REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME D'ALGER
EPAU

THESE

Présentée pour l'obtention du titre de

Docteur en Sciences

Spécialité : Architecture et Environnement

Par :

Mme Aicha. Amina ABDESSEMED-FOUFA

Contribution pour la redécouverte des techniques constructives traditionnelles sismo-résistantes adoptées dans les grandes villes du Maghreb (Alger, Fès et Tunis) durant le XVIIIème siècle.

Soutenue publiquement le : 12 Juin 2007 à l'EPAU

Devant le jury composé de :

M ZEROUALA Mohamed Salah	Professeur	Président	EPAU
M BENOUAR Djillali	Professeur	Directeur de Thèse	USTHB
M BENEDETTI Duilio	Professeur	Examinateur	U. Milan
M AYADI Abdelhakim	Directeur de Recherche	Examinateur	CRAAG
Mme AZZAG Ewa	Maître de Conférence	Examinateur	EPAU
M ZERZOUR Ali	Maître de Conférence	Examinateur	ENTP
M BADJADJA Abdelaziz	Chargé de Cours	Invité	U.Constantine
M ZEKAGH Abdelouahab	Chargé de Cours	Invité	EPAU

مركز التوثيق
مابعد التدرج

Remerciements

Je rends grâce à Dieu de m'avoir accordé santé et mental pour effectuer ce modeste travail. Ainsi à son terme je souhaiterais exprimer très vivement ma profonde gratitude et mes remerciements les plus sincères aux personnes dont la compétence et l'expérience scientifique m'ont aidé à le réaliser :

- *Dr Djillali Benouar, Professeur en Génie sismique, USTHB, qui m'a fait l'honneur de diriger cette thèse après l'avoir fait si patiemment avec celle du Magistère.*
- *Dr Emanuela Guidoboni, Historienne en sismologie, de Storia Geofisica Ambiente (SGA) Bologne, pour ses précieux conseils en méthodologie dès les débuts de ce travail.*
- *Aux professeurs, président et membres du jury qui ont accepté de consacrer de leur temps précieux à examiner ce travail.*

Dr Mohamed .Salah Zerouala, Professeur en architecture, Directeur de l'EPAU, pour nous avoir honorée en acceptant de présider ce jury.

Dr Duilio Benedetti, ingénieur, Professeur en structure à l'Ecole Polytechnique de Milan.

Dr Ewa Azzag, architecte, Maître de Conférence, EPAU.

Dr Ali Zerzour, ingénieur en génie civile, Maître de Conférence, ENTP.

Dr Abdelhakim Ayadi, géophysicien, Directeur de Recherche, CRAAG.

- *Aux invités membres du jury :*

M Abdelouhab Zekagh, architecte, spécialiste en préservation des sites et monuments historiques, Chargé de Cours, EPAU.

M Abdelaziz Badjadja, architecte, spécialiste en préservation des sites et monuments historiques, Chargé de Cours, Université de Constantine.

Qui ont favorablement répondu à notre invitation à siéger au jury.

- *A la famille universitaire de Blida ; le Vice Rectorat chargé de la Post graduation, la faculté des Sciences de l'Ingénieur et le Département d'Architecture, responsables, collègues et travailleurs qui n'ont ménagé aucun effort pour me permettre d'aboutir.*
- *Aux responsables de l'Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme (EPAU) pour l'intérêt qu'ils portent au potentiel scientifique dans la formation doctorale.*
- *Au Dr Walter Hays, Professeur en sismologie, (Université de Charlotte, USA), pour l'intérêt qu'il a porté a ce travail ainsi que pour tous les encouragements qu'il m'a prodigué.*
- *Au Dr Guiliano. F Panza, Professeur en sismologie à l'International Center for Theoretical Physics (ICTP, Trieste, Italie) qui m'a intégré en tant que chercheur au sein du NASG (North African Seismological Group) dans le cadre du projet IUGS-UNESCO-*

EXCLU de PRÊT

IGCP Project 457 intitulé « Seismic Hazard and Risk Assesment in North Africa » et dans le cadre duquel s'est inscrite cette recherche.

– Au Dr Ferruccio Ferrigni, Professeur en Génie civile et Gestion Urbaine à l'Université de Naples et Directeur du Centre Universitaire Européen des Biens Culturels (CUEBC) de Ravello, qui m'a invité à suivre et à participer aux cours intensifs sur la « Culture Sismique Locale » à plusieurs reprises durant le déroulement de cette recherche.

– Au Dr Mustapha Meghraoui, Professeur à l'Institut de Physique du Globe (IPG) de Strasbourg, pour avoir répondu à chacune de mes sollicitations sans aucune hésitation.

– Au Président du NASG qui grâce au projet IUGS-UNESCO-IGCP Project 457 m'a octroyé une aide économique qui a couvert une partie de mes déplacements à Tunis et à Fès pour y achever l'investigation in situ.

– Les responsables des différentes institutions qui m'ont facilité les enquêtes sur terrain, dont :

Mme Assia Djeghri, architecte, Directrice du Service Technique. Mairie de la Casbah d'Alger.

MM Kamel Raftani et Omar Hassouni, architectes, respectivement Chef du Département des études et de la planification et Chef du département communautaire de l'Agence de Dé densification et de la Réhabilitation de la Médina de Fès, ADER Fès, Maroc.

Mmes Semia Akrout-Yaich et Faika Bejaoui, architectes-urnbanistes, respectivement Directeur Général et Directeur Adjoint chargé de la réhabilitation et du permis de construire de l'Association Sauvegarde de la Médina de Tunis (ASM Tunis), Tunisie.

– Les techniciens qui m'ont guidé à travers le dédale des trois médinas :

M Mohamed technicien supérieur du service technique de la mairie de la Casbah d'Alger.

M Zoheir Hassan, technicien supérieur en patrimoine de l'ADER Fès.

M Hellal Benhellal, documentaliste à l'ASM Tunis, non seulement pour la visite guidée mais aussi pour toute l'amabilité et la disponibilité dont il a fait preuve.

– M Djallal Abdekafi, architecte paysager à Tunis, qui m'a facilité l'investigation dans la médina de Tunis en m'orientant vers les îlots en démolition.

– M Abdelmadjid Chikhi, Directeur des Archives Nationales d'Alger et le personnel du centre de documentation de cette institution.

– M Abdelmadjid Boukacem, archéologue, Directeur du Bastion 23 ainsi que le personnel du centre de documentation

– Le personnel des Archives Nationales de France, du CAOM d'Aix-en-Provence, et ceux du royaume du Maroc, pour leur amabilité.

– Le personnel des Bibliothèques Nationales d'Alger, de France, du Royaume du Maroc, et du centre d'études du Diocésain pour leur disponibilité.

– *Le personnel des Centres de Documentation des services de la Graduation et la Post Graduation :*
Du Département d'Architecture de Blida.
De l'Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme d'Alger.
De l'Ecole d'Architecture de Rabat, Maroc.
Pour m'avoir facilité l'accès à la documentation.

– *Dr Assia Harbi, géophysicienne, chercheur au CRAAG, pour son précieux concours dans l'élaboration des cartes du séisme de Boumerdes 2003.*

– *Toutes les personnes, amis (es) et collègues du département d'architecture de Blida, du CRAAG, du NASG et du GADR qui m'ont apporté aide et soutien.*

– *Et mon époux, Burhan Ud-Din, architecte l'un des plus importants collaborateurs, pour la qualité de ses remarques et sa précieuse aide dans l'élaboration des illustrations.*

Je souhaiterais exprimer également très vivement ma profonde gratitude et mon affection à :

– *Mes garçons, Ibtihal, Ikbal et Rayan, dont la discrétion et la patience m'ont permis d'aboutir.*

– *Toute ma famille pour son soutien et ses encouragements.*

Résumé :

L'objectif principal de ce travail de recherche est de mettre en évidence les techniques constructives traditionnelles sismo-résistantes utilisées dans les grandes villes du Maghreb durant le XVIIIème siècle.

il s'agit d'identifier à travers cette étude les nombreux dommages occasionnés aux bâtiments après les séismes majeurs ayant survenus à Alger (1716), à Fès (1755) et Tunis (178), de déduire les pathologies d'origine sismique et de relever les techniques constructives qui ont été développées par la suite.

Afin d'élaborer ce travail de recherche, une investigation sur les archives ottomanes (archives du wakf) s'est imposée. En effet en l'absence de tout bilan ou données relatives au séisme de 1716, cette source de première main (essentielle), nous informa tant sur les dommages que sur les solutions adoptées.

Pour les autres sites Fès et Tunis, ce travail de recherche s'est basé non seulement sur des sources historiques tels que les manuscrits mais aussi sur les sources scientifiques.

Ce travail de recherche se divise en deux parties distinctes mais à propos commun :

La sismicité historique et les techniques constructives préventives.

Les résultats obtenus représentent une nouvelle contribution dans les études du Maghreb et en particulier pour Alger. Les données relatives à la sismicité historique contribueront dans l'élaboration des futurs scénarios de risque et le catalogue des techniques constructives sismo-résistantes contribuera dans le processus de préservation du patrimoine bâti. Il sera mis à la disposition des différents opérateurs (architectes et entreprises) comme un document synthétisant les mesures préventives dans le cadre de la restauration de l'héritage culturel afin de réduire le risque sismique dans les noyaux historiques.

Abstract :

The main goal that the research aimed to reach is the rediscover of the earthquake resistant traditional constructive techniques used in the great cities of the Maghreb since the XVIIIth century.

The starting point of the study was to identify the various damages on the buildings after the great earthquake, which happened in Algiers (1716), in Fez (1755) and in Tunis (1758). It was followed by the deduction of pathologies of seismic origin and a put forward of the earthquake-resistant constructive techniques.

To complete this work a research on the Ottomans files (for Algiers) was essential. Indeed, in the absence of a seismic assessment of the 1716 earthquake, these sources offered to us a great number of information in term of damage, and local response. For the others medinas this work was based on historical sources such as the Arab manuscripts and as well of the scientific sources.

This work was divided into two dependent parts and by the common way:

The historical seismicity and the earthquake-resistant constructive techniques.

The obtained results within the framework of this research constitute a new contribution in the studies of the Maghreb and to some particular for Algiers. The catalogue of the earthquake-resistant constructive techniques carried out meets the needs as regards repair and restoration for the architectural heritage. It makes it possible to the various partners (architects and manufacturers) to have a synthetic documentation relating to the traditional preventive techniques and the assumption of responsibility of the seismic risk in the historical centres.

EXCLU de PRET

ملخص

يهدف هذا البحث إلى اكتشاف تقنيات البناء القديمة، و المقاومة للرجة الزلزالية في المدن العريقة بالمغرب.

كان منطلق البحث معرفة الأضرار العديدة و المختلفة التي أصابت المباني اثر وقوع الزلازل الكبرى في الجزائر 1716، فاس 1755 و تونس 1758.

لقد تم ا لتأكد على الأسباب العديدة التي نتجت عنها الخسائر و تم البيان على التقنيات المقاومة للزلازل التي استعملت بعد ذالك.

لإجراء هذا البحث تطرقنا إلى تحليل وثائق الأرشيف العثماني فيما يخص الجزائر. حصلنا على معلومات دقيقة من ناحية التسبب للخسائر و التقنيات المستعملة بعد ذالك.

ينقسم هذا البحث إلي قسمين متكاملان و لهما نفس المسعى:

الزلزلة التاريخية في المنطقة المغربية

تقنيات البناء القديمة المقاومة للزلازل.

النتائج المحصل عليها تتلخص في مساهمة في الميدان العمراني والبنائي. قائمة التقنيات موجهة للاستعمال في مجال الترميم و التدعيم للمباني التاريخية.

Table des matières

	Pages
Remerciements	ii
Résumés	v
Système de translittération	viii
Table des matières	ix
Table des figures	xiv
Table des cartes et plans	xviii
Table des tableaux	xx
Liste des abréviations	xxii

Introduction Générale

1.	Introduction	xxiii
2.	Problématique	xxii
3.	Hypothèses	xxvi
4.	Objectifs	xxvi
5.	Méthodologie	xxvii
6.	Résultats	xxx
7.	Conclusion	xxxi

Première Partie
Sismicité Historique : les contextes régional et local

Chapitre 1
Le risque sismique dans le Maghreb

1.1	Introduction	1
1.2	Délimitation de la région d'investigation	1
1.3	La sismicité du Maghreb	3
	1.3.1 Le cadre géophysique	3
	1.3.2 La sismicité	4
1.4	Les caractéristiques de la sismicité régionale	8
1.5	La récurrence en terme de fréquence et importance	8
1.6	Les raz de marée ou tsunamis	9
1.7	La vulnérabilité sismique	10
1.8	La répartition territoriale du risque sismique	14
1.9	Conclusion	16

Chapitre 2
Approche et investigation pour la connaissance de la sismicité historique d'Alger, de Fès et de Tunis

2.1	Introduction	17
2.2	Les sources	20
2.3	Les catalogues	22
2.4	Les dommages	25
2.5	Les dates	29
2.6	La région d'investigation	30
2.7	La langue	32
2.8	Les phénomènes naturels enregistrés	32
2.9	L'échelle d'intensité considérée	32
2.10	Lecture du catalogue	33
2.11	Symboles et mots-clés utilisés pour les caractéristiques des tremblements de terre	33

Chapitre 3
La sismicité historique d'Alger

3.1 Les tremblements de terre depuis l'antiquité jusqu'au Xème siècle 35
3.1.1 Fin de l'antiquité 35
3.1.2 Avant le Xème siècle 36
3.2 Les tremblements de terre de Djazāir Bani Mazghanna depuis 1364 à 1516 37
3.3 Les tremblements de terre d'Al Djazāir de 1516 à 1830 43
3.4 Les tremblements de terre d'Al Djazāir de 1830 à 1899 57
3.5 Analyse des différents séismes d'Alger 68
3.6 Conclusion 78

Chapitre 4
Le séisme Du 03 Février 1716

4.1 Introduction 81
4.2 Recherche historique 81
4.3 Le séisme du 03 février 1716 (inc. 09 safar 1128) 84
4.5 les éléments de vulnérabilité 95
4.4.1 Les dommages recensés durant ce séisme 95
4.4.1.1L'effondrement total des maisons 96
4.4.1.2La destruction des murs 99
4.4.1.3La rupture des planchers et effondrement des étages supérieurs 100
5.5 les pathologies déduites 101
4.6 Conclusion 102

Chapitre 5
La sismicité historique de Fès et de Tunis

5.1 Introduction 105
5.2 Les tremblements de terre de Fès de 1045 à 1867 106
5.3 Analyse des séismes de Fès 120
5.4 Les tremblements de terre de Tunis de 856 à 1863 124
5.5 Analyse des séismes de Tunis 127
5.6 Conclusion 129

Conclusion première partie 131

Deuxième partie
Les Techniques Constructives Traditionnelles Sismo-résistantes

Chapitre 1
Le risque sismique dans les centres historiques

1.1 Introduction 134
1.1.1 Le risque sismique 134
1.1.2 L'aléa sismique général et local 135
1.1.3 La vulnérabilité sismique 135
1.1.4 L'exposition 136
1.1.5 Le risque sismique urbain 136
1.2 La vulnérabilité sismique des constructions historiques 136
1.3 Le scénario sismique 138
1.4 Renforcement sismique des constructions historiques mineurs 139
1.5 Renforcement sismique du patrimoine majeur 140
1.6 Conclusion 140

3.2.1 Les techniques sismo-résistantes à l'échelle urbaine 190
3.2.1.1Le choix du site 191
3.2.1.2Les îlots 192
3.2.1.3Les parcelles et les maisons 194
3.2.1.4Les sabats 194
3.2.1.5Les arcs de décharge 196
3.2.1.6Les étais 197
3.2.2 Les techniques constructives sismo-résistantes 198
3.2.2.1Typologie des maisons 199
3.2.2.2 La forme des maisons 200
3.2.2.3 Les fondations 201
3.2.2.4 La structure rigide 203
3.2.2.5Chaînage des angles 211
3.2.2.6Les cloisons 213
3.2.2.7La structure flexible 213
3.2.2.8Le contreventement de la structure à portiques 214
3.2.2.9La typologie constructive de l'arc algérois 216
3.2.2.10La typologie constructive d'un pilier à Alger et à Tunis 216
3.2.2.11La typologie constructive d'un pilier à Fès 216
3.2.2.12Les planchers 217
3.2.2.13Les planchers des terrasses 218
3.2.2.14Les encorbellements 219
3.2.2.15Les ouvertures 221
3.3 Comparaison entre les normes parasismiques et les dispositions urbaines et constructives adoptées dans les médinas du Maghreb 222
1.2 Tableau comparatif pour les techniques constructives 222
2.2 Tableau comparatif pour les dispositions urbaines 227
3.4 Conséquences du séisme du 21 mai 2003 sur les constructions de la Casbah d'Alger 228
3.5 Conclusion 234

Manuel des techniques sismo-résistantes du Maghreb 239

Chapitre 4
Les performances des techniques sismo-résistantes dans la casbah de Dellys lors du séisme de Boumerdes du 21 mai 2003

4.1 Introduction 279
4.2 Le séisme de Boumerdes 283
4.3 Les dommages structuraux sur le bâti historique 287
4.4 Les pathologies d'origine sismiques sur le bâti historique (vulnérabilité) 293
4.5 Typologie des murs 293
4.6 Les planchers 295
4.7 Les toitures 296
4.8 Les q'bus ou encorbellements 296
4.9 Conclusion 298

Conclusion deuxième partie 311

Conclusion Générale 313

Sources et Bibliographie 326

Annexes

Annexe I Article European Earthquake Engineering 34
Annexe II Glossaire arabe 368
Annexe III Résultats de l'analyse des archives ottomanes 371
Annexe IV Liste toponymique des rues sur lesquelles les dommages de 1716 ont été relevés 388
Annexe V Liste des mosquées existantes en 1716 400
Annexe VI liste des Sabats 403
Annexe VII Liste des Derbs 406
Annexe VIII Sources historiques non publiées (manuscrit, courrier consulaire, liste de habūs, journaux) 410
Annexe IX Echelle macrosismique Européenne EMS 98 431
Annexe X fiche de diagnostic des dommages post sismique (CGS, CTC) 437

Fig 2.3.3	Système d'assemblage des pagodes japonaises	187
Fig 2.3.4	Fractionnement des bâtiments par des joints parasismiques	191
Fig 2.3.5	Découpage des îlots en petits blocs	241
Fig 2.3.6	Restitution volumétrique d'un bloc Alger	242
Fig 2.3.7	Stabilité des bâtiments et contreventement par adossement des constructions	243
Fig 2.3.8	Morphologie urbaine et sismo-résistance des constructions	244
Fig 2.3.9	Comportement de la structure urbaine avec les sabats et les arcs de décharge	245
Fig 2.3.10	Types de Sabats et Arcs de décharge dans les trois médinas	246
Fig 2.3.11	Sabat et arcs de décharge en Italie	196
Fig 2.3.12	Arcs de décharge à Besalu (Espagne)	197
Fig 2.3.13	Système d'étayement traditionnel dans les trois médinas (messikh alger et tunis)	249
Fig 2.3.14	Vulnérabilité des maisons traditionnelles isolées	253
Fig 2.3.15	Typologie constructive d'une paroi murale en maçonnerie chaînée avec du bois	254
Fig 2.3.16	Restitution des murs porteurs à stratification régulière avec des lits de briques et des rondins de bois	255
Fig 2.3.17	Fissures stoppées par les rondins de bois	205
Fig 2.3.18	Comportement sismique de la paroi murale en maçonnerie chaînée avec du bois	256
Fig 2.3.19	Typologie constructive d'une paroi murale en maçonnerie à stratification régulière réalisée par des lits de brique superposés à des briques à 45° *(opus spicatum)*	257
Fig 2.3.20	Restitution des murs porteurs à stratification régulière lit de brique sur champ et brique à 45°	258
Fig 2.3.21	Typologie constructive d'une paroi murale en maçonnerie chaînée avec un arc de décharge	259
Fig 2.3.22	Typologie constructive d'une paroi murale en *opus mixtum* (moellons et briques)	260
Fig 2.3.23	Restitution d'une paroi en *opus mixtum* (moellons et briques)	261

Fig 2.3.25	Restauration d'un mur à Pompéi après le séisme de l'an 62 en *opus mixtum*	209
Fig 2.3.26	Comportement des constructions chaînées en bois lors du séisme de 1999 en Turquie (Langenbach)	211
Fig 2.3.27	Chaînage des angles	262
Fig 2.3.28	Restitution d'un chaînage d'angle avec des rondins de thuya	263
Fig 2.3.29	Vulnérabilité des angles et technique de leur chaînage	264
Fig 2.3.30	Comportement des chaînages d'angles à Safranbolu (Turquie)	213
Fig 2.3.31	Chaînage des cloisons aux murs porteurs	265
Fig 2.3.32	Restitution des chaînages de cloisons aux murs porteurs	266
Fig 2.3.33	La structure flexible arcature	267
Fig 2.3.34	Restitution du système d'arcature : contreventement	268
Fig 2.3.35	Tirants jouant le rôle de raidisseurs	215
Fig 2.3.36	Typologie constructive d'un arc algérois (Palais du Dey)	269
Fig 2.3.37	Restitution d'un détail constructif de l'arc algérois	270
Fig 2.3.38	Typologie constructive d'un pilier d'Alger et de Tunis	271
Fig 2.3.39	Typologie constructive d'un plancher à Alger	272
Fig 2.3.40	Comportement sismique des encorbellements	273
Fig 2.3.41	Encorbellement d'une maison en Grèce centrale	220
Fig 2.3.42	Chaînage des ouvertures selon code parasismique	274
Fig 2.3.43	Taux des dommages sur l'ensemble des constructions de la Casbah d'Alger lors du séisme du 21 mai 2003	227
Fig 2.3.44	Taux des dommages sur les constructions traditionnelles lors du séisme du 21 mai 2003	230
Fig 2.3.45	Inclinaison du lanterneau de la mosquée du Dey (Palais du Dey)	231
Fig 2.3.46	Cisaillement à la base du lanterneau	232
Fig 2.3.47	Fissure verticale au niveau du mihrab de la mosquée de Dey (Palais du Dey)	232
Fig 2.3.48	Anciennes fissures élargies, sur le mur extérieur du Palais	232

Table des cartes et plans

N°carte	Titre	Page
	Première Partie	
Carte 1.1.1	Région du Maghreb	2
Carte 1.1.2	Cadre des principaux traits morpho-structuraux du Maghreb	4
Carte 1.1.3	Répartition territoriale des séismes de M≥3 pour la période 412-2003	8
Carte 1.1.4	Etat de vétusté des constructions de la Casbah	12 et 275
Carte 1.1.5	Etat de vétusté dans la médina de Fès	13
Carte 1.1.6	Zonage sismique du territoire algérien	14
Carte 1.1.7	Zonage sismique du territoire marocain	15
Carte 1.1.8	Zonage sismique du territoire tunisien	15
Carte 1.3.1	Carte de la sismicité historique d'Alger	78
	Deuxième Partie	
Carte 2.2.1	Reconstruction du champ macrosismique du séisme de 1365	161
Carte 2.2.2	Plan de la Casbah d'Alger en 1830	175
Carte 2.2.3	Répartition des dommages par zones dans le noyau historique	176
Carte 2.2.4	Reconstruction du champ macrosismique du séisme de 1716	177
Carte 2.3.2	Restitution topographique des *sabats* et *derbs* sur le noyau historique	247
Carte 2.3.3	Découpage des îlots établis en fonction de la localisation des *sabats* et arcs de décharge	248
Carte 2.3.4	Localisation des maisons traditionnelles dans le noyau historique d'Alger	276
Carte 2.3.5	Dommages du séisme du 21 mai 2003 sur les constructions traditionnelles de la Casbah d'Alger	277
Carte 2.3.6	Carte résumant les dommages de 2003 sur l'état de vétusté de 1980	278
Carte 2.4.1	Localisation des Casbahs de Dellys et d'Alger par rapport à la	280

zone épicentrale

Carte 2.4.2	Estimation des intensités par ville affectée	284
Carte 2.4.3	Le séisme du 21 mai 2003 et sa liaison au système de failles inverses de la région d'Alger	285
Carte 2.4.4	Carte des principales failles inverses actives, leur extension en mer et la zone de dégâts majeurs à la suite du séisme du 21 mai 2003	287
Carte 2.4.5	Bilan des dommages sur le noyau historique de Dellys	289
Plan 2.3.1	Plans d'Alger (1830), de Tunis (Raymond 1985) et de Fès (ADER Fès)	239
Plan 2.3.2	Plan d'un îlot d'Alger, de Fès et de Tunis	240
Plan 2.3.3	Typologie des maisons d'Alger	250
Plan 2.3.4	Typologie des maisons de Tunis	251
Plan 2.3.5	Typologie des maisons de Fès	252
Plan 2.4.1	Typologie des maisons de Dellys	299

مركز توثيق

EXCLU de PRÊT

Table des Tableaux

N° du tableau	Titre	Page
	Première Partie	
Tab 1.1.1	Nombre de séismes importants dans les pays du Maghreb	6
Tab 1.1.2	Etat de vétusté des constructions de la Casbah d'Alger	11
Tab 1.1.3	Etat de vétusté des constructions de la médina de Fès	12
Tab 1.3.1	Nombre de séismes historiques importants à Alger	68
Tab 1.3.2	Catégories des séismes historiques à Alger	71
Tab 1.3.3	Liste des séismes historiques d'Alger entre le XVème et le XIX ^{ème} siècle	74
Tab 1.4.1	Liste des plus importants séismes historiques localisés au Sud-Ouest d' Alger	94
Tab 1.4.2	Liste des séismes de l'ère instrumentale localisés dans la région Sud-Ouest	94
Tab 1.5.1	Différentes catégorie de séismes historiques à Fès	120
Tab 1.5.2	Liste des séismes historiques de Fès entre le IXème et le XIXème siècle	122
Tab 1.5.3	Différentes catégorie de séismes historiques à Tunis	127
Tab 1.5.4	Liste des séismes historiques de Tunis entre le IXème et le XIXème siècle	128
	Deuxième Partie	
Tab 2.1.1	Rapport entre la hauteur et la base des minarets 'Abd al Wadid	157
Tab 2.2.1	Bilan et degré de dommages sur les constructions en 1716	173
Tab 2.3.1	Tableau comparatif entre les dispositions parasismiques et les techniques constructives sismo-résistantes adoptées dans les médinas du Maghreb	222
Tab 2.3.2	Tableau comparatif et les techniques sismo-résistantes urbaines adoptées dans les médinas du Maghreb	227

Tab 2.3.3	Bilan des dommages sur l'ensemble des constructions d'après les résultats préliminaires de l'expertise de 2003	229
Tab 2.3.4	Bilan des dommages sur les constructions traditionnelles d'après les résultats préliminaires de l'expertise de 2003	230
Tab 2.4.1	Données relatives aux magnitudes du séisme du 21 mai 2003	284

Liste des abréviations

ADER Fès, Agence pour la Dé densification et la Réhabilitation de la Médina de Fès

ANA, Archives Nationales Algériennes

ASM Tunis, Association pour la Sauvegarde de la Médina de Tunis

CAOM, Centre des Archives d'Outre- Mer

CFRSGC Alger, Cellule Fonctionnelle de la Réhabilitation et de la Sauvegarde et de la Gestion de la Casbah d'Alger

CGS, Centre de Génie sismique

CRAAG, Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique

CTC, Contrôle Technique de la Construction

CUEBC, Centre Universitaire Européen des Biens Culturels

EMS, Echelle Macrosismique Européenne

GADR, Global Alliance for Disaster Reduction

Ms, Manuscrit

MUCH, Ministère de l'Urbanisme, de la Construction et de l'Habitat

NASG, North African Seimology Group

PNUD, Plan des Nations Unis pour le Développement

RPA, Règles Parasismiques Algériennes

RPS, Règles Parasismiques du Maroc

SDU Fès, Schéma Directeur d'Urbanisme de Fès

STEG, Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz

Introduction Générale

1. Introduction :

Les centres historiques « médina et casbah » situés au Maghreb sont sous la menace constante d'un séisme et le risque auquel ils sont exposés n'est pas à négliger. Le degré le plus élevé d'aléa sismique est concentré dans la bande côtière au nord de l'Afrique allant d'Agadir dans le sud-ouest du Maroc jusqu'à Tunis en Tunisie. Il s'étend dans la région nord de l'Algérie et de la Tunisie, d'où un nord sismique et un sud asismique et est concentré dans le Rif et le haut Atlas au Maroc[1].

Les grandes villes du Maghreb datant du XVIIIème- XIXème siècles Alger et Tunis paraissent constituer un ensemble homogène qui relève de leur appartenance à l'époque ottomane. Néanmoins une autre grande ville maghrébine non ottomane mais Idrisside -Fès en l'occurrence- présente une similitude au niveau des caractéristiques structurelles, fonctionnelles et constructives des villes arabes de l'Afrique du nord[2], ainsi les problèmes liés à ces facteurs permettent une confrontation.
Ces sites historiques sont situés dans la zone où se concentre le plus haut degré d'aléa sismique. D'après la sismicité historique du Maghreb de nombreux séismes destructeurs se sont produits dans cette région durant les siècles derniers[3].

Si ces cités historiques continuent d'exister malgré les nombreux séismes destructeurs, cela implique que par le passé, la prise de conscience du risque sismique et l'émergence de technologie constructive ancienne se sont avérées nécessaires comme mesure préventive lors des reconstructions. Tout cela a engendré une culture sismique caractérisée par des mesures préventives locales.

- La médina d'*Al Djazāir* fut détruite par un séisme en 1716 dont l'intensité a été estimée à VII[4]. Sa reconstruction a tenu compte de techniques préventives imposées

[1] D.Benouar, G.L.Molas et F.Yamazaki (1996). "*Earthquake hazard maping in the maghreb countries: Algeria, Morroco, Tunisia*". In Earthquake Engeneering and Structural Dynamics; Volume 25, pp 8-14.
[2] Raymond (1985). Grandes villes arabes à l'époque ottomane. ed Sindbad, pp 12-18
[3] Benouar (1994), Tadili et all (1989), El Mrabet (2001) et le STEG (2006)
[4] Ambraseys et Vogt (1988). "*Materials for the investigation of the seismicity of the region of Algiers*". In European Earthquake Engineering 3, pp 16-29, p 18

par le Dey de l'époque[5] puisqu'elle a su résister depuis cette période à d'autres séismes importants en 1722, 1755, 1807 et en 1842.

- La médina de Fès sous la dynastie des Alaouites a également subi des ravages après les séismes de 1624 et 1755 dont les magnitudes respectives ont été estimées à IX[6]. A-t-elle été reconstruite en tenant compte des effets induits par ces séismes ? Quelles ont été les mesures préventives développées durant ces périodes (17ème et 18ème siècles) ?
- La médina de Tunis a quant à elle été endommagée par le séisme de 1758[7]. Etant elle même sous la régence ottomane, avait-t-on comme à *Al Djazāir* imposé des mesures préventives lors de la reconstruction et quelles en sont ces mesures?

Cette limitation dans le temps et dans l'espace constitue un échantillonnage homogène des villes arabes maghrébines. C'est également en vue de constituer un corpus cohérent que nous avons limité l'investigation aux trois grandes médinas d' *Al Djazāir*, de Tunis et de Fès après les tremblements de terre respectifs de 1716, 1758 et 1755.

Par ailleurs, dans la plupart des régions sismiques, l'adoption de techniques constructives qui visent à réduire les effets des tremblements de terre apparaît comme très ancienne. D'après les fouilles réalisées sur le site de Taxila au Pakistan, il a été mis en exergue des mesures de renforcement au niveau des fondations utilisées lors de la reconstruction de la ville détruite par le séisme de l'an 25. De même, à l'époque byzantine, il a été observé des changements radicaux dans les modes de construction dans plusieurs villes en Syrie et en Anatolie tels que le renforcement par des charpentes en bois, la suppression des murs en brique non renforcés et la réduction de la hauteur des maisons[8]. La Chine et le Japon offrent également de nombreux exemples de constructions anciennes (pagodes) dont l'assemblage des éléments structuraux a été influencé par la considération du risque sismique[9].
D'autres sites historiques situés sur la rive européenne du bassin méditerranéen comme San

[5] Chesneau (1892). "*Notes sur les tremblements de terre en Algérie*". In Annales des Mines, neuvième série. Ed Dunod Paris, TI, pp 5-46, p 8.
[6] Tadili et all (1989)."*The present state of Knowledge on historical seismicity of Morocco*". In proceeding of the Symposium of Calibration of historical earthquake in Europe and recent developments in intensity interpretation. European Seismological Comission. Sofia 23-28 August. Ed in Madrid. pp 257-279
[7] Ambraseys (1962). "The seismicity of Tunisia". In Annali di Geofisica Vol XV-N.2-3. April-Settembre. Rome. pp 233-244
[8] Betbeder-Matibet (1991). "Constructions parasismiques". In Techniques de l'ingénieur, traité construction. C 3290. pp 1-22, p 1.
[9] Ferrigni (2003). "*The local seismic culture*". In the 13th intensive course of Local Seismic Culture and Earthquake Vulnerability Reduction in Traditional Masonry Buildings. Ravello, October 15-21. European University Center for Cultural Heritage, Offprint: Ancient buildings and earthquake. pp195-209. et Betbeder-Matibet (1991) idem.

Lorezello (Italie)[10], Lisbonne (Portugal)[11] et Leucade (Grèce)[12] ont résisté à différents tremblements de terre durant les mêmes périodes et continuent d'exister du fait qu'ils aient été soumis à des mesures préventives contre les séismes.

Des anomalies apparentes dans les constructions anciennes qui se sont justifiées par leur rôle anti-sismique ont été mises à l'épreuve à San Lorenzello (Italie) ravagée par les tremblements de terre en 1688, 1805 et en 1980. « La culture sismique » a donc pris naissance dans ces régions exposées au risque sismique.

2. Problématique :

Il est évident que là ou les populations ont été meurtries par les effets des séismes, elles ont pris conscience de cet aléa et ont développé par empirisme des méthodes constructives préventives basées essentiellement sur l'observation.

Il n'est pas à exclure que différentes influences issues des nombreux échanges dans cette région du Bassin entre rive Nord et rive Sud aient contribué dans les modes de construction et ce depuis le premier millénaire. L'apport entre autre de l'architecture romaine et particulièrement de ses techniques constructives a fortement imprégné de manière générale la typologie constructive dans le Bassin Méditerranéen. La mise en œuvre de certaines de ces techniques est bien évidente à travers tout le territoire méditerranéen.

A-t-on dans le Maghreb développé un système constructif préventif tel que cela s'est fait de l'autre côté de la Méditerranée et ailleurs dans le monde dans les zones sismiquement actives?

Les médinas du Maghreb, bien qu'elles soient localisées dans des zones à risque, continuent d'exister. Ces mesures sont elles visibles et efficaces pour la sauvegarde de ces sites ?

[10] Ferrigni (1989). San Lorenzello à la recherche des anomalies qui protègent. Conseil de l'Europe. Centre Universitaire pour les Biens Culturels Ravello. Ed F. Ferrigni. 105 p

[11] Mascarenhas (1992). "*Lisbon, earthquake of 1755. The principles adopted (les techniques mises en œuvre*". In Actes du Colloque International les systèmes nationaux face aux séismes majeurs. La réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne 26-28 Novembre. pp 33-67

[12] Touliatos (1992). "*Traditional aseismic techniques in Greece*". In Actes du Colloque International les systèmes nationaux face aux séismes majeurs. La réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne 26-28 Novembre. pp 110- 124.

3. Hypothèses :

Il est certain que les populations maghrébines ont adopté des mesures préventives tels que l'aurait fait tout Homme par instinct pour se protéger et protéger ses biens.

a) Qu'en est-il alors sur cette rive orientale de la méditerranée (cadre de cette recherche) où sont concentrées plusieurs grandes cités historiques (Alger, Fès, Tunis, Marrakech, Bejaia, Constantine, Carthage..)?

b) Dés lors existait-il « une culture sismique locale » pour chacune des médinas du Maghreb prise en considération (Alger, Fès et Tunis)?

c) Une quelconque influence dans les techniques constructives préventives ou sismo-résistantes a-t-elle eu lieu ? 0u alors existait-il une culture régionale qui aurait été pratiqué à travers tout ce territoire ?

Ces questions vont conduire le processus de recherche qui tentera d'une part de démontrer de quelle manière est soumis le territoire d'investigation au risque sismique, d'autre part comment les techniques constructives préventives ont été utilisé, quelles en sont les plus usuelles et sont –elles réellement sismo-résistantes.

4. Objectifs de la recherche :

Ce travail de recherche a pour but essentiel de mettre en évidence les techniques constructives traditionnelles préventives qui ont permis aux médinas de perdurer dans le temps malgré les nombreux séismes destructeurs qui les ont affecté.

Le travail consisterait à inventorier les différentes techniques traditionnelles de construction préventives utilisées après les séismes destructeurs à Alger, à Fès ainsi qu'à Tunis en vue d'élaborer un manuel aussi exhaustif que possible pour ces trois médinas. Ces techniques seront comparées dans le but de les codifier pour le Maghreb ou d'élaborer pour chaque médina son propre manuel.

Les résultats obtenus permettront d'énoncer si cette culture sismique était locale ou régionale.

Les stratégies de sauvegarde de ces cités seront alors relatives à l'ensemble du patrimoine historique bâti du Maghreb ou à chacun des sites historiques en prenant en compte la culture sismique appropriée.

5. Méthodologie

Pour mener à bien cette recherche, et sans aucune prétention, plusieurs démarches ont été développées. D'abord l'historique de par l'étude de documents exclusivement d'époque (anciens) tels que les archives ottomanes *habūs*[13] ainsi que les manuscrits privés; ensuite l'archéologique par l'investigation *in situ* sur le site historique[14] pour la lecture des unités stratigraphiques des murs et l'identification du système constructif traditionnel préventif et enfin celle du génie civile dans l'interprétation du comportement sismique des édifices ainsi que celui des techniques mises à jour[15].

Les études sur les mesures traditionnelles constructives sismo-résistantes sont surtout localisées sur les sites de la rive nord de la méditerranée. La seule étude ayant abordé le sujet des techniques constructives anciennes et sismo-résistantes utilisées à Alger est celle de :

- S. Missoum (2003), sur la monographie d'Alger publiée en 2003[16]. Cette étude reste très succincte car elle n'aborde pas de façon exhaustive tout le système préventif mais en site quelques uns sans donner d'explication scientifique sur le comportement sismique de ces techniques.
- Une autre Thèse doctorale de G. Poursoulis, archéologue (1999), soutenue à la Sorbonne, Paris, étudie dans un autre contexte historique et géographique et de manière très exhaustive les techniques sismo-résistantes dans les édifices de l'âge de Bronze en Crête[17]. Ce travail d'archéosismicité reste l'unique en son genre car il aborde toute la complexité de la structure urbaine, l'aspect architectural et le détail dans des sites datant du néolithique.
- Le Centre Universitaire Européen pour les Biens Culturels à Ravello (CUEBC) dont la théorie énoncée est « la Culture Sismique Locale » (1987) active dans la recherche

[13] Les registres du *habous* exploités dans cette recherche datent de 1716 année où a eu lieu le séisme jusqu'à 1720 année jusqu'ou les travaux de réparation ont eu lieu suites aux traces du séisme. Ils se résument dans les registres du Beit El Bailek (les actes domaniaux), du Beit El Mal (les actes financiers et fiscaux) et des Mahakim Charaia (actes de succession). Les registres consultés n'ont jamais fais l'objet d'une telle étude.

[14] La prospection sur terrain en Tunisie et au Maroc s'est faite grâce au financement du NASG dans le cadre du projet IUGS-UNESCO-IGCP Project 457 "Seismic Hazard Assessment in North Africa" .

[15] Manuel exhaustif des technologies constructives sismo-résistantes dans le Maghreb.

[16] Missoum (2003). Alger à l'époque ottomane. La médina et la maison traditionnelle. Ed INAS, p 231, 234 et 238.

[17] Poursoulis (1999). Destruction des palais Minoens. Analyse historique d'un fait archéologique. Thèse de doctorat en histoire. Paris 1. Thèse non publiée, 630 p.

des anomalies constructives ou les techniques préventives traditionnelles[18]. L'expérience de « San Lorenzello » en 1988 a mis en exergue certaines techniques qui ont prouvé leur rôle préventif. Une autre expérience a eu lieu en 1989 sur le site de Paestum mais les résultats n'ont pas été publiés.

Différents travaux à travers le monde sur le comportement sismique des constructions traditionnelles ont été développés ; beaucoup d'entre eux sont des observations post sismiques. Pour ne citer que les plus importants :

- JP. Adam architecte[19], présente les constructions de Pompéi détruite par le tremblement de terre de 62 AD et en particulier la typologie constructive de la structure murale sismo-résistante.
- Mascarenhas (1992) a publié dans un travail les mesures urbaines et les techniques constructives qui ont été utilisées à Lisbonne (Portugal) suite au tremblement de terre de 1755[20].
- Guidoboni (1997) a présenté un projet théorique datant du XVIème siècle qui avait pour objet un code parasismique pour les maisons. Il a été élaboré après le séisme de Ferrara en 1570 (Italie) mais n'a pas été adopté.
- R. Langenbach architecte (1989, 1991, 1998, 2000 et 2004), a plusieurs travaux sur le comportement sismique des constructions traditionnelles au Kashmir (Inde) et dans différentes régions de la Turquie. Ses observations ont été faites suite aux récents séismes qui ont touché ces régions[21].
- Enfin, un travail a été élaboré par deux architectes turcs Gülhan et Güney (2000), qui traite également du comportement sismique des constructions traditionnelles suite au séisme de Marmara en 1999[22].

Tous ces travaux se concentrent dans la rive nord du bassin méditerranéen. La rive sud, où se concentrent plusieurs centres historiques, n'a jusqu'à aujourd'hui pas fait l'objet d'études

---

[18] Ferrigni (1989) idem.

[19] Adam (1995). La construction romaine. Matériaux et techniques. Ed Picard, 3eme Edition. Paris, 368 p ; (1989 a), "*L'edilizia romana privata e il suo agro et (1989 b), Osservazione tecniche sugli effetti del terremoto di Pompei de 62 d. C*". In Storia Archeologia Sismologia. I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea. Ed SGA, Bologne pp 224-243 et pp 460-474.

[20] Mascarenhas (1992) op.cit.

[21] Langenbach (2000). "Instruction from the past. What we can learn from traditional constructions in seismic areas". In First earthquake safe International Conference. Istambul. Disponible sur http://conservationtech.com. Et (1995) "Architectural issues in the seismic rehabilitation of masonry buildings" disponible sur http://life.csu.edu.au/disater/conf95.html.

[22] Gulhan et Guney (2000). "The behaviour of traditional buildings systems against earthquake and its comparison to reinforced concrete frame systems. Experience of Marmara earthquake damage assessment studies in Kocaeli and Sakarya". In First earthquake safe International Conference. Istambul. disponible sur http://www.icomos.org/iiwc/seismic/Gulhanpdf.

similaires. L'objectif dans ce travail est de mettre en exergue ces techniques dans la région maghrébine.

Cette recherche a été abordée sur les trois niveaux d'échelles :

- L'échelle urbaine qui a abordé le processus sismo-résistant dans la configuration de la ville,
- L'échelle architecturale qui a traité des conceptions parasismiques dans l'édifice,
- Et l'échelle de détail qui a développé le schéma du comportement sismique des techniques constructives.

La confrontation au manque de travaux antérieurs dans la région maghrébine et qui auraient certainement contribué à ce travail, a alors orienté cette recherche vers la consultation des documents internes non publiés donc inédits dans le domaine de la sismicité, des pathologies et des techniques préventives. Il s'agit du fond ottoman des archives algériennes[23]. Ces archives sont disponibles en Algérie au Centre National des Archives à Alger (AN Alger) et en France aux Archives d'Outre-Mer à Aix en Provence (CAOM Aix en Provence).

Ces documents ont été également consultés auparavant par d'autres chercheurs (architectes, historiens et sociologues) mais jamais pour exploiter le sujet abordé dans cette recherche[24].

Ce travail se divise en deux parties infiniment liées et à propos communs :

1. l'étude du contexte maghrébin (aire régionale) où il a été mis en relief simultanément les caractéristiques sismiques, urbaines, architecturales et de vulnérabilité. Et l'étude du contexte sismique local pour chacune des trois médinas à travers l'étude de leurs sismicités respectives mettant l'accent sur les plus grands séismes les ayant affectées[25].
2. L'élaboration du champ macrosismique du séisme de 1716 sur la base des résultats obtenus suite à l'analyse des registres *habūs*, la mise en évidence des techniques

[23] Archives du Beyt al māl et du beyt al bay'lik ainsi que celles des maḥākim al shar' 'iya

[24] N. Saidouni (1988).La vie rurale dans l'algérois de 1791à1830 , thèse de doctorat Aix en Provence ; F. Khiari (1990), Développement historique et contradiction de la formation du Pashalilk d'Alger de 1570à 1670 : une approche socio-économique à partir des documents internes et inédits , thèse de doctorat Paris ; M. Benhammouche (1993), Gestion urbaine de Dar es-Soltane Grand Alger. Essai de ressourcement, thèse de doctorat Sorbonne Paris IV ; Z. Seffadj (1995), Les quartiers d'Alger à la fin de l'époque ottomane (XVI^{è}-XIX^{è} siècle) organisation urbaine et architecturale du quartier Sidi 'Abd Allah, thèse de doctorat Sorbonne Paris IV; T.Shuval (1998), Laville d'Alger à la fin du XVIIIème siècle; S. Chergui (1998), L'entretien et la conservation du patrimoine religieux durant la période ottomane. Cas de la Grande Mosquée, thèse de magistère EPAU, Alger ; N. Cherif Seffadj (2005), Les bains d'Alger durant la période ottomane (XIème-XIXème siècles) Histoire, Topographie et Etude Urbaine. Thèse de doctorat Paris IV.

[25] Seismes de 1716 pour Alger, de 1624 et 1755 pour Fès et 1758 pour Tunis

sismo-résistantes dans les trois médinas résultat d'une investigation *in situ* et enfin la démonstration des performances, lors d'un récent tremblement de terre survenu en Algérie (2003), de certaines de ces techniques.

L'étude de la sismicité historique de chacune des trois médinas a révélé les dommages qu'ont subis ces sites et par la même a permis de faire ressortir les pathologies sur le bâti et enfin de mettre en exergue les techniques constructives sismo-résistantes.
Ces études ont été menées dans le but de contribuer à la réduction du risque sismique dans les centres historiques du Maghreb par la mise en valeur des techniques traditionnelles sismo-résistantes. Ces techniques pourraient être utilisées dans les opérations de restauration pour une meilleure conservation du patrimoine architectural bâti.

Le séisme de Boumerdès du 21 mai 2003 a permis de tester certaines hypothèses énoncées sur le comportement sismique des techniques sismo-résistantes. En effet certains éléments architectoniques dans la ville de Dellys dont le noyau historique date du Xème siècle sont un héritage ottoman et des éléments structuraux identifiés sont similaires à ceux d'Alger. De ce fait leur comportement sismique a donné lieu à une confirmation de la fonction sismo-résistante de certaines composantes structurelles et architectoniques.

6. Résultats obtenus :

L'idée première de pouvoir mettre en évidence des typologies constructives préventives identiques s'est confirmée au fur et à mesure de l'évolution de ce travail. Les traditions maghrébines dans la structuration urbaine se sont avérées très similaires par certains éléments dont la parenté est justifiée par leur appartenance à la même aire géographique qui est le Maghreb mais aussi par leur similitude avec les villes arabes en général. Il en a été de même pour les traditions constructives sismo-résistantes. Elles sont apparues enracinées d'une part localement comme les caractéristiques spécifiques du lieu mais aussi régionalement pour ce qui est de la majorité des techniques. Les échanges inter méditerranéens ont probablement amené différentes façons de bâtir qui se sont transmises à travers le Maghreb. Ce qui a été démontré à Alger ne se distingue guère des autres médinas. Mis à part qu'Alger a apporté un détail spécifique non observé ailleurs.

7. Conclusion :

La méthodologie adoptée s'est effectuée simultanément sur site[26], documentation et synthèse de l'information obtenue. La confrontation des résultats a permis d'élaborer une synthèse qui pourrait être considérée comme les premiers résultats d'une recherche dans le domaine de la construction sismo-résistante traditionnelle dans la région maghrébine de façon générale et à Alger d'une façon plus particulière.

Le manuel des techniques sismo-résistantes pourrait répondre aux besoins en matière de restauration du patrimoine architectural à Alger (Casbah) et dans les autres médinas du Maghreb. Il propose aux différents intervenants (bureaux d'études, entreprise de réalisation) de disposer d'une documentation qui serait en mesure de leur fournir des informations sur les techniques constructives traditionnelles préventives (sismo-résistantes).

Les résultats ainsi obtenus dans le cadre de cette recherche constituent un apport nouveau dans les études sur le Maghreb et en particulier pour Alger. Les hypothèses énoncées et les résultats obtenus constituent une base de données non négligeable pour de futures recherches.

[26] La lecture archéologique sur le site d'Alger a été assez aisée car d'une part beaucoup d'édifices majeurs étaient en phase de restauration et d'autre part le site présentait un état de vétusté très important tel qu'il était très facile de lire et d'identifier les technologies constructives sismo-résistantes. La majorité des illustrations photographiques sont de notre œuvre durant la période allant de 2001 à 2006. La vétusté de la médina d'Alger nous a permis d'achever ce travail.
Des investigations sur site de Fès et Tunis se sont déroulées respectivement en 2001et 2006 puis en 2003 et 2006.
La médina de Tunis semble si bien conservée à l'œil nu que la lecture archéologique s'est avérée difficile et presque pas possible. Les seuls édifices sur lesquels s'est effectuée en premier lieu cette recherche sont ceux qui étaient en restauration ou qui ont été déjà restaurés durant notre déplacement en 2003 et nous n'avons pas voulu nous hasarder à généraliser pour les édifices mineurs tels que les maisons. Puis en mars 2006, lorsque certaines maisons étaient en cours de démolition, certaines techniques nous sont apparues. Nous remercions pour cela l'architecte paysager auteur de « la médina deTunis », Mr D. Abdelkafi qui nous a orienté dans la médina et dirigé vers ces maisons.
La médina de Fès quant à elle présente comme Alger un état de vétusté tel qu'il nous a été permis d'effectuer l'identification des techniques sismo-résistantes.

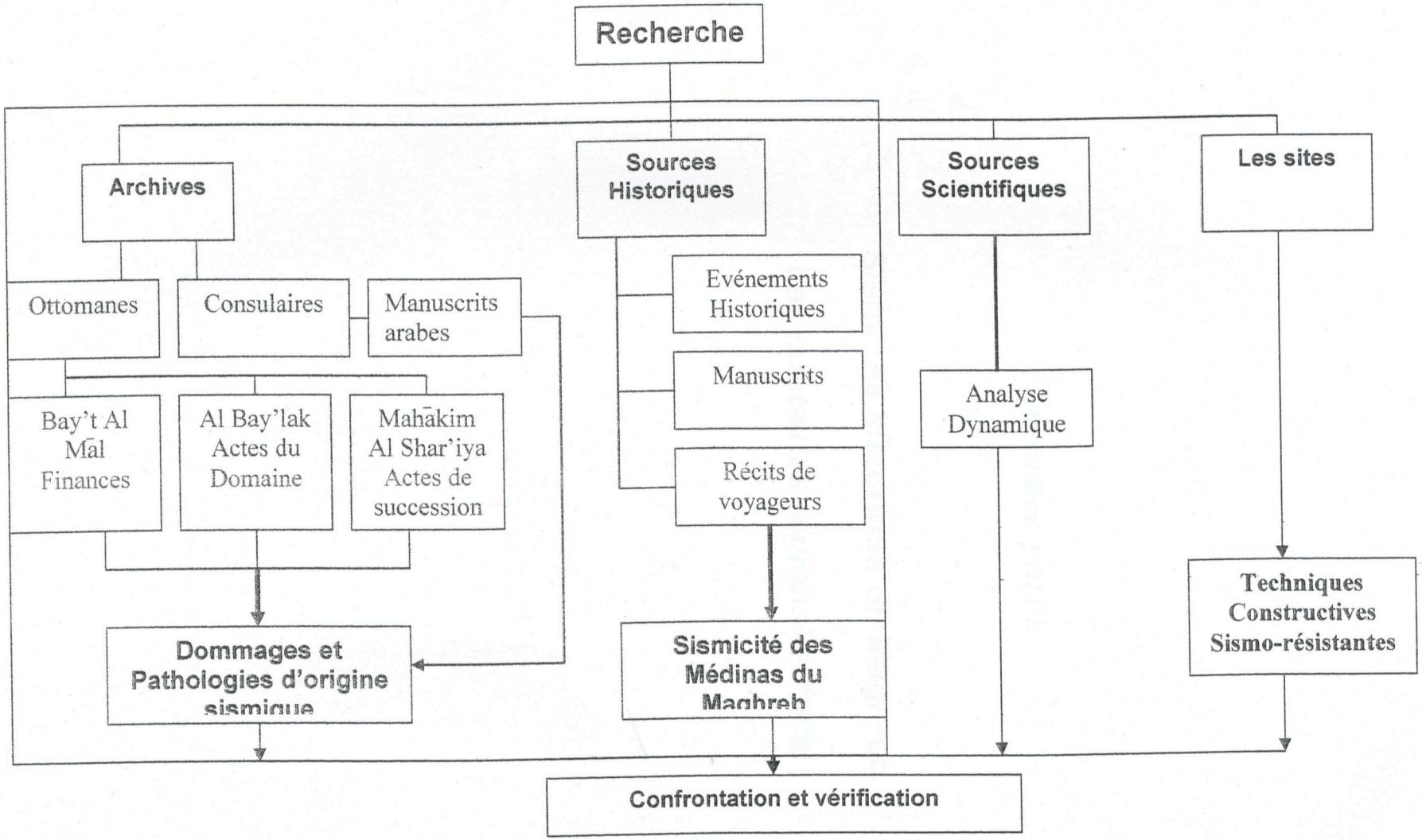


Fig 01- Organigramme de la méthodologie adoptée.

