Géométrie de la source	30
3.4.2 Magnitude du séisme maximum	31
3.4.3 La récurrence sismique.....	31
3.5 Les effets de site.....	32
4 Sismologie de la ville de Mostaganem :.....	33
5 RECOMMANDATIONS.....	33

CHAPITRE 2: Vulnérabilité sismique des Bâtiments et aperçue historique

1 Vulnérabilité sismique des bâtiments	36
1.1 Introduction :.....	36

1.2	Vulnérabilité sismique :.....	36
2	Effets du séisme sur les bâtiments.....	37
2.1	Maçonneries.....	37
2.2	Voiles en béton armé	37
2.3	Portiques en béton armé	38
2.4	Bâtiments d'habitation.....	38
2.4.1	Types ossature poteaux-poutres récents en béton armé	38
2.4.2	Etablissement hospitalier	41
3	Aperçue historique et sismique de la ville de Mostaganem.	41
3.1	Aperçu historique	41
3.2	Evaluation du parc logement de la ville de Mostaganem (chef- lieu)	44

CHAPITRE 3 Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité sismique par approche RISK-UE

1	Approche du projet européen RISK-UE(2003) Im1	47
1.1	Description :	47
1.1.1	Évaluation qualitative de la présomption de vulnérabilité	49
1.2	Détermination le facteur ΔV_m représentant l'influence de paramètres autres que la typologie sur la réponse de la structure aux sollicitations sismiques.....	50
1.3	Évaluation le facteur ΔV_R de vulnérabilité régionale	52
1.4	Calcule l'indice de vulnérabilité V_I	52
1.5	Classification des dégâts aux bâtiments (degrés de dommages) selon l'échelle EMS 98 :.....	54

CHAPITRE 4: Étude scénarios

1	Scénario du risque sismique sur les constructions de la ville de Mostaganem	59
1.1	Zone d'étude des bâtiments.....	59
1.2	Localisation de la zone d'étude	60
1.3	Distribution des constructions dans la zone d'étude.....	61
1.4	Catégorie des constructions diagnostiquées	61
1.5	Missions d'enquête sur le terrain d'étude	62
1.6	date et type des constructions diagnostiqué	65
1.7	Typologies des constructions expertisées.....	66
1.8	Dates des constructions par rapport au séisme 1980.....	66
1.9	Estimation de l'indice de vulnérabilité pour les bâtiments interrogés	67
2	Estimation de degrés des dommages moyens et présentation des courbes de vulnérabilité.....	68

2.1	Estimation de degrés des dommages moyens pour les constructions en maçonnerie	68
2.2	Estimation de degrés des dommages moyens pour les constructions en béton armé	69
3	Distribution des dommages et scénarios sismique de déférentes intensités.....	69
3.1	Scénario sismique pour Intensité I=5	69
3.1.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	69
3.1.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	70
3.1.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=5.....	70
3.2	Scénario sismique pour Intensité I=6	71
3.2.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	71
3.2.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	71
3.2.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=6.....	72
3.3	Scénario sismique pour Intensité I=7	72
3.3.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	72
3.3.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	73
3.3.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=7.....	73
3.4	Scénario sismique pour intensité I=8	74
3.4.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	74
3.4.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	74
3.4.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=8.....	75
3.5	Scénario sismique pour intensité I=9	75
3.5.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	75
3.5.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	76
3.5.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=9.....	76
3.6	Scénario sismique pour intensité I=10	77
3.6.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	77
3.6.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	77
3.6.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=10.....	78
3.7	Scénario sismique pour intensité I=11	78
3.7.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	78
3.7.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé	79
3.7.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=11.....	79

3.8	Scénario sismique pour intensité I=12	80
3.8.1	Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	80
3.8.2	Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	80
3.8.3	Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=12.....	81
4	Cartographie de distribution des dommages pour les constructions de la zone d'étude	81
5	Conclusion.....	85

Les annexes

Annexe 1	:Valeur de la vulnérabilité	94
Annexe 2	:Estimation des dommages moyens	95
Annexe 3	:Estimation du paramètre	97
Annexe 4	:Estimation de la distribution des dommages	98

Tables des figures

Figure 1: Les différents types de sismicité	17
Figure 2: Exemple de sismogramme	19
Figure 3: Quatre schémas illustrant le mouvement du sol lors du passage des différentes ondes sismiques	21
Figure 4 : La déformation d'un jeu de carte sous contraintes de compression	21
Figure 5 : La déformation d'un jeu de carte sous contraintes de tension.....	22
Figure 6: Différents types de plis sous l'effet de contraintes de compression.....	23
Figure 7: Différents types de failles sous différents régimes de contraintes	24
Figure 8 : Exemple de faille en surface. Faille de Spitack, Arménie.	25
Figure 9: Origine et paramètres définissant un séisme	28
Figure 10: Bloc-diagramme illustrant les effets de site provoqués par le passage des ondes sismiques dans le sous-sol.....	32
Figure 11: Carte du zonage sismique de la wilaya de Mostaganem.....	33
Figure 12: répartition des dommages moyens en fonction des intensités	53
Figure 13 : Typologies EMS-98 associées à une classe de vulnérabilité.	55
Figure 14 : Classification des dommages du bâti en maçonnerie selon EMS-98 ⁶	56
Figure 15: Classification des dommages du bâti en béton armé selon EMS-98.....	57
Figure 16: Carte de la wilaya de Mostaganem.	60
Figure 17: Localisation de la zone d'étude dans la carte de Mostaganem	60
Figure 18: la zone d'étude contenant 40 constructions des différentes typologies.	61
Figure 19 : Localisation de la zone d'étude.....	61
Figure 20: Catégories des constructions expertisées	61
Figure 21: Catégories des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.....	62
Figure 22: Formulaire d'inventaire pour les bâtiments de la ville de Mostaganem.....	64
Figure 23: Date et type des constructions expertisées.....	65
Figure 24: Typologies des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.	66
Figure 25: Typologies des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.	66
Figure 26: Date des constructions existantes leurs distributions dans la zone d'étude	67
Figure 27: Date des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.	67
Figure 28 : Distribution des indices de la vulnérabilité des constructions existantes dans la zone d'étude.	67
Figure 29: Distributions des indices de vulnérabilité des constructions existants dans la zone d'étude.....	68
Figure 30: Estimation des dommages moyens pour les constructions en maçonnerie I=5	68
Figure 31: Estimation des dommages moyens pour les constructions en béton armé I=5	69
Figure 32: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie I=6.....	69

Figure 33: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé I=6.....	70
Figure 34: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie I=7.....	71
Figure 35: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé I=7	71
Figure 36: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie I=8.....	72
Figure 37: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé I=8	73
Figure 38: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie I=9.....	74
Figure 39: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé I=9	74
Figure 40: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie I=10.....	75
Figure 41: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé I=10	76
Figure 42: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie I=11.....	77
Figure 43: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé I=11	77
Figure 44: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie I=12.....	78
Figure 45: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé I=12	79
Figure 46: Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie	80
Figure 47: Distribution des dommages pour les constructions en béton armé.....	80
Figure 48: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=5	81
Figure 49: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=6	81
Figure 50: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=7	82
Figure 51: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=8	82
Figure 52: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=9	82
Figure 53: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=10	83
Figure 54: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=11	83
Figure 55: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=12	84
Figure 56: Synthèse des scénarios des différents dommages globaux selon EMS 98 de différentes intensités.....	84

Liste des tableaux

Tableau 1: Répartition globale du foncier selon les fonctions urbaines	44
Tableau 2 : Détermination de l'indice VI* fonction de la typologie du bâtiment.....	50
Tableau 3: Détermination de l'indice V_m fonction de la typologie du bâtiment	51
Tableau 4 : Valeurs des facteurs V_m pour les bâtiments en béton armé	52
Tableau 5 : Typologies des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.	66
Tableau 6 : Date des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude	66
Tableau 7: Distributions des indices de vulnérabilité des constructions existants dans la zone d'étude.	67
Tableau 8: Les valeurs de la vulnérabilité pour les constructions en maçonnerie.....	88
Tableau 9: Les valeurs de la vulnérabilité pour les constructions en béton armé.	88
Tableau 10: Estimation des dommages moyens (μD) pour les constructions en maçonnerie.....	89
Tableau 11: Estimation des dommages moyens (μD) pour les constructions en béton armé	90
Tableau 12: Estimation du coefficient (r) pour les constructions en maçonnerie	90
Tableau 13: Estimation du coefficient (r) pour les constructions en béton armé	91
Tableau 14: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie	92
Tableau 15: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en béton armé.....	93
Tableau 16: Calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie	93
Tableau 17: Calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé.....	94
Tableau 18: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie	95
Tableau 19: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en béton armé.....	95
Tableau 20- Calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie	96
Tableau 21: Calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé.....	97
Tableau 22- Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie.....	97
Tableau 23: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en béton armé.....	98
Tableau 24: Calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie	99

Tableau 25: Calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé	99
Tableau 26: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie	100
Tableau 27: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en béton armé.....	101
Tableau 28: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie	101
Tableau 29: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé	102
Tableau 30-Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie.....	103
Tableau 31-Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en béton armé.....	104
Tableau 32: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les Constructions en maçonnerie	104
Tableau 33: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé	105
Tableau 34: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie	105
Tableau 35: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en béton armé.....	106
Tableau 36: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie	107
Tableau 37: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé	108
Tableau 38-Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie.....	108
Tableau 39: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en béton armé.....	109
Tableau 40: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie	109
Tableau 41: Calcule de La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé	110
Tableau 42: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie	111

Tableau 43: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé.....	112
Tableau 44: Calcule de La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie	112
Tableau 45: Calcule de La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé	113

Table des photographies

Photo 1 : Portique en béton armé endommager séisme (21 mai 2003).....	38
Photo 2: ossature poteaux-poutres récents en béton armé endommagé séisme (mai 2003).....	39
Photo 3:la plastification des nœuds	39
Photo 4: L'immeuble R+4 avec défaut de conception	40
Photo 5: Endommagement scolaire (rapport du séisme 24 mai 2003 AFPS)	40
Photo 6: hôpital de Dellys 1950 (rapport du séisme 24 mai 2003 AFPS).....	41
Photo 7: construction a usage Administratif (BEA) situé à l'intérieure de la zone d'étude cette photo prise à partir de la ville de Mostaganem.....	64
Photo 8: construction a usage Administratif situé à l'intérieure de la zone d'étude cette photo prise à partir de la ville de Mostaganem	64

Introduction

Depuis 1999 et 2003, les règles parasismiques Algérienne RPA 99V2003 ont été rendues obligatoires pour tous les bâtiments neufs "à risque normal" (y compris les maisons individuelles) situés en zone sismique. Pour le bâti courant "à risque normal", même si la réglementation technique peut encore être améliorée (en particulier sur la prise en compte d'effets de sites particuliers), le faible taux de renouvellement estimé en Algérie généralement à 1% par an, fait que l'essentiel de la vulnérabilité sismique vient de l'existant. **ALLAL M. A. & MELOUKA S. (2004)** Cartographie, aléa sismique. univ. A. Belkaïd, Tlemcen, Algérie.

Partout dans le monde, on constate, depuis quelques décennies, une augmentation sensible des pertes matérielles, économiques et humaines à la suite d'un séisme. Cette situation met en évidence la vulnérabilité de nombreuses régions et est accentuée par une densité croissante de la population dans les zones urbaines exposées au danger sismique. La préoccupation des autorités pour la gestion du risque lié aux séismes est donc justifiée.

De nos jours, malgré une sismicité modérée de la région, les grandes villes situées à l'ouest d'Algérie, comme la ville de Mostaganem, sont soumises à des contraintes particulières qui augmentant potentiellement ce risque. La forte concentration d'anciens bâtiments construits avant l'application de normes parasismiques et la présence sur ces sites d'importants dépôts d'alluvions en sont les principales causes. La conservation du patrimoine immobilier de ces sites passe obligatoirement par l'évaluation de sa vulnérabilité sismique. **ALLAL M. A. & MELOUKA S. (2004)** Cartographie, aléa sismique. univ. A. Belkaïd, Tlemcen, Algérie.

Problématique de la vulnérabilité sismique

La vulnérabilité sismique exprime et mesure le niveau de dommage 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 et des déficiences qui leur sont associées. Dans le cadre de l'élaboration de plans stratégiques de prévention, l'analyse de vulnérabilité a pour but de développer la connaissance du bâti existant dans une région.

La recherche relative à la vulnérabilité sismique de structures traditionnelles de différentes typologies est relativement récente en Algérie. L'évaluation des bâtiments historiques du Vieux-Mostaganémoise a montré, que l'analyse est possible en utilisant des méthodes simple par exemple la méthode RISK-UE. D'où l'intérêt de procéder à l'évaluation des différentes

structures existantes de la région. **ALLAL M. A. & MELOUKA S. (2004)** Cartographie, aléa sismique. univ. A. Belkaïd, Tlemcen, Algérie.

Parallèlement, on retrouve en Europe de nombreuses études sur la conservation des bâtiments historiques de différentes typologies et l'évaluation de leur vulnérabilité sismique. Parmi ces structures, les constructions a grand d'importance (trésor, banque, mairie ...) sont considérées comme les plus exposées au risque et ceci pour des évènements sismiques de différents intensité ayant peu d'effets sur les bâtiments ordinaires. Cette vulnérabilité est liée principalement à leur conception architecturale et à leurs éléments constitutifs tels : 1) **Conception technique du bâtiment**, 2) **Condition topographique** ; 3) **Type de construction** ; 4) **L'âge de l'immeuble**. 5) **Nombre d'étages** ; 6) **Nombre des sous-sols** ; 7) **l'histoire des bâtiments, dommages, réparation** ; 7) **Travaux d'extension, ...etc.**

Cette situation a mené au développement de procédures spécifiques d'évaluation de la vulnérabilité des constructions. **AFPS (2002)**. Premières recommandations en vue de l'évaluation de la présomption de vulnérabilité du bâti existant. Cahier technique n° 24. 137 p.

Chapitre 1

Aléa sismique (sismologie)

1 Aléa sismique (sismologie)

1.1 Introduction

Les risques naturels potentiels transformés en catastrophes, ont tué, au cours des vingt dernières années, plus de trois millions de personnes et le nombre de victimes augmente, depuis 1960, d'environ 6 % par an (J. Riser, 2004). Les causes principales sont la dégradation des milieux géographiques par l'essor démographique et urbain, la surexploitation agricole et les déficiences politiques et économiques.

Les pays en voie de développement appartiennent, pour l'essentiel, au monde tropical. Ces régions possèdent 55 % des volcans actifs et 55% des épicentres sismiques, alors qu'ils ne représentent que 25 % des terres émergées, et l'Algérie en fait partie.

Cependant, l'ampleur de certaines catastrophes et leurs causes sont celles inhérentes aux pays en voie de développement: insuffisance de l'appréciation des risques, manque de maîtrise des agents de l'érosion et de la protection des sols, contraintes financières, par exemple. La catastrophe ou la simple manifestation de l'érosion se produisent réellement. D'ailleurs, un risque peut ne jamais engendrer une catastrophe. En revanche, l'étude des traces laissées par les catastrophes permet de situer, mesurer et prévenir les risques potentiels. Certains risques peuvent être fatals aux sociétés humaines qui les côtoient: volcanisme, sismicité, instabilité des versants, etc. Ainsi, seuls les risques majeurs actuels ou passés, décrits par les hommes et susceptibles d'être, soit des modèles, soit des exemples pour leur gestion présente ou future, sont en faveur de prévision. Les géophysiciens observent tous les paramètres susceptibles d'annoncer l'éminence d'un séisme. L'une des constatations les plus étonnantes vient de la mise en évidence, dans les régions soumises à l'aléa sismique, de divers phénomènes électromagnétiques se produisant quelques heures ou quelques jours avant un tremblement de terre.

Le premier qui établit un rapport entre les séismes et les manifestations électromagnétiques est J.W. Warwick. Il observe que des enregistrements radioélectriques se manifestent sur des radiotélescopes américains six jours avant le grand séisme du Chili en 1960. Pour vérifier cet éventuel rapport, il soumet des carottes de granite à de fortes contraintes, au moyen d'une presse hydraulique. Des manifestations électromagnétiques se sont alors produites peu avant la rupture des carottes de granite. L'expérience a été confirmée par G.A. Sobolov sur des blocs métriques de granite soumis aux efforts d'une presse de 50000 tonnes. Il s'avère donc que des émissions radioélectriques se produisent lorsque des roches sont soumises à de très fortes tensions, en laboratoire et dans la nature. C'est à partir de cette constatation que la méthode de prévision VAN, du nom des trois géophysiciens grecs: Varostos, Alexopoulos et Nicomos, a été élaborée. La première expérimentation de cette méthode a eu lieu après le tremblement de terre de magnitude 6 qui a ravagé, le 24 février 1981, la partie orientale du golfe de Corinthe (Grèce). Les chercheurs ont implanté, dans ce secteur, deux électrodes, à 1 m de profondeur et distants de quelques dizaines de mètres. Ils ont constaté, alors, qu'avant chaque réplique du séisme, des ondes électromagnétiques étaient enregistrées. **BADDARI K. & DJEDDI M. (1994)** Eléments de sismologie. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

Les résultats obtenus en Grèce ont été prometteurs. Cependant, plusieurs anomalies peuvent laisser planer un doute sur la totale validité de cette méthode. L'étude de ces anomalies révèle que la méthode n'est fiable que si la zone sismique est déjà connue. Malheureusement, de nouvelles zones sismiques apparaissent, chaque année. Elle montre aussi que les failles peuvent, soit absorber les ondes électromagnétiques, soit les transmettre très loin, à la manière d'un fil électrique. Dans les deux cas, la localisation de l'épicentre est entachée d'erreurs. Ainsi, les résultats sont encourageants, mais la méthode doit être encore améliorée pour devenir parfaitement efficace. Actuellement, une autre méthode commence à voir le jour. Elle est basée sur l'utilisation du GPS (Global Positioning System). Elle a été expérimentée au cours du violent tremblement de terre de Denali, en Alaska.

Le GPS a pu, d'abord, enregistrer les déformations de l'écorce terrestre au moment du séisme (*Sciences*, 30 mai 2003) et ensuite il a pu détecter des perturbations de l'ionosphère provoquées par les ondes répercutées par le séisme dans l'atmosphère. Cette deuxième découverte pourrait permettre de compléter les réseaux mondiaux d'observation sismique (*La Recherche*, n° 370, décembre 2003).

A défaut de prévoir, avec certitude, les séismes, il est possible, soit de dresser des cartes des régions sismiques, soit de construire des habitations susceptibles d'y résister. Les cartes des zones sismiques sont de plusieurs types. Elles peuvent être réalisées à partir des données sismiques historiques. Par conséquent, d'autres cartes peuvent être réalisées, à partir des zones sismiques, en leur superposant celles des épicentres d'intensité égale ou supérieure à V. Enfin, il est possible, aussi, de dresser des cartes de l'aléa sismique d'intensité centennale, bicentennale ou millénaire. La protection des personnes et des biens passe aussi par les constructions parasismiques qui répondent à certaines normes. Par exemple, les murs et les planchers doivent être entièrement solidaires pour éviter que ces derniers ne s'effondrent en écrasant les occupants comme cela s'est produit à Chlef le 10 octobre 1980 ou à Alger le 23 mai 2003. Les blocs d'immeubles sont séparés entre eux par des plaques de caoutchouc ou sur des vérins. Ils peuvent aussi présenter des cellules indépendantes les unes des autres et qui se désolidarisent, sans se briser au moment du séisme. **BADDARI K. & DJEDDI M. (1994)** *Eléments de sismologie*. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

2 Evaluation de l'aléa sismique

La prédiction des séismes à court terme n'étant pas possible actuellement, il faut évaluer le risque qu'un séisme destructeur se produise pour protéger efficacement une région par des constructions adaptées et pour préparer la population: c'est le domaine de la prévention sismique. Pour évaluer l'aléa sismicité, il est nécessaire dans la pratique, de distinguer deux échelles d'étude, afin de pouvoir tenir compte aussi bien des effets induits que des effets directs des séismes: **u Une échelle régionale** (entre 1/1250000ème et 1/100000ème), à laquelle le milieu est supposé géologiquement homogène et de

topographie uniforme et où, on peut se limiter au calcul d'un mouvement sismique en conditions standards ("rocher horizontal affleurant " ou plus simplement "rocher"). **Une échelle locale (entre 115000 ième et 1/25000 ième)**, où les conditions géologiques locales (nature des sols) et la topographie des sites étudiés seront prises en considération dans les calculs du mouvement du sol engendré par les sources. On parlera pour cette échelle de micro zonage sismique en prenant en considération les conditions propres au lieu étudié (topographie, lithologie ou nature des sols, instabilité des versants..., etc.).

2.1 Les différentes étapes d'évaluation de l'aléa sismique

L'étude de l'aléa sismique est présentée en trois étapes. Les deux premières étapes sont liées et l'on n'observe pas toujours une limite franche entre elles. Elles sont l'objet de l'analyse sismotectonique.

La première étape a pour objectif de mettre à jour la carte morphostructurale de la région d'étude et de cartographier l'ensemble des failles et structures tectoniques existantes. Elle repose sur:

- Les données historiques connues à travers la presse ancienne, les archives, etc. qu'il faut tout d'abord traduire en une intensité macrosismique. Le degré de fiabilité des témoignages, qui peuvent remonter jusqu'à des centaines d'années, étant malheureusement très inégal rend cette interprétation difficile.

- Les données archéologiques (ou archéosismicité), c'est à dire l'étude des traces de séismes passées dans les bâtis anciens et les vestiges archéologiques.

- Les données géologiques, grâce au décodage de marqueurs géologiques de cette activité sismique, ainsi qu'à l'analyse du contexte géologique (études tectoniques, géophysiques, orthophotoplans, scènes satellitaires).

- Définition et localisation des failles actives de la région. La deuxième étape a pour but de compléter l'analyse de la première étape en utilisant:

- Les données instrumentales et cela est assuré grâce à des réseaux de surveillance tel que: Les stations sismiques, l'interférométrie Radar satellitaire, etc.

- Les photographies aériennes et images satellitaires. La troisième et dernière étape concerne l'évaluation des mouvements vibratoires du sol. Cela, nécessite d'étudier les mécanismes physiques qui entrent en jeu lors de la propagation des ondes sismiques entre la source en profondeur et le site à la surface. Ces mouvements sont principalement fonction de la magnitude du séisme, de la distance source-site et des conditions de sol et s'expriment en termes d'accélération et de vitesse de déplacement.

BADDARI K. & DJEDDI M. (1994) Eléments de sismologie. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

2.2 Qu'est-ce que le risque sismique?

Ce qui intéresse les spécialistes en matière de prévention sismique ce sont les dégâts dans les bâtiments que peuvent causer les séismes. Il faut donc évaluer dans chaque région les dégâts les plus importants qui peuvent être causés par un séisme.

Ceci revient donc, à déterminer l'intensité macrosismique maximale que l'on peut ressentir dans la région en question. Les sismologues préfèrent en fait étudier l'accélération du sol qui est liée à l'intensité mais qui est une grandeur physique alors que l'intensité est une grandeur plus subjective.

Déterminer le risque sismique en un endroit c'est donc déterminer l'accélération maximale que le sol est susceptible de subir lors d'un tremblement de terre. Cette accélération est en générale exprimée en fonction de l'accélération de la pesanteur qui vaut environ 9.8 m/s^2 .

Cependant, on ne peut pas savoir avec précision les mouvements du sol dus à de possibles futurs séismes tant que les méthodes de prédictions ne sont pas efficaces. Les seuls éléments dont les sismologues disposent sont des statistiques sur l'occurrence et la magnitude des séismes dans une région. Ils sont donc obligés de raisonner en terme de probabilité: une évaluation de risque sismique revient à donner une accélération maximale que le sol peut subir et un pourcentage de "chance" pour que cette valeur soit atteinte au cours d'une période de référence. Par exemple, "il y a 5% de "chance" que le sol subisse une accélération de 0,5 g (soit 5 ou une intensité IX) dans les 50 prochaines années mais il y a 40% de "chance" pour qu'il subisse une accélération de 0,1 g (soit 1 m/s² ou une intensité VI) avant 50 ans".

Ensuite, en fonction de ces valeurs, on classe la zone comme étant plus ou moins "à risques" et on trace des cartes plus globales de zonage sismique recensant le risque déterminé pour chaque zone.

BADDARI K. & DJEDDI M. (1994) Eléments de sismologie. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

2.3 Comment évaluer un risque sismique?

Pour savoir si un séisme important peut se produire dans une région, une première étape possible est d'installer un réseau de sismomètres autour de cette région et d'enregistrer la sismicité - c'est à dire tous les séismes même minimes qui se produisent dans cette zone – afin de connaître au mieux cette sismicité mais aussi d'estimer la magnitude maximale possible, la récurrence des séismes, etc. Pour cela, le mieux est de faire des observations sur de très longues périodes qui doivent être d'autant plus longues que la sismicité de la zone est modérée.

Cependant, enregistrer l'activité sismique pendant dix ans sans que rien ne se produise ne signifie pas qu'aucun séisme important ne se produira à plus long terme dans 50 ou 100 ans. Pour évaluer ce risque, les scientifiques essaient de retrouver la trace de séismes anciens en travaillant en collaboration étroite avec des historiens. Ce travail permet d'évaluer la sismologie historique. Parfois, l'aide d'un archéologue peut s'avérer utile. On parle alors d'archéosismologie (**figure 1**).

Ceci n'est malheureusement possible que dans des régions de peuplement ancien. Ainsi on dispose en Chine de 2700 années d'archives et en France on peut retrouver la trace de séismes jusqu'au *xix*^{ème} siècle. Mais en Californie par exemple, on n'a pas trace de séisme plus ancien que 1800 environ, date du peuplement de la région.

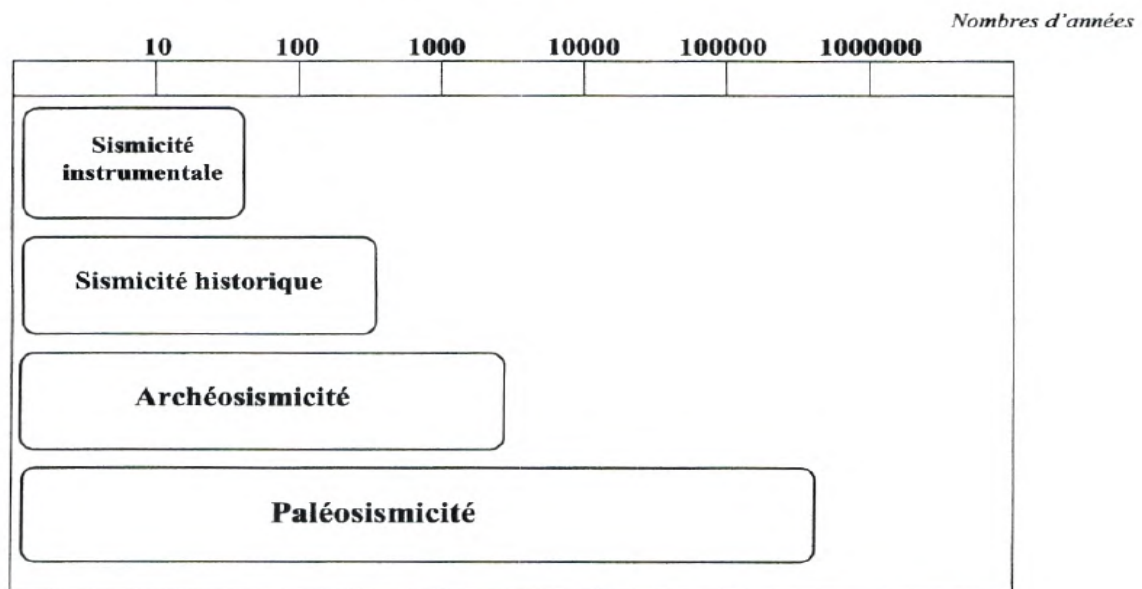


Figure 1: Les différents types de sismicité (Internet: east.u-strasbg.fr, 2005)

Lorsqu'on connaît l'histoire sismologique d'une région depuis longtemps, on peut se faire une idée de la taille des séismes susceptibles de toucher la région mais aussi de la fréquence de ceux-ci. Ceci permet, couplé avec les observations actuelles, de déterminer l'occurrence des séismes à un endroit donné. On détermine ainsi ce qu'on appelle: *l'aléa sismique*. Pour évaluer cet aléa, les scientifiques sont donc parfois obligés d'utiliser les marques laissées dans la nature par les séismes anciens. C'est une discipline appelée paléosismologie et qui consiste à reconstituer l'histoire sismologique d'une région sur la plus grande période possible, souvent de l'ordre du millier ou de la dizaine de milliers d'années (**figure 1**).

Cela ne permet cependant pas d'évaluer directement les dégâts possibles. En effet, les ondes émises par un séisme peuvent être amplifiées par la structure des bâtiments. Des structures géologiques particulières peuvent également modifier localement.

Ainsi pour établir une carte de risque définitive il faut connaître la nature du sous-sol sur lequel est construite une ville afin de déterminer s'il peut amplifier ou non les ondes provenant d'un tremblement de terre lointain. L'étude du risque sismique global prend en compte l'instabilité des versants ou la liquéfaction des sols susceptibles de créer des mouvements de terrains à la suite d'un séisme. Mais, ce risque tient aussi compte de tous les autres événements destructeurs liés aux séismes tels les tsunamis qui sont les raz-de-marée engendrés par les séismes sous-marins.

BADDARI K. & DJEDDI M. (2002) Les séismes et leur prévision. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

3 Caractérisation de l'alea sismique

3.1 L'origine des séismes

La tectonique des plaques, dont le principe est connu depuis la seconde moitié du XXe siècle, est à l'origine des chaînes de montagne et de phénomènes tels que les séismes et le volcanisme.

La lithosphère (croûte et manteau supérieur) est morcelée en plusieurs fragments, appelés plaques, qui constituent la surface terrestre. En raison des mouvements de convection au sein du manteau, ces plaques sont mobiles les unes par rapport aux autres, avec des vitesses de quelques centimètres par an. Les mouvements des plaques peuvent être divergents (extension), convergents (compression) ou en coulissage (cisaillement). Environ 90% des séismes sont localisés au voisinage des limites de ces plaques. Alors qu'en profondeur, les plaques se déplacent régulièrement de quelques millimètres à quelques centimètres par an, dans la partie supérieure de la croûte terrestre (30 premiers km), ce mouvement n'est pas continu. Les failles peuvent rester bloquées durant de longues périodes, tandis que le mouvement régulier des plaques (convergence ou divergence) se poursuit. De ce fait, la région de la faille bloquée se déforme progressivement (déformation élastique lente) en accumulant de l'énergie, jusqu'à céder brutalement; c'est la rupture sismique, les contraintes tectoniques se relâchent, la faille est à nouveau bloquée, et le cycle sismique recommence. En effet, un tremblement de terre est dû au mouvement relatif de deux blocs dont la surface de contact est appelée: plan de faille. Son étude consiste d'abord à le localiser, en latitude, longitude et profondeur. Ensuite, on le caractérise en déterminant les paramètres géométriques du plan de la faille (azimut et pendage), la direction du glissement dans ce plan et le moment sismique qui donne la magnitude du séisme. Les efforts tectoniques peuvent occasionner des déplacements au niveau d'une faille (*foyer*). Cette libération brutale d'énergie occasionne une vibration du sol : le séisme. A la surface du sol, le point situé à la verticale du foyer est appelé: *épicentre*. Le foyer peut être situé à faible profondeur (quelques kilomètres), on parle alors de *séisme superficiel*, ou à grande profondeur (plusieurs dizaines, voire centaines de kilomètres), on parle alors de *séisme profond*. Le séisme est d'autant plus violent en surface que la quantité d'énergie emmagasinée au niveau de la faille avant le séisme est importante et que la faille est proche de la surface. En revanche, lorsque le foyer est profond, les ondes sismiques vont se répercuter largement vers la surface, mais elles seront peu à peu atténuées et dispersées dans l'épaisseur de l'écorce terrestre, et le séisme sera moins intense. Les séismes peuvent être ressentis et destructeurs à plusieurs centaines de kilomètres de l'épicentre (Mexico, 1985). **Le foyer** est le point de départ de la rupture des roches. **L'épicentre** est le point de la surface terrestre situé à la verticale du foyer. **La magnitude** mesure l'énergie libérée par le séisme au niveau du foyer. **L'intensité** mesure les conséquences du séisme en surface. **BADDARI K. & DJEDDI M. (2002)** Les séismes et leur prévision. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

3.1.1 L'enregistrement des séismes

Le séisme se manifeste à la surface du sol par une série de vibrations. Elles peuvent être enregistrées au moyen d'un appareil appelé sismomètre. Celui-ci restitue une « image » du séisme en terme d'amplitude de la vibration: le sismogramme. En effet, les sismographes mesurent la magnitude plutôt que l'intensité. Les deux méthodes évaluent la force du séisme, mais la mesure de la magnitude est plus complexe.



Figure 2: Exemple de sismogramme

Pour un même séisme, les différents sismographes obtenus, au niveau de toutes les stations sismologiques, permettent de localiser l'épicentre du séisme, par lecture des délais d'arrivée des ondes et méthode des cercles. En l'occurrence, lors du déplacement de la roche le long d'une faille, l'énergie libérée va se propager dans toutes les directions autour du foyer, sous forme d'une vibration complexe composée de différents trains d'ondes. L'arrivée de ces différents trains d'onde est décalée dans le temps en raison de vitesses de propagation différentes dans la roche. Pour un observateur éloigné de l'épicentre, le séisme est perçu comme une vibration dans toutes les dimensions, provenant de l'épicentre et déphasée dans le temps. **BADDARI K. & DJEDDI M. (2002)** Les séismes et leur prévision. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

3.1.2 Les ondes sismiques

Les ondes sismiques sont des ondes élastiques. L'onde peut traverser un milieu sans modifier durablement ce milieu. L'impulsion de départ va "pousser" des particules élémentaires, qui vont "pousser" d'autres particules et reprendre leur place et ainsi de suite. La théorie de l'élasticité montre qu'à travers un milieu homogène peuvent se propager deux sortes d'ondes: des ondes correspondant à des vibrations longitudinales, qui sont les plus rapides, et des ondes transversales plus lentes. Ces deux sortes d'ondes correspondent aux deux premières sortes d'oscillations des sismogrammes. La troisième correspond à des ondes un peu plus lentes encore se propageant à la surface. Les vitesses de propagation ont, dans la théorie de l'élasticité, des expressions où interviennent la densité et les propriétés mécaniques du milieu; comme les scientifiques peuvent les déterminer expérimentalement, on a ainsi les renseignements sur les propriétés mécaniques du globe et leur variation avec la profondeur.

• **L'onde de Love:** Le déplacement est essentiellement le même que celui des *ondes S* sans mouvement vertical. Les *ondes de Love* provoquent un ébranlement horizontal qui est la cause de nombreux dégâts aux fondations des édifices.