Première partie

Sismicité historique du Maghreb

Les contextes régional et local

Chapitre 1

Le risque sismique dans le Maghreb

1.1 Introduction:

La région couverte par cette étude est le Maghreb qui s'étend du Maroc à la Tunisie. L'Histoire des grandes cités du Maghreb telles qu' Alger Fès et Tunis, a montré qu'elles présentent des similitudes du point de vue fonctionnel, structurel et constructif même si Fès n'est pas ottomane à l'instar d'Alger et de Tunis qui le sont[1]. La période choisie pour étudier ces villes est la période moderne couvrant du XVIème jusqu'au XVIIIème siècle. Cette double limitation dans le temps et dans l'espace permet une confrontation qui va permettre dans la mesure du possible de répondre à trois questions essentielles :

- La sismicité du Maghreb est-elle de nature à détruire les centres historiques telles que les médinas ? Autrement dit la sismicité du Maghreb est-elle destructive pour les noyaux historiques ?
- La manière dont ces cités ont été reconstruites les rend-elles moins vulnérables au point de vue de résister aux effets sismiques ? Ce qui revient à s'interroger sur la valeur résistante des techniques de reconstructions employées par la population.
- Enfin, vérifier si les mesures constructives adoptées après des tremblements de terre ayant eu lieu dans un laps de temps très proche dans ces villes présentent-elles des similitudes technologiques ?

Dans ce chapitre, il s'agira de fournir une réponse à la première question en présentant les caractéristiques de la sismicité du Maghreb.

1.2 Délimitation de la région d'investigation :

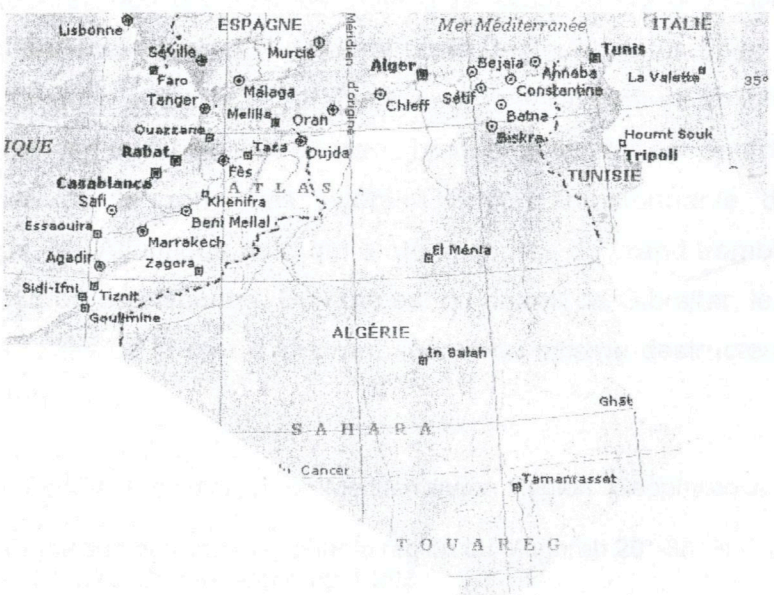
La région d'étude dans cette recherche est située sur la partie Nord de l'Afrique et est appelée le Maghreb. Cette région comprend l'Algérie, le Maroc et la Tunisie. Elle est limitée par les latitudes Nord N 30° et N 38° et par les longitudes Ouest 10° et Est 12° (carte 1.1.1) En fait il y'a plusieurs raisons de considérer cette région comme une unité homogène

[1] Raymond (1985). Grandes villes arabes à l'époque Ottomane. Ed Sindbad. p14

d'abord par son processus géologique. Il faut savoir que le Maghreb est subdivisé en trois régions bien distinctes, qui sont réparties dans l'ordre :

- La région nord qui correspond au Tell Atlas. Ce dernier s'étend le long du Bassin Méditerranéen occidental.
- Une chaîne de montagne le Tell, le Rif et l'Atlas qui couvrent respectivement l'Algérie et le Maroc et jusqu'en Tunisie. Cette région constitue une unité géologique distincte du reste du continent africain. Sa formation date de la fin du jurassique jusqu'au milieu ou fin du miocène
- La troisième région qui est le désert du Sahara[2].

Le développement historique du Maghreb, sa culture, sa population et ses caractéristiques urbaines et architecturales sont également similaires à tous les pays [3]. Le choix de la délimitation de cette région permet de voir si cette unité structurelle (géologie), culturelle (population), urbaine et architecturale l'est également dans les caractéristiques de sa sismicité.



Carte 1.1.1- La région maghrébine (Encarta 2007)

[2] Savornin (1951). La géologie Algérienne et Nord africaine. Ed Bastide-Jourdan. Alger, pp 329-340
[3] Voir Dhina (1984) pour développement historique, Marçais (1954) : L'architecture musulmane d'occident ; pour l'architecture et Raymond (1985) : Les grandes villes arabes à l'époque ottomane pour la structure urbaine.

1.3 la sismicité du Maghreb

1.3.1 Le cadre sismique :

Le Maghreb est à peu près une des parties de l'Afrique qui ait subi des dislocations et qui ait été plissé à une époque relativement récente. Il se situe géographiquement sur la frange Nord du continent africain où la tectonique joue un rôle très important à divers degrés. Cette zone est sensible aux séismes : en effet, la partie nord de l'Afrique fait partie de la zone alpine qui s'étend des Açores à la Turquie en passant par le sud de l'Italie, la Yougoslavie et la Grèce. Cette zone définit la frontière entre deux plaques Africaine et Eurasiatique en mouvement compressif. Ces plaques se déplacent selon la théorie de la tectonique des plaques de 1cm/an dans la partie nord-ouest de la plaque africaine[4].

Le Maghreb est connu pour avoir une haute sismicité sur l'immense continent africain[5] et au niveau du Bassin Méditerranéen. Les tremblements de terre sont fréquents depuis fort longtemps[6] dans cette région avec des conséquences importantes.

La région du Maghreb doit donc sa sismicité à sa situation sur la frontière d'une collision entre deux plaques tectoniques. Du côté marocain, les contraintes dues au rapprochement des plaques tectoniques africaine et eurasienne sont principalement absorbées par la chaîne atlasique et le Rif. A l'ouest du détroit de Gibraltar, le Maroc est soumis à l'influence de l'activité sismique de la zone des Açores-Gibraltar transformante dextre qui sépare l'Atlantique central et l'Atlantique nord qui a été la source du grand tremblement de terre du 1er novembre 1755 dit de Lisbonne. Du côté est du détroit de Gibraltar, le Maroc est soumis à l'influence des failles de la mer d'Alboran, source du séisme destructeur de 1522 dans le nord du Rif et à Fès[7].

---

[4] Mc Kenzi (1972). Actives Tectonics of the Mediterranean Region. Geophysique, Astronomique Soc. 30. pp 109-185

[5] Benouar (1995) Catalogue des séismes pour la région du Maghreb 20°-38° N – 10°W-12°E pour la période 1900-1990. Ed CTC Centre, Alger. pp 1-203

[6] De Ballors (1905). Les tremblements de terre, géographie séismologique. Ed A.Colin, Paris, pp 333-342

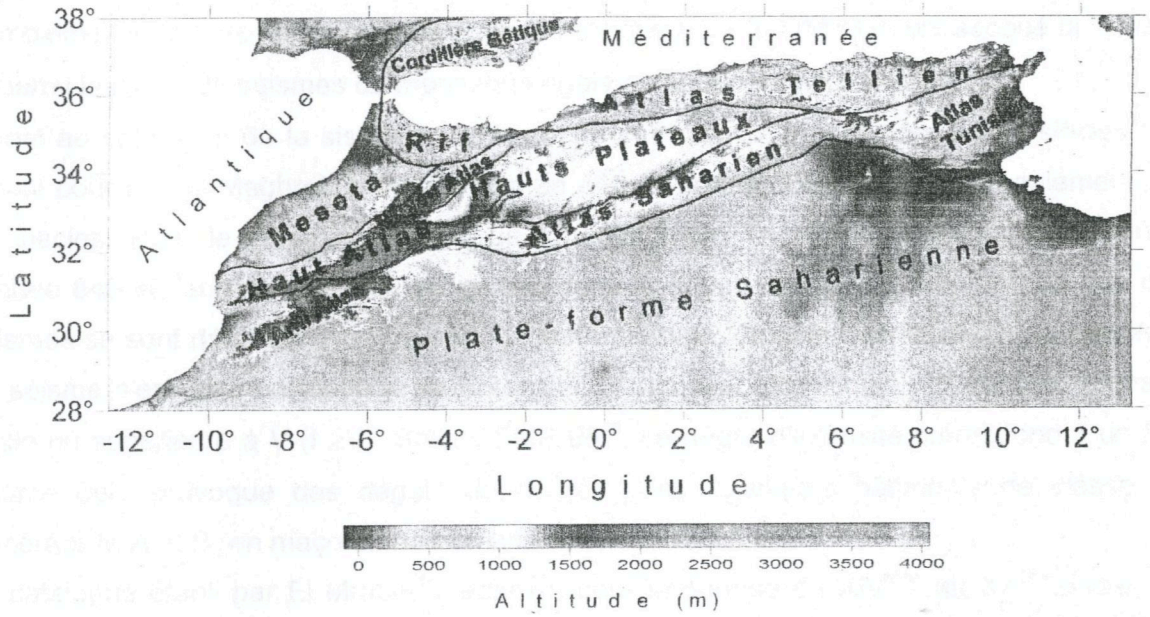
Au début du XXème siècle, la sismicité du Maroc et de la Tunisie était encore bien imparfaitement connue, par contre l'Algérie l'était très suffisamment, quoique des observations systématiques n'y aient jamais été faites. A. Perrey a pu, pendant les longues années sur ses relevés, compléter son assez pauvre catalogue historique par de nombreuses observations que lui envoyaient les officiers de l'armée d'occupation, de sorte que la répartition des secousses y est maintenant connue d'une manière très satisfaisante, ne demandant plus que des améliorations de détails.

Pour De Ballors, de façon générale, l'instabilité séismique de la Tunisie n'atteint pas le degré qu'on aurait pu attendre de son histoire géologique et le Maroc était fort peu connu au point de vue des tremblements de terre. Les chocs consécutifs au grand désastre de Lisbonne du 1er novembre 1755 ont eu dans le Maroc septentrional, surtout à Fez et à Méquinez, des effets destructeurs, qui sont venus compléter les ruines du séisme principal.

[7] Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement du Maroc. Direction de la surveillance et de la prévention des risques (2005). Rapport National sur la prévention des désastres. Synthèse conférence de Kobé-Huyogo. Principales catastrophes nationales et technologiques

C'est ce même rapprochement des plaques tectoniques africaine et eurasienne auquel est soumis le nord de l'Algérie. Les zones de déformation sont situées à la limite des plaques au niveau du Tell et de part et d'autre de la flexure sud Atlasique[8]

La Tunisie est soumise quant à elle à l'activité de l'extrémité est de la flexure sud Atlasique. Cette chaîne de montagne constitue une unité géologique distincte. Ce bloc s'étend d'Agadir au Maroc sur une distance de 2778 Km jusqu'au golfe de Gabes en Tunisie[9].



Carte 1.1.2- Cadre des principaux traits morpho-structuraux du Maghreb (Boughacha 2004).

1.3.2 La sismicité du territoire maghrébin :

Le catalogue des séismes du Maghreb de Benouar[10] qui classe tous les séismes ayant affectés le Maghreb et avec plus de détails pour l'Algérie a montré que cette sismicité est effective. En effet, 7724 événements sismiques ont été recensés dans cette région durant le XXème siècle de 1900 à 1990. Deux mille soixante et un (2061) séismes de magnitude égale ou supérieure à 3.0 ont secoué le Maghreb dont 43 sont supérieurs ou égaux à 5.0. La majorité des 43 tremblements de terre ont eu lieu en Algérie, certains au Maroc et très peu en Tunisie.

survenues lors de la période 1994-2004. Séismes et Tsunamis, pp17- 21. Disponible sur http://www.tanmia.ma/IMG/pdf/desastres.pdf.

[8] Boughacha (2004). Analyse de la sismicité de l'Algérie. Application à l'établissement des cartes des I.M.O et ΔCFF. Thèse de doctorat en Géophysique. Soutenue à l'USTHBab Ezzouar, Alger. p 13 et 15.

[9] Ambraseys (1962). The seismicity of Tunis. Annali di geofisica. Vol XV- N. 2-3, pp 233-244

[10] Benouar 1995. op.cit

Le catalogue de la sismicité de l'Algérie[11] dont les séismes pris en considération sont ceux égaux ou supérieurs à la magnitude 3.0 et dont la période s'étale sur prés de 7 siècles de l'année 1365 à l'année 1992 présente 553 événements sismiques sur lesquels ont été dénombré 99 séismes de magnitude égale ou supérieure à 3.0 ($M \geq 3.0$) et 60 événements égaux ou supérieurs à une magnitude de 5.0 ($M \geq 5.0$).

Le catalogue de la sismicité de Tunisie[12] qui reprend tous les événements sismiques de l'an 412 jusqu'à l'an 2000 soit prés de 16 siècles contient 2014 événements sismiques dont 768 tremblements de terre de magnitude égale ou supérieure à 3.0 ($M \geq 3.0$) ont secoué la Tunisie et parmi lesquels 39 séismes de magnitude égale ou supérieure à 5.0 ($M \geq 5.0$).

Quant au catalogue de la sismicité du Maroc, il est historique pour prés de 11 siècles[13] et global pour tout le Maghreb allant de l'année 846 à l'année 1994[14], il s'étale également sur 12 siècles. Pour le catalogue historique, on dénombre 74 événements sismiques entre l'année 846 et l'année 1899 qui ont eu lieu dans la région marocaine étant donné que ces séismes se sont déroulés avant la période instrumentale, donc la quantification de l'ampleur du séisme s'est faite en fonction de l'intensité. Parmi ces 74 séismes, 31 ont une intensité égale ou supérieure à V ($I \geq V$). Selon l'EMS 98[15], ce degré d'intensité correspond à un fort séisme qui provoque des dégâts de degrés 1 sur quelques bâtiments de classe de vulnérabilité A et B (en maçonnerie non chaînée).

Le catalogue établi par El Mrabet[16] recense, pour la période du XIVème au XX^{ème}siècle, 42 séismes d'intensité plus ou moins importante qui ont affecté le Maghreb. Les séismes pris en considération dans ce catalogue sont ceux supérieurs ou égaux à une magnitude de 4.0.

Sept séismes importants dont les magnitudes varient entre 5.6 et 7.4 ont endommagé fortement le Maghreb. Six en Algérie dont deux destructeurs (Orléansville 1955 et El Asnam 1980) et un au Maroc (Agadir 1960). Parmi les séismes considérés modérés, variant entre 5.1 et 5.5 un séisme a été recensé en Tunisie et a causé des dommages (Banlieue

---

[11] Mokrane et all (1994), les séismes de l'Algérie de 1365 à 1992. Ed CRAAG, Alger, pp 249-264.

[12] STEG (2006), société Tunisienne d'électricité et du Gaz, liste des séismes tunisiens

[13] Tadili, Ramdani et El Mrabet (1989). The present state of knowledge on historical seismicity of Morroco. Proceeding of the symposium on: Calibration of historical earthquake in Europe and recent development in intensity interpretation. Madrid, pp 264-275

[14] El Mrabet (2001). *Al zalāzīl al kūbrā fi al manṭiqa al maghāribya wa mukhalafātihā 'alā al insān wa muḥitihi, min al qarn al tāsi' 'ashar ilā nihāyati al qarn al 'ishrīn*. Thèse de doctorat en Histoire. Université Med V Rabat. Maroc. 435 p

[15] EMS 98, 2001. Echelle Macrosismique Européenne. Cahier du Centre Européen de géodynamique et séismologie. Volume 19, Ed A. Levret. Luxembourg. p 18.

[16] El Mrabet (2001) op.cit

tunisienne 1970), deux en Algérie (Beni Chougrane 1994 et Ain Temouchent 1999) et un au Maroc (El Hoceima 1994 et 2004). Aucun grand séisme n'a affecté la Tunisie.

Dans le tableau suivant sont consignés les statistiques en termes d'événements sismiques dans chacun des trois pays du Maghreb :

	Magnitude 3	Magnitude 5	Intensité 5	Intensité 8	Total
Algérie	99	60	-	-	553
Tunisie	768	39	-	-	2014
Maroc	-	-	16	11	127

Tab 1.1.1- Nombre de séismes importants par pays du Maghreb

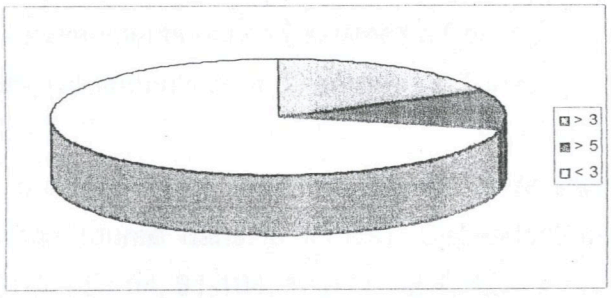


Fig 1.1.1- Nombre d'événements sismiques en Algérie en fonction de la Magnitude (D'après Benouar 1994 et CRAAG 1994)

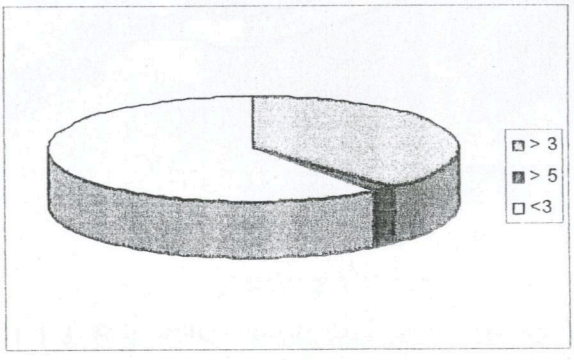
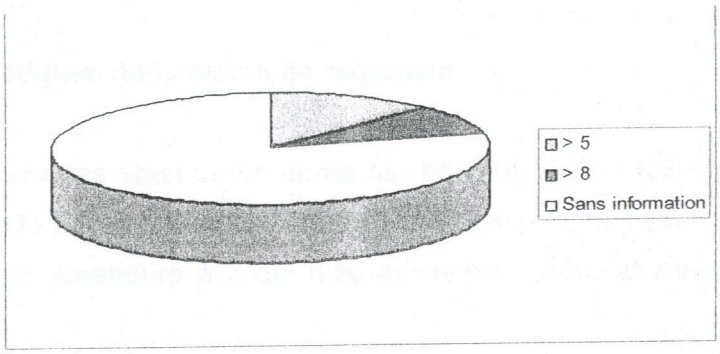


Fig 1.1. 2- Nombre d'événements sismiques en Tunisie en fonction de la magnitude de 412 à 2005 (D'après STEG 2006)



مركز التوثيق
مابعد التدرج

Fig 1.1. 3- Nombre d'événements sismiques au Maroc en fonction de l'intensité de 846 à 1994 (D'après Tadili et al. 1989 et El Mrabet 2001)

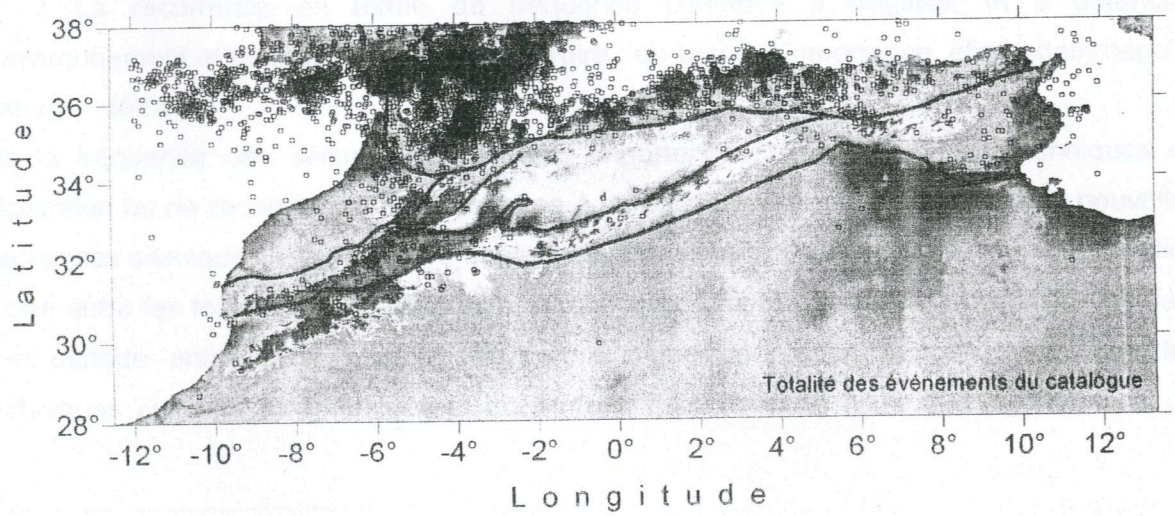
L'observation plus détaillée de la sismicité historique qui couvre la période du XVIème au XVIIIème siècle objet de cette étude donne les résultats suivants :

Algérie : de 1365 à 1895 : 51 événements dont 16 séismes à Alger et sa région.

Maroc : 846 à 1899 : 74 événements dont 11 séismes à Fès.

Tunisie : 412 à 1899 : 39 événements dont 08 séismes à Tunis.

Cette sismicité n'est pas à récurrence régulière, le nombre de séismes survenus n'est pas proportionnel à la période (durée dans le temps). Cependant certains séismes ont été destructeurs (infra pp 51-52, 53-54, 81-104, 109-117 et 124).



Carte 1.1.3- Répartition territoriale des séismes de M≥ 3 pour la période 412-2003. (Boughacah 2004).

1.4 les caractéristiques de la sismicité régionale :

Au vu des résultas obtenus en terme de récurrence, il semble que la Tunisie est le pays le moins affecté par les séismes. En effet la majorité de ces événements ont atteint la magnitude égale ou supérieure à 3 qui n'occasionne en général pas de dégâts d'où une sismicité modérée.

Le Maroc est un pays à sismicité récurrente durant la période pré instrumentale tandis que depuis le XXème siècle les séismes de faible à moyenne magnitude sont relativement fréquents que les séismes de forte magnitude. Toutefois il s'est produit des séismes récents qui ont été destructeurs (Rissani 1992, Al Hoceima 1994 et 2004)[17].

L'Algérie est considérée comme le pays où la sismicité est la plus importante. En effet les séismes de l'ère instrumentale sont assez nombreux et une bonne proportion a atteint une magnitude supérieure à 5 qui a engendré des dommages considérables sur le bâti en maçonnerie (Tipaza 1989, Beni Chougrane 1994, Ain Témouchent 2000)[18].

1.5 La récurrence en terme de fréquence et importance :

La récurrence en terme de fréquence contribue à fragiliser et à détériorer l'environnement et le cadre bâti sans le détruire ; en terme d'importance, elle endommage le bâti et le détruit.

De la fréquence des séismes et de leurs importances apparaissent les techniques de réparation ou de reconstruction nécessaires à la résistance des constructions aux nouvelles secousses sismiques. Elle leur offre également la possibilité de transmettre d'une génération à une autre les techniques résistantes ainsi conçues. D'après les travaux du CUEBC, Il faut une période entre deux séismes de l'ordre d'une génération humaine pour que les techniques puissent être conçues et transmises[19]. La sismicité historique du Maghreb, de

[17] Hahou (2005). Sismicité du Maroc, Apport de l'étude des séismes d'Al Hoceima et de Rissani et évaluation de l'aléa sismique. Thèse de Doctorat en Géologie appliquée, spécialité géophysique. Faculté des Sciences, Université de Rabat, Maroc.

[18] CGS (1995). séisme du Chenoua du 29 Octobre 1989. Rapport Final. Ed OPU, Alger. CTC Ouest (sans date). Séisme de Beni Chougrane du 18 Août 1994, wilaya de Mascara. Synthèse des travaux d'expertise et d'évaluation des dommages. Ed GECOTEC, Oran. CTC Ouest (2000). Séisme de Ain Témouchent du 22 déc. 1999. Synthèse des travaux d'expertise et d'évaluation des dommages. Ed CTC Ouest, Oran.

[19] Ferrigni (1989) op.cit pp 22-25

nature modérée mais à forte récurrence durant la période moderne[20] (XVIème-XVIIIème) présente une fréquence d'apparition n'excédant pas une génération humaine. En conséquence, les conditions étaient favorables pour la population maghrébine de développer des techniques de construction sismo-résistantes.

1.6 Les tsunamis :

Les côtes du Maghreb sont également soumises à des tsunamis qui ont occasionné des dommages importants tant en Algérie qu'au Maroc. Certains se sont produits sur la façade atlantique d'autre dans le Bassin Méditerranéen.

En Algérie deux tsunamis connus ont inondé des villes côtières. En 1365, Alger a été inondée par un raz de marée qui a détruit les constructions situées dans la partie basse de la ville et englouti plusieurs personnes (infra pp 41-44). Et en 1856, un tsunami a inondé et détruit la partie basse de la ville de Djidjell[21]. En 1790, le séisme d'Oran a également engendré un tsunami qui a inondé cette fois-ci les côtes espagnoles[22]. Lors du séisme de 2003, un raz de marée a été observé dans la région de Zemmouri durant lequel la mer s'est retirée pendant quelques minutes pour revenir et inonder la plage[23].

Au Maroc le grand séisme de Lisbonne a engendré un tsunami qui a englouti plusieurs caravanes qui se déplaçaient sur la côte et a atteint 15 m de hauteur brisant les remparts de la ville Asilah et inondant la moitié de cette dernière. A Tanger les vagues ont atteint 5 m de haut touchant les murailles de la ville. La ville de Salé a été inondée, les eaux ont pénétré sur 4 Km de profondeur noyant tout ce qu'elles avaient sur leur parcours[24].

---

[20] La période moderne considéré ici est celle de la classification des époques historiques telle que définie par A. Raymond (1985) dans son ouvrage *Grandes villes arabes à l'époque Ottomane* en page 13 et 14. Le médiévale jusqu'au XIIè siècle, le moderne du XV au XVIIIè siècle.

[21] M. Aucapitaine (1856). « *Note sur le tremblement de terre ressenti en Algérie du 21 au 25 Août 1856* », Collection Académique Scientifique, p 765 et Ambraseys (1982), « *The seismicity of North Africa: the earthquake of 1856 at Jijeli, Algeria* ». Bulletin di Geofisica Teoretica ed Applicata.Vol 24. 93: pp 31-37

[22] Boughacha (2001). « *La période sismique oranaise de 1790 à la lumière des archives espagnoles* ». Traduit de l'espagnol. In Publication du département de gépphysique ; FSTGAT, USTHB, Alger, 62 p.

[23] Boughacha (2004). « *Le séisme de Zemmouri (Algérie) du 21 Mai 2003 : résultats préliminaires du choc principal et de sa séquence de répliques* ». In Mémoires du Service Géologique de l'Algérie. pp 11-23.

[24] El Mrabet-Azeroual (1991). *Tarikh al zalazil bi al maghrib min 856 ila 1960.* DEA en Histoire,Université Mohamed V. Rabat, Maroc. P 104 et (2001) op.cit p 214

En 1848, les vagues du tsunami générées par le séisme de Oujda ont creusé de grandes ouvertures que le sable a recouvertes par la suite. Et en 1969 le raz de marée généré par le séisme a couvert 1m20 de la ville de Casablanca[25].

1.7 La vulnérabilité sismique :

Des trois médinas du Maghreb, Alger et Fès sont celles qui présentent l'état de vétusté le plus important et qui est très apparent.

Alger est étayée depuis 1716 et le nombre de construction qui s'effondre est important. L'état de vétusté établi en 2004[26] révèle déjà 48 maisons à démolir car elles menacent ruine, 533 maisons présentant une dégradation très avancée, 416 maisons sont à réhabiliter, 370 maisons sont consolidées par les étayements et seulement 147 maisons nécessitent des interventions légères (carte 1.1.4 et Fig 1.1.4).

Fès est dans le même état de vétusté qu'Alger. Le bilan préliminaire établi en 2006[27] (carte 1.1.5) recense 705 constructions non étayées dont l'état de vétusté est relativement important. Cent cinq (105) maisons sont à démolir car elles menacent ruine, 453 sont à renforcer structurellement, 8 maisons sont à réparer dans l'immédiat, 137 maisons sont à réparer dans le moyen terme et 38 maisons et édifices à valeur historique et architecturale. Une simulation a été établie sur près de 3000 constructions et les résultats obtenus reflètent la vétusté dans laquelle sévissent les constructions de Fès (Fig 1.1.5). En effet, il en ressort que 425 maisons menacent ruine et sont à démolir, 1834 maisons sont à renforcer structurellement, 32 sont à réparer dans l'immédiat et 555 sont à réparer dans le moyen terme.

[25] Ministère de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement. Royaume du Maroc. Direction de la prévention et de la surveillance des risques (2005). Rapport national sur la prévention de désastres. Synthèse Conférence Kobe-Hyogo. Op.cit p 20

[26] Cellule Fonctionnelle de la Réhabilitation et de la Sauvegarde et de la Gestion de la Casbah (2006). Bilan état de vétusté. Non publié

[27] Agence pour la Dédensification et la Réhabilitation de la médina de Fès (ADER Fès) (2006). Bilan de l'état de vétusté. Non publié

Les tableaux suivants récapitulent ces données :

Type de constructions 1523 dont 982 sont de type traditionnel	Menaçant ruine à démolir	Dégradation avancée	Nécessitent une réhabilitation	Déjà consolidées	Nécessitent des réparations légères
	48	533	16	370	147

Tab 1.1.2- Etat de vétusté des constructions de la Casbah d'Alger
(D'après Bilan de la CFRSGC 2006)

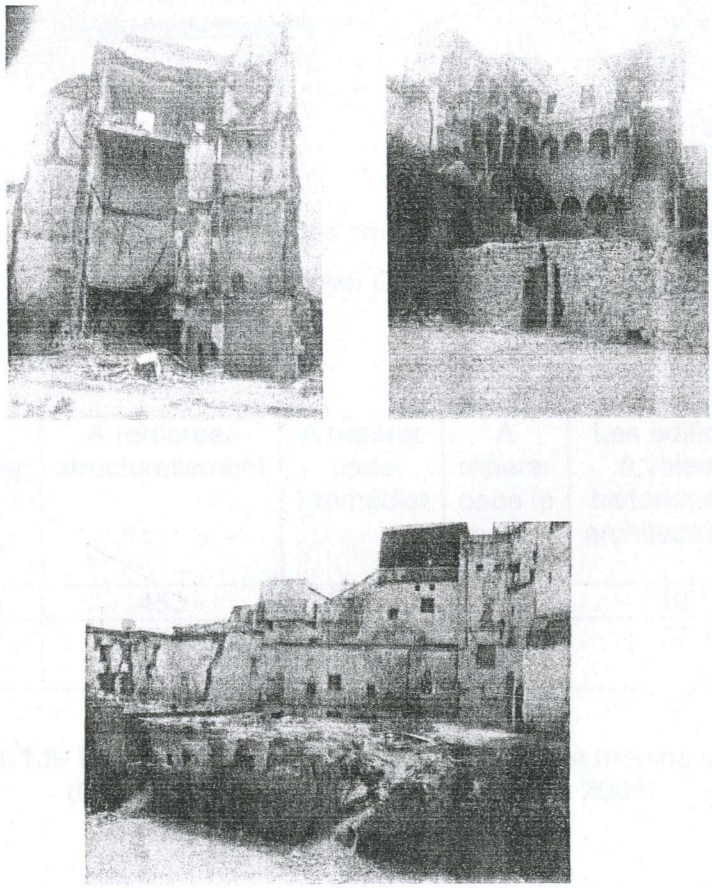


Fig 1.1.4- vétusté et dégradation des constructions dans la Casbah d'Alger
(Abdessemed- Foufa A.A)



Carte 1.1.4- Etat de vétusté des constructions de la Casbah d'Alger
(D'après Atelier Casbah 1980)

Types constructions menaçant ruine	à démolir	A renforcer structurellement	A réparer dans l'immédiat	A réparer dans le moyen terme	Les édifices à valeur historique et architecturale	Maisons à valeur historique et architecturale
Nb	105	453	8	137	19	19
Simulation sur 3000	425	1834	32	555	77	77

Tab 1.1.3- Etat de vétusté des constructions de la médina de Fès
(D'après bilan et simulation ADER Fès 2006)

EXCLU de PRÊT

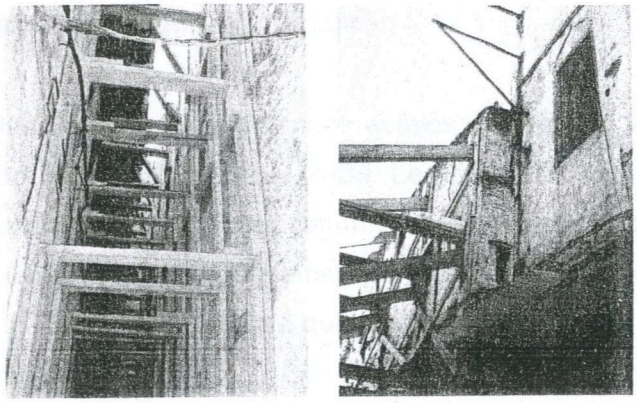
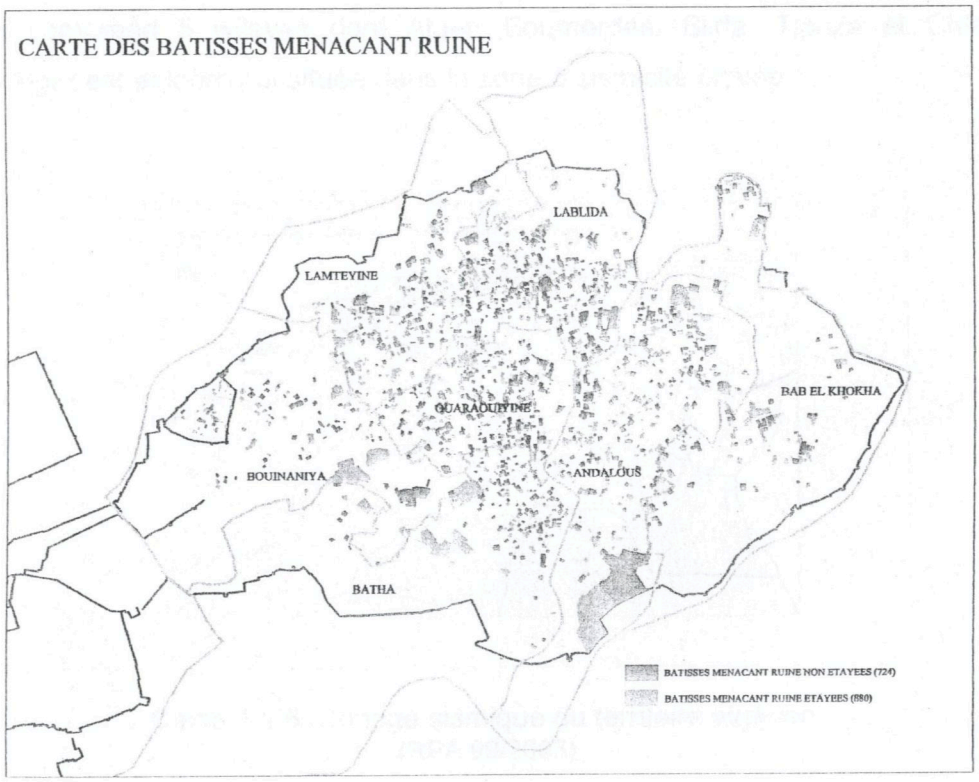


Fig 1.1.5- Constructions vétustes étayées à Fès
(Abdessemed-Foufa A.A 2006)



Carte 1.1.5- Etat de vétusté dans la médina de Fès
(ADER Fès 2006)

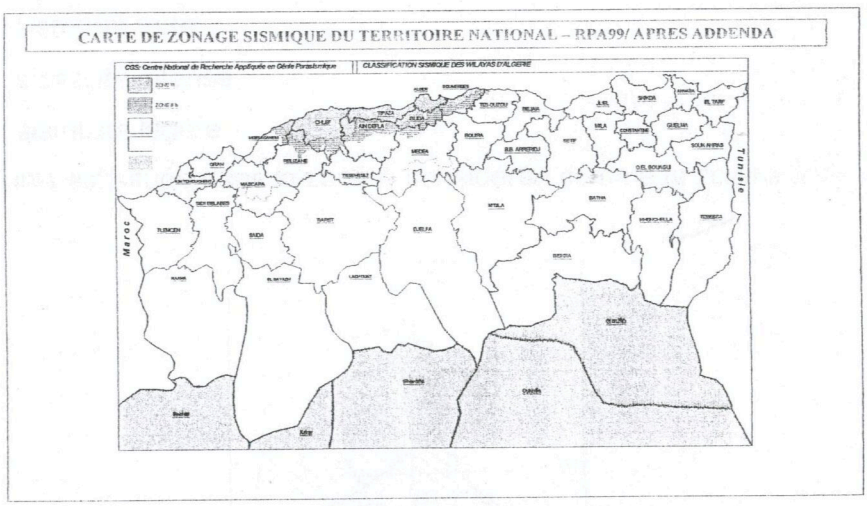
L'état de vétusté dans lequel sont aujourd'hui les constructions des médinas d'Alger et de Fès est surtout dû au manque d'entretien et des mauvaises conditions de conservation. Cet état accentue leur vulnérabilité vis-à-vis d'éventuels séismes. En effet lorsque les conditions de dégradation sont nombreuses et que le bâti en pâtit, n'importe quel séisme le détruira. Donc il n'est pas à craindre seulement un fort tremblement de terre mais le plus faible d'entre-eux pourrait venir à bout de ces constructions.

1.8 Répartition territoriale du risque sismique :

Le découpage des régions sismiquement actives en Algérie a été revu suite au séisme destructeur de Boumerdes du 21 mai 2003. Les effets de ce tremblement de terre ont donné lieu à un réajustement de la classification. Tenant compte du zonage sismique, du sol et des catégories d'ouvrages, une nouvelle carte a été établie[28] (carte 1.1.4). Elle compte aujourd'hui cinq zones de sismicité croissante qui sont représentées dans la carte 4[29].

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

La zone III comprend 5 wilayas dont Alger, Boumerdes, Blida, Tipaza et Chlef. Par conséquent Alger est aujourd'hui située dans la zone à sismicité élevée.



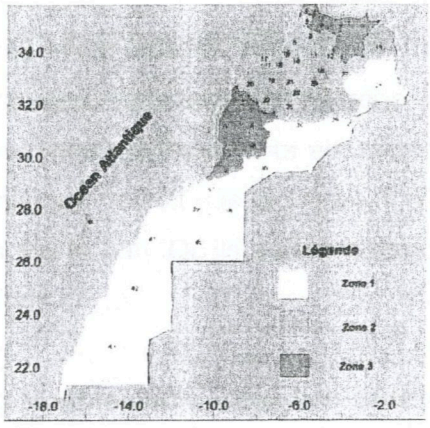
Carte 1.1.6- Zonage sismique du territoire algérien
(RPA 99/2003)

La carte sismique du Maroc établie d'après les règles parasismiques marocaine RPS 2000 divise le territoire en trois zones à sismicité croissante (carte 1.1.7)[30].

- Zone 1 : faible sismicité
- Zone 2 : moyenne sismicité
- Zone 3 : forte sismicité

[28] RPA 99 version 2003 (Règles Parasismiques version 2003). Ed CGS, Alger, p 5
[29] RPA 99/2003, op.cit pp 112-113
[30] RPS 2000. Règles parasismiques du Maroc. Point 7, zonage sismique, p 27. Disponible sur http://www.structureparasismic.com/pdvrps2000.htm

La ville de Fès est située dans la zone 2 à moyenne sismicité.

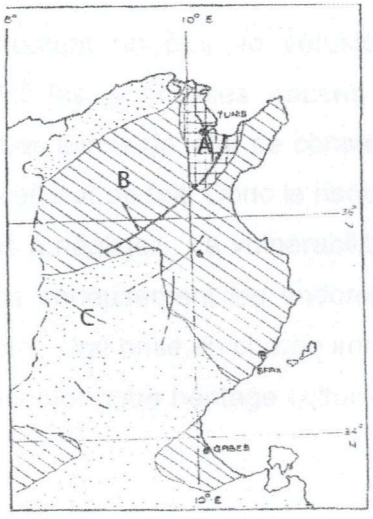


Carte 1.1.7- Zonage sismique du territoire marocain
(D'après RPS 2000 Maroc)

Quant à la carte de zonage sismique de la Tunisie, elle est établie d'après Ambraseys[31] et comporte trois principales zones A, B et C qui indiquent respectivement l'occurrence des séismes forts, intenses et légers (carte 1.1. 8) :

- Zone A : sismicité forte
- Zone B : sismicité intense
- Zone C : sismicité légère

La médina de Tunis est située dans la zone A considérée comme la zone à forte sismicité en Tunisie.



Carte 1.1.8- Zonage sismique de la Tunisie
(Ambraseys 1962)

[31] Ambraseys (1962). The seismicity of Tunis. Annali di Geofisica. Vol XV. N 2-3, p 5

1.9 Conclusion :

La sismicité du Maghreb s'est avérée importante mais pas sur l'ensemble du territoire. Elle s'étend du Riff marocain passant par l'Algérie jusqu'au Golfe de Gabes en Tunisie. En effet le nombre d'événements importants est réparti entre l'Algérie et le Maroc. Bien que l'occurrence de ces séismes ne soit pas régulière, il n'en demeure pas moins qu'ils occasionnent de grands dégâts sur le bâti. Qu'ils soient historiques ou récents, les séismes en Algérie et au Maroc ont été forts.

Les trois principales médinas du Maghreb sont localisées dans les régions respectives d'aléa sismique élevé. Alger est située sur la frange nord zone classée zone III depuis le tremblement de terre du 21 mai 2003. Fès se situe dans le Riff marocain représenté par la zone II et dont la sismicité est modérée. Quant à Tunis, elle est située dans la région du Golfe de Gabes qui présente une fracture. Et cette zone est classée en A à forte sismicité.

En plus des tremblements de terre les villes côtières du Maghreb, surtout celles du Maroc et de l'Algérie, sont exposées aux raz de marées (tsunamis). Ceux qui ont eu lieu par le passé ont provoqué de sérieux dommages (Alger 1365, Côtes marocaines, Tanger et Salé 1755, Djidjel 1856, Oujda 1858). Les plus récents ont été moins forts (Casablanca 1969, région de Zemmouri 2003).

Par ailleurs ces médinas présentent un état de vétusté assez important. Le mauvais entretien et la négligence sont les principales causes de vétusté qui accentuent la vulnérabilité des constructions. Les bilans de 'état de conservation établis par l'ADER Fès et la CFRSGC Alger ont souligné cet état de fait. Donc le risque sismique auquel sont exposés ces centres historiques n'est pas à négliger. La vulnérabilité des constructions est tel qu'un séisme de faible intensité puisse sérieusement les endommager et même les détruire. Le risque sismique est donc important. Une prise en charge immédiate du patrimoine mineur est souhaitable si nous voulons préserver notre héritage culturel bâti.

Chapitre 2

Approche et investigation pour la connaissance de la sismicité historique d'Alger de Fès et de Tunis

2.1 Introduction :

Les études de la sismicité historique d'une région donnée sont réalisées pour une meilleure connaissance, aussi fiable et complète que les données disponibles aujourd'hui le permettent, des effets sur l'environnement et sur la population. Il est possible aujourd'hui de déterminer avec un certain degré de précision l'épicentre et la magnitude grâce aux mesures instrumentales; de même que l'intensité (les dommages et pertes induites) grâce aux études post-séisme de la région affectée. C'est ainsi que la sismicité instrumentale a permis entre autres l'élaboration de catalogues de tremblements de terre ayant affecté des régions données et nous a permis d'avoir une meilleure connaissance de l'aléa sismique.
Mais pour la sismicité pré instrumentale, c'est-à-dire antérieure à l'invention du sismographe en 1899 qui permet l'enregistrement instrumental des mouvements du sol, il faut se pencher sur l'histoire, qui peut servir de point de départ à la réduction du risque sismique dans le futur. En effet, c'est par une meilleure connaissance des évènements sismiques que l'on pourra mieux se protéger contre ceux qui seraient susceptibles de se produire dans le futur. La sismicité historique permet non seulement la connaissance de la distribution spatiale et temporelle des tremblements de terre qui ont eu lieu dans le passé mais aussi leurs effets sur les humains et l'environnement (intensité) à travers les différentes sources écrites. La sismicité historique peut fournir des informations importantes au sujet de la distribution spatiale et temporelle des tremblements de terre[1]. L'étude d'un certain nombre d'événements sismiques requiert donc une analyse historique des différents contextes culturels et linguistiques[2].

Cette étape de la recherche est celle de l'analyse de la sismicité historique (recherche des événements sismiques) d'Alger, de Tunis et de Fès en particulier et de leurs régions de manière générale, mais également des considérations plus particulières entre l'activité

[1] Guidoboni, Comastri et Traina (1994). Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century, Istituto Nazionale di Geofisica, SGA, Bologna, pp 408-413, p9

[2] Guidoboni et Ferrari (1995). Historical cities and earthquakes: Florence during the last nine centuries and evaluations of seismic hazard. In Ann di Geofisica, vol XXXVIII, N. 5-6, Nov-Dec, pp 617- 647

sismique et ses effets sur l'environnement et sur les humains. Le travail n'est pas celui d'un sismologue qui interprète de manière numérique les effets des tremblements de terre, mais plutôt celui d'un architecte qui tend à examiner les différents types de dommages liés aux intensités de manière à comprendre la vulnérabilité des constructions et les solutions constructives adoptées pour une éventuelle meilleure préservation du cadre bâti. En effet l'analyse de la sismicité historique peut apporter une double contribution à la récupération de la culture sismique locale et à la réduction de la vulnérabilité du système. En premier lieu, elle met en exergue les tremblements de terre passés, et donne la possibilité aux techniques constructives traditionnelles de perdurer et de ne pas tomber dans l'oubli[3]. En second lieu, elle peut aider à retrouver une éventuelle répétition des dégâts les plus dangereux constatés au cours des tremblements de terre précédents.

Ce travail a donc pour objectif premier d'établir les différents scénarios urbains après chaque séisme important qui aurait affecté la médina d'Alger depuis sa formation (Xème siècle) jusqu'à la fin du XIXème siècle, d'essayer de comprendre si les dommages sont liés à la vulnérabilité des constructions ou bien dues aux effets de site, et de rechercher les réponses locales s'il y a eu lieu quant aux solutions constructives préventives.

Les catalogues des tremblements de terre historiques varient en qualité et en forme d'un pays à un autre. Mais ces catalogues sont différents, ils sont établis selon les préoccupations de leur temps. Dans le Bassin Méditerranéen à l'époque de la Grèce et de l'antique Rome, tous les phénomènes sismiques qui ont eu lieu ont été décrits dans le détail et une certaine conviction existait quant à leur répartition géographique et que certaines régions étaient plus sismiques que d'autres[4]. Aujourd'hui d'autres standards et d'autres préoccupations sont venus pour élaborer les nouveaux catalogues. Ils ont permis par la suite aux scientifiques d'aujourd'hui de reconstruire les effets dans des scénarios sismiques. Bien sûr la disponibilité et la fiabilité de l'information sont importantes pour élaborer le catalogue de la sismicité historique d'une région donnée. L'évidence des tremblements de terre historiques n'est donc pas confinée aux seuls textes historiographiques.

[3] Esposito, Luongo, Marturano et Porfido (1989). Les effets des tremblements de terre historiques. In San Lorenzello, à la recherche des anomalies qui protègent. Ed Ferrigni, San Lorenzello, Italie. pp 57-66

[4] Guidoboni (2002). "Historical seismology : the long memory of the inhabited world", in International Handbook of Earthquqake and Engineering Seismology, V 81A, pp 775-790, p 776

2.2 Les sources :

L'occurrence et l'importance d'un séisme historique dépendent essentiellement de la qualité et de la quantité de l'information disponibles donnant lieu à l'événement. Les sources écrites sont différentes pour établir l'histoire des événements sismiques, elles ne se limitent pas seulement à l'historiographie (textes, annales, chroniques et presses) mais pourraient être trouvées dans divers courriers, des archives privées, des écrits d'hommes de lettres ou de religieux, des rapports et bilans de catastrophes. Avec précaution doit être considérée la lecture de ces différentes sources documentaires (textes originaux) afin de ne pas tomber dans l'arbitraire, d'éviter les erreurs et d'annoncer des résultats erronés. Si ces sources disparates sont prises à la valeur nominale et transformées en listes chronologiques de données et d'évaluations, le malentendu et les conclusions simplistes en résulteront inévitablement[8]. A titre d'exemple, les premiers catalogues quantitatifs français datant des années 1950[9] présentaient certaines erreurs, et les listes de séismes d'Algérie de 1845 n'y ont pas échappé non plus[10 et 11]

Les sources documentaires ont été classées en deux catégories :

Les sources primaires (source 1), c'est-à-dire celles qui sont originales contemporaines de l'événement ou proches et les sources secondaires (source 2), celles qui se rapportent à l'événement ou s'appuient sur la source originale.

Les sources primaires d'information utilisées lors de cette investigation sont :

- Les Archives Nationales, fond ottoman, section *Silsilat Bayt Al-Baylik, Bayt Al-Māl*,
- Les manuscrits arabes et ottomans couvrant la période de 1688 à 1785,
- Les Archives d'Outre Mer d'Aix en Provence, les registres arabes et turcs d'Alger allant de 1715 à 1731,
- Les Archives Nationales de Paris, Fond ancien des Affaires étrangères, Série B^{1}, correspondance consulaire entre 1642 et 1792 ainsi que la Série B^{III}, correspondance commerciale couvrant la période de 1716-1785,

[8] Guidoboni (1994), op.cit p 10

[9] Levret (2000). « Histoire et aléa sismique ». Actes des Ve Rencontres du Groupe APS : Archéosismicité et sismicité historique. Perpignan 6-7 Avril, pp107-113, p 110.

[10] Ambraseys N et Vogt J (1988). "Material for the investigation of the seismicity of the region of Algiers". Europeen Earthquake Engineering Journal, n° 3, pp 16-29

[11] Des erreurs concernant le séisme d'Alger qui a été daté en 1717 ont été trouvé dans plusieurs sources. Par la suite des catalogues ont cité cet événement faisant référence sans aucun doute à celui de 1716.

- La presse d'époque telle que la Gazette de France, Le Moniteur, Akhbar pour les périodes allant de 1716 à 1895 lorsque cela a été possible,
- Les chroniques et récits écrits lors des événements,
- Les transcriptions de sources originales (perdues probablement ou alors faisant partie de collections privées inaccessibles),
- Les archives du GGA -pas toutes- seulement celles de 1867,

La disparition de beaucoup de textes originaux de la période précoloniale [12] (sources primaires pour beaucoup d'auteurs), en l'occurrence les manuscrits arabes datant du XVIIème et XVIIIème siècles[13] est un réel handicap pour l'étude de la période concernée. Particulièrement celle concernant les événements catastrophiques.
Les sources secondaires d'information sont toutes les études historiques et littéraires, études scientifiques ayant trait au sujet, qui l'ont relaté, décrit ou commenté.

Les sources d'information utilisées pour étudier la sismicité de Fès sont :

- Les archives royales du Maroc, section des manuscrits arabes.
- Les transcriptions des sources originales (manuscrits arabes et judaïques)
- La presse d'époque telle que la Gazette de Cologne, la Gazette d'Amsterdam et le journal historique et politique pour les périodes de 1755, 1773 et 1776.

Quant à Tunis, les sources primaires n'ont pas pu être consultées par manque d'information. Le seul document étudié est le manuscrit d'*Al Sūyūṭi* (1505).

[12] Berbrugger (1867).Les tremblements de terre algériens, dans Akhbar, journal de l'Algérie, dimanche 13 janvier, 7 Ramadan, n°4386-20eme année, p 3
Dans son article, Berbrugger dit que son texte est une statistique complète des tremblements de terre ressentis à Alger d'après onze manuscrits arabes depuis l'année 1516 jusqu'à 1867. Nous n'avons pas pu mettre la main sur la plupart de ces manuscrits.

[13] Delphin (1922-1925), Histoire des Pachas d'Alger de 1515 à 1745, Extrait d'une chronique indigène. Extrait du Journal Asiatique (Avril-Juin 1922 et Janvier-Mars 1925), Paris Imprimerie Nationale.
Dephin dit que beaucoup de manuscrits avaient disparu et que celui qu'il a transcrit, a été trouvé par hasard en vente dans une bibliothèque.

2.3 Les catalogues :

Les trois pays ne disposent pas d'un catalogue exhaustif sur la sismicité historique. Le seul catalogue dont dispose l'Algérie a été révisé et compilé seulement pour le XXème siècle par Benouar (1993)[14] et dont le premier tremblement de terre recensé est celui de 1903.

La liste des différents événements sismiques historiques couvrant les périodes antérieures à 1900 sont limités. Ils sont traités dans les ouvrages de Perrey (1848)[15] et de Chesneau (1892)[16] couvrant respectivement les périodes précédant 1840 et 1888, les études de Rothé (1950)[17] couvant la période entre 1716-1949 ainsi que ceux de Hée (1950)[18] pour 1850-1911.

Les études plus récentes d'Ambraseys et Vogt (1988)[19], présentent un descriptif des séismes majeurs de la province d'Alger à partir du XIVeme siècle (1365) jusqu'au début du XXème siècle (1903). Le catalogue algérien de Mokrane[20] publié par le CRAAG en 1994 est une compilation des séismes d'Algérie couvrant la période de 1365 à 1992. Une autre étude non publiée par El Mrabet (2001)[21] présente le catalogue de la sismicité historique du Maghreb (Algérie, Tunisie, Maroc) dont une partie est consacrée à l'Algérie. En 2005 Harbi[22] présente un catalogue qui retrace les plus importants séismes ayant affecté Alger et le Sahel. Il complète celui d'Ambraseys et Vogt (1988) par de nouveaux séismes trouvés dans

---

[14] Benouar. (1994), Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century. Special issue of Annali di Geofisica, N° 37, Vol 4, July.