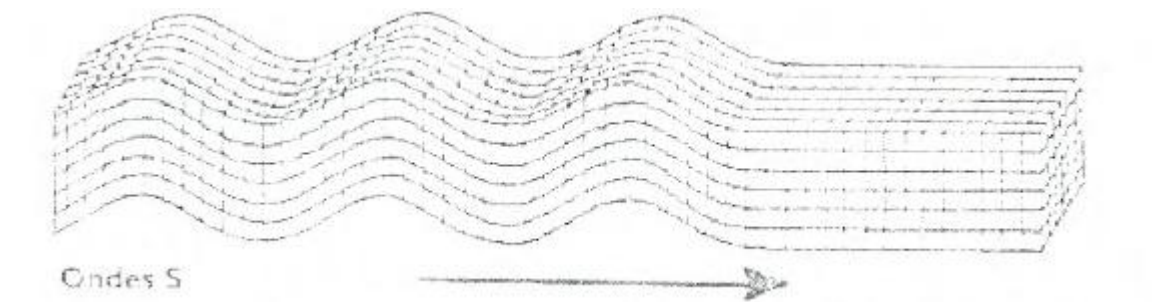
• **L'onde de Rayleigh** : Le déplacement est complexe, assez semblable à celui d'une poussière portée par une vague, un mouvement à la fois horizontal et vertical, elliptique, en fait. Les *ondes de Love* se propagent à environ 4 km/s, elles sont plus rapides que les *ondes de Rayleigh*. **BELLON H. (1976)** Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géo chronométrique. Implications géodynamiques. Thèse Sc. univ. Orsay, Paris-Sud, France, n° AO 1750, 367 p.

3.1.2.1 A quoi ressemble le mouvement du sol lors du passage de ces ondes?

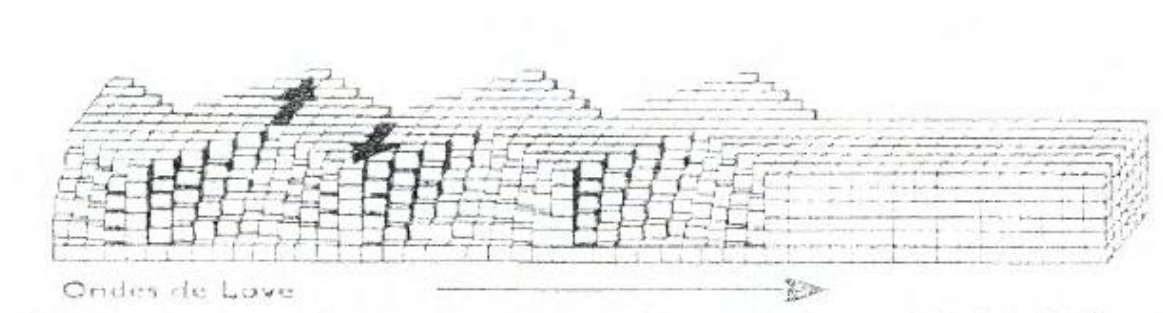
L'onde P : Comprime et étire alternativement les roches. On l'enregistre bien sur la composante verticale du sismomètre.



L'onde S : Se propage en cisillant les roches latéralement à angle droit par rapport à sa direction de propagation. On l'enregistre bien sur les composantes horizontales du sismomètre.



L'onde de Love L: Elle déplace le sol d'un côté à l'autre dans un plan horizontal perpendiculairement à sa direction de propagation. On l'enregistre uniquement sur les composantes horizontales du sismomètre.



L'onde de Rayleigh R: le déplacement des particules est à la fois horizontal et vertical. Cette onde est enregistrée sur les trois composantes du sismomètre. Les vibrations engendrées par cette onde durent plusieurs minutes.

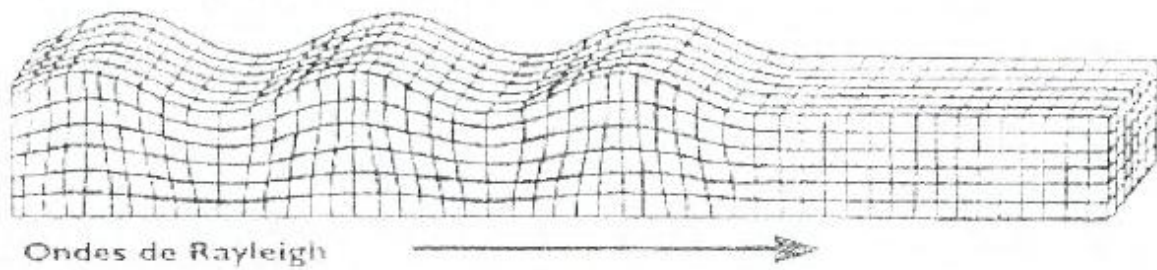


Figure 3: Quatre schémas illustrant le mouvement du sol lors du passage des différentes ondes sismiques (Internet: east.u-strasbg.fr, 2005)

En ce qui concerne la déformation des roches, le facteur temps, qui se mesure ici en millions d'années, se doit d'être considéré. Il est difficile d'imaginer qu'on puisse plier des couches de grès par exemple, ... à moins qu'on y mette le temps géologique. Un autre paramètre à ne pas négliger est la composition de la roche. Certaines roches sont cassantes de nature (comme les calcaires, les grès, les granites), d'autres plutôt plastiques (comme les roches argileuses). Les roches sédimentaires sont à l'origine disposées en couches à peu près horizontales puisqu'elles proviennent de la transformation de sédiments qui se sont déposés à l'horizontale. Mais on les retrouve souvent inclinées, déformées, affectées par des plis et des failles, particulièrement dans les chaînes de montagnes. Les contraintes responsables de la déformation des roches de la croûte terrestre ont des sources multiples. Les déformations résultent le plus souvent des mouvements des plaques lithosphériques qui se traduisent par des contraintes qui modifient la forme des roches, leur volume et, dans certains cas, leur composition chimique et minéralogique. Il y a fondamentalement deux types de contraintes qui déforment les roches: les contraintes de compression et celles de tension. Dans la compression, les forces convergentes; elles peuvent être coaxiales ou non. La déformation d'un jeu de carte sous contraintes de compression illustre la différence. Dans le cas d'une contrainte de compression coaxiale, les cartes vont s'arquer, comme illustré ici:



Figure 4 : La déformation d'un jeu de carte sous contraintes de compression

Si les contraintes ne sont pas coaxiales, il va se développer du cisaillement; le jeu d'écarte se déforme par le glissement des cartes les unes sur les autres:

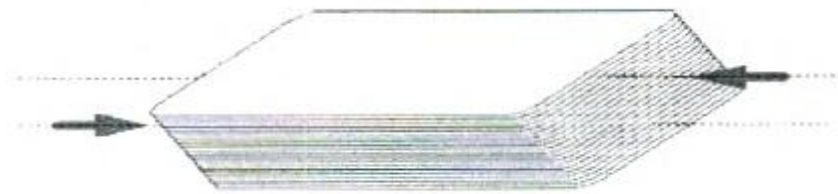


Figure 5 : La déformation d'un jeu de carte sous contraintes de tension

Dans la tension, les contraintes divergent et ont pour effet d'étirer le matériel.

3.1.3 Déformation plastique

Les schémas qui suivent illustrent la déformation des couches de roches sous des régimes de contraintes en compression et en tension. Prenons comme volume de départ, un empilement de couches de roches non déformées à l'horizontal.



Les plis constituent la manifestation d'un comportement plastique (ductile) des roches sous l'effet de contraintes de compression.

Déformation plastique - Régime compressif

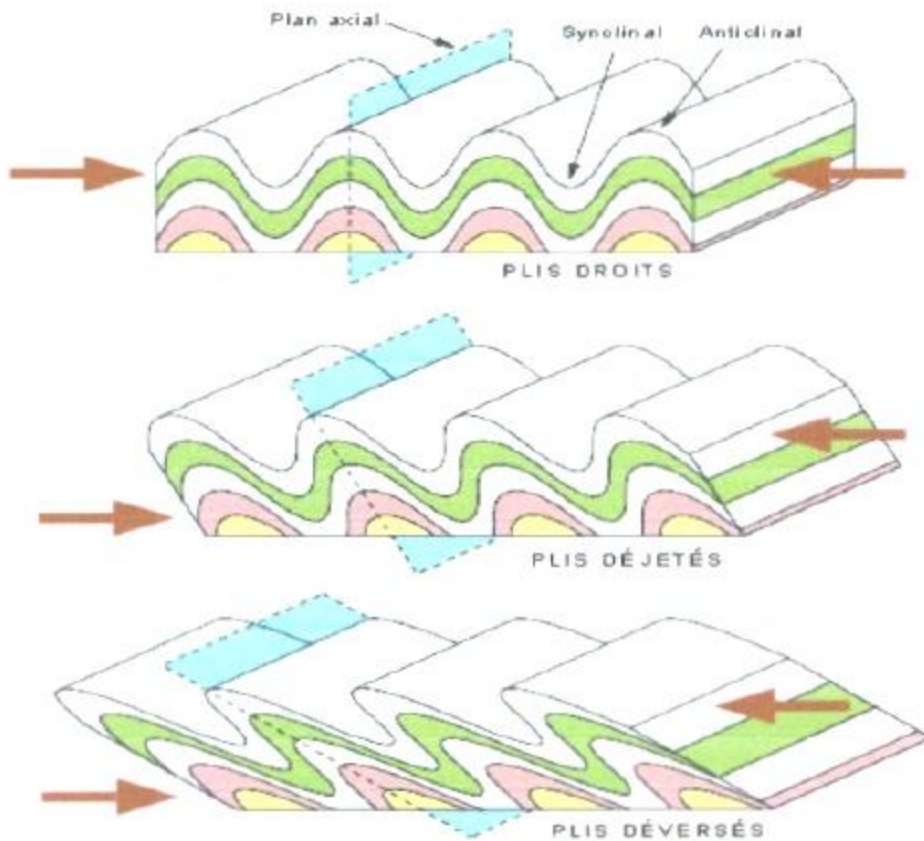


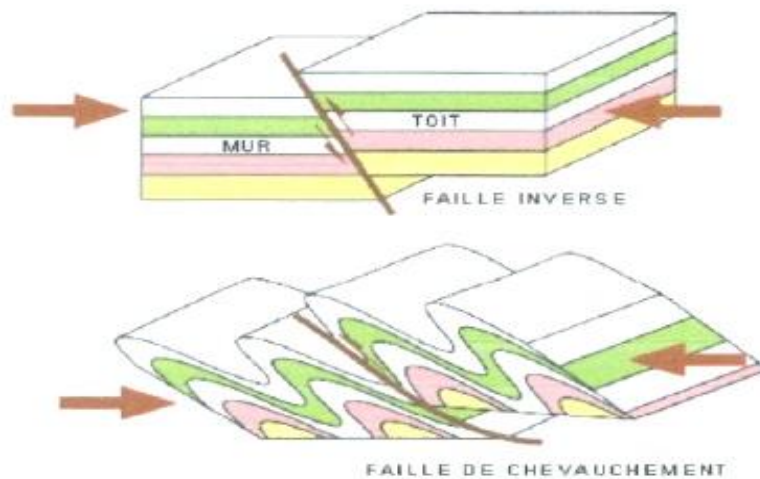
Figure 6: Différents types de plis sous l'effet de contraintes de compression (Internet: ggl.ulaval.ca, 2005)

Pour décrire les plis, on utilise les termes d'anticlinal quand le pli se ferme vers le haut et de synclinal lorsqu'il se ferme vers le bas. Les plis sont dits droits lorsque le plan axial est vertical. A l'autre extrême, il y a les plis couchés, lorsque le plan axial est horizontal. Entre les deux, il y a les plis déjetés et les plis déversés (**figure 6**). Les plis droits résultent de contraintes de compression coaxiales, les plis déjetés et déversés de contraintes qui ne sont pas coaxiales. **BELLON H. (1976)** Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronométrique. Implications géodynamiques. Thèse Sc. univ. Orsay, Paris-Sud, France, n° AO 1750, 367 p.

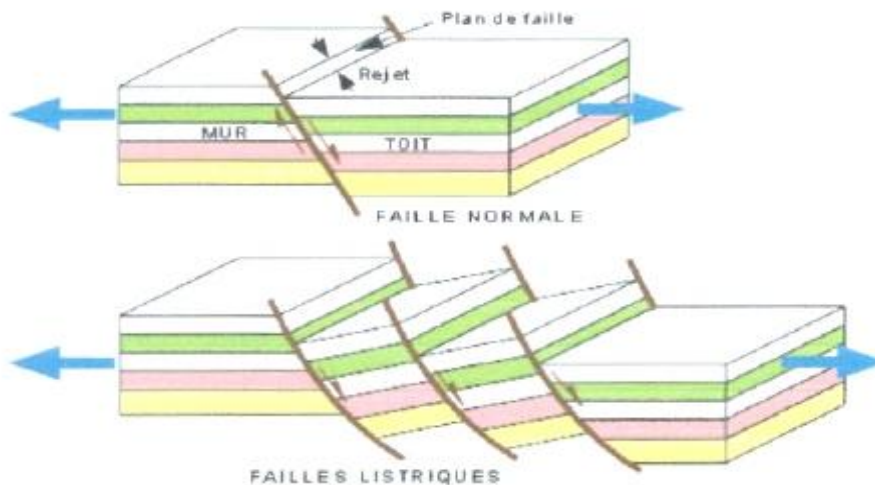
3.1.4 Déformation cassante

La déformation cassante se traduit par des plans de cassures, les failles.

Déformation cassante - Régime compressif



Déformation cassante - Régime extensif



Déformation cassante - Régime coulissant



Figure 7: Différents types de failles sous différents régimes de contraintes (Internet: ggl.ulaval.ca, 2005)

Par convention, on nomme *toit* le compartiment qui se situe au-dessus du plan de faille, et *mur* celui qui est au-dessous. *Le rejet* est le déplacement net des deux compartiments. Les contraintes de compression produisent des failles inverses (plan de faille abrupte) ou de chevauchement (plan de faille près de l'horizontale). Dans ces deux cas, le toit monte par rapport au mur. Les contraintes de tension produisent des failles normales et listriques; le toit descend par rapport au mur (**figure 7**).

Les failles de décrochement (ou de coulissage) constituent un cas particulier; elles se produisent par le déplacement de deux compartiments l'un par rapport à l'autre dans un plan horizontal. On les retrouve en régimes compressifs ou extensifs.

Lorsque qu'une faille casse, la rupture peut se propager jusqu'à la surface du sol. L'apparition d'une faille en surface dépend de la profondeur du foyer (elle doit être faible), de l'amplitude du déplacement au foyer et de la dimension du plan de faille (**figure 8**).

Suivant l'importance des déplacements relatifs des deux compartiments de la faille, les bâtiments fondés sur ces structures peuvent être gravement affectés, voire totalement détruits.



Figure 8 : Exemple de faille en surface. Faille de Spitack, Arménie (Internet: brgm.fr, 2005).

En l'occurrence, une *faille active* est définie comme une fracture plane ou légèrement gauchée de l'écorce terrestre, le long de laquelle des déplacements tectoniques peuvent se produire. Lorsqu'une faille active, à l'origine d'un séisme, débouche en surface:

- elle peut induire des déplacements le long de la ligne de rupture (rupture des terrains à la surface du sol);

- elle peut générer également des mouvements vibratoires particuliers en source très proche, c'est-à-dire dans une zone de quelques centaines de mètres de part et d'autre de cette ligne de rupture; cet effet peut se traduire par des amplifications aussi bien dans le sens horizontal que vertical.

On considère qu'une faille est active si elle a subi des mouvements significatifs au cours du Quaternaire, c'est-à-dire globalement lors d'une période de moins de deux millions d'années. La reconnaissance des failles susceptibles d'engendrer des séismes repose sur divers critères liés à la sismicité et aux déformations géologiques récentes observées. La plupart du temps, les données de la sismicité (relation indubitable entre les foyers des séismes et la structure tectonique considérée) sont insuffisantes pour certifier l'activité d'une faille. Généralement, on doit aussi s'appuyer sur les preuves géologiques du rejeu récent de ces failles. Pour retrouver ces preuves de déformations tectoniques

récentes, différentes méthodes de la néotectonique (tectoniques et microtectoniques, morphologiques, stratigraphiques, géophysiques, etc.) peuvent être utilisées. La confrontation des données néotectoniques avec les données sismiques permet alors des interprétations sismotectoniques. L'identification des accidents potentiellement sismogènes repose d'abord sur une étude régionale de l'aléa sismique.

Les failles sont localisées sur des plans à petite échelle ($1/250.000$ à $1/1.000.000$ ème).

Leur localisation à grande échelle ($1/25.000$ à $1/10.000$) nécessite ensuite des investigations généralement très lourdes et pas toujours garanties de résultats (le tracé pouvant, notamment, être masqué en surface par certaines formations géologiques ou des aménagements anthropiques).

Il est donc mal aisé de délimiter, avec précision et de manière systématique, la zone susceptible d'être affectée soit par une rupture de surface, soit par des effets en champ très proche d'une faille.

En conclusion, une application très importante de tout cela, c'est qu'en étudiant la géométrie des terrains déformés, le géologue est en mesure de définir la nature des contraintes qui ont produit une géométrie donnée et d'en déduire l'histoire de la dynamique d'une région. **BELLON H. (1976)** Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronométrique. Implications géodynamiques. Thèse Sc. univ. Orsay, Paris-Sud, France, n° AO 1750, 367 p.

3.2 La quantification des séismes

La magnitude d'un séisme (notée: M) est une valeur intrinsèque de celui-ci, représentant l'énergie libérée lors de la rupture. La magnitude est unique pour un séisme et indépendante du lieu d'observation et des témoignages de la population. La notion de magnitude est introduite en 1935 par l'Américain Charles Francis Richter pour les séismes locaux californiens afin d'estimer l'énergie libérée au foyer d'un tremblement de terre et pouvoir ainsi comparer les séismes entre eux. On parle depuis de l'échelle de Richter qui comporte neuf degrés, à partir du degré six, les séismes sont dangereux. Estimée par exploitation des sismogrammes, la magnitude est théoriquement illimitée. Ce n'est pas une échelle mais une fonction continue, qui peut être négative ou positive. En réalité, sa valeur minimale est liée à la sensibilité du sismographe. Ce dernier, s'il est très sensible peut enregistrer une magnitude de l'ordre de -2, équivalente à l'énergie dégagée par la chute d'une brique sur le sol d'une hauteur de 1 mètre.

Sa valeur maximale est liée à la résistance de la lithosphère aux forces tectoniques et à la longueur maximale de la faille susceptible de se fracturer d'un seul coup. Le séisme de plus grande magnitude connu est celui du Chili, le 22 mai 1960, de magnitude 9,5; la zone de rupture de la faille a atteint plus de 1000 Km de long. C'est à cause de cette limite qu'on entend parfois parler des 9 degrés de l'échelle de Richter. Les séismes de magnitude supérieure à 9 sont très rares et la magnitude 10 semble être une limite raisonnable compte tenu de la solidité des roches et de la fragmentation des failles.

La magnitude est une fonction logarithmique, c'est-à-dire que lorsque l'amplitude du mouvement varie d'un facteur 10, la magnitude change d'une unité. Ainsi, un séisme de magnitude 5 est dix fois plus

violent que celui de magnitude 4 et cent fois plus fort qu'un séisme de magnitude 3. Lors de la rupture qui se produit au foyer d'un tremblement de terre, la plus grande partie de l'énergie se dissipe sous forme de chaleur. Une partie seulement se propage au loin sous forme d'ondes élastiques. Le rapport entre l'énergie des ondes et l'énergie totale, appelé rendement sismique, est estimé entre 20 et 30 %.

La magnitude de Richter mesure l'énergie émise sous forme d'ondes élastiques. Un séisme de magnitude 5 correspond à peu près à l'énergie dégagée par la bombe nucléaire qui a détruit Hiroshima. La relation qui existe entre la magnitude et l'énergie sismique libérée montre qu'un séisme de magnitude 7 libère à lui seul autant d'énergie qu'une trentaine de séismes de magnitude 6.

La magnitude est calculée soit à partir de l'amplitude du signal enregistré par un sismomètre, soit à partir de la durée du signal lue sur le sismogramme. Son calcul nécessite plusieurs corrections tenant compte du type de sismographe utilisé, de la distance entre le séisme et la station d'enregistrement, de la profondeur du séisme, de la nature du sous-sol où se trouve la station d'enregistrement. Les corrections permettent de calculer partout dans le monde la même magnitude pour un même séisme. Il existe plusieurs échelles de magnitude:

- *Magnitude locale ML*

On l'utilise pour des séismes proches, dits séismes locaux. Elle est définie à partir de l'amplitude maximale des ondes P. Elle est toujours moyennée sur plusieurs stations en tenant compte des corrections locales.

- *Magnitude de durée MD*

On l'utilise également pour des séismes proches mais elle est définie à partir de la durée du signal.

- *Magnitude des ondes de surface MS*

Elle est utilisée pour les séismes lointains, dits télé séismes dont la profondeur est inférieure à 80 Km. Elle se calcule à partir de l'amplitude des ondes de surface.

- *Magnitude des ondes de volume MB*

Cette magnitude est définie pour toutes les télé séismes et en particulier pour les séismes profonds, car ceux-ci génèrent difficilement des ondes de surface. Elle est calculée à partir de l'amplitude de l'onde P qui arrive au début du sismogramme.

- *Magnitude d'énergie ou Kanamori MW*

Elle est définie pour les très gros séismes. Elle est calculée à partir d'un modèle physique de source sismique. En principe, un séisme se caractérise par une seule magnitude, mais en pratique on obtient des résultats légèrement différents suivant l'appareil utilisé et suivant le type d'ondes enregistrées. Les résultats diffèrent beaucoup plus pour les très gros séismes, en particulier ceux dont la magnitude est supérieure à 7, le calcul des magnitudes *MS* et *MW* est alors mieux adapté.

Remarque:

- Une magnitude ne peut pas être précise à plus de 0,25 degré près.
- Les médias annoncent généralement *MS* qui décrit mieux les gros séismes.

3.2.1 L'intensité macrosismique

L'intensité d'un séisme est définie en un lieu par rapport aux effets produits par celui-ci, qu'ils soient seulement observés ou ressentis par l'homme (réveil, chute d'objets, fissures..) ou qu'ils aient causés des dégâts plus ou moins importants aux constructions. On parle alors d'effets macrosismiques. Pour un même séisme, l'intensité macrosismique varie dans l'espace en fonction de la distance à l'épicentre et des phénomènes annexes, tels que l'amortissement ou l'amplification des ondes sismiques (*effets de site*, **figure 9**). La zone d'intensité maximale est appelée: épicentre macrosismique et peut être différente de l'épicentre réel. Pour un séisme donné, on fournit souvent uniquement l'intensité à l'épicentre, la plus forte généralement: c'est l'intensité épicentrale.

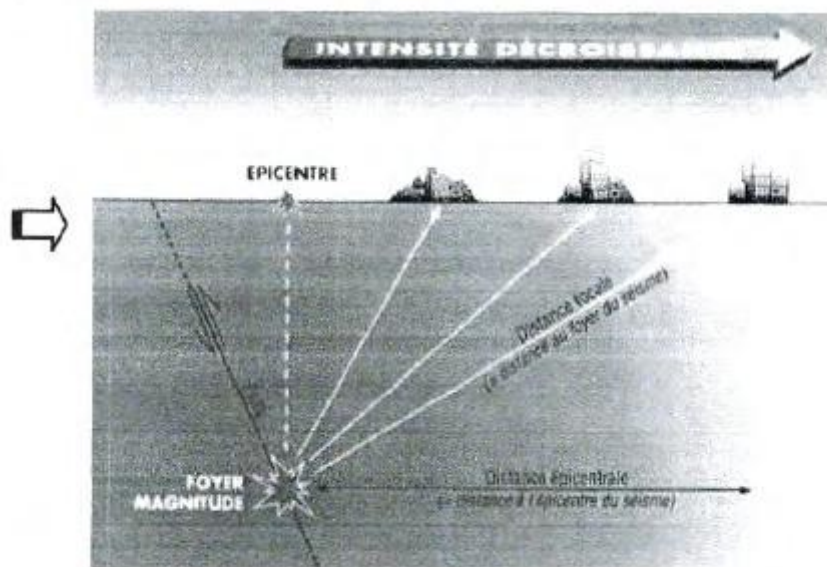


Figure 9: Origine et paramètres définissant un séisme (Internet: cgs.dz, 2004)

Plusieurs échelles d'intensité ont été définies. Les plus utilisées sont l'échelle de Mercalli qui date de 1902 et qui a été modifiée en 1956 et l'échelle MSK créée en 1964, du nom des trois sismologues européens: Medvedev, Sponheue et Karnik. Ces deux échelles comportent douze degrés notés généralement en chiffres romains de I à XII. Le nombre de victimes n'est jamais pris en compte dans ces évaluations car il dépend non seulement de l'intensité, mais du type local de construction, de la densité de population et de l'heure du séisme. Depuis peu, une nouvelle échelle a été adoptée par les pays européens: EMS 92 (European Macrosismic Scale 1992).

3.2.2 Relation entre intensité et magnitude

Il n'y a pas de relation directe entre l'intensité et la magnitude. Les deux grandeurs sont difficilement comparables. A l'inverse de la magnitude qui se calcule, l'intensité d'un séisme ne peut donner lieu qu'à une estimation. La magnitude est une valeur associée uniquement au séisme. L'intensité est liée au lieu

D'observation. En effet, un séisme de forte magnitude avec un foyer profond et dans une région peu peuplée sera peu destructeur et donc sera qualifié de faible intensité. Au contraire, un séisme superficiel, même de magnitude moindre pourra être très destructeur et donc caractérisé par une grande intensité.

BENHALLOU H. (1985) Les catastrophes sismiques de la région de Chlef dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie. Thèse de Doctorat d'Etat, USTHB, Alger, Algérie.

3.2.3 La localisation des séismes

Comme cela a été évoqué précédemment, l'activité sismique est principalement liée à la tectonique des plaques. Hors, il existe d'autres types de tremblements de terre causés par d'autres activités vitales de notre planète ainsi que, par des activités liés à l'homme. Ces séismes sont évoqués comme suit:

3.2.3.1 Les séismes inter-plaques

Dans la majorité des cas, les séismes se déclenchent en limite de plaques. C'est en effet au niveau de ces contacts que les contraintes occasionnées par la dérive des continents sont les plus fortes. Dans le monde, les zones les plus actives sont situées en Asie (Japon, Chine, Indonésie, Himalaya), au Proche-Orient (Turquie, Afghanistan), en Afrique du Nord (Algérie, Maroc) et en Amérique (Chili, Mexique, États-Unis). Séismes et volcanisme sont souvent associés sur ces limites de plaques.

3.2.3.2 Les séismes infra-plaque

Même à l'intérieur des plaques tectoniques, des failles peuvent jouer et occasionner des séismes. Généralement moins violents que les précédents, ils correspondent à des réajustements des pressions dans la croûte terrestre. Ce sont plus particulièrement ces séismes que l'on observe en France métropolitaine.

3.2.3.3 Les séismes liés à l'activité volcanique

Les éruptions volcaniques, autre phénomène associé à la tectonique des plaques, occasionnent une multitude de séismes et de microséismes. Ces derniers peuvent permettre de prédire l'imminence d'une éruption. Dans le cas d'une activité explosive (volcan de type péléen), la magnitude du séisme peut être significative.

3.2.3.4 Les séismes liés à l'activité humaine

Certaines activités humaines peuvent occasionner des séismes, généralement modérés. Il s'agit notamment de la mise en eau des barrages ou de l'exploitation des gisements souterrains (gaz, minerais, etc.). Ainsi, l'exploitation des carrières même à ciel ouvert engendre des microséismes sous l'effet de l'utilisation des explosifs.

3.3 Caractérisation d'une source sismique

Dans le cadre des études de l'aléa sismique d'une région donnée, les sources sismiques ou sismogènes sont caractérisées par plusieurs paramètres dont les plus significatifs sont:

- la localisation de la source sismique (définit la distance entre la source et le site urbain);

- le rôle tectonique c'est à dire la définition de la source en terme de faille linéaire (normale, inverse ou décrochant) ou de zone source (surface plane non matérialisée par un linéament);

- la géométrie de la source (longueur, pendage, profondeur, direction);

- la magnitude maximale des séismes et la période de retour associée à chacune des sources en failles (sources linéaires) ou zones sources (surface plane). Ces paramètres sont traités en détail ci-dessous.

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE PARASISMIQUE,
Algérie <http://www.cgs.dz>

3.4 Définition de la source

Les éléments fondamentaux intervenant dans la définition des sources sismiques sont leur localisation, leur aptitude sismique et leur rôle tectonique. La compréhension de la tectonique régionale, de l'histoire du Quaternaire et de la sismicité d'une région conduit à la définition de provinces sismotectoniques, et à l'identification de failles sources de séismes. Ces deux éléments fournissent les bases de l'évaluation des sources sismiques. Lorsque les données appropriées sont disponibles, modéliser les sources sismiques comme des failles est, d'un point de vue physique, l'approche la plus réaliste pour l'analyse de l'aléa sismique. Ce modèle est préférable à la modélisation de provinces sismotectoniques ou de zones sismiques définies principalement à partir de la sismicité historique. Une modélisation par des failles permet l'association de la sismicité avec les failles connues et permet l'utilisation des données géologiques concernant le comportement des failles pour caractériser les sources. L'utilisation des seules données sismiques peut être insuffisante pour modéliser les sources, particulièrement dans les environnements tectoniques où la sismicité historique ne couvre qu'une période relativement courte. Ceci est le cas de l'oranie où la sismicité historique ne couvre que 2 siècles environ (1790-2003). Cependant, en l'absence d'informations adéquates sur une faille spécifique, les sources sismiques peuvent être modélisées soit comme des zones sources, soit comme une combinaison de zones sources et de failles spécifiques. L'aptitude des sources sismiques potentielles à engendrer un séisme est fonction de leur rôle tectonique dans le champ actuel des contraintes et est généralement estimée à partir de la sismicité associée et de l'âge du plus récent déplacement de faille. Les techniques utilisées pour la géologie du Quaternaire peuvent faciliter l'estimation de la périodicité d'un déplacement de faille. De plus, une étude de l'association des failles avec l'activité sismique et des caractéristiques de cette sismicité peut clarifier le rôle de ces failles dans le champ des contraintes actuelles et leur aptitude à engendrer un séisme dans le futur. Le développement des modèles tectoniques pour une région et l'estimation du rôle tectonique joué par une source sismique individuelle sont le résultat de l'analyse des relations entre les données géologiques et sismologiques. Les études géologiques peuvent être utilisées pour estimer la localisation, la périodicité et le type de déformation de la croûte terrestre. Les caractéristiques de libération de l'énergie sismique, telles que profondeur focale et mécanisme au foyer, peuvent être déterminés par une modélisation détaillée des ondes sismiques obtenues par des enregistrements. Le modèle tectonique fournit les limites de la géométrie des sources sismiques ainsi que le type et le taux de déplacement sur une faille; ces limites sont importantes dans l'évaluation des relations entre la magnitude maximale des séismes et la période de retour. **CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE PARASISMIQUE,** Algérie <http://www.cgs.dz>

3.4.1 Géométrie de la source

«Certaines des premières analyses d'aléa sismique (Cornel, 1968; Milne et Davenport, 1969) émettaient l'hypothèse de modéliser les sources sismiques comme sources potentielles pour lesquelles l'énergie sismique est irradiée à partir du foyer sismique. Des études plus récentes (De Kiurghian et Ang, 1977; McGuire, 1978) ont utilisé des modèles de sources linéaires. Ces modèles considèrent la longueur de rupture de la faille pendant un séisme », citer par Boudiaf et al, 2003. L'utilisation de surfaces de rupture, au lieu de lignes de rupture, pour modéliser des sources sismiques produit des modèles d'occurrence sismique physiquement plus réalistes. Quand, pour une analyse d'aléa sismique, les sources sismiques sont modélisées par des surfaces, leurs orientations doivent être estimées dans un espace à trois

dimensions. La modélisation sismologique de la source peut fournir des informations sur la largeur et le pendage du plan de faille incliné, et qui sont contraignantes pour les modèles régionaux de l'écorce terrestre qui, à leur tour, ont des implications sur la géométrie de la source. De plus, les données géologiques et géophysiques peuvent être utilisées pour trouver l'orientation des failles.

3.4.2 Magnitude du séisme maximum

La magnitude du séisme maximum doit être estimée pour toutes les sources sismiques.

Les sources sismiques sont mieux représentées par des failles que par des zones de sources.

En effet, l'estimation des paramètres physiques des failles peut fournir des limites sur l'estimation de la magnitude maximale pour chaque source. La magnitude maximale des séismes qui se produisent sur une faille peut être estimée à partir de la géométrie de la source, du comportement de la faille, et de la sismicité historique. Plusieurs relations empiriques et analytiques ont été proposées pour l'estimation des magnitudes maximales. Ces relations relient la magnitude: (1) à la longueur de rupture de faille; (2) à la surface de rupture de faille; (3) au déplacement maximum par événement

sismique; (4) au taux de déplacement de la faille; et (5) au moment sismique. Parce qu'il existe des incertitudes dans ces relations, l'utilisation de plusieurs méthodes pour obtenir la magnitude maximale peut donner des résultats plus fiables que l'utilisation d'une seule méthode. La sismicité historique, particulièrement dans les cas où elle couvre une période assez longue et/ou dans les cas où l'activité sismique de la faille est grande, peut donner des informations utiles sur l'estimation de la magnitude maximale. Les incertitudes, associées d'une part aux paramètres de la faille utilisés dans les méthodes d'estimation de la magnitude et, d'autre part, aux relations entre ces paramètres et la magnitude, peuvent être prises en compte de manière systématique avec l'aide de techniques probabilistes. **CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE PARASISMIQUE**, Algérie <http://www.cgs.dz>

3.4.3 La récurrence sismique

La récurrence sismique ou la fréquence des séismes de diverses magnitudes est un élément important de l'analyse de l'aléa sismique. La fréquence des séismes, pour les régions étudiées, est généralement estimée à partir de la sismicité historique. Cependant, dans certains cas, cette sismicité historique ne couvre qu'une période limitée, ou est insuffisante pour estimer la fréquence des séismes de certaines failles. Dans ces cas, une étude néotectonique des failles quaternaires peut être entreprise.

Le taux de déplacement permet d'obtenir des limites sur l'énergie de déformation totale qui s'est accumulée le long de la faille et qui est potentiellement prête à être libérée. Il existe plusieurs méthodes basées sur des relations mathématiques qui associent: moment sismique, magnitude, fréquence des séismes, déplacement de la faille active ainsi que d'autres paramètres pour représenter de façon physique la source d'un séisme dans une région donnée. Des divergences entre les intervalles de récurrence sismiques obtenus soit à partir de la sismicité historique, soit à partir des taux de déplacement obtenus à la suite d'études géologiques, sont courantes. Ceci est dû aux variations, à court et à long terme, de la distribution temporelle et spatiale des séismes. Autant que possible, le choix des relations magnitude, fréquence des séismes devrait considérer ces deux sources d'informations pour les analyses d'aléa sismique.

3.5 Les effets de site

Pour un séisme de magnitude donnée, le mouvement du sol est généralement maximal à l'aplomb de la faille et décroît avec la distance. Cependant, le mouvement du sol peut varier localement (augmentation ou réduction) en raison de la topographie ou de la constitution du sous-sol. Ainsi, les reliefs et les alluvions accumulées sur de grandes épaisseurs (plaines alluviales) enregistrent généralement des désordres supérieurs par effet d'amplification. On parle respectivement d'effets de site : **topographiques** et **lithologiques** (structure et nature du sous-sol).

Les irrégularités de la surface topographique et la présence de couches géologiques souterraines de nature et de géométrie variables, peuvent accroître les effets dévastateurs d'un séisme par modification des caractéristiques du mouvement vibratoire. Les sommets des buttes, les crêtes allongées, les rebords de plateaux et de falaises sont souvent le siège d'amplifications importantes, intéressant une large gamme de constructions. La vibration sismique peut être assimilée à une addition de vibrations élémentaires possédant une amplitude et une fréquence propres. Les effets de sites peuvent conduire, par rapport au mouvement sismique de référence (dit 'au rocher horizontal') à une augmentation de l'amplitude de certaines fréquences (amplification) et à sa diminution sur d'autres fréquences.

Les caractéristiques mécaniques de certaines formations superficielles (densité, rigidité, compressibilité...), la géométrie de ces formations (empilement, remplissage de fond de vallée, contact tectonique ou stratigraphique) sont susceptibles de modifier le signal sismique. Sous l'expression générique « mouvements de terrain » sont regroupés plusieurs types de phénomènes d'instabilité des terrains, variables en fonction du mécanisme mis en jeu (évolution de l'instabilité, vitesse du mouvement durant la phase d'instabilité majeure, surface de rupture, désorganisation des terrains, etc.). En effet, un tremblement de terre induit des conséquences majeures et il en résulte, suite à la pénétration des différentes ondes sismiques dans le sous-sol plusieurs phénomènes qu'on peut qualifier d'annexes (**figure 10**). Parmi ces phénomènes on définit:

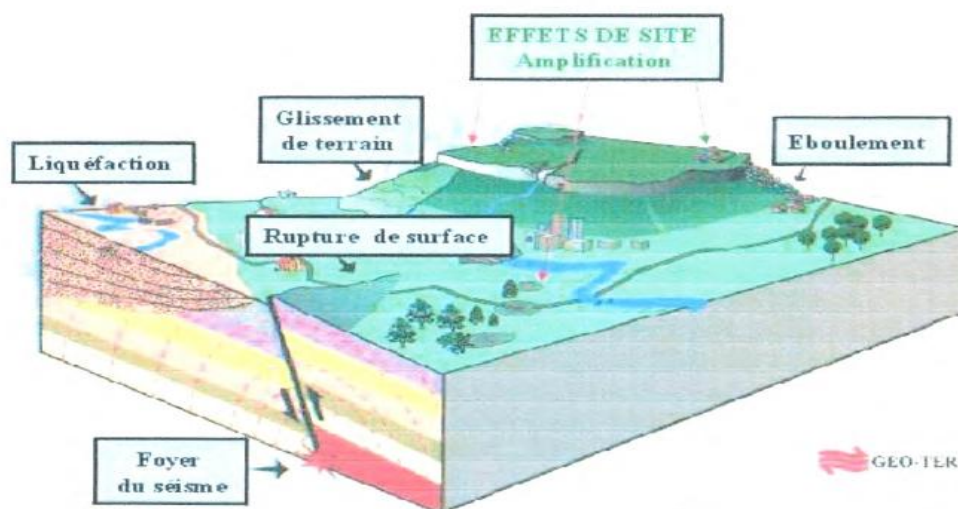


Figure 10: Bloc-diagramme illustrant les effets de site provoqués par le passage des ondes sismiques dans le sous-sol (Internet: GEO-TER.fr, 2005).

Chapitre 2

Vulnérabilité sismique des Bâtiments et aperçue historique

1 Vulnérabilité sismique des bâtiments

1.1 Introduction :

L'efficacité d'un plan d'urgence ou de réponse à un séisme vient du fait que les bâtiments puissent être capables de résister à un effondrement en cas de secousse. En ce sens, le risque sismique dans une certaine zone est lié au comportement de nos structures. En général, le risque sismique se caractérise par sa variation dans le temps et dans l'espace, il est fonction non seulement de la zone de sismicité mais aussi de la densité de la population, du niveau du développement économique et des moyens mis en œuvre pour résister à une crise post-sismique. Naturellement, la catastrophe sera d'autant plus grande que le séisme soit plus ou moins proche d'un centre urbain, ou bien que son intensité soit plus ou moins importante, tout comme la densité de la population et le niveau social de la ville. Cela représente donc plusieurs facteurs à considérer. Les mesures de prévention contre les effets d'un possible désastre sismique doivent être prises en considération de la part des collectivités territoriales ou locales. Ces mesures auraient pour objectif la réduction du risque sismique, et empêcher un impact négatif qu'aurait un tremblement de terre sur le développement économique.

Tous les centres urbains situés dans des zones de sismicité importante sont sujets à de tels risques en cas d'un séisme. La connaissance de ces risques est primordiale à l'heure d'établir un plan d'urgence. C'est pourquoi la vulnérabilité sismique des bâtiments existants joue un rôle important puisque c'est à partir de cette étude que des mesures et un plan d'urgence pourraient être établis. Une étude de la vulnérabilité sismique des bâtiments doit permettre l'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque de la résistance des bâtiments mais aussi doit permettre d'estimer l'impact qu'aurait la dégradation de tel ou tel bâtiment si celui-ci fait parti des bâtiments dits « stratégiques ». Par la suite, nous allons introduire le concept de la vulnérabilité sismique et ses relations avec les notions de risques sismiques et d'aléas sismiques.

CENTRE DE RECHERCHE EN ASTRONOMIE, ASTROPHYSIQUE ET GEOPHYSIQUE,
Algérie

1.2 Vulnérabilité sismique :

Si l'on se réfère à la terminologie proposée en 1980 par l'UNDRO –Office of the United Nations Désastres Relief Coordinateur- on entend par *Aléa sismique*, la probabilité d'occurrence d'un évènement en terme d'intensité, au cours d'une période de référence, une secousse sismique atteigne ou dépasse en ce site une certaine valeur. On entend par *Risque sismique* le degré de pertes, de destructions ou de dégâts sur une période de référence (en général un an) sur une région donnée. Les pertes se réfèrent aux vies humaines et aux biens exposés. On définit la *Vulnérabilité sismique* par le degré d'endommagement pour différents évènements. La vulnérabilité dépend des caractéristiques physiques et géométriques des bâtiments. Enfin on définit la valeur, le terme représentant la valeur de l'élément exposé. Cette valeur est de nature socio-économique. Dans le cas d'un danger sismique naturel, la valeur exposée au risque est avant tout celle du bâtiment, de leurs occupants, de leurs contenus ainsi que de leurs coûts.

Finalement, le risque peut être exprimé comme le produit de l'aléa sismique (probabilité d'occurrence), de la vulnérabilité (degré d'endommagement) et de la valeur de l'élément exposé.

$$\mathbf{Risque\ sismique = Aléa\ sismique \times Vulnérabilité\ sismique \times Valeurs}$$

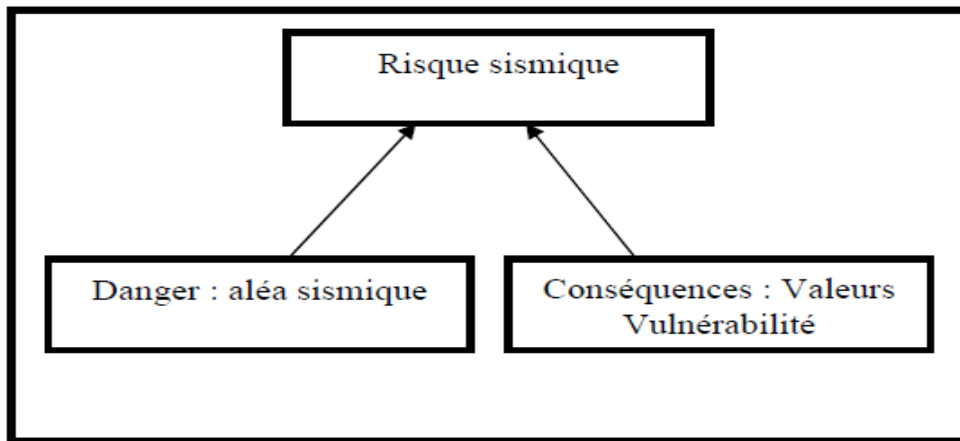


Figure 12 : le comportement intrinsèque de la structure

La vulnérabilité représente le comportement intrinsèque de la structure vis-à-vis de la probabilité d'occurrence d'un séisme. Pour mesurer les dégâts possibles que pourraient souffrir les bâtiments en cas de séismes une échelle serait de considérer des dommages variables de 0 pour un dommage nul à 1 pour la destruction complète de la structure. Pour la suite de notre étude il va falloir définir des critères pouvant être considérés comme des critères intervenant sur la solidité et la résistance de la structure vis-à-vis des tremblements de terre. **CENTRE DE RECHERCHE EN ASTRONOMIE, ASTROPHYSIQUE ET GEOPHYSIQUE**, Algérie

2 Effets du séisme sur les bâtiments

2.1 Maçonneries

Les constructions en maçonnerie ne conviennent pas en zone sismique, elles ont engendré beaucoup de

victimes notamment dans la CASBA de DELLYS, à ZEMOURI et à SIDI DAOUD.

Elles ne présentent pas un niveau d'intégrité suffisant pour résister à des secousses sismiques

2.2 Voiles en béton armé

Les constructions en voile en béton armé conviennent bien aux zones sismiques, elles se sont bien comportées. Par rapport à d'autres systèmes constructifs tels que les portiques, les structures à voiles en béton armé présentent, particulièrement en zone sismique, plusieurs avantages :

- leur présence limite les déformations latérales,
- leur rigidité permet de protéger les éléments non-structuraux et quelques poteaux existants,
- leur présence permet de s'affranchir du difficile problème pose par la réalisation du ferrailage des nœuds des portiques,
- elles permettent de ne pas être pénalisées dans le choix du coefficient de comportement en cas de panneaux de remplissage.

2.3 Portiques en béton armé

Le système porteur à base de portique pourrait convenir pour des zones de sismicité faible ou moyenne mais comme la secousse du 21 mai 2003 a été forte, les dommages ont été importants.



Photo 1 : Portique en béton armé endommagé séisme (21 mai 2003)

La plupart des maçonneries n'ont pas servi de panneaux de contreventement car elles sont situées hors du plan de travail des portiques. Pour cette configuration, il n'y a donc pas eu d'interaction entre les panneaux et les poteaux contrairement à ce que l'on rencontre habituellement dans les autres pays. Ce sont donc les portiques qui ont dû supporter toutes les sollicitations dynamiques horizontales et verticales.

CENTRE DE RECHERCHE EN ASTRONOMIE, ASTROPHYSIQUE ET GEOPHYSIQUE,
Algérie

2.4 Bâtiments d'habitation

2.4.1 Types ossature poteaux-poutres récents en béton armé

Immeubles à ossature poteaux-poutres avec un remplissage en maçonnerie.

Les bâtiments destinés aux logements sociaux sont généralement symétriques et n'ont donc pas présenté de mode de ruine en torsion. Par contre ils ont souvent péri par plastification due à la flexion des nœuds en tête et (ou) pied de poteaux (Cf photo 2 & 3). Ce mode de ruine conduit à un effondrement en planchers mille-feuilles.



Photo 2: ossature poteaux-poutres récents en béton armé endommagé séisme (mai 2003)

La section des poteaux étant souvent équivalente à celle des poutres, la plastification des nœuds s'est produite en tête ou en pied de poteau.

Le ferrailage des poteaux est généralement réalisé par 8 armatures filantes en diamètre 14 mm avec des cadres espacés tous les 15 cm en partie courante et 10 cm dans la zone nodale conformément au RPA 99. (Cf photo 2) sauf parfois où l'espacement est constant (Cf photo 3) Néanmoins les cadres sont souvent absents au cœur du nœud à l'intersection poteau-poutre



Photo 3: la plastification des nœuds

A DELLYS

L'immeuble R+4 (Cf. photo 4) qui a perdu son rez de chaussée et deux étages présentait un défaut grave de conception : les blocs d'habitation en poteaux-poutres n'étaient pas solidaires du bloc d'escalier en voile et son rez de chaussée était transparent.

Les dommages auraient pu être évités s'ils avaient été solidarisés par un voile commun (photo 4)

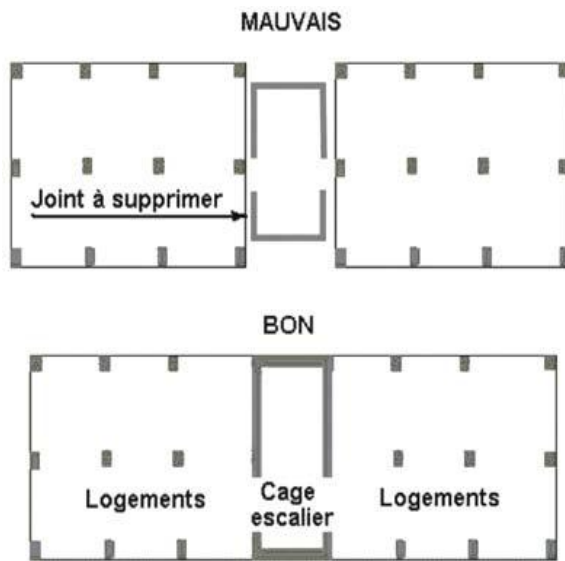


Figure 12 : vue en plan d'immeuble



Photo 4: L'immeuble R+4 avec défaut de conception

Etablissement scolaire : (Ecole de TOBAL)

Les salles de classe se situent dans un bâtiment construit sur de grands poteaux à inertie variable. Le riz de chaussée est donc transparent et il permet de servir de préau. (Cf. photo 5).

Les poteaux à inertie variable de forte section ont cependant permis de reprendre les efforts de Contreventement importants.



Photo 5: Endommagement scolaire (rapport du séisme 24 mai 2003 AFPS)

2.4.2 Etablissement hospitalier

Ville de DELLYS

L'hôpital qui date du début des années 1950 n'a eu à déplorer que des fissures dans les remplissages en maçonnerie (Cf. photo 6) typique de l'interaction panneaux-poteaux et des effondrement de parois de remplissage en briques fines (Cf. photo 6) qui se sont désolidarisées de l'ossature poteau-poutre dans des ouvrages plus récents.



Photo 6: hôpital de Dellys 1950 (rapport du séisme 24 mai 2003 AFPS)

3 Aperçue historique et sismique de la ville de Mostaganem.

3.1 Aperçu historique

L'importance historique la ville de Mostaganem a fait de cette dernière une ville hautement considérée par la présence de vestiges et monuments historiques qui témoignent et confirment le rôle qu'a joué Mostaganem et sa région à travers des siècles de succession de civilisations.

✓ Antiquité

La ville fut occupée d'abord par les phéniciens sous le nom de Murustaga, puis reconstruite par les Romains qui lui donnèrent au temps de Gallien (218-268), le nom de Cartenna. Aperçue

✓ Période islamique

Certains attribuent la fondation aux almoravides qui durant le XI siècle en furent les maîtres.

C'est sous le règne de l'Almoravide Youssef Ibn Tachfine (1061-1106) que l'on attribue en 1082, la fondation du Bordj el M'Hal (actuellement prison civile).

Après lui, Mostaganem appartient aux Zianides de Tlemcen, puis aux Mérinides de Fès, dont l'un d'eux Abou El Hassan Ali Ibn Abi Saïd fit construire la grande Mosquée à Tebbana (1341-1342).

Au début du 16^{ème} siècle, s'établissait à Mostaganem la dominance de Hamid El Abd, issu de la tribu les Banu Hilal appelés les M'Hals. Hamid El Abd entoura la ville de remparts, construisit de nombreux silos sur les hauteurs à l'endroit même où fut construit plus tard le quartier de Matmore. **MEDD (2005)**. Programme national de prévention du risque sismique. 32 p.
Milutinovic Z. V. and Trendafiloski G. S. (2003) WP4: Vulnerability of current buildings. Risk-UE.

✓ **Période espagnole**

Après avoir occupé Mers El Kebir en 1501, Oran en 1509, les espagnols s'installent à Mostaganem en 1511 suite à une capitulation signée avec les Marabouts et Cheikhs de cette ville. Les espagnols régneront sur la ville jusqu'en 1516, date d'arrivée des Turks.

✓ **Période Ottomane**

La ville passe sous la domination turque en 1516. En fait l'importance de la cité date de l'occupation des Turks. Ils y installèrent une garnison et agrandirent son enceinte. Mostaganem et sa région ont abrité de nombreux Maures d'Espagne, qui ont construit de nombreux quartiers et villages et fondé de grandes exploitations agricoles. Le commerce avec l'Espagne (et avant avec l'Andalousie était aussi très actif).

✓ **Période coloniale**

L'occupation française de la ville commença le 28 juillet 1833. En mai 1837 et suite au traité de la Tafna, Mostaganem et sa région revenait définitivement aux français.

Cette occupation passera par plusieurs ; chacune d'elles se distinguera par son empreinte, son type d'organisation et ses modes d'implantation.

✓ **1833-1848**

Cette période marque le début de l'occupation militaire, le quartier EL Matmore se voit ainsi transformé en garnison militaire. La grande mosquée de Tebbana servit de caserne. Durant cette phase, l'urbanisme colonial avec sa forme orthogonale se répand autour de la ville ancienne et plusieurs opérations ont été réalisées :

- nouvelles places construites (place d'Armes)
- immeubles d'habitations collectives avec les RDC réservés aux commerces
- hôpital militaire
- gare ferroviaire

1849-1909

Les difficultés économiques et la recherche de nouvelles sources de développement dont l'agriculture ont fait que cette période a connu une urbanisation lente.

Plusieurs quartiers ont vu le jour, il s'agit de :

- quartier de la Marine (Nord Ouest)
- quartier de la Pépinière (Sud Ouest)
- quartier Beymouth (Sud)
- Quartier Saint Jules (Est)

En parallèle, l'achèvement de la ligne de chemin de fer en 1900 (Mostaganem, Relizane, Tiaret) permit à la ville d'être liée à l'arrière pays (acheminement des produits agricoles et les matières premières

✓ 1910-1962

L'essor de la viticulture contribue au développement économique et assuré une extension spectaculaire de la ville. De nouveaux quartiers se sont implantés (Mont Plaisir à l'Est), certains se sont rejoints (Beymouth, Saint-Jules, et Raisinville). Il ya eu l'étalement des quartiers de Tidjditt et la Pépinière. L'inauguration de l'hôtel de ville, imposant édifice au centre ville, permit d'asseoir le pouvoir colonial.

Le plan de Constantine permet la création des habitations à loyer modéré (HLM) au nord de Tidjditt (la cité Foncière) **MEDD (2005)**. Programme national de prévention du risque sismique. 32 p. Milutinovic Z. V. and Trendafiloski G. S. (2003) WP4: Vulnerability of current buildings. Risk-UE.

✓ La période d'indépendance

Sur une dizaine d'années après l'indépendance, faute d'investissements conséquents, l'urbanisation a été relativement lente. Seuls quelques projets structurants ont été réalisés tels le siège de la wilaya (architecture arabo mauresque) mais également des projets modestes (écoles primaires) et surtout l'achèvement des programmes HLM (programme de Constantine).

Dés les années 70, avec la politique d'équilibre régional, Mostaganem a bénéficié d'un programme de développement conséquent qui touchera tous les secteurs d'activité économique. Un instrument de planification urbaine (PUD) tracera les grandes orientations de son expansion urbaine.

Le noyau central avec ses trois entités historiques précoloniales et coloniales (Derb-Tebbana, Tidjditt et El Matmore) sera vite englouti dans les nouvelles extensions.

- Au Sud Ouest, Salamandre la balnéaire, sera désormais un quartier de l'agglomération
- Au Sud vers Mazagan, ce sera l'habitat collectif et individuel qui assurera la jonction avec la ville
- Au Nord Est vers Kharouba, de grands projets structurants verront le jour tels le nouveau pôle universitaire, la sureté urbaine, la protection civile, un institut de formation professionnelle, des cités universitaires et le nouvel hôpital

La partie donnant sur la mer sera par contre dominée par l'habitat individuel et semi collectif.

On constate que l'espace bâti a augmenté à un rythme annuel de 7,34% entre 1977 et 2000, c'est-à-dire qu'en l'espace de 23 ans, la ville de Mostaganem a vu sa superficie bâtie multipliée par 1,5 fois (169% exactement).

3.2 Evaluation du parc logement de la ville de Mostaganem (chef- lieu)

Habitat	Voirie	Equipements	Espaces verts	Espaces d'investissement	Total
30 %	20 %	20 %	15 %	15 %	100 %
167 ha	111 ha	111 ha	83 ha	83 ha	555 ha

Tableau 1:Répartition globale du foncier selon les fonctions urbaines (Prise à partir de la direction DUC de (Mostaganem))

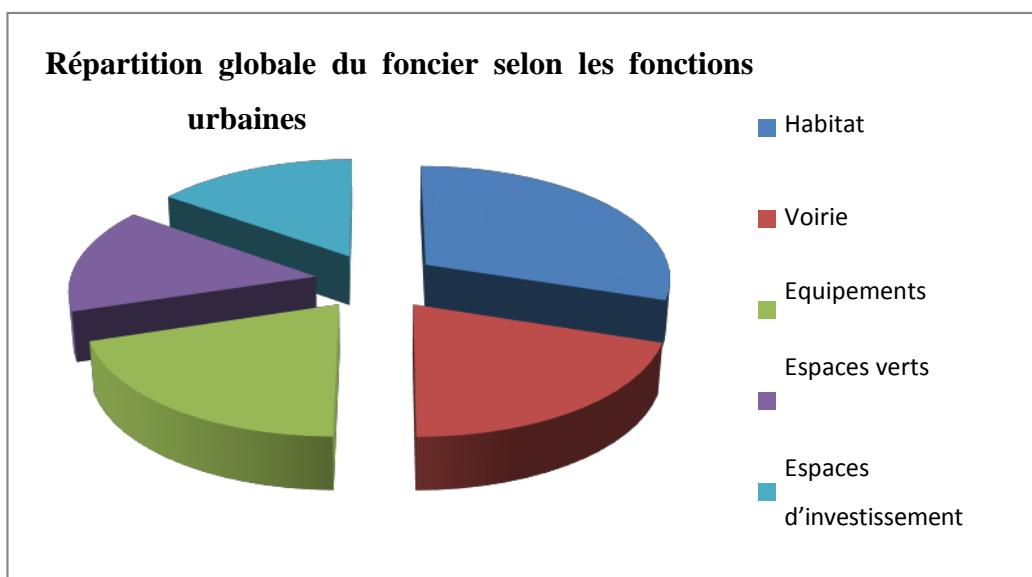


Figure. 1.9– Répartition globale du foncier selon les fonctions urbaines (Prise à partir de la direction DUC de Mostaganem)

Conclusion :

Cette première partie avait pour objectif de présenter les conséquences plus ou moins graves que peut occasionner un tremblement de terre sur les vies humaines et les biens matériels. Il paraît inéluctable donc, qu'une prise de conscience de la part des collectivités s'impose.

Il s'agissait dans un premier temps de passer en revue l'ensemble des règlements et des textes régissant la conception parasismique, avant de se pencher à adopter une méthode d'évaluation du risque sismique. Pour se faire, nous avons essayé de passer en synthétiser les cas de pathologie post sismique communément observés suite à l'occurrence des événements sismiques.

A partir de ces informations, nous avons essayé de proposer une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments existants sur la base d'une approche qualitative inspirée de celle utilisée dans le cadre du projet RISK-UE.

Chapitre 3

Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité sismique par approche RISK-UE

1 Approche du projet européen RISK-UE(2003) Im1

1.1 Description :

Cette méthodologie a été développée par les institutions partenaires du projet RISK-UE (AUTH, BRGM, CIMNE, CLSMEE, IZIIS, UTCB, UNIGE) dans le cadre du Work Package 4 relatif à l'évaluation de la vulnérabilité du bâti courant. Ce projet avait pour but d'analyser le risque sismique à l'échelle d'une ville, et d'aboutir à la création d'une méthodologie permettant l'évaluation des risques.

Deux méthodes ont été établies pour évaluer la vulnérabilité des bâtiments :

- une méthode macrosismique, le niveau 1, reposant sur l'affectation aux bâtiments d'un indice de vulnérabilité, définissant des courbes de vulnérabilité et de fragilité,
- une méthode mécanique, le niveau 2, basée sur des analyses analytiques de la structure basée sur des modélisations dynamiques ou des modélisations simplifiées.

On ne s'intéressera pas au niveau 2 puisqu'il s'agit d'une méthode quantitative.

La méthode macrosismique (niveau 1) repose sur l'évaluation d'un indice de vulnérabilité pour un bâtiment donné, indice qui est fonction de la typologie constructive du bâtiment ainsi que de différents facteurs susceptibles de modifier son comportement. A partir de cet indice, il est possible de définir, en fonction de l'intensité macrosismique de l'EMS-98, des courbes de vulnérabilité, qui permettent d'évaluer la répartition des probabilités de dommages sur le bâtiment.

L'indice de vulnérabilité du bâtiment (V_I) est compris entre 0 et 1. Les valeurs proches de 1 correspondent aux bâtiments les plus vulnérables. Il s'obtient en faisant la somme de 4 termes :

- V_I fonction de la typologie du bâtiment,
- ΔV_m représentant l'influence des différents facteurs pouvant modifier le comportement,
- ΔV_r prenant en compte le jugement de l'expert concernant les particularités régionales de la vulnérabilité pressentie lors de l'observation,
- ΔV_f prenant en compte l'incertitude du relevé de la typologie et des facteurs de vulnérabilité

Le terme V_I est donné par une matrice dans laquelle un indice de vulnérabilité est affecté à chaque type de bâtiment. 23 typologies de bâtiments sont caractérisées dans cette matrice.

Le terme ΔV_m est évalué en sommant 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 (voir tableau 2.1). Ce recensement nécessite un simple examen visuel extérieur.

Le terme ΔV_r est laissé à l'appréciation de l'enquêteur. Le terme ΔV_f peut prendre deux valeurs suivant que les facteurs de vulnérabilité ont été relevés ou non. Cet indice de vulnérabilité peut être établi pour un bâtiment ou pour un ensemble de bâtiment. A cet indice de vulnérabilité est associée une

incertitude. En effet la matrice de typologie de bâtiment propose pour chaque typologie spécifique le terme VI^* (indice de vulnérabilité le plus probable) et les termes $[VI^- ; VI^+]$ (limites de l'intervalle plausible de VI) et $[V_{I \min} ; V_{I \max}]$ (limites inférieure et supérieure des valeurs possibles de VI). En sommant ces valeurs limites de V_I^* aux autres termes ($\Delta V_m ; \Delta V_R ; \Delta V_f$), il est possible d'obtenir une marge d'erreur de l'indice global de vulnérabilité.

A partir de cet indice a lieu l'évaluation de la répartition des probabilités de dommages sur le bâtiment en établissant des courbes de vulnérabilité puis des courbes de fragilité. Les courbes de vulnérabilité exprimant le taux de dommage moyen, sont établies en fonction de l'intensité macrosismique I de l'EMS 98 et de l'indice VI .

L'utilisation par la suite d'une loi de distribution de dommages permet de passer du taux de dommage aux degrés de dommage EMS 98 nécessaire pour établir les courbes de fragilité. Les courbes de fragilité sont définies pour un degré de dommage EMS-98 D_k donné. Elles fournissent, en fonction de l'intensité macrosismique, la probabilité d'atteindre ou de dépasser ce degré D_k .

Cette méthode a été appliquée sur la ville de Nice par le BRGM.

➤ **Champ d'application**

Cette méthode **s'applique aussi bien à un bâtiment pris isolément qu'à un groupe de bâtiment**. Pour un groupe de bâtiment, le terme

$VI^* = \sum t_i q_i V_i^*$ où q_i est le pourcentage de bâtiment appartenant à une catégorie spécifique. On obtient de la même manière les termes $\Delta V_m, \Delta V_r$.

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

➤ **Données et compétences nécessaires**

● **Données nécessaires**

Les fiches de relevé des facteurs de vulnérabilité étant très sommaires, un simple **examen visuel extérieur suffit**.

● **Compétences à mobiliser**

Pour établir la fiche de relevé, peu de connaissances en bâtiment sont nécessaires. Une des difficultés est de déterminer la typologie du bâtiment et de connaître la signification de certains termes spécifiques. (« Poteaux courts » ; « transparence »). Certains critères restent cependant d'accès problématique comme par exemple l'efficacité de la connexion entre éléments horizontaux et verticaux pour des bâtiments en maçonnerie. Cette partie de la méthode pourrait donc être mise en œuvre par un technicien généraliste après une formation.

Un autre problème consiste à établir le terme ΔV_r dont la valeur sert à ajuster l'indice de vulnérabilité obtenu, en fonction de l'appréciation de l'enquêteur. Celui-ci doit donc avoir des

compétences dans le domaine de la conception parasismique. Cette partie de la méthode devra finalement être mise en œuvre par un **technicien spécialisé en génie parasismique**.

L'évaluation de la répartition des probabilités de dommage sur le bâtiment est une partie rapide et facile puisque l'ensemble des courbes de vulnérabilité et de fragilité possibles peut être programmé sur un outil de type tableur. Cette étape de la méthode **est donc réalisable par un technicien généraliste**

1.1.1 Évaluation qualitative de la présomption de vulnérabilité

La méthode RISK-UE de niveau 1 peut se décomposer en trois étapes

✓ Étape 1 : Estimation de l'indice de vulnérabilité V_I

1- Déterminer l'indice VI^* fonction de la typologie du bâtiment

		Description	Valeurs de VI représentatives				
			VI^{\min}	VI	VI^*	VI^+	VI^{\max}
Structure en maçonnerie	M1	Murs porteurs en maçonnerie de pierres					
	M1.1	Moellons	0.62	0.81	0.873	0.98	1.02
	M1.2	Pierres appareillées	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
	M1.3	Pierres de taille	0.30	0.49	0.616	0.793	0.86
	M2	Adobe	0.62	0.687	0.84	0.98	1.02
	M3	Murs porteurs en maçonnerie non armé					
	M3	Planchers bois	0.46	0.65	0.74	0.83	1.02
	M3.1						
	M3.2	Voûtes en maçonnerie	0.46	0.65	0.776	0.953	1.02
	M3.3	Planchers avec poutrelles métalliques et maçonnerie	0.46	0.527	0.704	0.83	1.02
	M3.4	Planchers en béton armé	0.30	0.49	0.616	0.793	0.86
	M4	Murs porteurs en maçonnerie armée ou confinée	0.14	0.33	0.451	0.633	0.70
	M5	Maçonnerie globalement renforcée	0.30	0.49	0.694	0.953	1.02
Structure en béton armé	RC1	Structures poteaux-poutres en béton armé	-0.02	0.047	0.442	0.80	1.02
	RC2	Murs porteurs en béton armé	-0.02	0.047	0.386	0.67	0.86
	RC3.1	Système poteaux/poutres avec mure de remplissage en maçonnerie non armé					
	RC3.1	Murs de remplissage en maçonnerie,	-0.02	0.007	0.402	0.76	0.98

		structure régulière					
	RC3.2	Structures poteaux-poutres irrégulières	0.06	0.127	0.522	0.88	1.02
	RC4	Structures mixtes en béton armé (portiques et murs)	-0.02	0.047	0.386	0.67	0.86
	RC5	Murs préfabriqués en béton armé (tilt-up walls)	0.14	0.207	0.384	0.51	0.70
	RC6	Structures préfabriquées en béton armé	0.30	0.367	0.544	0.67	0.86
Structure en acier	S1	Ossatures métalliques en portique	-0.02	0.467	0.363	0.64	0.86
	S2	Ossatures métalliques avec triangulation	-0.02	0.467	0.287	0.48	0.70
	S3	Portiques + remplissage en maçonnerie non armée	0.14	0.33	0.484	0.64	0.54
	S4	Portiques + murs en béton armé coulés en place	-0.02	0.047	0.224	0.35	0.54
	S5	Structure mixte béton-acier	-0.02	0.257	0.402	0.72	1.02
Bois	W	Structures en bois	0.14	0.207	0.447	0.64	0.86

Tableau 2 : Détermination de l'indice VI* fonction de la typologie du bâtiment

La matrice donne également les termes V_I^- et V_I^+ limites de l'intervalle plausible des valeurs de V_I ainsi que les valeurs de V_I^{\min} et V_I^{\max} limites inférieure et supérieure des valeurs possibles de V_I .

1.2 Déterminer le facteur ΔV_m représentant l'influence de paramètres autres que la typologie sur la réponse de la structure aux sollicitations sismiques.

Le facteur ΔV_m est calculé comme la somme de facteurs de vulnérabilité V_m correspondant aux différents paramètres identifiés.

$$\Delta V_m = \sum V_m$$

La méthode Risk-UE de niveau 1 comme présentée dans le Work Package 4 donne des valeurs de V_m seulement pour les structures en maçonnerie (M) et celle en béton armé (RC). Les structures métalliques (S) et en bois (W) ne sont pas traitées.