[15] Perrey (1845-46). « Note sur les tremblements de terre en Algérie et en Afrique septentrionale », dans Mémoire de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres, partie des sciences, pp 299-323

[16] Chesneau (1892). Notes sur les tremblements de terre en Algérie. Annales des mines, neuvième série, T1, pp 5-46, Ed Dunod, Paris.

[17] Rothé (1950).Les séismes de Kherrata la sismicité de l'Algérie. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie 4ème série, géophysique, n° 3, pp 40

[18] Hée (1950). Catalogue des séismes algériens de 1850 à 1911. *Ann.* de l'IGP de Strasbourg V1, pp 41-49.

[19] Ambraseys et Vogt (1988), op. cit pp 16-29

[20] Mokrane, Ait Messaoud, Sebai, Ayadi et Bezzeghoud (1994). Les séismes en Algérie de 1365 à 1992. Publication du CRAAG, Alger pp 249-267

[21] El Mrabet-Azeroual (2001). *Al zalāzil al kubrā fi al mantiqa al maghāribiya wa mukhalafātihā 'alā al in'sān wa muhītihi, min al qarn al tāsi ' ilā nihāyati al qarn al 'ishrīn.* Thèse de Doctorat en Histoire. Université Mohamed V. Rabat.

[22] Harbi (2005). " Seismicity, seismic input and site effects in the Sahel-Algiers Region (North Algeria)". ic/2005/046, disponible sur http:// www. ictp.it/ ~pub_off. pp 1-38

des sources arabes. Un autre catalogue qui couvre tout le bassin méditerranéen établi par Guidoboni (2005)[23] présente tous les tremblements de terre ayant survenu dans cette région entre le XIème et le XVème siècle.

Il est important d'expliquer comment ces catalogues ont été établis et quelles ont été les sources utilisées.

- Perrey (1848) : c'est un bref descriptif des événements sismiques, localisés géographiquement sur le territoire algérien. Perrey (1848) a utilisé les sources historiques écrites, la collection académique, le journal historique et les rapports de presse (Gazette de France, Moniteur, Des Débats, le Siècle, Phalange, le Globe).
- Chesneau (1892) : présente un bref catalogue de la sismicité historique de l'Algérie traçant l'événement des séismes majeurs ayant affecté le territoire algérien entre 1716 et 1949. Chesneau s'est basé sur le catalogue de Perrey et a utilisé les manuscrits arabes, les sources historiques écrites et la presse.
- Rothé (1950) : Ce catalogue est considéré comme point de départ pour les études de la sismicité de l'Algérie. Rothé a utilisé comme référence de départ les travaux de Perrey de 1844 à 1875, les listes annuelles des secousses sismiques ressenties en Algérie, les catalogues et mémoires et les catalogues macrosismiques.
- Ambraseys et Vogt (1988) : c'est un catalogue descriptif des plus importants tremblements de terre ayant survenu dans la province d'Alger durant près de six siècles de 1365 à 1903. Ils ont utilisé différentes sources dont les courriers consulaires (britanniques et français), les ouvrages historiques, la presse, les catalogues et mémoires, les bulletins sismologiques ainsi que les catalogues macrosismiques. Dans cette étude, Ambraseys et Vogt attribuent à Al Sūyūṭi l'évocation du séisme de 1365 or, cet auteur ne situe pas cet événement à Alger car il n'avait aucune idée de l'endroit où il a eu lieu. La seule source disponible à l'heure actuelle est celle du manuscrit du fils du Mufti d'Alger dont trois auteurs ont fait la traduction (Delphin 1922, Barges 1877 et Devoulx 1870).
- Mokrane et Al. : c'est un catalogue descriptif des tremblements de terre ayant survenu en Algérie entre 1365 et 1992. Cependant la sismicité historique n'a pas été développée, il y a seulement un listing tiré des ouvrages déjà cités précédemment. Pour l'élaboration de ce catalogue, les auteurs ont utilisé les comptes rendus de l'académie des sciences ainsi que les différents bulletins sismologiques couvrant les périodes étudiées.

[23] Guidoboni (2005). Catalogue of earthquake and tsunamis i the Mediterranean area 11th-15th century.

- El Mrabet-Azeroual (1991 et 2001) : c'est un catalogue descriptif de la sismicité historique et de la sismicité instrumentale du Maghreb s'étalant sur prés de 13 siècles. Il contient un listing descriptif des différents séismes ayant affecté le territoire maghrébin (Algérie, Maroc et Tunisie) et qui couvre une période s'étalant de 846, premier séisme relaté au Maghreb, jusqu'à 2001. El Mrabet a utilisé les sources historiques, un grand nombre de manuscrits arabes pour la sismicité historique du Maroc, les correspondances consulaires et les rapports de presse pour ce qui est de la sismicité pré instrumentale. Ce même auteur a utilisé les bulletins sismologiques ainsi que les différents catalogues publiés pour ce qui est de la sismicité instrumentale. Ce travail a été réalisé dans le cadre de deux thèses en histoire : un master sur la sismicité historique du Maroc et un Doctorat sur les plus grands tremblements de terre du Maghreb.
- Harbi (2005) : catalogue qui complète celui d'Ambraseys et Vogt (1988) dans lequel de nouvelles sources ont été étudiées et de nouveaux séismes ont été recensés. Harbi a utilisé des sources historiques arabes pour compléter par de nouveaux séismes[24]. L'auteur de ce travail n'a pas utilisé les sources primaires pour chaque séisme, mais a souvent utilisé des sources secondaires comme référence. Tout chercheur se basant sur ce travail devra aller vers la source primaire afin de l'affiner, c'est la conclusion de ce travail. On ne peut se permettre des erreurs pour la confection d'un catalogue de la sismicité.
- Guidoboni (2005) : catalogue des plus importants séismes ayant survenu dans la région du bassin méditerranéen. Les séimes du Maroc et ceux de la Tunisie n'ont pas été pris en considération. Comme Ambraseys et Vogt (1988), Guidoboni considère Al Sūyūṭī comme étant une source qui a évoqué le séisme d'Alger du 4 janvier 1365. Ce qui est contesté dans cette recherche. Al Sūyūṭī (1505) ne semble pas savoir où a eu lieu cet événement (infra p)[25].

Donc pour l'étude de la sismicité historique d'Alger, il s'agit de retracer l'histoire des tremblements de terre qui ont affecté cette ville aussi loin que possible dans le temps et aussi loin que les sources l'ont permis. Les résultats ont dénombré 40 événements sismiques, variant d'intensité.

[24] Harbi (2005). Evaluation de l'aléa sismique en Algérie du Nord par la modélisation de l'input sismique dans les zones urbaines et l'établissement d'un catalogue. Thèse de doctorat en Géophysique. Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. USTHB, Alger, 222p.

[25] Al Sūyūṭī informe qu'il a trouvé cet événement inscrit sur l'envers d'un livre et il ne sait pas exactement ou a eu lieu ce séisme.

L'examen de la sismicité d'Alger et de la région algéroise donc sur la période précédant l'observation instrumentale et pour une période s'étalant sur prés de neuf siècles (Xème-XIXème) prouve que la région a une longue histoire d'activité sismique caractérisée par des événements tantôt forts ou modérés et tantôt faibles.

Le Maroc dispose de plusieurs travaux sur la sismicité historique du pays. La liste des différents événements sismiques couvrant la période antérieure à 1900 est assez bien établie. Ces événements sont étudiés et présentés par Tadili, Ramdani et El Mrabet (1989)[26] couvrant les périodes de 846-847 jusqu'à 1899. Les travaux de El Mrabet-Azeroual (2001)[27] retracent l'histoire des plus grands séismes au Maghreb pour prés de 11 siècles. Le catalogue de Roux (1934)[28] dont le premier séisme cité est celui de 981 et qui s'étale sur neuf siècles ne couvre pas la totalité des séismes ayant affecté le Maroc.

La Tunisie quant à elle ne dispose pas d'un catalogue mais d'un listing de séismes ayant survenu en Tunisie. Ce listing s'étale sur une période allant de 412 à 2005 soit près de 16 siècles[29]. Certains travaux sont établis par Ambraseys (1962)[30], Rothé (1980)[31] et Vogt (1993)[32].

2.4 Les dommages :

Les dommages des séismes historiques majeurs en Algérie sont très mal connus car les informations sont déficientes. Alors pour compléter l'information sur le niveau et l'extension des dégâts ont été pris en considération les sources arabes et les archives ottomanes accessibles tel que le fond du *Beyt a-Māl*. Ils ont été étudiés afin de vérifier le

[26] Tadili, Ramdani et El Mrabet (1989). The present state of knowledge on historical seismicity of Morocco. In Proceedings of the Symposium on: Calibration of historical earthquake in Europe and recent developments in intensity interpretation. European Seismological Comission. Madrid, pp 257-279.

[27] El Mrabet-Azeroual (2001). Op.cit

[28] Roux (1934). Notes sur les tremblements de terre ressentis au Maroc avant 1933. Mémoire de la société des sciences naturelles du Maroc. N° XXXIX, pp 42-71.

[29] Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz, Tunisie

[30] Ambraseys (1962). « The seismicity of Tunis ». In Annali Di Geofisica. V.XV. N° 2-3, pp 233-244

[31] Rothé (1980). Catalogue des séismes Tunisiens. Manuscrit (non publié).

[32] Vogt (1993). « Further research on historical seismicity of Tunisia». In Terra Nova 5, pp 475-476

type, l'importance et la localisation des dommages, les opérations d'entretien qui ont eu lieu : réparation ou reconstruction. Cette lecture a permis de déduire les techniques constructives qui ont suivi lors des réparations et de la reconstruction. Il faut savoir que les dommages à eux seuls sont insuffisants pour affecter une intensité sismique mais il faut également considérer la vulnérabilité des constructions qui est un indicateur majeur dans la considération des dommages.

Il s'est avéré que les sources décrivant la quantité de constructions endommagées ne sont pas très importantes, néanmoins la localisation de quelques quartiers d'Al Djazāir où les maisons on été sérieusement endommagées ou détruites a été faite. Selon certains auteurs (Ambraseys et Vogt 1988), 200 maisons ont été totalement détruites, les archives du *Beyt al-Māl* consultées pour cette période ne sont pas très abondantes et les résultats obtenus n'atteignent pas tout à fait ce chiffre.

Les dommages dont il a été fait mention dans les différentes sources arabes, les archives ottomanes et européennes sont surtout celles relatives aux nombreux bombardements qu'a subis Alger[33]. Celles induites par les séismes sont très mal ou peu décrites. La rareté de telles informations fait supposer que :

Les catastrophes naturelles telles que les séismes n'ont pas eu une très grande importance à cette époque-là puisqu'elles n'ont pas été archivées. Or il est connu que les savants arabes musulmans du bassin méditerranéen (Ibn Sinā, Ibn Rūchd et Al Ghazālī) déjà à partir du milieu du VII ^{è} siècle ont développé aux cotés de la religion, un savoir scientifique et naturaliste à propos des tremblements de terre[34]. Et que l'égyptien Djallāl al-Dīn al-Sūyūti (1505)[35] a établi l'un des premiers catalogues de la sismicité du grand Maghreb de son époque (XVe siècle). Qu'en est-il alors?

Les manuscrits arabes sur lesquels sont transcrits ces événements ont-ils été détruits ou disparus, faisant partie de collections privées ? Delphin (1922) rapporte que le manuscrit qu'il avait traduit (Ibn Redjeb) a été trouvé par hasard dans une librairie.

Une supposition peut être faite également que le tremblement de terre est considéré par les musulmans comme un message divin envoyé par Dieu. En effet plusieurs versets coraniques citent le tremblement de terre : *al-khusf* ou *al-redjfa*[36] : *sūra* 65 *Al-An'am*, 45-47

[33] Devoulx (1875). Alger. Etude archéologique et topographique sur cette ville aux époques romaine (Icosium), arabe (Djezair Beni-Maz'renna) et turque (El-Djezair) p 526. La grande Mosquée subit des réparations partielles suites aux bombardements effectués par le Maréchal Duquesne en 1682 et le Maréchal d'Estrée en 1688

[34] Guidoboni et Poirier (2004). Quand la terre tremblait. Ed O.Jacob Sciences, pp135-140

[35] Al-Sūyūti (1505). *Kashf al-salsala ' an wasf al-zalzala*. Ms n° 1001 Kh. Bibliothèque Royale du Maroc, Rabat. Et transcription Sa'adani 1971

[36] I.D. Khalil (1991). Al-tafsir al-islami li al-tarikh. 5eme Ed. Dar Al-'Ilm. p 319.

Al-Nahl, 68-69 *Al-Isra'*, 16-17 *Al-Mūlk*, et les premiers versets de la sūra 99 *Al Zilzala*[37] ; ou c'est l'image même de la fin du monde qui introduit le jugement dernier.

Quand la terre sera secouée par son fameux tremblement.
Quand la terre fera sortir ses fardeaux.
Et que l'Homme dit alors : « Qu'est ce qu'elle a ? ».
Ce jour-là elle fournira ses informations.
Par l'inspiration même de ton Seigneur.
Ce jour-là les gens sortiront de tous les côtés pour qu'on leur montre leurs actes.
Celui qui fait dans le bien le poids d'un grain de poussière le verra.
Celui qui fait dans le mal le poids d'un grain de poussière le verra.

Les algérois se sont alors contentés de recevoir sous la terreur ce message et l'ont mis sur le compte d'un avertissement ou d'une punition, convaincus que ce malheur est un châtiment de Dieu. Donc ils n'ont pas réfère des détails, mais en ont seulement informé de l'événement, et pour cause probable, ils ont été entraînés dans un fort regain de religiosité.
A ce propos, Ibn Sahnūn (1780)[38], décrit la population algérienne durant le XVIIIe siècle comme un peuple ignorant car trop attaché aux croyances superstitieuses, et que la science était ignorée et marginalisée bien qu' étant à son apogée aux siècles précédents. Il apparaît donc que c'était la légitimité religieuse qui à cette époque-là occupait les esprits des hommes de lois et de sciences. On le remarque également dans les réflexions d'Ibn Sahnūn tels que : « wa *al-zilzāla hiya irtidjādj al-ardh wa harakatihā wa sababiha al ma 'rūf 'inda ahl al-haq hiya tadjalī al haq sūbḥanahū li al-ardh* »

و الزلزلة هي ارتجاج الأرض و حركتها وسببها المعروف عند أهل لحق هي تجلي الحق سبحانه للأرض

et sa citation d'un verset coranique « *wa mā nūrsilū bi al āyāti illa takh' wīfan* ».

"و ما نرسل بالآيات إلا تخويفا"

Il relate également d'après Al-Tabary l'histoire de Ūmar Ibn Al-Khatāb durant son khelifa : « *Ardjafat al madina ayyām Omar fa khātaba al-nāss thūma qāla ina haḍa lā yakūnū illa fi balad yakthūrū fihā al-zinā… wa al-ribā, fa in rajafat thānia lam' aqūm beyna adhhūrikūm »*[39].

أرجفت المدينة أيام عمر فخاطب الناس ثم قال إن هذا لا يكون إلا في بلد يكثر فيها ألزني و الربئ فان رجفت ثانية لم أقم بين أظهركم

[37] Dr Salah Ed-Dine Kechrid. *Al-Qūr'ān al-Karīm.* Traduction et notes. 2e Ed Dar El-Gharb El-Islam

[38] Al-R Ibn Sahnūn(1780). *Al-taghr al-djemanī li ibtissāmi al-thaghr al-wahrāni.* Transcription de Abu 'Abdelli 1973, p 204

[39] Ibn Sahnūn (1780), op.cit p 205

Ūmar Ibn Al-Khatāb s'adressa à la population leur disant que ceci n'arrive que lorsque les actes d'adultère et d'intérêt usuraire se multiplient dans la société.
Les questions restent ouvertes quant à la disponibilité des sources arabes et ottomanes.

Les sources européennes telles que les courriers consulaires ont décrit de façon plus ou moins détaillée les dommages relatifs à leurs propriétés et de façon générale les dommages d'Alger.
Toutefois, il faut signaler que les différents séismes qui ont affecté *Al Djazāir* ont endommagé non seulement les maisons intra et extra muros mais aussi les édifices majeurs. Il faut également souligner qu'en 1365, les palais et les mosquées de *Djazāir Banī Mazghannā* ont été détruits[40] et que *Dār Al-Sultān* a subi quelques dommages en 1716 [41] [et42], *Djāma' al-Kabīr*, la grande mosquée dont le minaret a probablement subi les effets du tremblement de terre de 1365 a également eu le mur N-O endommagé en 1716[43]. Les remparts de la citadelle ont subi également les effets du séisme de 1716.

Durant le XIXe siècle, Carette (1850)[44] au contact des berbères de Kabylie, reporta ceci : « *les indigènes....éclairés par des sinistres exemples, ils connaissent les effets terribles de ce phénomène, qu'ils appellent « zenzela ». La grande « zenzela » est celle qui précipite les édifices dans la mer, celle qui bouleverse le sol, celle qui a détruit Alger en 1716, Oran en 1790, Blida en 1825. Ils ont remarqué que la petite « zenzela » est très fréquente ; et ils la regardent comme fort irrégulière. Quand à la grande « zenzela », ils assurent qu'elle revient tous les trente ans.* »
Il semblerait qu'au début du XIXème siècle, il y eut un nouveau regain en matière de connaissance sur les tremblements de terre.

Les dommages de Fès sont décrits par les différents manuscrits étudiés. Mais il n'existe pas de bilan précis. Il n'a pas été possible d'établir une ébauche de l'image globale des effets

[40] Al Djillali (1981). *Tārīkh al-Djazāir al- 'āme.*, 2eme Ed OPU. Alger 1994, V 2, p 183.

[41] Klein (1937). Feuillets d'El Djazair. Alger, Chaix, p 67 et note 1

[42] Golvin (2003). Palais et demeures d'Alger à la période ottomane. INAS, Alger, p 17

[43] Bargès (Abbé), (1887). Complément de l'histoire des Beni Zeiyan, rois de Tlemcen. Ed Ernest Leroux, Paris, pp 554-555

[44] Rozet et Carette (1850), L'Algérie. L'univers ou histoire et description de tous les peuples, de leurs religions, mœurs, coutumes etc. Ed Firmint Didots Frères, Paris, pp 184-185

enregistrés ni d'effectuer une carte macrosismique global car les informations détaillées sont déficientes.

Les dommages à Tunis n'ont pas pu être identifiés car les informations sont également déficientes. De ce fait, il n'a pas été établi un champ macrosismique des différents événements de Tunis. Seule l'analyse des techniques constructives traditionnelles par rapport aux normes parasismiques et une comparaison de ces mêmes techniques à celles mises en évidence à Alger a été établie.

2.5 Les dates :

Dans les sources arabes, le calendrier musulman est exprimé en année lunaire, il fallait donc le traduire en terme du calendrier grégorien qui est solaire. Pour les musulmans la date de base choisie est celle d' *Al-Hidj'ra* qui correspond au *Awal Mūharrām* de l'an 1 dont l'équivalence est vers le 16 juillet 622 ère grégorienne. Le calendrier musulman comporte douze mois lunaires, dont chacun contient 29 à 30 jours. Les mois lunaires étant par ordre : *Mūharram, Safar, Rabī' al-Awwal, Rabī' al-Thānī, Jumādā al-Ūlā, Jumādā al-Thānī, Rajab, Sha'bān, Ramadhān, Shawwāl, Ḍū al-Qi'da, Ḍū al-Hidja.*
Les sources historiques arabes ont situé les événements sismiques sur la base du temps relatif aux prières de la journée. Ce temps est précisé et déterminé en fonction de la position du soleil dans le ciel. Ces prières étant dans l'ordre : *Al-Fadjr* wa *Al-Ṣūbh* prière de l'aube, et celle du matin, *Al-Ḍūhr* prière du milieu de journée, *Al-A'sr* prière début d'après midi, *Al-Maghrib* prière du coucher de soleil, *Al-'Ishā* dernière prière de la journée.
Afin d'exprimer le calendrier musulman en terme du calendrier grégorien, il ne faut surtout pas rajouter 622 et faire une correspondance, mais faut-il prendre encore en considération le fait que l'année lunaire est courte de 11 jours par rapport à l'année solaire et que le rapport entre les jours et les mois changent d'une année lunaire à une autre. Il en est de même pour les heures de prière qui changent d'un jour à l'autre en fonction des saisons (fig 1.2.1).
Le calcul étant complexe, il a été plus simple de prendre en considération les tables chronologiques appropriées sur lesquelles sont mentionnés les heures, jours et mois correspondants aux dates étudiées. Les tables chronologiques utilisées sont celle de Cattenoz (1954) ainsi que celle de Kikano (1966).

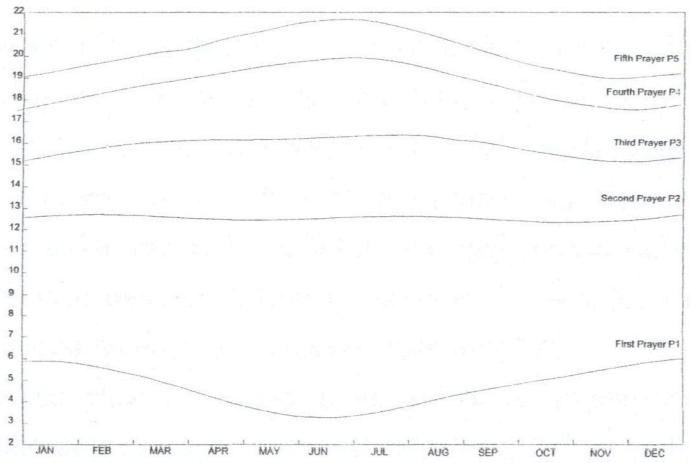


Fig 1.2.1- Heures de prières en fonction de la courbe solaire (d'après Cattenoz 1952)

2.6 La région d'investigation :

La région considérée est le Maghreb qui s'étend de la Tunisie jusqu'au Maroc. Elle est limitée entre les 20°-38° de latitude Nord et les 10°-12° de longitude Est. La sélection de cette aire territoriale permet l'investigation d'un séisme historique, qui aurait pu affecter Alger, Tunis et Fès même si sa localisation soit en dehors de cette dernière zone.

Au cours des siècles Alger a été au cœur d'événements sismiques importants dont certains ont été majeurs et ont jalonné l'histoire de cette ville. En effet dés le XIVème siècle en 1365 (Delphin 1922, Al Djillali 1981), jusqu'au début du XXIème soit le 21 Mai 2003 (CRAAG 2003), Alger a souffert des effets des tremblements de terre plus ou moins importants. Un aperçu sur sa sismicité historique ne donne pas moins de 36 tremblements de terre pour la période précédant 1903 (Ambraseys et Vogt 1988, Mokrane 1994, El Mrabet 2002, Harbi 2005) et 08 tremblements de terre du XXème siècle, (Benouar 1993, Mokrane 1994, El Mrabet 2002, Harbi 2005) d'intensité plus ou moins importante. Celui étudié et dont les effets et les techniques constructives préventives ont émergé suite aux différents types de dommages est le séisme du 3 février 1716.

Le tremblement de terre d'Alger de 1716 est l'un des événements historiques les plus connus des tremblements de terre qui ont affecté Alger. C'est également l'un des plus importants du XVIIIème siècle ayant provoqué des dommages majeurs sur le cadre bâti de la ville. Il est appelé le grand tremblement de terre « *Al-Zilzala al-Kabīra* »[45, 46] En étudiant ce

[45] Manuscrit arabe anonyme n° 1637.BN El-Hamma, Alger

[46] Manuscrit arabe traduit par Rousseau "chronologie des pachas et gouverneurs d'Alger de 915 à 1200. n°1639. BN El-Hamma, Alger

séisme, pour lequel les informations disponibles sont plus ou moins complètes par rapport à ceux qui l'ont précédé, et en exploitant les résultats de l'analyse de la sismicité historique d'Alger, il sera démontré que les dommages observés lors de cette catastrophe, (déduits entre autres de l'analyse des documents de gestion des biens du *waqf* de l'époque ottomane), ont induit à une réflexion sur les technologies constructives qui ont joué un rôle dans la sismo-résistance des constructions réalisées ou réparées par la suite et que ces techniques ont été mises en application depuis cette date-là[47].

Pour ce qui est de Fès, plusieurs catastrophes sismiques ont détruit la médina. Le premier grand séisme en date ayant ravagé la ville est celui de 1624[48] et le dernier recensé date de 1773[49]. Le séisme qui sera étudié en détail est celui de1755. A travers l'étude de cette sismicité historique, une analyse des effets engendrés conduira à la redécouverte des techniques constructives préventives qui ont émergé suite à la reconstruction post sismique.

Quant à Tunis, bien que sa sismicité soit modérée et beaucoup moins importante que celle de Fès et d'Alger, le premier séisme évoqué date de 242 H/856-857 où elle fut complètement détruite et près de 45 000 morts ont été enregistrés[50]. Beaucoup de tremblements de terre ont depuis été ressentis jusqu'à aujourd'hui[51]. Le séisme qui sera étudié est celui de 1758 où la médina de Tunis a souffert de ses effets[52]. Il sera vérifié si les techniques préventives ont été développées à partir de cette date.

---

[47] Chesneau (1892). Notes sur les tremblements de terre en Algérie. Annales des mines, neuvième série, T1. Ed Dunod, Paris. pp 5-46. p 8.

[48] Al Qadirī (décédé en 1742). Il tiqāṭ al ḍarar wa mustafād al mawā 'idh wa al 'ibar min akhbār wa a'yān al mia al ḥādy wa al thāny 'ashar. Ms n° 122 Kh Ḥ (al Khazīna al Ḥassaniya), Bibliothèque royale du Maroc, Rabat, p 77 ; Al Naṣiry (décédé en 1897). Kitāb al Istiqṣā' li akhbār dūwal al maghrib al aq'ṣā. Transcrit par Al Nāṣiry 1954-1956, p 111 ; Al Fāssī (...). Al i'lām limen ḥaḍhar wa ghayr min ahl al qarn al ḥādī 'ashar. Ms n° 1080 K, Bibliothèque Royale Rabat, p 42-43 ; Roux (1934), op.cit p 48 et Tadili, Ramdani et El Mrabet (1989) op.cit p 259.

[49] Gazette de France Mai et Juillet 1773 ; Journal Historique et Politique Mai 1773 et Roux (1934), op.cit p 55

[50] Al Sūyūṭī (1505). Ms n° 1001 Kh. Op.cit p 22.

[51] Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz (STEG)

[52] Vogt (1993), op.cit p 475

2.7 Langues :

Les sources historiques ont été reportées dans leur langue originale : arabe, français médiéval, anglais. Une traduction a été faite à partir de la langue originale lorsque cela a été possible. La langue a été parfois modifiée à la lumière des conditions du français moderne.

2.8 Les phénomènes naturels enregistrés :

En plus des tremblements de terre, d'autres phénomènes qui ont été induits tels que les raz de marée, les glissements de terrains et éboulement, affaissement de terrain ont été identifiés et inscrits.

2.9 l'échelle d'intensité considérée :

L'échelle d'intensité macrosismique prise en considération est l'EMS 98 qui classe les degrés de dommages en fonction de la typologie structurelle et de sa vulnérabilité. Etant donné que ce travail se consacre à l'étude du bâti ancien des centres historiques du Maghreb, la typologie constructive existante est une structure murale exécutée en maçonnerie dont les composantes selon les époques sont : des murs à moellons bruts et pierres tout venant, des murs en briques de terre crues ou peu cuites, des murs en pierre brute et des murs renforcés et chaînés (Annexe IX EMS 98)[53].

Les degrés de dommages sur les bâtiments en maçonnerie sont classés en cinq catégories, 1 dégâts négligeables à légers, 2 dégâts modérés, 3 dégâts importants, 4 dégâts très importants, 5 destruction.
La quantité des dommages est définie par un pourcentage réparti entre trois grandeurs : un peu, beaucoup, la plupart.
L'échelle EMS se compose de 12 grandeurs allant de I à XII établies en fonction des effets des tremblements de terre sur les humains, sur les objets et sur les bâtiments (Annexe VIII)
I imperceptible
II rarement perceptible
III faible

[53] EMS 98, Echelle Macrosismique Européenne (1998). Conseil de l'Europe, Cahier du Centre Européen de Géodynalique et de Seismologie. Vol 19. Ed A. Levret, Luxembourg, pp 17-20

IV largement observé

V fort

VI dégâts légers

VII dégâts

VIII dégâts importants

IX destruction

X destructions importantes

XI catastrophe

XII catastrophe généralisée.

2.10 Lecture de ce catalogue :

Les informations données dans ce catalogue ne sont pas considérées comme définitives. Elles peuvent être complétées par la découverte d'autres sources possibles dans le futur. Le degré de fiabilité historique des tremblements de terre énumérés est important car il dérive de la précision des sources utilisées quel que soit leurs différences.

2.11 Symboles et mots-clé utilisés pour les caractéristiques des tremblements de terre :

Afin de faire une lecture aisée de tous les événements sismiques ayant affectés Alger, il a été attribué des symboles pour chaque caractéristique.

R suivi par plusieurs répliques fortes

r suivi par des répliques modérées

M pertes humaines (morts), et blessées

G grand

g glissement de terrain et éboulement, affaissement, inondations ou autre déformations

D destructif

d dommages

F fort

S ressenti

s ressenti légèrement

I intensité

tnc indique les textes cités par des sources anciennes et qui n'ont pas pu être consultés

Ms indique manuscrits consultés.

Année date des manuscrits, des sources historiques et des catalogues

Date année grégorienne indique la date de l'événement sismique

(Date) année hégirienne correspondante

- relie le début et la fin de la période de vie de l'auteur, lorsque la date du texte est inconnue ou deux dates entre lesquelles le texte a été écrit.

Source 1 : source écrite originale contemporaine de l'événement ou proche, auteurs médiévistes, ou plus contemporains ayant obtenu des informations additionnelles d'autres sources.

Source 2 : sources écrites postérieures à l'évènement se rapportant à l'événement ou s'appuyant sur la source originale ou ayant transcrit et annoté la source originale.
Certains textes classés dans la catégorie **source 1** sont les transcriptions des textes originaux dont nous n'avons pas trouvé de traces.

Catalogues : liste des différents tremblements de terre compilés par des études historiques ou des études récentes. Les catalogues utilisés datent du XIXème, du XXème et XXIème siècles.
Les tremblements de terre historiques qui ont affecté Alger ont été classés en trois grandes périodes :

- La période médiévale du Xème jusqu'au XIVème siècle. Alger avait pour dénomination *Djazāir Banī Māzghanna*
- La période ottomane de 1516 à 1830, Al Djazāir al Mahrūssa.
- La période coloniale de 1830 jusqu'à la fin du XIXème siècle.

Cette division dans le temps permettra de comprendre et d'évaluer le comportement sismique des composantes structurelles, architecturales et constructives de la médina d'Alger.
Pour Fès et Tunis aucune classification n'a été effectuée, car le nombre d'événements sismiques n'est pas aussi important que pour Alger. En fait Fès n'a réellement été affectée que par 11 tremblements de terre entre le XVIIème et le XVIIIème siècles. Et Tunis n'a ressenti que 8 tremblements de terre entre le IXème et le XIXème siècles. Donc aucune classification n'a été nécessaire à établir pour les deux autres grandes médinas du Maghreb.

Chapitre 3

La sismicité historique d'Alger

3.1 Les tremblements de terre d'Alger depuis l'antiquité jusqu'au Xème siècle :

Dans ce travail, il était souhaitable de retracer l'histoire des séismes antiques ainsi que ceux datant des différentes périodes précédant l'implantation des arabes dans la région. Cependant il a été constaté que la sismicité de cette période est très méconnue car les ouvrages faisant référence sont très rares. Les quelques informations obtenues représentent les premiers outils d'une investigation et recherche futures pour la connaissance de l'archéosismicité d'une part et pour la sismicité historique d'autre part.

3.1.1 Fin de l'Antiquité :

A la fin du 1er millénaire avant notre ère, le Nord de l'Afrique a été secoué par des tremblements de terre. Si aucune source ne cite Icosium , ville romaine installée sur le site actuel de la basse Casbah d'Alger, en revanche, Russucurru, actuelle Dellys et Sitifis, aujourd'hui Sétif ont été complètement détruites : la première en 42 avant J.C [1], la seconde en 419 [2et 3]. Alger fut-elle détruite par un grand tremblement de terre à la fin de l'antiquité ? Aucune trace aujourd'hui ne peut témoigner de cela. Mais ne dit-on pas que là où la terre a tremblé elle tremblera encore ? Le site d'Alger fut abandonné et déserté jusqu'à la conquête vandale vers le Vème siècle. Le fait que ce territoire soit abandonné ne nous laisse t-il pas supposer que c'est à cause de son instabilité géologique ? Y a t-il eu beaucoup de tremblements de terre ? L'essentiel est de savoir que la recherche doit se poursuivre pour établir toutes les connaissances sur les tremblements de terre d'Alger.

Il a été difficile de traiter d'Alger l'antique car les sources qui auraient pu l'illustrer sont quasi inexistantes. A travers les quelques découvertes archéologiques faites lors de la restructuration établie par les colons ou de celles apparues suite à l'effondrement de certains quartiers vétustes, prétendre la restitution du noyau sembla difficile. En plus de cela il y a une méconnaissance sur les séismes antiques ayant touché cette ville. Les traces d'Alger l'antique ont disparu sous Alger l'Ottomane. On aurait pu établir si oui ou non Icosium avait

[1] Saoudi-Chaid (2003). « SOS, Casbah de Dellys » In El Watan, quotidien national du 15 Juin, Alger.
[2] St Augustin, Confessions, traduit par H. Chadwick (1992). Oxford p 196
[3] Guidoboni (1994). Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area. Ed Compositori, Bologne. pp 287-288. Summary maps c.201-499 A.D, p 418.

été détruite par un séisme si des traces et des vestiges avaient persisté. Mais pour toutes ces considérations, il a été préférable de laisser en instance ce point de la recherche.

3.1.2 Avant le Xe siècle :

Alger a sans doute été bien avant sa fondation par *Būlūghine Ziri* au Xeme siècle secouée par les tremblements de terre. Située sur la partie nord du continent africain connu par ses nombreux séismes, ceux là rajoutés à d'autres calamités, contribuèrent à la destruction des cités et à la ruine de leurs habitations. Ces tremblements de terre se firent sentir assez fréquemment en plusieurs régions de l'*Ifriqiya* (actuellement la Tunisie et une bonne partie de l'est algérien jusqu'à Bougie)[4].

D'après *Al-Sūyūti* (1505) [5] parmi les premiers auteurs arabes ayant établi un catalogue de la sismicité du monde arabe avant et après la venue de l'Islam jusqu'en 911 hg, un grand tremblement de terre a eu lieu au Maghreb en 232 (846-47). Seulement, aucune précision exacte du lieu n'est mentionnée. Le Maghreb étant la dénomination des arabes venus de l'Est, pour tous les pays situés à l'Ouest de l'Egypte[6]. L'Ifriqiya pour l'actuelle Tunisie, le Maghreb Central pour l'Algérie et le Maghreb extrême pour le Maroc. D'autres historiens arabes tels qu'*Ibn Al-Athīr* (1160-1233) [7] font référence à un grand tremblement de terre qui a secoué tout le nord de l'Afrique depuis la Mésopotamie jusqu'en Andalousie, passant par l'Egypte et l'Afrique du nord et cela en 267 de l'hégire soit en l'an 880-881. La situation exacte de cet événement qualifié d'important n'est pas précisée. Toute fois tout le nord du Maghreb est sujet aux tremblements de terre. Ils sont plus importants au Maroc et en Algérie qu'en Tunisie[8]. N'ayant aucune information exacte quant au lieu où se sont produits ces deux tremblements de terre, aucune conclusion ne peut être faite.

D'autres sources datant de l'époque Ziride [9] témoignent qu'Alger était peu peuplée avant leur installation. Ses habitants ayant renoncé au site suite aux secousses des tremblements de terre qui ont survenu autour des ans 800-900. A ce propos le fils du *Mūfti Ibn Redjeb* dit qu' « *à l'arrivée des turcs, Alger était occupée par une fraction d'une tribu voisine, les Béni*

[4] Raynaud (1930). Hygiène et Pathologies Nord Africaine. T1, Ed Masson et Cie, Paris, pp 68-69
[5] Al-Sūyūti (1505), op.cit p26
[6] Ch.A Julien (1951). Histoire de l'Afrique du Nord Tunisie- Algérie- Maroc, des origines à la conquête arabe (647 ap. J. -C.), 2è édition Payot, Paris, p 9
[7] Guidoboni (1994), op.cit p 388
[8] Ballore De (1905). Les tremblements de terre, géographie séismologie, Ed A. Colin, Paris, pp 333-342
[9] Delphin (1922), op.cit p 186-188

Mazghenna venus s'installer au milieu des ruines d'Icosium où ils se trouvent encore quelques vestiges…..vivants misérablement sous la menace constante de fléaux naturels- l'inondation dont le sous sol sableux et les constructions ensevelies nous conservent le témoignage de tremblement de terre, d'orage, de froid…. ».

Cependant il a été difficile d'établir les dates exactes des événements sismiques ayant affectés Alger depuis l'antiquité jusqu'à sa fondation au Xème siècle. Les périodes données par les sources consultées renseignent sur le fait que le territoire maghrébin a été par le passé sujet aux tremblements de terre. Ceci confirme encore une fois que la recherche sur la connaissance des séismes d'Alger doit continuer avec plus de précision et de détails.

3.2 Les tremblements de terre de Djazāir Beni Mazghenna depuis 1364 à 1516 :

Les premières sources décrivant les séismes ayant affecté Alger se situent au XIVème siècle, en 1365 date à laquelle fut mentionné un tremblement de terre assez fortement ressenti (Bargès 1877, Delphin 1922, Al Djillali 1981, Ambraseys 1988). S'intéressant à la sismicité historique pré instrumentale, l'investigation a été arrêtée à la date du dernier tremblement de terre recensé à Alger avant la mise en place d'un réseau instrumental soit à la fin du XIXème siècle.

Il s'est avéré au cours de cette recherche qu'un tremblement de terre a frappé Alger bien avant celui de 1365. Al Djillali dans son livre « Histoire générale de l'Algérie », décrit un séisme en date du 1359, qui ne cite pas ses sources. Ce séisme a été aussi référé par Harbi (2005) pour la 1ère fois sur la sismicité du Sahel.

Cependant, Bonito[10], dont le catalogue est considéré comme le plus ancien en Europe, évoque un séisme qui a eu lieu en Barbarie en 1353 provoquant de grands dégâts. Ce même tremblement de terre a été également ressenti en Espagne.

Étant donné que ces deux dates se rapprochent, il est difficile de vérifier lequel des deux séismes est à considérer.

Donc le séisme de 1359 évoqué par Al Djillali doit être pris avec précaution tant que la source n'est pas vérifiée.

[10] Bonito (1691). Terre tremente à vero continuatione de terremoti. Napoli. M.D.C.LXXXXI. p 573.

(1) **1353 D**

Source 1 : Bonito (1691)

Source 2 : -

Catalogue : El Mrabet-Azeroual (2001)

Dans son catalogue des tremblements de terre du Maghreb, El Mrabet-Azeroual se réfère à Bonito et prend en considération cet événement. Il est dit que ce tremblement de terre a eu lieu en Barbarie (Algérie ou Tunisie). Car ce sont les deux pays du Maghreb qualifiés de cette dénomination.

(2) **Le 04 mars 1359 (inc *03 rabie' al-thānī 760*) D**

Source 1 : -

Source 2 : Al Djillali (1981 et 1995),

Catalogue : Harbi (2005)

Al Djillali[11] raconte qu'à l'époque des Ziānides, Alger a été détruite par un grand tremblement de terre et ceci le troisième jour du mois *rabie' al-thānī* 760.

ثم انه ليس عند نا مانسجته من حوا هذه السنة من حوادث مما يستحق الذكر سوى ذلك الزلزال الهائل الذي حطم مدينة الجزائر في اليوم الثالث من شهر ربيع الثاني 760ه, 4 مارس 1359م .

Il semble que ce tremblement de terre ait été destructeur. Il n'y a aucune idée sur l'étendue du désastre ni de la reconstruction qui a eu lieu par la suite. Six ans à peine avant 1365 Alger a été détruite. Al Djillali ne donne pas de source, ce qui a été difficile à vérifier donc c'est avec précaution que ce séisme sera pris en compte. Le seul catalogue ayant pris en considération ce séisme est celui de Harbi (2005)[12], qui n'a pas été au-delà des informations données par Al Djillali.

Cette période (XIVème siècle) se caractérise aussi par la rareté des informations sur les tremblements de terre. Il est probable que les luttes dynastiques de l'époque ont prévalu sur tout autre événement ou alors ces séismes n'aient pas réellement affecté la cité médiévale.

[11] Al Djillali (1981 et 1995), op.cit p 181

[12] Harbi (2005), op.cit p 7

(3) **Le 23 septembre 1364 (inc 766) D**

Source 1 : Al Sūyūṭi (1445-1505) **Ms**, El Bortcheki **tnc**, Etta'lbi **tnc**, Ben Redjeb (1740-1741) **tnc,** copiste de Y. Ibn Khaldoun (1368-1369) **Ms**

Source 2 : Devoulx (1866), Bargès (1887), Delphin (1922-1925),

Catalogue : -

D'après Ibn Hossein ben Redjeb, (fils du Mufti d'Alger entre 1691-1699) qui a rédigé le manuscrit entre 1740-1741(inc.1153), et qui le tient de son père raconte [13]: *«.....à l'arrivée des turcs, les béni Mezrenna, vivaient misérablement sous la menace constante de fléaux naturels tels que les inondations, les tremblements de terre, le froid ….. »*

Djazāir Banī Māzghenna, cité fondée vers l'année 950 [14] par *Būlūghīne* fils de *Zīrī Ibn Menād* de la tribu *Sanhādja* [15] sur les terres qu'occupait déjà la tribu berbère des *Banī Māzghenna*[16] a donc souffert des conséquences des tremblements de terre. Les Beni Mazghenna se sont établis sur les ruines d'Icosium, la ville romaine, alors longtemps délaissée suite probablement à sa destruction par un séisme à la fin de l'antiquité.

Toujours d'après Ibn Redjeb (1740), le tenant de ses professeurs : que d'après sa relation de voyage, El Bortcheki, raconte que : « *Alger fut détruite par un tremblement de terre en 766 ».*

D'après l'Abbé Bargès [17] qui a traduit un manuscrit arabe d'Al Tanassi, il dit qu'Alger a été secoué par deux grands tremblements de terre, le premier en 766 de l'hégire soit en 1364. Cette information dit-il est une note marginale, tracée par le copiste de *l'histoire des premiers rois de Tlemcen,* de Yahia Ibn Khaldoun (1368-69).

Par contre *Al Sūyūṭi* dans son ouvrage « *Kashf al- salsala 'an wasf al-zelzala »,* décrit un tremblement de terre qui a eu lieu en 766 (28 Septembre 1364) mais n'a aucune idée du lieu où il a pu se produire. Voici les termes exacts qui décrivent cet événement :

و في سنة ست و ستين و سبعمائة كانت زلزلة عظيمة رأيت ذلك مكتوبا على ظاهر كتاب و لم يعين بأي مكان كانت

Aucun autre auteur ne mentionne cet événement et aucun catalogue ne le cite. Cela est dû probablement à la rareté de sources écrites. D'autant plus qu'il a été impossible de mettre la

[13] Delphin (1922-25), op.cit p 216

[14] Devoulx (1875). « Alger. Etude archéologique et topographique sur cette ville aux époques romaines (Icosium), arabe (Djazâir Beni Mezghanna) et turque (El Djazâir) » in Revue Africaine vol 19, p 503.

[15] Devoulx (1875), op.cit p 504

[16] A. Ibn Khaldoun (Slane,1978) op.cit p 6

[17] Bargès (1877), op.cit p 553

main sur les textes originaux cités par le fils du Muphti Ben Redjeb (perdus ou faisant partie d'une collection privée). Il est probable que ce séisme n'ait pas détruit la cité mais qu'il ait seulement endommagé ses constructions. L'insuffisance des sources ne permet que la citation de ce séisme.

(4) **Le 4 janvier 1365 (inc 10 rabi' al-thānī 766) RMGDdFS, I=IX**

Source 1 : El Bortcheki **tnc**, Etta'lbi **tnc**, Ibn Redjeb (1740-1741) **tnc,** copiste d'Ibn Khaldoun (769-777, 1368-69, 1375-76) **Ms**

Source 2: Devoulx (1866), Bargès (1877), Delphine (1922-1925), Al Djillali (1981)

Catalogues: Ambraseys et Vogt (1988); Mokrane et autres (1994); El Mrabet (2001), Harbi (2005), Guidoboni (2005)

Un des copistes de « *Bugh'yat al-ruwwād fi ḍikr al mulūk min banī 'abd al-wād* » de Yahia Ibn Khaldoun nous apprend qu'en 766, le 20 *rabie* II, on éprouva à Alger un tremblement de terre des plus épouvantables. La grandeur du mal est décrite par ces paroles « *Dieu nous préserve d'une telle catastrophe, d'un pareil bouleversement* »[18,19].

Quant à Bargès dont les traductions de manuscrits sont nombreuses, il dit que pour compléter son information sur ce tremblement de terre il dut traduire le manuscrit d'un taleb de la ville de Breschk qui se trouvait à Alger pendant ce tremblement de terre[20]. Il semble que c'est le manuscrit d'El Bortcheki dont Devoulx (1866) et Delphin (1922-1925) aient fait également usage.

Ce taleb, de Breschk [21]; fut témoin et sans doute victime de la catastrophe dont il parle. Voilà comment il s'exprime à ce sujet :

« Il y' eut à Alger, un tremblement de terre dans la nuit du samedi, le 10 du mois de rabie II ou le 11, car l'on n'était pas d'accord sur le quantième juste du mois, c'est après la prière du soir (al maghrib), l'an 766, que ce malheur arriva.

[18] Ms n° 1619, « Būghyat al-rūwād fi ḍikr al-mūlūk min banī 'abd al-wād, li Yahia Ibn Khaldūn »

[19] Bargès (1877), op.cit p 221, dit que cette remarque sur le tremblement de terre fut écrite par le copiste de Y. Ibn Khaldoun, sur une marge de la feuille du manuscrit.

[20] Bargès (1877), op.cit p 221-223

[21] Dhina, op.cit p 279 dit que la principauté de Breschk est apparue au début du XIVe siècle dans l'actuelle Gouraya. Elle fut indépendante et en faveur de la conquête du Maghrib central par les Marinides qui assiégeaient Tlemcen. Cette principauté ne dura guère et son existence n'apparut qu'au travers des correspondances établies entre elle et la couronne d'Aragon.

Par l'effet de ce tremblement de terre il s'écroula un nombre considérable de maisons ; de mosquées, des magasins furent détruits et les remparts de la ville tombèrent en grande partie. Ce n'est pas tout, il périt aussi quantité de personnes, et il en est qui sont restées jusqu'à présent ensevelies sous les décombres. ce qui depuis a été reconstruit n'occupe pas toujours le premier emplacement , par la raison que cela se trouvait mentionné autrefois comme faisant partie de l'ancienne bâtisse, mais quel souvenir s'en est perdu avec la ruine des maisons. Quant à ce qui avait échappé au désastre et à la démolition, les Berbères se le sont appropriés pour s'y installer et ils y occupèrent la plupart des anciens logements. Du reste, ils se sont rendus si puissants que, dans les contestations qui se sont élevées à ce sujet, ils ont souvent obtenu gain de cause contre les légitimes possesseurs. Dieu soit loué, lui qui accomplit tout ce qu'il veut ! ».

Dans un autre endroit de son récit de voyage le même auteur raconte *: « une autre femme, qui pendant le déluge fuyait devant l'invasion des eaux, portant son fils dans ses bras. Atteinte par la marche incessante de l'inondation, elle jeta son précieux fardeau pour s'en faire un escabeau et s'élever plus haut, ce qui n'empêcha point qu'ils ne périssent tous les deux ; il est vrai que la femme dont nous venons de parler parvint à se sauver, grâce à la mort de son enfant. »*

« A propos du tremblement de terre dont il s'agit, l'on m'a rapporté ces paroles d'un taleb qui remplissait les fonctions de notaire à Alger : « Pendant cette nuit horrible, dit-il, j'ai compté quatre cent soixante seize oscillations terrestres. Les années suivantes il s'est produit d'autres tremblements de terre, mais aucun n'a causé autant de ruines que cette nuit là. »

Toujours d'après le manuscrit arabe du fils du muphti d'Alger, qui raconte ce que ses professeurs lui ont dit [22, 23] :

« El Bortcheki rapporte ceci : « je me trouvais la nuit du tremblement de terre dans une maison sise à hârat al-Djanân du côté de la porte Bab al-Wâd ; je fut témoin de choses effrayantes que nul n'a relaté avant moi. J'entendis une femme qu'un habitant interrogeait sur les dangers qu'elle avait courus. Elle lui répondit j'étais en compagnie de ma sœur, et je portais ma fille dans mes bras. Je courais dans la maison de place en place, jusqu'au moment où une partie s'écroula sur moi. Ma sœur fut ensevelie et j'échappais puis une autre partie tomba sans m'atteindre. Je jetais ma fille par terre pour être plus légère et je me sauvais sans elle, cherchant le salut dans la fuite. Ainsi quand je me vis sur le point de succomber, j'abandonnais ma fille au milieu des décombres.» »

Il raconte également à propos des religieux qui ont occupé le poste de muphtis d'Alger[24]:

[22] Bargès, op.cit p 221
[23] Delphin op.cit p 217

« Voici ce qui m'a été rapporté par mon professeur, sidi Mohammed ben Ibrahim ben Ahmed ben Moussa El Nigrou, ainsi connu, andalou par ses ascendants.....il le tenait par tradition de son père et de ses professeurs : Sidi Abou Barakat el Barouni, qui fut imam de la mosquée Settena Merième.....remplissait les fonctions de muphti à Alger, à l'époque du grand tremblement de terre... Cette circonstance que Sidi Abou Barakat el Barouni était muphti d'Alger à la date du tremblement de terre, est rapportée par Sidi Abderahman ben Mohammed ben Makhlouf Etta'lbi dans son ouvrage intitulé : Djam'a el Houmam fi Akhbar el Oumam, œuvre considérable en deux volumes. Sidi Abou Barkat el Barouni était donc muphti en 766 soit 1364-1365 »

Al Djillali [25] décrit ce tremblement de terre par *Hāil* c'est-à-dire important : « *wa fi rabī' al-thānī sanat 766 H / janvier 1365 G, kāna ḥādith al-zilzāl al-hāil bi madīnat al-Djazāir fa saqaṭa min waq' 'ihi kathīr min dūr al-madīna wa qūsūrihā, wa waqa 'a min djarāihi kharāb 'adhīm wa raḍ wa taḥṭim, māta taḥtahū 'adad wāfir min al-nāss.* »

و في ربيع الثاني سنة 766 ه- جافى 1365 م كان حادث الزلزال الهائل بمدينة الجزائر فسقط من وقعه كثير من دور المدينة و قصورها, و وقع من جرائه خراب عظيم و رض و تحطيم, مات تحته عدد وافر من الناس.

C'est un tremblement de terre dévastateur qui affecte Alger le 10 *Rabī' Al-thānī* (4 janvier 1365) après la prière du coucher de soleil *Al-Maghrib* soit vers 17h 45-18h[26]. La plus grande partie de la ville fut démolie, et un nombre si élevé d'habitants périssent que les berbères s'y installèrent [27 et28]. Un témoin instruit digne de foi affirme avoir compté, cette nuit seulement quatre cent quatre vingt seize secousses (496). Une partie d'Alger fut inondée et[29, 30].

La grande mosquée datant de l'époque Almoravide édifiée vers l'an 1000, fut dotée d'un minaret de style almohade, fin et haut. Il est fort probable que celui-ci pencha dangereusement suite au tremblement de terre et qu'il dut être raccourci. Ce séisme est considéré comme le plus important de la période médiévale. La recherche menée sur les dommages n'a pas été fructueuse, les seules données disponibles sont celles décrites par El Bortcheki puis reprises par Bargès. Elles nous donnent une certaine vision sur l'étendue du désastre et suggèrent une intensité I_0 égale à IX.

[24] A. Devoulx 1866, Les édifices anciens de l'ancien Alger, Ch XXXVI, La Grande Mosquée, Rue de la Marine. Revue Africaine n° 10,V 10, p 229
[25] Al Djillali, op.cit p 183
[26] Selon la courbe de la course solaire établie par Cattenoz (1952), *al-maghrib* au mois de janvier se situe entre 17-45 et 18h. Le soleil se couchant plutot en hiver car son azimut est bas.
[27] Bargès op.cit
[28] Delphin op.cit p 217
[29] Bargès, op.cit p 221
[30] Ambraseys et Vogt (1988), op.cit p 2

Durant quelques années ces tremblements de terre se succédèrent mais sans occasionner de dégâts.

Cependant Ambraseys et Vogt (1988) et plus tard Guidoboni (2005) considèrent Al Sūyūṭī comme seconde source de cet événement bien que cet auteur n'ait donné aucune localisation de ce séisme.

3.3 Les tremblements de terre d'Al Djazāir durant la période ottomane (1516-1830) :

(1) **28 Octobre 1541 :**

Source 1: -

Source 2: Tassy (1725)

Catalogue: Perrey (1845-1846)

Durant l'expédition qui a démarré à la fin de l'été 1541 contre Alger par Charles Quint, à la fin de l'automne, le 28 octobre, un tremblement de terre fut ressenti à Alger. Il accompagna la violente tempête qui dissipa la flotte des espagnoles[31]

Selon Tassy [32](1725) qui a rédigé son livre en 1724, il dit dans son chapitre concernant la conquête d'Alger par Charles V: « *Le 28 d'octobre ; il se leva un vent du Nord accompagné d'un orage si furieux, d'une pluie & d'une grêle si violente et des secousses de tremblement de terre, qu'on aurait dit que la nature allait se boulverser».* Il semblerait que Tassy tienne cette information des mémoires qu'il a recueillies dans les maisons chrétiennes qui étaient établies à Alger. Mais l'auteur n'était pas contemporain de l'événement, en fait deux siècles les séparaient. Est-il possible alors que la tradition orale ait pu traverser le temps sans aucune déformation des faits ?