➤ Valeurs des facteurs V_m pour les bâtiments en maçonnerie

Facteurs de vulnérabilité	Paramètres	Valeurs de V_m
État d'entretien	Bon	-0.04
	Mauvais	+0.04
Nombre d'étages	Construction peu élevée (1 ou 2)	-0.02
	Moyennement élevée (3, 4 ou 5)	+0.02

	Élevée (6 étages ou plus)	+0.06
Système structural	Épaisseur des murs Distance entre les murs Connections entre les murs (tirants, cornières d'assemblage) Connections entre éléments horizontaux et verticaux (diaphragmes)	-0.04 à +0.04
Étage souple	Transparence, démolition	+0.04
Irrégularité en plan		+0.04
Irrégularité en élévation		+0.02
Éléments résistants superposés		+0.04
Toiture	Poids de la toiture + poussée sur les murs Connections de la toiture	+0.04
Interventions de confortement		-0.08 à +0.08
Éléments asismiques	Barbacanes, contreforts, arcs	
Interaction entre bâtiments : position dans l'îlot	Au centre	-0.04
	En coin	+0.04
	En tête d'îlot	+0.06
Interaction entre bâtiments : élévation	Planchers décalés	+0.02
	Bâtiments de hauteurs différentes	-0.04 à +0.04
Fondations	Fondations à des niveaux différents	+0.04
Morphologie du sol	Pente	+0.02
	Escarpeement	+0.02

Tableau 3: Détermination de l'indice V_m fonction de la typologie du bâtiment

➤ **Valeurs des facteurs V_m pour les bâtiments en béton armé**

Facteurs de vulnérabilité		Niveau de la réglementation		
		Pas de code PS ou niveau bas de protection PS	Niveau de protection PS moyen	Haut niveau de protection PS
Niveau de code		+0.16	0	-0.016
Mauvais entretien		+0.04	+0.02	-0.04
Nombre d'étages	Faible (1 ou 2)	-0.04	-0.04	-0.04
	Moyen (3, 4, ou 5)	0	0	0
	Élevé (6 ou plus)	+0.08	+0.06	+0.04

Irrégularité en plan	Forme	+0.04	+0.02	0
	Torsion	+0.02	+0.01	0
Irrégularité en élévation		+0.04	+0.02	0
Poteaux courts		+0.02	+0.01	0
Fenêtre arquée (bow window)		+0.04	+0.02	0
Joint parasismique insuffisant		+0.04	0	0
Fondations	Semelles filantes	-0.04	0	0
	Semelles filantes avec longrines	0	0	0
	Semelles isolées	+0.04	0	0
Morphologie du sol	Pente	+0.02	+0.02	+0.02
	Escarpement	+0.04	+0.02	+0.04

Tableau 4 : Valeurs des facteurs V_m pour les bâtiments en béton armé

1.3 Évaluer le facteur ΔV_R de vulnérabilité régionale

Ce facteur permet de prendre en compte les propriétés de typologies spécifiques à un niveau régional. Son évaluation se fait sur la base d'un jugement d'expert ou sur l'interprétation de données de vulnérabilité existantes (retour post-sismique par exemple).

1.4 Calculer l'indice de vulnérabilité VI .

L'indice de vulnérabilité VI est la somme de l'indice typologique V_I^* , du facteur ΔV_m et du facteur ΔV_R de vulnérabilité régionale.

$$VI = V_I^* + \Delta V_m + \Delta V_R$$

Etape 2 : Estimation du dommage moyen μ_D

$$\mu_D = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{1 + 6.25VI - 13.1}{2.3} \right) \right]$$

Cette équation a été établie selon les graphes suivants :

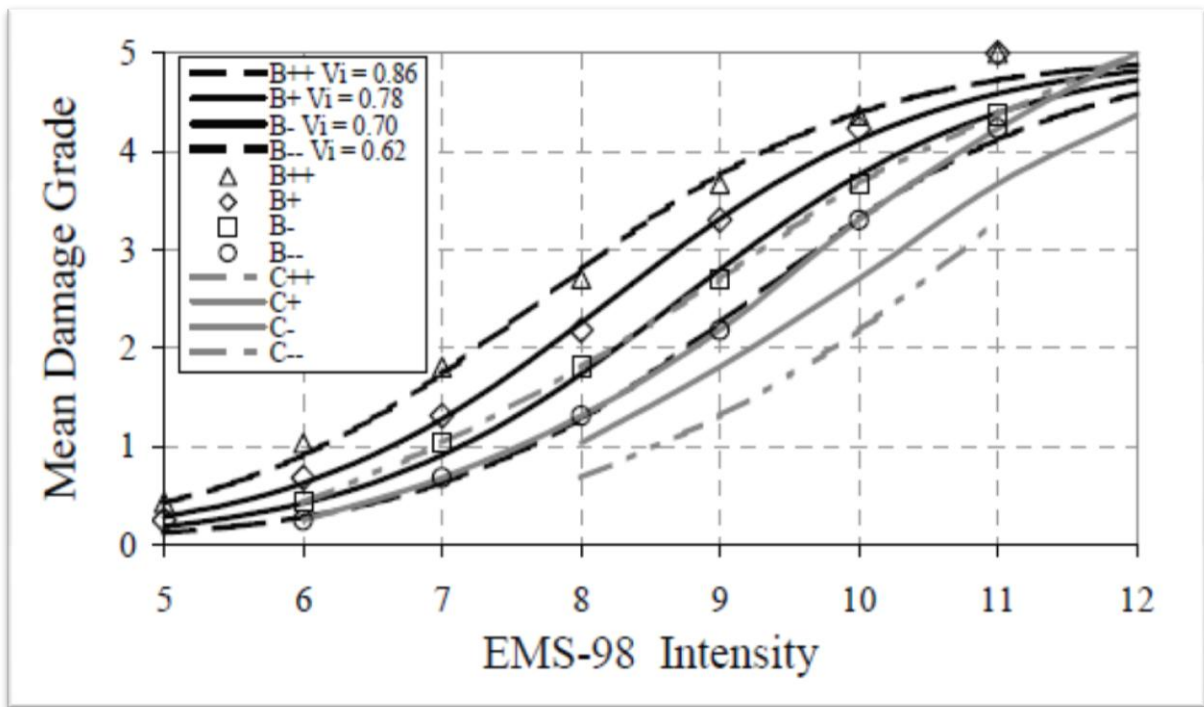


Figure 12: répartition des dommages moyens en fonction des intensités

L'intensité macrosismique I et l'échelle des degrés de dommage à laquelle se rapporte μD sont celles développées dans l'EMS98.

Etape 3 : Estimation de la distribution de dommages **(Matrice de probabilité de dommages et** **courbe de fragilité)**

La distribution des dommages est calculée en utilisant une distribution bêta.

Densité de probabilité

$$p_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

Fonction de distribution cumulée :

$$P_{\beta}(x) = \int_a^x p_{\beta}(\varepsilon) d\varepsilon$$

Avec les paramètres :

$$a = 0$$

$$t = 8$$

$$b = 6$$

$$r = t (0.007 \mu_D^3 - 0.052 \mu_D^2 + 0.2875 \mu_D)$$

Probabilités discrètes :

La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k s'écrit sous la forme :

$$p_k = P_\beta(k+1) - P_\beta(k)$$

Courbe de fragilité :

La courbe de fragilité définissant la probabilité d'atteindre ou de dépasser un niveau de dommage k est obtenue directement de la fonction de distribution cumulée.

$$P(D \geq D_k) = 1 - P_\beta(k)$$

Remarque

La méthode RISK-UE de niveau 1 a été utilisée par le BRGM sur la ville de Nice avec quelques modifications. **MAGHRAOUI M. (1988)** Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie, Paléosismologie,

1.5 Classification des dégâts aux bâtiments (degrés de dommages) selon l'échelle EMS 98 :

Initialement développée pour qualifier l'intensité d'un séisme, l'échelle macrosismique européenne (EMS) sert aussi à l'évaluation et à la prédiction des dommages en cas de séisme éventuel. L'échelle EMS-98 associe 15 types de structures, dont sept en maçonnerie, aux classes de vulnérabilité A à E, A étant la plus vulnérable. Le type de structure est défini par la qualité du matériau et du système de contreventement qui ont un effet sur la réponse du bâtiment (*Voir Figure 13*).

Type de structure		Classe de vulnérabilité					
		A	B	C	D	E	F
MAÇONNERIE	Moellon brut, pierre tout venant	○					
	Brique crue (adobe)	○—					
	Pierre brute	┆...○					
	Pierre massive		┆—○—┆				
	Non renforcée, avec des éléments préfabriques	┆...○—┆					
	Non renforcée, avec des planchers en béton armé		┆—○—┆				
	Renforcée ou chaînée		┆...○—┆				
BÉTON ARMÉ	Ossature sans conception parasismique (CPS)	┆...—○—┆					
	Ossature avec un niveau moyen de CPS		┆...—○—┆				
	Ossature avec un bon niveau de CPS			┆...—○—┆			
	Murs sans CPS	┆...○—┆					
	Murs avec un niveau moyen de CPS		┆...○—┆				
	Murs avec un bon niveau de CPS			┆...○—┆			
ACIER	Structures en charpente métallique			┆...—○—┆			
BOIS	Structures en bois de charpente		┆...—○—┆				
		○ Classe de vulnérabilité la plus probable; — Intervalle probable; ... Intervalle de probabilité plus faible, cas exceptionnels					

Figure 13 : Typologies EMS-98 associées à une classe de vulnérabilité.

Les statistiques autour des dommages enregistrés sur les structures montrent, en effet, que le niveau de dommage est contrôlé par les caractéristiques du système résistant (type d'éléments verticaux et horizontaux). Par ailleurs, l'introduction de cinq niveaux de dommage facilite la définition de l'intensité sismique et de la probabilité qu'a une structure de subir ce niveau de dommage (Combes cure, Gueguen et Lebrun, 2005). Les résultats sont présentés sous forme de matrice de dommages probables (DPM) ou de courbes de vulnérabilité où le dommage est associé à la probabilité de dépassement.






Echelle EMS 98, Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie	
Degré 0 (D0) : dégâts nuls)	
	<p>Degré 1 (D1) : Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux) Fissures capillaires dans très peu de murs. Chute de petits débris de plâtre uniquement. Dans de rares cas, chute de pierres descellées provenant des parties supérieures des bâtiments.</p>
	<p>Degré 2 (D2) : Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés) Fissures dans de nombreux murs. Chutes de grands morceaux de plâtre. Effondrement partiel des cheminées</p>
	<p>Degré 3 (D3) : Dégâts sensibles à importants (dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants) Fissures importantes dans la plupart des murs. Les tuiles des toits se détachent. Fractures des cheminées à la jonction avec le toit; défaillance d'éléments non structuraux séparés (cloisons, murs pignons).</p>
	<p>Degré 4 (D4) : Dégâts très importants (dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants) Défaillance sérieuse des murs; défaillance structurale partielle des toits et des planchers.</p>
	<p>Degré 5 (D5) : Destruction (dégâts structuraux très importants) Effondrement total ou presque total.</p>

Figure 14 : Classification des dommages du bâti en maçonnerie selon EMS-98 ⁶

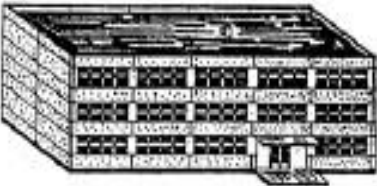


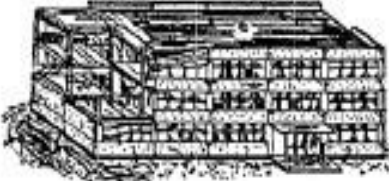

Classification des dégâts aux bâtiments en BETON ARME	
(Degré 0 (D0) : dégâts nuls)	
	<p>Degré 1 (D1) : Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structurel, légers dégâts non structuraux)</p> <p>Fissures fines dans le plâtre sur les parties de l'ossature ou sur les murs à la base. Fissures fines dans les cloisons et les remplissages.</p>
	<p>Degré 2 (D2) : Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)</p> <p>Fissures dans les structures de types portiques (poteaux et poutres) et dans les structures avec murs. Fissures dans les cloisons et les murs de remplissage ; chute des revêtements friables et du plâtre. Chute du mortier aux jonctions entre les panneaux des murs.</p>
	<p>Degré 3 (D3) : Dégâts sensibles à importants (dommages structuraux modérés, dommages non structuraux importants)</p> <p>Fissures dans les poteaux et dans les nœuds à la base de l'ossature et aux extrémités des linteaux des murs avec des ouvertures. Ecaillage du revêtement de béton, flambement des barres d'armature longitudinale.</p> <p>Fissures importantes dans les cloisons et les murs de remplissage, défaillance de certains panneaux de remplissage.</p>
	<p>Degré 4 (D4) : Dégâts très importants (Dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)</p> <p>Fissures importantes dans les éléments structuraux avec défaillance en compression du béton et rupture des barres à haute adhérence ; perte de l'adhérence acier-béton ; basculement des poteaux. Eroulement de quelques poteaux ou d'un étage supérieur.</p>
	<p>Degré 5 (D5) : Destruction (Dégâts structuraux très importants)</p> <p>Effondrement total du rez-de-chaussée ou de parties de bâtiments.</p>

Figure 15: Classification des dommages du bâti en béton armé selon EMS-98

Chapitre 4

Etude scénarios

1 Scénario du risque sismique sur les constructions de la ville de Mostaganem

La réalisation de scénario sismique consiste à croiser les données issues de l'aléa sismique (intensités) avec celles issues de l'analyse de la vulnérabilité. Les analyses du système urbain vont permettre d'interpréter les scénarios en termes de dommages fonctionnels. Il nous est donc possible d'estimer le niveau de dommage des différents bâtiments, les coûts directs liés à ces dommages ainsi que les préjudices humains (décès et blessés). Des analyses du dysfonctionnement du système suite aux séismes de scénario sont également menées. **MAGHRAOUI M. (1988)** Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie, Paléosismologie,

1.1 Zone de couverture d'étude des bâtiments.

Mostaganem est une ville côtière située à 360 km à l'ouest d'Alger et à 80 km à l'est d'Oran. La ville de Mostaganem est bâtie en amphithéâtre, la ville se divisait en deux petites agglomérations distinctes et séparées par un vallon fertile où coule l'oued Ain-Sefra.

Actuellement, elle se compose d'une ville neuve, très étendue, et d'une vieille ville, plus compacte, accrochées de part et d'autre à un profond ravin creusé (l'oued d'Ain-Sefra).

La position géographique stratégique et la richesse du site ont conféré à Mostaganem un caractère de ville historique, témoin d'un passé prestigieux représentatif d'un patrimoine architectural et culturel encore vivace. Mostaganem est également une ville dynamique, accueillante et grouillante, qui tout en gardant tant bien que mal un caractère ancien ne cesse de se développer et de s'étendre sur des territoires autrefois agricoles.



La présente recherche concerne l'expertise des constructions de différents typologies constituant L'université d'ITA et quelques bâtis qui se situent à côté de cette dernière, et qui sont situés dans le cœur du chef lieu de la wilaya de Mostaganem comme présentés dans les figures ci-dessous (**voir figure16**). Ce projet est coordonné avec les municipalités concernées et aussi avec des administrations locales (DLEP, DUC, DPAT ...).

Localisation du chef lieu de la wilaya de Mostaganem

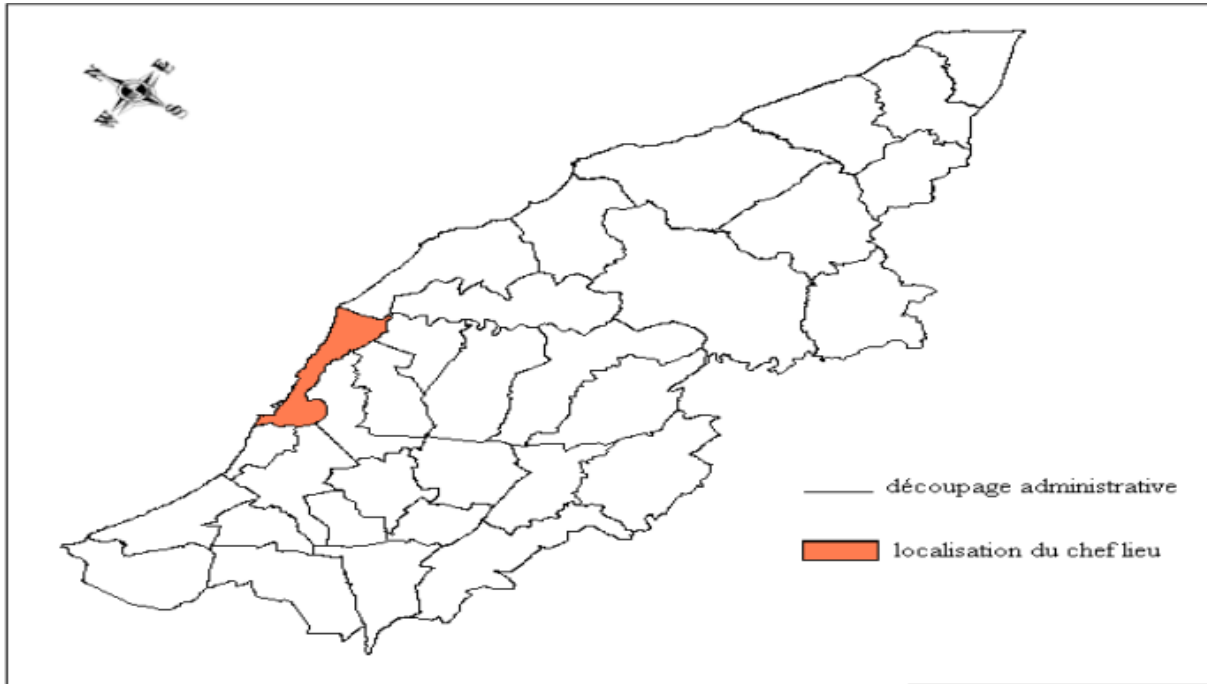


Figure 16: Carte de la wilaya de Mostaganem (format Mapp info).

1.2 Localisation de la zone d'étude

A partir de la carte susmentionnée la plupart des constructions expertisé se trouvent à l'intérieur du périmètre urbain de la ville de Mostaganem, grâce aux plans directeur d'aménagement urbain de la ville de Mostaganem (BDAU Mostaganem), nous avons défini notre zone d'étude qui comporte l'université d'ITA ainsi un centre urbain adjacent à cette dernière. **(Voir figure 17)**

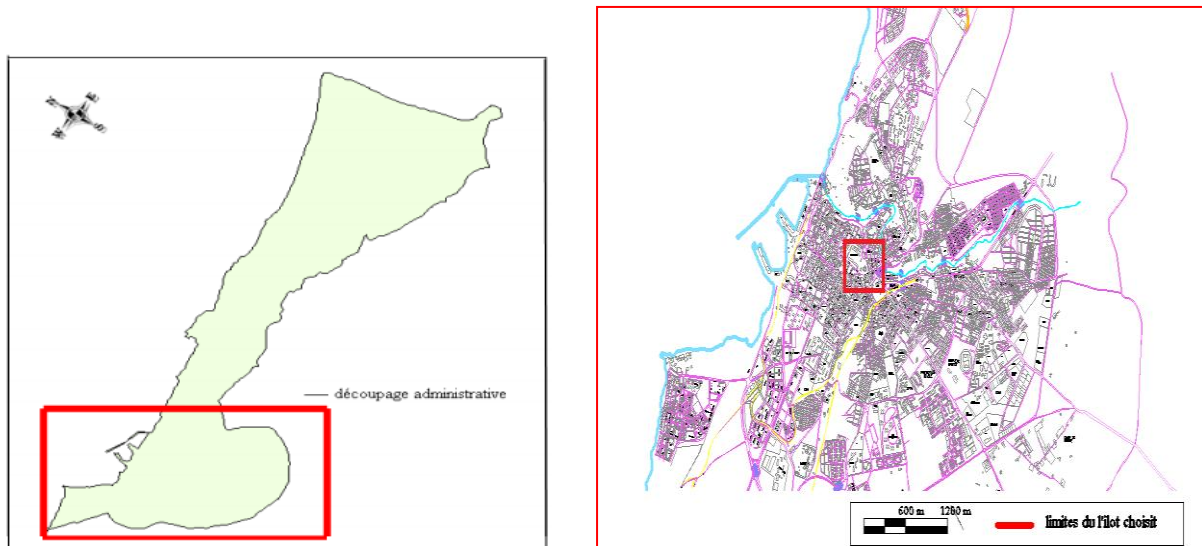


Figure 17: Localisation de la zone d'étude dans la carte de Mostaganem (URBOR Mostaganem)

1.3 Distribution des constructions dans la zone d'étude

La zone d'étude qu'a été définie précédemment contient des constructions de différentes typologies (maçonnerie, béton armé ...etc.), donc la figure sous-coté montre la distribution des différents structures examiner sur le lieu de travail. (Voir figure18)



Figure 18: la zone d'étude contenant 40 constructions des différentes typologies.



Figure 19 : Localisation de la zone d'étude (Google earth)

1.4 Catégorie des constructions diagnostiquées

La plupart des constructions choisîtes sont à usage administrative, (équipement) recevant publics, notre site contient aussi des immeubles a usage d'habitation et commerciale (Voir figure 20)

Tableau01 : catégories des bâtis expertisés.

Usage de construction	Equipements	Habitas collectif	Total
Constructions d ilot choisissent	28	12	40
Pourcentage	70%	30%	100%

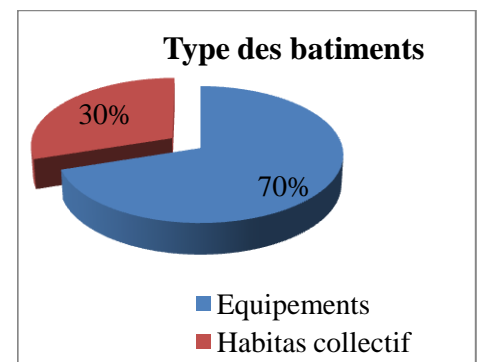


Figure 20: Catégories des constructions expertisées

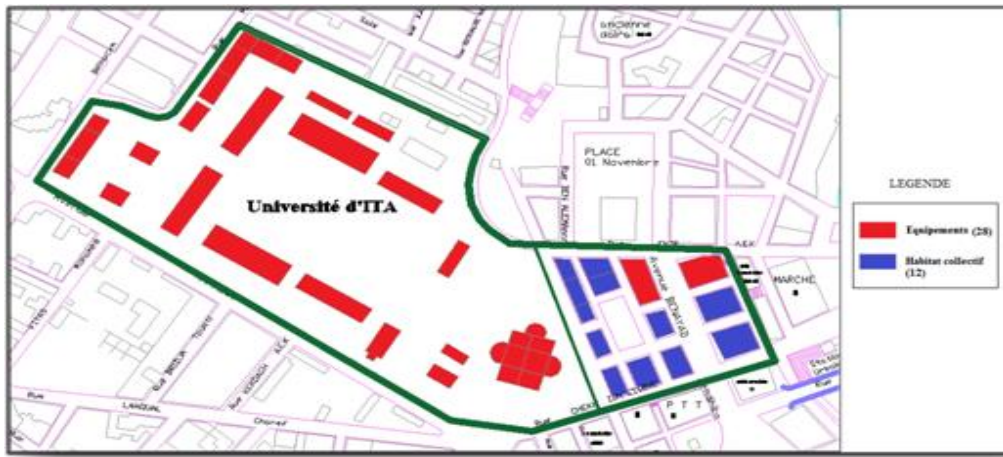


Figure 21: Catégories des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude

1.5 Missions d'enquête sur le terrain d'étude

Missions d'enquête des bâtiments ont été menées par inspection visuelle pour identifier les sources générales de la vulnérabilité sismique des 40 bâtiments existants. Pour chaque bâtiment expertisé, une fiche d'enquête a été établie (**Voir figure 22**) dans laquelle sont consignés les informations sur la conception technique, les conditions topographiques, le type de construction, l'âge du bâtiment, le nombre d'étages, l'histoire de la construction, les dommages et réparations ainsi que travaux d'extension.

FORMULAIRE D'INVENTAIRE POUR LES BATIMENT DE LA VILLE DE MOSTAGANEM

Nom :..... date...../...../.....

N° de formulaire d'inventaire :.....

District :.....

Ilot :.....

Adresse :.....

Type de construction :

Bâtiment Maison individuelle Hangar Mosquée

Précaire autres (préciser).....

Usage de construction :

Habitation Hôpital Commerciale Administrative
Sports industriel école socioculturel
Hydraulique autres (préciser).....

Type de structure :

Béton armé Maçonnerie Acier Bois
Autres (préciser).....
Si béton armé : Portique Voile Duo
Si Maçonnerie : Confiné Non confiné

Date de construction (approximative):

Avant 1981 1981-1999 2000-2003 après 2003
Nombres des étages : Nombres de sous-sol :
Existence de sous-sol oui non

Dimension de structure :

X = Y = nombre de baies :

Régularité en plan :

Régulier Irrégularité modérée Irrégulier

Régularité en élévation :

Régulier Irrégularité modérée Irrégulier

Implantation de la construction :

sur un terrain instable (règlement) oui non
au bord d'une falaise oui non
en haut ou en bas d'une colline oui non
à la frontière d'une rivière oui non
sur un rough avec rupture de pente significative oui non

la construction est à : coin milieu isolé

s'il existence de joint sismique : épaisseur :cm

Etat général de la construction :

Bon

moyenne

mauvais

Observation générale :

Figure 22: Formulaire d'inventaire pour les bâtiments de la ville de Mostaganem

Nous avons remplis la fiche de diagnostique susmentionnée pour chaque construction présélectionnée afin que nous permettions identifier les sources générales de la vulnérabilité sismique des bâtis constituant la zone d'étude.

Photo 7: construction a usage Administratif (BEA) situé à l'intérieure de la zone d'étude cette photo prise à partir de la ville de Mostaganem



Photo 8: construction a usage Administratif (université d'ITA) situé à l'intérieure de la zone d'étude cette photo prise à partir de la ville de Mostaganem

Formulaire pour le diagnostique des bâtiments de ce projet.

Missions d'enquête sur le terrain

Missions d'enquête des bâtiments pour 40 installations existantes.

Formulaire d'information du bâtiment de l'enquête:

- Conception technique du bâtiment ;
- Condition topographique ;
- Type de construction;
- L'âge de l'immeuble;
- Nombre d'étages;
- Nombre des sous-sols;
- l'histoire des bâtiments, dommages, réparation Travaux d'extension, ...etc.

1.6 Date et type des constructions diagnostiqué

Date et type des constructions expertisées	Nombres des constructions	%
structure en maçonnerie (date <1980)	27	67,5
structure en béton armé (date >1980)	13	32,5
Totale	40	100

Tableau02 Date et type des constructions surveillées.

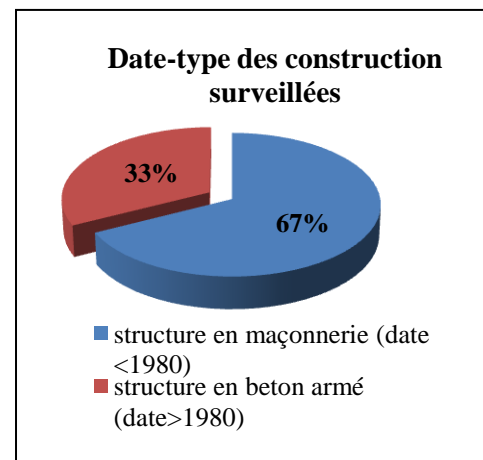


Figure 23: Date et type des constructions expertisées (diagnostiquées)

1.7 Typologies des constructions expertisées

La grosse partie des bâtis expertisés sont en maçonnerie à usage administrative, les constructions en béton armé présente un pourcentage faible par rapport a la totalité des constructions choisit. (Voir figure 11)

Tableau 3: Typologies des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.

type des constructions expertisées	Nombres des constructions	%
structure en maçonnerie	27	67,5
structure en béton armé	13	32,5
total	40	100

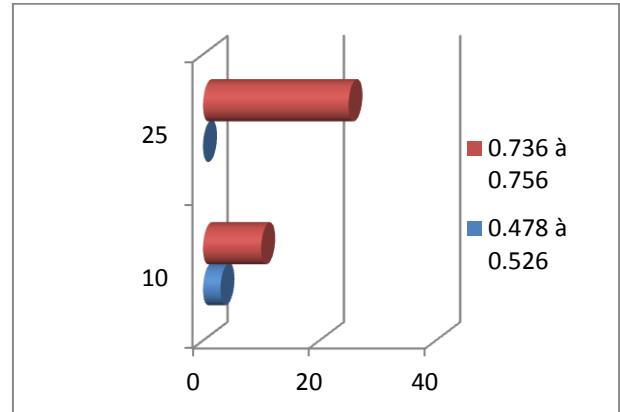


Figure 24: Typologies des constructions existantes et leurs disruptions dans la zone d'étude.



Figure 25: Typologies des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.

1.8 Dates des constructions par rapport au séisme 1980.

Le séisme 1980 est la seule référence qui a une influence importante sur la vulnérabilité des bâtis existants vis-à-vis de l'application de ce règlement sur les constructions neuves et historiques. (Voir figure 26)

Tableau 5: date des constructions existantes leurs distributions dans la zone d'étude

Date et type des constructions expertisées	Nombres des constructions	%
structure en maçonnerie (date <1980)	27	67,5
structure en béton armé (date >1980)	13	32,5
total	40	100

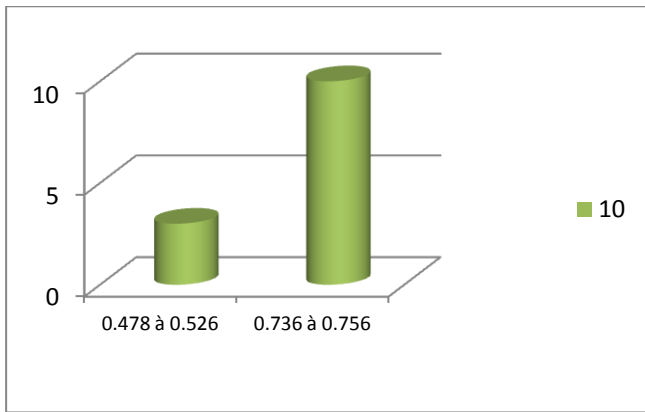


Figure 26: date des constructions existantes leurs distributions dans la zone d'étude

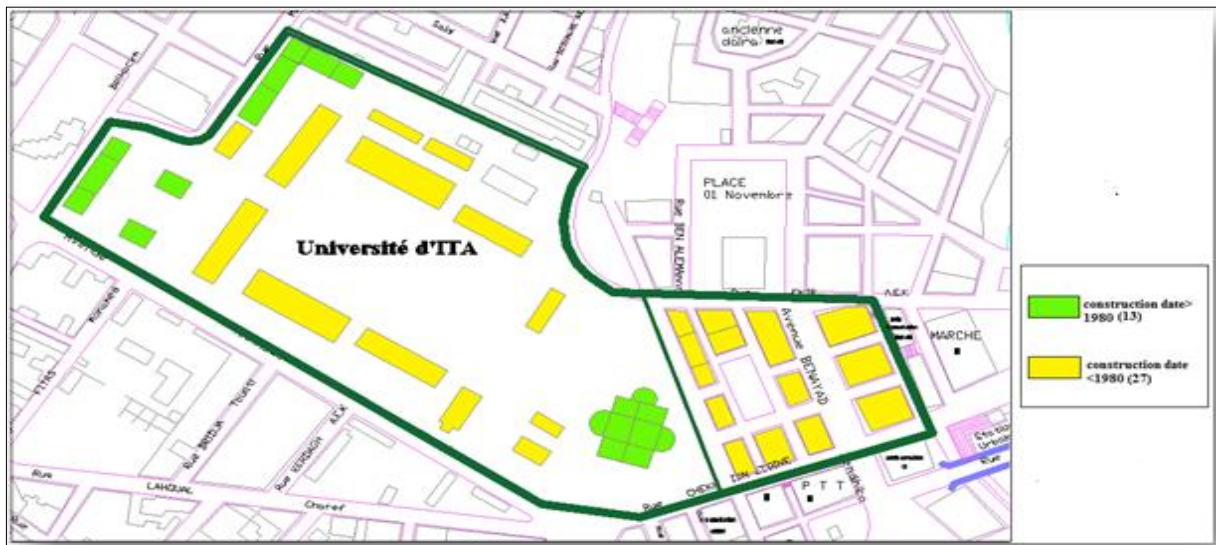


Figure 27: date des constructions existantes et leurs distributions dans la zone d'étude.

1.9 Estimation de l'indice de vulnérabilité pour les bâtiments interrogés

Les résultats des valeurs de l'indice de vulnérabilité obtenus pour les bâtiments sont présentés Dans la carte ci-dessous.

Tableau 6: distributions des indices de vulnérabilité des constructions existants dans la zone d'étude.

Les indices de vulnérabilité	Nombre des constructions	%
0.310 à 0.388	10	25
0.478 à 0.526	3	7.5
0.736 à 0.756	10	25
0.840 à 0.870	6	15
0.921 à 1.04	11	27.5
total	40	100

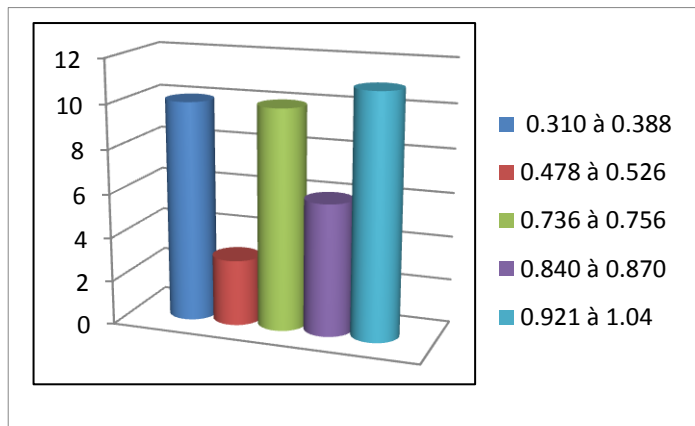


Figure 28 : distribution des indices de la vulnérabilité des constructions existantes dans la zone d'étude.

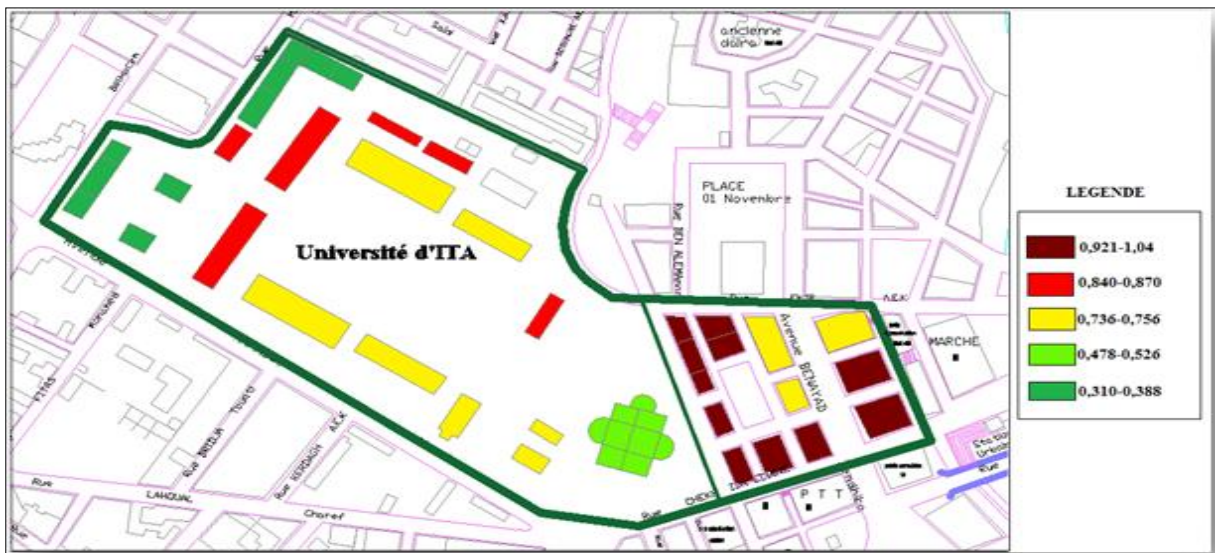


Figure 29: distributions des indices de vulnérabilité des constructions existants dans la zone d'étude.