Suite à la lecture du manuscrit d'*Al-Tilimsāni* « *Al-Zahrāt al-nayirāt* », il n'est fait aucune mention d'un quelconque séisme qui aurait affecté *Al-Djazāir* durant l'attaque de Charles V. D'autres auteurs retraçant la relation de cette même expédition ne font état que de la grande tempête qui a détruit les embarcations[33].

---

[31] A. Perrey (1845-46), op.cit p 301

[32] Tassy L. De (1725). Histoire du Royaume d'Alger avec l'état présent de son gouvernement, de ses forces de terre et de mer & de ses revenus, police, justice, politique & commerce. Ed H. De Sauzet, Amsterdam, p 48.

[33] Villegaignon N.D (1874). Relation de l'Expédition de Charles V contre Alger, pp 60-61 ; Estry D'. S, (1841), Histoire d'Alger, de son territoire et de ses habitants.....et Madani.T (1973), Harb al-thalathou mi'ata sana beyna al-djazair oua isbania, p 285.

Hormis Perrey (1845-46), aucun autre catalogue ne fait référence à ce séisme. Sans doute se réfère t-il à Tassy ?

Cependant, El Mrabet (2001) [34], qui a consulté de nombreuses sources hispaniques, signale dans son catalogue que ce séisme n'a pas eu lieu car dans les rapports précis de l'attaque contre Alger, il n'y eut que la description de l'importante tempête maritime qui dura trois jours.

Il apparaît donc que ce séisme ait affecté uniquement la flotte espagnole qui accuse ces événements naturels de sa défaite contre Al Djazāir. Aucune autre source documentaire consultée n'a cependant relaté cet événement ni établi ses effets. Par conséquent et au vu de ce qui a été dit, il serait prudent d'en tenir compte si aucune autre vérification n'est établie.

Il est probable que les espagnols, ne voulant s'avouer leur défaite face aux algérois, ont invoqué l'avènement de catastrophes naturelles telle que les secousses de tremblement de terre, par lesquelles leur flotte a été décimée.

Ce tremblement de terre n'a provoqué aucun dommage su la ville et son avènement est controversé. Donc pour l'estimation de son intensité soit elle est faible ou alors c'est un séisme à ne pas considérer.

(2) **Le 23 décembre 1585 (inc. awal mūharram 994) S**

Source 1: El Bortcheki **tnc** ; Ben Redjeb (1740-1741) **tnc**

Source 2 : Delphin (1922-1925)

Catalogue : El Mrabet (2001)

Un tremblement de terre se produisit encore à Alger le 23 Décembre 1585 (inc en 994) [35] et[36].

Aucun détail concernant les dommages et les pertes n'est donné. Il semblerait que c'est un faible tremblement de terre.

Le catalogue d'Ambraseys et Vogt (1988)[37] reporte ce séisme en date de 1596 qui est probablement une erreur car d'après Delphin qui a transcrit le manuscrit (unique source à l'état actuel), c'est bien en 1585 qu'a eu lieu ce tremblement de terre.

[34] El Mrabet (2001), op.cit p 95
[35] Delphin op.cit p 217
[36] El Mrabet (2001), op.cit p 98
[37] A. Ambraseys et J. Vogt (1988), op.cit p 18

(3) **1601 (inc 1009) S**

Source 1: Al Tilimsāni (1780) **Ms**

Source 2 : Rousseau (1841), Trumelet (1887)

Catalogues: Ambraseys et Vogt (1988); El Mrabet (2001)

D'après *Al Tilimsāni* ce tremblement de terre a eu lieu à Alger en 1009 sous le règne de Soliman[38]. Cependant aucune allusion n'est faite sur le type de dommages et les pertes induites. Ce tremblement de terre est seulement cité[39].

Aussi d'après Trumelet (1887), ce tremblement de terre semble faire partie des nombreuses catastrophes sismiques qui ont endommagé la ville de Blida mais qui néanmoins ont été ressenties à Alger[40].

Etant donné que c'est un séisme qui affecta Blida, sa répercussion sur Alger est relative à son intensité. Or il n'y a aucune information qui permettrait d'établir une évaluation de l'intensité épicentrale. Toutefois le seul fait qu'il ait été ressenti suggère une intensité faible.

(4) **Le 19 juillet 1632 (inc. Mūharam 1042) dS I=V**

Source 1: El Bortcheki **tnc**; Ibn Redjeb (1740-1741) **tnc**

Source 2 : Delphin (1922-1925), Saidouni (1995), Shuval (1998), Al Djillali (1990)

Catalogues : Ambraseys et Vogt (1988)

Ce tremblement de terre qui fissura les remparts de la ville d'Alger, fut assez violent pour renverser les maisons de Médéa[41, 42]. Les constructions à Alger ne subirent aucun dégât.

Une année auparavant la Casbah de Dellys a subi de très grands dommages car le séisme fut très violent dans cette ville[43].

[38] Al Tilimsâni (1780), manuscrit n° 1626, op.cit

[39] A. Rousseau (1841). Chronique de la Régence d'Alger. Traduite d'un manuscrit arabe intitulé « *El-Zohrat-El-Nayerat* ». Alger, Imprimerie du Gouvernement, p 206

[40] Cl Trumelet (1887). Blida, récits selon la légende, la tradition et l'histoire. T2, Ed Adolphe Jourdan, Alger, p 787 et El Mrabet (2001), op cit p 98.

[41] Saidouni (1995). "*El ahwāl al-Sihiya wa al-waḍh ' al-dimoghrāfi bi al-djazāir fi al 'ahd al-'ūthmānī* ". RHM n° 39-40, p 435 et Al Djillali (1990). « *Tārīkh' Al Djazāir al 'Ā* » p 130

[42] Shuval (1998). La ville d'Alger vers la fin du XVIII[è] siècle, population et cadre bâti. Ed CNRS, Paris, p 44

[43] Delphin op.cit p 217.

(5) **1639 S**

Source 1: manuscrits arabes **tnc,** Al Tilimsānī (1780) **Ms**

Source 2 : Rousseau (1841), Berbrugger (1867), Saidouni (1995)

Catalogue: - Chesneau (1892)

Berbrugger rapporte ceci [44] :

« La catastrophe de mercredi dernier, qui a fais tant de victimes au pied de l'Atlas, a causé à Alger beaucoup plus de peur que de mal……nous pensons accomplir un devoir la statistique complète des tremblements de terre ressentis à Alger et de leurs effets constatés depuis l'année 1516 jusqu'à nos jours, d'après onze manuscrits arabes dont les auteurs se contrôlent les uns les autres et sont contrôlés eux même par des documents européens dignes de foi……..

Les écrivains des manuscrits arabes dont nous venions de parler ont enregistré avec un soin scrupuleux tous les fléaux qui sont venus affliger notre ville depuis plus de trois siècles : apparition de sauterelles, peste, incendies remarquables, explosion de poudrières,…. naturellement les tremblements de terre y ont aussi leurs places.

Les chroniques dont il s'agit n'en signalent aucun de 1516 à 1639 (plus d'un siècle). Mais dans cette dernière année elles indiquent les secousses qui ont du être ni fortes ni désastreuse car le seul manuscrit qui en parle se borne à une mention pure et simple. »

Quant à Chesneau (1892), il annonça ceci [45]:

« D'après des manuscrits arabes remontant à 1516 et mentionnant depuis cette époque jusqu'à nos jours, les événements calamiteux et les phénomènes météoriques remarquables survenus à Alger, il ne s'est produit de 1516 à 1639 aucun tremblement de terre. En 1639, on ressenti des secousses qui ont été ni fortes, ni désastreuses, car elles son simplement mentionnées sans aucun détails. »

Ce tremblement de terre cité d'abord par Berbrugger en 1867 se référant aux sources arabes, a été repris par Chesneau en 1892 citant également les mêmes sources.

Il semblerait que ce tremblement de terre n'ait en rien affecté Alger, aucun dommage ne fut mentionné. Les secousses n'étaient ni fortes ni désastreuses. Aucune indication sur la région où il a été ressenti n'est donnée, ce qui rend difficile sa localisation.

[44] Berbrugger (1867), op.cit n°7, p 3
[45] Chesneau (1892), op.cit p 5

(6) **1665 S**

Source 1: -

Source 2 : Saidouni (1995)

Catalogue: -

Ce tremblement de terre a eu lieu à Alger et s'est accompagné d'une éclipse solaire. Il n'a apparemment causé aucun dommage. Cependant il a été ressenti jusqu'aux côtes européennes[46].

(7) **10 mars 1673 RMGgDdS I=IX**

Source 1: anonyme (1716), Comelin (1720), Mendosa (1758).

Source 2 : Raynaud (1930), Shuval (1998)

Catalogue: - Ambraseys et Vogt (1988), Mokrane (1994), El Mrabet (2001)

Suite au tremblement de terre de 1716, Comelin évoque[47] :

«... *Un turc à ce sujet ayant avancé qu'il y'avoit quarante ans qu'on avoit senti un semblable tremblement pendant quarante jours, & que la peuple ayant fait mourir le Dey, le tremblement cessa aussi-tôt, fût pris & étranglé le 4 Avril ».*

Mendosa (1758) in El Mrabet (2001)[48] évoque que ce tremblement de terre a eu lieu à 21 heures. Durant 24h on compta 71 secousses sismiques. Dans la région de Blida, la terre s'est ouverte et a englouti 80 maisons avec les habitants et les animaux.

Ce tremblement de terre semble être aussi comparable à celui de 1716, c'est un séisme fort d'après le témoignage. Il a donc produit de grands dommages, certainement des destructions de maisons. Les répliques ont duré quarante jours selon ce témoin anonyme du XVIIIème siècle.

D'après les tables chronologiques de Kikano [49], quarante ans plutôt que 1716 nous donne la date approximative de 1676. Or le janissaire ne donne pas une date précise c'est une

[46] Saidouni (1995), op.cit p 435

[47] F. Comelin, P de la Motte et J Bernard (1720). Voyage pour la rédemption des captifs aux royaumes d'Alger et de Tunis. Ed L.A Sevestre et P.F Giffart, p 16

[48] El Mrabet (2001) op cit, p 104.

[49] A. B Kikano (1966). Tables de concordance des années Hégiriennes et Chrétiennes pp 10-11

approximation qui est faite. Ambraseys et Vogt (1988) situent ce tremblement de terre en 1673 ; ils tirent leurs informations d'une source ibérique.

Shuval (1998)[50] situe également ce tremblement de terre aux environs de 1676 car ayant consulté uniquement les archives ottomanes et les auteurs français, il situe ce séisme à cette date-là.

Il semble que ce séisme soit proche de Blida et que ses effets sur Alger ont été très bien ressentis. Son degré d'intensité donc est important car ce tremblement de terre a été destructif, I= IX.

(8) **Le 29 janvier 1715 RS**

Source 1 :-

Source 2 : Al Djillali (1990)

Catalogue : Perrey (1845-46),

Des secousses sont ressenties à Alger ; elles durèrent plusieurs jours. Elles n'occasionnèrent aucun dommage[51].

Aucune source primaire décrivant ce tremblement de terre n'a été trouvée. Il est probable que ce soit des secousses précédant le choc principal qui a eu lieu en 1716, mais aucune source arabe n'en fait état. D'ailleurs Perrey est le seul auteur à donner cette information. Aucun catalogue n'a pris cet événement en considération.

(9) **Le 03 février 1716 (inc. 09 safar 1128) RrMGgDdFS I=IX**

C'est le plus important séisme historique qu'ait connu Alger. C'est également l'un des séismes les mieux documentés. Il fera l'objet du chapitre qui suivra où il sera plus détaillé (partie 1, chap 4).

[50] Shuval (1989), idem

[51] Perrey (1845-46), op.cit p 299-323 et Al Djillali op.cit p 219

(10) **Le 29 novembre 1722 RrDdFS**

Source 1 : Courrier Consulaire 1723, Shaw (1808).

Source 2 : Moniteur de l'Algérie (1867), Raynaud (1930),

Catalogues: Perrey (1845-46), Chesneau (1892), Rothé (1950), Ambraseys et Vogt (1988); Mokrane et autres (1994); El Mrabet (2001)

Extrait du courrier consulaire envoyé par M.Durand au conseil de la marine [52] :

« *Commerce de levant, M.Durand le 1er Janvier 1723*

....Ce pays ne souffre pas seulement de famine les tremblements de terre ont recommencé à se faire sentir et depuis le 30e novembre il ne se passe ny jour ny nuit qu'on ne s'aperçoive de quelque secousses. La nuit du 16 au 17 Decembre et tout le jour suivant la terre ne cessa pas de remuer avec des secousses plus violentes de temps à autre environ l'espace d'une heure et demie d'yntervalle »

« Une petite ville nommée Miliana située à deux journées à l'ouest de cette ville en reste entièrement détruite ne restant que deux maisons à présent inhabitables des six cens qui y etaient auparavant les habitants ont neanmoins eu le temps de se sauver à la reserve de 8 ou 10 qui ont pery les autres sont apresent sous des tentes et un Capigi Bachi qui va au Roy du Maroc de la part du grand Seigneur fut retiré vif de dessous les ruines de la maison ou il estait logé. Une montagne appelée Gibel Zeccar voisin de cette ville s'ouvrit et engloutit un village qui est dessus ».

Quelques mois plus tard, un autre courrier émanant du consulat français annonça ce qui suit [53] :

« *Commerce de levant, M.Durand le 1er Juillet 1723*

« *....des conjonctures aussi facheuses que celles ou ce pays est reduit depuis deux ans, affligé de famine, tremblement de terre a presentement des sauterelles qui ravagent tout le territoire en sorte qu'il ne reste pas la moindre verdure ».*

Dans la nuit du 29 novembre 1722, à 3h du matin, une forte secousse ébranla Al Djazāir. Ce tremblement de terre renversa et endommagea un certain nombre de maisons. Le cours de plusieurs fontaines a été arrêté.

D'après le courrier consulaire français, les tremblements de terre ont bien eu lieu à la fin de l'année 1722 et ont duré deux années c'est-à-dire jusqu'à 1723. Il est probable que ce soit le

[52] Correspondance des consuls de France à Alger 1642-1792, op.cit Affaires étrangères, Affaires étrangères B[1] 121, 1721 à 1729 *f°* 87-89- 1er Janvier 1723

[53] Courier consulaire (1723) 1er Juillet, op.cit *f°* 109-111-

tremblement de terre destructeur de 1724 dont Shaw (1808) fait état. La localisation pourrait bien être plus proche de Miliana que d'Alger car les dommages décrits sont plutôt localisés dans cette ville. D'après Ambrasseys et Vogt (1988) ce séisme a la même localisation que celui de 1716. Les dommages ne sont pas décrits ni quantifiés à Al Djazāir ce qui laisse difficile l'estimation de l'intensité au niveau de la ville. Néanmoins son intensité a été évaluée à VII[54]. A Al Djazāir elle devrait être moindre puisque aucun dégât n'a été évoqué.

(11) **1724: rGDdS I= VII**

Source 1: Shaw (1808)

Source 2: - Raynaud (1930), Saidouni (1995)

Catalogue : Perrey (1845-46), Ambraseys et Vogt (1988)

D'après le Dr Shaw qui a vécu entre 1720 et 1730 en Algérie deux tremblements de terre se firent ressentir à Alger en 1723 et 1724[55]. Ils s'étendirent de Miliana à Bône. Aucune autre source que celle de Shaw ne mentionne ces séismes.

Le paragraphe suivant décrit ces événements :

« *The earthquakes, ann.1723 and 1724 shook down a number of houses, and stopped the course of several fountains….* ».

«*The greatest shock which we perceived at Algiers, (1724) reached from Miliana to Bona, the air being then clear and temperate, and the quicksilver standing at the greatest height; whilst other concussions were found, upon inquiry, to be of small extent….Earthquakes also have sometimes been felt at the sea in the same year, when I was aboard the Gazella, Algerian cruiser of fifty guns, bound to Bona to relieve the garrison, we felt three prodigious shocks, one after another, as if a weight, at each time of twenty or thirty ton, had fallen from a great height upon the ballest. This happened when we were five leagues to the south-ward of the Seven Capes, and could not reach ground with a line of two hundred fathom…..The earthquake during my stay at Algiers, fell out generally at the end of summer, or in the autumn, a day or two after a great rain.* ».

Ces deux tremblements de terre occasionnèrent de grands dégâts à Al Djazāir, ils endommagèrent un grand nombre de maisons et stoppèrent le cours de plusieurs fontaines.

[54] Mokrane (1994), op.cit, p 249

[55] Shaw (1808). Travels or observations relating to several part of Barbary and the Levant. Printed by J. Richie. Edinburg, UK. V1, p 278

Le Dr Shaw mentionne qu'en 1724, s'étant embarqué sur le navire la *Gazette*, frégate algérienne de 50 canons, pour se rendre à Bône, il éprouva à bord de ce navire trois fortes secousses successives. Cet évènement arriva à cinq lieues au nord-ouest du cap des Sept-Têtes, au large de Collo, en un point où l'on avait plus de 200 brasses de profondeur. Les tremblements de terre qui se sont produits durant son séjour à Alger se sont produits à la fin de l'été ou au début de l'automne, un jour ou deux après de grandes averses.
Les dommages ont été localisés à 75 Km au sud ouest d' *Al Djazāir* (Miliana) où plusieurs maisons ont été endommagées et plusieurs décès enregistrés.
Les dommages semblent être importants à *Al Djazāir* puisque beaucoup de maisons en souffrirent. Le degré d'intensité équivalent à ce séisme serait important d'où I=VII.

(12) **novembre 1735 (inc. 17 radjeb 1148) r MDdS**
Source 1: El Bortchkî **tnc,** Ben Redjeb (1740) **tnc**, Shaw (1830)
Source 2 : Delphin (1922-1925), Rozet et Carette(1850)
Catalogue : Ambraseys et Vogt (1988), El Mrabet (2001)

Quatre secousses sans aucune incidence sur la ville ont secoué *Al Djazāir* cette année là. En revanche, Cherchell qui est localisée à deux journées de marche d'Alger eut la majeure partie de ses maisons renversées, le port ainsi que le fort endommagés. Ceci se passa la nuit du samedi 17 *radjab* qui correspond au mois de Novembre. Beaucoup d'habitants de Cherchell périrent : on en compta deux cent cinquante[56].
Selon une ancienne tradition orale, Shaw [57](1830) rapporte que la ville entière de Cherchell fut détruite par un grand tremblement de terre à une époque lointaine. Plusieurs édifices furent précipités par une extraordinaire secousse et que le port grand et commode fut bouleversé et encombré par l'arsenal. Selon Rozet, des ingénieurs ont remarqué certains indices de déplacement du niveau de mer qui attestent d'une transformation du sol. Ce déplacement est dû à la catastrophe qui a précipité les monuments de Cherchell dans la mer[58]. Al Djillali situe cet événement en 1737[59]
Bien que ce séisme soit en dehors d' *Al Djazāir*, il a été ressenti.

[56] Delphin (1922-25), op.cit p 218
[57] Shaw (1830). Voyage dans la Régence d'Alger, ou description géolgraphique, physiques, physiologiques.... Etc de cet état. Trad Française par J.Mc Carty. Ed Marlin, Paris, p 269-70
[58] Rozet et Carette (1850), op.cit p 84
[59] Al Djillali op.cit p 227

(13) **1er novembre 1755 (inc.1169) : RrGdFS I= VII**

Source 1 : - Al-Zehhar (1754-1830) **tnc**

Source 2 : De Grammont (1887), El Madani (1972), Raymond (1985), Al Djillali (1995), Saidouni (1995), Shuval (1998)

Catalogue : Perrey (1845-1846), El Mrabet (2001)

Le tremblement de terre de Lisbonne qui endommagea non seulement la péninsule ibérique mais aussi une partie du Maroc (Fès et Mekhnès) affecta *Al Djazāir* avec la même violence[60, 61 et 62]. Il est dit qu'aucune maison ne resta intacte suite aux secousses qui ne cessèrent pas durant deux mois. Beaucoup de maisons ont été lézardées[63]. Les aqueducs et les canalisations cessèrent de fonctionner[64]. Le Dey *Bābā 'Alī Neqīs* s'occupa de faire rétablir les fontaines suite à cela[65]. C'est la côte ouest *Al Djazāir* qui fut sérieusement endommagée par le grand tremblement de terre de la fin 1755[66]. D'après le journal historique (1716-1756)[67], il ne resta pas une seule maison qui n'ait été plus ou moins affectée par ce séisme.
C'est un séisme qui n'a rien à voir avec la sismicité d'Alger et la région algéroise, néanmoins ses répercussions sur le cadre bâti ont été assez conséquentes, donc il sera pris en considération car c'est pour évaluer les dommages induits par les différents séismes qui ont affecté Alger que ce travail a été entamé.

Ce séisme a provoqué de grands dommages à Lisbonne mais ses secousses ont été ressenties dans tout le Bassin Méditerranéen, sur les côtes de l'Afrique du Nord où Fès et Mekhnès ont subi de sérieux dommages ainsi qu'à *Al Djazāir* où les dommages étaient modérés. Ces mêmes secousses ont été ressenties au sud ouest de l'Espagne, en France, en Suisse et au nord de l'Italie[68]. Selon Al Djillali, Ce séisme a eu lieu en 1754[69]
Son degré d'intensité à Al Djazāir, en considérant les différentes données, serait de dégâts modérés soit I= VII.

[60] Madani (1974). "*Muḍakirāte al-Hādj Ahmed al-Cherif al-Zahhār, naqīb ashrāf al-Djazāir*". Ed SNED, Alger, p 18
[61] De Grammont (1887). Histoire d'Alger sous la domination des turques 1516-1830. Ed Levoux, Paris, p 313
[62] El Mrabet (2001), op cit p 217-218
[63] De Grammont op.cit p 313
[64] Saidouni (1995), op.cit p 435
[65] Raymond (1985), p 167
[66] Perrey (1845-46), op.cit p 299-323
[67] Journal historique sur les matières du temps, Avril (1756) .
[68] Kozak et James (1998). Historical depictions of the 1755 Lisbon earthquake. Disponible sur htpp://www : Nisse National Information Service for Earthquake Engineering.
[69] Al Djillali op.cit p 232

(14) **17 mars 1756 FMDdS**

Source 1 : -

Source 2 : De Grammont (1887), Raymond (1985)

Catalogue : Ambraseys et Vogt (1988)

Le tremblement de terre eut lieu à 9h 30min du matin. Il causa la destruction des maisons vétustes situées en haut de la Casbah[70]. Il détruisit également beaucoup de maisons situées à 50 km au sud-ouest d' *Al Djazāir* dans la plaine de la Mitidja où beaucoup de décès furent dénombrés[71].

Durant les deux années 1755 et 1756 après le tremblement de terre de Lisbonne, *Al Djazāir* a souffert des tremblements de terre. Les aqueducs et les canalisations ont été interrompus. Le Dey *Bābā 'Alī Naqīs* (1754-1766) qui dut rétablir les fontaines entre 1759 et 1765 imposa un nouvel impôt à la population[72].

Ayant provoqué des dommages uniquement sur ce qui menaçait ruine.

(15) **Juin 1760 (inc. Shawāl 1173) RFGDdS**

Source 1 :

Source 2 : Feraud (1874), Trumelet (1887), Saidouni (1995)

Catalogue : Ambraseys et Vogt (1988)

En Juin 1760, après minuit, un tremblement de terre suivi par plusieurs répliques secoua *Al Djazāir* en l'endommageant légèrement et en ébranlant tous les environs[73]. Ce séisme a eu lieu dans la Mitidja où la majeure partie de la ville de Blida fut renversée [74 et75]. On n'enregistra cependant aucun dommage à *Al Djazāir*.

Etant donné que les dommages quantifiés sont légers, ce séisme suggère une intensité faible à *Al Djazāir* et IX aux environs de Blida où les dommages ont été les plus considérables.

[70] De Grammont (1887), p 314
[71] Ambraseys et Vogt. (1988). Op.cit, p 6
[72] Raymond (1985), op.cit p 167
[73] Saidouni (1995), op.cit p 435
[74] L. Ch Féraud (1874), Ephémérides d'un secrétaire officiel sous la domination turque à Alger de 1755 à 1805 » dans RA, V 18, p 319
[75] Trumelet (1887),op.cit vol 2, p 789

EXCLU de PRÊT

(16) **20 juin 1770 (inc. 24 safar 1184) d FS**

Source 1 :

Source 2 : Féraud (1874), Trumelet (1887)

Catalogue : Ambraseys et Vogt (1988)

La nuit du 20 Juin 1770, un autre tremblement de terre secoua *Al Djazāir* et sa banlieue[76]. La ville de Blida fut de nouveau ébranlée jusque dans ses fondements. On ne nota aucun dommage à *Al Djazāir* [77].

Ce séisme a été largement observé à *Al Djazāir*.

(17) **8 novembre 1802 (inc. 11rajab 1217) RGDdFS**

Source 1: Al Zahhār (1754-1830) **tnc,** Journal des débats (1802)

Source 2: Perrey (1845-1846), Madani (1974), Berbrugger (1867), Franc (1928),

Catalogue : Rothé (1950), Ambraseys et Vogt (1988), El Mrabet (2001)

Les secousses de ce tremblement de terre qui arrivèrent un dimanche en milieu de journée à 11h 45 min[78] furent fortement ressenties à *Al Djazāir* [79]. Les constructions présentant un état de vétusté assez avancé ont été détruites et beaucoup de vieilles constructions furent endommagées. Presque toutes les maisons furent fissurées suite à la secousse principale ainsi qu'à la forte réplique qui a suivi trente minutes plus tard. La mer fut agitée. Les répliques durèrent pendant onze (11) jours et étaient de forte intensité ce qui poussa la population à camper en dehors de la ville[80]. Selon Berbrugger (1867)[81], ce séisme n'a causé aucun sinistre sérieux

Dans la province d' *Al Djazāir*, il fut destructif à Koléa où plusieurs maisons furent détruites ainsi qu'aux environs de Blida, causant de nombreuses victimes[82 et 83] .

Son intensité dans la région sud-ouest d' *Al Djazāir* c'est-à-dire à Koléa et à Blida pourrait atteindre le degré de dégâts importants soit I= VIII. A Alger cette intensité diminue puisque ce ne sont que les constructions menaçant ruines qui se sont effondrées et celles présentant

[76] Trumelet (1887), idem
[77] Féraud (1874), op.cit p 318
[78] Journal des Débats (1802), Samedi 11 Décembre. P 2
[79] Madani (1974),op.cit p 83
[80] Ambraseys et Vogt (1988), op.cit p 7
[81] Berbrugger (1867), op.cit p 3
[82] Madani (1974) idem
[83] Franc (1928), Colonisation de la Mitidja, TI et TII p 60 et TIV p 542

un certain degré de vulnérabilité (due certainement au vieillissement) qui se sont endommagées. Les autres dégâts observés à *Al Djazāir* se résument aux fissures de plusieurs constructions.

(18) **13 novembre 1807 RGDdS**

Source 1 : Moniteur (1808), Journal de l'Empire (1807)

Source 2 : Perrey (1847), Berbrugger (1867)

Catalogue : Ambraseys et Vogt (1988), El Mrabet (2001)

A 17 h, un violent tremblement de terre, dont la durée a été estimée à 20 secondes, causa d'énormes dégâts dans la campagne algéroise. Les maisons du *Fahs* ont été détruites. A l'intérieur de l'enceinte, un petit nombre de vieilles maisons se sont écroulées [84] et quelques unes parmi les constructions nouvelles ont été sérieusement endommagées, on note parmi elles les résidences consulaires française et britannique[85]. La maison du consul de France a déjà été réparée lors du grand tremblement de terre de 1716. Cette dernière est située à l'intérieur de l'enceinte. Selon Murat[86], il s'agit de *Dar 'Aziza* qui est située dans la partie basse de la ville (*al-wūṭa)*. Des répliques violentes se sont succédées durant une dizaine de jours, obligeant la population à passer les nuits dans la campagne jusqu'au 26 novembre[87, 88].

C'est un séisme fort car il provoqua des dégâts. Il détruisit les maisons de campagne et endommagea quelques maisons nouvelles.

(19) **3 décembre 1810 RrS**

Source 1 : -

Source 2 : Chesneau (1892), Raynaud (1930), Saidouni (1985)

Catalogue : Ambraseys et Vogt (1988)

Ce tremblement de terre a été précédé par une légère secousse. Il a été largement ressenti à *Al Djazāir* à 9h. Il a été suivi à 15h d'un choc plus faible. Aucun dommage n'a été

[84] Berbrugger (1867), idem
[85] Ambraseys et Vogt (1988), op.cit p 8
[86] Golvin (2000), op.cit p 31
[87] Perrey (1847), op.cit, p 316
[88] Moniteur du 21 Février et 15 Mars 1808.

enregistré[89]. Un tremblement de terre ayant eu lieu à la même date a été ressenti également à Annaba[90, 91].

(20) **2 mars 1825 (inc. Fin Sha'bān 1241) RrMGDdS**

Source 1 : Al Tilimsānī (1780) **Ms**, Ezzahar (1754-1830) **tnc**,

Source 2 : Rousseau (1841), Rozet et Carette (1850), Guyon (1852), Aucapitaine (1856), Akhbar (1867), Berbrugger (1867), Moniteur (1867), Seguin (1878), Trumelet (1887), Franc (1928), Raynaud (1930), Madani (1974), Saidouni (1995)

Catalogue : Perrey (1845-46), Chesneau (1892), Rothe (1950), Ambraseys et Vogt (1988), Mokrane (1994), El Mrabet (2001)

Le 2 mars 1825 à 7 heures du matin, on éprouva à Al Djazāir, une secousse de tremblement de terre qui dura 15 à 20 secondes. Toute la ville fut plongée dans l'anxiété, redoutant de nouvelles secousses. Il n'y a pas eu de dommages considérables, seules trois vieilles maisons et les pans de murs de la citadelle furent renversés[92, 93]. La population fuyait hors de la ville malgré le mauvais temps, craignant l'effondrement de leurs habitations. Quelques murs furent fissurés. Il s'en produisit une secousse le lendemain à 9 heures du soir, pendant un intervalle d'une heure et demie. Les secousses durèrent dix huit jours (18) de suite. Les secousses furent plus fortes la nuit que le jour d'après Ez-Zahhar (1754-1830), il a ressenti en une seule nuit dix secousses (10). Par contre le Pacha rapporte que cette nuit-là, comme il ne dort pas beaucoup, il ressentit 8 secousses[94]. On a ressenti le 5 et le 6 mars deux secousses successives entre 1h et 4h du matin. Des secousses se renouvelèrent le 2 juillet de la même année à *Al Djazāir* et dans la région. Elles se sont répétées pendant plusieurs jours. La quasi totalité des maisons résista à ces rudes secousses sismiques grâce au système constructif[95].

Madani (1974) rapporte que le tremblement de terre a eu lieu le mercredi prés de midi (*qūrba al-zawāl*) puis une autre secousse fin d'après-midi (*maghreb*) et qu'à *Al Djazāir* on ressentit les secousses durant 18 jours, mais plus la nuit que le jour.

[89] Ambraseys et Vogt (1988), idem
[90] Saidouni (1995), op.cit 435
[91] Raynaud (1930), p 69
[92] Chesneau (1892), op.cit p12
[93] Moniteur (1867), n° 7, 2, c3, c4
[94] Madani (1974), op.cit p 155
[95] Berbrugger (1867), op.cit p 3

(2) **14 avril 1839 Sd**

Source 1 : -

Source 2 : Rozet et Carette (1850), Berbrugger (1867)

Catalogue : Perrey (1845-46), Chesneau (1892), Rothe (1950), El Mrabet (2001)

Le 14 avril 1839, une forte secousse de tremblement de terre ébranla Alger[104] . Elle eut lieu à 2h5min le soir, dura 2 à 3 secondes et se fit ressentir beaucoup plus en haut qu'en bas de la ville[105]. Les dommages considérés étaient négligeables, seuls quelques pans de murs vétustes et de vielles maisons qui menaçaient ruines depuis un certain temps s'écroulèrent[106, 107]. Cette secousse fut ressentie également par les bateaux en rade[108].
Les dommages recensés ont été localisés sur les constructions présentant un état de vétusté très avancé. Les dommages à considérer sont donc insignifiants par rapport aux secousses.

(3) **1841 RrSs**

Source 1 : Perrey (1845-1846),

Source 2 : Moniteur (1867), Berbrugger (1867), Raynaud (1930)

Catalogue : Chesneau (1892), Rothe (1950)

Durant l'année 1841, plusieurs secousses ont été ressenties à Alger sans toutefois causer de dommages[109]. Le 15 janvier deux secousses ont été ressenties l'une le matin l'autre à midi. Dans la nuit du 3 au 4 ainsi que dans la nuit du 31 décembre, de faibles secousses ont été constatées à Alger[110].

Aucun dommage n'a été enregistré durant ces derniers tremblements de terre. Donc son intensité serait faible.

[104] Rozet et Carette (1850), op.cit p 182
[105] Perrey. A. (1845-46), op.cit, p 319
[106] Berbrugger (1867), op.cit n° 3
[107] Chesneau (1892), op.cit p 14
[108] Perrey (1845), op.cit p 319
[109] Perrey (1845), op.cit p 318
[110] Berbrugger (1867), p 3

Ce tremblement de terre a eu lieu à Blida[96]. C'est l'une des plus grandes catastrophes que connut la ville[97, 98]. D'après *Al Tilimsānī*, traduit par Rousseau[99], ce tremblement de terre a englouti la ville de Blida. Il fut dévastateur, les quartiers situés à l'est et au sud de la ville furent complètement détruits. Il fut également meurtrier, plus de la moitié de la population de Blida périt sous les décombres[100, 101]. Cinq années plus tard lorsque les colons font leur première entrée à Blida, la ville présentait encore les traces du désastre[102].
Le degré d'intensité attribué à ce séisme est celui de catastrophe soit I= XI pour la ville de Blida. Tandis qu'à *Al Djazāir* cette intensité diminue vu que les dommages sont insignifiants, des lézardes dans les murs.

3.4 Les tremblements de terre d'Alger durant la période coloniale entre 1830 et 1899 :

(1) **6 avril 1833 RrS**

Source 1 :

Source 2 :

Catalogues : Perrey (1845-46)

Vers 10h30mn du soir, Alger fut secouée par une secousse de trois secondes. Le jour suivant le 7, à 3h du matin, une seconde secousse plus forte suivit. Suite à ce tremblement de terre aucun dommage ne fut enregistré[103].

On ne déplora aucun dommage malgré la seconde secousse qui fut ressentie plus fortement.

[96] Aucapitaine (1856), Notes sur les tremblements de terre ressentis en Algérie. Compte rendu de l'Académie des Sciences, T4, Juill-Dec, p 756
[97] Franc (1928), op.cit, p 60
[98] Al-Nasiry (1897), Al Istiqsā' li akh'bāri dūwal Al Maghrib al aqsā. 2eme Ed, Dar Al Kitab, Vol 9, p 32
[99] Al Tilimsānī op cit, et Rousseau op cit, p 213
[100] A.E.H Carette (1850). Algérie, in l'Univers ou histoire et description de tous les peuples de leurs religions, mœurs, coutumes. Ed Firmin Didot Frères, Paris, p 92
[101] Trumelet (1887), op. cit vol 2, p 786
[102] L.G. Seguin (1878). Walks in Algiers and its surroundings. Ed Daldy, Londres, p 215 et Rozet et Carette (1850), op.cit p 79 et 181
[103] Perrey. A. (1845-46). op.cit, p 318

(4) **Décembre 1842 (inc. 1258) RdFS**

Source 1 : Perrey (1845-1846),

Source 2 : Rozet et Carrete (1850), Moniteur (1867), Raynaud (1930)

Catalogue : Chesneau (1892), Rothe (1950), Mokrane (1994), El Mrabet (2001)

Au courant de cette année à partir du mois d'avril jusqu'au mois de décembre des secousses se sont fait ressentir à Alger et ses environs. La nuit du 9 au 10 avril, une secousse violente suivie de deux répliques accompagnées de bruits souterrains[111]. Le 24 octobre, à 8h et demie du matin, une secousse assez violente fut ressentie à Alger. Elle dura 7 secondes[112].

Le 1er novembre aux environs de 8h 30min du matin une secousse très légère fut ressentie et dura 7secondes[113] puis dans le début de la soirée vers 7h 20 min une forte secousse suivie d'une réplique plus forte 5 secondes plus tard secoua encore Alger[114]. Le 4 décembre, vers 3h du matin une forte secousse qui dura 5 secondes endommagea quelques maisons[115] et le 31 décembre fut ressentie la dernière secousse légère de cette année-là[116].
Le type de dommage n'est pas défini. Il semblerait que c'est uniquement des lézardes dans les murs, qui sont d'ordinaire considérées comme pas grave.

(5) **3 novembre 1846 RrS**

Source 1 : - Perrey (1845-1846)

Source 2 : -

Catalogue : Chesneau (1892), Rothé (1950), El Mrabet (2001)

Un tremblement de terre a été ressenti à Alger dans la nuit du 2 au 3 novembre, il fut suivi par des secousses les nuits du 3 au 4 et le 22 à 9h 45min[117]. Les répliques durèrent 25 jours pendant lesquelles, des pluies torrentielles se sont abattues sur le littoral d'Alger et de sa province. Ces secousses ont été également ressenties à Cherchell et ont continué dans cette ville jusqu'au 8 décembre de la même année[118 et 119].
Entre 1841 et 1846 plusieurs secousses ont eu lieu à Alger, causant plus de panique que de dommages. Les secousses étaient différentes en intensité et en durée. Elles variaient entre

[111] Perrey (1845), op.cit p 322-323
[112] Chesneau (1892), op.cit p 14
[113] Rozetr et Carette (1850), op.cit p 182
[114] Moniteur (1867), op.cit 2, c3, c4
[115] Perrey (1845), p 319
[116] Rozet et Carette (1850), op.cit p 182
[117] Perrey 1845, op.cit p 322-323
[118] Chesneau 1892, op. cit p14
[119] Rothé (1950), op.cit, p 16

fortes et faibles. Durant ces quelques années où ont eu lieu ces tremblements de terre, il n'y eut aucun dommage.
Aucun dommage n'est signalé pour ce séisme.

(6) **18 juin 1847 (inc. 07 radjab 1263) RrS**
Source 1 : Akhbar (1847), Perrey (1848), Rozet et Carrete (1850),
Source 2 : Moniteur (1867), Al Nasiry (1897), Raynaud (1930)
Catalogue : Chesneau (1892), Ambraseys (1988), Mokrane (1994)

Le quotidien Akhbar de cette année a écrit ce qui suit [120] :
: « *Vendredi matin, à 5h 40 min environ, une forte secousse de tremblement de terre s'est faite sentir à Alger et a réveillé brusquement un grand nombre de personnes. L'oscillation a duré 4 ou 5 secondes. Plusieurs personnes qui se trouvaient debout à cette heure affirment même avoir éprouvé un peu plutôt une secousse beaucoup moins forte* ».

Rozet qui se trouvait à Alger évoqua cet incident par [121]: « *le dernier tremblement de terre arrivé, à ma connaissance, est celui qui eut lieu à Alger, vers cinq heures du matin, le 18 juin 1847. Il fut assez fort pour éveiller la partie de la population qui dormait encore. Dans la chambre que j'habitais, quelques petits fragments se détachèrent du plafond. Une lézarde qui existait dans le mur s'élargit sensiblement.* »

Le 18 juin 1847, vers 5h du matin un tremblement de terre assez fort, réveilla la population d'Alger encore endormie[122]. On ne déplora aucun dégât matériel. Aucun dommage n'a été enregistré[123]. Le tremblement de terre s'étendit encore comme en 1846, à toute la zone côtière de la province d'Alger[124].
A ce propos le quotidien Akhbar rajoute dans une autre édition ce qui suit [125]: « *Le tremblement de terre ressenti à Alger vendredi dernier, 18 juin, l'a été aussi dans les environs de notre ville. A Douéra on a éprouvé vers 5h 40 min du matin, une très forte secousse qui a duré environ 7 secondes, et qu'il s'est manifesté par des trépidations et des oscillations horizontales du terrain. Quelques maisons ont été lézardées. Blida a ressenti la*

[120] Akhbar 1847, n° 899, p 3, c a2
[121] Rozet et Carette (1850), op.cit p 183
[122] Carrete 1850, op.cit p 92
[123] Moniteur 1867, op.cit n° 7, 2, c3, c4
[124] Chesneau 1892, op.cit idem
[125] Akhbar 1847, n° 900, 2, c3

même commotion. A Koléa les maisons ont été violemment secouées et des morceaux de maçonnerie se sont détachés. A Cherchell la secousse a été ressentie violemment. »
Ce tremblement de terre toucha la région ouest d'Alger causant des dégâts mineurs à Douéra et Koléa et sans causer de sérieux dommages à Alger.

Tandis que Al Nasiry [126]dit ce qui suit en évoquant le séisme de 1847 tout en le datant en 1848 :

حدثت زلزلة بقرية من قرى تلمسان تسمى البليدة فجعلت عليها سافلها و هلك أهلها و الأمر لالله كيف شاء فعل

(7) **9 février 1850 (27 Rabi' al-āūal 1266) RdS**

Source 1 : Akhbar (1850), Perrey (1853)

Source 2 : -

Catalogue : Rothé (1950), Ambraseys et Vogt (1988), Mokrane (1994), El Mrabet (2001)

La presse de l'époque en l'occurrence le quotidien Akhbar annonça par un billet très succinct le tremblement de terre du 9 février 1850 [127] : « *Samedi dernier, dans la nuit, une secousse très forte a été ressentie à Alger ; et elle a occasionné des dommages dans quelques maisons* ».
Les informations concernant les dommages sont très succinctes, il est fort probable que ce soit des maisons dont l'état de vétusté était important ou alors les dommages se résument en des lézardes sur les murs.
L'intensité suggérée pour ce séisme est une intensité faible car les dommages sont négligeables (fissures).

(8) **16 octobre 1852 (inc. 04 Mūharram 1264) rS**

Source 1 : Akhbar (1852), Perrey (1853)

Source 2 : -

Catalogue : Ambraseys et Vogt (1988)

Le journal Akhbar du 17 et du 24 Octobre 1852[128, 129] rapporte ce qui suit : « *Aujourd'hui, samedi 16 octobre, à 5h 20 min du matin, a eu lieu un tremblement de terre plus*

[126] Al Nasiry Ahmed Khaled (1315/1897). *Al Istiqsā' li akhbāri dūwal al maghrib al aq'sā*. 2ème Ed 1956 Dar al Kitāb. Casablanca. V 9, p 32.
[127] Akhbar (1850), n° 1308, 1, c4
[128] Akhbar (1852), n° 1717, 1, c4
[129] Akhbar (1852) n° 1720, 2, c3

remarquable par sa durée que par son intensité. On a compté douze mouvements oscillatoires sur la direction desquels des avis sont partagés ; selon nous elles auraient eu lieu de l'est à l'ouest et selon d'autres, du sud au nord-ouest. Nous n'avons pas appri, que cette secousse ait causé aucun accident sérieux dans la ville ».
« La secousse qui a été ressentie à la Bouzaréah a été beaucoup plus forte qu'à Alger et a été double ».

On a ressenti à Alger de faibles oscillations dans le sol qui ont augmenté dans la force jusqu'à faire grincer les toits. Le 18 octobre une forte réplique se fit ressentir encore[130].
Encore une fois ce tremblement de terre n'engendra aucun dommage. Il est donc de faible.

(9) **23 novembre 1854 (24 safar 1270) rs**
Source 1 : Akhbar (1854)
Source 2 :
Catalogue :

Les éditions d'Akhbar en date du 27 [131] et 29 [132] novembre et 1er décembre [133] rapportent respectivement ce qui suit concernant le tremblement de terre de 1854 :
« Mercredi 23 novembre, à 7h du matin, une secousse de tremblement de terre s'est faite sentir à Alger. Elle a été fort légère, et nous avions omis d'en parler. Mais le même jour, à la même heure, elle s'est fait sentir à Boghar avec plus de force..... ».
« Le tremblement de terre à Alger le 23 novembre a été suivi de deux secousses le soir même et le lendemain matin. »
« La secousse de tremblement de terre qui a eu lieu à Alger et Boghar s'est faite sentir à Médéah, Miliana et Orléansville. »
Ce tremblement de terre s'est produit en dehors de la région algéroise. Néanmoins ses secousses ont été ressenties, de faible intensité, elles n'ont engendré aucun dommage à Alger. Ce séisme n'a pas inquiété puisqu'il n'a pas été annoncé par la presse le jour même.

[130] Perrey (1853), n° 20, p 42

[131] Akhbar (1854), n° 1887, 1, c4
[132] Akhbar (1854), n° 1888, 2, c4
[133] Akhbar (1854), n°1889, 2, c3

(10) **9 mars 1858 (30 radjab 1274) s**

Source 1 : Akhbar (1858)

Source 2 : -

Catalogue : -

Le quotidien Akhbar de ce jour écrivit [134] :

« La secousse de tremblement de terre qui vient de se faire sentir à Alger, parait avoir été beaucoup plus forte dans les autres villes de la province. »

Situé dans la province algéroise ce séisme affecta toute la région située entre Al-Attaf et Ain Defla. Il n'affecta en rien Alger. Il est donc considéré de faible intensité.

(11) **24 juin 1859 (23 Ḍū al-Qi'da 1275) FRS**

Source 1 : Akhbar (1859)

Source 2 : -

Catalogue : -

L'édition du jour d'Akhbar décrit le tremblement de terre par ce qui suit [135] :

« Aujourd'hui à midi 35 min, un tremblement de terre assez fort a été ressenti à Alger. Il s'est composé de deux séries de secousses séparées par un très faible intervalle. La deuxième a été plus forte. Le mouvement oscillatoire a eu lieu de l'est à l'ouest ».

Aucune information relative aux conséquences de cette secousse n'est donnée, il est à conclure qu'il n'y a eu aucun dommage. Ce tremblement de terre a été seulement ressenti. Il est donc de faible intensité.

(12) **3 janvier 1867 (26 Sha'bāne ...) RrgdFS**

Source 1 : Moniteur (1867), Akhbar (1867), Burzet (1869), Perrey (1870)

Source 2 : Seguin (1878), Trumelet (1887), Franc (1928)

Catalogue : Chesneau (1892), Rothe (1950), Ambraseys et Vogt (1988), El Mrabet (2001)

Le tremblement de terre de 1867, affecta Blida et sa région[136,137 et138], cependant les

[134] Akhbar (1858), n° 2380, 2, c1
[135] Akhbar (1859), n° 2841, 2, c3

[136] Trumelet (1887), op.cit, p
[137] Chesneau (1892), op.cit, p 18-19

secousses ont été ressenties jusqu'à Alger. Les différents quotidiens ont décrit de manière détaillée cet événement.

Les éditions du Moniteur en date du 3 au 9 janvier ont décrit ce tremblement de terre par ce qui suit [139] :

« Ce matin à 7heures 13 min, un violent tremblement de terre a été ressenti à Alger et sur plusieurs points de l'Algérie. L'oscillation a été de N-O au S-E.

Le phénomène a d'abord commencé par un roulement sourd, dont la durée a été de 1 seconde 7dixièmes ; puis, pendant l'espace d'environ 8 secondes, on a ressenti une série de secousses saccadées. Les fenêtres et les portes étaient secouées comme par une violente tempête et les murs tremblaient. L'oscillation a été si violente que la plus grande partie des pendules et des horloges se sont arrêtés.

De nouvelles secousses ont été ressenties à 9h 25 m et à 9 h 36m.

Un grand nombre d'habitants sous le coup de l'impression produite par la première secousse, ont été saisis d'épouvante après cette dernière secousse et ont quitté leurs domiciles. Mais heureusement le phénomène ne s'est pas renouvelé. Et tout le monde en a été quitte pour la peur.

A Alger, on n'a eu aucun accident à déplorer, les pertes matérielles sont insignifiantes ; elles se bornent à la chute de deux plafonds rue Zamma et à quelques lézardes dans plusieurs maisons de la haute ville.

Le gouvernement Général en l'absence de détails circonstanciés, fait connaître au public le résumé des dépêches télégraphiques reçues dans la journée. »

Le Moniteur du 5 janvier annonça l'évènement par [140] :

« Une nouvelle secousse a été ressentie à Alger, ce matin vers 4h …. Mais de nouvelles lézardes dans plusieurs maisons et plusieurs éboulements de terre et de crépissage attestent la réalité de cette commotion souterraine. »

Les éditions d'Akhbar en dates du 3 janvier écrivent ce qui suit [141] :

« ce matin à 7h 15 min, la population d'Alger a été brusquement mise en émoi par une violente secousse de tremblement de terre qui n'a pas duré moins de 17 secondes. Les oscillations paraissaient avoir lieu du N-O au S-E. La frayeur a été terrible….à 9h 30 min une nouvelle secousse cependant peu sensible est venue ranimer les craintes. Une minute après environ, une troisième secousse, presque aussi forte que la 1ère a mis le comble à la frayeur. Autant les oscillations de la 1ère avaient été régulières, autant celles de la dernière ont été

[138] Franc (1928), op.cit, p 540
[139] Moniteur (1867), n° 2, 2, c a1, a2, a3
[140] Moniteur (1867), n° 4, 2, c a3
[141] Akhbar (1867), n°4380, 2, c3

brusques et saccadées. Pendant près de trois secondes, ce fut un bruit effrayant ; toutes les maisons furent abandonnées. On se demande cependant comment les édifices aussi bien construits qu'ils soient ont résisté à un ébranlement aussi radical. Certes, pour Alger, du moins, ces pertes sont insignifiantes, mais il n'en n'est pas de moins pour les autres localités. Le mouvement s'est fait ressentir dans la province d'Alger seulement.
Les dépêches télégraphiques annonçaient que la plupart des villes et des villages situés sur la ligne de l'Atlas de l'autre côté de la Mitidja ont été complètement détruites. Voici le résumé des dépêches télégraphiques qui nous ont été communiquées par le Gouvernement Général».

A Alger la secousse dura 30 secondes et causa une grande panique. On ne recensa presque pas de dommages au niveau de la médina. Un pan de mur de la mosquée située sur la place du gouvernement s'écroula et quelques maisons situées dans la haute Casbah furent lézardées[142]. Les autres dommages ont été signalés dans la ville coloniale, on dénombre le clocheton de l'horloge de l'Hôtel du trésor qui fut très endommagé et son cadran jeté hors du châssis ainsi que quelques maisons lézardées. En somme Alger n'éprouva que le contrecoup du phénomène dont le point de départ avait été dans les montagnes de l'Atlas[143]. C'est Blida et sa région qui ont été le plus affectées[144] . Les dommages ont été considérables à Mouzailla, El-Affroun et la Chiffa[145 et 146]. A Blida quelques maisons se sont lézardées et d'autres se sont écroulées[147].
Ce séisme a plus affecté la région sud-ouest d'Alger (Mouzailla, El Affroun). Son intensité dans cette région atteint le degré de destruction importantes I=XI, tandis qu'à Alger cette dernière s'atténue et atteint un degré de dégâts légers.

(13) **17 Octobre 1875 rs**
Source 1 : Moniteur (1875)
Source 2 :
Catalogue :

Le moniteur du 18 octobre annonça cet événement [148] :

[142] Chesneau (1892), op cit, p 18
[143] Chesneau (1892), 14-15
[144] Rapport du GGA (1867)
[145] Rapport du GGA (1867) idem
[146] Rothé (1950), op.cit, p 19
[147] Chesneau (1892), op cit, p 19
[148] Moniteur (1875), n° 245, 3, c2

« Hier soir, vers 10h 3/4, une secousse de tremblement de terre assez sensible a été ressentie à Alger. Le mouvement a eu lieu dans la direction du N-NE au S-SO d'après le séismographe de l'arsenal de l'artillerie d'Alger. »

C'est un faible tremblement de terre qui apparemment n'a affecté aucun édifice dans la médina d'Alger. Son intensité par conséquent est très faible.

(14) **24 Mars 1876 rs**

Source 1 : Akhbar (1876), Moniteur (1876)

Source 2 :

Catalogue :

Le moniteur en date du 24 mars écrit ce qui suit[149] :

« On a ressenti ce matin à Alger à 6 h 34 min une légère secousse de tremblement de terre qui a duré 3 secondes. La secousse a été plus forte à l'Oued Djer, El-Affroun, Mouzaiaville,

elle a été ressenti également sur la ligne de chemin de fer alors que le train était en marche. A El-Affroun, il y a eu des maisons lézardées. A 7h 2min, une seconde secousse a été ressentie, mais elle était moins forte. »

La secousse ressentie à Alger était très faible. Le tremblement de terre a touché plus fortement la région de Blida sans causer de dégâts. Etant donné que cette secousse fut faible les dommages sont donc sans importance[150].

Et l'intensité considérée est faible.

(15) **7 Janvier 1888 RdSs**

Source 1 : Akhbar (1888)

Source 2 :

Catalogue : Chesneau (1892)

Akhbar annonce le 8 janvier un tremblement de terre qui a secoué Alger par le paragraphe suivant[151] :

[149] Moniteur (1876), n° 71, 3, c2
[150] Akhbar (1876), n° 6263, 3, c1).
[151] Akhbar (1888), n° 9776, 3, c1

« Hier soir vers 11h 30min une légère secousse de tremblement de terre s'est faite sentir à Alger. L'oscillation qui a duré 10 secondes allait du N-O au S-E ».

Le jour suivant en date du 9 janvier, le quotidien Akhbar écrivit ceci [152] :

« De fortes secousses de tremblement de terre se sont faites sentir la nuit dernière vers 11h 35 dans toute la région jusqu'à Médéa. On signala des dégâts matériels à Mouzaiaville. A El-Affroun les dégâts sont plus considérables….. ».

C'est en dehors de la ville d'Alger que les commotions du tremblement de terre ont eu lieu. Les dommages ont été localisés dans la région de Blida. Et Alger ne souffrit pas de ces secousses sismiques.

Ce séisme n'a pas induit une forte intensité sur Alger bien que les dommages aient été localisés dans la région sud-ouest de la ville.

(16) **21 Juillet 1895 (inc. 28 Mūharram 1313) rs**

Source 1 : Akhbar (1895), Moniteur (1895)

Source 2 : -

Catalogue :-

Akhbar du 22 Juillet rapporta ce qui suit [153] :

« De légères secousses ont été ressenties avant-hier dans la soirée vers 11h. Ce trouble sismique n'a duré que 3 secondes environ et était dirigé du sud-ouest au nord-est. »

Le Moniteur en date du 20 juillet écrit à ce sujet [154] :

« Hier soir, à onze heures dix minutes, un tremblement de terre, qui a duré environ 3/4 de secondes a ébranlé Alger dans la direction N-NE. »

Aucune information relative aux dommages n'est citée, ces secousses légères furent seulement ressenties. Son intensité est donc faible.

[152] Akhbar (1888), n° 9767, 1, c a2
[153] Akhbar (1895), n° 12 437, 3, c2
[154] Moniteur (1895), n° 194, 1, c a6

3.5 Analyse des différents séismes d'Alger :

L'analyse statistique des différents tremblements de terre qui ont affecté Alger sur les trois périodes étudiées nous donne les résultats suivants :

Périodes	Total	Destructeur	Dommages sur bâti bon état	Dommages sur bâti vétuste	Aucun dommage
Zianide	04	02	02	-	-
Ottomane	20	02	04	04	09
Coloniale	16	0	04	1	11

Tab 1.3.1- Nombre de séismes historiques à Alger

Durant la période arabo-berbère, *Djazaïr Banī Māzghenna* a été le théâtre de quatre tremblements de terre importants dont deux destructeurs (1359 et 1365) et deux provoquant des dommages sur le bâti (1353 et 1364) (fig 1.3.2).

Pendant la période ottomane, la médina d'*Al Djazaïr* a été secouée par 20 séismes. Elle fut détruite et sérieusement endommagée par deux grands tremblements de terre (1673 et 1716), elle fut fortement endommagée par deux autres encore (1724 et 1755), puis partiellement endommagée par deux autres séismes au début du XIXème siècle (1802 et 1807). Le reste des tremblements de terre n'a occasionné aucun dégât sérieux. Les dommages ont été localisés sur ce qui était déjà vétuste et prêt à s'effondrer (fig 13.3).

Durant le XIXème siècle et pour la période pré instrumentale de la période coloniale, la médina d'Alger subit 16 tremblements de terre dont quatre ont causé des dommages modérés sur quelques bâtisses ce qui rend les résultats du recensement négligeables (1842, 1850, 1852 et 1867), et un autre qui a détruit ce qui menaçait ruine. Les autres tremblements de terre sont insignifiants car ils n'ont été que ressentis et n'ont par conséquent induit aucun dégât matériel (fig 1.3.4).

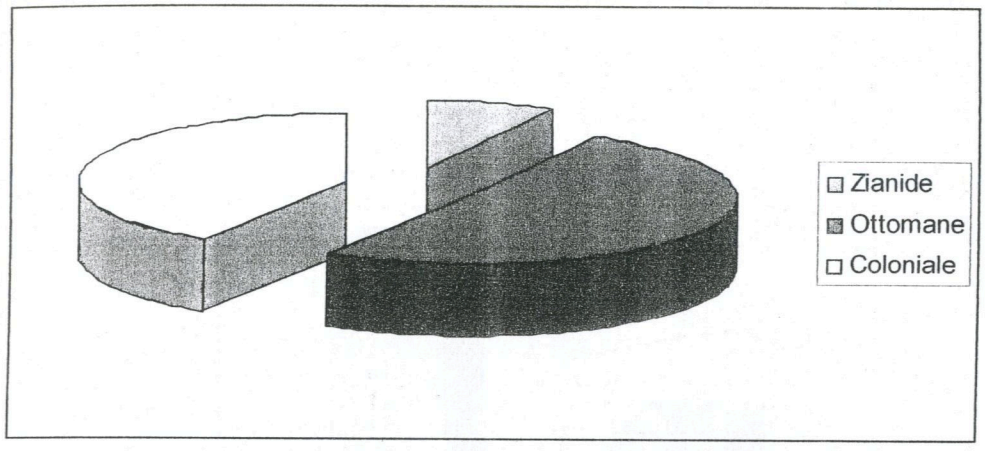


Fig 1.3.1- Proportion des séismes durant les grandes périodes historiques

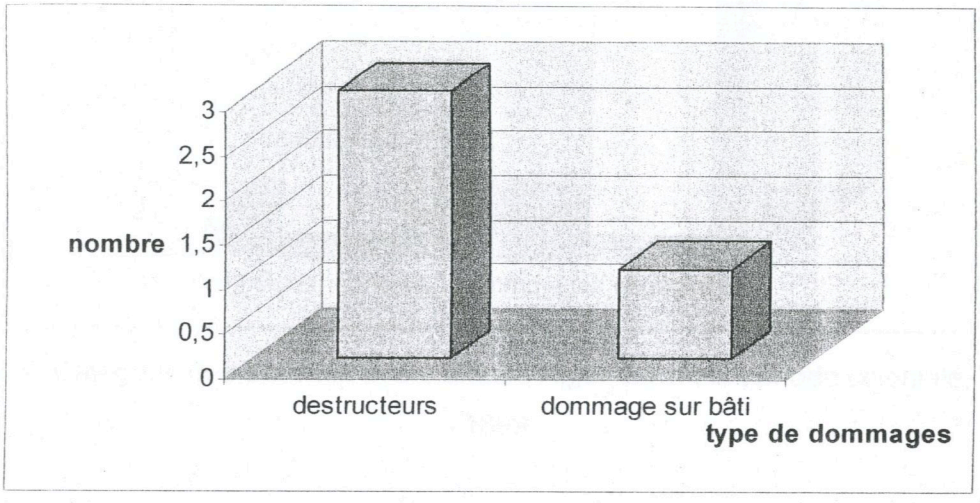


Fig 1.3.2- Catégorie des séismes ayant affecté Alger durant la période médiévale

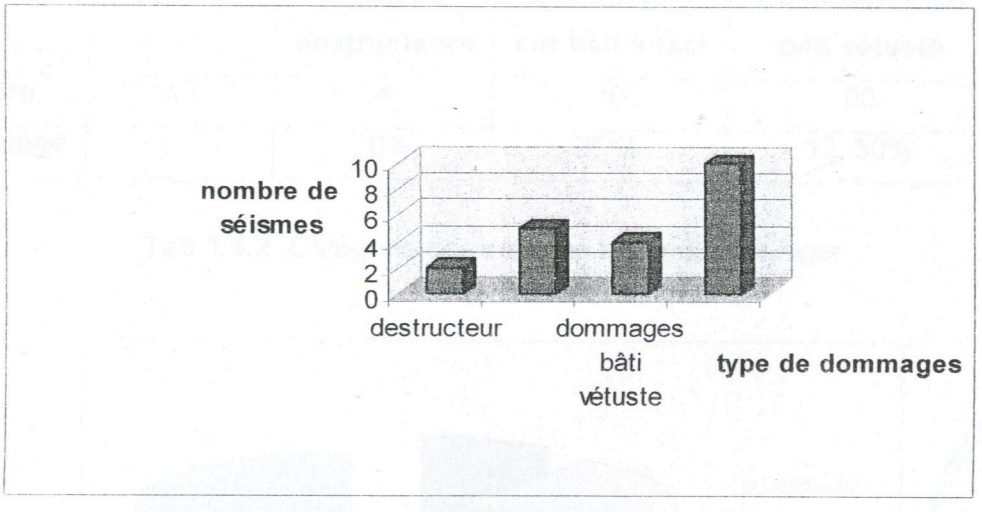


Fig 1.3.3- Catégorie des séismes ayant affecté Alger durant la période Ottomane

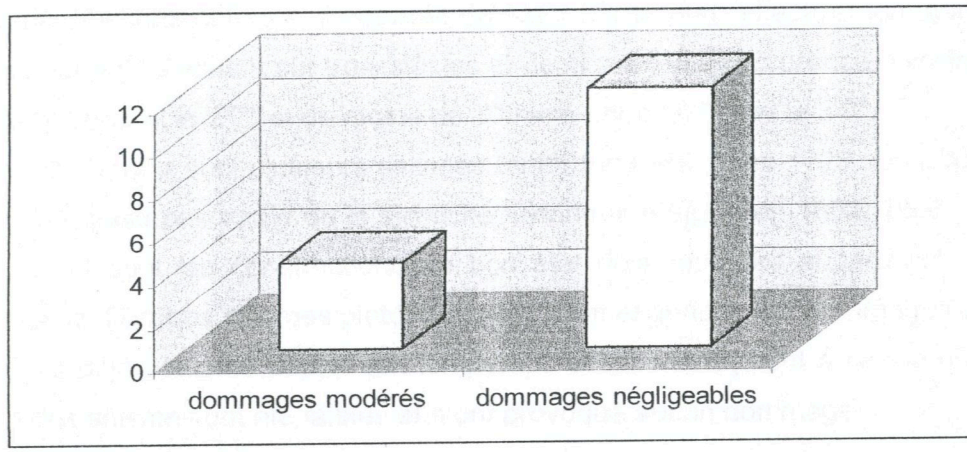


Fig 1.3.4- Catégorie des séismes ayant affecté Alger durant la période coloniale, jusqu'à 1899

En considérant par catégorie les tremblements de terre (destructeur, modéré, faible), les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

catégories	Total	Séismes destructeurs	Dommages sur bâti intact	Dommages sur bâti vétuste	Aucun dommage
Nombre	40	4	10	05	21
pourcentage		10%	25 %	12. 50%	52.50%

Tab 1.3.2- Catégorie des séismes historiques à Alger

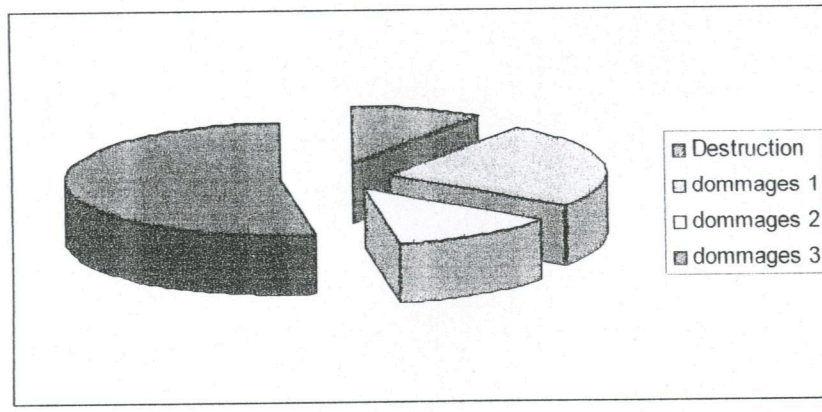




Fig 1.3.5- Proportions de séismes destructeurs durant les trois périodes confondues.

Dommage 1 : dommages sur bâti en bon état ;

Dommage 2 : dommages sur bâti vétuste ;

Dommage 3 : aucun dommage

A l'issue des résultats obtenus, il apparaît qu'Alger n'a souffert effectivement que de quatre séismes importants s'étalant sur trois siècles et demi avec une réccurence d'environ 300 ans entre le 1er séisme et le 2ème et de moins de 100 ans entre le 2ème et le 3ème.

Depuis 1716, Alger a subi plusieurs séismes tantôt forts tels qu'en 1723, en 1755 (bien que ce séisme ne fasse pas partie de la sismicité historique d'Alger) en 1802, 1807, 1842, 1850 et 1867 où ce sont les constructions en bon état déjà réparées auparavant qui ont été endommagées. D'autres séismes plutôt modérés n'ont engendré des dommages que sur les constructions déjà vétustes depuis fort longtemps et qui menaçaient à ce moment-là ruine. La plupart des séismes ont été faibles et n'ont provoqué aucun dommage.

Liste des séismes historiques
Ayant affecté la médina d'Alger
Entre le XVème au XIXème siècle.
(1353-1895)

Date AD Hegire	heure	I EMS	Effets	Catégories	Sources
1353		?	De grands dégâts en Barbarie		Bonito 1691
04/03/1359 766		?	Alger détruite		Al Djillali 1995
23/11/1364 766	-	?	Aucune information		Ms copiste de Y. Ibn Khaldūn. Bargès 1877
4/01/1365 10/04/766	19h	IX	Alger détruite et raz de marée		Ms copiste de Y. Ibn Khaldūn, Bargès 1877, Devoulx 1866, Delphin 1922
1541		-	Aucun dommage		Tassy 1830
23/12/1585 01/01/994		-	Aucun dommage		Delphin 1922
1601 1009		-	Aucun dommage		Ms Al Tilimsānī Traduit par Rousseau
19/07/1632 1042		-	Remparts d'Alger fissurés		Delphin 1922
1639		-	Aucun dommage		Ms Al Tilimsānī Traduit par Rousseau
1665		-	Eclipse solaire		Saidouni
10/03/1673		IX	Alger détruite		Comelin 1720, Mendosa 1758
27/01/1715		-	Aucun dommage		Perrey 1845-46
03/02/1716 09/02/1128	9H 45	IX	Alger très endommagée maisons détruites ou renversées, grande mosquée		Ms arabe anonyme, archives

			lézardée, maisons du fahs renversées		ottomanes 1716, courrier consulaire 1716, courier de la Marine 1716, Gazette de France 1716, Comelin 1720, Devoulx 1866, Bargès 1877, Shaw 1830
29/11/1722		-	Un certain nombre de maisons endommagées ou renversées, les cours d'eau taris		Courrier consulaire 1722, Shaw 1830
1724		-	Aucun dommage recensé		Shaw 1830
24/05/1735 1148		-	Aucun dommage		Delphin 1922, Shaw 1830
01/11/1755		-	Aucune maison ne résista, des dommages		Al Zehhar retranscrit par Al Madani 1974
17/03/1756		-	Destrution des maisons vétustes en haut de la Casbah, sources souterraines et aqueducs taris		De Grammont
06/1760 10/1173		-	Aucun dommage		Feraud, Trumelet
20/06/1770 24/02/1184		-	Aucun dommage		23, 24
08/11/1802 11/07/1217		-	Les maisons d'Alger menaçant ruines se sont renversées et beaucoup d'autres se sont endommagées, fissures dans la plupart des maisons		Madani 1974, Journal des débats 1802
13/11/1807		-	Maisons du Fahs renversées, à l'intérieur d'Alger, les vieilles maisons se sont renversées et beaucoup de nouvelles maisons sont endommagées		Moniteur 1808

			entre autres les résidences consulaires britanniques et françaises		
03/12/1810		VI	Aucun dommage		Chesneau
02/03/1825 ../08/1241		-	Pans des murs de la citadelle renversés, trois vieilles maisons détruites		Al Tilimsani, Al Zehhar
06/04/1833		-	Aucun dommage		Perrey
14/04/1839		-	Les quelques maisons menaçant ruines se sont renversées		Carette
1841		-	Aucun dommage		Perrey 1845-46
1842		-	Dommages dans quelques maisons		Perrey 1845-46
03/11/1846		-	Aucun dommage		Perrey 1845-46
18/06/1847 07/07/1263		-	Très peu de dommages, inconsidérables		Perrey 1845-46, Akhbar 1847
09/02/1850 27/03/1266		-	Quelques maisons endommagées		Perrey 1845-46, Akhbar 1850
16/10/1852 04/01/1269		-	Aucun dommage		Perrey 1845-46, Akhbar 1852
23/11/1854 09/08/1270		-	Aucun dommage		Akhbar 1854
08/03/1858 30/07/1274		-	Aucun dommage		Akhbar 1858
24/06/1859 23/11/1275		-	Aucun dommage		Akhbar 1859
02/01/1867 26/08/		-	Lézardes dans quelques maisons de la haute Casbah suites aux répliques, des fissures dans plusieurs		Perrey 1845-46, Moniteur 1867, Akhbar 1867, Burzet

			maisons et éboulement de terrain		
17/10/1875		-	Aucun dommage		Moniteur 1875
24/03/1876		-	Aucun dommage		Moniteur 1876, Akhbar 1876
07/01/1888		-	Aucun dommage		Akhbar 1888,Chesneau
21/06/1895 28/01/1313		-	Aucun dommage		Akhbar 1895, Moniteur 1895

Tab 1.3.3- Liste des séismes ayant affectés Alger.

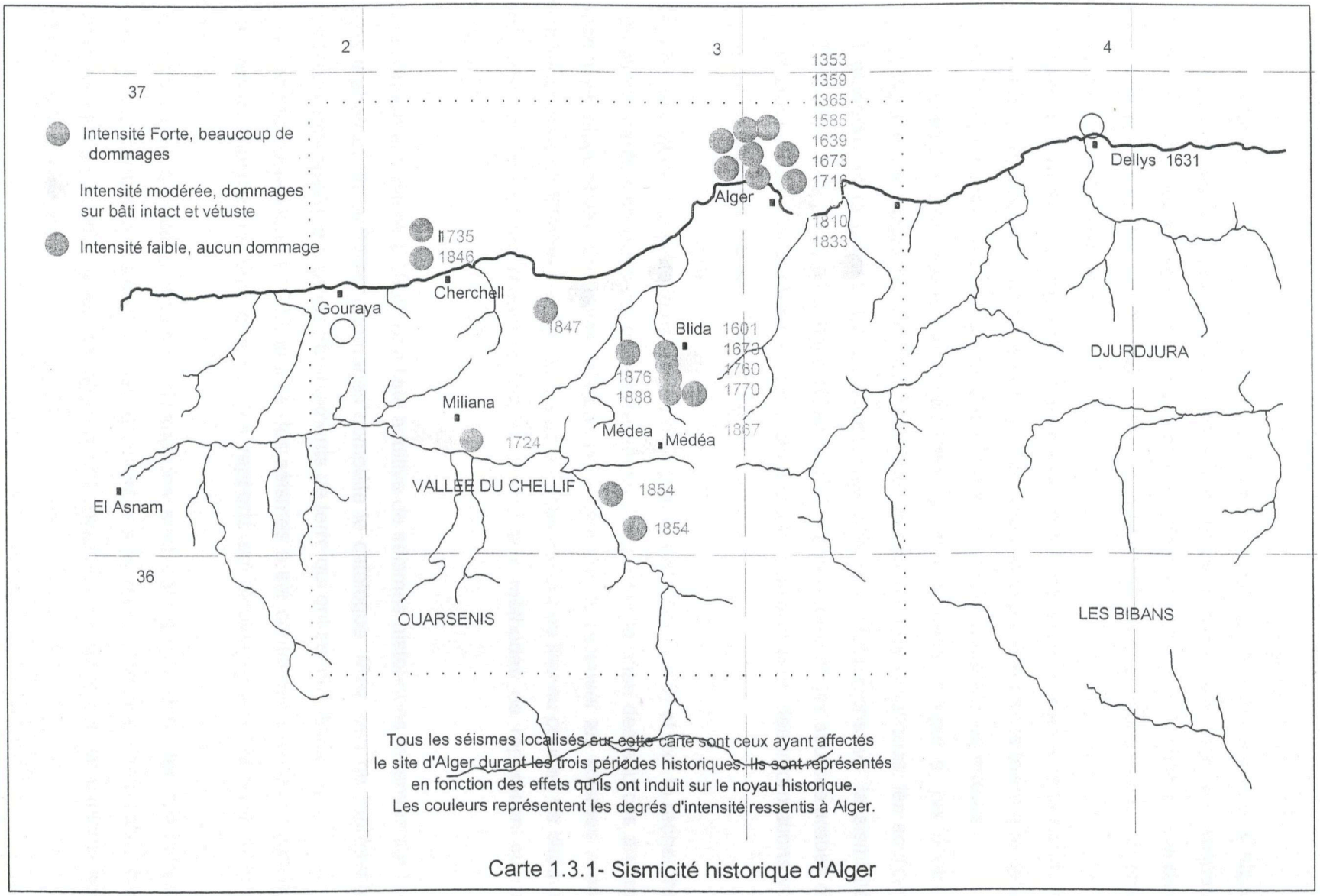


Destruction, beaucoup de dommages

Dommages sur constructions en bon état

Dommages sur bâti vétuste

Aucun dommage



Tous les séismes localisés sur cette carte sont ceux ayant affectés le site d'Alger durant les trois périodes historiques. Ils sont représentés en fonction des effets qu'ils ont induit sur le noyau historique. Les couleurs représentent les degrés d'intensité ressentis à Alger.

Carte 1.3.1- Sismicité historique d'Alger

3.6 Conclusion :

Les sources rapportant les premiers événements sismiques ayant survenu à Alger sont très rares et limitées. Les premiers catalogues macrosismiques de base sur lesquels s'est fondée cette étude sont ceux de Perrey (1848) et Chesneau (1892) couvrant respectivement les périodes avant 1840 et 1888. D'autres études et catalogues plus récents ont également servi comme ceux de :

- Rothé (1950) dont le travail est considéré comme le départ des études de la sismicité de l'Algérie, malheureusement il dérive des compilations précédentes telles que celle de Perrey, n'apporte aucune nouvelle information et contient quelques erreurs.
- Le catalogue d'Ambraseys et Vogt (1988) pour la province d'Alger a, par contre, puisé dans de nouvelles sources telles que : les sources diplomatiques, les sources historiques et la presse. Ce travail est très riche en informations sur la sismicité historique de la province d'Alger. Néanmoins il n'a pas consulté les sources arabes et ottomanes, ni celles du Vatican qui probablement contiendraient des informations vu qu'un certain nombre de religieux ont vécu à Alger.

Cette présente étude complète le catalogue d'Ambraseys et Vogt (1988) et axe la recherche sur les événements sismiques qui ont été ressentis à Alger sur la base des sources arabes et ottomanes disponibles. Ce travail n'a pas pour seul but de recenser les séismes ayant affecté Alger mais plutôt d'en inventorier les dommages qui ont eu lieu au courant de chaque séisme afin de trouver les réponses locales quand aux méthodes de réparation ou de reconstruction.

Pour la période antérieure à 1830, une liste additive de séismes historiques recensés sur les sources arabes et les archives ottomanes complète le catalogue. Mais ceci ne représente pas de façon systématique tous les tremblements de terre qui ont secoué Alger.
Pour la période postérieure à 1830, la liste des séismes a été complétée par ceux évoqués par la presse quotidienne ainsi que par les rapports du Gouvernement Général d'Alger (GGA).
Il est certain que beaucoup d'autres informations sont consignées dans les manuscrits arabes perdus, détruits ou faisant partie de collections privées, ainsi que dans celles des archives du Vatican car beaucoup de religieux ont séjourné en Algérie soit en captivité soit en effectuant leur exercice.

Il n'existe à ce jour aucun bilan sur les dommages subis lors des tremblements de terre historiques qui ont affecté Alger. Il n'est nulle part des statistiques ou des registres sur lesquels ont été consignés les dégâts et les pertes de vies humaines engendrés par ce fléau naturel. Un travail de dépouillement systématique, à large échelle, des archives ottomanes et celles des registres du *wakf (hūbūs)* pourrait aider efficacement à retracer de façon plus précise les effets des tremblements de terre et la réponse des autorités et de la population par la suite. La tâche n'est pas aussi aisée que cela, le nombre de document à examiner est considérable, entre les archives Ottomanes d'Alger, d'Aix-en-Provence et d'Istanbul, les archives des pays qui avaient des relations diplomatiques avec l'Algérie (Angleterre, France, Hollande, Italie, Espagne et autres....) ainsi que les archives du Vatican, c'est un important travail qui devrait être réalisé afin de compléter ce catalogue des plus importants séismes d'Alger en terme de dommages. Ceci aiderait à l'élaboration des scénarios urbains sismiques ou plus précisément des cartes macrosismiques des plus importants séismes et qui offriront une meilleure vision des futurs séismes probables qui affecteront le centre historique d'Alger.

Les rapports établis par les voyageurs, missionnaires et consuls d'Europe qui ont séjourné à Alger sont des sources qui ont retracé quelques détails sur les dommages enregistrés lors de certains tremblements de terre.

Les registres des *habūs* ont également noté quelques dommages sur les constructions placées sous séquestre et dont l'entretien revient à l'institution. Mais les *habūs* suffisent-ils pour définir le nombre exact des maisons endommagées (intra et extra muros). D'après Peyssonnel (date) et Aumérat (1897) l'institution comptait en 1830 la moitié de la propriété à Alger. Mais le recensement établi n'est pas exhaustif car les maisons sous séquestre ne représentent pas la totalité des constructions d'Alger. Il faut souligner que cela s'est fait pour un seul tremblement de terre, celui de 1716. Comme précisé précédemment, le nombre de registres à consulter est très important et leur consultation nécessite beaucoup de temps. Bien sûr, les manuscrits arabes ont évoqué ce fléau, parfois même ses ravages, mais non tant pour établir une situation post sismique que pour en informer sur son impact.

Il n'en demeure pas moins qu'Alger a réellement souffert de quatre tremblements de terre depuis sa fondation par *Būlūghīn* au Xème siècle. En 1359 elle fut sérieusement endommagée et en 1365 elle fut renversée et en partie inondée. Peut être que ses constructions étaient mal façonnées ou alors les matériaux utilisés ne répondaient pas aux sollicitations sismiques et étaient vulnérables, c'est pour cela que les dommages étaient importants. En 1673 après

sa conquête par les ottomans, où elle fut aussi sérieusement endommagée et plus tard en 1716 où les conséquences du séisme ont été très importantes en terme de dommages. Depuis, les différents séismes qui ont affecté son sol n'ont provoqué que peu ou pas du tout de dommages. Suite à la lecture des différentes sources il est rapporté que les constructions ont été rebâties de façon à résister aux séismes futurs, et qu'il y a eu beaucoup de réparations et d'étayement pour consolider les bâtiments non endommagés. De nouvelles techniques de construction et de renforcement ont émergé suite au grand tremblement de terre de 1716 (partie 2, chap 3).

Chapitre 4
Le séisme du 3 février 1716

4.1 Introduction :

Le séisme de 1716 est considéré comme le plus important des tremblements de terre qui ont affecté le sol d'Alger. En effet plusieurs catalogues en ont établi son avènement et décrits partiellement ses effets. Il fait partie de la catégorie des grands tremblements de terre appelés par les algérois *Al- Zilzala Al- Kabīra.* En révisant l'histoire de cet événement sismique, il est possible d'identifier les zones dans lesquelles ses effets ont été principalement ressentis. Les sources européennes ont offert une interprétation partielle de ce séisme. La recherche systématique développée dans ce chapitre a impliqué une analyse non seulement de ces sources, mais également et en particulier d'un grand nombre de documents jamais précédemment utilisés qui sont les archives ottomanes et des manuscrits arabes. Par conséquent, il a été possible de dresser non seulement la liste des pathologies destructives mais également d'établir ses effets sur le cadre bâti.
Etudier ce séisme signifie également aller au-delà de ces analyses fragmentaires pour établir le scénario complet des effets, pas simplement en traitant les informations déjà connues, mais en effectuant une exploration tout à fait nouvelle. Du point de vue méthodologique, cette recherche a indiqué clairement que la connaissance de grands tremblements de terre historiques en Algérie dépend d'une recherche spécialisée multidisciplinaire pour la confection d'un catalogue national homogène.

4.2 Recherche historique :

L'étude d'Ambraseys et Vogt (1988) sur la sismicité de la région algéroise a amélioré la connaissance de ce tremblement de terre grâce au nombre de sources de base prises en considération. Mais vu que les auteurs n'ont pas consulté toutes les sources disponibles, à savoir les archives espagnoles, portugaises, arabes et en particulier turques, la nécessité d'approfondir l'étude et de rassembler de nouvelles informations s'est imposée. En effet, les résultats obtenus sur ce séisme ont donné la possibilité de fournir une image aussi complète que possible de ce grand tremblement de terre à Alger.

Alger durant le grand tremblement de terre de 1716 était sous la régence ottomane et était nommée *Al Djazāir* . La gestion d'une grande partie des biens immobiliers de la ville était gérée par l'institution du *waqf ou habūs*[1] ainsi que par l'institution du *Beyt al-māl et Beyt al-Beylik.* Les donations des biens sous séquestre récoltées par l'institution des *habūs* constituaient la seule source financière dont elle disposait pour les dépenses relatives à l'entretien des constructions[2] si aucune aide de l'état n'était programmée. *Beyt al-māl* est également une institution dont l'une de ses prérogatives était celle de l'entretien des biens immobiliers[3]. Les lieux de cultes ont été construits grâce à la mise en *habūs* de divers biens tels que les terres de labours, maisons, et autres. Cette pratique a continué semble-t-il même durant les événements catastrophiques telles que les calamités naturelles ou les attaques venues de l'extérieur. Il faut savoir aussi que les *habūs* veillaient également à la réparation des dégâts causés par l'usure du temps, les éléments naturels[4] ou encore les nombreux bombardement que la ville a subis.

- Les sources ottomanes :

Les archives de cette période sont donc celles de l'institution du *waqf* : de *Beyt al-māl* et *Beyt al-Beylik* qui sont préservées au niveau de l'institution des Archives Nationales d'Alger (ANA) ainsi qu'au Centre des Archives d'Outre-Mer à Aix en Provence (CAOM).

D'autres archives de la régence ottomane à Alger sont préservées en Turquie (Archives Nationales de Turquie).

Des archives du *Beyt al-Beylik* il en est ressorti l'état de toutes les altérations subis par les édifices publics, les listes des dépenses et les listes des matériaux utilisées à la réfection et à l'entretien.

Des archives du *Beyt al-māl* il en est ressorti la description des effets du tremblement de terre sur les maisons (endommagées, détruites), la localisation de ces dernières par des adresses ainsi que l'état des dépenses relatives aux réparations (coût des réparations).

[1] Voir Mercier (1895). Habous ou Ouakaf ses règles et sa juriprudence. Alger. Khiari (2002), Vivre et mourir en Alger pp 164-165 et Aumérat (1897), la propriété urbaine d'Alger, RA n°41, pp 321-330

[2] Temmimi (1980). Wathīqa 'an al-amlāk al-muhabassa bi ismi al-djāma' al-a'dham bi madinati Al-Djazāir. RHM n°5. Tunis. P 7-12.

[3] Saidouni. (1979). *Al-nidhām al-mālī li Al-Djazāir fi al-fatra al-'othmānia 1800-1830.* Chap : *Massādir al-anfāq.* Ed ENAL, Alger.

[4] Registre du beyt al mal sur les quels les frais de réparations, les listes des matériaux utilisés et les listes d'ouvriers ont été inscrites

- Les sources arabes :

Un nombre important de sources arabes algériennes (manuscrits) ont décrit les effets de cet événement. Il y a parmi ces manuscrits des auteurs anonymes et d'autres connus. Les plus importants de ceux qui ont été consultés sont écrits par :

Le fils du *Mūfti* d'Alger *Hūsseyn Ben R'djeb Shaūsh* écrit entre 1770-1771, dont Devoulx (1877), Bargès (1887) et Delphin (1922-25) ont fait usage et traduit. Dans ce travail il n'a pas été possible de consulter l'original, mais il s'est basé uniquement sur l'ensemble des traductions faites.

Mūhammed Ben Mūhammed Ben ' Abd-al-Rahmān Al-Tilimsānī écrit en 1780 « *Al-zahra al-nāira fimā djarā fi Al-Djazāir ḥīna aghārat 'alay'hā al-kuffarā* », traduit par Rousseau (1841).

Al Djazāir comptait également durant cette période des Consulats Diplomatiques de plusieurs pays d'Europe et une forte activité commerciale s'exerçait avec eux par le biais de la marine. Certaines Correspondances Consulaires ont été utilisées, parmi elles la correspondance française, particulièrement celle établie entre le Consul de France à Alger Mr Clairambault et le Conseil de la Marine.

Cet événement catastrophique a également été un sujet de presse. Il a été reporté sous forme de billet par le plus important journal de l'époque *La Gazette d'Amsterdam (Gazette de France).*

4.3 Le séisme du 03 février 1716 (inc. 09 safar 1128) :

Source 1 : Manuscrits arabes anonymes **Ms**; Archives ottomanes du *wakf* (1716) ; Gazette de France (1716) ; Courrier consulaire Français (1716), Courrier de la Marine (1716), Comelin (1720), Tassy (1725), Ibn Redjeb (1740-1741) **tnc**, Shaw (1808)
Source 2 : Peyssonel (1838), Rousseau (1841), Rozet et Carette (1850), Akhbar (1867), Berbrugger (1867), Moniteur de l'Algérie (1867), Burzet (1869), Bianchi (1877), Bargès (1887), De Grammont (1887 a et b), Trumelet (1887), Delphin (1922-1925), Raynaud (1930), Farah (1980), Raymond (1985), Saidouni (1988 et1995), Hachi (1992), Al Djillali (1995), Missoum (2002), Maghraoui (2003), Harbi (2005)
Catalogues : Perrey (1845-46), Chesneau (1892), Rothé (1950), Ambraseys et Vogt (1988), Mokrane et al (1994), El Mrabet (2001), Harbi (2005)

Les différentes informations récoltées sont transcrites telle qu'elles ont été trouvées, dans leur langue originale afin de mieux appréhender l'événement.

Les manuscrits arabes [5 et 6] (annexe A) décrivent ce tremblement de terre par :
...و تولى على باشا عام 1122 وقعت زلزلة .....و خرج.....من البلاد و تهدم الديار و لبساتين في عام 1128 ثمانية و العشرين و مئة و ألف.
« *....wa tawalla 'Ali Pācha āme 1122 waqa 'ate zalzala ..... wa kharadja.....min al-bilād wa tahaddama al-diyār wa al-bassātine fi ām 1128 thamānia wa-al-i 'shrīn wa mia'ta wa alf....* »
La traduction est :
Ali Pacha succéda en 1122, un tremblement de terre eut lieu ... est (sont) sortis..... de la ville. Les maisons et les jardins se sont détruits en mille cent vingt huit ».

علي شاوش كان بسنة 1122 الحمد لله الزلزلة الكبيرة عام 1128 .ا لمدينة في دولة علي
« *Āli Chāūch kāna bi sanati 1122 al hamdū li Allah al-zilzala al-kabīra ā 'me 1128 al-madīna fi dawlat 'Āli* »
La traduction est :
« Ali Pacha était en 1122, louanges à Dieu, le grand tremblement de terre en l'an 1128, la médina sous le gouvernorat d'Ali. »

[5] Manuscrits arabe anonyme sans titre et sans date, n° 1637 op.cit
[6] Manuscrits arabe n° 1639 op.cit, Chronologie de Pachas et Gouverneurs d'Alger de 915 à 1200, déposé chez le mufti hanafi d'Alger Sidi Mustapha Garbin,

Les archives ottomanes quant à elles décrivent brièvement les dommages dus au tremblement de terre. Celles relatives au fond du *beylik* évoquent les faits suivants:

دار الحاج حمزة ....بطل التعمير منها رجفة الزلزلة. [7]

"Dār al-Hādj Hamza…..b'tal al-ta'mīr minhā rejfati al-zilzala"

Maison du Hadj Hamza.....secousse sismique[8].

دار لمثقبة قرب جامع القديم.....سقطت لتهدم غرفة لتهدمها برجفة الزلزلة.[9]

"Dār al-m'thūqba qūrb djāma' al-qadīm..... saqatat li tahadūmi ghūrfa li tahadumiha bi rejfati al-zilzala"

Destruction de la maison *Al-M'thūqba*, située prés de *Djāma' al-qadīm* suite à la chute d'une chambre provoquée par la secousse sismique.

حانوت قرب القصبة ....لتهدم العلوي فوقها.[10]

"Ḥānūt qūrb al-qas'ba…..li tahadūmi al-'alūi fūqhā"

Un magasin prés de la Casbah..... pour la destruction de l'étage au dessus.

La Correspondance Consulaire de France[11] à Alger dont des extraits des courriers envoyés les 3 et 5 février et le 10 mars 1716 par le Consul de France à Alger Mr Clairambault au conseil de Marine décrit ce tremblement de terre par ce qui suit:

« *Commerce Levant de S. Clairambault, à Alger le 3e février 1716*

……un accidem terrible qui nous viens d'arriver le 3e de ce mois juste neuf heures moins quatre un furieux tremblement de terre a passé renverser toute la ville en force qu'il n'y a pas une maison qu'on puisse habiter en sûreté je me vis un momen d'être ensevly sous les ruines volumineuses qui éclatais de tous cotez j'ay été obligé de me retirer à la campagne sous des tentes dans une situation tout à fais triste n'ayan pas prévu un pareille accidem dans l'incommodité redoublé par la pluie….. »

[7] Registre du *Beyt al-beylik*, n°176, *f*°16

[8] *Al-ta'mīr* est un mot pour lequel aucune explication plausible n'a été trouvée. Afin de ne pas se hasarder dans des traductions fausses, ce passage n'a pas été traduit. Il semblerait que ce mot ait pour signification location ou bail. Mais une abstention s'est faite concernant sa traduction.

[9] Registre du *Beyt al-beylik*, n° 176,op.cit *f*°17

[10] Registre du *Beyt al-beylik*, n°176, op.cit *f*°79

[11] Correspondance des consuls de France à Alger 1642-1792, Affaires étrangères B[1] 120, 1716 à 1720, *f*° 3-4- 5 février 1716, *f* ° 8-9- 10 mars 1716

« Commerce de Levant, S. Clairambault à Alger le 5è Février 1716
La triste situation ou je me trouve m'oblige de vous supplier de vouloir me faire grâce d'avancer l'année courante de mes appointements à M. Mugy, afin qu'il ait le moyen de s'acquitter une lettre de change que j'ay fourni au Consul d'Hollande, et qu'il puisse donner quelques secours à ma femme que j'ay été obligé de faire passer à Marseille, à cause d'un accidem terrible d'un tremblement de terre qui se fit le trois de ce mois à neuf heure trois quart du matin. Je suis réduit à loger à la campagne sous des tentes ; je ne vous en fais pas le détail ; vous en serez suffisammen informé à l'arrivée de ce vaisseau qui porte le Consul d'Hollande et sa famille..... »

« Commerce de Levant, S. Clairambault à Alger le 10è Mars 1716
.....nous sommes tous logez sous les tentes à la campagne crainte des tremblements de terre qui continuen. La première secousse du le 3è février qui m'obligea de quitter ma maison qui est en ruine la seconde du le 26 presque aussy forte a tout cet entre-temps jusqu'à présent n'a été qu'on trembient continuellement de reprises tantôt plus tantôt moins fort mais qui semble avoir toujours diminué jusqu' aujourdhuy..... »
« Du 16è .....Les tremblements de terre non pas finy e seray encore senty cette nui. »

Extrait de la lettre des députés de la Chambre du Commerce de Marseille[12] du 21 février 1716- confirmation du tremblement de terre du 3 février 1716.
Extrait de ce courrier :
«Estam persuadez quem annonce a déjà informé Votre .aR es le Con^{et} de marine du tremblement de terre arrivé à Alger le 3è de ce mois..... »

La Gazette de France ; extrait de la Gazette d'Amsterdam ; journal datant du 8 mars 1716 annonce cet événement et le décrit par [13] :
« D'Alger, le 5. Février 1716
Le 3. de ce mois, environ à deux heures du matin, il y eu ici un si furieux tremblement de terre, que plusieurs maisons furent renversées, et toutes les autres tellement endommagées, que la plupart des habitants abandonnèrent la ville. Le consul de France se retira sous une tente à la campagne, avec sa femme grosse de sept mois : la maison étant ruinée de telle sorte qu'elle est absolument inhabitable. Le tremblement de terre a continué le 4. et le 5.

[12] Courrier Consulaire op.cit Courrier de la Chambre du Commerce de Marseille 1716, *f* ° 6-7 21 Février 1716
[13] Gazette de France 1716 du 05/02

avec moins de violence, mais avec des secousses si fréquentes, qu'à peine y a-t-il eu une demie heure d'intervalle de l'une à l'autre ».

Lorsque Comelin arriva à Alger en 1720, soit quatre années après, les effets du tremblement de terre étaient encore visibles. Il évoqua ce qu'il a observé et ce qu'il a entendu sur cet événement dans ce qui suit[14] :

« Le tremblement de terre arriva le 3 Fevrier 1716. a fort endommagé tous ces bâtiments, mais on les a si bien réparez qu'il n'y paroît plus. Les effets en sont encore à présent plus sensibles dans plusieurs maisons d'Alger, qui sont ou étayées ou à demi renversées. Il fût si violent que la plupart des bastides furent ruinées, & toute la Ville auroit eû le même sort, si les maisons qui sont serrées l'une contre l'autre ne s'étoient pas entre-soûtenues. Il causa une allarme generale, ayant duré depuis le commencement de Fevrier jusqu'à fin de Juin, pendant lequel espace on senti de tems en tems de grandes & de frequentes secousses. »

Quant au Dr Shaw qui séjourna à Alger entre 1723 et 1730, il eut l'occasion de voir les effets post-sismiques loin de la région algéroise durant son voyage à travers toute la régence d'Alger. Voila ce qu'il évoque à propos de ce séisme[15]:

« ann. 1716, a large piece of ground at Wamre, lying in an easy descent, with a well, a few trees, and a farm house upon it, glided down, all together, for the space of a furlong; till they were one or other of them stopped by the channel of the river Harbeen, that empties itself there into the Scheliff. Several of the breaches, together with some pieces of the house turned upside down, lie at a distance from each other, and are to this day a standing monument of this catastrophe. I was informed that the like accident happened, at the same time, in some of the mountains districts of Boujeiah and El Khadara…».

Traduit par:

L'année 1716, un grand morceau de terre de Wamre[16] se situant sur une pente légère se détacha et emporta sur son passage, arbres et maisons de fermes, les entraînant jusqu'en bas. Ils ont été stoppés les uns par les autres aux abords du canal du fleuve Harbeen[17] qui se déverse dans le Cheliff. Plusieurs parties de ces maisons renversées se trouvent encore à ce jour distantes les unes des autres tels des monuments de cette catastrophe.

[14] Comelin (1720), op.cit p16
[15] Shaw 1808, Travels or observations relating to several parts of Barbary and the Levant, Edinburgh, Printed by J.Ritchie, V I, pp 277-278.
[16] Ouamri, située à 73 Km au sud-ouest d'Alger
[17] Oued Harbin qui prend naissance sur les hauteurs de Médéa et qui se déverse dans le Cheliff.

J'ai été également informé que de semblables incidents soient arrivés dans certaines zones de montagne de Boujeiah et de El Khadarah[18].

En 1724, L. De Tassy [19] évoquait ce qu'il avait certainement appris sur les lieux. Néanmoins il confond l'année du séisme et lui attribue 1717 au lieu de 1716. Toujours est-il qu'ayant séjourné dans la régence d'Alger dans un laps de temps rapproché de l'événement, ce qu'il évoque concorde avec les autres témoignages.

« On en sentit de violentes secousses pendant neufs mois dans l'année de 1717 ; Tous les habitants abandonnèrent la ville, & il n'y resta que le Divan ou les officiers de l'état auprès du Dey & dans son palais. Tous les chemins étaient pleins de tentes où campaient les pauvres habitants, qui n'avaient pas de biens de campagne, & la misère y fit périr beaucoup de monde. Il y eut une demi-lieue de terrain auprès de la ville, où les maisons de campagne furent abattues par les différentes secousses & le terrain tout bouleversé. »

L'Abbé Bargès (1887), traduit plusieurs manuscrits arabes, dont l'un d'eux est celui écrit par le fils du *Mūfti* d'*Al Djazāir* Ibn Redjeb entre 1740-41[20]. Ce personnage qui ne se nomme pas dit que sentant sa mort prochaine, il se mit à écrire ses mémoires. L'original de ce manuscrit n'a pas été consulté, seule sa traduction a été utilisée dans ce travail. L'auteur descendant d'Ibn Redjeb décrit de façon détaillée cet événement, ayant vécu la catastrophe probablement à un âge adulte. Voici ce qui est exprimé dans ce texte daté du 6è Rabī' al-thānī 1128 (inc. 27 Mars 1716) :

« Année 1122 de l'Hégire (1710 de J.-C). Aly pacha el-Chaouch est nommé gouverneur d'Alger. Année 1128 (1715-1716 de J.-C). Nous avons eu un tremblement de terre si épouvantable, que jamais avant nous, personne n'en avais éprouvé de pareille ».

« Dans la matinée du lundi, 9e Safar de l'an 1128, il arriva, à Alger, un nouveau tremblement de terre qui épouvanta les habitants ; il y eut un grand nombre d'édifices de lézardés ; la secousse endommagea fortement la grande mosquée et surtout les maisons de campagne du voisinage et les bâtiment des jardins ; car tous ces édifices furent plus ou moins bouleversés et à moitié détruits : le génie de la ruine semble y avoir appliqué son fatal marteau. Quelques uns de ces bâtiments n'ont laissés qu'une légère trace de ce qu'ils avaient été ; tant que nous sommes à Dieu, et que c'est à lui que nous devons retourner. Au milieu de la consternation générale et du péril commun, les hommes sortirent de la ville et

[18] Bouzehar et Kheddara, sont situés dans la même région. Ils sont proches de Miliana à quelques 120 km au sud-ouest d'Alger.
[19] Tassy. L. De. Op cit p 156-157
[20] Bargès op.cit pp 554-555

allèrent camper dans les cimetières environnants ; quelques uns cherchèrent un refuge dans les jardins et dans les champs ; peu eurent le courage de rester dans l'intérieur de la cité. On se trouvait alors dans un mois qui correspond à celui que les étrangers nomment « janvier » : jugez si l'hivers ne fut point triste pour les malheureux habitants ; s'ils n'eurent point à souffrir de la rigueur du froid. Les secousses se renouvelèrent durant toute cette journée et pendant la nuit suivante ; elles durèrent environ vingt- quatre jours (plus ou moins fortes). Après avoir horriblement souffert du froid et avoir presque été noyés par les pluies incessantes et presque déluviennes, les habitants finirent par se décider à rentrer dans les murs de la ville, en se résignant à la volonté de Dieu unique et Tout Puissant.

Malheureusement ; l'épreuve n'était pas encore arrivé pour eux à son terme : vers le milieu de la troisième nuit du mois de rabie 1er de la même année, ils subirent un autre tremblement de terre qui vint une seconde fois jeter la terreur dans les esprits, faire frissonner les corps et causer un effroi général. Il fut suivi de deux autres moins fortes. L'on n'était point arrivé au point du jour, que déjà tout le monde avait mis les pieds dehors et quitté promptement les murs menacés de la ville.

On demeura ainsi une seconde fois hors du danger de périr sous les décombres environ une vingtaine de jours, c'est-à-dire tout le temps que durèrent les secousses, qui se succédèrent sans relâche, surtout durant les ténèbres de la nuit. « Au surplus, comme dit le livre sacré, Dieu juge, et il n'y a point de successeur à son jugement pour réviser ses arrêts ». Nous espérons de sa miséricorde (soit-il béni et exalté !) qu'il nous aura pardonné, qu'il nous auras traité avec son indulgence et sa bonté accoutumées, car nous savons que le Seigneur est clément et plein d'affection pour ses créatures. cette note marginale a été écrite et placée ici le 6 de rabie II de l'an mil cent-vingt-huit de la fuite du Prophète 1128 (1715-1716 de J.-C) ».

Le grand tremblement de terre d'*Al Djazāir*, *Al-Zilzala Al-Kabira* tel que défini par les algérois, arriva le 3 février 1716 (inc. 9 Safar 1128) à 9h trois quart du matin. Il n'y a aucun doute quant à la date de son occurrence. Les courriers consulaires, de la marine et la presse de l'époque le confirment. Toute la ville fut secouée effroyablement. Il endommagea les constructions à l'intérieur de la ville. 200 maisons s'écroulèrent et la plupart furent endommagées[21]. A la lumière des résultats obtenus de l'analyse des registres des archives ottomanes (Annexe B), il en est ressorti sur un total de 240 maisons sur lesquelles les dégâts ont été dénombrés les résultats suivants:

[21] Ambraseys et Vogt (1988), op.cit, p 3

- 54 maisons ont été sérieusement affectées par les effets du séisme, dont 14 *dār* ont été détruites (*tahadamat*) et 40 *'alwi* ont subi des dommages sérieux *(tahadūm 'alwi*).
- 24 autres ont subi des dommages importants,
- 162 maisons ont été partiellement endommagées c'est-à-dire fissurées (*falq*) (annexe IV).

Ces résultats ne sont pas aussi exhaustifs que ce qui en était attendu. Sur les 5000 constructions appartenant à l'institution des *habūs*[22], la proportion de ce qui a été endommagé ne représente que 4.84% de l'ensemble. Les palais ou demeures particulières bâties sur plusieurs étages se sont à demi effondrées[23], en effet à *Dār 'Azīza* l'étage supérieur s'est complètement effondré et *Dār al Ḥamrā*[24] a subi des dommages. En outre, la Casbah ou Citadelle, située au point le plus élevé de la ville, a été également endommagée et une partie d'elle a dû être reconstruite[25]. Beaucoup de maisons du *fahs* (maisons extra muros) furent détruites sur l'étendue d'une demie lieue (2 km 800) au sud-ouest à l'extérieur de l'enceinte de la ville[26].

On dit que beaucoup de personnes périrent sous les décombres, plus de 20 000[27]. La population quitta la ville pour se réfugier sous les tentes dans les cimetières ou dans la campagne. Durant les 24 heures qui ont suivi, 24 répliques se sont succédées de jour comme de nuit.

Les 4 et 5 février des répliques continuèrent avec des intensités moins violentes toutes les demi-heures. Le Dey avec son *diwan* s'installèrent à *Būrdj Mūlā Mūhammad* (fort de l'étoile)[28] et quittèrent le palais *la Djenīna* sans aucun doute endommagé par le tremblement de terre[29]. Ce tremblement de terre provoqua plusieurs incendies dans la médina[30] et des scènes de pillages ont été observées. La population commença à se remettre de sa première frayeur et à rentrer dans ses foyers car il faisait très froid.

Le 26 février (inc 3 Rabi' Al-Awwal 1128), au milieu de la nuit une secousse presque aussi violente que celle du 3 provoqua une nouvelle panique. Deux autres encore lui succédèrent. C'est l'une des plus importantes répliques car elle endommagea la plupart des maisons

[22] Aumérat ibidem
[23] Comelin 1720, op.cit, p 14 ; Klein (1929), p 67 et note 1 ; Golvin (2003), p 17
[24] Archives ottomanes, Registre 177 et archives du CAOM, registre 15 MIOM/28 n° 129
[25] Ambraseys et Vogt 1988. idem
[26] Tassy 1830, p 169; Burzet 1869, p 34-35;
[27] Perrey.A. 1845-46, op.cit, p 311. Il se base sur la Collection Académique ; Saidouni 1985, p 435, probablement cette information a été trouvé dans les archives ottomanes et Al Djillali qui localise ces décès à Blida.
[28] Chesneau 1892, Op.cit, p 8
[29] Klein 1937, ibidem ; Golvin 2003 ibidem
[30] Rousseau op cit p 210

restées intactes et un nombre très élevé des maisons du *fahs* furent complètement renversées[31].

Dans la partie basse de la médina les encorbellements de part et d'autre des rues ont empêché l'effondrement total des maisons[32] tandis que dans la partie haute, *les sabats* ou rues couvertes furent brisés et une partie d'entre eux devaient être reconstruites. Plusieurs incendies éclatèrent durant cet événement et ajoutèrent aux dommages.

Il semblerait qu'aucun édifice de culte ne fut endommagé hormis la grande mosquée qui se lézarda[33] au niveau du mur donnant sur la rue de la Marine (soit le mur nord-ouest) ainsi que la coupole de la mosquée *Khūdja Sha'bān* qui a été fissurée. Les réparations de la Grande Mosquée n'ont eu lieu qu'en 1732[34]. Une synoptique des pathologies d'origines sismiques observées sur la grande mosquée, montre sur l'unité stratigraphique des murs de la mosquée différents appareils de maçonnerie dans un même mur traduisant une destruction puis la reconstruction. Tout particulièrement a été observé l'usage de la maçonnerie intercalée de rondins de thuya employée en partie dans le mur nord-est coté tribunal et l'appareillage en épis[35]. Les sources des fontaines et des aqueducs furent interrompues et les canalisations furent coupées[36].

Ce tremblement de terre eut des effets destructeurs sur une grande étendue de la plaine de la Mitidja. La terre s'entrouvrit à 70 Km à l'ouest de la plaine de la Mitidja jusqu'à celle du Chellif où des glissements de terrains à Ouamri ont eu lieu emportant sur leurs chemins arbres et fermes, et obstruant Oued Harbin qui se déverse dans le Cheliff[37].

A Blida ce tremblement de terre eut des « conséquences désastreuses » et des liquéfactions de sol furent observées[38]. Ce tremblement de terre fut ressenti également dans les montagnes de Bouzehhar et de Kheddara non loin de Miliana au sud ouest d'*Al Djazāir*.

Les répliques durèrent neuf mois sans interruption, jusqu'à la fin de juin mais diminuèrent en nombre et en intensité. En fait les répliques ont duré de février jusqu'à début juillet (six mois) d'intensités plus ou moins fortes puis jusqu'à octobre (trois mois), d'intensité modérée jusqu'à complète atténuation. La dernière forte secousse a eu lieu le 6 juillet provoquant les derniers dommages enregistrés pour ce tremblement de terre où trois maisons ont été

[31] Perrey ibid
[32] Berbrugger 1867op.cit n°7, 3
[33] Bargès op.cit p 554
[34] Devoulx 1875. Alger, étude archéologique et topographique sur cette ville aux époques romaines (Icosium), arabe (Djezair Beni-Maz'renna) et turque (El Djazair). RA, vol 19, p 526.
[35] Voir stratigraphie façade N-O de la grande mosquée élaborée par Chergui thèse de Magistère en préservation. EPAU, vol 2, pp 13-14 et 35-41
[36] A. Raymond 1985, Grandes villes arabes à l'époque ottomane. La Bibliothèque Arabe Sindbad, Paris, p165
[37] Shaw 1830, op.cit p
[38] Trumelet (1887), op.cit p 786-788 et Roussel 1973. Les zones actives et la fréquence des séismes en Algérie 1716-1970. Bull. Soc, Hist. Natur. Afrique du Nord. 64, (3) 2, pp 11-227.

détruites et neufs personnes sont décédées[39]. En effet ce sont les constructions bâties après le choc principal qui ont subi le plus de dommages[40]. Il est dit que suite à cela le Dey imposa une reconstruction tenant compte de techniques résistant aux effets des tremblements de terre[41]. En effet, suite à un examen archéologique, effectué par Chergui (1998)[42] lors des travaux de restauration de la grande Mosquée, l'unité stratigraphique des murs de la mosquée ont révélé plusieurs stratifications sur la façade de *la qibla,* dont des traces de restaurations datant de la période ottomane. Ces parties de réparations réalisées durant cette période (1732) montrent des techniques constructives du type préventive et dont la fonction sismo-résistante a été vérifiée (partie 2, chap 3).