2 Estimation de degrés des dommages moyens et présentation des courbes de vulnérabilité

2.1 Estimation degrés des dommages moyens pour les constructions en maçonnerie

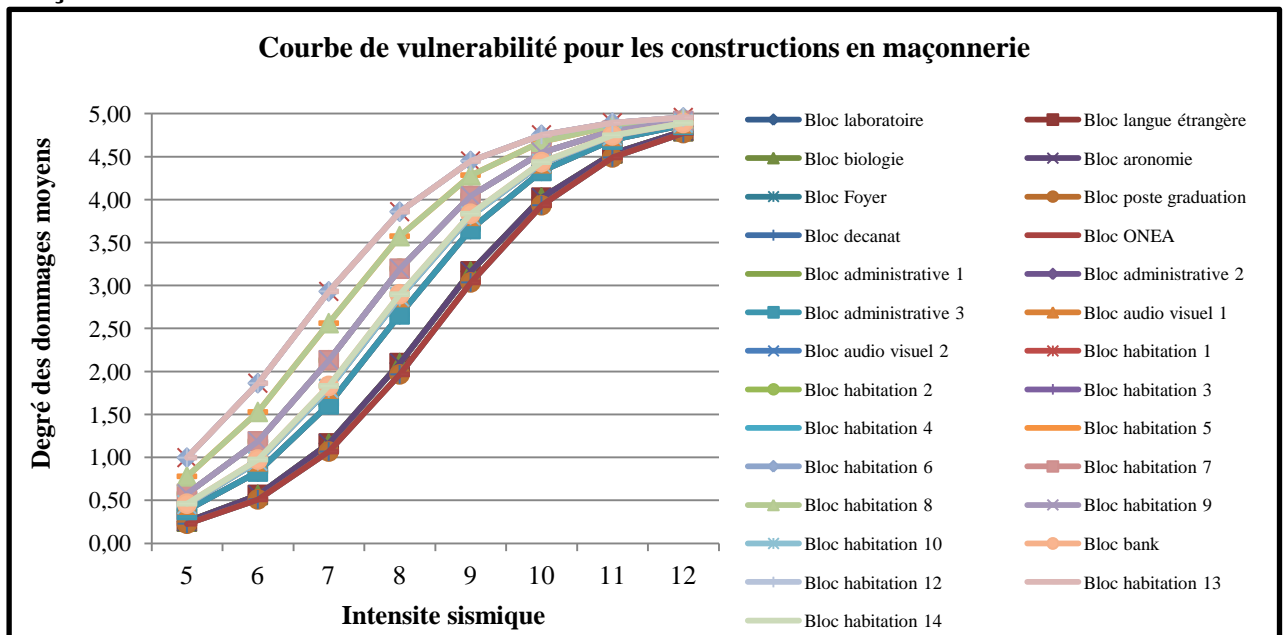


Figure 30: Estimation des dommages moyens pour les constructions en maçonnerie

2.2 Estimation de degrés des dommages moyens pour les constructions en béton armé

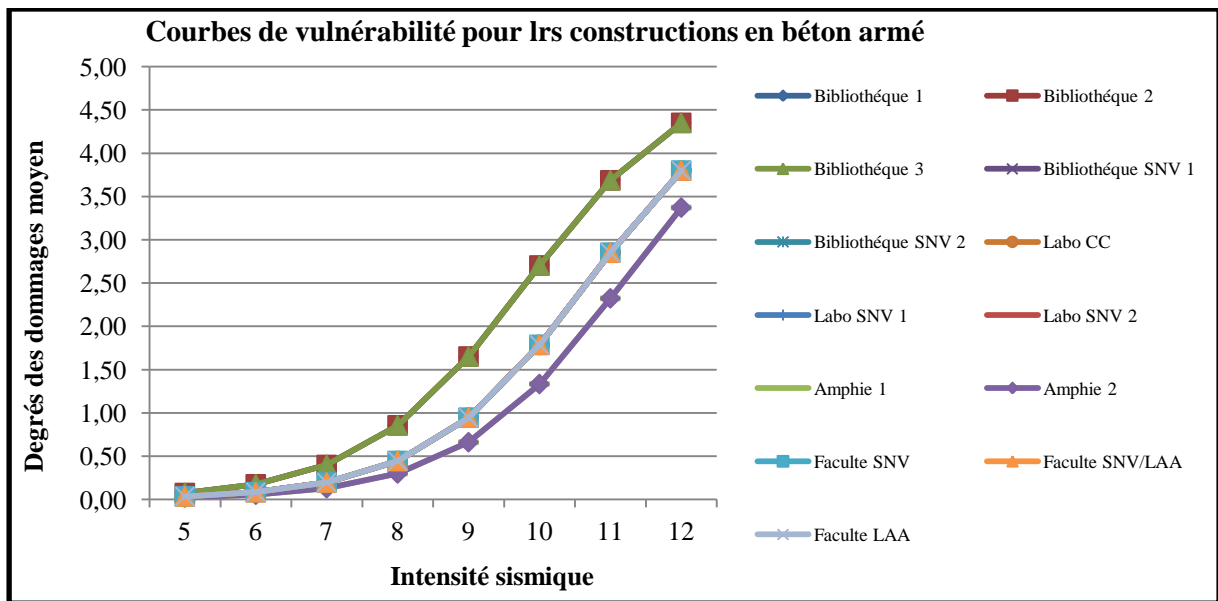


Figure 31: Estimation des dommages moyens pour les constructions en béton armé

3 Distribution des dommages et scénarios sismique de déférentes intensités

3.1 Scénario sismique pour Intensité I=5

3.1.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

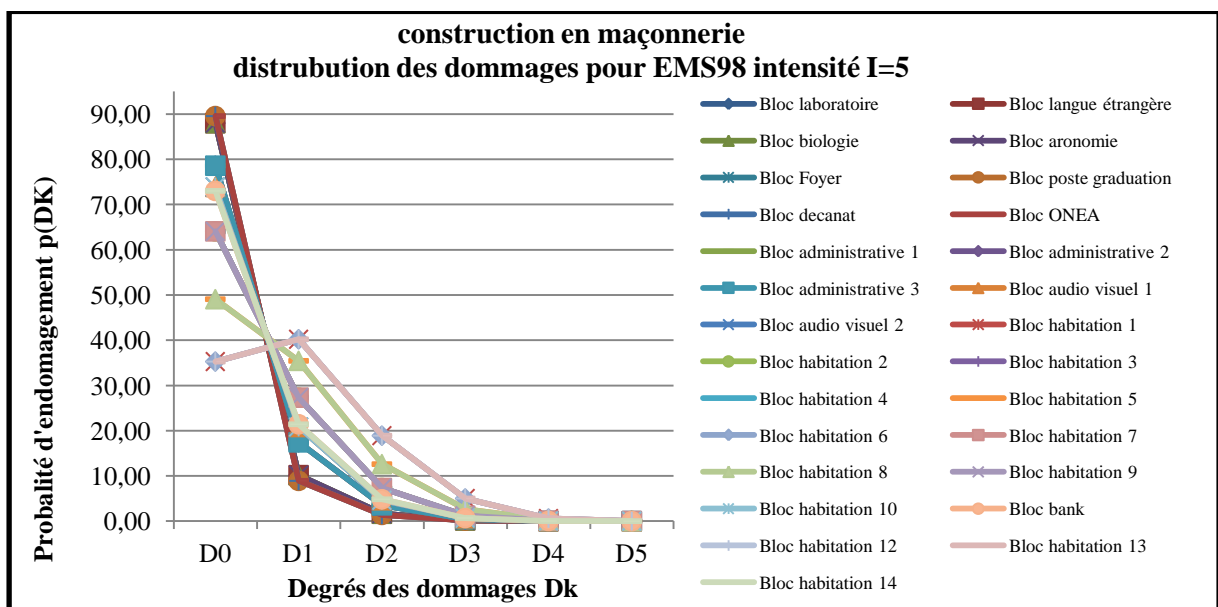


Figure 32: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.1.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

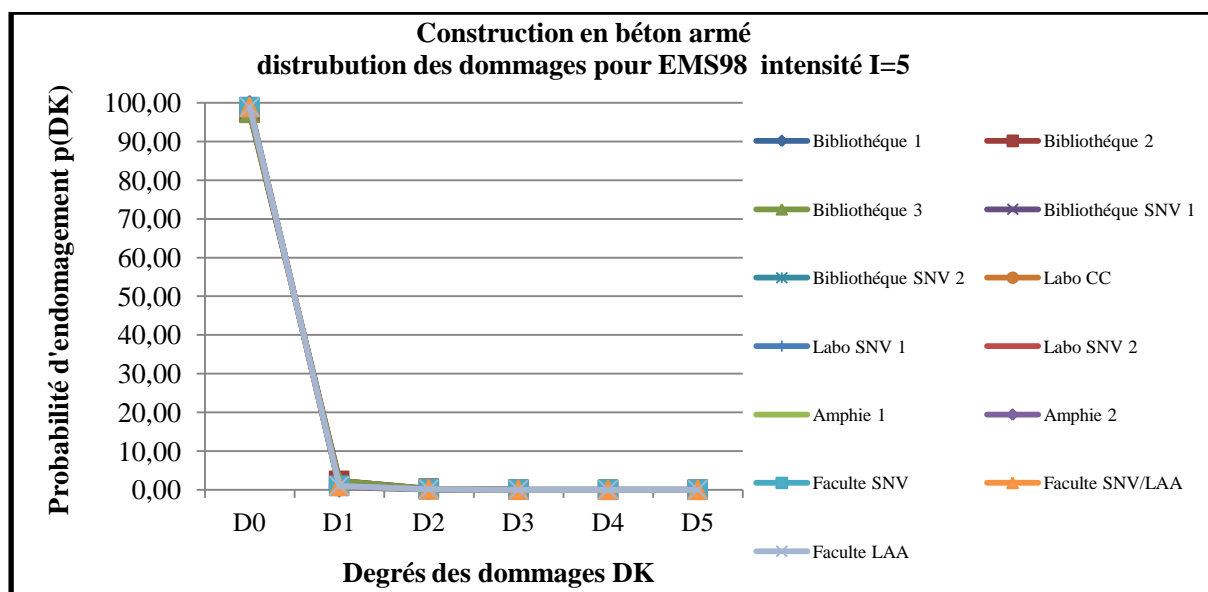








Figure 33: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.1.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=5

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Construction en maçonnerie date < 1980	23	4	--	--	--	--
Construction en béton armé date < 1980	13	--	--	--	--	--
Totale	36	4	0	0	0	0
%	90%	10%	0	0	0	0

3.2 Scénario sismique pour Intensité I=6

3.2.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

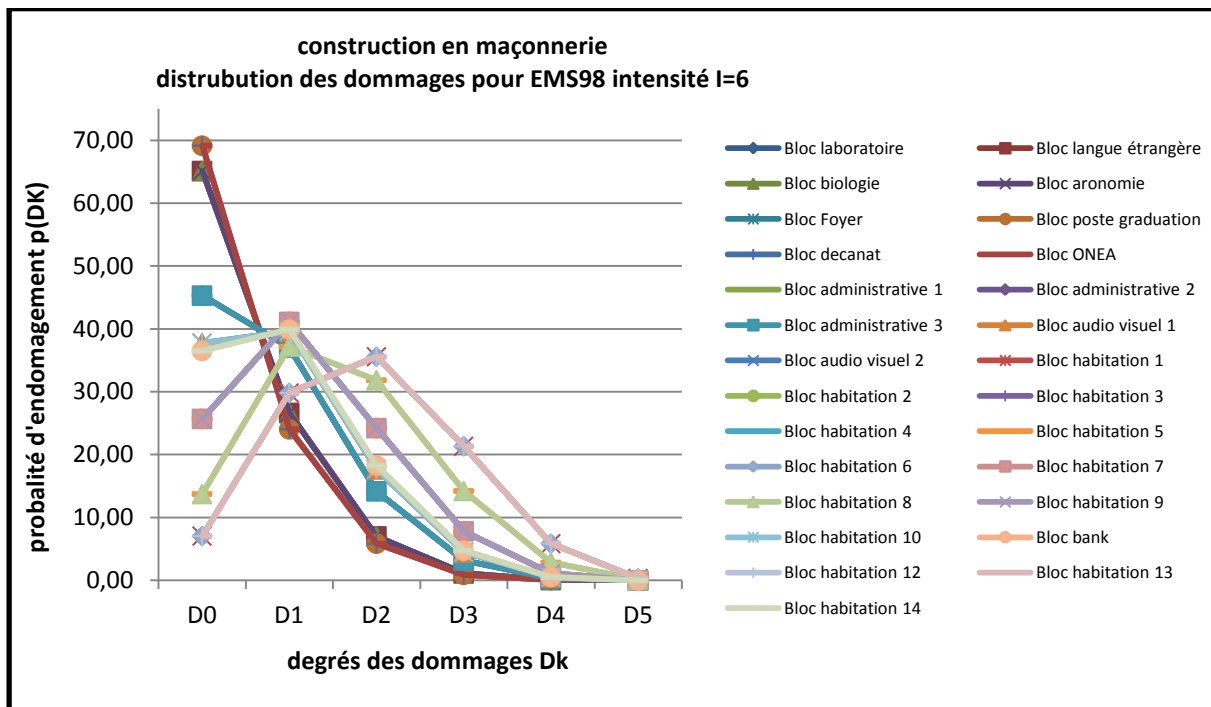


Figure 34: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.2.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

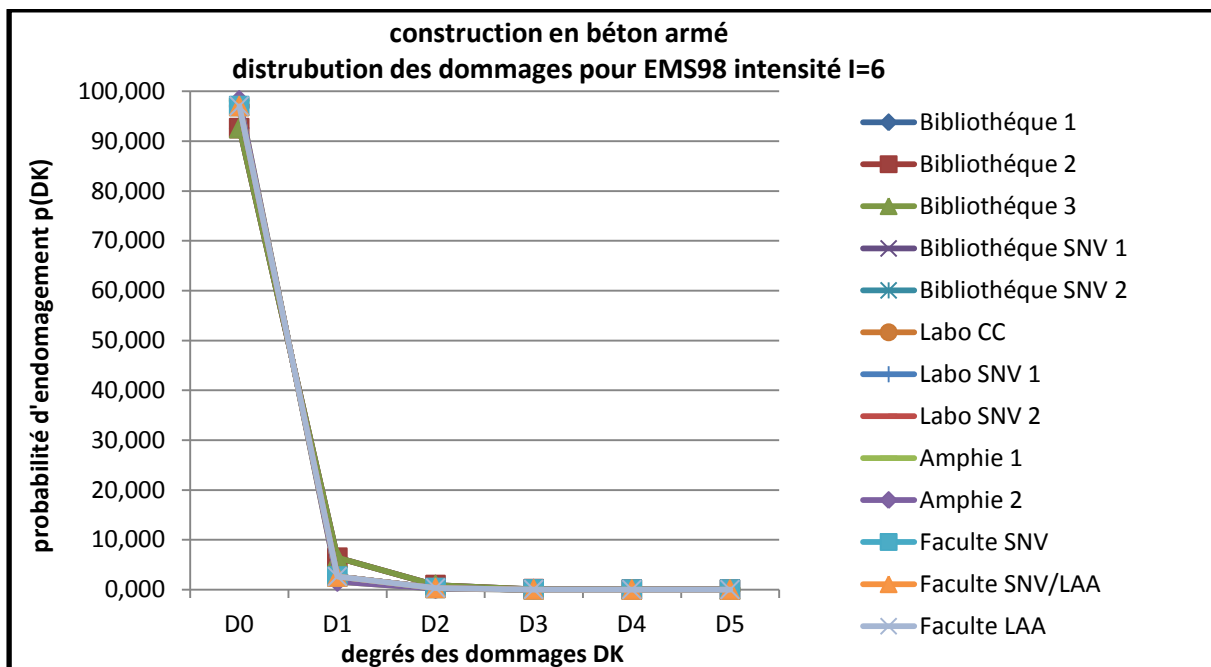








Figure 35: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.2.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=6

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Construction en maçonnerie date < 1980	11	12	4	--	--	--
Construction en béton armé date < 1980	13	--	--	--	--	--
Totale	24	12	4	0	0	0
%	60%	30%	10%	0	0	0

3.3 Scénario sismique pour Intensité I=7

3.3.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

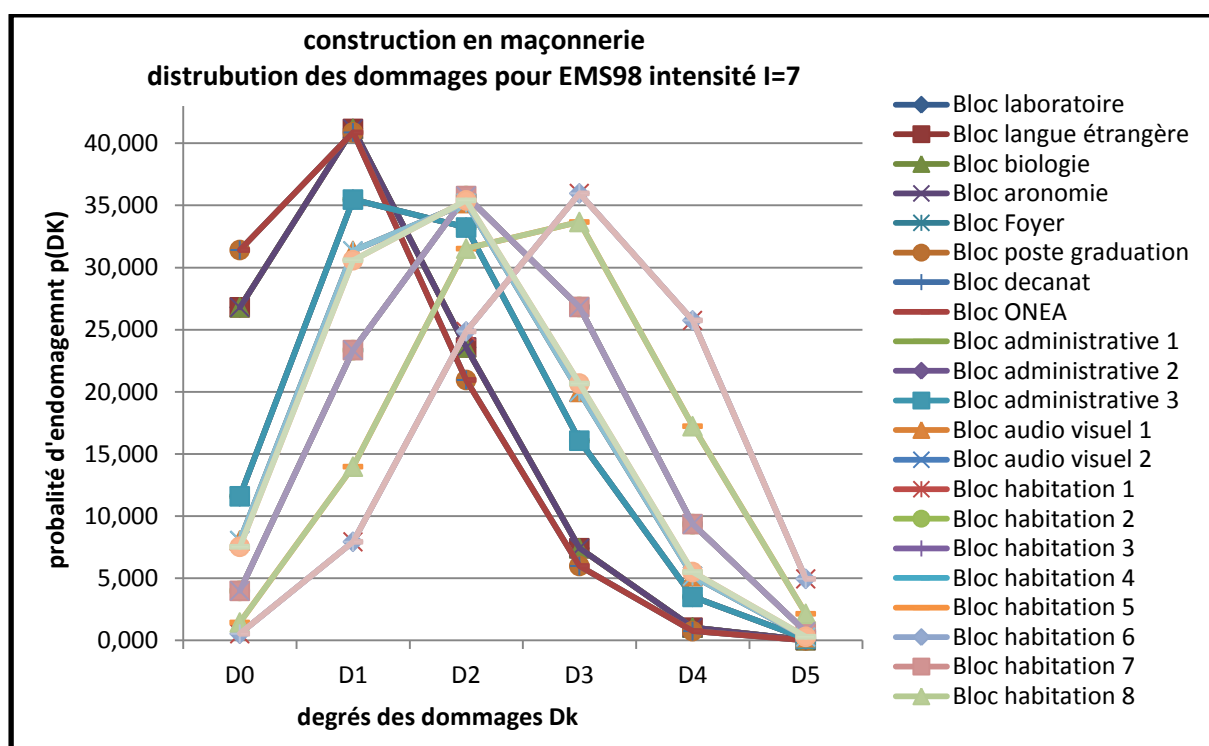


Figure 36: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.3.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

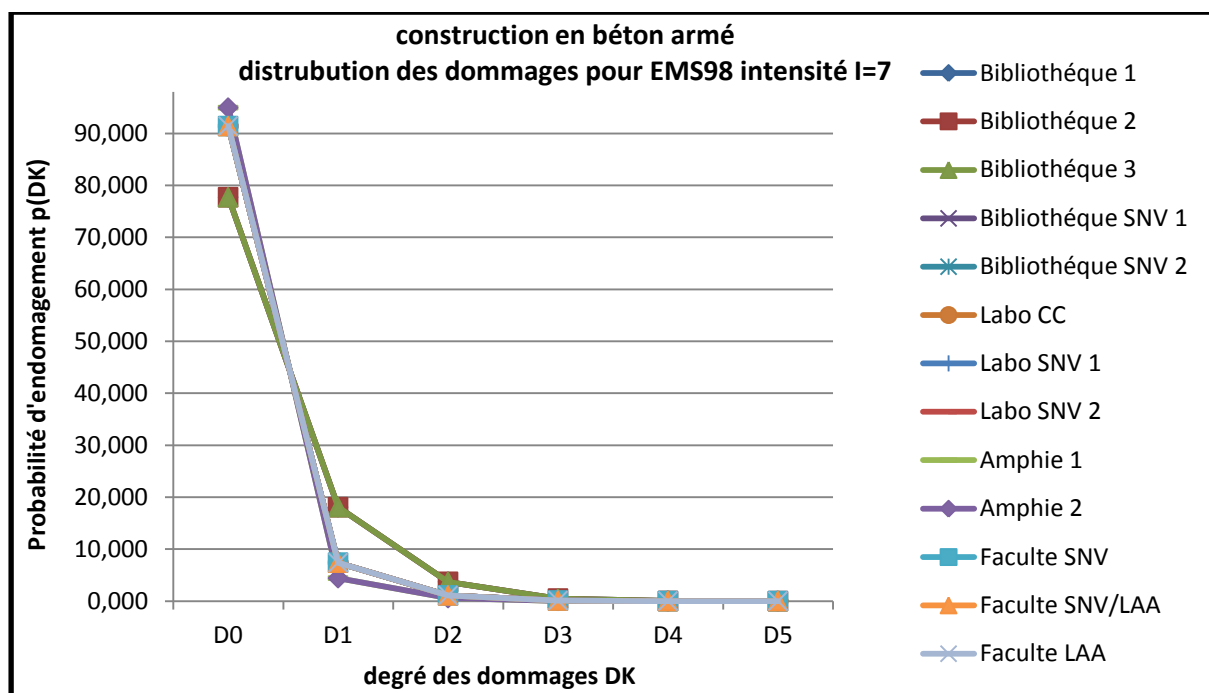








Figure 37: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.3.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=7

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
 						
						
						
						
						
Construction en maçonnerie date < 1980	--	11	10	6	--	--
Construction en béton armé date < 1980	13	--	--	--	--	--
Totale	13	11	10	6	0	0
%	32.5%	27.5%	25%	15%	0	0

3.4 Scénario sismique pour intensité I=8

3.4.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

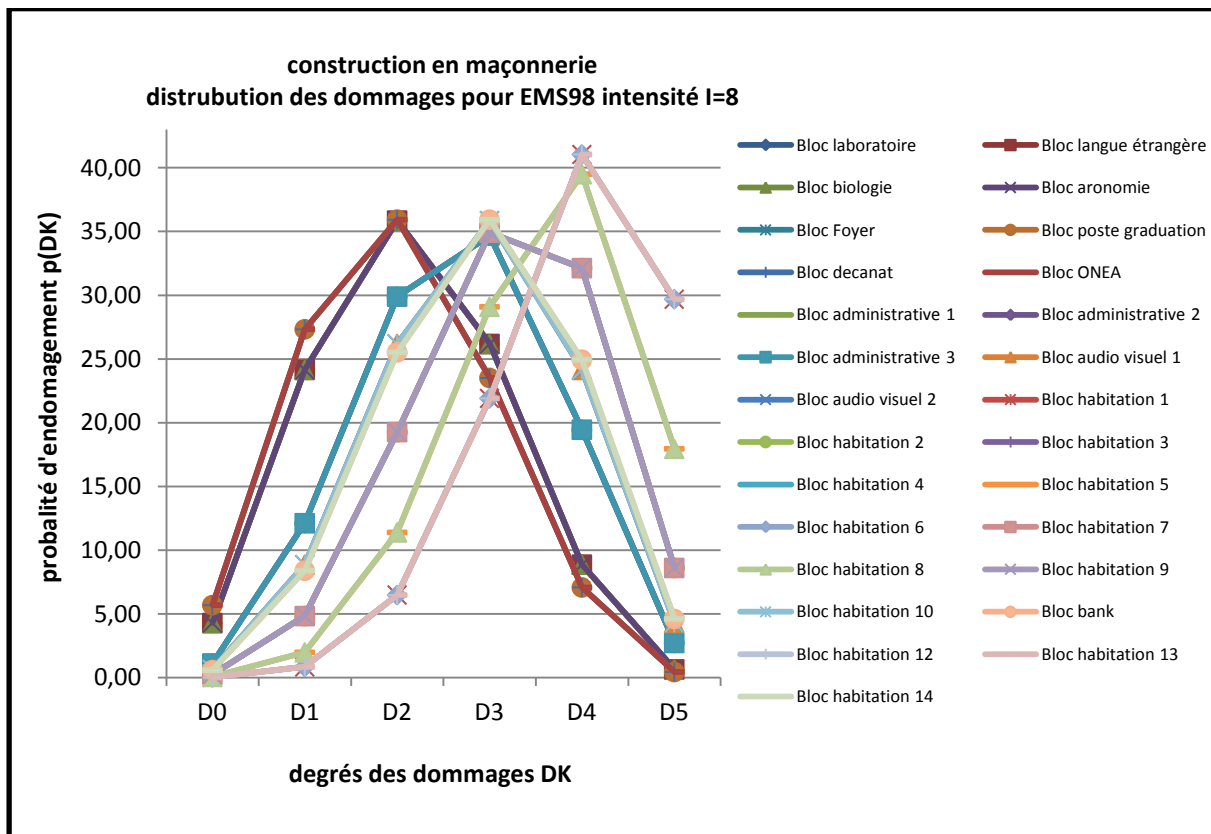


Figure 38: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.4.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

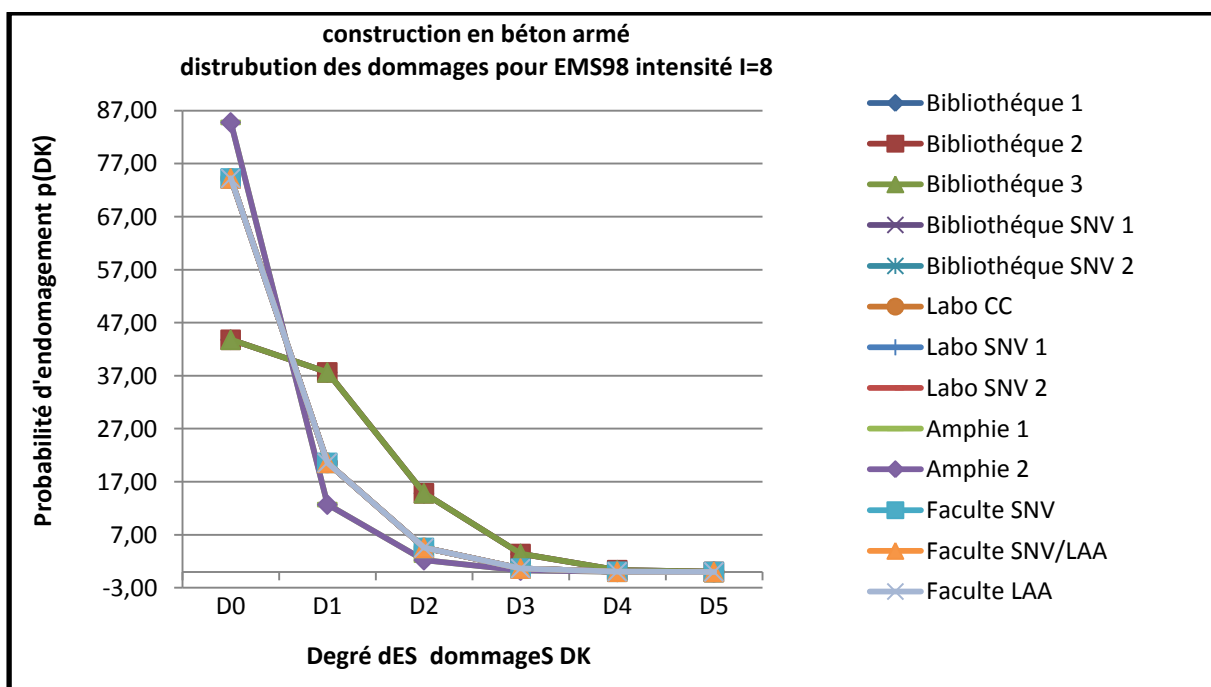


Figure 39: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.4.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=8

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Construction en maçonnerie date < 1980	--	--	7	14	6	--
Construction en béton armé date < 1980	13	--	--	--	--	--
Totale	13	0	7	14	6	0
%	32.5%	0	17.5%	35%	15%	0

3.5 Scénario sismique pour intensité I=9

3.5.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

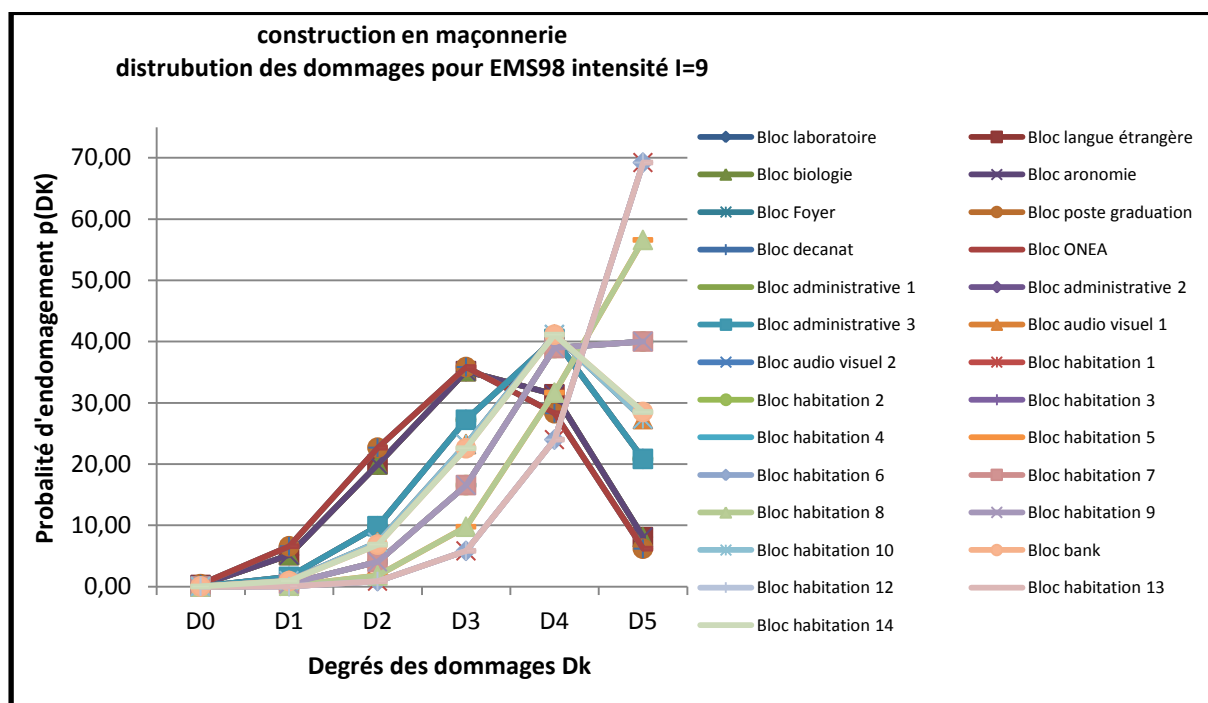


Figure 40: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.5.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

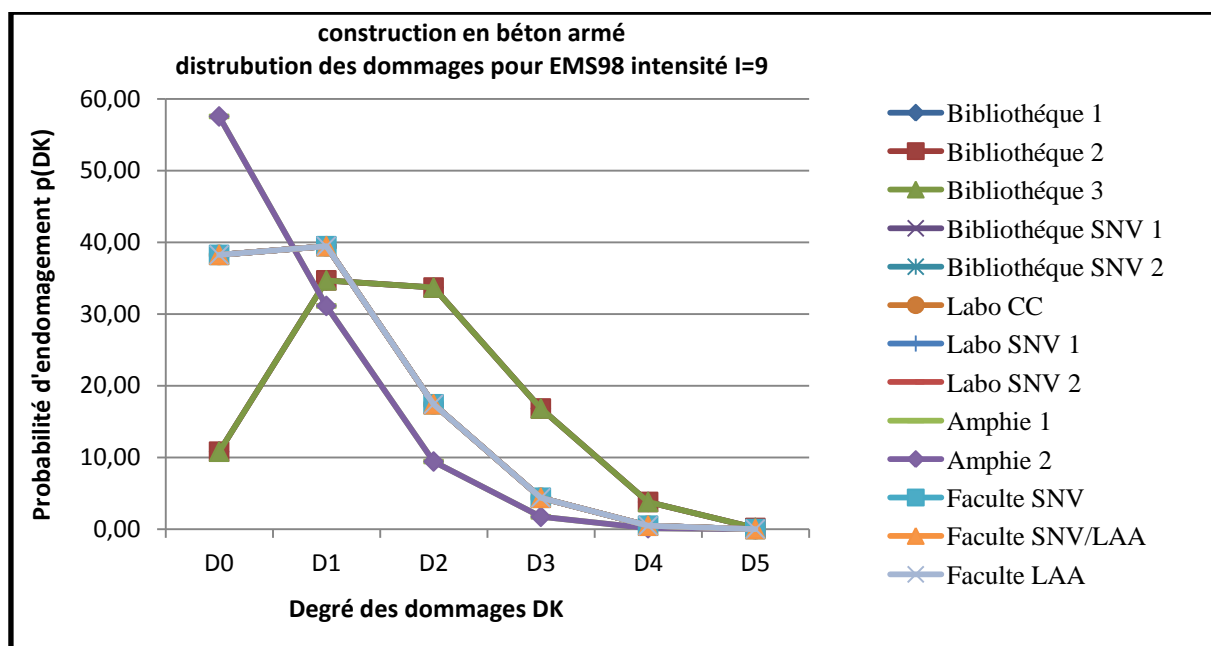


Figure 41: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.5.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=9

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Construction en maçonnerie date < 1980	--	--	--	7	9	11
Construction en béton armé date < 1980	2	11	--	--	--	--
Totale	2	11	0	7	9	11
%	5%	27.5%	0	17.5%	22.5%	27.5%

3.6 Scénario sismique pour intensité I=10

3.6.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

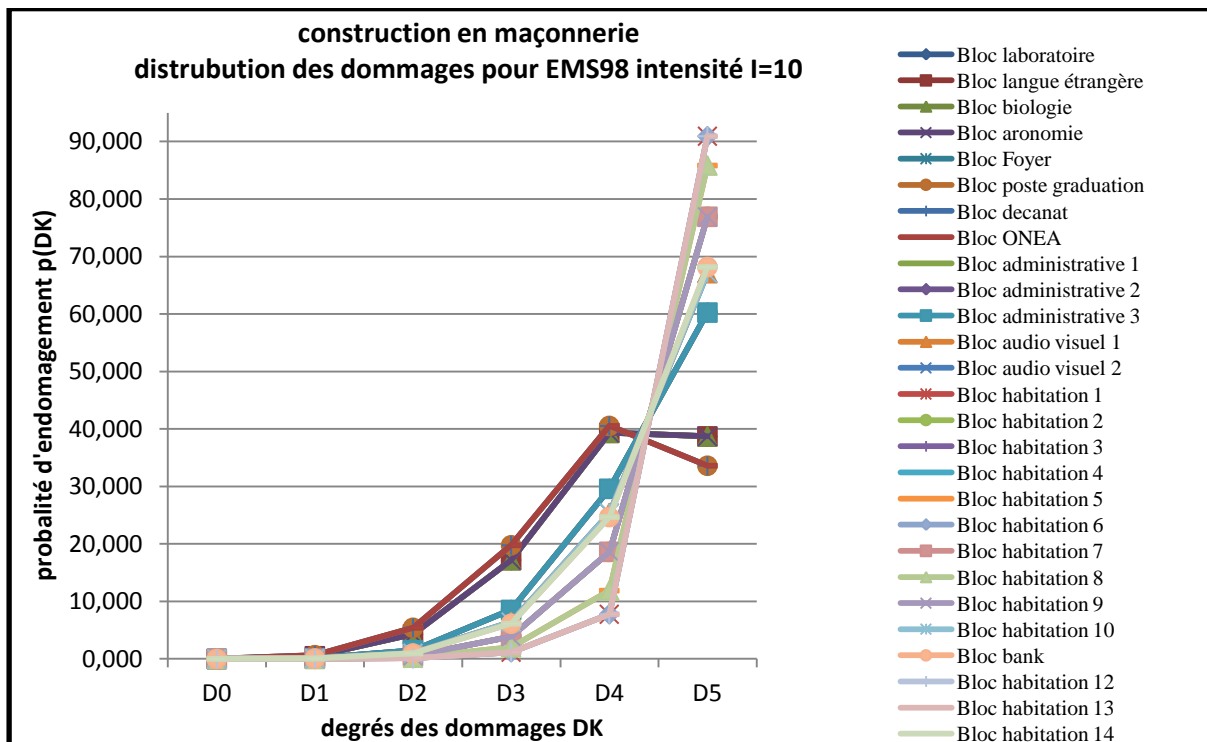


Figure 42: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.6.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

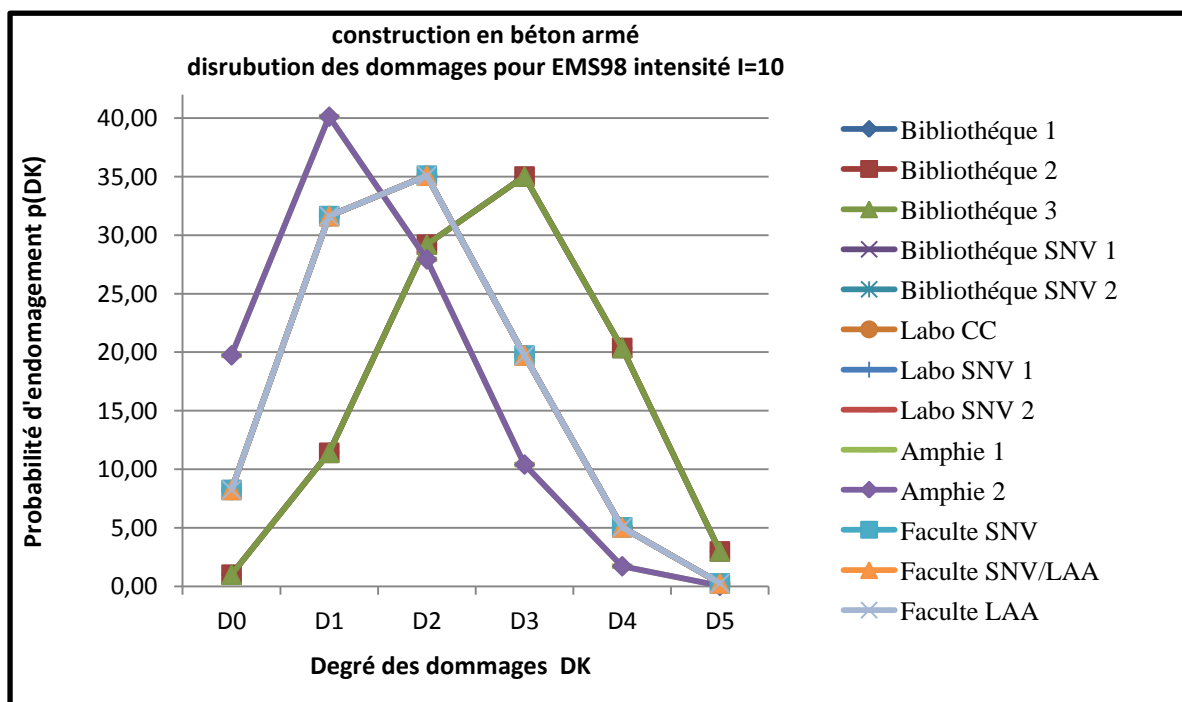


Figure 43: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.6.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=10

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Construction en maçonnerie date < 1980	--	--	--	--	7	20
Construction en béton armé date < 1980	--	2	8	3	--	--
Totale	0	2	8	3	7	20
%	0	5%	20%	7.5%	17.5%	50%

3.7 Scénario sismique pour intensité I=11

3.7.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

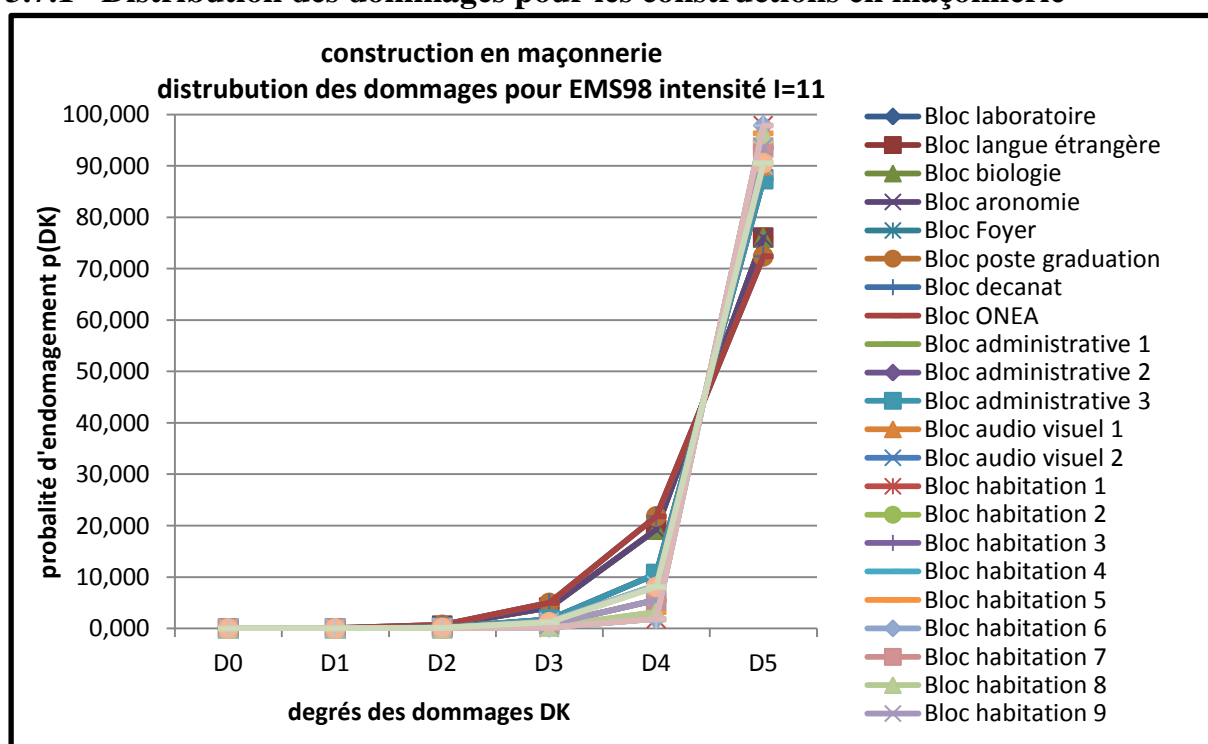


Figure 44: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.7.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

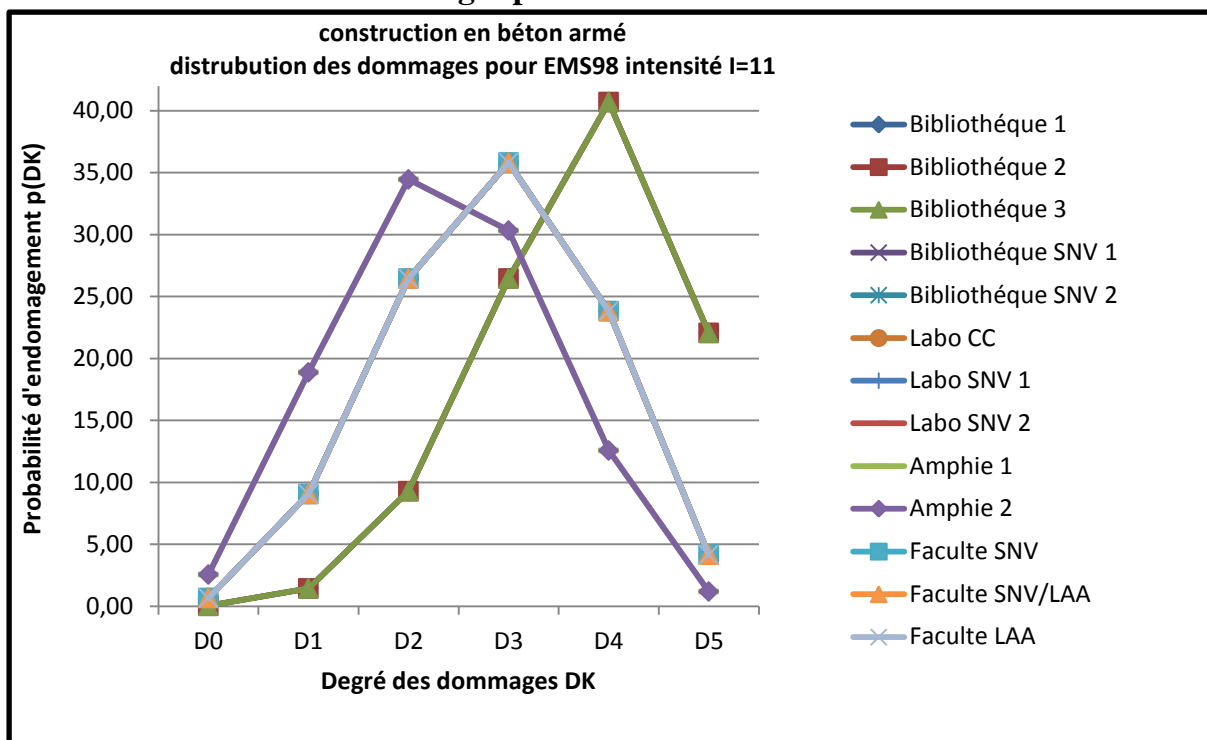


Figure 45: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.7.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=11

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Construction en maçonnerie date < 1980	--	--	--	--	--	27
Construction en béton armé date < 1980	--	--	2	8	3	--
Totale	0	0	2	8	3	27
%	0	0	5%	20%	7.5%	67.5%

3.8 Scénario sismique pour intensité I=12

3.8.1 Distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

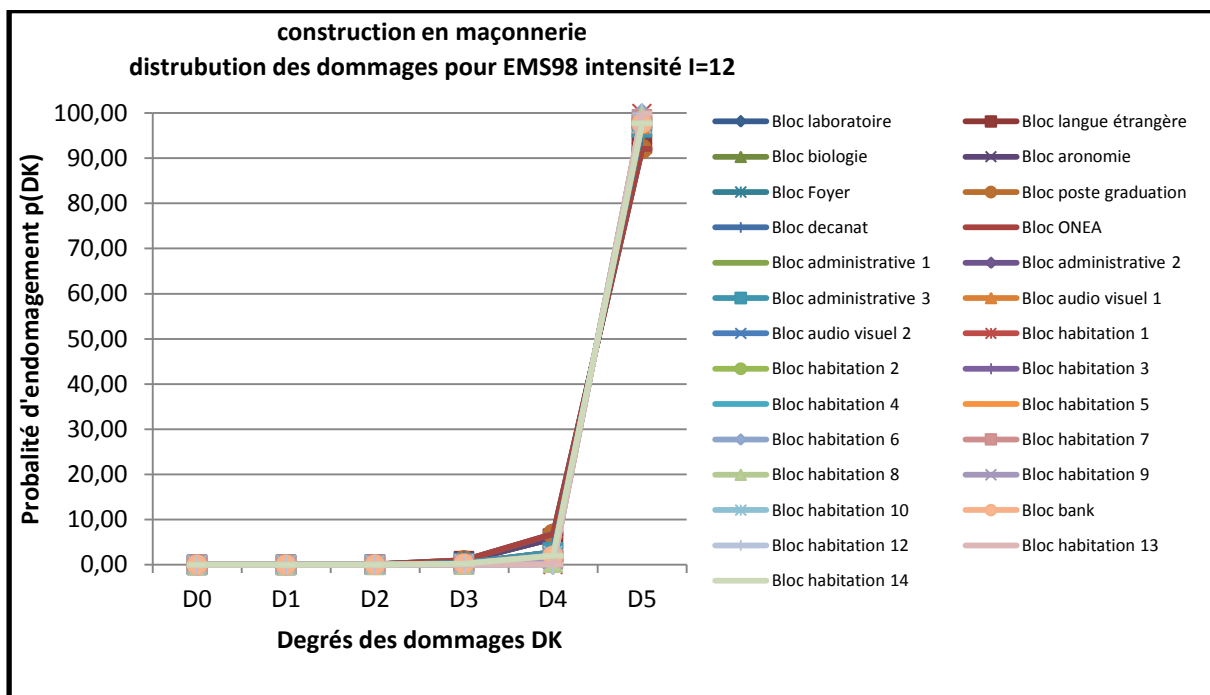


Figure 46: distribution des dommages pour les constructions en maçonnerie

3.8.2 Distribution des dommages pour les constructions en béton armé

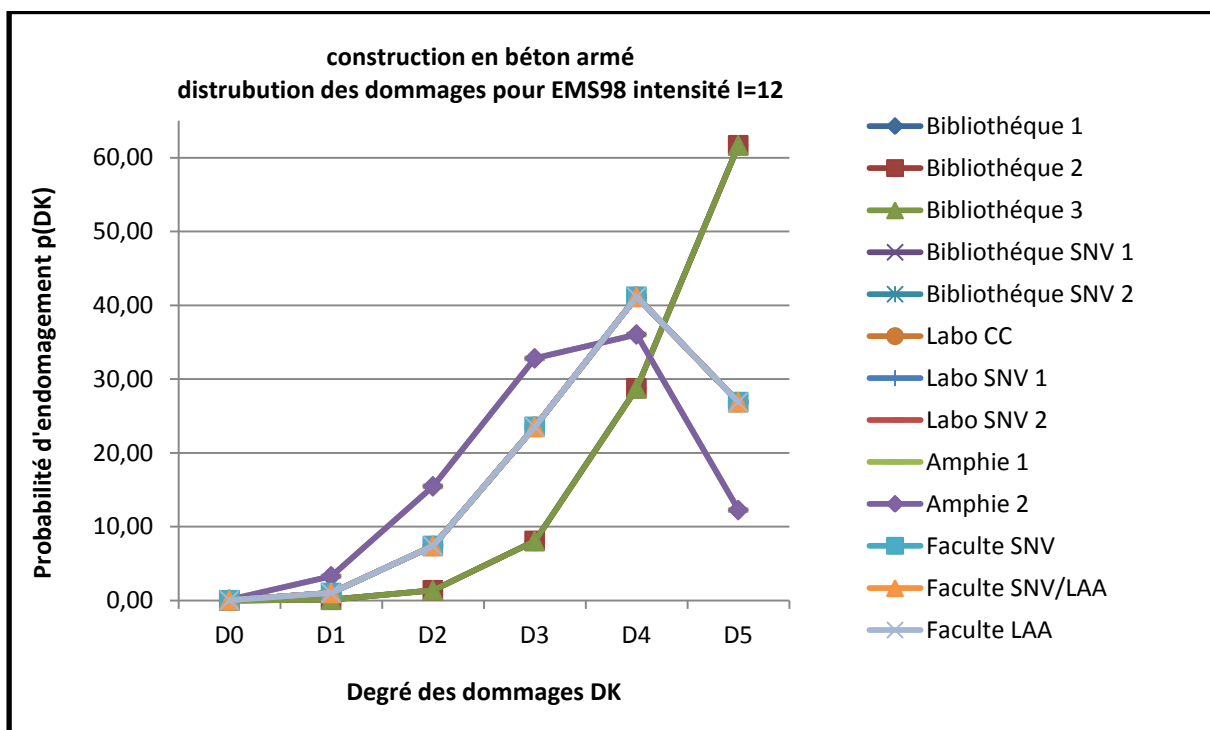


Figure 47: distribution des dommages pour les constructions en béton armé

3.8.3 Synthèse de distribution des dommages pour EMS 98 intensité I=12

Date et type des constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Construction en maçonnerie date < 1980	--	--	--	--	--	27
Construction en béton armé date < 1980	--	--	--	--	10	3
Totale	0	0	0	0	10	30
%	0	0	0	0	25%	75%

4 Cartographie de distribution des dommages pour les constructions de la zone d'étude

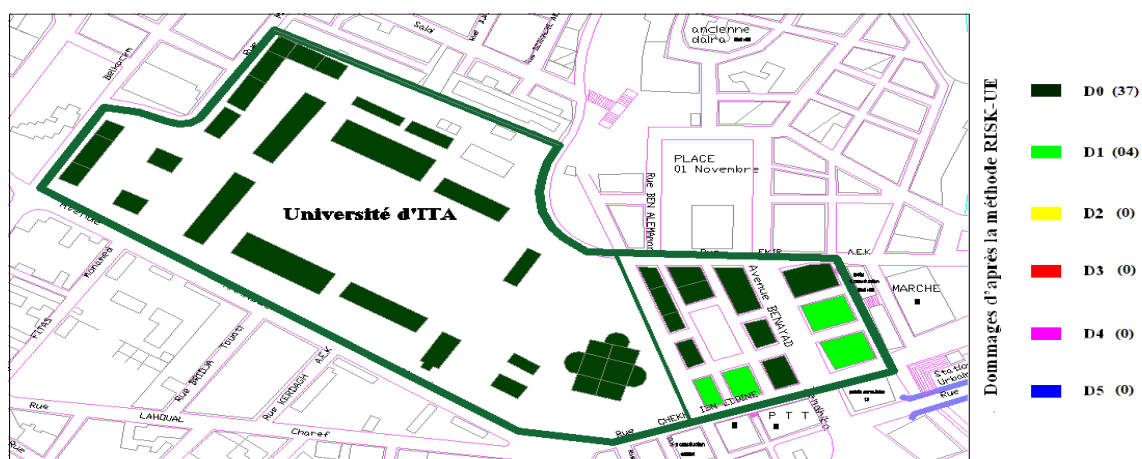


Figure 48: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=5

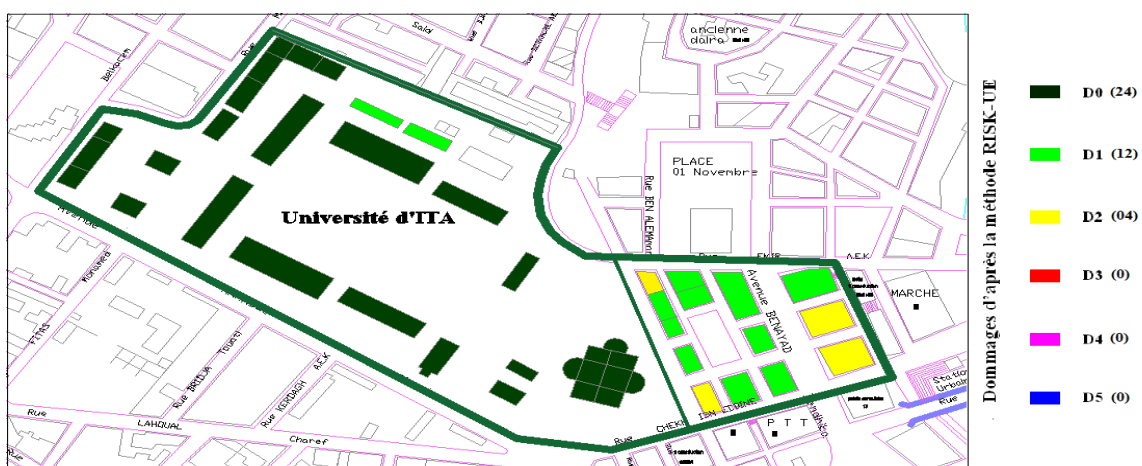


Figure 49: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=6

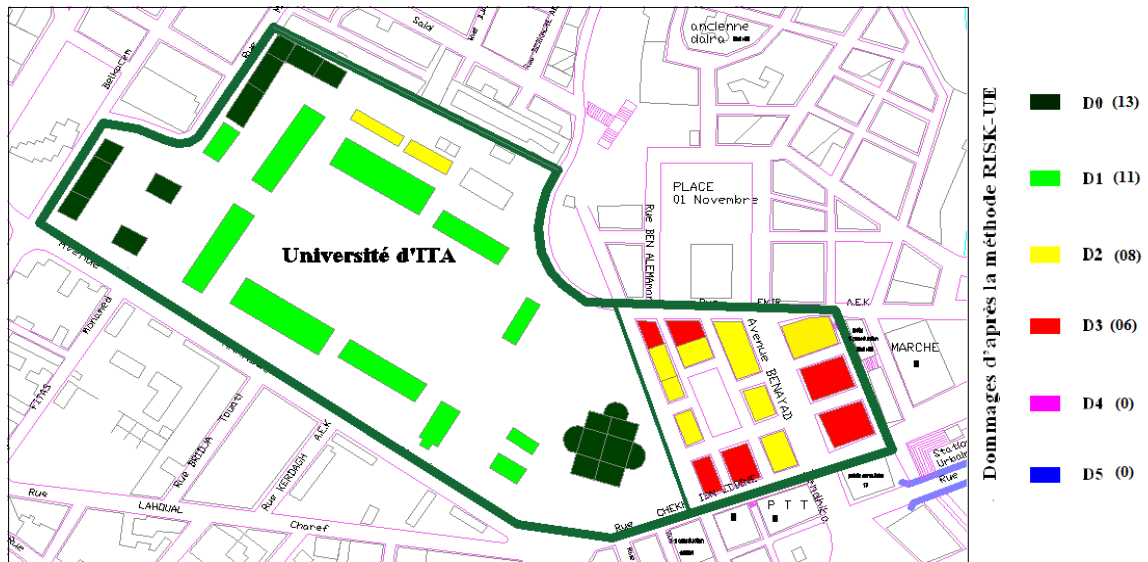


Figure 50: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=7

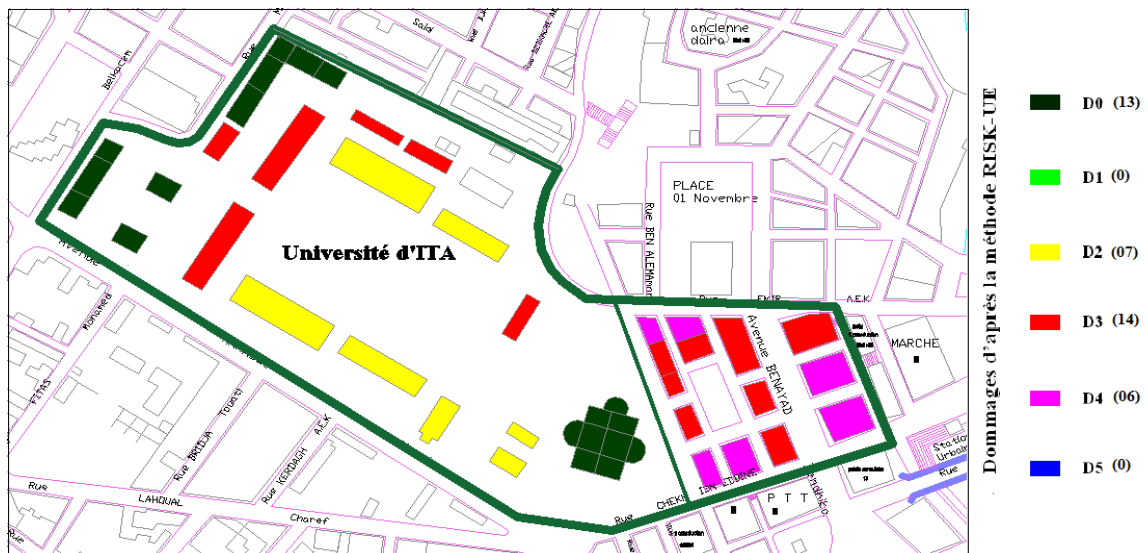


Figure 51: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=8

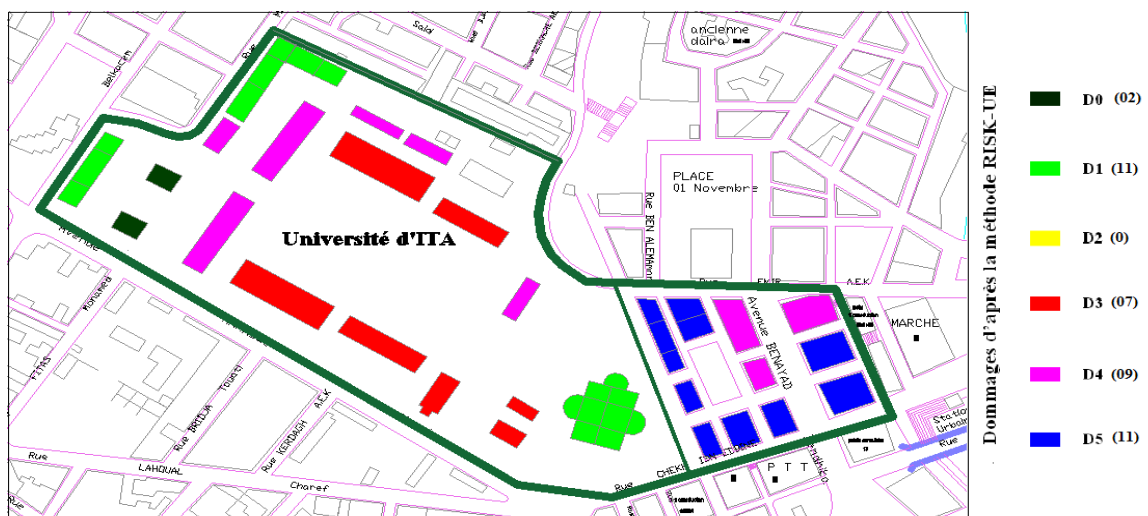


Figure 52: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=9

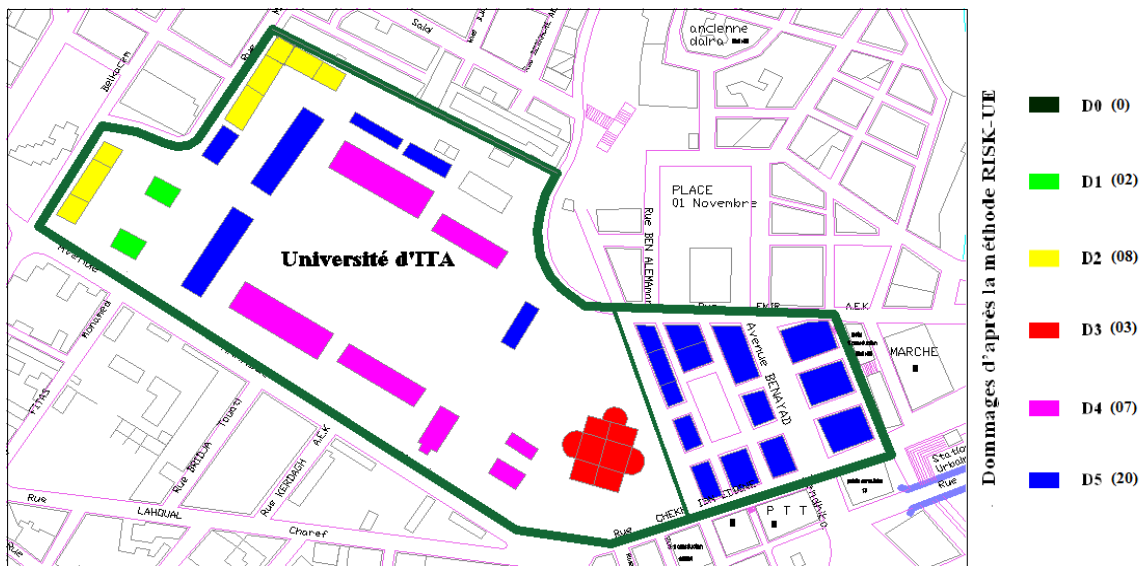


Figure 53: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=10

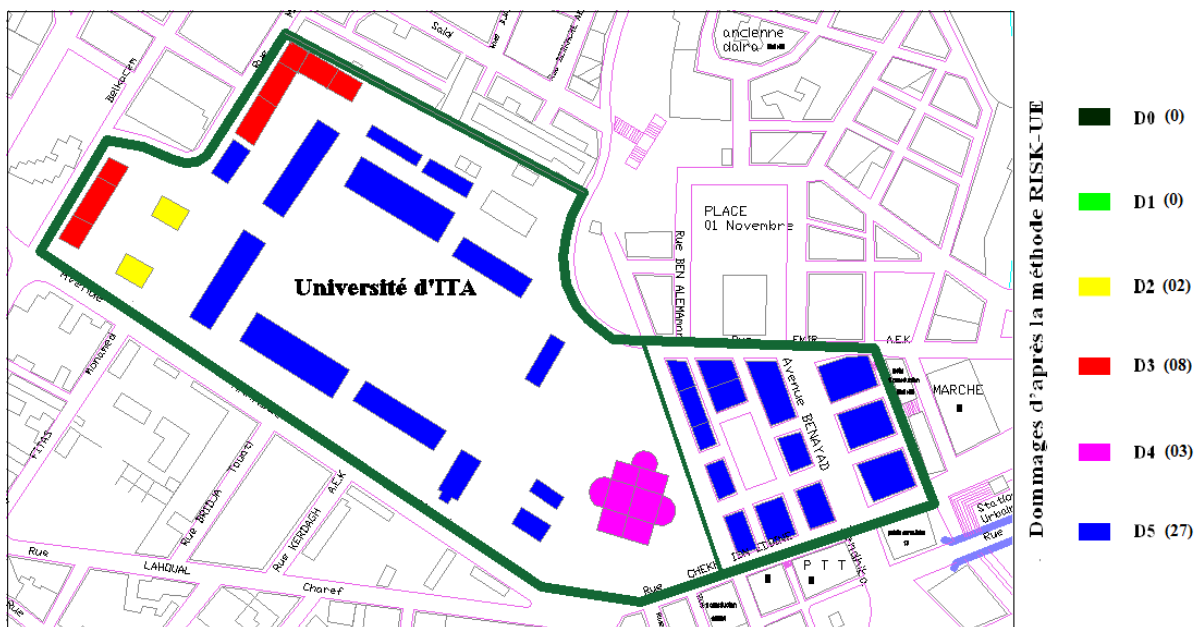


Figure 54: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=11

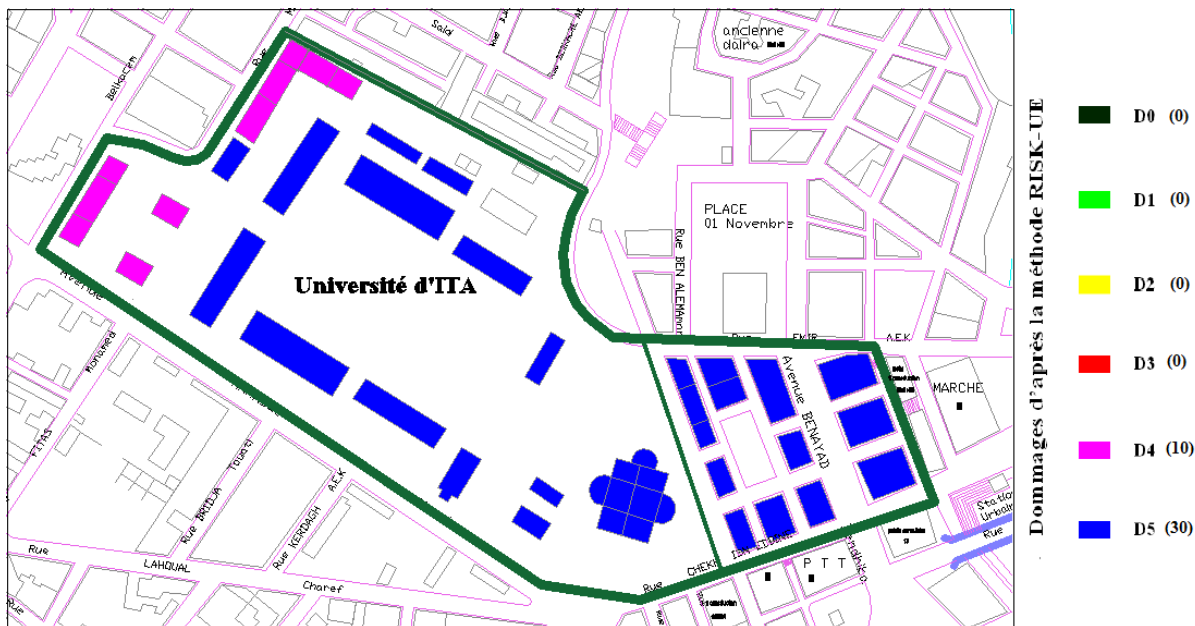


Figure 55: Cartographie de distribution des dommages selon EMS 98 intensité I=12

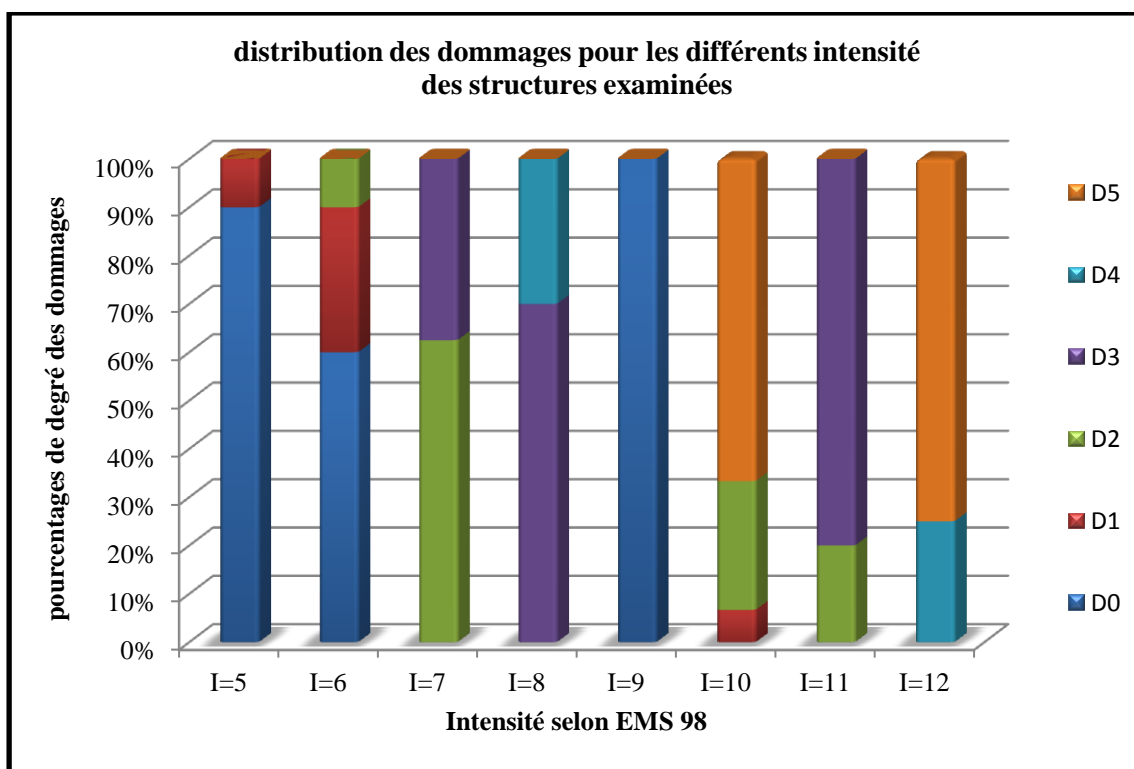


Figure 56: Synthèse des scénarios des différents dommages globaux selon EMS 98 de différentes intensités

5 Conclusion

L'objectif principal de cette recherche était d'évaluer la vulnérabilité sismique de l'ensemble des constructions de différentes typologies de la ville de Mostaganem, construites avant et après 1980 et de proposer une méthode d'évaluation globale afin de classer les constructions selon les degrés des dommages EMS-98.