Il semblerait également que la population était tenue de reconstruire ce qui était détruit au courant de l'année qui suit. Car durant les bombardements d' *Al Djazāir*, la population maure ou Coulouglis dont les constructions étaient détruites étaient dans l'obligation de les reconstruire dans l'année sinon ils perdaient la parcelle et les matériaux qui étaient vendus au profit du gouvernement[43]. C'est ce qui a sans doute fait qu' *Al Djazāir* a été reconstruite assez rapidement et que presque aucune trace de l'événement n'a subsisté mis à part les étais de part et d'autre dans les rues.

Toutefois ce tremblement de terre semble bien de grande intensité, les sources primaires telles que celles des manuscrits arabes et celles émanant du Consulat de France donnent une évaluation importante sur l'étendue de la catastrophe « *presque toute la ville est renversée et les maisons de campagne détruites, la grande mosquée lézardée».* Ceci nous suggère une intensité épicentrale équivalente à IX (EMS, qui définit ce degré par « Destructions » voir Annexe IX).

Certains auteurs comme Peysonnels et Desfontaines (1838)[44], Laugier de Tassy (1727 et 1830) [45] Bianchi (1877)[46] et Shuval (1989)[47] se trompent dans la date de cet événement si bien détaillé et aussi bien localisé dans le temps que dans l'espace. Ces différents auteurs le

[39] Ambraseys et Vogt 1988, op.cit, p 4
[40] Ambraseys et Vogt 1988, idem
[41] Chesneau op. cit p 8
[42] Chergui (1998) L'entretien et la conservation du patrimoine religieux durant la période ottomane. Cas de la Grande Mosquée d'Alger. Thèse de Magistère en Préservation. EPAU, Alger. Vol 2, p 13, 14, 36, 37, 40 et 41 (plan et relevés de l'Agence Nationale d'Archéologie, restitution des strates par Chergui),
[43] Tassy. L.De. op cit p 306.
[44] Peysonnels et Desfontaines 1838, Voyage dans la régence de Tunis et d'Alger, T 1, p 459
[45] L. de Tassy 1830, Histoire d'Alger et du bombardement de cette ville en 1816, Librairie Piltran, p 169
[46] Bianchi (1877), Secrétaire-interprète du roi, « Relation de l'arrivée dans la rade d'Alger du vaisseau de S.M. La Provence sous les ordres de M. le Compte de la Bretonnière et détails de l'insulte faite au pavillon du roi de France par les algériens, le 3 aout 1829 », RA n° 21, anée 1877, P 414-415
[47] T. Shuval (1989), idem

situent en 1717. Plus tard d'autres auteurs contemporains comme Perrey (1845-46) [48] puis repris par Rothé (1950)[49] se trompent dans la localisation et dans la date d'un tremblement supposé être arrivé à Alger en 1717. D'autres informations concernant ce tremblement de terre n'ont pas pu être recoupées, tels que le nombre de victimes 20 000 annoncé par Saidouni (1995)[50] ainsi que le nombre -200- de maisons détruites annoncé par Ambraseys et Vogt (1988). Certains auteurs contemporains attribuent le nombre de 20 000 morts à Blida[51], tandis que Mendosa in El Mrabet (2001)[52] évoque 900 décès sous les décombres d' *Al Djazaïr*.

Ce tremblement de terre semble avoir comme localisation la région sud-ouest d'Alger car non seulement les maisons de campagne situées dans cette région ont été renversées mais Blida et les villages situés dans la plaine de la Mitidja ont subi de sérieux dommages et des glissements de terrain ont été observés dans les hauteurs de Bouzehar et Kheddara.

Les intempéries durant cette catastrophe ont peut-être provoqué les glissements de terrain à Ouamri et les liquéfactions de sol à Blida. Ce même phénomène a été observé lors du séisme de Boumerdès le 21 mai 2003, où des glissements de terrain ont été observés dans la région de Benchicao (Médéa)[53]. Et est apparu récemment en Indonésie (03/01/2006) et aux Philippines (19/02/2006), où le séisme de faible magnitude M= 2 a provoqué un glissement de terrain meurtrier. Le sol a été déstabilisé par les pluies torrentielles qui sont tombées pendant 48 heures[54].

Donc le point qui soulève encore des questions est la localisation épicentrale de ce tremblement de terre. Pour certains auteurs contemporains, le séisme pourrait être localisé dans l'Atlas Mitidjien[55], dans la plaine du Cheliff prés de Ouamri [56] ou encore dans le voisinage d'Alger dans l'axe Douéra-Birkhadem-Alger[57]. Mais ces mêmes auteurs ne font qu'une approximation de localisation car les phénomènes géologiques qui ont accompagné et accentué les effets ce séismes sont probablement dus au mauvais temps.

Suite à une observation des plus importants séismes de l'ère instrumentale ayant affecté Alger plusieurs séismes dont l'intensité a été estimée à V ont eu lieu dans cette région :

[48] Perrey op.cit p 300
[49] Rothé op.cit p 15
[50] Saidouni op.cit p 435
[51] Al Djillali op.cit p 219
[52] El Mrabet (2001), op cit, p 106.
[53] Harbi (2005). Op.cit, p 13.
[54] Hays (2006). Indonesia landslides, january 3, 2006. Disponible sur le site du GADR
[55] Rothé, op.cit, p 14,
[56] Ambraseys et Vogt (1988), op.cit, p 5
[57] Harbi (2005), idem

Ben Chabane du 5 Novembre 1924 où l'intensité à Alger a été estimée à V[58],
Chenoua Tipaza du 29 Octobre 1989, dont l'intensité à Alger a été également estimée à V[59],
Ain Benian du 4 Septembre 1996, dont I=V[60]
Boumerdès du 23 mai 2003 ou I a été estimée à VII[61].

Il a été démontré que la Mitidja a été le théâtre de plusieurs séismes dont certains sont mieux connus que d'autres (supra pp 35-80) (tab 1.4.1 et 1.4.2).

Lieux	Dates	Sources
Blida	1601, 1760, 1770, 1825	Rozet et Carette (1850),Trumelet (1887), Ezzahar (1754-1830)
Cherchell	1735, 1846	Delphin (1922-25), Perrey (1846)
Miliana	1722	Correspondance Consulaire, B1 121, 1721 à 1729, *f°* 87-89
Sud-ouest d'Alger	1756,	De Grammond (1887)
Koléa	1802	Ezzehar (1754-1830)
Douéra	1847	Press 1847 Akhbar, Moniteur
Mouzaia	1867	Rapport GGA 1867, Press 1867
El Affroun	1880	Press 1888, Chesneau (1892)

Tab 1.4.1- Liste des plus importants séismes historiques localisés au sud-ouest d'Alger.

Lieux	Dates	Sources
Ben Chabane	5 novembre1924	Benouar (1994)
Mont Chenoua	29 octobre1989	Meghraoui (1991)
Ain Benian	4 septembre 1996	Maouche et al (1996)
Boumerdes	21 mai 2003	Ayadi et al (2003)

Tab 1.4.2 - Liste des séismes de l'ère instrumentale localisés dans la région sud-ouest d'Alger

Au vu de ce que montrent ces deux tableaux, les séismes les plus significatifs sur Alger sont situés pour l'ensemble d'entre eux au sud-ouest de la ville. Par conséquent la localisation suggérée est dans cette région telle que l'ont supposée Rothé (1950) et Ambraseys et Vogt (1988).

[58] Benouar (1994). Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent region during the twentieth century. Annali di Geophysica. Vol XXXVII, 4, p 41 et Maghraoui 1991. Blind reverse faulting system associated with the Mont Chenoua-Tipaza earthquake of 29 october 1989 (north-cental Algeria). Terra Nova, 3, pp 84-93.
[59] Benouar (1994), op.cit, p 56
[60] Maouche (1998), The Algiers (Algeria) earthquake of 4 September 1996. EEE vol XII, n°1.
[61] Ayadi (2003). Strong Algerian earthquake strikes near Capital city. EOS, Transactions, American Geophysical Union, vol 84, n° 50, p 562

La difficulté réside dans la localisation exacte. Est-ce dans le Bassin du Cheliff ou dans le Bassin de la Mitidja que ce séisme se localise ? La distribution des failles inverses se fait le long de la limite des deux bassins avec le Sahel[62]. Et la faille de Oued-Fodda a déjà provoqué un séisme important dans la région du Cheliff mais n'a cependant engendré aucun dommage sérieux à Alger. Tandis que le séisme de Ben Chabane de 1924 il n'a engendré qu'une intensité I=V à Alger. Il semblerait que la localisation la plus approximative est dans l'Atlas Mitidjien tel que l'a supposé Rothé (1950) car à Blida 20 000 morts ont été dénombrés. En plus les intempéries durant le séisme de 1716 sont à considérer dans cette approche de localisation.

4.4 les éléments de vulnérabilité :

Suite à la lecture des différentes sources historiques et en particulier celles des archives algériennes et d'outre mer, du fond ottoman (annexe IV) et françaises (diplomatiques), des récits de voyageurs[63], les différents types de dommages dus au séisme du 3 février 1716 ainsi que les pathologies d'origine sismique liées à ces types de dommages ont été mises en évidence et comparées à des études récentes traitant de problèmes similaires[64].

4.4.1 Les dommages recensés durant ce séisme :

Trois types de dommages ont été recensés, à partir des 280 registres analysés[65]. Ils se résument comme suit :

---

[62] Meghraoui (1988). Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie : Paléosismologie, Tectonique active et synthèse sismotectonique. Thèse de Doctorat es Sciences. Université Paris Sud. et Maouche (2002). Etude sismotectonique dans l'Algérois et les zones limitrophes de Cherchell-Gouraya. Thèse de Magistère. Alger, FSTGA/USTHB, p 101.

[63] Comelin (1720) op.cit ibidem

[64] Langhenbach (2003). Survivors amongst the rubble : traditional timber-laced masonry buildings that survived the great earthquake 1999 earthquake in Turkey and 2001 earthquake in India while modern buildings fell. In Proceedings of the International Congress on Construction History, Madrid.
et Gulhan op.cit ibidem

[65] L'analyse s'est effectué sur 90 registres des Archives Nationales d'Alger et 190 registres des archives du CAOM. Les registres s'étalent de 1715-1716 à 1723-1724. Les registres sur microfilm et sont classés par nombre de 10 par bobine. L'intervalle de 10 ans a été choisi pour mieux cerner les dommages liés au séisme et les mesures qui ont été prises par la suite. Les constructions sous les *habūs* étaient régulièrement entretenues, il ne fallait pas tomber dans les interprétations hasardeuses. Cependant, il s'est avéré que certaines réparations n'ont eu lieu que 20 ans après (cas de la Grande Mosquée).

4.4.1.1 L'effondrement total des maisons :

D'après les archives ottomanes (1716-1717), il a été reporté que certaines (22) maisons[66] ont été détruites par la secousse sismique « *...tahaddūmiha bi radjfati al-zilzala* », « *saqatat bi radjfati al-zilzala...* »[67].

Quant à Comelin (1720)[68], Shaw (1808 et 1830)[69], Carette (1850)[70] et Delphin (1922)[71], ils rapportent qu'une partie de la ville fut détruite.

Selon un manuscrit arabe, l'effondrement des maisons et des jardins est décrit par « *...wa tahadama al-diyār wa al-bassātīn ...* »[72].

A ce sujet, Tassy (1830)[73] et Burzet (1869)[74] évoquent que les maisons de campagne ou maisons du *fahs* autour d'*Al Djazair* furent renversées et s'écroulèrent sur l'étendue d'une demie lieue (2.778 Km) de la ville.

Les archives d'Outre Mer [75] décrivent certaines maisons détruites par :

دار سويقت عمور ثلاث ريالات في إصلاح ما تهدم برجفة الزلزلة

Dār suiqat 'Ammūr thalātha ryālat fi islāhi mā tahaddama bi radjfati al-zilzala

Une maison à souikat Ammour, 3 riyals dans la réparation de ce qui s'est détruit par la secousse sismique[76].

دار قرب جامع خضزباشا و لما اسقط عنه تسع ريالات لتعطيل بعض المساكن لتهدمهم برجفة الزلزلة

Dār qūrb djāma' Khedar bāchā wa limā asqata 'anhū tis' 'ū ryalāt' li ta 'fili ba 'dh al-massākin li tahadūmihim bi redjfati al-zilzala.

Une maison prés de Djamaa Khedeur Pacha..... .....pour quelques maisons détruites par la secousse sismique[77]

دار قرب سيدي علي العباسي قرب عين مراد قرصو احدا و عشرين ريالا ونصف في بناء ما تهدم برجفة الزلزلة

« Dar qūrb sīdī 'Ali Al-'Abbassy qūrb 'ain Mūrād qūrsū ihdā wa 'ishrīna ryāl wa nisf fi binaī mā tahaddama bi redjfati al-zilzala ».

[66] Annexe III, résultats des archives ottomanes
[67] Fond Ottoman, Registres du beit Al Beylik: 155, 173, 176 de l'année 1128/ 1716-17.
[68] Comelin (1720), op.cit, p 14-16
[69] Shaw (1808 et 1830), op.cit p 277 et p 31
[70] Carette (1850), op.cit p 91-93
[71] Delphin (1922), op.cit 216-218
[72] Ms n° 1637 anonyme et sans date, BN Alger
[73] Tassy (1830), op.cit p 169
[74] Burzet (1869), op.cit pp 35-54
[75] Archives du CAOM, registres du Bey't al-Māl 15 MI 26, 15 MI 27 et 15 MI 32
[76] Registre 15 MI 26
[77] Archives Nationales Reg 176, f° 45 et Archives CAOM Reg 15MI 26 op.cit

Une chambre de la maison *al-m'thūqba* près de la vieille mosquée s'est détruite par la secousse sismique[85].

دار الحاج حمزة ....بطل التعمير منها رجفة الزلزلة.

Dār Al Ḥādj Ḥamza.....b'tal al ta'mīr minhā redjfati al-zilzala

Maison de Hadj Hamza,..... sa « location »[86] s'est interrompue à cause de la secousse sismique[87].

دار قرب كوشة علي بطلت لتهدمها برجفة الزلزلة

Dār qūrb kushat 'Alī baṭlat li tahadumihā bi redjfati al-zilzala

Maison près du Four Ali, sa location (habitabilité) a été interrompue car elle a été détruite par la secousse sismique[88] .

دار عشر ريالات حطت عنه لتهدمها بالزلزلة

Dār 10 ryālāt ḥaṭat 'anhū li tahadūmihā bi redjfati al-zilzala

10 riyals pour la maison qui s'est détruite par la secousse sismique[89].

دار قرب سيدي رمضان اربعة و ثلاثين ريالا انفقها معتمرها في بناء ما تهدم برجفة الزلزلة

Dār qūrb Sīdī Ramdhān arba'ata wa thalāthīna ryalan anfaqahā mu'tamarihā fī bināi mā tahadama bi redjfati al-zilzala[90]

Une maison près de Sidi Ramdhan, 34 riyals dépensés par ses habitants dans la reconstruction de ce qui a été détruit par le séisme.

نصف دار تهدمت قرب سيدي بو قدر

Nisf dār tahadamat qūrb Sīdī Bū Qadūr

La moitié d'une maison s'est détruite près de Sidi Boukadour[91]

ربع دار موسئ خوج بباب السوق متهدمة

Rūb' dār mūssa khūdja bi Bāb Al Sūq mutahadima

---

[85] ANA Reg 176, f° 17, Archives du CAOM 15 MI 32 op.cit

[86] Vu que la compréhension du langage utilisé est difficile, la traduction mise entre guillemet n'est qu'une interprétation selon le sens de la phrase. Dans ce cas *al ta'mīr* semble traduire une location ou un bail et ce dernier a été annulé car la maison a subi des dommages ou a été détruite.

[87] ANA, Reg 176, f° 16 et

[88] ANA, Reg 185

[89] ANA, Reg 185 op.cit

[90] ANA, Reg 185 op.ci

[91] ANA, Reg 167, f° 13

Le quart d'une maison située près de la porte du Souk est détruite[92]

فوق اسفل سيدي بو قدور دار الحاج مصطفي التار متهدمة

Fūq asfal Sīdī Bū Qadūr dār Al Ḥādj Mūstafā Al Tār mūtahadima

La maison de Hadj Mustapha située en haut de la partie basse du quartier Sidi Boukadour, est détruite[93]

Plus tard Ambraseys et Vogt (1988) annoncent que 200 maisons ont été détruites.

La conclusion qui en ressort est que les maisons se sont écroulées à l'intérieur et à l'extérieur de l'enceinte de la ville.

4.4.1.2 La destruction des murs :

Les archives du *Wakf* Ottoman (1716-1717) décrivent les fissures dans les murs par «..... *falq bi redjfati al-zilzala* ».

Selon Delphin (1922)[94] des maisons se sont lézardées et d'après Bargès (1877)[95] la grande mosquée s'est sérieusement fissurée au niveau du mur Nord-Ouest. Des réparations n'ont eu lieu qu'en 1732 pour ce qui s'est endommagé durant ce séisme[96]. Toujours selon le même auteur, il y eut un grand nombre d'édifices lézardés (184 maisons)[97]. D'autres auteurs tels que Burzet (1869)[98] et Carette (1850)[99] rapportent que la réplique du 26 février endommagea la plupart des maisons qui n'avaient pas été endommagées durant la première secousse, mais la ville demeurait malgré tout intacte.

Il y eut des dommages classés du léger (fissures dans les murs) à la ruine totale (destructions partielles ou totales des murs).

[92] ANA, Reg 167, f° 16
[93] ANA, Reg 167, f° 17
[94] Delphin (1922), idem
[95] Bargès (1877), op.cit, p 554-555
[96] Bargès (1877), op.cit, in Devoulx 1875, op.cit p 526
[97] Annexe III, op. cit
[98] Burzet (1869), op.cit p 35
[99] Carette (1850), op.cit 91

4.4.1.3 La rupture des planchers et effondrement des étages supérieur :

D'après les archives ottomanes relatives aux actes domaniaux (1716-1717) gérés par *Beyt al-Baylek*, il en ressort que beaucoup d'étages des maisons (16 'alwī)[100] se sont écroulés suite à la secousse sismique. Les dommages sont décrits par « *wa mā baqiya hūna saqaṭa minhū al- 'alwī bi radjfati al-zilzazila* », « *nisf 'alwī saqaṭa bi radjfati al-zilzala* », « *tahaddama li sūqūṭi 'alwī...* ».

Sur les archives ottomanes il a été relevé ce qui suit :

دار بنت القايد سالم و ما بقي هنا سقط لتهدم العلوي برجفة الزلزلة

Dār bent al-qāïd Sālem wa mā baqiya hūna saqaṭa li tahaddūmi al-'alwī bi redjfati al-zilzala.

L'étage de la maison de la fille du Caid Salem a été détruit par la secousse sismique[101]

دار سوكالي وخمسين ريالا سقطت عنه برجفة الزلزلة .....المساكن الفوقية

Dār Sūkālī wa khamsīna ryālan saqaṭat 'anhū bi redjfati al-zilzala....al –masākin al fūqiya

Les étages supérieurs de Dar Soukali ont été détruits par la secousse sismique[102].

حانوت قرب القصبة ....لتهدم العلوي فوقها.

Hānut qūrb Al Qasba.....li tahadūm al 'alwī fūqhā

L'étage supérieur d'un magasin prés de la citadelle a été détruit[103].

نصف علوي بحومة بن جاور علي بسكة غير نافذة تهدم برجفة الزلزلة

Nisf 'alwī bi hūmat' Ben Djāūar 'Alī, bi sikka gheyr nāfiḍa tahaddam bi radjfata al-zilzala.

Un demi étage situé au quartier Ben Djaour Ali dans une impasse a été détruit par la secousse sismique[104].

علوي سقط بالقنداقجية

'Alwi sqaṭ bi al-qandaqdjiya

Un étage supérieur s'est effondré dans le quartier Al-Qandaqdjia[105]

Lorsque Comelin (1720)[106] arriva à Alger, il décrivit ce qui subsista des effets du tremblement de terre et évoqua dans ce petit extrait au sujet de la maison de l'ambassadeur de France :

[100] Annexe III, op. cit
[101] ANA, Reg 176, f° 14 ; archives du CAOM 15 MI 32
[102] ANA, Reg 176, f° 36 et 15 MI 32
[103] ANA, Reg 176, f° 79 et CAOM 15 MI 32 op.cit
[104] ANA, Alger, registre 176, f° 70
[105] ANA, Reg 168

« .... *la maison de l'ambassadeur de France est des plus belles d'Alger. Elle avait trois niveaux avant le dernier tremblement de terre, elle n'en n'a plus que deux…* ».

Selon Golvin (2003)[107], la résidence de l'ambassadeur est en fait *Dār 'Azīza*. Cet édifice semble dater de bien avant la régence ottomane, l'ingénieur Henry Murat le décrivit de la sorte : « *Ce palais est peut-être beaucoup plus ancien qu'on le pense car nous le retrouvons sur les plus anciens plans cavaliers connus du XVI*[e] *siècle, situé directement derrière l'ancien Dār al-Sūltān, l'ancienne maison des Sultans, qui servaient de résidence à cette époque aux rois d'Alger, bien avant l'occupation turque. Nous voyons sur tous les plans de l'époque que Dār al-Sūltān n'avait qu'un étage et que déjà se profilait, immédiatement en arrière, un palais qui servait pour la résidence des chargés de mission des puissances étrangères en rapport avec la Régence sous la domination turque…* ».

Il a été impossible de vérifier cela : il y'a effectivement un manque d'estampes et iconographies d'Alger avant le XVIème siècle et celles datant de ce siècle ne montrent pas ce détail. Il est probable donc que *Dār 'Azīza* soit un palais arabo-berbère qui a été reconstruit par les ottomans tel que l'a été *Dār al-Sūltān*.

4.5 Les pathologies déduites :

Suite à la lecture des différents types de dommages, les pathologies qui sont à l'origine de ces dégâts ont été déduites. Il en est ressorti trois principales causes pathologiques ou de vulnérabilité :

- L'absence de chaînages des murs qui a provoqué leur rupture, en effet beaucoup de maisons ont eu des murs effondrés.
- La mauvaise mise en œuvre des maçonneries qui a eu pour conséquence la destruction et l'effondrement des murs, dont un grand nombre de murs fissurés et certaines maisons complètement détruites.
- L'insuffisance de la profondeur d'ancrage des planchers dans les murs porteurs et l'absence de leur chaînage qui a engendré l'effondrement des étages supérieurs. Il semblerait que certains édifices majeurs d'*Al Djazāir* comptaient des étages supérieurs au delà d'un. Et il faut croire que ces niveaux supérieurs présentaient un état de vulnérabilité assez important, probablement dû au mauvais ancrage (insuffisant) des planchers dans les murs. Il est probable que ce soit la raison de leur rupture. La chute de

[106] Comelin (1720), op-cit, p 14
[107] Golvin (2003). Palais et demeures d'Alger à la période ottomane, p 31

ces étages a été l'une des causes vraisemblables de la démolition des maisons qui leur étaient mitoyennes en raison de la topographie.

Certaines de ces pathologies n'ont pas empêché la réutilisation de certains bâtiments qui une fois réparés, ont perduré dans le temps et ont été repérables en tant que témoins (marqueur) de séismes anciens à titre d'exemple : *Djāma' Al-Kabīr* où il existe plusieurs stratifications de maçonnerie[108] sur le mur de *la qibla* et le mur N-E ; une partie murale montre une réparation post sismique. *Dār 'Azīza* également dont l'un des étages supérieurs s'est effondré et n'a jamais été reconstruit[109].
Suite à cela les habitants d'*Al Djazair* ont mis en œuvres différentes techniques constructives préventives pour protéger leur cadre bâti des effets des futurs séismes. Ces techniques semble t-il ont été décrétées par le Dey gouverneur de l'époque en l'occurrence le *Dey 'Alī Shāūsh*[110]. Elles consistent à réparer ce qui a été endommagé, à reconstruire ce qui s'est effondré en utilisant les techniques préventives, peut-être transférées de la civilisation ottomane qui a été déjà meurtrie par plusieurs catastrophes sismiques.

4.6 Conclusion :

Le séisme d'*Al Djazāir* du 3 février 1716 fait partie des plus importants tremblements de terre qu'ait ressenti Alger depuis qu'ils ont été évoqués. C'est l'un des séismes historiques le plus documenté. Le nombre de sources historiques, les archives consulaires, ottomanes et de la marine et la presse de l'époque l'ont bien décrit par rapport à d'autres (1755) et de la même manière que d'autres (1825 et 1867 pour Blida et sa région) Cela est certainement dû à son importance. Toutes les sources primaires (arabes, ottomanes, et françaises) se recoupent pour établir l'importance de son impact. Les algérois le caractérisent par *Al-Zilzala Al-Kabira* qui a bouleversé toute la cité d'*Al Djazāir* à l'intérieur et à l'extérieur des murs.

Les dommages occasionnés par ce séisme sont évoqués par les manuscrits arabes (et dans leurs transcriptions) ainsi que par certains auteurs géographes ou missionnaires. Certes, ni les édifices majeurs ou mineurs n'ont été cités ou localisés avec exactitude bien que les

[108] Chergui (1998). Entretien et conservation du patrimoine religieux durant la période ottomane. Cas de la grande mosquée. Vol illustrations, p 13 et 14.
[109] Comelin (1720), idem et Golvin (2003) idem
[110] Chesneau (1892), op.cit, p 8

différentes descriptions en en citent mais certains édifices endommagés ont été signalés, tels que la grande mosquée, les palais *Dār 'Azīza* et *Dār al Ḥamrā*, la Casbah ou citadelle.

Cependant suite à la lecture des archives du *Beyt Al-Beylik*, il en est ressorti, un tant soit peu un aperçu sur la localisation exacte de certains édifices mineurs (maisons) et édifices majeurs (mosquées) endommagés ou détruits.

Les constructions qui ont pu être localisées ne donnent pas une image étendue ou globale sur les effets de ce séisme. En fait ce ne sont que les constructions dépendant de l'institution des *habūs* qui apparaissent. Bien qu'elles étaient en 1830 au nombre de 5000 maisons pour Aumérat (1830), elles ne représentent pas la totalité des maisons d'Alger[111]. Les autres maisons sont des propriétés privées dont l'analyse a été impossible. Est-ce que c'est parmi ces dernières que les dommages ont été les plus importants ? Une chose est certaine : l'institution des *habūs* entretenait régulièrement ses biens immobiliers (grâce aux fonds récoltés par les donations), ce qui a probablement réduit leur vulnérabilité et augmenté leur résistance. De ce fait la gestion des biens immobiliers d'Alger par le *Waqf* a contribué considérablement à la préservation de son cadre bâti.

Les problèmes liés à la localisation de ce séisme sont toujours posés car il est survenu bien avant l'ère instrumentale. Les paramètres qui peuvent soumettre une localisation sont très limités. Ce sont en général l'étendue de la catastrophe, l'importance des dommages ainsi que les phénomènes géologiques liés aux séismes tels que les glissements de terrain. Certes, quelque uns de ces phénomènes ont eu lieu tel le glissement de terrain à Ouamri qui a entraîné dans son sillage fermes et végétations mais les intempéries qui prévalaient durant cette période laissent l'attribution de cet épicentre peu fiable. Une approximation de localisation a été proposée. L'épicentre pourrait être situé dans l'Atlas Mitidjien car les failles renversées sont disposées le long du Bassin de la Mitidja. Et les dommages évoqués sont localisés à 2km 800 au sud ouest d'Alger.

L'intensité macrosismique attribuée à ce séisme et au vu du type et du degré de dommages atteindrait I=IX. Il y a eu plusieurs édifices publics endommagés et le type de dommage variait de la simple fissure à la destruction totale. Il n'a pas été possible même en consultant les archives de *Beyt al-beylik* d'avoir un grand nombre de maisons détruites. Le chiffre de 200 maisons détruites annoncé par Ambraseys et Vogt (1988) n'a pu être atteint. Par contre le nombre de maisons qui ont subi des réparations durant cette période est très important.

[111] Une réestimation des bâtiments d'Alger a donné 6800 maisons (Lespes) puis 4000 par (Klein). Toujours est-il qu'au XVIIème siècle Alger comptait selon Haedo 12 200 maisons, puis Venture de Paradis réestime ce chiffre à 5000 maisons à Alger.

Bien qu'aucun détail précis n'a été donné sur la nature des réparations, les degrés de dommages ont été quantifiés par rapport aux dépenses effectuées.

Depuis 1716, les différents tremblements de terre qui ont affecté Alger n'ont en fait pas provoqué de sérieux dommages sur le cadre bâti. Ce séisme a engendré une innovation constructive qui a permis aux habitants d'*Al Djazāir* de réparer, de renforcer et de reconstruire en tenant compte de certaines techniques sismo-résistantes. Selon Chesneau (1892) il est dit que c'est suite à ce séisme que le Dey gouverneur a imposé à la population de construire en utilisant des techniques sismo-résistantes.

Au courant de cette recherche, aucun document officiel de l'époque Ottomane n'en fait référence. Ce point reste encore à vérifier. Est-ce sur ordre écrit d'une autorité que ce système constructif a émergé ou alors sur un ordre oral. Ou est-ce par empirisme que ces techniques constructives préventives ont été développées?

Les différentes sources consultées évoquent que la ville a été reconstruite de façon à résister aux séismes futurs, et qu'il y a eu beaucoup de réparations et d'étayement pour consolider les bâtiments non endommagés. Ces techniques constructives sismo-résistantes qui ont été utilisées suite au grand tremblement de terre de 1716 ont été mises en évidence dans ce travail (partie 2, chap 3).

Chapitre 5

La sismicité historique des médinas de Fès et de Tunis

5.1 Introduction :

La sismicité historique de Fès s'est basée essentiellement sur trois catalogues dont dispose le Maroc. Le premier retraçant la sismicité historique du Maroc sur prés de 10 siècles[1], le second présentant le catalogue des plus grands tremblements de terre de la région du Maghreb depuis 1642 à 1980[2] et le dernier couvrant les séismes au Maroc avant 1933[3]. Ces trois catalogues recensent l'ensemble des événements sismiques ayant affecté le territoire marocain. Ils présentent respectivement les séismes de 846-847 jusqu'à 1899, les plus grands événements sismiques des siècles XVIIIème au XXème et ceux de 981 à 1933. Ces différents catalogues ont présenté d'une façon assez précise les événements sismiques qui ont affecté le Maroc.
Fès est une médina qui a subi par le passé des séismes. Son premier tremblement de terre évoqué est celui de 1045 et le tout dernier date de 1867. Depuis la fin du XVIIIème siècle, aucun séisme fort n'a été recensé dans cette médina.

Quant à la Tunisie dont la sismicité est très modérée, elle ne dispose que d'un listing de 2013 événements sismiques classés depuis l'an 412 jusqu'à 2005[4]. Ces différents séismes couvrent tout le territoire tunisien. La médina de Tunis a été peu affectée par les tremblements de terre. Il en est ressorti huit (8) séismes historiques datant de 856 à 1863 dont cinq dépassent une magnitude de 5.5[5]. Les autres incidents se sont produits à Tunis et

[1] Ramdani et all (1989), The present state of knowledge on historical seismicity of Morocco. Pp 257-279 et Azeroual-El Mrabet. T (1991), *Tārīkh al-zalāzil bi Al-Maghrib min 846 ilā 1960*. Thèse d'études supérieures. Université Mohamed V, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines, Département d'Histoire. Rabat, Maroc. 376 p.

[2] Azeroual-El Mrabet. T (2001), *Al-zalāzil al-kūbrā fi al-manṭiqa al-maghāribia wa mukhalafātihā 'alā al-insān wa muḥītihi, min al-qarn al-tāsi' ilā nihāyati al-qarn al-'ichrīn*. Thèse de Doctorat en Histoire. Université Mohamed V. Rabat, Maroc. 435 p.

[3] Roux. G (1934), Notes sur les tremblements de terre ressentís au Maroc avant 1933. Mémoires de la société des Sciences Naturelles du Maroc. N° XXXIX, du 31 Juillet.

[4] STEG, op.cit.

[5] STEG, op.cit, p 1 et Ambraseys (1962), The seismicity of Tunis. Annali Di Geofisica, vol XV- N. 2-3. pp 233-244

surtout dans le Golfe de Tunis entre 1904 et 2004[6]. Donc pour la médina de Tunis seuls les huit premiers séismes feront l'objet de cette étude.

5.2 Les tremblements de terre de Fès de 1045 à 1867 :

(1) **880 (inc. 29 Shawāl 267) DM, I= VIII**

Source 1 : 'Alī Ibn Abī Zār' (1326) **tnc**

Source 2 : Beaumier (1860)

Catalogue : -

Dans la traduction de *Rawḍ al Qirṭās* [7]le séisme de 880 est évoqué par ce qui suit :
« *Dans la nuit du jeudi 29 chouel il y eut un terrible tremblement de terre, comme on n'en n'avait jamais ressenti de mémoire d'homme. Les palais furent détruits jusque dans leurs fondements. Les habitants des villes s'enfuirent dans les campagnes, et la plus part des maisons furent renversées. Les oiseaux, eux même abandonnant leurs nids et leurs petits se tirent dans les airs jusqu'à la fin du désastre. Les secousses les plus violentes se firent sentir en même temps dans l'Adoua depuis Tlemcen jusqu'à Tanger, dans toute l'Andalousie, dans les montagnes aussi bien que dans les plaines de tous les pays y compris entre la mer Al-Chami (mer de Syrie, méditerranéen) et le Maghreb al-aksa (extrême occident) ; néanmoins personne ne périt, tant est grande la bonté de Dieu pour ses créatures* ».

Ce séisme semble avoir détruit les palais et les maisons de Fès. Il a été fortement ressenti dans cette médina mais aussi à Tanger. Il n'a engendré aucun décès de la population. Selon *Ibn Abī Zār'*, cette secousse a été également ressentie dans une grande partie du territoire maghrébin de Tlemcen à l'extrême occident du Maghreb et même dans la mer Méditerranée jusqu'aux côtes syriennes. Son intensité pourrait être estimée à I=VIII vu qu'il y a eu destruction de grands et petits édifices (palais et maisons).

[6] STEG, op.cit pp 1-42
[7] Abī Zār' (1326). *Rawḍ al Qirṭās*. Histoire des souverains du Maghreb et annales de la ville de Fès. Traduction Beaumier (1860), pp 87-88

(2) **1045-46 (inc. 437) DM, I= VII**

Source 1 : anonyme (auteur décédé en 1842) **Ms**

Source 2 : -

Catalogue : El Mrabet (1991)

Un manuscrit arabe rédigé par un auteur anonyme décrit les effets de ce séisme par ce qui suit :

"و في سنة سبع و ثلاثين و أربع مائة زلزلت الأرض بمدينة فاس بالليل زلزلة عظيمة ؛ تهدمت منها الديار و مات من شدتها ناس"[8]

Traduit par :

Une nuit de l'année 437, la terre a fortement tremblé dans la ville de Fès. La force de cette secousse a détruit des maisons et provoqua la mort de plusieurs personnes.

Ce tremblement de terre détruisit beaucoup de maisons à Fès et plusieurs personnes périrent. L'intensité qui pourrait lui être attribuée est de l'ordre de I= VII car, mis à part les maisons, aucun édifice majeur n'a été détruit.

Cet événement est évoqué par El Mrabet[9], mais aucune information supplémentaire sur la localisation et le type de dommage n'est rajoutée.

(3) **1408 (inc. 811) d, I= VII**

Source 1: Ibn Al-Qāḍhī (décédé en 1616) **tnc**

Source 2: Hadji (1976)

Catalogue: El Mrabet (1991 et 2001)

La transcription par Hadji (1976) du manuscrit d'Ibn Al-Qāḍhī résume cet événement sismique dans ce qui suit:

"و في ذي الحجة منها حدثت زلزلة تزلزل منها دور كثيرة و أبراج من سور البيرة"

Ibn Al-Qāḍhī[10] évoqua le tremblement de terre à Fès où plusieurs forts du rempart de Al-Bīra ainsi qu'un grand nombre de maisons se sont effondrés[11].

[8] Anonyme (décédé en 1842). *Nab'ḍa min tārīkh al maghrib.* Ms n° 2152 *Kh 'A*, (*al Khazīna al 'Alawiya*), Rabat, f° 118.

[9] El Mrabet-Azeroual (1991), op.cit p 214

[10] *Ibn Al-Qāḍī A* (décédé en 1616/1025), *Laq't al-farāid min haqāiq al-fawāid. Madjmū' alf sana wafayāt.* Ed Mohamed Hadji (1976). p 237.

[11] El Mrabet (1991), p 65 et (2001), p 91.

L'intensité suggérée pour ce séisme est I=VII, car il n'y a pas eu de dommages sur les grands édifices mis à part la destruction des murs du rempart Al-Bira.

(4) **22 Septembre 1522 D, I=VIII**

Source 1: Manuscrit de Constance (Archives allemandes) **tnc**

Source 2 : -

Catalogue : G. Roux (1934), Ramdani et all (1989), El Mrabet (1991 et 2001)

Selon Ramdani (1989), ce séisme n'a pas du tout été évoqué dans les sources arabes car durant le XVIème siècle, le Maroc menait une activité intellectuelle très décadente qui a influencé sur la rareté de la production d'ouvrages. De plus il y avait en ce temps là d'incessantes guerres entre l'Espagne et le Portugal qui ont également influencé négativement sur la production intellectuelle[12]. Les informations récoltées au sujet de ce séisme se trouvent concentrées dans les archives allemandes et espagnoles dont Ramdani (1989) et El Mrabet (1991 et 2001) ont fait mention.

En effet d'après El Mrabet, ce séisme affecta une grande partie du nord marocain. Ses dommages s'étendirent sur trois localités Badis-Ghemara, Tétouan et Fès. Concernant cette dernière ville, une grande partie de la médina fut détruite y compris les villages avoisinants. Les dommages se sont étendus sur une distance de 160 Km de la ville de Fès. Un très grand nombre de personnes décédèrent sous les décombres[13].

Les archives municipales de Constance, évoquent que ce séisme eut lieu durant l'époque des vendanges dans le royaume et la ville de Fès. Cette ville qu'ils considèrent aussi importante que Cologne (grande), fut complètement détruite et un grand nombre de sa population mourut. Dans le même royaume, un palais fort situé sur la côte a été détruit[14].

Une intensité de I=VIII a été proposée pour ce séisme car Fès fut complètement détruite et un grand nombre de sa population mourut.

[12] Ramdani (1989), op.cit, p 259.
[13] Roux (1934), op.cit, p 46. El Mrabet (1991), op.cit, p 67 et (2001), op.cit, p 93.
[14] Archives Municipales de Constance, collection des manuscrits et chroniques, in El Mrabet (1989), p 221.

(5) **1571 (inc 979) S, I= IV**

Source 1 : *Al Zayānī* (1833) **Ms**

Source 2 : -

Catalogue : El Mrabet (1991)

Dans le manuscrit d'*Al Zayānī*[15], ce séisme est évoqué par :

" و في عام تسعة و سبعين و تسعمائة وقعت زلزلة عظيمة بفاس، و نار بمراكش بدار البارود هلك بسببها خلق كثير".

Traduit par :

Durant l'année 979, un tremblement de terre a fortement secoué Fès, et un incendie a éclaté dans l'armurerie de Marrakech ce qui provoqua la mort d'un grand nombre de personnes.

Ce séisme semble être de faible intensité. Il n'a engendré apparemment aucun dommage. Il a seulement été ressenti. Son intensité par conséquent pourrait être estimée à I= IV puisque aucun dégât n'a été enregistré ni évoqué.

(6) **1586 (inc 994-95) S,**

Source 1 : *Ibn Abī Maḥalī* (décédé 1613) **Ms**

Source 2 : -

Catalogue : El Mrabet (1991)

Ce séisme fut évoqué seulement par *Ibn Abī Maḥalī* qui dit à ce sujet[16] :

" و قد كنت ليلة علي سطح مدرسة العطارين بفاس زمن القراءة .....فمال سطح بمن فيه حتى فري الجميع خوف سقوطه فكنت من جملة من فزع معهم ، ثم هبطت إلى الطبقة السفلى و أخبرت بعض من كان تحتنا يومئذ و هو ابو عبد الله المديوني فقال ما شعرنا بذلك فظننا موعظة خاصة بمن كان فوقه و الله اعلم."

Traduit par :

Je me trouvais ce soir là le temps d'une lecture sur le terrasse à la medersa des *'Aṭārīn* de Fès .....Le plancher a vacillé, craignant sa chute, toute personne s'y trouvant, y compris moi avaient fui. D'après *Abū 'Abd Allāh al Mad'yūnī*, personne n'a ressenti ce mouvement au rez –de-chaussée.

[15] Al Zayānī abū al Qāsim. *Al tūrjūmān al maghrib 'an dūwal al mashriq wa al maghrib*. Ms n° 685 Kh 'A (Al Khazina al 'Alawiya), f° 351

[16] Ibn Abī Maḥalī. *'Aḍ ra' al wassāil wa haūdaj al rassāil al aṣlab*. Ms Kh Ḥ (al Khazīna al Ḥassaniya), n° 100, f° 144 et El Mrabet (1991) op.cit p 227.

Il semble que ce séisme ne fut pas ressenti au rez de chaussée de la medersa des *'Aṭārīn*. Ce qui tend à dire que c'est un séisme de très faible intensité. De plus aucun dommage n'a été évoqué.

(7) **11 Mai 1624 (inc. 23 Radjab 1033) rMGDdFSg, I= IX**

Source 1 : Al-Fāssī Abd al Qāder (1599-1680) **tnc,** Al-Fāssī Abd Allah (décédé en 1678) **Ms,** Ibn Danan (1624 et1768) **tnc,** Al Qādirī (décédé en 1773) a et b **tnc**
Source 2 : Vajda (1948), Hadji et Tewfiq (1977), Al-Qāsimī (1983)
-Catalogue : Roux (1934), Ramdani et all (1989), El Mrabet (1991 et 2001)

C'est dans une lettre adressée à quelques uns de ses parents qu' Al Fāssī Abd al Qāder décrit cet important événement sismique survenu le 21 mai 1624 à Fès[17] :

"و من حوادث السنة وقعت زلزلة عظيمة عند آذان الصبح يوم السبت الثالث و العشرين من رجب عام الترجمة و هو ثلاث و ثلاثون و ألف، فصدعت بها الجدار ان بفاس، و سقطت الديار، و مات تحت الردم خلق كثير لا يحصى عددهم و لم يسلم من الديار الا القليل، بل الذي لم يسقط منها عزم على السقوط لتفطر جدرا ته، و الناس آخذون في الهدم لما بقي لها يخشون من سقوطه عليهم. و الحاصل أن هذه البلدة يعني فاس خربت ديارها و انقطعت طرقها بالهدم . فمن الناس من مات هو و أولاده و أهل داره و لم يسلم منهم احد، و منهم من خرج من تحت الردم جريحا و كسيرا إلى غير ذلك من الآفات التي لم يشاهد مثلها. وقد كادت الأرض أن تنقلب لولا تدارك الله تعالى بلطفه. و وقع هذا الأمر بمكناسة الزيتون و بتازة و بني ورياجل و ببني زروال. انتهى من رسالة سيدي عبد القدر الفاسي لبعض أقاربه."

Traduit par :

Des événements de cette année, il eut un fort tremblement de terre le samedi 23 *radjab* 1033, très tôt le matin au moment de la prière du *fadjr.* Les murs se sont fissurés et les maisons se sont écroulées. Un grand nombre de personnes périt sous les décombres. Il ne reste des maisons que très peu, même les constructions dont les murs sont en mauvais état se sont effondrées. La population s'est mise à détruire ce qui leur restait des maisons par crainte de leur effondrement. En somme cette ville de Fès est complètement détruite et ses rues sont obstruées par les débris. Certaines familles ont péri et personne n'échappa à ce désastre. D'autres par contre sont sorties blessées d'en dessous les décombres. La terre a failli se renverser si ce n'est par la grâce de Dieu. Ce même phénomène arriva aussi à

[17] Al-Fāssī AEK (1599-1680), *Rissāla li ba'dhi aqāribihi.* Transcrite par Al-Qādirī dans *Nashr al-mathānī li ahl' al-qarn al-ḥādi wa al-thānī a'shar'.* Nouvelle édition annotée par Hadji et Tewfik (1982). Ed Al-Nadjah. Casablanca, Maroc. V 1, p 261.

Mekhnès, Taza, Beni Zerūal et Beni Waryāghel. Cette lettre est de *Sīdī 'Abd al Qāder al Fāssī* à quelques-uns de ses parents.

Quant à Al Fāssī Abd Allah, il rapporte ce qui suit[18]:

"اجوز في الطرقات و انقسمت المدينة حتى لم يجد أحدا ممرا و يصبح الرد ومات يشير إلى الزلزلة التي وقعت بعد موت الشيخ أبو عبد الله عمر بن حكيم الأندلسي في أخر جمادى الأولى أو في الثانية من سنة سبع و عشرين و ألف"

Traduit par :

Je traverse les rues, la ville est coupée en deux et personne n'arrive à se frayer un passage à travers les décombres. Il est mort en faisant référence au séisme qui est arrivé après le décès du Shaykh *Abū 'Abd Allāh Umar Ibn Hakīm al Andalusī* à la fin de *jumada al ūlā* ou al thānya de l'année 1027.

Et Al Qadirī évoqua ce séisme par ce qui suit[19] :

"وقعت زلزلة عظيمة عند آذان الصبح يوم السبت ثالث و عشرين من رجب. سقط بها كثير من الديار. ومات من تحت الردم خلق كثير لا يحصون. ولم يبق من الديار إلا ما عزم على السقوط، و انقطعت الطرق، ولم يرى مثلها فكادت لأرض أن تنقلب بمكناسة و تازة وبني وریاغل ونبي زروال. تحققناذلك بالنقل الصحيح و أمرها عظيم جدا، ومن ردمها نشأت الكدية التي عن يمين الخارج من باب الجيسة لكثرة ما اخرج الناس من التراب المتهدم بها، لان جبل زالغ والوطى الذي أمامه كان يظهر من قوس باب الجيسة فيما يقال."

Traduit par :

Un grand tremblement de terre arriva le samedi 23 *radjab* au moment de la prière du matin. Plusieurs maisons sont détruites. Un nombre incalculable de personnes sont restées ensevelies sous les décombres. Il ne reste des constructions que celles qui risquent de s'effondrer. Les rues ont été obstruées. Il n'a jamais été vu pareille chose. La terre a failli s'ouvrir à Mekhnès, Taza, Beni Zerūal et Beni Waryāghel. On s'est renseigné et c'est la vérité qu'on évoque. Il y eut tellement de décombres qu'un important monticule s'est formé du côté droit extérieur de la porte Djissa. Ces décombres ont été évacuées par la population qui a déblayé ce qui a été détruit. Il est dit que ces décombres ont obstrué la vue à partir de l'arc de bāb Djissa et qui donnait sur djebel Zāllegh et la plaine.

[18] Al Fāssī 'Abd Allāh (décédé en 1678). *Al I'lām liman ḥadhara wa min ahl al qarn al ḥādī 'ashar.* Ms n° 1080 k. Bibliothèque Royale du Maroc, Rabat, f° 371-372

[19] Al Qādirī (décédé en 1773), (a)*Nash'r al-mathānī li ah'l al-qarn al-ḥadī wa al-thānī 'ashar.* Nouvelle édition de Hadji M. et Tewfik A (1982). Imprimerie Al-Najah. Casablanca, Maroc. V 1, p 261. et (b) *Iltiqāt al ḍarar wa mūstafād al mawā'id wa al 'ibar min akhbār wa a'yān al-mia al-ḥādī wa al-thānī 'ashar.* Transcrit par Al Qāsimī (1984). Ed Dar Al-Maghreb, Rabat, p 427

Mekhnès, Taza, Beni Zerūal et Beni Waryāghel. Cette lettre est de *Sīdī 'Abd al Qāder al Fāssī* à quelques-uns de ses parents.

Quant à Al Fāssī Abd Allah, il rapporte ce qui suit[18]:

"اجوز في الطرقات و انقسمت المدينة حتى لم يجد أحدا ممرا و يصبح الرد ومات يشير إلى الزلزلة التي وقعت بعد موت الشيخ أبو عبد الله عمر بن حكيم الأندلسي في أخر جمادى الأولى أو في الثانية من سنة سبع و عشرين و ألف"

Traduit par :

Je traverse les rues, la ville est coupée en deux et personne n'arrive à se frayer un passage à travers les décombres. Il est mort en faisant référence au séisme qui est arrivé après le décès du Shaykh *Abū 'Abd Allāh Umar Ibn Hakīm al Andalusī* à la fin de *jumada al ūlā* ou al thānya de l'année 1027.

Et Al Qadirī évoqua ce séisme par ce qui suit[19] :

"وقعت زلزلة عظيمة عند آذان الصبح يوم السبت ثالث و عشرين من رجب. سقط بها كثير من الديار. ومات من تحت الردم خلق كثير لا يحصون. ولم يبق من الديار إلا ما عزم على السقوط، و انقطعت الطرق، ولم يرى مثلها فكادت لأرض أن تنقلب بمكناسة و تازة وبني ورياغل ونبي زروال. تحققناذلك بالنقل الصحيح و أمرها عظيم جدا، ومن ردمها نشأت الكدية التي عن يمين الخارج من باب الجيسة لكثرة ما اخرج الناس من التراب المتهدم بها، لان جبل زالغ والوطى الذي أمامه كان يظهر من قوس باب الجيسة فيما يقال."

Traduit par :

Un grand tremblement de terre arriva le samedi 23 *radjab* au moment de la prière du matin. Plusieurs maisons sont détruites. Un nombre incalculable de personnes sont restées ensevelies sous les décombres. Il ne reste des constructions que celles qui risquent de s'effondrer. Les rues ont été obstruées. Il n'a jamais été vu pareille chose. La terre a failli s'ouvrir à Mekhnès, Taza, Beni Zerūal et Beni Waryāghel. On s'est renseigné et c'est la vérité qu'on évoque. Il y eut tellement de décombres qu'un important monticule s'est formé du côté droit extérieur de la porte Djissa. Ces décombres ont été évacuées par la population qui a déblayé ce qui a été détruit. Il est dit que ces décombres ont obstrué la vue à partir de l'arc de bāb Djissa et qui donnait sur djebel Zāllegh et la plaine.

[18] Al Fāssī 'Abd Allāh (décédé en 1678). *Al I'lām liman ḥadhara wa min ahl al qarn al ḥādī 'ashar.* Ms n° 1080 k. Bibliothèque Royale du Maroc, Rabat, f° 371-372

[19] Al Qādirī (décédé en 1773), (a)*Nash'r al-mathānī li ah'l al-qarn al-ḥadī wa al-thānī 'ashar.* Nouvelle édition de Hadji M. et Tewfik A (1982). Imprimerie Al-Najah. Casablanca, Maroc. V 1, p 261. et (b) *Iltiqāṭ al ḍarar wa mūstafād al mawā'īd wa al 'ibar min akhbār wa a'yān al-mia al-ḥādī wa al-thānī 'ashar.* Transcrit par Al Qāsimī (1984). Ed Dar Al-Maghreb, Rabat, p 427

Les archives de la famille *Ibn Danān* (1624) révèlent d'autres informations concernant ce séisme[20] :

« Dans la nuit du vendredi à samedi, 22 Iyyār 5384 (1/11 mai 1624), avant l'aube, se produit un grand tremblement de terre, comme nous n'en avons jamais connu, ni nous, ni nos pères. Plusieurs maisons s'écroulèrent. Mais Dieu fit miracle en notre faveur : un grand pan de mur tourné du côté du marché s'abattit ; si cela s'était produit pendant la journée, de nombreuses personnes auraient péri. L'écroulement de ce mur endommagea fort toute la maison. Beaucoup de maisons s'écroulèrent dans le Mellāḥ, mais, Dieu merci, on n'eut à déplorer aucune victime. A Fès–la-Neuve, onze Musulmans périrent ; à Fès-la-vieille, il y eut plus de 'quinze cents morts. La muraille de ce (?) Mellāḥ se fendit de part en part….. »

Une autre relation plus brève émanant du rabbin *Maymūn ben Sa'dya Ibn Danān* transcrite dans un autre manuscrit de cette même famille et dont l'auteur est décédé en 1768 évoque ceci :

« La veille du Sabbat, 22 Iyyār 1624, arriva un miracle tel qu'on n'en vit jamais (dans le passé) ni dans notre génération ; c'est que Dieu fit distinction entre Israël et les Gentils. Il y eut un grand tremblement de terre, broyant les montagnes et brisant les rochers, qui dura environ une grande heure, peu avant le lever du soleil. Par décision du Tribunal de Dieu, de grandes maisons solidement construites s'écroulèrent pour ne jamais se relever de leurs ruines. Plus de deux milles cinq cents personnes périrent à Fès-la-Vieille, outre d'innombrables enfants et leurs maisons sont devenus leurs sépultures, alors que les israélites n'eurent aucune perte à déplorer ».