Nous avons débuté la recherche avec une revue de l'information disponible sur le nord de l'Algérie quant au risque sismique qui y est associé et des dommages enregistrés. De cette première étape d'analyse, il résulte que :

- la majorité des constructions endommagées sont concentrées autour des régions épacentrales caractérisées par des secousses de haute fréquence;
- les dommages enregistrés affectent en premier lieu des parties de l'édifice qu'on peut les classer selon EMS-98 par des degrés des dommages (D0.D1.D2.D3.D4.D5)
- bien que limitée à quelques cas, l'observation de ces dommages, à l'échelle de la province, présente de nombreuses analogies avec le comportement des constructions européennes (RISK-UE), notamment la présence de dommages localisés par rupture hors-plan ou dans le plan.

Au chapitre 2, l'analyse des différentes méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sismique des 40 constructions a fait ressortir de nombreux points communs :

- description le principe de chaque méthode, le mode de l'évaluation des dommages sismique et la détermination de la vulnérabilité des bâtiments.
- la comparaison de différentes méthodes d'évaluation de la vulnérabilité sismique des constructions nous a permis de retenir une méthode RISK-UE qui a une validation scientifique élevée par rapport à d'autres méthodes.
- la méthode RISK-UE a pour but de classer les dommages des constructions selon EMS-98 par l'utilisation de la distribution BETA qui contient des paramètres liées à la vulnérabilité des constructions et l'intensité sismique.

Au chapitre 3, nous avons procédé à l'application de la méthode RISK-UE sur les 40 constructions afin de savoir l'endommagement de chaque structures (à quelle degré de dommages on peut affecter ces structures) due à des différentes intensités par la suite des démarches suivantes :

- présentation les caractéristiques générale du site d'étude (nombre des constructions, leurs usage, leurs distribution dans le site, leurs typologies)

- un indice de vulnérabilité IV_i de chaque structure a été élaboré selon un formulaire de diagnostique afin de permettre d'introduire le coefficient de dommage moyens μ_D qui est en fonction de l'indice de vulnérabilité et l'intensité sismique
- La distribution des dommages est calculée en utilisant une distribution bêta qui contient des facteurs en relation avec elles par exemple :

$$r=f(\mu_D), P(\beta)_{x=f(r, x)}$$

- une présentation de ces résultats sous forme graphique et cartographie pour permettre la lecture les conséquences des scénarios graphiquement et cartographiquement.

Dans l'ensemble, l'étude reste encore conservatrice car on a évalué l'endommagement de chaque structure c'est pour cette raison qu'on a montré à quelle intensité une structure peut effondrer.

Toutefois, les résultats peuvent, à court terme, être utilisés par les gestionnaires des construction patrimoniale quant au type d'interventions à mener pour conforter les bâtiments et identifier ceux à prioriser en fonction de l'aléa sismique local.

BIBLIOGRAPHIE

ALLAL M. A. & MELOUKA S. (2004) Cartographie, aléa sismique. univ. A. Belkaïd, Tlemcen, Algérie.

AFPS (2002). Premières recommandations en vue de l'évaluation de la présomption de vulnérabilité du bâti existant. Cahier technique n° 24. 137 p.

AFPS (2003). Guide de la conception parasismique des bâtiments. Eyrolles. 30-38 p.

AFPS (2005), Vulnérabilité sismique du bâti existant : approche d'ensemble, Cahier technique n°25.

BADDARI K. & DJEDDI M. (1994) Eléments de sismologie. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

BADDARI K. & DJEDDI M. (2002) Les séismes et leur prévision. Office des publications universitaires éd., Alger, Algérie.

BELLON H. (1976) Séries magmatiques néogènes et quaternaires du pourtour de la Méditerranée occidentale, comparées dans leur cadre géochronométrique. Implications géodynamiques. Thèse Sc. univ. Orsay, Paris-Sud, France, n° AO 1750, 367 p.

BENEST M., BENSALAH M., BOUABDELLAH H. & OUARDAS T. (1999) La couverture mésozoïque et cénozoïque du domaine Tlemcenien (avant-pays tellien d'Algérie occidentale): Stratigraphie, paléoenvironnements, dynamique sédimentaire et tectogenèse alpine. Bull., Serv., Géol., Algérie, Vol. 10, n°2, pp 127-157.

BENHALLOU H. (1985) Les catastrophes sismiques de la région de Chlef dans le contexte de la sismicité historique de l'Algérie. Thèse de Doctorat d'Etat, USTHB, Alger, Algérie.

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE APPLIQUEE EN GENIE PARASISMIQUE,
Algérie <http://www.cgs.dz>

**CENTRE DE RECHERCHE EN ASTRONOMIE, ASTROPHYSIQUE ET
GEOPHYSIQUE,** Algérie

<http://www.craag.dz>

MEDD (2005). Programme national de prévention du risque sismique. 32 p.

Milutinovic Z. V. and Trendafiloski G. S. (2003) WP4: Vulnerability of current buildings. Risk-UE.

MAGHRAOUI M. (1988) Géologie des zones sismiques du Nord de l'Algérie, Paléosismologie, tectonique active et synthèse sismotectonique. Thèse de Doctorat d'Etat, univ. Orsay, Paris-Sud, France.

LUNGU D., ALDEA A., ARION A., VACAREANU R., PETRESCU F., CORNEA T. (2001). WP1 Report European distinctive features, inventory database and typology. Risk-UE Project: an advanced approach to earthquake risk scenarios with applications. <http://www.risk-ue.net>.

Annexe 1 : Valeur de la vulnérabilité

VALEUR DE LA VULNERABILITE DES CONSTRUCTIONS INTERROGENT

Tableau 7: les valeurs de la vulnérabilité pour les constructions en maçonnerie.

structures	Indice de vulnérabilité	structures	Indice de vulnérabilité
Bloc laboratoire	0,756	Bloc habitation 2	0,921
Bloc langue étrangère	0,756	Bloc habitation 3	0,921
Bloc biologie	0,756	Bloc habitation 4	0,921
Bloc agronomie	0,756	Bloc habitation 5	0,985
Bloc Foyer	0,84	Bloc habitation 6	1,04
Bloc poste graduation	0,736	Bloc habitation 7	0,921
Bloc décanat	0,736	Bloc habitation 8	0,985
Bloc ONEA	0,736	Bloc habitation 9	0,921
Bloc administrative 1	0,84	Bloc habitation 10	0,87
Bloc administrative 2	0,84	Bloc bank	0,875
Bloc administrative 3	0,84	Bloc habitation 12	1,04
Bloc audio visuel 1	0,87	Bloc habitation 13	1,04
Bloc audio visuel 2	0,87	Bloc habitation 14	0,875
Bloc habitation 1	1,04		

Tableau 8: les valeurs de la vulnérabilité pour les constructions en béton armé.

structures	Indice de vulnérabilité	structures	Indice de vulnérabilité
Bibliothèque 1	0,526	Labo SNV 2	0,388
Bibliothèque 2	0,526	Amphie 1	0,31
Bibliothèque 3	0,526	Amphie 2	0,31
Bibliothèque SNV 1	0,388	Faculte SNV	0,388
Bibliothèque SNV 2	0,388	Faculte SNV/LAA	0,388
Labo CC	0,388	Faculte LAA	0,388
Labo SNV 1	0,388		

Annexe 2: Estimation des dommages Moyens

Estimation des dommages moyens pour les constructions interrogent

$$\mu D = 2.5 \left[1 + \tanh \left(\frac{I + 6.25VI - 13.1}{2.3} \right) \right]$$

Formule :

Tableau 9: Estimation des dommages moyens (μD) pour les constructions en maçonnerie

Constructions \ Intensité sismique	Intensité sismique							
	I ₋₅	I ₋₆	I ₋₇	I ₋₈	I ₋₉	I ₋₁₀	I ₋₁₁	I ₋₁₂
Bloc laboratoire	0,252	0,563	1,161	2,096	3,163	4,021	4,537	4,795
Bloc langue étrangère	0,252	0,563	1,161	2,096	3,163	4,021	4,537	4,795
Bloc biologie	0,252	0,563	1,161	2,096	3,163	4,021	4,537	4,795
Bloc agronomie	0,252	0,563	1,161	2,096	3,163	4,021	4,537	4,795
Bloc Foyer	0,387	0,834	1,616	2,663	3,655	4,332	4,696	4,868
Bloc poste graduation	0,227	0,511	1,067	1,965	3,035	3,933	4,489	4,773
Bloc décanat	0,227	0,511	1,067	1,965	3,035	3,933	4,489	4,773
Bloc ONEA	0,227	0,511	1,067	1,965	3,035	3,933	4,489	4,773
Bloc administrative 1	0,387	0,834	1,616	2,663	3,655	4,332	4,696	4,868
Bloc administrative 2	0,387	0,834	1,616	2,663	3,655	4,332	4,696	4,868
Bloc administrative 3	0,387	0,834	1,616	2,663	3,655	4,332	4,696	4,868
Bloc audio visuel 1	0,449	0,953	1,799	2,864	3,809	4,421	4,740	4,888
Bloc audio visuel 2	0,449	0,953	1,799	2,864	3,809	4,421	4,740	4,888
Bloc habitation 1	0,996	1,862	2,930	3,858	4,448	4,753	4,893	4,955
Bloc habitation 2	0,576	1,186	2,129	3,195	4,042	4,548	4,800	4,914
Bloc habitation 3	0,576	1,186	2,129	3,195	4,042	4,548	4,800	4,914
Bloc habitation 4	0,576	1,186	2,129	3,195	4,042	4,548	4,800	4,914
Bloc habitation 5	0,779	1,528	2,561	3,574	4,283	4,672	4,857	4,939
Bloc habitation 6	0,996	1,862	2,930	3,858	4,448	4,753	4,893	4,955
Bloc habitation 7	0,576	1,186	2,129	3,195	4,042	4,548	4,800	4,914
Bloc habitation 8	0,779	1,528	2,561	3,574	4,283	4,672	4,857	4,939
Bloc habitation 9	0,576	1,186	2,129	3,195	4,042	4,548	4,800	4,914
Bloc habitation 10	0,449	0,953	1,799	2,864	3,809	4,421	4,740	4,888
Bloc bank	0,461	0,975	1,831	2,897	3,834	4,435	4,746	4,890
Bloc habitation 12	0,996	1,862	2,930	3,858	4,448	4,753	4,893	4,955
Bloc habitation 13	0,996	1,862	2,930	3,858	4,448	4,753	4,893	4,955
Bloc habitation 14	0,461	0,975	1,831	2,897	3,834	4,435	4,746	4,890

Tableau 10: Estimation des dommages moyens (μD) pour les constructions en béton armé

Constructions \ Intensité sismique	Intensité sismique							
	I =5	I =6	I =7	I =8	I =9	I =10	I =11	I =12
Bibliothèque 1	0,075	0,175	0,399	0,857	1,652	2,703	3,687	4,351
Bibliothèque 2	0,075	0,175	0,399	0,857	1,652	2,703	3,687	4,351
Bibliothèque 3	0,075	0,175	0,399	0,857	1,652	2,703	3,687	4,351
Bibliothèque SNV 1	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800
Bibliothèque SNV 2	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800
Labo CC	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800
Labo SNV 1	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800
Labo SNV 2	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800
Amphie 1	0,023	0,056	0,130	0,300	0,662	1,334	2,324	3,372
Amphie 2	0,023	0,056	0,130	0,300	0,662	1,334	2,324	3,372
Faculte SNV	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800
Faculte SNV/LAA	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800
Faculte LAA	0,036	0,084	0,197	0,445	0,945	1,787	2,851	3,800

Annexe 3 : Estimation du paramètre (r)

ESTIMATION DU PARAMETRE (r) POUR LES CONSTRUCTIONS

INTERROGENT

Formule :

$$r = t(0.007(\mu D)^3 - 0.052(\mu D)^2 + 0.2875\mu D)$$

Tableau 11: Estimation du coefficient (r) pour les constructions en maçonnerie

Constructions \ Intensité sismique	Intensité sismique							
	I =5	I =6	I =7	I =8	I =9	I =10	I =11	I =12
Bloc laboratoire	0,555	1,172	2,198	3,509	4,885	6,163	7,102	7,638
Bloc langue étrangère	0,555	1,172	2,198	3,509	4,885	6,163	7,102	7,638
Bloc biologie	0,555	1,172	2,198	3,509	4,885	6,163	7,102	7,638

Bloc agronomie	0,555	1,172	2,198	3,509	4,885	6,163	7,102	7,638
Bloc Foyer	0,831	1,661	2,867	4,232	5,584	6,709	7,427	7,799
Bloc poste graduation	0,502	1,073	2,049	3,338	4,714	6,018	7,008	7,589
Bloc décanat	0,502	1,073	2,049	3,338	4,714	6,018	7,008	7,589
Bloc ONEA	0,502	1,073	2,049	3,338	4,714	6,018	7,008	7,589
Bloc administrative 1	0,831	1,661	2,867	4,232	5,584	6,709	7,427	7,799
Bloc administrative 2	0,831	1,661	2,867	4,232	5,584	6,709	7,427	7,799
Bloc administrative 3	0,831	1,661	2,867	4,232	5,584	6,709	7,427	7,799
Bloc audio visuel 1	0,955	1,863	3,118	4,491	5,821	6,876	7,519	7,842
Bloc audio visuel 2	0,955	1,863	3,118	4,491	5,821	6,876	7,519	7,842
Bloc habitation 1	1,933	3,202	4,577	5,897	6,928	7,547	7,855	7,995
Bloc habitation 2	1,198	2,236	3,552	4,928	6,199	7,125	7,649	7,903
Bloc habitation 3	1,198	2,236	3,552	4,928	6,199	7,125	7,649	7,903
Bloc habitation 4	1,198	2,236	3,552	4,928	6,199	7,125	7,649	7,903
Bloc habitation 5	1,565	2,743	4,103	5,462	6,620	7,377	7,774	7,959
Bloc habitation 6	1,933	3,202	4,577	5,897	6,928	7,547	7,855	7,995
Bloc habitation 7	1,198	2,236	3,552	4,928	6,199	7,125	7,649	7,903
Bloc habitation 8	1,565	2,743	4,103	5,462	6,620	7,377	7,774	7,959
Bloc habitation 9	1,198	2,236	3,552	4,928	6,199	7,125	7,649	7,903
Bloc habitation 10	0,955	1,863	3,118	4,491	5,821	6,876	7,519	7,842
Bloc bank	0,977	1,898	3,160	4,534	5,859	6,903	7,533	7,849
Bloc habitation 12	1,933	3,202	4,577	5,897	6,928	7,547	7,855	7,995
Bloc habitation 13	1,933	3,202	4,577	5,897	6,928	7,547	7,855	7,995
Bloc habitation 14	0,977	1,898	3,160	4,534	5,859	6,903	7,533	7,849

Tableau 12: Estimation du coefficient (r) pour les constructions en béton armé

Constructions \ Intensité sismique	Intensité sismique							
	I =5	I =6	I =7	I =8	I =9	I =10	I =11	I =12
Bibliothèque 1	0,170	0,391	0,855	1,700	2,917	4,284	5,632	6,744
Bibliothèque 2	0,170	0,391	0,855	1,700	2,917	4,284	5,632	6,744
Bibliothèque 3	0,170	0,391	0,855	1,700	2,917	4,284	5,632	6,744
Bibliothèque SNV 1	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805
Bibliothèque SNV 2	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805
Labo CC	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805
Labo SNV 1	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805
Labo SNV 2	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805
Amphie 1	0,054	0,126	0,293	0,655	1,356	2,461	3,801	5,173
Amphie 2	0,054	0,126	0,293	0,655	1,356	2,461	3,801	5,173
Faculte SNV	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805
Faculte SNV/LAA	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805
Faculte LAA	0,082	0,191	0,437	0,946	1,849	3,101	4,474	5,805

Annexe 4 : Estimation de la distribution des dommages

ESTIMATION DE LA DISTRIBUTION DES DOMMAGES POUR LES

CONSTRUCTIONS INTERROGENT

» Intensité I=5

1- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule

:

$$P_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

X=0,...,6

Tableau 13: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie

Constructions \ Valeurs de X	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bloc laboratoire	0,000	87,994	98,166	99,813	99,992	100,000	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	87,994	98,166	99,813	99,992	100,000	100,000
Bloc biologie	0,000	87,994	98,166	99,813	99,992	100,000	100,000
Bloc agronomie	0,000	87,994	98,166	99,813	99,992	100,000	100,000
Bloc Foyer	0,000	78,588	96,009	99,519	99,975	100,000	100,000
Bloc poste graduation	0,000	89,554	98,464	99,848	99,994	100,000	100,000
Bloc décanat	0,000	89,554	98,464	99,848	99,994	100,000	100,000
Bloc ONEA	0,000	89,554	98,464	99,848	99,994	100,000	100,000
Bloc administrative 1	0,000	78,588	96,009	99,519	99,975	100,000	100,000
Bloc administrative 2	0,000	78,588	96,009	99,519	99,975	100,000	100,000
Bloc administrative 3	0,000	78,588	96,009	99,519	99,975	100,000	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	73,878	94,691	99,310	99,961	100,000	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	73,878	94,691	99,310	99,961	100,000	100,000
Bloc habitation 1	0,000	35,283	75,490	94,393	99,409	99,990	100,000
Bloc habitation 2	0,000	64,072	91,381	98,706	99,914	99,999	100,000
Bloc habitation 3	0,000	64,072	91,381	98,706	99,914	99,999	100,000
Bloc habitation 4	0,000	64,072	91,381	98,706	99,914	99,999	100,000
Bloc habitation 5	0,000	49,074	84,515	97,122	99,759	99,997	100,000
Bloc habitation 6	0,000	35,283	75,490	94,393	99,409	99,990	100,000
Bloc habitation 7	0,000	64,072	91,381	98,706	99,914	99,999	100,000
Bloc habitation 8	0,000	49,074	84,515	97,122	99,759	99,997	100,000
Bloc habitation 9	0,000	64,072	91,381	98,706	99,914	99,999	100,000
Bloc habitation 10	0,000	73,878	94,691	99,310	99,961	100,000	100,000
Bloc bank	0,000	73,016	94,432	99,267	99,958	100,000	100,000
Bloc habitation 12	0,000	35,283	75,490	94,393	99,409	99,990	100,000
Bloc habitation 13	0,000	35,283	75,490	94,393	99,409	99,990	100,000

Bloc habitation 14	0,000	73,016	94,432	99,267	99,958	100,000	100,000
--------------------	-------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

Tableau 14: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé

Valeurs de X Constructions	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bibliothèque 1	0,000	97,429	99,705	99,976	99,999	100,000	100,000
Bibliothèque 2	0,000	97,429	99,705	99,976	99,999	100,000	100,000
Bibliothèque 3	0,000	97,429	99,705	99,976	99,999	100,000	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000
Labo CC	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000
Labo SNV 1	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000
Labo SNV 2	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000
Amphi 1	0,000	99,298	99,926	99,994	100,000	100,000	100,000
Amphi 2	0,000	99,298	99,926	99,994	100,000	100,000	100,000
Faculté SNV	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000
Faculté SNV/LAA	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000
Faculté LAA	0,000	98,893	99,881	99,991	100,000	100,000	100,000







2- calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k s'écrit

Sous la forme :

Formule :







$$p_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 15: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie

Degré des dommages Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Bloc laboratoire	87,994	10,172	1,647	0,179	0,008	0,000
Bloc langue étrangère	87,994	10,172	1,647	0,179	0,008	0,000
Bloc biologie	87,994	10,172	1,647	0,179	0,008	0,000
Bloc agronomie	87,994	10,172	1,647	0,179	0,008	0,000
Bloc Foyer	78,588	17,421	3,509	0,456	0,025	0,000
Bloc poste graduation	89,554	8,910	1,384	0,145	0,006	0,000
Bloc décanat	89,554	8,910	1,384	0,145	0,006	0,000
Bloc ONEA	89,554	8,910	1,384	0,145	0,006	0,000
Bloc administrative 1	78,588	17,421	3,509	0,456	0,025	0,000
Bloc administrative 2	78,588	17,421	3,509	0,456	0,025	0,000
Bloc administrative 3	78,588	17,421	3,509	0,456	0,025	0,000

Bloc audio visuel 1	73,878	20,813	4,619	0,650	0,039	0,000
Bloc audio visuel 2	73,878	20,813	4,619	0,650	0,039	0,000
Bloc habitation 1	35,283	40,207	18,903	5,016	0,580	0,010
Bloc habitation 2	64,072	27,309	7,325	1,208	0,085	0,001
Bloc habitation 3	64,072	27,309	7,325	1,208	0,085	0,001
Bloc habitation 4	64,072	27,309	7,325	1,208	0,085	0,001
Bloc habitation 5	49,074	35,441	12,607	2,637	0,238	0,003
Bloc habitation 6	35,283	40,207	18,903	5,016	0,580	0,010
Bloc habitation 7	64,072	27,309	7,325	1,208	0,085	0,001
Bloc habitation 8	49,074	35,441	12,607	2,637	0,238	0,003
Bloc habitation 9	64,072	27,309	7,325	1,208	0,085	0,001
Bloc habitation 10	73,878	20,813	4,619	0,650	0,039	0,000
Bloc bank	73,016	21,416	4,835	0,691	0,042	0,000
Bloc habitation 12	35,283	40,207	18,903	5,016	0,580	0,010
Bloc habitation 13	35,283	40,207	18,903	5,016	0,580	0,010
Bloc habitation 14	73,016	21,416	4,835	0,691	0,042	0,000

Tableau 16: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Bibliothèque 1	97,429	2,277	0,271	0,023	0,001	0,000
Bibliothèque 2	97,429	2,277	0,271	0,023	0,001	0,000
Bibliothèque 3	97,429	2,277	0,271	0,023	0,001	0,000
Bibliothèque SNV 1	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000
Bibliothèque SNV 2	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000
Labo CC	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000
Labo SNV 1	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000
Labo SNV 2	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000
Amphi 1	99,298	0,629	0,068	0,005	0,000	0,000
Amphie 2	99,298	0,629	0,068	0,005	0,000	0,000
Faculté SNV	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000
Faculté SNV/LAA	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000
Faculté LAA	98,893	0,989	0,110	0,009	0,000	0,000

➤ **Intensité I=6**

1- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule :

$$P_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

$X=0, \dots, 6$

Tableau 17: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en maçonnerie

Valeurs des X Constructions	Valeurs des X						
	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bloc laboratoire	0,000	65,130	91,778	98,784	99,921	99,999	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	65,130	91,778	98,784	99,921	99,999	100,000
Bloc biologie	0,000	65,130	91,778	98,784	99,921	99,999	100,000
Bloc agronomie	0,000	65,130	91,778	98,784	99,921	99,999	100,000
Bloc Foyer	0,000	45,308	82,359	96,537	99,692	99,996	100,000
Bloc poste graduation	0,000	69,158	93,198	99,052	99,942	100,000	100,000
Bloc décanat	0,000	69,158	93,198	99,052	99,942	100,000	100,000
Bloc ONEA	0,000	69,158	93,198	99,052	99,942	100,000	100,000
Bloc administrative 1	0,000	45,308	82,359	96,537	99,692	99,996	100,000
Bloc administrative 2	0,000	45,308	82,359	96,537	99,692	99,996	100,000
Bloc administrative 3	0,000	45,308	82,359	96,537	99,692	99,996	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	37,758	77,360	95,020	99,498	99,992	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	37,758	77,360	95,020	99,498	99,992	100,000
Bloc habitation 1	0,000	7,059	36,891	72,478	93,824	99,676	100,000
Bloc habitation 2	0,000	25,697	66,820	91,053	98,866	99,974	100,000
Bloc habitation 3	0,000	25,697	66,820	91,053	98,866	99,974	100,000
Bloc habitation 4	0,000	25,697	66,820	91,053	98,866	99,974	100,000
Bloc habitation 5	0,000	13,743	50,955	82,811	97,045	99,895	100,000
Bloc habitation 6	0,000	7,059	36,891	72,478	93,824	99,676	100,000
Bloc habitation 7	0,000	25,697	66,820	91,053	98,866	99,974	100,000
Bloc habitation 8	0,000	13,743	50,955	82,811	97,045	99,895	100,000
Bloc habitation 9	0,000	25,697	66,820	91,053	98,866	99,974	100,000
Bloc habitation 10	0,000	37,758	77,360	95,020	99,498	99,992	100,000
Bloc bank	0,000	36,516	76,438	94,715	99,455	99,991	100,000
Bloc habitation 12	0,000	7,059	36,891	72,478	93,824	99,676	100,000
Bloc habitation 13	0,000	7,059	36,891	72,478	93,824	99,676	100,000
Bloc habitation 14	0,000	36,516	76,438	94,715	99,455	99,991	100,000

Tableau 18: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé.

Valeurs des X Constructions	Valeurs des X						
	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bibliothèque 1	0,000	92,607	98,999	99,908	99,996	100,000	100,000
Bibliothèque 2	0,000	92,607	98,999	99,908	99,996	100,000	100,000
Bibliothèque 3	0,000	92,607	98,999	99,908	99,996	100,000	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000
Labo CC	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000
Labo SNV 1	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000
Labo SNV 2	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000
Amphie 1	0,000	98,185	99,799	99,984	99,999	100,000	100,000
Amphie 2	0,000	98,185	99,799	99,984	99,999	100,000	100,000
Faculte SNV	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000
Faculte SNV/LAA	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000

Faculte LAA	0,000	97,043	99,655	99,972	99,999	100,000	100,000
-------------	-------	--------	--------	--------	--------	---------	---------

2 calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k

S'écrit sous la forme :

Formule :

$$P_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 19-Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie













Degré des dommages Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Bloc laboratoire	65,130	26,648	7,006	1,136	0,079	0,001
Bloc langue étrangère	65,130	26,648	7,006	1,136	0,079	0,001
Bloc biologie	65,130	26,648	7,006	1,136	0,079	0,001
Bloc agronomie	65,130	26,648	7,006	1,136	0,079	0,001
Bloc Foyer	45,308	37,051	14,178	3,155	0,304	0,004
Bloc poste graduation	69,158	24,041	5,853	0,890	0,058	0,000
Bloc décanat	69,158	24,041	5,853	0,890	0,058	0,000
Bloc ONEA	69,158	24,041	5,853	0,890	0,058	0,000
Bloc administrative 1	45,308	37,051	14,178	3,155	0,304	0,004
Bloc administrative 2	45,308	37,051	14,178	3,155	0,304	0,004
Bloc administrative 3	45,308	37,051	14,178	3,155	0,304	0,004
Bloc audio visuel 1	37,758	39,602	17,659	4,478	0,494	0,008
Bloc audio visuel 2	37,758	39,602	17,659	4,478	0,494	0,008
Bloc habitation 1	7,059	29,831	35,588	21,346	5,851	0,324
Bloc habitation 2	25,697	41,124	24,233	7,812	1,108	0,026
Bloc habitation 3	25,697	41,124	24,233	7,812	1,108	0,026
Bloc habitation 4	25,697	41,124	24,233	7,812	1,108	0,026
Bloc habitation 5	13,743	37,212	31,857	14,234	2,850	0,105
Bloc habitation 6	7,059	29,831	35,588	21,346	5,851	0,324
Bloc habitation 7	25,697	41,124	24,233	7,812	1,108	0,026
Bloc habitation 8	13,743	37,212	31,857	14,234	2,850	0,105
Bloc habitation 9	25,697	41,124	24,233	7,812	1,108	0,026
Bloc habitation 10	37,758	39,602	17,659	4,478	0,494	0,008
Bloc bank	36,516	39,922	18,277	4,741	0,535	0,009
Bloc habitation 12	7,059	29,831	35,588	21,346	5,851	0,324
Bloc habitation 13	7,059	29,831	35,588	21,346	5,851	0,324
Bloc habitation 14	36,516	39,922	18,277	4,741	0,535	0,009

Tableau 20: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages \ Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Bibliothèque 1	92,607	6,392	0,908	0,089	0,004	0,000
Bibliothèque 2	92,607	6,392	0,908	0,089	0,004	0,000
Bibliothèque 3	92,607	6,392	0,908	0,089	0,004	0,000
Bibliothèque SNV 1	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000
Bibliothèque SNV 2	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000
Labo CC	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000
Labo SNV 1	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000
Labo SNV 2	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000
Amphi 1	98,185	1,613	0,185	0,015	0,001	0,000
Amphi 2	98,185	1,613	0,185	0,015	0,001	0,000
Faculté SNV	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000
Faculté SNV/LAA	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000
Faculté LAA	97,043	2,613	0,316	0,027	0,001	0,000

➤ **Intensité =I7**

1- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule :

$$P_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

$$X=0, \dots, 6$$

Tableau 21-Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie.

Valeurs des X \ Constructions	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bloc laboratoire	0,000	26,802	67,957	91,534	98,951	99,977	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	26,802	67,957	91,534	98,951	99,977	100,000
Bloc biologie	0,000	26,802	67,957	91,534	98,951	99,977	100,000
Bloc agronomie	0,000	26,802	67,957	91,534	98,951	99,977	100,000
Bloc Foyer	0,000	11,594	47,064	80,285	96,355	99,856	100,000
Bloc poste graduation	0,000	31,414	72,291	93,246	99,236	99,985	100,000
Bloc décanat	0,000	31,414	72,291	93,246	99,236	99,985	100,000
Bloc ONEA	0,000	31,414	72,291	93,246	99,236	99,985	100,000
Bloc administrative 1	0,000	11,594	47,064	80,285	96,355	99,856	100,000
Bloc administrative 2	0,000	11,594	47,064	80,285	96,355	99,856	100,000

Bloc administrative 3	0,000	11,594	47,064	80,285	96,355	99,856	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	8,038	39,380	74,569	94,562	99,734	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	8,038	39,380	74,569	94,562	99,734	100,000
Bloc habitation 1	0,000	0,535	8,469	33,329	69,300	95,049	100,000
Bloc habitation 2	0,000	3,986	27,347	63,102	89,933	99,292	100,000
Bloc habitation 3	0,000	3,986	27,347	63,102	89,933	99,292	100,000
Bloc habitation 4	0,000	3,986	27,347	63,102	89,933	99,292	100,000
Bloc habitation 5	0,000	1,443	15,425	46,950	80,619	97,857	100,000
Bloc habitation 6	0,000	0,535	8,469	33,329	69,300	95,049	100,000
Bloc habitation 7	0,000	3,986	27,347	63,102	89,933	99,292	100,000
Bloc habitation 8	0,000	1,443	15,425	46,950	80,619	97,857	100,000
Bloc habitation 9	0,000	3,986	27,347	63,102	89,933	99,292	100,000
Bloc habitation 10	0,000	8,038	39,380	74,569	94,562	99,734	100,000
Bloc bank	0,000	7,536	38,129	73,534	94,203	99,706	100,000
Bloc habitation 12	0,000	0,535	8,469	33,329	69,300	95,049	100,000
Bloc habitation 13	0,000	0,535	8,469	33,329	69,300	95,049	100,000
Bloc habitation 14	0,000	7,536	38,129	73,534	94,203	99,706	100,000

Tableau 22: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé

X Constructions	Valeurs des						
	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bibliothèque 1	0,000	77,708	95,776	99,483	99,972	100,000	100,000
Bibliothèque 2	0,000	77,708	95,776	99,483	99,972	100,000	100,000
Bibliothèque 3	0,000	77,708	95,776	99,483	99,972	100,000	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000
Labo CC	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000
Labo SNV 1	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000
Labo SNV 2	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000
Amphie 1	0,000	94,943	99,364	99,945	99,998	100,000	100,000
Amphie 2	0,000	94,943	99,364	99,945	99,998	100,000	100,000
Faculte SNV	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000
Faculte SNV/LAA	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000
Faculte LAA	0,000	91,398	98,795	99,886	99,995	100,000	100,000

2- calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k

S'écrit sous la forme :

Formule :

$$p_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 23: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie













Degré des dommages	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Constructions						
Bloc laboratoire	26,802	41,155	23,577	7,417	1,025	0,023
Bloc langue étrangère	26,802	41,155	23,577	7,417	1,025	0,023
Bloc biologie	26,802	41,155	23,577	7,417	1,025	0,023
Bloc agronomie	26,802	41,155	23,577	7,417	1,025	0,023
Bloc Foyer	11,594	35,470	33,222	16,070	3,501	0,144
Bloc poste graduation	31,414	40,877	20,956	5,990	0,749	0,015
Bloc decanat	31,414	40,877	20,956	5,990	0,749	0,015
Bloc ONEA	31,414	40,877	20,956	5,990	0,749	0,015
Bloc administrative 1	11,594	35,470	33,222	16,070	3,501	0,144
Bloc administrative 2	11,594	35,470	33,222	16,070	3,501	0,144
Bloc administrative 3	11,594	35,470	33,222	16,070	3,501	0,144
Bloc audio visuel 1	8,038	31,342	35,189	19,994	5,172	0,266
Bloc audio visuel 2	8,038	31,342	35,189	19,994	5,172	0,266
Bloc habitation 1	0,535	7,934	24,859	35,971	25,749	4,951
Bloc habitation 2	3,986	23,361	35,755	26,831	9,359	0,708
Bloc habitation 3	3,986	23,361	35,755	26,831	9,359	0,708
Bloc habitation 4	3,986	23,361	35,755	26,831	9,359	0,708
Bloc habitation 5	1,443	13,981	31,526	33,668	17,238	2,143
Bloc habitation 6	0,535	7,934	24,859	35,971	25,749	4,951
Bloc habitation 7	3,986	23,361	35,755	26,831	9,359	0,708
Bloc habitation 8	1,443	13,981	31,526	33,668	17,238	2,143
Bloc habitation 9	3,986	23,361	35,755	26,831	9,359	0,708
Bloc habitation 10	8,038	31,342	35,189	19,994	5,172	0,266
Bloc bank	7,536	30,593	35,405	20,669	5,503	0,294
Bloc habitation 12	0,535	7,934	24,859	35,971	25,749	4,951
Bloc habitation 13	0,535	7,934	24,859	35,971	25,749	4,951
Bloc habitation 14	7,536	30,593	35,405	20,669	5,503	0,294

Tableau 24: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Constructions						
Bibliothèque 1	77,708	18,067	3,708	0,489	0,027	0,000
Bibliothèque 2	77,708	18,067	3,708	0,489	0,027	0,000
Bibliothèque 3	77,708	18,067	3,708	0,489	0,027	0,000
Bibliothèque SNV 1	91,398	7,397	1,091	0,110	0,005	0,000
Bibliothèque SNV 2	91,398	7,397	1,091	0,110	0,005	0,000
Labo CC	91,398	7,397	1,091	0,110	0,005	0,000
Labo SNV 1	91,398	7,397	1,091	0,110	0,005	0,000
Labo SNV 2	91,398	7,397	1,091	0,110	0,005	0,000
Amphie 1	94,943	4,421	0,581	0,053	0,002	0,000
Amphie 2	94,943	4,421	0,581	0,053	0,002	0,000
Faculte SNV	91,398	7,397	1,091	0,110	0,005	0,000
Faculte SNV/LAA	91,398	7,397	1,091	0,110	0,005	0,000

➤ **Intensité =18**

1- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule :

$$P_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

X=0,...,6

Tableau 25: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie

X Constructions	Valeurs des						
	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bloc laboratoire	0,000	4,288	28,442	64,305	90,488	99,354	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	4,288	28,442	64,305	90,488	99,354	100,000
Bloc biologie	0,000	4,288	28,442	64,305	90,488	99,354	100,000
Bloc agronomie	0,000	4,288	28,442	64,305	90,488	99,354	100,000
Bloc Foyer	0,000	1,113	13,230	43,131	77,823	97,278	100,000
Bloc poste graduation	0,000	5,691	33,024	68,962	92,479	99,557	100,000
Bloc décanat	0,000	5,691	33,024	68,962	92,479	99,557	100,000
Bloc ONEA	0,000	5,691	33,024	68,962	92,479	99,557	100,000
Bloc administrative 1	0,000	1,113	13,230	43,131	77,823	97,278	100,000
Bloc administrative 2	0,000	1,113	13,230	43,131	77,823	97,278	100,000
Bloc administrative 3	0,000	1,113	13,230	43,131	77,823	97,278	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	0,646	9,516	35,705	71,567	95,714	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	0,646	9,516	35,705	71,567	95,714	100,000
Bloc habitation 1	0,000	0,018	0,858	7,343	29,254	70,307	100,000
Bloc habitation 2	0,000	0,239	5,070	24,341	59,259	91,393	100,000
Bloc habitation 3	0,000	0,239	5,070	24,341	59,259	91,393	100,000
Bloc habitation 4	0,000	0,239	5,070	24,341	59,259	91,393	100,000
Bloc habitation 5	0,000	0,061	2,044	13,437	42,536	82,042	100,000
Bloc habitation 6	0,000	0,018	0,858	7,343	29,254	70,307	100,000
Bloc habitation 7	0,000	0,239	5,070	24,341	59,259	91,393	100,000
Bloc habitation 8	0,000	0,061	2,044	13,437	42,536	82,042	100,000
Bloc habitation 9	0,000	0,239	5,070	24,341	59,259	91,393	100,000
Bloc habitation 10	0,000	0,646	9,516	35,705	71,567	95,714	100,000
Bloc bank	0,000	0,589	8,981	34,509	70,444	95,392	100,000
Bloc habitation 12	0,000	0,018	0,858	7,343	29,254	70,307	100,000
Bloc habitation 13	0,000	0,018	0,858	7,343	29,254	70,307	100,000

Bloc habitation 14	0,000	0,589	8,981	34,509	70,444	95,392	100,000
--------------------	-------	-------	-------	--------	--------	--------	---------

Tableau 26: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé

Valeurs des X Constructions	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bibliothèque 1	0,000	43,793	81,433	96,273	99,660	99,995	100,000
Bibliothèque 2	0,000	43,793	81,433	96,273	99,660	99,995	100,000
Bibliothèque 3	0,000	43,793	81,433	96,273	99,660	99,995	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000
Labo CC	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000
Labo SNV 1	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000
Labo SNV 2	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000
Amphie 1	0,000	84,794	97,501	99,729	99,987	100,000	100,000
Amphie 2	0,000	84,794	97,501	99,729	99,987	100,000	100,000
Faculte SNV	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000
Faculte SNV/LAA	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000
Faculte LAA	0,000	74,216	94,792	99,327	99,962	100,000	100,000







2- calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k

S'écrit sous la forme :

Formule :







$$p_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 27: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie

Degré des dommages Constructions	D0 	D1 	D2 	D3 	D4 	D5 
Bloc laboratoire	4,288	24,154	35,862	26,183	8,866	0,646
Bloc langue étrangère	4,288	24,154	35,862	26,183	8,866	0,646
Bloc biologie	4,288	24,154	35,862	26,183	8,866	0,646
Bloc aronomie	4,288	24,154	35,862	26,183	8,866	0,646
Bloc Foyer	1,113	12,117	29,901	34,692	19,455	2,722
Bloc poste graduation	5,691	27,334	35,937	23,518	7,078	0,443

Bloc decanat	5,691	27,334	35,937	23,518	7,078	0,443
Bloc ONEA	5,691	27,334	35,937	23,518	7,078	0,443
Bloc administrative 1	1,113	12,117	29,901	34,692	19,455	2,722
Bloc administrative 2	1,113	12,117	29,901	34,692	19,455	2,722
Bloc administrative 3	1,113	12,117	29,901	34,692	19,455	2,722
Bloc audio visuel 1	0,646	8,870	26,189	35,862	24,147	4,286
Bloc audio visuel 2	0,646	8,870	26,189	35,862	24,147	4,286
Bloc habitation 1	0,018	0,841	6,485	21,911	41,053	29,693
Bloc habitation 2	0,239	4,832	19,270	34,918	32,135	8,607
Bloc habitation 3	0,239	4,832	19,270	34,918	32,135	8,607
Bloc habitation 4	0,239	4,832	19,270	34,918	32,135	8,607
Bloc habitation 5	0,061	1,983	11,393	29,099	39,506	17,958
Bloc habitation 6	0,018	0,841	6,485	21,911	41,053	29,693
Bloc habitation 7	0,239	4,832	19,270	34,918	32,135	8,607
Bloc habitation 8	0,061	1,983	11,393	29,099	39,506	17,958
Bloc habitation 9	0,239	4,832	19,270	34,918	32,135	8,607
Bloc habitation 10	0,646	8,870	26,189	35,862	24,147	4,286
Bloc bank	0,589	8,393	25,528	35,935	24,948	4,608
Bloc habitation 12	0,018	0,841	6,485	21,911	41,053	29,693
Bloc habitation 13	0,018	0,841	6,485	21,911	41,053	29,693
Bloc habitation 14	0,589	8,393	25,528	35,935	24,948	4,608

Tableau 28: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Constructions						
Bibliothèque 1	43,793	37,640	14,839	3,388	0,335	0,005
Bibliothèque 2	43,793	37,640	14,839	3,388	0,335	0,005
Bibliothèque 3	43,793	37,640	14,839	3,388	0,335	0,005
Bibliothèque SNV 1	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000
Bibliothèque SNV 2	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000
Labo CC	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000
Labo SNV 1	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000
Labo SNV 2	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000
Amphie 1	84,794	12,707	2,228	0,258	0,013	0,000
Amphie 2	84,794	12,707	2,228	0,258	0,013	0,000
Faculte SNV	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000
Faculte SNV/LAA	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000
Faculte LAA	74,216	20,575	4,535	0,635	0,038	0,000

➤ **Intensité =I9**

1- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule :

$$P_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

X=0,...,6

Tableau 29-Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages):
 calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie

Valeurs des X	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Constructions							
Bloc laboratoire	0,000	0,264	5,414	25,362	60,535	91,927	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	0,264	5,414	25,362	60,535	91,927	100,000
Bloc biologie	0,000	0,264	5,414	25,362	60,535	91,927	100,000
Bloc agronomie	0,000	0,264	5,414	25,362	60,535	91,927	100,000
Bloc Foyer	0,000	0,044	1,625	11,487	38,722	79,156	100,000
Bloc poste graduation	0,000	0,393	6,979	29,664	65,509	93,811	100,000
Bloc décanat	0,000	0,393	6,979	29,664	65,509	93,811	100,000
Bloc ONEA	0,000	0,393	6,979	29,664	65,509	93,811	100,000
Bloc administrative 1	0,000	0,044	1,625	11,487	38,722	79,156	100,000
Bloc administrative 2	0,000	0,044	1,625	11,487	38,722	79,156	100,000
Bloc administrative 3	0,000	0,044	1,625	11,487	38,722	79,156	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	0,022	1,010	8,243	31,504	72,659	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	0,022	1,010	8,243	31,504	72,659	100,000
Bloc habitation 1	0,000	0,000	0,058	0,944	6,778	30,773	100,000
Bloc habitation 2	0,000	0,007	0,434	4,471	21,042	59,988	100,000
Bloc habitation 3	0,000	0,007	0,434	4,471	21,042	59,988	100,000
Bloc habitation 4	0,000	0,007	0,434	4,471	21,042	59,988	100,000
Bloc habitation 5	0,000	0,002	0,146	1,959	11,732	43,403	100,000
Bloc habitation 6	0,000	0,000	0,058	0,944	6,778	30,773	100,000
Bloc habitation 7	0,000	0,007	0,434	4,471	21,042	59,988	100,000
Bloc habitation 8	0,000	0,002	0,146	1,959	11,732	43,403	100,000
Bloc habitation 9	0,000	0,007	0,434	4,471	21,042	59,988	100,000
Bloc habitation 10	0,000	0,022	1,010	8,243	31,504	72,659	100,000
Bloc bank	0,000	0,020	0,931	7,782	30,368	71,494	100,000
Bloc habitation 12	0,000	0,000	0,058	0,944	6,778	30,773	100,000
Bloc habitation 13	0,000	0,000	0,058	0,944	6,778	30,773	100,000
Bloc habitation 14	0,000	0,020	0,931	7,782	30,368	71,494	100,000

Tableau 30-Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé

Valeurs des X Constructions	X =0	X =1	X =2	X =3	X =4	X =5	X =6
Bibliothèque 1	0,000	10,805	45,510	79,212	96,043	99,837	100,000
Bibliothèque 2	0,000	10,805	45,510	79,212	96,043	99,837	100,000
Bibliothèque 3	0,000	10,805	45,510	79,212	96,043	99,837	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000
Labo CC	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000
Labo SNV 1	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000
Labo SNV 2	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000
Amphie 1	0,000	57,569	88,706	98,140	99,863	99,999	100,000
Amphie 2	0,000	57,569	88,706	98,140	99,863	99,999	100,000
Faculté SNV	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000
Faculté SNV/LAA	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000
Faculté LAA	0,000	38,257	77,722	95,137	99,514	99,992	100,000







2- calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k

S'écrit sous la forme :

Formule :

$$P_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 31: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les Constructions en maçonnerie

Degré des dommages Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Bloc laboratoire	0,264	5,150	19,948	35,173	31,393	8,073
Bloc langue étrangère	0,264	5,150	19,948	35,173	31,393	8,073
Bloc biologie	0,264	5,150	19,948	35,173	31,393	8,073
Bloc agronomie	0,264	5,150	19,948	35,173	31,393	8,073
Bloc Foyer	0,044	1,581	9,862	27,235	40,434	20,844
Bloc poste graduation	0,393	6,586	22,685	35,846	28,302	6,189
Bloc décanat	0,393	6,586	22,685	35,846	28,302	6,189
Bloc ONEA	0,393	6,586	22,685	35,846	28,302	6,189
Bloc administrative 1	0,044	1,581	9,862	27,235	40,434	20,844
Bloc administrative 2	0,044	1,581	9,862	27,235	40,434	20,844
Bloc administrative 3	0,044	1,581	9,862	27,235	40,434	20,844
Bloc audio visuel 1	0,022	0,988	7,233	23,261	41,156	27,341
Bloc audio visuel 2	0,022	0,988	7,233	23,261	41,156	27,341
Bloc habitation 1	0,000	0,057	0,886	5,834	23,994	69,227
Bloc habitation 2	0,007	0,427	4,037	16,571	38,946	40,012
Bloc habitation 3	0,007	0,427	4,037	16,571	38,946	40,012

Bloc habitation 4	0,007	0,427	4,037	16,571	38,946	40,012
Bloc habitation 5	0,002	0,144	1,813	9,773	31,672	56,597
Bloc habitation 6	0,000	0,057	0,886	5,834	23,994	69,227
Bloc habitation 7	0,007	0,427	4,037	16,571	38,946	40,012
Bloc habitation 8	0,002	0,144	1,813	9,773	31,672	56,597
Bloc habitation 9	0,007	0,427	4,037	16,571	38,946	40,012
Bloc habitation 10	0,022	0,988	7,233	23,261	41,156	27,341
Bloc bank	0,020	0,911	6,851	22,586	41,126	28,506
Bloc habitation 12	0,000	0,057	0,886	5,834	23,994	69,227
Bloc habitation 13	0,000	0,057	0,886	5,834	23,994	69,227
Bloc habitation 14	0,020	0,911	6,851	22,586	41,126	28,506

Tableau 32: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Bibliothèque 1	10,805	34,705	33,702	16,831	3,794	0,163
Bibliothèque 2	10,805	34,705	33,702	16,831	3,794	0,163
Bibliothèque 3	10,805	34,705	33,702	16,831	3,794	0,163
Bibliothèque SNV 1	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008
Bibliothèque SNV 2	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008
Labo CC	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008
Labo SNV 1	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008
Labo SNV 2	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008
Amphie 1	57,569	31,136	9,434	1,724	0,135	0,001
Amphie 2	57,569	31,136	9,434	1,724	0,135	0,001
Faculte SNV	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008
Faculte SNV/LAA	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008
Faculte LAA	38,257	39,465	17,415	4,377	0,478	0,008

➤ **Intensité =I10**

1- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule :

$$p_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

$$X=0, \dots, 6$$

Tableau 33: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie

Valeurs de x Constructions	X=0	X=1	X=2	X=3	X=4	X=5	X=6
Bloc laboratoire	0,000	0,008	0,472	4,758	21,951	61,287	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	0,008	0,472	4,758	21,951	61,287	100,000

Bloc biologie	0,000	0,008	0,472	4,758	21,951	61,287	100,000
Bloc aronomie	0,000	0,008	0,472	4,758	21,951	61,287	100,000
Bloc Foyer	0,000	0,001	0,113	1,606	10,134	39,735	100,000
Bloc poste graduation	0,000	0,012	0,659	6,075	25,848	66,388	100,000
Bloc decanat	0,000	0,012	0,659	6,075	25,848	66,388	100,000
Bloc ONEA	0,000	0,012	0,659	6,075	25,848	66,388	100,000
Bloc administrative 1	0,000	0,001	0,113	1,606	10,134	39,735	100,000
Bloc administrative 2	0,000	0,001	0,113	1,606	10,134	39,735	100,000
Bloc administrative 3	0,000	0,001	0,113	1,606	10,134	39,735	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	0,001	0,068	1,078	7,505	32,887	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	0,001	0,068	1,078	7,505	32,887	100,000
Bloc habitation 1	0,000	0,000	0,005	0,123	1,284	9,056	100,000
Bloc habitation 2	0,000	0,000	0,030	0,550	4,437	23,075	100,000
Bloc habitation 3	0,000	0,000	0,030	0,550	4,437	23,075	100,000
Bloc habitation 4	0,000	0,000	0,030	0,550	4,437	23,075	100,000
Bloc habitation 5	0,000	0,000	0,011	0,242	2,274	14,159	100,000
Bloc habitation 6	0,000	0,000	0,005	0,123	1,284	9,056	100,000
Bloc habitation 7	0,000	0,000	0,030	0,550	4,437	23,075	100,000
Bloc habitation 8	0,000	0,000	0,011	0,242	2,274	14,159	100,000
Bloc habitation 9	0,000	0,000	0,030	0,550	4,437	23,075	100,000
Bloc habitation 10	0,000	0,001	0,068	1,078	7,505	32,887	100,000
Bloc bank	0,000	0,001	0,063	1,009	7,133	31,819	100,000
Bloc habitation 12	0,000	0,000	0,005	0,123	1,284	9,056	100,000
Bloc habitation 13	0,000	0,000	0,005	0,123	1,284	9,056	100,000
Bloc habitation 14	0,000	0,001	0,063	1,009	7,133	31,819	100,000

Tableau 34: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé

Valeurs de x Constructions	X=0	X=1	X=2	X=3	X=4	X=5	X=6
Bibliothèque 1	0,000	1,001	12,416	41,618	76,641	97,012	100,000
Bibliothèque 2	0,000	1,001	12,416	41,618	76,641	97,012	100,000
Bibliothèque 3	0,000	1,001	12,416	41,618	76,641	97,012	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000
Labo CC	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000
Labo SNV 1	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000
Labo SNV 2	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000
Amphie 1	0,000	19,744	59,876	87,816	98,230	99,951	100,000
Amphie 2	0,000	19,744	59,876	87,816	98,230	99,951	100,000
Faculte SNV	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000
Faculte SNV/LAA	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000
Faculte LAA	0,000	8,245	39,883	74,976	94,701	99,745	100,000

2- calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k

s'écrit sous la forme :

Formule :

$$P_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 35: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie













Degré des dommages Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Bloc laboratoire	0,008	0,464	4,286	17,193	39,336	38,713
Bloc langue étrangère	0,008	0,464	4,286	17,193	39,336	38,713
Bloc biologie	0,008	0,464	4,286	17,193	39,336	38,713
Bloc aronomie	0,008	0,464	4,286	17,193	39,336	38,713
Bloc Foyer	0,001	0,112	1,493	8,528	29,601	60,265
Bloc poste graduation	0,012	0,647	5,415	19,774	40,540	33,612
Bloc decanat	0,012	0,647	5,415	19,774	40,540	33,612
Bloc ONEA	0,012	0,647	5,415	19,774	40,540	33,612
Bloc administrative 1	0,001	0,112	1,493	8,528	29,601	60,265
Bloc administrative 2	0,001	0,112	1,493	8,528	29,601	60,265
Bloc administrative 3	0,001	0,112	1,493	8,528	29,601	60,265
Bloc audio visuel 1	0,001	0,068	1,010	6,427	25,382	67,113
Bloc audio visuel 2	0,001	0,068	1,010	6,427	25,382	67,113
Bloc habitation 1	0,000	0,005	0,118	1,161	7,772	90,944
Bloc habitation 2	0,000	0,029	0,520	3,888	18,638	76,925
Bloc habitation 3	0,000	0,029	0,520	3,888	18,638	76,925
Bloc habitation 4	0,000	0,029	0,520	3,888	18,638	76,925
Bloc habitation 5	0,000	0,011	0,231	2,032	11,885	85,841
Bloc habitation 6	0,000	0,005	0,118	1,161	7,772	90,944
Bloc habitation 7	0,000	0,029	0,520	3,888	18,638	76,925
Bloc habitation 8	0,000	0,011	0,231	2,032	11,885	85,841
Bloc habitation 9	0,000	0,029	0,520	3,888	18,638	76,925
Bloc habitation 10	0,001	0,068	1,010	6,427	25,382	67,113
Bloc bank	0,001	0,062	0,946	6,124	24,685	68,181
Bloc habitation 12	0,000	0,005	0,118	1,161	7,772	90,944
Bloc habitation 13	0,000	0,005	0,118	1,161	7,772	90,944
Bloc habitation 14	0,001	0,062	0,946	6,124	24,685	68,181

Tableau 36: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages Constructions	D0	D1	D2	D3	D4	D5
						
Bibliothèque 1	1,001	11,415	29,201	35,023	20,371	2,988
Bibliothèque 2	1,001	11,415	29,201	35,023	20,371	2,988
Bibliothèque 3	1,001	11,415	29,201	35,023	20,371	2,988
Bibliothèque SNV 1	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255
Bibliothèque SNV 2	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255
Labo CC	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255
Labo SNV 1	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255
Labo SNV 2	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255
Amphie 1	19,744	40,132	27,940	10,413	1,721	0,049
Amphie 2	19,744	40,132	27,940	10,413	1,721	0,049
Faculte SNV	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255
Faculte SNV/LAA	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255
Faculte LAA	8,245	31,638	35,093	19,725	5,043	0,255

➤ **Intensité =I11**

2- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule :

$$P_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

$$X=0, \dots, 6$$

Tableau 37-Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie

Valeurs de x Constructions	X=0	X=1	X=2	X=3	X=4	X=5	X=6
Bloc laboratoire	0,000	0,000	0,032	0,587	4,674	23,928	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	0,000	0,032	0,587	4,674	23,928	100,000
Bloc biologie	0,000	0,000	0,032	0,587	4,674	23,928	100,000
Bloc aronomie	0,000	0,000	0,032	0,587	4,674	23,928	100,000
Bloc Foyer	0,000	0,000	0,009	0,200	1,945	12,561	100,000
Bloc poste graduation	0,000	0,000	0,044	0,764	5,751	27,580	100,000
Bloc decanat	0,000	0,000	0,044	0,764	5,751	27,580	100,000
Bloc ONEA	0,000	0,000	0,044	0,764	5,751	27,580	100,000
Bloc administrative 1	0,000	0,000	0,009	0,200	1,945	12,561	100,000
Bloc administrative 2	0,000	0,000	0,009	0,200	1,945	12,561	100,000

Bloc administrative 3	0,000	0,000	0,009	0,200	1,945	12,561	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	0,000	0,006	0,139	1,424	9,838	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	0,000	0,006	0,139	1,424	9,838	100,000
Bloc habitation 1	0,000	0,000	0,001	0,019	0,239	2,124	100,000
Bloc habitation 2	0,000	0,000	0,003	0,076	0,842	6,404	100,000
Bloc habitation 3	0,000	0,000	0,003	0,076	0,842	6,404	100,000
Bloc habitation 4	0,000	0,000	0,003	0,076	0,842	6,404	100,000
Bloc habitation 5	0,000	0,000	0,001	0,036	0,434	3,626	100,000
Bloc habitation 6	0,000	0,000	0,001	0,019	0,239	2,124	100,000
Bloc habitation 7	0,000	0,000	0,003	0,076	0,842	6,404	100,000
Bloc habitation 8	0,000	0,000	0,001	0,036	0,434	3,626	100,000
Bloc habitation 9	0,000	0,000	0,003	0,076	0,842	6,404	100,000
Bloc habitation 10	0,000	0,000	0,006	0,139	1,424	9,838	100,000
Bloc bank	0,000	0,000	0,005	0,131	1,352	9,440	100,000
Bloc habitation 12	0,000	0,000	0,001	0,019	0,239	2,124	100,000
Bloc habitation 13	0,000	0,000	0,001	0,019	0,239	2,124	100,000
Bloc habitation 14	0,000	0,000	0,005	0,131	1,352	9,440	100,000

Tableau 38: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé

Valeurs de x Constructions	X=0	X=1	X=2	X=3	X=4	X=5	X=6
Bibliothèque 1	0,000	0,038	1,480	10,769	37,229	77,931	100,000
Bibliothèque 2	0,000	0,038	1,480	10,769	37,229	77,931	100,000
Bibliothèque 3	0,000	0,038	1,480	10,769	37,229	77,931	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000
Labo CC		0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000
Labo SNV 1	0,000	0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000
Labo SNV 2	0,000	0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000
Amphie 1	0,000	2,563	21,443	55,900	86,232	98,810	100,000
Amphie 2	0,000	2,563	21,443	55,900	86,232	98,810	100,000
Faculte SNV	0,000	0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000
Faculte SNV/LAA	0,000	0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000
Faculte LAA	0,000	0,671	9,737	36,187	72,010	95,838	100,000

4- calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k

S'écrit sous la forme :

Formule :

$$p_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 39: Calcule La probabilité p_k associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie

Degré des dommages	D0	D1	D2	D3	D4	D5
--------------------	----	----	----	----	----	----













Constructions						
Bloc laboratoire	0,000	0,032	0,555	4,087	19,254	76,072
Bloc langue étrangère	0,000	0,032	0,555	4,087	19,254	76,072
Bloc biologie	0,000	0,032	0,555	4,087	19,254	76,072
Bloc aronomie	0,000	0,032	0,555	4,087	19,254	76,072
Bloc Foyer	0,000	0,009	0,192	1,744	10,617	87,439
Bloc poste graduation	0,000	0,044	0,719	4,987	21,829	72,420
Bloc decanat	0,000	0,044	0,719	4,987	21,829	72,420
Bloc ONEA	0,000	0,044	0,719	4,987	21,829	72,420
Bloc administrative 1	0,000	0,009	0,192	1,744	10,617	87,439
Bloc administrative 2	0,000	0,009	0,192	1,744	10,617	87,439
Bloc administrative 3	0,000	0,009	0,192	1,744	10,617	87,439
Bloc audio visuel 1	0,000	0,006	0,133	1,285	8,414	90,162
Bloc audio visuel 2	0,000	0,006	0,133	1,285	8,414	90,162
Bloc habitation 1	0,000	0,001	0,018	0,220	1,886	97,876
Bloc habitation 2	0,000	0,003	0,073	0,766	5,562	93,596
Bloc habitation 3	0,000	0,003	0,073	0,766	5,562	93,596
Bloc habitation 4	0,000	0,003	0,073	0,766	5,562	93,596
Bloc habitation 5	0,000	0,001	0,035	0,398	3,193	96,374
Bloc habitation 6	0,000	0,001	0,018	0,220	1,886	97,876
Bloc habitation 7	0,000	0,003	0,073	0,766	5,562	93,596
Bloc habitation 8	0,000	0,001	0,035	0,398	3,193	96,374
Bloc habitation 9	0,000	0,003	0,073	0,766	5,562	93,596
Bloc habitation 10	0,000	0,006	0,133	1,285	8,414	90,162
Bloc bank	0,000	0,005	0,125	1,222	8,088	90,560
Bloc habitation 12	0,000	0,001	0,018	0,220	1,886	97,876
Bloc habitation 13	0,000	0,001	0,018	0,220	1,886	97,876
Bloc habitation 14	0,000	0,005	0,125	1,222	8,088	90,560

Tableau 40: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Constructions						
Bibliothèque 1	0,038	1,442	9,290	26,460	40,702	22,069
Bibliothèque 2	0,038	1,442	9,290	26,460	40,702	22,069
Bibliothèque 3	0,038	1,442	9,290	26,460	40,702	22,069
Bibliothèque SNV 1	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162
Bibliothèque SNV 2	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162
Labo CC	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162
Labo SNV 1	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162
Labo SNV 2	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162
Amphie 1	2,563	18,880	34,458	30,332	12,577	1,190
Amphie 2	2,563	18,880	34,458	30,332	12,577	1,190

Faculte SNV	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162
Faculte SNV/LAA	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162
Faculte LAA	0,671	9,066	26,450	35,823	23,828	4,162

➤ **Intensité =I12**

5- calcule la probabilité des dommages par la loi béta.

Formule :

$$p_{\beta}(x) = \frac{\Gamma(t)}{\Gamma(r) \Gamma(t-r)} \frac{(x-a)^{r-1} (b-x)^{t-r-1}}{(b-a)^{t-1}}$$

X=0,...,6

Tableau 41: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi béta pour les constructions en maçonnerie

Valeurs de x Constructions	X=0	X=1	X=2	X=3	X=4	X=5	X=6
Bloc laboratoire	0,000	0,000	0,003	0,080	0,886	6,685	100,000
Bloc langue étrangère	0,000	0,000	0,003	0,080	0,886	6,685	100,000
Bloc biologie	0,000	0,000	0,003	0,080	0,886	6,685	100,000
Bloc aronomie	0,000	0,000	0,003	0,080	0,886	6,685	100,000
Bloc Foyer	0,000	0,000	0,001	0,030	0,370	3,152	100,000
Bloc poste graduation	0,000	0,000	0,004	0,102	1,089	7,922	100,000
Bloc decanat	0,000	0,000	0,004	0,102	1,089	7,922	100,000
Bloc ONEA	0,000	0,000	0,004	0,102	1,089	7,922	100,000
Bloc administrative 1	0,000	0,000	0,001	0,030	0,370	3,152	100,000
Bloc administrative 2	0,000	0,000	0,001	0,030	0,370	3,152	100,000
Bloc administrative 3	0,000	0,000	0,001	0,030	0,370	3,152	100,000
Bloc audio visuel 1	0,000	0,000	0,001	0,021	0,267	2,353	100,000
Bloc audio visuel 2	0,000	0,000	0,001	0,021	0,267	2,353	100,000
Bloc habitation 1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,062	100,000
Bloc habitation 2	0,000	0,000	0,000	0,011	0,146	1,350	100,000
Bloc habitation 3	0,000	0,000	0,000	0,011	0,146	1,350	100,000
Bloc habitation 4	0,000	0,000	0,000	0,011	0,146	1,350	100,000
Bloc habitation 5	0,000	0,000	0,000	0,004	0,055	0,525	100,000
Bloc habitation 6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,062	100,000
Bloc habitation 7	0,000	0,000	0,000	0,011	0,146	1,350	100,000
Bloc habitation 8	0,000	0,000	0,000	0,004	0,055	0,525	100,000
Bloc habitation 9	0,000	0,000	0,000	0,011	0,146	1,350	100,000
Bloc habitation 10	0,000	0,000	0,001	0,021	0,267	2,353	100,000
Bloc bank	0,000	0,000	0,001	0,020	0,253	2,236	100,000
Bloc habitation 12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,062	100,000
Bloc habitation 13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,062	100,000
Bloc habitation 14	0,000	0,000	0,001	0,020	0,253	2,236	100,000

Tableau 42: Estimation de la distribution des dommages (matrice de probabilité des dommages): calcule la probabilité des dommages par la loi bêta pour les constructions en béton armé

Valeurs de x Constructions	X=0	X=1	X=2	X=3	X=4	X=5	X=6
Bibliothèque 1	0,000	0,001	0,102	1,484	9,551	38,309	100,000
Bibliothèque 2	0,000	0,001	0,102	1,484	9,551	38,309	100,000
Bibliothèque 3	0,000	0,001	0,102	1,484	9,551	38,309	100,000
Bibliothèque SNV 1	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000
Bibliothèque SNV 2	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000
Labo CC	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000
Labo SNV 1	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000
Labo SNV 2	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000
Amphie 1	0,000	0,130	3,412	18,886	51,698	87,750	100,000
Amphie 2	0,000	0,130	3,412	18,886	51,698	87,750	100,000
Faculte SNV	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000
Faculte SNV/LAA	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000
Faculte LAA	0,000	0,023	1,043	8,433	31,964	73,120	100,000







6- calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k

S'écrit sous la forme :

Formule :







$$P_k = P_{\beta}(k+1) - P_{\beta}(k)$$

Tableau 43: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en maçonnerie

Degré des dommages Constructions	D0 	D1 	D2 	D3 	D4 	D5 
Bloc laboratoire	0,000	0,003	0,077	0,806	5,799	93,315
Bloc langue étrangère	0,000	0,003	0,077	0,806	5,799	93,315
Bloc biologie	0,000	0,003	0,077	0,806	5,799	93,315
Bloc aronomie	0,000	0,003	0,077	0,806	5,799	93,315
Bloc Foyer	0,000	0,001	0,029	0,340	2,782	96,848
Bloc poste graduation	0,000	0,004	0,098	0,987	6,833	92,078
Bloc decanat	0,000	0,004	0,098	0,987	6,833	92,078
Bloc ONEA	0,000	0,004	0,098	0,987	6,833	92,078
Bloc administrative 1	0,000	0,001	0,029	0,340	2,782	96,848
Bloc administrative 2	0,000	0,001	0,029	0,340	2,782	96,848
Bloc administrative 3	0,000	0,001	0,029	0,340	2,782	96,848
Bloc audio visuel 1	0,000	0,001	0,021	0,246	2,085	97,647
Bloc audio visuel 2	0,000	0,001	0,021	0,246	2,085	97,647
Bloc habitation 1	0,000	0,000	0,000	0,006	0,056	99,938
Bloc habitation 2	0,000	0,000	0,011	0,135	1,204	98,650

Bloc habitation 3	0,000	0,000	0,011	0,135	1,204	98,650
Bloc habitation 4	0,000	0,000	0,011	0,135	1,204	98,650
Bloc habitation 5	0,000	0,000	0,004	0,050	0,471	99,475
Bloc habitation 6	0,000	0,000	0,000	0,006	0,056	99,938
Bloc habitation 7	0,000	0,000	0,011	0,135	1,204	98,650
Bloc habitation 8	0,000	0,000	0,004	0,050	0,471	99,475
Bloc habitation 9	0,000	0,000	0,011	0,135	1,204	98,650
Bloc habitation 10	0,000	0,001	0,021	0,246	2,085	97,647
Bloc bank	0,000	0,001	0,019	0,233	1,984	97,764
Bloc habitation 12	0,000	0,000	0,000	0,006	0,056	99,938
Bloc habitation 13	0,000	0,000	0,000	0,006	0,056	99,938
Bloc habitation 14	0,000	0,001	0,019	0,233	1,984	97,764

Tableau 44: Calcule La probabilité pk associée à chaque degré de dommage k pour les constructions en béton armé

Degré des dommages	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Constructions						
Bibliothèque 1	0,001	0,101	1,381	8,067	28,759	61,691
Bibliothèque 2	0,001	0,101	1,381	8,067	28,759	61,691
Bibliothèque 3	0,001	0,101	1,381	8,067	28,759	61,691
Bibliothèque SNV 1	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880
Bibliothèque SNV 2	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880
Labo CC	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880
Labo SNV 1	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880
Labo SNV 2	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880
Amphie 1	0,130	3,281	15,474	32,812	36,052	12,250
Amphie 2	0,130	3,281	15,474	32,812	36,052	12,250
Faculte SNV	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880
Faculte SNV/LAA	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880
Faculte LAA	0,023	1,020	7,390	23,531	41,156	26,880