Ce séisme eut lieu le 23 *radjab* de l'année 1033 au moment de la première prière du jour *ṣalat al fadjr*. A Fès un grand nombre de personnes périt et plusieurs autres étaient sorties blessées de sous les décombres[21] car la plupart dormaient encore. Toutes les maisons se sont fissurées et plusieurs autres se sont effondrées, obstruant ainsi les rues. Il est dit que celles qui avaient les murs fendus, se sont complètement écroulées[22]. Ayant pris peur des conséquences de ce séisme, la population dont les maisons se sont sérieusement endommagées, a pris la décision d'abattre ce qui risquait de s'effondrer. La quantité de

[20] Ibn Danan (1624). Ms. Textes judéo-arabe, année 5324, texte n°XV. Traduit par Vajda (1948), in Hesperis Tamuda, vol XXXV, pp 346-348.
[21] Al-Fassi in Al-Qadiri (nash'r), op.cit, V 1, p 261.
[22] Tadili et all (1989) op.cit p 259 et El Mrabet (1991), op.cit, p 77 et (2001), op.cit, p 99-101.

décombres déblayés et déposés en dehors de la ville du côté de la porte *Al-Djissa*[23] a crée un monticule qui obstrua la vue vers *Djebel Zālāgh* et la plaine[24]. Ceci laisse supposer que c'est surtout dans cette partie de la médina que les dommages ont été les plus importants.
Dans le quartier juif *Al-Mellāḥ* les constructions ont été sérieusement endommagées et une grande partie de la muraille du *sūq* a été détruite. Il est également évoqué l'endommagement des grandes constructions solides.
Les pertes humaines lors de ce séisme sont importantes. On dénombra 11 victimes à *Fès Al Djadīd* et 1500 victimes à *Fès Al-Bālī*[25]. Selon Ibn Danān[26] le nombre de victimes est beaucoup plus important. Il l'estime à plus de 2500 morts à *Fès Al-Bālī* avec un nombre important d'enfants morts ensevelis sous les décombres des maisons détruites, tandis qu'aucun juif n'a péri.
L'intensité de ce séisme a été estimée à IX sur l'échelle MSK car Fès est la ville la plus endommagée dans la région[27]. Les autres villes de la province de Fès telles que Salla, Mekhnès, Taza, Sefrou, Badis-Ghemara, Beni Weryaghal et Beni Zerwal ont subi des dommages relativement légers. Ce séisme affecta même la côte espagnole[28].
Ce séisme est bien documenté et il semble faire partie des plus importants événements ayant affecté Fès. L'intensité qui pourrait être attribuée à ce séisme est I= IX, car il est considéré comme une importante catastrophe et l'un des plus importants séismes qu'ait connu Fès durant le XVIIème siècle.

(8) **1er Novembre 1755 (inc. 26 Mūḥarram 1169) RrMGgDdFS, I= IX**

Source 1 : *Al Qādiri* (décédé en 1773), *Al Naṣirī* (décédé en 1897)
Source 2 : *Al Qāsimī* (1983), Morsy (1975)
Catalogue: Roux (1934), Tadili et al. (1989), El Mrabet (1991 et 2001),

Parmi les sources arabes, *Al Qādiri*, un *'ādel* (notaire) contemporain à l'événement évoque les incidences de ce séisme dans ce qui suit [29]:

[23] La porte Al-Djissā ou Al-Kissa, est l'une des portes de Fès qui fut construite par l'Emir Al-Zenāti A'djissā lors de la construction de l'enceinte de la A'dwa des Qaraouiyine. Voir aussi Zahrat Al-A'ss, p 46.
[24] Al Qādirī (décédé en 1773), Iltiqāṭ al-dūr wa mūstafād al-mawā'iḍ wa al-i'bar min akhbār al-miata al-ḥādi a'shar wa al-thānī a'shar. Manuscrit kh. Ḥ, N° 122, *f* 28 , et Transcription annotée par Al-Fāssī (1983), p 83.
[25] Al-Qadiri (nash'r), ibid.
[26] Ibn Danan op.cit et El Mrabet (1991), op.cit, p 79.
[27] Roux G (1934), op.cit, p 47-48.
[28] Tadili (1989) op.cit p 260 et El Mrabet (1991), op.cit, p 82 et 232.
[29] Al Qādiri (Iltiqāṭ), op.cit pp 429-427 et Al Qādiri (nash'r), op.cit pp 114-113

" وفي ضحوة يوم السبت السادس و العشرين من المحرم وقعت زلزلة ارتجت الأرض بها ارتجاجا فاهتزت أولا ثم مالت مشرقا و مغربا، و بقيت تضطرب ، و سمع نحو صوت من الأرض يشبه اسم صوت يشبه صوت الرحى التي تدرج بالأزقة و قدر ما بين اهتزازها و سكونها نحو "درج و نصف الدرج" بتقريب، و سمعنا من يقول اضطرب الماء في الصهاريج حتى فاض على البيوت و تغيرت العيون و وقف الماء من الأودية و سقط بعض الدور، فمن لطف الله ان لم يمت بفاس إلا إنسانان أو ثلاثة، و سقط التراب و اللبن من غالب الدور و تصدعت الحيطان و تعيبت، و اخذ الناس في هدم ما عاب منها خيفة سقوطه عليهم، و فزع الناس الفزع الشديد و روا من الحوانيت و تركوها من غير غلق وعطلت المكاتب و الاطرزة و الأسواق، و تدارك الله تعالى خلقه بلطفه وعفوه.....ثم مضى نحو ستة و عشرين يوما ، فوقعت زلزلة أخرى بعد صلاة العشاء شديدة جدا اشد من الأولى بكثير إلا أنها لم تطل بل هدنت بسرعة، فسقطت دور من فاس و اشتد روعهم، فورد الخبر بان غالب دور مكناسة و قصورها انهدمت، و أنهدم كل صوامعها إلى أساسها و كثير من مسجدها الأعظم و مسجد قصبة السلطان الأعظم، و كثير من المساجد. و مات بالهدم خلائق كثير أحصى منها نحو عشرة ألاف، و من لا يحص، لا يعلمه إلا الله تعالى، و وقع بها أمر هائل، و خرج من بقي بها إلى الفضاء، و ضربوا الفساطيط و أقاموا بها أياما، و لولى أن "حاكمها ألمخزني" منعهم من الخروج منها عن أمر قاضيها الشيخ الفقيه "أبي القاسم بن سعد العميري" لخلت و بقيت براحا، ثم لما طال الحال و تنوسي بعض ذلك زال روع الناس و رجعوا لها، و اخذوا في تخميل التراب من الدور و البحث عن الأمتعة، و تمول من ذلك قوم و افتقر آخرون، ثم اخذ الناس في البناء، و أصلح السلطان مسجدها الأعظم و صومعتها كما كانت و أما أهل فاس لما ورد عليهم هذا الخبر اشتد روعهم و قصدوا" البراحات" و المساجد مدة ثم هدءوا، و كان من لطف الله بفاس أن لم يتهدم الكثير من دورها، و لم يمت بها إلا القليل، و لكن تعيب كثير من جدرانها."

Traduit par :

Dans la matinée du samedi 26 *mūharram* un tremblement de terre dont les secousses ont été importantes se fit sentir. La terre a été fortement secouée puis elle oscilla d'est en ouest et ne cessa d'être secouée durant près d'une minute et demie. Un bruit sourd accompagna cette secousse. Il est dit que le cours des eaux a été perturbé dans les rivières ainsi que dans les fontaines. Les bassins d'eau se sont déversés dans les maisons. Quelques maisons sont détruites et par la grâce de Dieu il n y eut qu'une ou trois personnes qui ont péri. Les murs des constructions se sont fissurés et la population entama la destruction de ce qui risquait de s'effondrer. La terreur et la panique ont gagné la population qui a déserté commerces, librairies, et sūqs sans les fermer. Puis après 26 jours une autre plus forte secousse se fit sentir après la dernière prière de la journée (*salāt al 'ishā'*) mais ne dura pas longtemps. Des constructions se sont effondrées. Il est arrivé l'information que Mekhnès est sous les décombres, maisons, palais et mosquées : tout a été détruit. Les minarets des plus importantes mosquées (la grande et celle de la casbah) se sont complètement détruits. Les morts ne se comptent plus, une dizaine de milliers ou plus. Par crainte, la population quitta la ville et campa en dehors. Quelques temps après la catastrophe, lorsqu'il n'y eut plus de risque, la population regagna la ville et commença à déblayer et reconstruire. Le gouverneur

de la ville entama la réparation des fissures et la reconstruction du minaret de la grande mosquée.
Quant à la population de Fès, elle se réfugia dans les mosquées priant le bon Dieu. Et heureusement et par la grâce de Dieu qu'à Fès, on ne déplore pas beaucoup de destructions et de victimes. Mais la ville a quand même eu beaucoup de murs lézardés.

Selon des sources européennes, des témoignages d'époque représentés par deux documents authentiques : une dépêche du gouverneur de la forteresse britannique de Gibraltar[30], dont la description est objective, et un document publié sans date ni lieu évoquant l'horreur de ce cataclysme dans plusieurs villes du Maroc établis probablement par une relation de voyage[31].

D'après la dépêche du Gouverneur anglais on lit ce qui suit:
"Fez vast number of houses fell down and great many people were buried under the ruins. At the Seloges (a place were Barbarians live not far from Fez) a mountain broke open and stream issued out as red as the blood."

"Fez and Mequinez.- on the 18th November there happened another earthquake, which was more violent than the first, and lasted till break of day the 19th during which time great number of houses fell down at Fez, many people of both sexes were buried under their ruins, and as to Mequinez there are but few houses left standing, the people killed by the falling of houses besides the wounded are numberless, and in the part of the town called the Jews' habitation only eight people were saved."

La relation de voyage évoque ce qui suit :
« A Fès le tremblement de terre que l'on y essuya les 18 et 19, renversa les édifices et les maisons des trois villes dont cette capitale est composée, et ensevelit sous les ruines plus de trois milles personnes.»[32]

[30] Manuscrit (anglais). Account of the earthquake that happened in Barbary on the 1st, 15th and 19th November 1755. Archives de Gibraltar. Bublic Record Office n° C.0.91/12. In Morsy (1975). Le tremblement de terre de 1755 d'après des témoignages d'époque. In Hesperis Tamuda n° XVI, Rabat, Maroc, pp 89-98.
[31] Anonyme (sans date). Des terribles ravages occasionnés en Afrique par le cruel tremblement de terre qui a détruit la plus grande partie du Royaume de Maroc : avec un détail de tout ce qui s'est passé du 1er novembre jusqu'à présent. Plaquette 4 feuilles, n° $0^3$312. BNF, Paris. Et Morsy (1975). Le tremblement de terre de 1755 d'après des témoignages d'époque. In Hesperis Tamuda n° XVI, Rabat, Maroc, pp 89-98.
[32] Anonyme (sans date) op.cit f° 3, Morsy (1975) op.cit p 94

de la ville entama la réparation des fissures et la reconstruction du minaret de la grande mosquée.

Quant à la population de Fès, elle se réfugia dans les mosquées priant le bon Dieu. Et heureusement et par la grâce de Dieu qu'à Fès, on ne déplore pas beaucoup de destructions et de victimes. Mais la ville a quand même eu beaucoup de murs lézardés.

Selon des sources européennes, des témoignages d'époque représentés par deux documents authentiques : une dépêche du gouverneur de la forteresse britannique de Gibraltar[30], dont la description est objective, et un document publié sans date ni lieu évoquant l'horreur de ce cataclysme dans plusieurs villes du Maroc établis probablement par une relation de voyage[31] .

D'après la dépêche du Gouverneur anglais on lit ce qui suit:

"Fez vast number of houses fell down and great many people were buried under the ruins. At the Seloges (a place were Barbarians live not far from Fez) a mountain broke open and stream issued out as red as the blood."

"Fez and Mequinez.- on the 18th November there happened another earthquake, which was more violent than the first, and lasted till break of day the 19th during which time great number of houses fell down at Fez, many people of both sexes were buried under their ruins, and as to Mequinez there are but few houses left standing, the people killed by the falling of houses besides the wounded are numberless, and in the part of the town called the Jews' habitation only eight people were saved."

La relation de voyage évoque ce qui suit :

« A Fès le tremblement de terre que l'on y essuya les 18 et 19, renversa les édifices et les maisons des trois villes dont cette capitale est composée, et ensevelit sous les ruines plus de trois milles personnes.»[32]

[30] Manuscrit (anglais). Account of the earthquake that happened in Barbary on the 1st, 15th and 19th November 1755. Archives de Gibraltar. Bublic Record Office n° C.0.91/12. In Morsy (1975). Le tremblement de terre de 1755 d'après des témoignages d'époque. In Hesperis Tamuda n° XVI, Rabat, Maroc, pp 89-98.

[31] Anonyme (sans date). Des terribles ravages occasionnés en Afrique par le cruel tremblement de terre qui a détruit la plus grande partie du Royaume de Maroc : avec un détail de tout ce qui s'est passé du 1er novembre jusqu'à présent. Plaquette 4 feuilles, n° $0^3$312. BNF, Paris. Et Morsy (1975). Le tremblement de terre de 1755 d'après des témoignages d'époque. In Hesperis Tamuda n° XVI, Rabat, Maroc, pp 89-98.

[32] Anonyme (sans date) op.cit f° 3, Morsy (1975) op.cit p 94

Les mémoires de Marcus Berg, un prisonnier suédois à Fès à l'époque du roi *'Abd Allah,* donnent une quantité d'information sur ce séisme[33]. Il dit qu'il était malade et alité en ce jour de catastrophe. Ils ont été secoués (parlant des prisonniers et lui) par un tremblement de terre le premier novembre 1755 à 10 h du matin. Les secousses étaient tellement fortes que les gens ne tenaient plus debout. Ils vacillaient d'un côté à l'autre. Un bruit assourdissant s'est accompagné de cette secousse et la terre s'entrouvrit en plusieurs endroits laissant jaillir une eau saumâtre. Les murs de la prison se sont effondrés et beaucoup de maisons ont été sérieusement endommagées. Dans la partie haute de Fès, plusieurs maisons ont été détruites et plusieurs décès ont été enregistrés (22 hommes et une femme). Tandis qu'à l'intérieur de Fès, une seule maison s'est effondrée. Un vieux fort situé en dehors de Fès s'est complètement écroulé. Les cours d'eau ont été perturbés et coulaient en dehors de leurs canalisations. Le ciel s'est obscurci et la peur et la panique ont envahi la population tel que les berbères levèrent leurs mains en un geste de fervente prière vers Dieu le remerciant d'avoir épargné leur ville de la destruction. Selon Berg toujours, ils reçurent à la prison quelques jours plus tard, les nouvelles de cette catastrophe qui a non seulement endommagé Fès mais a complètement détruit Meknès et fit plusieurs morts dans cette même ville. Berg fait également état de plusieurs répliques plus ou moins fortes. La première fut ressentie le 16 novembre à 9 h 30min du matin suivie d'une autre à 10 h. Une heure plus tard, une autre secousse beaucoup plus forte détruisit l'enceinte de la prison, provoquant ainsi une frayeur parmi les prisonniers chrétiens qui passèrent la nuit dehors. Quant aux berbères, (s'agissant des Fassis), ils s'enfuyèrent sur les hauteurs de la ville implorant leur Dieu et leur prophète. Le roi *'Abd Allah* se réfugia sous une tente durant 8 jours à partir de la seconde réplique. Le 22 novembre, à 7 h du matin une dernière réplique effraya encore la population de Fès, car la terre fut fissurée.
Les juifs non plus n'ont pas été épargnés par cette catastrophe, ils campèrent sous des tentes en dehors de la ville, pleurant leurs morts tués à Meknès.

Un extrait de la lettre du père Guardian de Meknès[34] au père représentant l'ordre religieux datant du 8 novembre 1755 évoque qu'un dispensaire, une pharmacie, un lieu de consultation médicale appartenant à l'église catholique et une église avaient été détruits à Fès. Il n'y eut à déplorer aucune victime parmi les chrétiens malgré leur nombre à l'intérieur du dispensaire. Les victimes se comptent parmi les musulmans et les juifs.

[33] Berg (1757). Description de l'esclavage Barbaresque dans l'empire de Fez et au Maroc. In El Mrabet 1991, pp 250-252
[34] Copie de la lettre du père Guardian/ Copia de carta escriha por el padre Guardian al padre Procurador de ellas. In El Marbet 1991, op.cit, pp 252-255

Un extrait d'une lettre envoyée de Tétouan pour le père représentant l'ordre religieux datant du 24 novembre 1755 évoque les effets de ce séisme à Fès déclarant[35] qu'un courrier urgent était arrive de cette ville et qu'il annonce l'occurrence du séisme qui a détruit la plupart des deux *'Adūat* suite aux répliques des 18 et 19 novembre. Plus de 3000 personnes sont mortes ensevelies sous les décombres.

Une autre lettre arrivant de Tétouan en date du 15 novembre décrit plus brièvement les mêmes effets[36] . Les deux *'Adūat* de Fès ont subi les mêmes effets de ce séisme. Plusieurs constructions parmi lesquelles des mosquées se sont fissurées et un grand nombre de personnes ont péri surtout celles qui étaient à l'intérieur des mosquées.

Une autre source hispanique[37] relate également cet important événement en invoquant que le 1er novembre 1755, à 10h du matin, les villes de Tanger et Tétouan, les autres villes côtières du Maroc ainsi que Fès, Meknès, et Marrakech et Alger la capitale (en Algérie) ont été secouées par un terrible tremblement de terre jamais ressenti auparavant.
A Fès, la secousse a duré 10 minutes, et a renversé une mosquée et 800 musulmans ont été ensevelis. L'eau des rivières qui sépare en deux la ville et qui fait tourner les 400 moulins est monté et a envahi les deux rives de la ville provoquant beaucoup de dommages. Le tremblement de terre a renversé la plupart des constructions et les habitants ont été ensevelis sous les décombres. Même ceux qui étaient dehors n'y échappèrent pas. L'église a été détruite mais aucun religieux ne décéda. Ils campèrent dans des tentes à l'extérieur de la ville.

Tandis qu'un courrier émanant d'un habitant de Gibraltar (Djebel Ṭāreq) à un de ses amis à Dublin en date du 29 novembre contient quelques informations concernant ce tremblement de terre en Afrique[38]:
La ville de Fès a également subi les effets de ce séisme. Elle a perdu un grand nombre de sa population et une grande partie de ses constructions a été détruite. Une montagne à côté de la ville s'est fendue et de laquelle a jailli une eau rouge comme du sang.

[35] Copie de la lettre du père Guardian, in El Marbet 1991, op.cit, p 255
[36] Relacion veridica de lo ssucedido en las Costas y citudades de Barberia del dominio de Mulay Abdellah ; Emperador de Marruecos con motivo del terremoto acaecido el dia primero de noviembre de este ano de 1755. In El Marbet 1991, op.cit, p 257
[37] Extensa y completa relacion de todo la acaecida de estrado y muertes en el Reyno de Barebria en el passado terremoto. In El Mrabet 1991, op.cit, pp 261-263
[38] Falex Farley's. Bristol Journal 17th-24th 175. In El Mrabet 1991 op.cit p 269.

Dans une relation portugaise de la place de Mazagan, les effets du séisme à Fès sont évoqués[39]. Il est dit qu'un courrier d'urgence est arrivé de Fès annonçant la destruction de la quasi-totalité de la ville par les répliques des 18 et 19 novembre et plus de 3000 personnes ont péri sous les décombres. La population s'est enfuie en dehors de la ville. Plus de 300 maisons ont été détruites à Fès et un grand nombre de personne périrent[40]. Les répliques des 18 et 19 novembre ont provoqué le plus de dommages à Fès telles que les deux *'Adūāt* ne ressemblaient plus qu'à un amas de décombres[41].

Ce tremblement de terre est très bien documenté car il a affecté une grande étendue du territoire méditerranéen. Il a sérieusement endommagé Lisbonne et par la même toute la région nord-ouest du Maroc. Même Fès située à l'intérieur du pays n'y a pas échappé et Alger et Oran en ont ressenti ses effets. Il est appelé le « Grand séisme de Lisbonne ».
Les sources arabes et européennes évoquent de manière détaillée les effets de ce grand séisme au Maroc. Beaucoup de villes situées sur la côte ont été touchées telles que Salé, Asila, Tétouan, Tanger, Safi, Agadir, et Al-Djadida. Il a également affecté les villes situées à l'intérieur du pays comme Fès, Meknès et Marrakech.
La secousse principale eut lieu le 1er novembre 1755 à 10h du matin, dura 10 min et fut suivie de plusieurs répliques les jours suivants (les 16, l8, 19 22 et 26). La médina de Fès subit elle aussi les effets de ce séisme. La secousse principale ne fit pas beaucoup de dégâts, elle détruisit et fissura quelques maisons et ne provoqua que 2 ou 3 décès[42]. Tandis que les répliques des 18 et 19 novembre sont celles qui ont le plus endommagées Fès. En effet elles augmentèrent les dommages dans cette médina où plusieurs maisons se sont fissurées et 300 ont été détruites[43]. Beaucoup d'édifices se sont écroulés, parmi ceux qui ont été cités : l'église, le dispensaire, la pharmacie des chrétiens[44], la mosquée[45] et une partie de l'enceinte de la prison[46] (des 7 m de hauteur, il n'en restait plus que 4). La plupart des sources s'accordent pour dire que les répliques des 18 et 19 novembre sont celles qui ont

[39] Relacao do grande terremoto que houvo na praça de Mazagan em premeiro de novembre de 1755 ; In El Marbet 1991, op.cit, p 268.
[40] Die derkwurdigten (1756), p 92 in El Marbet 1991, op.cit p 270
[41] Die derkwurdigten (1756), p 93 in El Marbet 1991, op.cit p 272
[42] Al Qadiri (1773), idem
[43] Die derkwurdigten (1756), p 93 idem
[44] Copie de la lettre du père Guardian, idem
[45] Extensa y completa relacion de todo la acaecida de estrado y muertes en el Reyno de Barebria en el passado terremoto. In El Mrabet 1991 idem
[46] Berg idem

causé le plus de dégâts matériels et de pertes humaines. Le nombre de décès a atteint 3000 dont 800 ont péri sous les décombres de la mosquée[47].
Ce séisme s'est accompagné d'autres phénomènes tels que les glissements de terrain où on a observé la fissure d'un djebel non loin de Fès duquel a jailli une eau rouge comme le sang[48]. Les sources d'eau ont inondé les deux parties de la ville rajoutant aux dommages[49]. Son intensité à Fès est relative aux dommages qu'il a provoqués. Elle a été estimée à I=VII.

(9) **1773/04/12 Dd, I= VI**

Source 1 : Gazette de France (1773)

Source 2 : -

Catalogue: Roux (1934), Ramdani et all (1989), El Mrabet (1991 et 2001)

La presse européenne de l'époque annonce ce tremblement de terre dans des extraits et donne quelques détails sur les dommages qu'il a occasionnés dans certaines villes du Maroc.

La Gazette de France du 3 Mai 1773 annonce ce qui suit :
« Le 12 avril, Fez a été secouée par un terrible tremblement de terre qui a renversé un grand nombre de bâtisses. »

Le journal historique du 10 Mai 1773 évoque ce qui suit :
« De Gibraltar le 10 mai. Fez a été secoué par un terrible tremblement de terre qui a renversé un grand nombre de constructions au vieux Fez ».

Ce tremblement de terre semble avoir affecté Fès *al Bālī* [50] dont les constructions semblaient présenter une certaine vulnérabilité (due à l'âge, ou mal entretenues). Ni Fès *al Djedīd* ni *al Mellāḥ* n'ont subi des dommages. De ce fait l'estimation de l'intensité est I= VI.

[47] Extensa y completa relacion de todo la acaecida de estrado y muertes en el Reyno de Barebria en el passado terremoto. In El Mrabet 1991 idem
[48] Manuscrit anglais in Morsy (1975) idem, Farley in El Mrabet (1991) idem
[49] Extensa y completa relacion de todo la acaecida de estrado y muertes en el Reyno de Barebria en el passado terremoto. In El Mrabet 1991, idem
[50] Roux (1934) op.cit, p 55, Ramdani et al (1989) op.cit, p 269 et El Mrabet (1991), op.cit p 277

(10) **1776/06/06 DdM, I= VII**

Source 1 : Journal historique et politique (1776)

Source 2 : -

Catalogue: Roux (1934), Ramdani et all (1989), El Mrabet (1991)

Le journal historique en date du 10 Juillet 1776 annonce ce tremblement de terre de Fès : *« De Genève le 10 Juillet. Une secousse de tremblement de terre fut ressentie à Fès et un grand nombre de ses habitants ont péris sous les décombres ».*

Il est probable que les constructions qui ont été détruites soient celle qui n'ont pas été réparées en 1773 ou dont les dommages étaient légers. L'intensité de ce séisme est de l'ordre de I= VII, puisqu' aucun édifice majeur n'a été endommagé.

(11) **1867/14/06 (inc. 11 Ṣafar 1284) S**

Source 1 : *Ibn Sūdā* (décédé en) **tnc**

Source 2 : -

Catalogue: El Mrabet (1991)

Selon Ibn Souda in El Mrabet, un séisme a été ressentí à Fès le vendredi 11 *ṣafar* 1284[51].

" و في يوم الجمعة حادي عشر صفر الخير وقعت في فاس زلزلة تأثر بها الجميع"

Ce tremblement de terre semble de faible intensité car il n'a induit aucun dégât sur les constructions ni provoqué de mort d'homme.

5.3 Analyse des séismes de Fès :

L'analyse statistique des différents événements ayant affecté Fès durant près de 11 siècles est représentée dans le tableau suivant :

Catégorie	total	Destructeur	Important	Modérés	Aucun dommage
Nombre	11	3	4	1	3
Pourcentage		27.22%	36.36%	9.09%	27.22%

Tab 1.5.1 – Différentes catégories des séismes de Fès

[51] El Mrabet (1991), op.cit p 290

Fès a été affecté par 11 séismes d'intensité variables depuis le début de sa fondation au IXème jusqu' à la fin du XIXème siècle.

Sur ces 11 tremblements de terre trois ont été très importants et ont provoqué de grands dommages. Ils sont considérés comme des séismes destructeurs, (1) 880, (2) 1624 et (3) 1755. Ils ont été relativement bien documentés et les informations concernant les dégâts sont bien détaillées. Quatre autres séismes importants ont endommagé Fès et causé la mort de plusieurs personnes. Un seul séisme a été considéré modéré car il n'endommagea que ce qui était déjà vétuste. Et enfin trois séismes n'ayant provoqué aucun dégât ont seulement été ressentis.

La sismicité de Fès est relativement importante car les séismes qui la secouent sont destructeurs bien que leur récurrence ne soit pas très importante. Durant les XVIIème et XVIIIème siècles, les événements sismiques qui se sont succédés étaient de forte intensité (tab 1.5.2).

Liste des séismes historiques
Ayant affecté la médina de Fès
Entre les IXème et le XIXème siècle.
(880-1867)

Date Chrétienne Hégirienne	Heure	I EMS	Effets	Catégories	Sources
880 29/10/267	La nuit	VIII	Dommages importants sur Palais et maisons		Ibn Abī Zār'
1045 437	La nuit	VII	Destruction de maisons et mort de plusieurs personnes		Anonyme
1408 811		VII	Dommages sur les maisons et les forts de la muraille d'Al Bīrā		Ibn Al-Qadhi (décédé en 1616)
22/11/1522		VII	Destruction de la ville et mort de plusieurs personnes		Archives (allemandes) de Constance
1571 979		IV	Aucun dommage		Al Zayani
1586 994-995	La nuit	-	Aucun dommage		Ibn Abī Maḥalī
11/05/1624 23/7/1033	Tôt le matin, moment de la 1ere prière du jour	IX	Destruction des maisons et d'une partie des remparts d'Al Mallāh, dommages importants sur les maisons, et plusieurs personnes trouvèrent la mort ensevelies sous les décombres		Al Fāssī 'Abd al Qader (1599-1680), Al Fāssī 'Abd Allāh (décédé en 1676), Ibn Danān (1642 et 1768), Al Qadirī (décédé en 1773)
1er/11/1755 26/01/1169	10 h du matin	VII	Dommages importants sur les maisons et les édifices majeurs (mosquée, église,		Qadirī (décédé en 1773), Al Naṣirī (décédé en 1897), archives espagnoles (1755), Berg

			dispensaire...) répliques les 18 et 19 qui ont augmenté les dommages, morts de plusieurs personnes		(1755)Guardian (père) (1755)
22/11/1773		VI	Destruction de plusieurs maisons à Fès al Bālī	○	Gazette de France (1773)
06/06/1776		VII	Destruction de plusieurs maisons et mort de plusieurs personnes	●	Journal historique et politique (1776)
14/06/1867 11/02/1284		-	Aucun dégât	●	Ibn Sūdā

Tab 1.5.2- Liste des séismes de Fès

● Aucun dommage

○ Dommages sur bâti vétuste

◐ Dommages sur constructions

● Destruction, beaucoup de dommages

5.4 Les tremblements de terre de Tunis de 856 à 1863 :

Très peu d'informations sont rapportées sur les séismes de la Tunisie et particulièrement ceux de Tunis. Certains séismes sont connus mais un grand vide d'événements sismiques est observé pour la période pré instrumentale surtout entre le IXème et le XVIIIème siècles. Ceci a donné lieu à un « gap » où il y a une méconnaissance totale des séismes durant près de neuf siècles. Il est également difficile d'attribuer une intensité à ceux qui ont été recensés car il n'existe aucune information concernant les dommages qu'ils avaient pu induire. Toutefois la liste de séismes ayant affecté le sol de Tunis est la plus exhaustive possible à ce stade de nos connaissances.

(1) **856 Décembre (inc. Sha'bān 242) DdM, I= VIII-IX**
Source 1 : al Sūyūṭī (1505)

Source 2 : -

Catalogue: Ambraseys (1962), STEG (2005)

Ce séisme a été évoqué pour la première fois par al Sūyūṭī :

" و في سنة اثنتين و أربعين و مائتين في شعبان زلزلت الأرض زلزلة عظيمة بتونس تهدمت بها دور كثيرة ومات من أهلها نحو خمسة و أربعين ألف"[52]

Un grand tremblement de terre a eu lieu à Tunis en décembre de l'année 856. Plusieurs constructions furent détruites et près de 45000 personnes périrent sous les décombres[53]. Son intensité pourrait être estimée à I=VIII-IX.
Sa magnitude a atteint 6.8[54]

(2) **1724 r I**
Source 1 : -

Source 2 : Raynaud (1830)

Catalogue: Ambraseys (1962), STEG (2006)

Selon le catalogue d'Ambraseys, ce séisme affecta une très grande étendue. C'est le séisme de 1723 dont plusieurs auteurs ont fait référence et qui s'est fait ressentir de Miliana à Bône[55]. Il fut également ressenti à Tunis[56]. Sa magnitude a été estimée à 4.4[57].

[52] Al Sūyūṭī (1505). Kashf al ṣalṣala 'an waṣf al zalzala. Ms n° 1001, op.cit f° 22
[53] Ambraseys (1962). The seismicity of Tunis. Annali Di Geofisica vol XV N- 2-3. pp 233-244, p 241
[54] STEG (2005) Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz. Liste des séismes de 846 à 2003. p 1
[55] Shaw (1808), op.cit p 277 ; Perrey (1045-46), op.cit p 299 ; Raynaud (1930), op.cit p 68-69

(3) **1735 r**
Source 1 : -
Source 2 : Vogt (1993)
Catalogue: STEG (2005)

Ce tremblement de terre semble faire partie de ceux qui ont eu lieu durant le « gap » décrit par Sieberg[58]. En effet un vide d'événements sismiques a été observé depuis 856 jusqu'au XIXème siècle avec une exception faite pour l'année 1758. Pourtant trois séismes ont eu lieu durant le XVIIIème siècle dont celui de 1735[59]. Mais aucune donnée concernant les dommages n'est évoquée. Il semble que c'est un des séismes légers de Tunis, car sa magnitude a été estimée à 4.4[60].

(4) **5 Octobre 1750 r**
Source 1 : -
Source 2 : -
Catalogue: Ambraseys (1962), STEG (2005)

D'après Ambraseys ce séisme a eu une grande étendue. Il secoua toute la région de Sfax à Bône en Algérie[61].

La magnitude a été estimée à 5.6[62].

(5) **1752**
Source 1 : -
Source 2 : -
Catalogue: STEG (2005)

Ce séisme fait partie de la liste des tremblements de terre ayant affecté le sol tunisien. D'après le catalogue du STEG, il semble faire partie des séismes modérés. Sa magnitude a été estimée à 5.6[63]

[56] Ambraseys (1962), ibidem
[57] STEG (2006) ibidem
[58] Sieberg (1932) in Vogt (1992)
[59] Vogt (1993). Further research on the historical seismicity of Tunisia. Terra Nova 5, p 475
[60] STEG (2006) ibidem
[61] Ambraseys (1962), ibidem
[62] STEG (2006) ibidem
[63] STEG (2006) ibidem

(6)**1758 DdM, I= VIII-IX**

Source 1 :

Source 2 : Vogt (1993)

Catalogue: Ambraseys (1962), STEG (2005),

C'est un grand tremblement de terre qui a eu lieu à Constantine mais qui néanmoins causa d'importants dommages en Tunisie[64]. Il détruisit plusieurs constructions dans la médina de Tunis et provoqua la mort de milliers de personnes[65]. Plusieurs répliques furent ressenties à Tunis. Sa magnitude a été estimée à 6.0[66].

(7)**1863 ou 1864 r**

Source 1 : -

Source 2 : -

Catalogue: Ambraseys (1962), STEG (2005)

Selon Ambraseys c'est durant l'année 1864 que Tunis fut secouée par plusieurs séismes mais aucun dégât n'a été signalé. Le catalogue du STEG situe ce séisme en 1863 et estime sa magnitude à 6.0 puis une autre réplique à 4.4[67].

(8) **6 Janvier 1887 Dr**

Source 1 : -

Source 2 : -

Catalogue: Ambraseys (1962)

D'après les rapports de presse britannique, ce séisme fut ressenti à Tunis et provoqua de légers dommages dans les villages à proximité de la ville[68]. Il semble être un séisme léger car aucun dommage n'a été enregistré à Tunis.

[64] Ambraseys (1962) ibidem
[65] Vogt (1993). ibidem
[66] STEG (2006). ibidem
[67] STEG (2006). ibidem
[68] Ambraseys (1962), op. cit p 241

5.5 Analyse des séismes de Tunis :

L'analyse statistique des différents événements ayant affecté Tunis durant près de 11 siècles est représentée dans le tableau suivant :

Catégorie	total	Destructeur	important	Modéré	Aucun dommage
Nombre	8	2	0	5	1
Pourcentage		25%	0	60.5%	12.5%

Tab 1.5.3– Différentes catégories de séismes à Tunis

Tunis a été secouée par 8 séismes d'intensité variables depuis le début de sa fondation au IXème jusqu' à la fin du XIXème siècle.

Sur les huit tremblements de terre qui ont affecté le sol de Tunis, deux ont été très importants et ont provoqué de grands dommages. Ils sont considérés comme des séismes destructeurs, (1) 856, (2) 1758. Le reste des séismes recensés, sont modérés à légers et n'ont provoqué aucun dégât (tab 1.5.4).

Liste des séismes historiques
Ayant affecté la médina de Tunis
Entre les IXème et XIXème siècle.
(856-1887)

Date Chrétienne Hégirienne	Heure	I EMS	Effets	Catégories	Sources
856		VIII-IX	Destruction des constructions et près de 45000 morts	●	Al-Suyuti
1724		-	-	●	Raynaud 1830
1735		-	-	●	Vogt 1993
5/10/1750		-	-	●	Ambraseys 1962
1752		-	-	●	STEG 2006
1758		VIII-IX	De sérieux dommages et des milliers de morts	●	
1863-64		-	-	●	Ambraseys 1962
6/01/1887		-	Aucun dommage	●	Ambraseys 1962

Tab 1.5.4- Liste des séismes de Tunis

● Aucun dommage

○ Dommages sur bâti vétuste

◐ Dommages sur constructions

● Destruction, beaucoup de dommages

5.6 Conclusion :

Au vu de ce que la sismicité de Fès montre, il apparaît que cette médina n'a réellement souffert que de trois grands séismes. Le premier en 880, le second en 1624 et le dernier en 1755.

Les conséquences de ces tremblements de terre ont été relativement bien décrites par les sources du XVIIème et du XVIIIème siècle qui évoquent les effets produits par ces séismes et même la reconstruction de certaines parties de la médina.

D'après *Al Fāssī,* suite à la destruction massive des maisons en 1624, la population de Fès s'est attelée à la démolition du bâti fortement endommagé afin de prévenir les effondrements. Selon *Al Qādirī*, les décombres déblayés de la ville ont obstrué la vue à travers *Bāb Djīssa* qui donnait vers *Djebel Zellāg* et la plaine. Ce qui porte à croire que la population fassie était consciente des dangers que pouvait engendrer les constructions endommagées et qu'elles ont préparé les terrains à la reconstruction.

D'après les mémoires de Berg, quelques jours seulement après la dernière réplique du séisme de 1755, l'enceinte de la prison, dont une partie fut détruite, a été reconstruite par les prisonniers eux-mêmes. En fait lors de ce séisme, il n'y eut guère d'effondrement mais la majorité des constructions ont été lézardées.

Il est probable que lors de la reconstruction de Fès, des techniques préventives aient été adoptées. Car en effet la ville n'a pas subi les mêmes types de dégâts plus tard lors des séismes de 1773, 1776 et 1867. Il est vrai que des constructions ont été détruites, mais beaucoup plus à Fès al Bālī qu' ailleurs. Il est probable aussi que ce soit celles qui ne l'ont pas été en 1624 et en 1755. Certaines techniques constructives, mises en évidence dans la médina de Fès (infra pp 171-231) ont probablement été utilisées durant la reconstruction de Fès après 1624. En effet, certaines de ces techniques ont été localisées dans certains quartiers limitrophes à *Bāb Djīssa* dans le quartier *al Blīda*.

La période de retour des événements sismiques importants est d'un siècle un quart entre les premiers événements, ce qui est trop long pour le transfert des techniques d'une génération à une autre. Mais comme il existait à Fès une corporation des métiers très ancrée dans la tradition constructive avec les *m' 'alam al binā'* et les *amīn al binā'* (les maîtres bâtisseurs) les techniques constructives traditionnelles ont pu être transférées ainsi d'une génération à une autre.

Concernant la médina de Tunis, cette dernière n'a été secouée que par deux séismes forts, (1) 856 et (2) 1758. Les périodes de retour d'événements importants à Tunis sont de neuf

siècles entre le premier et le second événement évoqués, et aucun séisme n'a eu lieu entre les deux. Les périodes de retour des événements durant le XVIIIème siècle sont relativement courte. Elles varient de 2 à 10 ans. Ceci laisse dire que cette sismicité loin d'être destructrice est modérée, puisque ces séismes avaient une intensité de degré variant de III à IV, et récurrente car ces séismes surviennent de manières répétées. Cette récurrence contribue par sa fréquence à fragiliser et à détériorer l'environnement naturel, ainsi que le bâti, sans le détruire. Cette fréquente apparition des séismes n'excède pas la génération humaine ce qui laisse aux populations de concevoir des techniques de construction sismo-résistantes et de les transmettre aux générations à venir. C'est sans doute ce qui a donné l'occasion aux tunisois de réparer et de reconstruire ce qui a été endommagé usant des techniques sismo-résistantes qui ont été mises en exergue in situ (infra 174-231).

Il n'est pas à exclure qu'un séisme futur puisse avoir lieu dans ces deux médinas ou dans une des régions avoisinantes car là où la terre a tremblé, elle tremblera. Donc cette étude de la sismicité de Fès et de Tunis va contribuer à l'analyse des dommages et dégâts et à la mise en exergue des techniques constructives qui ont émergé par la suite. Ces techniques ont probablement contribué à l'entretien du bâti et réduisent sa vulnérabilité vis-à-vis d'événements sismiques futurs.



Conclusion Première Partie

La première partie de ce travail avait pour objet l'étude et l'analyse de la sismicité historique d'une part dans un contexte régional afin de mieux cerner les problèmes liés au risque sismique dans les médinas du Maghreb, d'autre part du point de vue local dans les médinas mêmes afin de faire ressortir les pathologies d'origine sismiques et les techniques sismo-résistantes qui ont été adoptées par la suite.

Cette partie donc revêt une importance capitale, puisqu'elle offre une banque de donnée inestimable concernant les données relatives aux tremblements de terre historiques ayant affectés principalement la capitale algérienne. Pour les autres médinas du Maghreb Fès et Tunis, les données sont instructives pour les plus importants séismes que ces deux cités ont ressenti.

Il en ressort que le Maghreb a une sismicité à faible récurrence et d'intensité importante mais non répartie sur l'ensemble du territoire. Il en résulte un bâti sérieusement endommagé lorsque le séisme frappe car il est de forte intensité en Algérie et au Maroc. Par contre à Tunis il y a une récurrence importante et d'intensité très faible qui occasionne de légers ou peu de dommages sur le bâti et qui ne l'affectent que sur le long terme.
Ces médinas sont situées sur la frange Nord de la plaque africaine où le plus haut degré d'aléa est concentré. C'est la région de collision entre les plaques africaines et eurasienne dont le déplacement est de l'ordre de 1cm/an. Alger est située dans la zone III, zone à haut risque, nouveau classement depuis 2003, Fès est également située dans la zone 3 dont la sismicité est importante et Tunis est classée en zone A également à forte sismicité.

Alger et Fès présentent malheureusement au jour d'aujourd'hui un état de vétusté très important, ce qui augmente leur vulnérabilité sismique. Quant à Tunis elle semble bien entretenue, mais il ne faut surtout pas négliger le fait que beaucoup de ses constructions sont historiques. Le risque sismique est présent et il n'est pas à négliger car il pourrait être très important dans ces médinas du Maghreb.

Concernant le catalogue établi pour Alger, il a été complété par les données des archives ottomanes et celles des archives diplomatiques françaises. Ce n'est pas un listing

d'événements sismiques sur le site d'Alger et des autres cités mais c'est un catalogue sur lequel est compilé tout l'inventaire des dommages qui ont été causés en particulier à Alger par les différents séismes.

Des informations très détaillées des effets du plus important tremblement de terre qui affecta le site d'Alger (1716) ont été également fournies. De ce catalogue ont été dégagées le type de dommage ainsi que les pathologies d'origine sismique du bâti.

L'occurrence de certains tremblements de terre reste douteuse, il s'agit de ceux qui ont eu lieu en 1353, 1359 et 1541. Concernant les deux premiers, les auteurs les ayant évoqués (Bonito et Al Djillali), ne citent pas leurs sources. Quand à celui de 1541, aucune source fiable y compris la source espagnole n'en fait référence. De plus Al-Mrabet (2001) infirme l'occurrence de cet événement car elle a consulté les sources ibériques dans son travail sur la sismicité historique du Maghreb.

Les catalogues établis pour Fès et Tunis sont réalisés de la même manière que pour Alger. Le listing des événements est complété par tous les effets qui ont eu lieu sur le cadre bâti. En effet pour Fès, plusieurs manuscrits arabes ont détaillé les dommages des plus importants tremblements de terre qui l'ont ébranlé (1624et 1755). Par contre, pour Tunis, il n'a pas été possible d'effectuer le même travail car sa sismicité est modérée et n'a pratiquement pas endommagé la ville. Le séisme de 1758 est le plus important qu'ait connue la médina durant le XVIIIème siècle. Mais les sources l'évoquant sont rares.

Au vu de ce que présente la sismicité du Maghreb et plus particulièrement celle de ses plus importantes médinas, il n'est pas à exclure qu'un séisme futur puisse avoir lieu dans l'un de ces sites ou dans leurs régions avoisinantes. Ne dit-on pas que la ou la terre a tremblé, elle re tremblera ?

Cette première partie du travail a contribué à la mise en évidence des pathologies d'origine sismique dans le bâti historique ainsi qu'à la redécouverte des techniques sismo-résistantes qui ont été utilisées lors des réparations ou des reconstructions massives post sismiques.
La mise en évidence de ces techniques fera l'objet de la seconde partie de ce travail.

Deuxième Partie

Les Techniques Constructives Traditionnelles Sismo-résistantes

Chapitre 1

Le risque sismique dans les centres historiques

1.1 Introduction :

Dans ce chapitre introductif à la seconde partie, l'accent sera mis d'une part sur certains aspects relatifs au risque sismique des constructions historiques, en analysant l'aléa sismique, la vulnérabilité et l'exposition, d'autre part seront présentés quelques détails sur l'évaluation de la vulnérabilité des constructions historiques. Ces dernières sont classées en deux : les constructions ordinaires telles que les maisons et les constructions monumentales. A la fin sera abordé le concept de scénario sismique qui se présente sous deux aspects, le premier lorsque l'étude préconise une évaluation de la vulnérabilité actuelle et le risque probable, le second celui qui fait la restitution d'un événement sismique passé depuis fort longtemps et dont les données sont historiques. Les deux aspects du scénario sismique contribuent à la mise en place d'une vision globale du risque auquel sont exposés les centres historiques.

1.1.1 Le risque sismique :

Le risque est défini comme les pertes attendues (vies humaines, blessures, dommages à la propriété, graves perturbations des activités économiques) causées par un phénomène particulier[1]. Il est fonction de la probabilité d'occurrence particulière des aléas relatifs et des pertes que chacun d'eux va causer. Il exprime également la probabilité d'une catastrophe ayant pour conséquence des pertes d'un niveau particulier. Un élément de la société est dit « menacé », « en état de risque », ou « vulnérable », quand il est exposé à des aléas de catastrophes connues et va vraisemblablement souffrir de l'impact de ces aléas si ou quand ils se réaliseront. Les communautés, les structures, les services ou les activités concernées sont désignés par l'expression « éléments menacés » ou « éléments vulnérables ».
Par conséquent le risque sismique est relatif à la quantité de dommages probables induits par les effets des tremblements de terre. Il dépend alors de trois facteurs :

- *l'aléa*, relatif à la probabilité d'occurrence -dans un laps de temps spécifique et une région donnée- d'un séisme potentiellement destructeur, d'une sévérité ou intensité donnée,

[1] PNUD (1993). Gestion des Catastrophes. Evaluation de la vulnérabilité et des risques.

- *La vulnérabilité*, relative au niveau de pertes subies par un élément menacé ou à un groupe d'éléments conséquence de l'impact du séisme,

- *L'exposition*, relative à l'importance et à « la valeur » des éléments en question ainsi qu'aux conséquences possibles sur les vies humaines[2].

1.1.2 L'aléa sismique général et local :

L'activité sismique d'une région est décrite par les moyens de cartes d'aléas. Ces cartes sont le processus par lequel est représentée géographiquement la distribution des différents paramètres qui définissent la sévérité d'un séisme à savoir :

- La fréquence qui définit la période de retour,
- La probabilité d'occurrence,
- Les aléas de magnitude.

La sévérité d'un événement sismique est exprimée également par des échelles telles que les intensités (Mercalli, MCS, MM, MSK, Japonaise), ou par des valeurs instrumentales des paramètres représentatifs de la vibration des sols.

Mais qu'arrive t-il réellement lorsqu'un même séisme, de même intensité dans la même région n'affecte pas de manière identique les différentes aires urbaines. On fait alors référence au phénomène par des expressions telles que « aléa sismique local », « effets locaux » ou « Microzonage ». La nature des effets locaux de séismes est due aux différents facteurs des types géomorphologiques. En effet lorsque de mêmes structures sont implantées sur des substrats différents, il s'occasionne des dommages différents. Les effets de site sont implicitement l'une des causes qui peuvent engendrer des comportements différents des constructions.

1.1.3 La vulnérabilité sismique :

Telle que définie précédemment, « la vulnérabilité » des bâtiments est le niveau de pertes éventuelles que pourraient subir les constructions sous l'impact d'un séisme d'une intensité donnée. L'importance des dommages antérieurs sur le bâti permet d'évaluer les dommages probables des séismes futurs. Cette notion s'applique à des structures similaires et est exprimée par l'importance du dommage.

Il est maximal lorsqu'il y'a destruction totale de la construction, 100%, et atteint le degré 5,

[2] Gavarini (2001). Seismic risk in historical centers. in Soil Dynamics and Earthquake Engineering 21, 2001, pp 259- 466

Il est modéré lorsque les dommages sont réparables entre 50 et 75%, et atteint le degré 4 ou 3.

Il est nul lorsqu'il n'y a pas de dommage 1-10%, et atteint les degrés 2 ou 1[3].

1.1.4 L'exposition :

Ce troisième paramètre du risque sismique « l'exposition », tient compte de tous les éléments vulnérables tels que la population, le cadre bâti, les activités avec leur « valeur » matérielle et culturelle. En outre, la localisation des bâtiments avec leur accessibilité et toutes les infrastructures urbaines apporte une contribution à la notion d'exposition. Un équipement public tel qu'un hôpital a une exposition beaucoup plus importante qu'un musée car sa fonction doit perdurer après la catastrophe, il en est de même pour une école car elle pourrait abriter des sinistrés.

1.1.5 Le risque sismique urbain :

Lorsque tous les paramètres relatifs à la définition du risque auquel est exposé le bâtiment dans le centre urbain donné sont déterminés, l'esquisse d'une vision globale des conséquences probables induites par un séisme futur peut être alors établie. Par conséquent pour répondre à la menace d'un séisme, il faut étudier et développer le « scénario sismique ». La définition de ce concept n'est possible que par la contribution de plusieurs disciplines pour la production de l'information et de la connaissance.

Quel est alors le rôle du scénario sismique et dans quelle mesure contribuera-t-il à la gestion du risque ?

1.2 La vulnérabilité sismique des constructions historiques :

La vulnérabilité sismique des constructions historiques est évaluée à plusieurs niveaux. Les méthodologies sont nombreuses mais les résultats sont identiques[4]. L'évaluation de la vulnérabilité tient toujours compte du comportement sismique des

[3] Degrés de dommages établis par CTC

[4] Chirico et Corsanego(1992). Recupero Vulnerabilità e Rischio Sismico nei Centri Storici delle Liguria, il caso del Centro Storico 'La Pigna' di Sanremo. Regione Liguria. Italie. Documents CNR/GNDT et CEN (1995) European Prestandart draft pr ENV 1998-1-4/ EUROCODE 8: Design Previsions for Earthquake Resistance of Structure, PART 1-4: Strengthening and repair of buildings, Annexe D: Vulnerability methods and Annexe F:particular consideration for historical buildings and monuments. CEN, European Committee for Standarization, Bruxelles.

constructions c'est-à-dire des dommages provoqués par les tremblements de terre. Le traitement des données statistiques sur des catégories de bâtiments classés détermine les typologies pathologiques relatives qui généralement correspondent aux méthodologies constructives et aux matériaux utilisés[5]. Une exception est faite pour les centres historiques du Maghreb où un autre paramètre non négligeable vient s'ajouter qui est celui de la vétusté très avancée dans lesquelles sont aujourd'hui les constructions non monumentales telles que les maisons (cas d'Alger et de Fès)[6]. La simulation de vulnérabilité considère donc un nombre donné de facteurs parmi lesquels la configuration morphologique du centre historique, l'évaluation de sa résistance à toutes les charges horizontales induites par les efforts tranchants dus aux secousses sismiques, ainsi que l'évaluation de la résistance sismique de toutes ses composantes (constructions ordinaires et monumentales). Un indice de vulnérabilité est assigné à chaque facteur, ce dernier est partiel car représentant seulement un facteur de vulnérabilité[7]. Les facteurs partiels sont alors convergés dans un ordre déterminant (du plus au moins important), par des modèles mathématiques pour obtenir l'indice de vulnérabilité global. Les constructions sont alors groupées avec leurs indices relatifs afin d'établir les classes comportementales (établies sur la base d'analyse des données sur les dommages).

L'indice de vulnérabilité global d'une typologie donnée ne pourra être obtenue que lorsqu'il y a une longue expérience au sujet des dommages et des séismes (saturation). Un seul tremblement de terre ne donnera que l'indice de vulnérabilité du moment.

L'évaluation de la vulnérabilité vise à prévoir les effets des futurs séismes selon l'intensité donnée. Les effets des séismes se résument aux dommages qui pourraient être induits tels que : les dommages aux personnes, les dommages mécaniques aux constructions (allant du total à l'effondrement partiel), les dommages non structuraux, les dommages économiques liés à la réhabilitation, les dommages sur les installations viaires. Dans le cas des centres historiques où une grande partie du bâti est composée de bâtiments ordinaires (maisons), les données de vulnérabilité et l'indice global peuvent être suffisamment évalués et assez

[5] EMS (1998)

[6] Atelier Casbah (1979) op.cit, Etat de vétusté, p 14 ; Cellule Casbah (2006) rapport état des lieux, document non publié et ADER Fès Carte des bâtisses menaçant ruine, non publiée.

[7] Benedetti et all (1985). Seismic vulnerability and risk evaluation for old urban nuclei. In Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Vol 16, Milan, pp 183-201; Benedetti et all (1988). Seismic vulnerability index versus damage for unreinforced masonry buildings. pp 333-347; Recommandations-Skopje (1988) In Proceeding of the International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planing in Seismic Areas. Skopje, Yugoslavia; Foufa et Benouar (1996). Méthodologie pour l'évaluation de la vulnérabilité et du risque sismique dans les centres urbanisn coloniaux. Cas de Tipaza. In Actes du 1er Colloque National de Génie Parasismique. Vol 1, Alger, pp 289-298 et A.A Abdessemed-Foufa (1997), Evaluation de la fonction de vulnérabilité et réduction du risque sismique dans les centres urbains coloniaux. Cas de Tipaza. Thèse de Magistère EPAU, pp 123-143

précis, ce qui aiderait à continuer les évaluations des dommages de façon totale pour tout le centre historique.

1.3 Scénario sismique :

Un scénario sismique consiste en la reproduction sur une carte du centre historique étudié tout ce qui probablement se produira sous l'effet d'un séisme considéré comme le plus représentatif des futurs tremblements de terre. Bien entendu il faut pour cela disposer d'un catalogue des séismes les plus représentatifs qui ont affecté le site à étudier. Les effets de ces séismes seront reportés en terme d'effets de site ou d'atténuation[8].

Les autres facteurs à y inclure également sont l'exposition et la vulnérabilité. Ils seront traduits sur ce support graphique, le premier pour situer chaque objet exposé au risque sismique avec les données d'exposition, le second pour définir les effets attendus sur les constructions à savoir les types de dommages pour chaque objet. Les données incluses dans un scénario sismique sont aussi importantes car elles peuvent également prévoir les conséquences sur des événements de moindre importance. L'établissement des scénarios sismiques peut prendre en considération trois catégories de tremblements de terre :

- Un tremblement de terre faible mais capable de produire des effets.
- Un tremblement de terre fort le plus attendu.
- Un autre moyen situé entre les deux du point de vue intensité et fréquence.

L'utilisation de ces cartes permet de prendre en considération les opérations d'urgence en cas de catastrophe, des plans de réparation, de renforcement, de restauration ainsi que de la réhabilitation des constructions bien avant l'événement, ainsi que toutes les études visant à la réduction du risque sismique.

Toutefois lorsque les scénarios reproduisent des effets de séismes historiques, ils ont à ce moment là comme rôle de rendre compte du comportement sismique des constructions à travers le temps. Les cartes produites rétabliront le champ macrosismique de l'événement en question. Ces scénarios historiques permettraient à leur tour d'évaluer aujourd'hui la vulnérabilité des constructions datant de plusieurs siècles et d'appréhender l'avenir en élaborant différents scénarios pour les centres historiques.

[8] Gavarini (2001), op.cit p 461

1.5 Renforcement sismique des constructions historiques mineures :

La restauration sismique du patrimoine mineur dans un noyau historique, ne devrait pas créer de problèmes car ce sont des bâtiments ordinaires. Le véritable problème qui se pose est comment éviter absolument l'utilisation des matériaux modernes et les codes applicables pour les nouvelles structures dans ces constructions anciennes. Car d'une part, l'interaction entre les technologies modernes et les techniques traditionnelles augmente la vulnérabilité de la construction[9]. D'autre part, une approche spécifique pour les constructions situées en zone sismique qui allie non seulement les exigences de la restauration mais aussi celles de la sûreté (réduction de risque) pourrait maintenir une certaine flexibilité quant au respect du dispositif constructif historique et le maintien de son intégrité[10].
En Italie, les codes sismiques ont pris en charge cette contrainte et développent un concept « d'amélioration » afin de pallier entre la sûreté des bâtiments historiques et les technologies traditionnelles[11]. Au Maroc, la restauration des constructions mineures puise toujours ses techniques constructives de la tradition. L'introduction des techniques constructives et des matériaux modernes est minimisée car la corporation des métiers des constructeurs est toujours opérationnelle dans le site de Fès (*ma'alam al binā'*) et un suivi très rapproché est effectué par les différents techniciens spécialisés dans le patrimoine[12]. A Alger, l'utilisation des matériaux et des techniques modernes a provoqué la destruction de plusieurs maisons à l'intérieur du noyau historique. La surcharge a été la principale cause de destruction. Quant à l'utilisation du mortier de ciment, elle a augmenté l'humidité dans les parois murales ce qui a fragilisé les constructions[13].

[9] State Historical Building Code (1990). Building Standards, Part 8, Title 24 : State of California. USA
[10] State Historical Building Code (1990), op.cit et Commissione (1996). Recupero del patrimonio culturale della Val di Noto. Linee Guida par la redazione dei progetti esecutivi concernenti interventi di recupero e di conservazione di construzione appartenenti al patrimonio culturale del Val di Noto, con particolar riferimento alla esigenza di conciliare gli aspetti di restauro con quelli della sicurezza sismica, di cui al decreto legge 25 marzo 1996, n. 162, art 3. Siracusa, Italie.
[11] Ministère des Biens Culturels Italien (1986) Circulari 1032 del 18/07/86, Racommandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche. Redatte dal comitato nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico.
[12] ADER Fès, projets de restauration des maisons d'habitation, dossiers administratifs et techniques non publiés.
[13] Atelier Casbah op.cit pp 55

1.5 Le renforcement sismique du patrimoine majeur :

La restauration sismique du patrimoine majeur présente des difficultés car ces bâtiments sont pris individuellement. Ces édifices sont souvent ouverts au public telles que les mosquées qui ne sont pas toujours résistants aux effets des tremblements de terre. Leur vulnérabilité est due soit à leurs âge, soit à leur entretien. Certaines opérations de restaurations l'ont été par des utilisations de matériaux non adéquats qui ont démontré leurs faiblesses comme le mortier de ciment utilisé au Palais du Dey au niveau du Harem, qui s'est sérieusement fissuré lors du séisme du 21 mai 2003. Ce détail est minime, mais bien d'autres interventions inadéquates ont révélé leurs défauts. Donc pour la réduction du risque sismique, les interventions lourdes sont à abolir. Il faut revenir aux techniques traditionnelles qui ont su traverser non seulement le temps mais aussi les nombreux séismes qui ont affectés leurs sites. Si aujourd'hui nous disposons d'un capital patrimonial c'est qu'il est loin d'être faible ; au contraire sa résistance sismique lui a permis de durer et de traverser le temps et sa vulnérabilité est un phénomène provoqué par l'homme (manque d'entretien).

1.6 Conclusion :

Une grande partie du patrimoine historique est située en zone sismique et de ce fait est exposé aux effets des tremblements de terre. Sa restauration doit prendre en charge cet aspect de la réduction du risque sismique. En fait lorsque le patrimoine est mineur, aucun problème ne devrait se poser car ce sont des constructions ordinaires dont les interventions sont plus maîtrisables. D'une part il faut éviter l'introduction des techniques et matériaux modernes dans ce bâti. Les exemples observés dans le site de la Casbah d'Alger montrent l'impact de ces matériaux sur les constructions dont un grand nombre de maisons menacent ruine et même sont détruites. D'autre part l'introduction des techniques constructives traditionnelles et l'utilisation des matériaux locaux a donné d'excellents résultats de préservation des constructions mineures dans la médina de Fès.
Concernant le patrimoine majeur, la difficulté de la restauration sismique réside dans le choix des techniques à utiliser. L'essentiel est de savoir que l'introduction des matériaux et techniques modernes augmente la vulnérabilité sismique de ce patrimoine. Les exemples sont nombreux et les plus significatifs et représentatifs sont ceux observés lors du séisme de 2003 au Palais du Dey.

La conclusion à retenir est que la restauration sismique du patrimoine historique bâti doit

prendre chaque cas individuellement. Aucun édifice ne ressemble à l'autre et les vulnérabilités sont différentes. Elles varient en fonction de la qualité de l'entretien et de la conservation qu'a reçue le bâtiment.

La restauration sismique bien entendu est un des paramètres qui apparaît sur les cartes de scénarios sismiques futurs. Leur élaboration fait référence aux champs macrosismiques des différents événements historiques. Lorsque les informations sont suffisantes pour les retracer (catalogues de la sismicité historique, bilan des dommages, statistiques), ils permettent d'appréhender de façon scientifique le risque sismique auquel sont exposés les centres historiques.

Chapitre 2

Reconstruction des cartes macrosismiques Des grands séismes de la médina d'Alger

2.1 Introduction :

Le scénario sismique consiste à donner une image « photographie » de tout ce qui se produira vraisemblablement sous une action sismique, définie par exemple comme répétition d'événements sismiques passés connus et considérés représentatifs de tremblements de terre possibles du futur[1]. Pour cela une connaissance des effets des séismes historiques est nécessaire. Elle doit être connue tant sur les conséquences du séisme (les zones les plus touchées) que sur les dommages enregistrés. Ainsi établir le scénario sismique urbain à l'époque des grands tremblements de terre signifie la reconstruction de la carte macrosismique du tremblement de terre à l'époque ou il a affecté le site considéré. Ceci suppose une recherche de l'aspect urbain d'Alger sur les trois grandes époques où ont eu lieu les plus importants séismes. Il doit apparaître lorsque cela est possible avec la disposition et la localisation du centre ou du noyau de la ville, de ses quartiers, de son habitat, et de ses édifices majeurs.

Pour répondre à cet état interrogatif, il suffit d'examiner les différentes sources disponibles retraçant l'aspect urbain de la ville à chacune des périodes étudiées lorsque cela est possible et de les superposer aux bilans des dommages (Annexes III et V). Le dessein de la description de la médina d'Alger se limite par conséquent à dégager les conditions historiques du comportement du cadre bâti vis-à-vis des différents séismes qui l'ont endommagé et en particulier les deux grands séismes d'Alger en l'occurrence ceux de 1365 et 1716.

Le résultat sera donc traduit par des cartes localisant autant que possible les dommages induits par les séismes sur la médina d'Alger. Ces cartes représenteront de façon précise une restitution topographique des effets des séismes les plus importants. L'idéal aurait été de superposer ces cartes de dommages à des cartes géologiques afin de vérifier s'il y a eu des effets de site. Il n'a pas été possible de le réaliser pour cause d'indisponibilité d'une carte géologique détaillée du massif de Bouzaréah sur lequel est bâtie le noyau historique.

[1] Gavarini (2001), op.cit p 461

L'intérêt de ce travail n'est pas de réécrire l'histoire d'Alger ni d'effectuer une étude topographique de la ville aux deux époques, qui dépasserait le cadre de cette recherche mais de présenter les limites de la ville, afin de cerner le cadre dans lequel viennent s'insérer les zones endommagées par le passé et d'établir ultérieurement les scénarios futurs en vue d'une meilleure protection de notre héritage culturel bâti, objet de cette recherche. La Casbah d'Alger telle que nommée aujourd'hui fait partie de notre identité, elle est jusqu'à présent malgré l'état de vétusté qu'endurent la plupart de ses maisons encore présente. Elle a su traverser le temps malgré les nombreuses catastrophes naturelles (tremblements de terre, inondations) qui se sont produites depuis sa fondation jusqu'à aujourd'hui et nous lui devons de perdurer encore pour les générations à venir car c'est un laboratoire de sciences à ciel ouvert pour toutes les disciplines confondues, fondamentales et expérimentales.

En l'absence de tout bilan post sismique, l'analyse historique de la reconstruction après un tremblement de terre destructif nécessite l'examen des différentes sources disponibles pour établir les conséquences du séisme sur le centre historique[2]. En effet la connaissance des effets des grands tremblements de terre historiques est subordonnée à la " sagesse " de la recherche historique qui doit pouvoir identifier les circonstances économiques, culturelles et cognitives dans lesquelles les événements sismiques ont eu lieu[3]. De ce fait la récolte de données sur les dommages et les aspects de la reconstruction nécessitent un travail minutieux. L'information précise sur les dommages peut être liée seulement aux édifices majeurs tels que les mosquées, les palais, les forts, etc. et non établie pour le patrimoine mineur tels que les maisons. La collecte d'informations abondante des effets dont ont souffert les différentes constructions peut jouer un rôle très important en fournissant les images potentiellement représentatives des scénarios futurs[4].

Par conséquent, l'étude des dommages provoqués par les séismes historiques est l'un des outils les plus importants pour évaluer le risque sismique dans les secteurs où il est le plus enclin de se répéter. Il faut également souligner que les techniques constructives et l'âge des constructions ainsi que les effets occasionnés par les séismes précédents sont les paramètres caractérisant la plus grande vulnérabilité des centres historiques.

Comme souligné précédemment, Alger a connu trois grands tremblements de terre ou évènements sismiques majeurs. L'un à l'époque médiévale en 1365 et Alger se nommait *Djazāir Benī Mazghenna* sous les arabo-berbères, le second à la fin du XVIIème siècle en

[2] Guidoboni (2001). Catania terremoti e lave. Del mondo antico alla fine del novocento. P 14.
[3] Guidoboni (1995). Historical cities and earthquake : Florence during the last nine centuries and evaluations of seismic hazards. Ann Di Goefisica, vol XXXVIII, N. 5-6, p 617
[4] Guidoboni (2003). Identification of amplified damage zone in Palermo, Sicily (Italy), during the earthquakes of the last three centuries. Bull of Seismolgical Survey of America, vol 93, n° 4, p 1649

1673, *Al Djazāir* sous la régence ottomane et le dernier au début du XVIIIème siècle en 1716 toujours sous la régence ottomane (supra pp 40-43 et 81-104).

Toutefois les données relatives à l'aspect urbain et aux dommages causés par les séismes sont très rares et succinctes. Une tentative de retracer le scénario sismique urbain sera faite seulement pour les deux tremblements de terre dont la disponibilité des donnes est plus ou moins suffisante, c'est-à-dire pour les séismes de 1365 et 1716. Les informations recueillies sont malheureusement peu nombreuses et il a été difficile de donner un aspect global de l'étendue du tremblement de terre. Néanmoins l'illustration obtenue nous renseigne quelque peu sur ces catastrophes naturelles qui ont eu lieu à Alger aux époques médiévale et moderne (XIVe et XVIIIe siècles).

Les informations disponibles sur la nature et la localisation des dommages du tremblement de terre de 1673 qui auraient certainement suscité un scénario sismique n'ont pas pu être repérées donc ils ne sont pas pris en considération.

L'objectif de la connaissance aussi complète et fiable que possible de la sismicité d'Alger a nécessité une lecture historique de la cité sur une longue période selon ses différentes aires urbaines.

Comme cité précédemment, Il ne s'agit surtout pas de réécrire l'histoire d'Alger mais plutôt de la compléter en terme de sismicité historique, de pathologies et en terme de dommages résultants des effets des séismes. Afin de définir sa morphologie surtout au moment des événements sismiques, bien entendu en se basant sur toutes les sources historiques et les études récentes.

L'analyse de la sismicité historique a permis de repérer des informations tirées d'une multitude de sources bibliographiques, d'époque et contemporaines et des documents inédits provenant des archives nationales et des archives françaises. La quantité des informations recueillies a permis de visualiser sur la carte du bâti existant de l'époque des grands tremblements de terre. Mais aucune carte historique se référant aux séismes étudiés n'a été trouvée. Il a été donc nécessaire d'utiliser la plus ancienne carte disponible[5]. Pour identifier les habitations individuelles citées dans les sources, une comparaison a été faite avec le travail de Devoulx (1870)[6] sur lequel les nom des rues d'*Al Djazāir* sont identifiés aux rues d'Alger coloniale. Une identification des maisons et des catégories de dégâts déduites des sources examinées a été par la suite effectuée. Les différentes catégories de dégâts se résument dans ce qui suit :

[5] Anonyme (sans date). Plan d'Alger avant 1830. BNF, Paris Cartes et Plans.
[6] Devoulx (1870) Etude archéologique et topographique sur cette ville aux époques romaine (Icosium), arabe (Djazair Beni Maz'renna) et turque (Al Djazair). Ms n° 3213, f° 125-171 ; et Benhamouche et Belkadi (2003) El Djazair. Histoire d'une cité d'Icosium à Alger. Ed ENAG, pp 155-240

- Ecroulement total (maisons complètement détruites),
- Ecroulement partiel et dégâts très importants (étages supérieurs détruits, maisons ayant énormément souffert et rendues inhabitables)
- Dégâts partiels (Fissures dans les murs)
- Dégâts légers (maisons nécessitants des réparations mineurs).

Les informations synthétiques se rapportant d'une manière générale aux effets induits par les séismes[7] d'Alger sont consignés dans ce qui suit :

- Un dommage de degré égal à 5 a été attribué lorsque la description reportée décrit clairement la « destruction »,
- Un dommage de degré égal à 4 été attribué lorsque la description reportée décrit clairement que les « étages supérieurs se sont effondrés »,
- Un dommage de degré 3 a été attribué lorsque la description reportée décrit clairement que les murs ont été « fissurés »
- Un dommage de degré 2 a été attribué lorsque la description reportée décrit que les réparations n'ont pas été coûteuses.

Cette méthodologie a été utilisée pour connaître les effets produits sur les constructions par les deux plus importants séismes d'Alger.

L'étude du noyau d'Alger médiéval a présenté une difficulté vu le manque d'ouvrages illustrant son aspect. Les quelques informations qui ont pu être récoltées se trouvent confinés dans des sources hétérogènes allant des archives (manuscrits) jusqu'aux descriptions des voyageurs et géographes arabes et maghrébins et des études faites par des auteurs modernes des XXème et XXIème siècles.

Par contre le noyau d'Alger durant la période moderne sous la régence ottomane a été plus ou moins cerné vu le nombre non négligeable des sources écrites à partir du XVIIème siècle par les voyageurs, les hommes de religion et les scientifiques, les nombreuses illustrations (iconographies, estampes etc....) ainsi qu'à une source interne : celles des archives ottomanes relatives au *waqf* et à de nombreuses études récentes[8].

[7] Moroni, Azzaro, Stucchi et Albini (1999). Damage in Catania on the occasion of the 1693 earthquakes. In The Catania Project. Earthquake damage scenarios for a hight risk area in the Mediterranean. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT). Ed E. Faccioli et V. Pessina. Rome. pp 119-125. Disponible sur htpp://www.stru.polimi.it/catania/CataniaProject.html

[8] Jusqu'à aujourd'hui les différentes études et contributions sur l'urbanisme d'Alger à l'époque ottomane se confinent à quelques thèses doctorales. Citons dans un premier lieu : A. Devoulx qui tenta une restitution à partir des archives des waqfs, N. Saidouni, F. Khiari (1990) « Développement historique et contradiction de la formation du pachalik d'Alger de 1570 à 1670 : une approche socio-économique à partir de documents internes et inédits ». Thèse de doctorat Paris ; M. Amin (1991) : « Commerce extérieur et commerçants d'Alger à la fin de l'époque ottomane (1792-1830) ». Thèse de

2.2 Scénario sismique de la ville médiévale Djazāir Benī Mazghennā :

2.2.1 Présentation de la ville au XIVème siècle :

De la cité médiévale il n'y a aucune illustration. Dans l'état actuel de notre connaissance la première image plus ou moins fidèle dont on dispose d'Alger est celle exécutée par un captif espagnol aux alentours de 1563 déjà publiée dans plusieurs ouvrages[9].

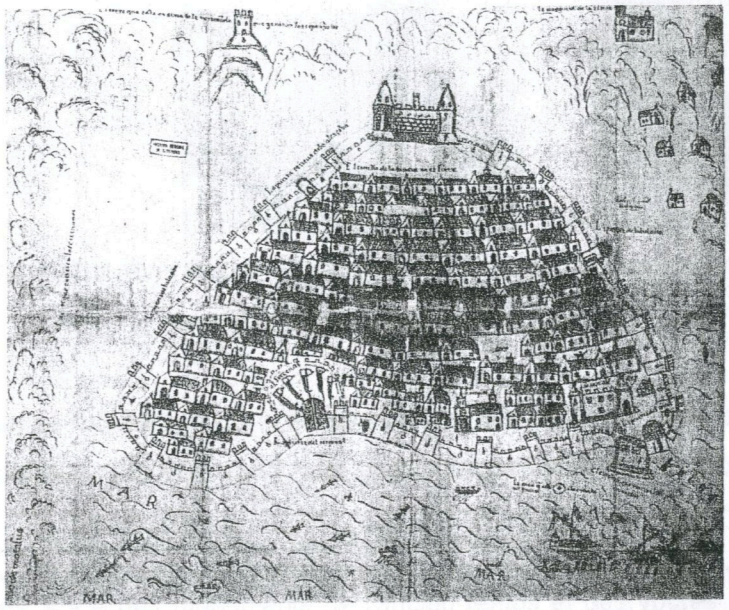


Fig 2.2.1- Alger dessinée par un captif en 1563 (Braudel 1966).

Les informations concernant *Djazāir Benī Mazghennā* sont décrites par les voyageurs et géographes maghrébins et arabes. Ce qui est connu d'elle et n'est plus à contester est que cette cité a été édifiée sur des ruines romaines. Les différents récits la décrivant[10et11], les

doctorat Aix en Provence ; M. Benhammouche (1993) : « Gestion urbaine de Dar Es-Soltan, grand Alger. Essai de ressourcement ». Thèse de doctorat Paris ; Z. Seffadj (1994) : « Les quartiers d'Alger pendant l'époque ottomane (XVIè-XIXè siècle) : organisation urbaine et architecturale du quartier Sidi A'bd Allah ». Thèse de doctorat Paris ; T. Shuval (1998) « La ville d'Alger à la fin du XVIIIe siècle » transcription du Doctorat Aix en Provence; S. Missoum (2003) « Alger à l'époque ottomane. La médina et la maison traditionnelle » transcription du doctorat 1997, Madrid, Espagne et N Cherif Seffadj (2005). « Les bains d'Alger durant la période ottomane (XVIème –XIXème siècle). Histoire, topographie et étude urbaine ». Thèse de Doctorat Paris IV.

[9] Braudel (1966). La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II, pp 192-193. Cresti (1996), Description et iconographie de la ville d'Alger au XVè siècle. In Collection de Formation Universitaire pour la PG de l'EPAU Alger, p 63, et Missoum (2003) op.cit, p 22

[10] Al Bakri (1913), Kitāb al-Masālik wa al-Mamālik, trad. franç. par le Baron de Slane, Description de l'Afrique septentrionale, qui dit :

ومنها إلى مدينة جزاير بني مزغنى وهي مدينة جميلة قديمة البنيان فيها اثارللاول و أزاج محكمة تدل علي أنها كانت دار مملكة لسالف الأمم و صحن دار الملعب فيها قد فرش بحجارة ملونة صغار مثل الفسيفساء فيها صور الحيوانات بأحكام عمل و أبداع صناعة لم يغيرها تقادم الزمن و لا تعاقب القرون و كانت بمدينة بني مزغني كنيسة عظيمة بقي منها جدار مدير من الشرق الي الغرب فصص كثير النقوش و الصور

découvertes archéologiques au début du siècle[12] lors des premières démolitions par les colons qui ont mis à jour plusieurs traces archéologiques et l'effondrement d'un des quartiers de la basse Casbah dans les années quatre vingt, en l'occurrence la quartier Lallahoum[13] qui a montré l'existence d'un amphithéâtre, toutes ces données attestent de cela.

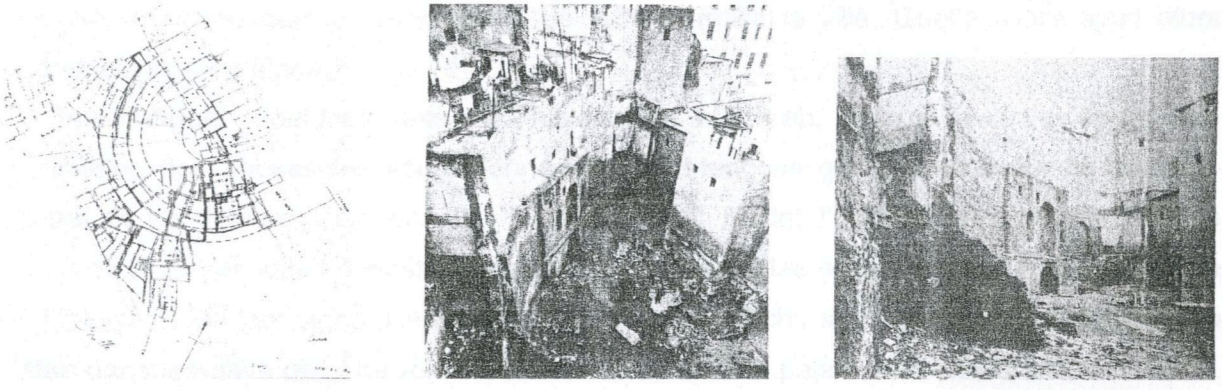


Fig 2.2.2- Tracé d'un éventuel théâtre romain et vues sur le quartier en question (Atelier Casbah 1980)

Les différentes sources existantes donc se complètent les unes avec les autres par rapport à cet aspect. La fondation de la ville s'est faite durant le début du Xème siècle par le fils de *Zirī*

Traduction par Devoul (1875) in RA, Djazair Beni Mazghenna, pp 506-507
...la ville des îles de Beni Mazghenna (Djazair beni Mazghenna), qui est une ville grande de constructions antiques, il y a des monuments de l'ancien temps et des voûtes solides qui indiquent qu'elle était une capitale des nations précédentes ; ainsi que l'intérieur d'un théâtre, lequel est pavé avec de petites pierres de différentes couleurs, formant une espèce de mosaïque dans laquelle sont des images d'animaux d'une exécution savante d'un art merveilleux, que n'ont altéré ni l'écoulement du temps ni la succession des siècles.....Il y avait dans la ville des Béni Mazghenna une église très vaste dont il reste un mur arrondissant d'orient en occident....est orné de nombreuses peintures et images encadrées.

[11] Berbrugger (1861), Revue Africaine n° 5, pp 131-14. Dans son article sur Icosium, il rectifie certaines annotations publiées en 1845 et dit ce qui suit : « depuis 1830, plusieurs découvertes ont été faites, une voie antique, dallée et bordée de substructions, en divers endroits des restes assez considérables de monuments antiques. D'ailleurs, le géographe arabe du moyen age El-Bakri parle des monuments romains qui existaient encore à son époque et les décrit avec plus ou moins de détails.
La synonymie (fait linguistique que constitue l'existence de mots synonyme) de *Julia Cœsarea* (Cherchell) est mis hors de doute par l'étendue de son enceinte, le caractère de grandeur de ses monuments et surtout par le nombre d'inscriptions qui portent son nom et qui ont été trouvées sur place. Les indications de l'itinéraire d'Antonin appliquée sur la carte montrent qu'Icosium placée à 63 miles de Cherchell soit 113 Km correspond très bien à l'emplacement d'Alger qui, d'après le tableau des distances légales, la situe à 114 Km de Cherchell.
La découverte de l'inscription où *l'ordo Icositarnum* est mentionné (le corps municipal d'Icosium) ».

[12] Devoulx (1875), Revue Africaine, p 516

[13] Atelier Casbah, 1981, p 8 la photo publiée montre ce qui reste comme trace d'un amphithéâtre enseveli sous les constructions d'Al Djazāir. Il est apparu suite à l'effondrement du quartier Lallahoum.

Ibn Menād, Būlūghīne, sur le lieu d'un noyau préexistant de population. Cette ville s'est appelée *Djazāir Banī Māzghenna* (*les îles des enfants de Mazghenna*) du nom de la tribu qui a vécu sur ce site[14] sur les ruines des Romains. Elle faisait partie à l'époque du tremblement de terre du royaume des *'Abd al-Wadīd,* dynastie tlemcénienne qui occupait non seulement le Maghreb mais aussi le Maghreb central[15] (1312- 1410/11). C'est durant cette domination des *'Ab Al Wadīd* que le tremblement de terre détruisit la ville. Quelle allure avait alors *Djazāir Banī Māzghenna ?*

S'il faut rappeler quelques faits de l'histoire du Maghreb, il faut savoir qu'après une domination des abbassides sous Mennad fils de Mencous qui gouverna sur le Maghreb central et sur l'Ifriqiya, Ziri son fils lui succéda et devint l'un des plus grands princes berbères. D'autres luttes dynastiques menèrent les fatimides au pouvoir sur tout le territoire de l'Ifriqiya et Ziri leur signa allégeance. Il bâtit la ville d'Achir sur le flanc de la montagne du Titteri dans les pays des Hossein où s'étaient élevés des palais, caravansérails, des bains, et autres. Quelques années plus tard, il autorisa son fils Būlūghīne à fonder trois villes dont Alger sur les rives de la mer, plus tard Miliana dans la vallée du Cheliff et Médéa dans le territoire des Sanhadja. Ces villes étaient les plus importantes du Maghreb central au XIVème siècle[16]. Ainsi donc cette cité fut fondée au Xème siècle[17].

Comme cité précédemment, la disponibilité de documents détaillant le cadre bâti de la ville fait défaut. Les sources historiques datant du XIème au XVIème siècles font seulement une description générale de la vie qui s'y déroulait, de ses constructions, édifices et port. En somme, l'aspect urbain de *Djazāir Beni Mazghenna* au XIVème siècle est réellement méconnu. Cependant, comme toute cité médiévale, Alger était dotée d'un système défensif.

2.2.2 Les enceintes, les portes et les fortifications :

Dans son manuscrit le fils du mufti d'Alger 1740-1741(inc.1153) évoque que la ville était déjà entourée d'une enceinte en l'an 400 /1009/10[18]. Cette muraille entourant la ville est très

[14] Ibn Khaldoun A, Histoire des Berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique septentrionale, trad Slane (1927), T II, p 9-12.

[15] Dhina (1984), les états de l'occident musulman aux XIIIè et XVè siècles, institutions gouvernementales et administratives, pp 268-269.

[16] Ibn Khaldoun A, idem, p 6
[17] Devoulx (1875), op.cit p 503
[18] Delphin (1922) op.cit p 216

importante, elle était bâtie avec de grandes pierres, flanquée de bastions et ornée de créneaux[19] (ainsi a été décrite la ceinture entourant la ville). Si l'on se rapporte à l'histoire du Maghreb, Alger a été maintes fois conquise puis libérée. Il faut croire que les fortifications de la ville avaient joué un rôle dans la défense de la ville. Les constructions datant du XIVème siècle dans la région du Maghreb devaient sans doute se ressembler car malgré l'instabilité politique, les souverains maghrébins qu'ils soient des *Banī Ziyān*, des Hafsides ou des Marinides, étaient de grands fondateurs et appréciaient l'art de construire. Bien entendu cela s'applique pour les édifices majeurs tels que les mosquées, les *medersas* et les *zawïas*[20] et les fortifications qui faisaient partie des grands ouvrages. Cette muraille s'étalait de la porte *Bāb Al wād* nord vers *Bāb 'Azzūn* au sud car à leurs limites immédiates furent découvertes des sépultures romaines. Elle grimpe par la suite plus haut sur la colline jusqu'à la citadelle berbère. Cette zone est située sur une bosse escarpée de tout côté ce qui lui a conféré une domination et une vue sur une grande partie de la ville et la campagne au nord. Etant donné que les forteresses étaient situées aux points culminants et dominaient l'ensemble de la ville, il ne pouvait y avoir aucune construction au-delà. Ceci permet de limiter la ville de ce côté au Nord Ouest. Côté sud, la ville ne s'étendait pas autant que la ville turque. Les limites de la partie méridionale sont difficilement identifiables. Mais la porte neuve datant de l'époque ottomane est un indicateur temporel qui signale que cette ouverture est due à une extension de la ville et à un déplacement de son enceinte dans cette direction. Ainsi donc la muraille de la ville démarrant de la citadelle, longeait les cimetières de *Ūlād Al Sulṭān* situés à proximité de la citadelle pour arriver jusqu' à la porte *Bāb 'Azzūn*.

Cette enceinte était probablement percée de cinq portes[21] :

Bāb al-Djenān ou Bāb al-fahs située sur le prolongement de *Hārat al Djenān*[22] débouchant sur le sanctuaire du Saint *'Abd al-Ṛahmān Al Tha'ālibī* et mène vers *Fahs al-Djenān (*la campagne à cette époque-là)[23]. Cette rue avait pour dénomination *zenqat Lallāhūm* durant la régence ottomane. Il est fort probable que cette porte ait été obstruée par les ottomans, car dés la colonisation, elle n'existait plus et la rue *Lallāhūm* puis la rue *lahémar* qui vient en continuation se termine en cul de sac, et vient buter contre le rempart ottoman. Selon Devoulx[24], la rue *Lallāhūm* était l'une des plus importantes de cette époque et elle se superposait parfaitement au tracé romain laissé par Icosium.

[19] Al 'Abdari 13ème siècle dans Belhamissi (1981). Al Djazāir min khilāli rahalāt al-maghāriba fi al 'ahd al-'ūthmāni. p152 ; et Léon l'Africain dans Belhamissi (1990). Alger, la ville aux mille canons. p 20
[20] Benyoucef (1994). Introduction à l'histoire de l'architecture islamique. Ed OPU, Alger, p 105.
[21] Devoulx (1875) op.cit, pp 513-514 et Mjssoum (2003). Op.cit p 25
[22] Delphin (1922-25), op.cit p 217
[23] Devoulx (1875), op.cit, p 514
[24] Devoulx (1875), ibidem

La seconde porte, *Bāb 'Azzūn,* est située au sud. Il semblerait qu'elle ait été déplacée 32 mètres plus haut par les ottomans[25].

La troisième porte *Bāb al-Djazīra* située certainement au niveau du mouillage que décrivit Al Bakri par *abrité et sûr* est situé dans la partie est[26].

La quatrième porte *Bāb al-B'har* est située dans la partie sud-est.

Et enfin la toute dernière porte dont l'existence est fort probable puisque la mosquée *Setti Meryam* était située non loin de là[27]

2.2.3 La Casbah ou citadelle :

Djazāir Benī Mazghenna était dotée d'une forteresse où s'exerçait le pouvoir de l'époque. Elle fut localisée par Devoulx (1875) au niveau de la batterie turc n°11[28] à quelques 440 mètres en dessous de l'actuelle citadelle[29]. Elle était située certainement au point le plus culminant de la ville.

2.2.4 Les espaces urbains :

2.2.4.1 Les quartiers :

A l'intérieur de ses murs, *Djazāir Benī Mazghennā* s'organisait sur le tracé antique. Les découvertes antiques du début du XIX*ème* siècle ont mis en évidence que le *decumanus*, principale voie, s'infléchissait dans l'ouest et se rapprochait beaucoup plus de la rue de *Hārat el Djenān* sans doute l'artère la plus importante de *Djazāir Benī Mazghennā.* Un dédale de rue s'est formé dans les parties septentrionale et méridionale, respectivement jusqu'au point culminant ou a été érigée la citadelle mais plus bas que la porte neuve.

Hormis *hārat al Djenan*, située dans la ville basse superposée à la rue *Lāllāhūm* et *Bīr al Rūmāna* situé au dessus de la petite colline[30], aucun autre quartier distinct n'est évoqué. Toutefois, certaines parties de la ville ayant des dénominations particulières, pourraient être attribuées à des quartiers tel que *Al Djebīla*, le mamelon ou la petite colline qui était située

[25] Missoum (2003), ibid
[26] Missoum (2003), ibid
[27] Cresti (1993). Contribution à l'histoire d'Alger. In Collection du Centro Analisi Sociale pour la formation universitaire de la post-graduation de l'EPAU, Alger. Ed Centro Analisi Sociale Progetti. Rome, Italie, p 27.
[28] Devoulx (1875)
[29] Devoulx (1870) f° 63 et BenHamouche (2003) op.cit p 62
[30] Devoulx (1875), op.cit p 516

dans la partie comprise entre la rue de la Casbah et la rue Locdor au dessus de la rue Lallahoum[31]. *Sūq al djem'ā* ou marché du vendredi était situé également dans la partie inférieure de la ville. Il couvrait une partie des rues Djenina et Bruce mais ne comptait pas d'habitation. C'était le lieu des échanges commerciaux hebdomadaires[32], en même temps que *Rās al sūfāḥ* qui voulait dire tête du rocher plat et dont la localisation a été établie au dessus de la rue du vinaigre[33]. D'après Léon l'Africain, *Djazāir Banī Māzghennā* était dotée de belles places bien organisées dont chacune est consacrée à un art bien déterminé[34]

2.2.4.2 Les principaux sūqs :

Pour ce qui est du cœur de la ville, il était occupé par le quartier commercial où s'étendaient sur plusieurs rues les commerces dans une sorte de bazars[35et36] appelés al Qisārya. Ce quartier s'étendait sur plusieurs rues allant de *Bāb 'Azūn* vers la medersa *Al-'Innāniya* [37] et dont la localisation aujourd'hui est au niveau de la place des Martyrs.

2.2.5 Les équipements de la ville :

2.2.5.1Les mosquées :

La médina de *Djazāir Bani Māzghennā* comptait également un nombre considérable de mosquées[38]. D'ailleurs l'une des plus importantes de cette époque est la grande mosquée *Djāma' Al-Kabīr*, située rue de la marine dont El Bakri[39, 40] a annoncé la présence au XI*ème* siècle. Plus tard au XIV*ème* siècle Ibn Khaldoun.Y[41] la confirme en décrivant des épigraphies sur les murs de ce même bâtiment, l'une au niveau du minbar et la deuxième sur le cadre de la chaire[42]. Parmi les autres édifices religieux connus de cette époque :

La mosquée *Sidī Ramḍan ou Djāma' al –Qasba al-Qadīma*, qui s'élevait prés de la citadelle berbère détruite dés l'occupation turque. Cette mosquée est toujours présente dans

[31] Devoulx (1875), op.cit ibidem
[32] Devoulx (1875), op.cit ibidem
[33] Devoulx (1875), op.cit ibidem
[34] Cresti (1993), op.cit p 29.
[35] Bekri Al. In Slane (1965), op.cit, p 136
[36] Idrissi Al. Description de l'Afrique et de l'Espagne. Trad par Dozzy et De Goeje. Réimpression Anastatique, p 65
[37] Devoulx (1875), op.cit p 517
[38] Bargès (1887), op.cit pp 554-555 et Al Djillali (1981), op.cit p 183
[39] Bakri Idem
و لها..... و مسجد جامع
[40] Belhamissi (1981) op.cit p 151
[41] Bargès (1887), op-cit, p 221
[42] Bargès (1887), ibid

l'enceinte du noyau historique et témoigne de sa typologie architecturale arabo-berbère (fig 2.2.3).

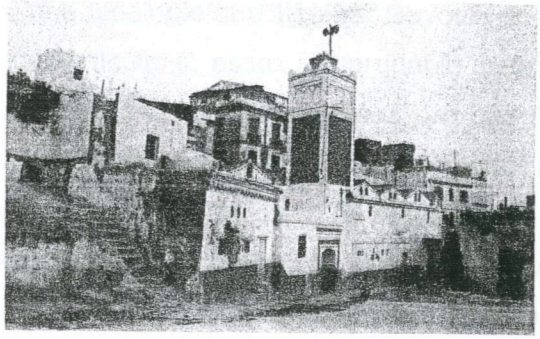


Fig 2.2.3- Vue de la mosquée Sidi Ramdan (In Cresti 1993).

La mosquée *Setfi Meryam*[43] connue sous le nom de *Mesdjid Ben Nigrū,* un autre édifice religieux qui a dû être certainement important car l'un de ses *imams* était *mufti* d'Alger à l'époque du grand tremblement de terre. L'édifice était situé à quelques mètres à droite de l'entrée *Bāb Al-wād* [44] donc dans la partie basse de la cité. Cette mosquée était petite et sans minaret. Selon Devoulx qui le tient d'un témoignage du dernier *oukil Mustapha Ben Négrou, Setti Meryam* était une sainte femme appartenant à une famille aisée ; elle affecta une partie de sa fortune à la construction ou à la reconstruction de cette mosquée.

La mosquée *Al Keshāsh*, qui est située dans l'ancien quartier de la marine non loin de *Bāb Al-B'har. Elle* est également l'une des plus anciennes mosquées d'Alger. Appelée *al Djāma' al-qadīm*[45] plus tard au XVIème siècle renommée *Al Keshāsh*. En effet d'aprés Haedo qui visita Alger au XVIème siècle, un riche maure du nom d' *Al Keshāsh* sentant sa mort proche reconstruisit cette mosquée. Il semblerait donc que cet édifice religieux ait bien existé à l'époque arabo-berbère puis fut reconstruit à l'époque ottomane[46].

La petite mosquée *Sīdī 'Abd al-Rahmān al-Tha'ālibī*[47] était située sur le rue de Charte et portait le nom de ce saint ; la résidence de *Sīdī 'Abd al-Rahmān al-Tha'ālibi* était également située dans cette rue. Tout ce complexe appartenait à la ville arabo-berbère et était localisé à peu près dans la même région. Cependant, mis à part le marabout, aucune trace ne subsiste de ces constructions.

[43] Devoulx. A. (1870), les édifices religieux de l'ancien Alger. Ed Typographie Bastide, Alger p 54 et (1875), RA n° 19, pp 53-55 et 519

[44] Devoulx (1864). Les édifices religieux de l'ancien Alger, quartier Bab el-Oued intérieur, RA n° 8, p 29.

[45] Devoulx (1870), op.cit, p 85.

[46] Haedo (1578-81), op-cit, p 214

[47] Devoulx (1870) op.cit pp 127-128, et (1875), op. cit p 521.

Mesdjed Sīdī Slimān Al-Qebāilī, a été remplacé durant la période ottomane par une grande mosquée *Khedeur Pāshā* laquelle était située sur la rue Bab Azzoun[48], dans la ville basse.
Les mosquées *Djāma' al-Kabīr al-Kechāch* et *Sīdī Ramdhān* étaient dotées de toitures en pentes couvertes de tuiles, une typologie qualifiée par Devoulx de *berbère*[49]. Puis à ce sujet, il évoque que c'est pour leur particularité assez remarquable qu'on les distingue des édifices religieux ottomans : « *Les mosquées sont surmontées par des toitures en pentes à deux versants, recouverts de tuiles rouges et surmontées d'un minaret à base carrée à l'encontre de celles couvertes de dômes surbaissés arrondis ou ovoïdes des autres édifices religieux* ».
Toutes ces mosquées étaient localisées dans le centre de la cité. Au vu de ce qu'ont annoncé certains auteurs d'autres mosquées parsemaient la ville. Mais il a été impossible d'avoir leur noms ou leur localisation.

2.2.5.2 Les medersas et *zāwiyās* :

La cité médiévale a été pourvue de ses premiers collèges et medersas déjà à cette époque-là. Trois zawiyas ont été dénombrées par Devoulx : la première située au dessus de *Bāb Al B'har* du nom de *Medersat Bū 'Annān*, ou encore *Medersa Al-'Innāniya* et qui fut détruite par les ottomans en 1660 pour la construction de *Djāma' Al Djedid*. La deuxième du nom de *M'sīd Ibn Al-Sulṭān* dénommée *M'sīd Al-Qahūa Al- Kabīra* du nom de la rue et dont on ne trouve aucune trace aujourd'hui (rue de l'arc pied du rempart quartier de la marine). Et enfin la troisième du nom de *zaouia Aqerūn*, qui plus tard prit le nom de *zouia Sidi Al-Akhal* à laquelle succéda la mosquée *'Ali Bāsha* dans la rue Médée, actuelle rue Allem Ahmed[50].
Ces foyers d'hébergement de vie religieuse commune et d'enseignement faisaient partie des ensembles architecturaux religieux.

2.2.5.3 Les bains ou *hammāms* :

Les hammams sont des établissements indispensables à la vie quotidienne des musulmans. Ce sont les lieux d'accomplissement des ablutions majeures mais leur nombre et leur répartition dans la ville restent inconnus à ce jour. Leur construction a été favorisée par l'existence d'un nombre incalculable de fontaines[51]. Toutefois, les travaux de Devoulx ont révélé trois hammams à *Djazāir Banī Māzghennā*. Le premier était joint à la medersa *Al-'Innāniya*[52]. Il a été probablement détruit en même temps qu'elle durant la période ottomane.
Le second faisait partie de l'ensemble architectural religieux du Saint marabout de *Sīdī 'Abd*

[48] Devoulx (1875), op. cit p 520
[49] Devoulx (1866). Les édifices religieux de l'ancien Alger. RA n° 10, p 51.
[50] Devoulx (1875) op.cit p 519-520
[51] Devoulx (1875), op.cit, p 519-520, Bekri op.cit et Ibn Hawkel in Belhamissi (1981) op.cit p 149
[52] Devoulx (1875) op.cit

al-Rahmān al-Tha'ālibi. Il était situé à l'angle de la rue de Charte avec la rue de la marine. Et enfin le dernier hammam du nom de *Sekk* qui semble être situé prés de *Dār Al-Sūltān* dans la rue de *Bāb Al-wād*.

2.2.6 Les maisons :

Quant aux maisons de *Djazāir Banī Māzghannā*, elles étaient basses et à rez-de-chaussée[53], couvertes probablement de tuiles à l'image de la mosquée *Sīdī Ramdhān* et pourquoi pas à celles de Dellys qui datent du Xème siècle. Elles parsemaient la ville sans vraiment l'occuper en totalité. Plusieurs d'entres elles étaient localisées sur la rue de la marine, et ont gagné en hauteur jusqu'aux alentours de la citadelle ou *Al Qasba*. Il n'est pas certain qu'elles aient occupé le bord de la mer puisqu' un grand nombre de rues commerciales couvertes du nom de *qisarya* ou bazars occupaient cette région. Ces maisons étaient très belles et atteignaient le nombre approximatif de 4000[54] et par conséquent une population hypothétique de 20 000 à 30 000 habitants[55].

2.2.7 Les palais :

Cette cité médiévale avait aussi beaucoup de palais[56] mais toujours sans aucune mention de leur localisation au sein de la ville.

Le problème qui s'est posé lors de la reconstruction de l'espace urbain est cette incapacité de localiser ces édifices. Donc c'est en fonction d'une aire globale que s'est faite la circonscription des dommages occasionnés sur ses composantes urbaines.

La simulation du champ macrosismique de 1365 montre les limites de la ville médiévale, le tracé le plus important, la localisation des bazars, de la Casbah et de quelques mosquées. Quant aux maisons, leur emplacement ne sera jamais exactement connu. D'ailleurs, selon le manuscrit traduit par Bargès (1877), la reconstruction de ce qui s'est détruit n'a plus occupé le même emplacement, ce qui a provoqué une perte de souvenir avec la ruine des maisons (carte 2.2.1).

[53] Devoulx (1875), op. cit p 504
[54] Léon l'Africain (1550). Description de l'Afrique. Traduction de A. Epaulard (1980-81). Publication des Hautes Etudes Marocaines,Paris.
[55] Cresti (1993), op.cit p 29
[56] Djillali Al (1995) op.cit, p 183

2.3 Les effets du tremblement de terre dans la cité médiévale :

Lors du grand tremblement de terre de 1365 tel que décrit par les sources historiques arabes, les dommages ont été considérables. D'après la traduction du manuscrit arabe par Bargès, un nombre considérable de maisons s'écroula ; des mosquées, des magasins furent détruits et les remparts de la ville tombèrent en grande partie. La basse ville fut inondée telle que plusieurs personnes périrent. Selon Delphin qui a traduit le même manuscrit dans une autre partie, des dommages sont localisés à *hārat al-djenān* du côté de *Bāb Al Wād.* Dans ce qui suit nous tenterons de localiser ces dommages dans la ville des *Banī Māzghenna*.

2.3.1 Les effets du tremblement de terre sur les maisons :

Les dommages ont été considérables sur les maisons. Beaucoup d'entre elles sont détruites et complètement effondrées. Si on considère que ces constructions sont de type berbère tel que les a définis Devoulx, et elles ressemblent à celles de Dellys, on comprendrait le pourquoi de leur destruction. C'était probablement des maisons construites avec une maçonnerie de moellons de pierre et les murs n'étaient pas chaînés entre eux, augmentant ainsi leur vulnérabilité. Il est probable qu'elles aient été endommagées de la même manière que l'ont été les maisons de Dellys après le séisme du 21 Mai 2003 (infra pp 237-242).
La seule localisation précisée dans les sources écrites est celle de *hārat al-djenān* du côté de *Bāb Al Wād* où des maisons se sont effondrées causant le décès de plusieurs personnes. Toutefois, étant donné que la partie basse de la cité a été inondée par le raz de marée (tsunami), et que certaines voies en l'occurrence la rue de la marine, contenait des maisons, il est fort probable alors qu'elles aient également subi des dommages ou qu'elles aient été détruites par les vagues. Le témoignage recueilli par El Breshki (supra pp 41-44) concernant l'inondation affirme cela.

2.3.2 Les effets du tremblement de terre sur les édifices religieux :

Étant donné que les premières sources ayant relaté des dommages sur *Djazāir Benī Mazghenna* annoncent que beaucoup de mosquées ont été détruites, une tentative de restitution des dommages sur les édifices religieux est proposée. La première mosquée ayant probablement été endommagée par ce séisme destructeur est :

2.3.2.1 La grande mosquée (endommagement probable de son minaret) :

Les dommages subis par la grande mosquée à cette époque-là sont à priori la destruction de son magnifique minaret almohade. Ce dernier fut construit en 1324 par Abou Tachfin, roi de Tlemcen. Cette information est évoquée par Bargès (1877)[57] qui traduisit une copie de *l'histoire des rois de Tlemcen* dont voici des extraits : *« Ce sultan Abou Teschfin est celui qui acheva le minaret de la grande mosquée d'Alger. La date de la construction de ce monument est gravée sur une plaque de marbre qui a été incrustée dans la muraille à droite en entrant dans la cour.*

Voici le texte de cette inscription :

« Lorsque la prince des Moslim, Abou Teschfin (que Dieu le consolide et le fasse triompher !) eut achevé le minaret d'Alger, dont la construction, commencée le dimanche 27 de dhou'l-Kiadah de l'an 722, fut terminée le premier jour de redjeb de l'année 723, le minaret en question, tout fier de sa parure, sembla s'écrier : quel minaret pourrait rivaliser de beauté avec moi ? »

Une inscription gravée est située à l'intérieur de la mosquée et le décrit comme suit[58] :

« Au nom de Dieu clément et miséricordieux ! Que dieu répande ses gardes sur notre seigneur Mohammed ! Lorsque le prince des musulmans Abou Tachfin que Dieu le fortifie et l'assiste ! Eut achevé le minaret ! D'Alger, dans une période dont le commencement est le dimanche dix septime jour de Doul Kada de l'année sept-cent-vingt-deux (1), et dont la fin et la clôture est la nouvelle lune de Redjeb de, l'année sept-cent-vingt-trois (2). Le minaret susdit sembla, par son aspect actuel, s'écrier : quel est le minaret dont la beauté est comparable à la mienne ? Le prince des Musulmans a érigé des boules (3) et il a complété ma construction. La lune du firmament s'est présentée à moi dans tout son éclat, et m'a dit : sur toi mon salut ; ô toi la seconde lune ! Aucune vue, en effet, ne captive les coeurs, comme la mienne. Allons ! Venez donc contempler ma beauté et l'aspect réjouissant de mes couronnes. Puisse mon Dieu accroître l'élévation de celui qui m'a achevé comme ce dernier l'a fait à mon égard et comme il a exhaussé mes parois. Que l'assistance de Dieu ne cesse d'être autour de son étendard, le suivant comme un compagnon et lui servant de seconde armée ».

Or, ce minaret est de forme carrée de 6m x 6m et n'a que 17 m de hauteur, ce qui lui confère un aspect massif et lourd[59]. Aussi faut-il savoir que ce minaret et la façade nord-ouest ont

[57] Bargès (1877) op.cit p 74

[58] Bargès (1887) op.cit pp 74-75 et Devoulx (1866), RA n° 10, pp 222-223

[59] Manuscrit Devoulx (1846) f° 51, Devoulx (1866 et 1875) op.cit p 225 et 528, Benhamouche (2003) El Djazair histoire d'une cité d'Icosium à Alger, transcription d'Histoire d'Alger de Devoulx, p 51

2.3.2.1 La grande mosquée (endommagement probable de son minaret) :

Les dommages subis par la grande mosquée à cette époque-là sont à priori la destruction de son magnifique minaret almohade. Ce dernier fut construit en 1324 par Abou Tachfin, roi de Tlemcen. Cette information est évoquée par Bargès (1877)[57] qui traduisit une copie de *l'histoire des rois de Tlemcen* dont voici des extraits : *« Ce sultan Abou Teschfin est celui qui acheva le minaret de la grande mosquée d'Alger. La date de la construction de ce monument est gravée sur une plaque de marbre qui a été incrustée dans la muraille à droite en entrant dans la cour.*

Voici le texte de cette inscription :

« Lorsque la prince des Moslim, Abou Teschfin (que Dieu le consolide et le fasse triompher !) eut achevé le minaret d'Alger, dont la construction, commencée le dimanche 27 de dhou'l-Kiadah de l'an 722, fut terminée le premier jour de redjeb de l'année 723, le minaret en question, tout fier de sa parure, sembla s'écrier : quel minaret pourrait rivaliser de beauté avec moi ? »

Une inscription gravée est située à l'intérieur de la mosquée et le décrit comme suit[58] :

« Au nom de Dieu clément et miséricordieux ! Que dieu répande ses gardes sur notre seigneur Mohammed ! Lorsque le prince des musulmans Abou Tachfin que Dieu le fortifie et l'assiste ! Eut achevé le minaret ! D'Alger, dans une période dont le commencement est le dimanche dix septime jour de Doul Kada de l'année sept-cent-vingt-deux (1), et dont la fin et la clôture est la nouvelle lune de Redjeb de, l'année sept-cent-vingt-trois (2). Le minaret susdit sembla, par son aspect actuel, s'écrier : quel est le minaret dont la beauté est comparable à la mienne ? Le prince des Musulmans a érigé des boules (3) et il a complété ma construction. La lune du firmament s'est présentée à moi dans tout son éclat, et m'a dit : sur toi mon salut ; ô toi la seconde lune ! Aucune vue, en effet, ne captive les coeurs, comme la mienne. Allons ! Venez donc contempler ma beauté et l'aspect réjouissant de mes couronnes. Puisse mon Dieu accroître l'élévation de celui qui m'a achevé comme ce dernier l'a fait à mon égard et comme il a exhaussé mes parois. Que l'assistance de Dieu ne cesse d'être autour de son étendard, le suivant comme un compagnon et lui servant de seconde armée ».

Or, ce minaret est de forme carrée de 6m x 6m et n'a que 17 m de hauteur, ce qui lui confère un aspect massif et lourd[59]. Aussi faut-il savoir que ce minaret et la façade nord-ouest ont

[57] Bargès (1877) op.cit p 74

[58] Bargès (1887) op.cit pp 74-75 et Devoulx (1866), RA n° 10, pp 222-223

[59] Manuscrit Devoulx (1846) f° 51, Devoulx (1866 et 1875) op.cit p 225 et 528, Benhamouche (2003) El Djazair histoire d'une cité d'Icosium à Alger, transcription d'Histoire d'Alger de Devoulx, p 51

subi des transformations[60]. La mosquée d'Alger a subi tellement de restaurations qu'aujourd'hui son minaret ne présente aucun indice archéologique. De ce fait l'observation des mosquées de style *'Abd al-Wadid* qui subsistent encore au Maghreb, telles que les mosquées de *Sidi Abū al-Hassan*, *Awlād al-Imām*, *Sidī Ibrahīm* et *al Mech'ūar* ainsi que les minarets de cette même dynastie, tels que celui de la grande mosquée d'Alger, de la grande mosquée de Tlemcen et de la mosquée d'Agadir[61], révèle qu'ils sont quadrangulaire et de silhouette moyenne. Leurs proportions sont harmonieuses avec la hauteur qui vaut quatre fois la largeur, ils sont donc relativement élevés. Les mosquées de Tlemcen et de Nedroma qui sont almoravides mais dont les minarets sont d'origine *'Abd al-Wadid*, en font référence. Une exception est faite pour le minaret de la grande mosquée d'Alger. Il est probable que tel que décrit dans l'inscription, le minaret de la grande mosquée, se référant aux proportions des minarets *'Abd al-Wadid*, avait une grande hauteur, pourquoi pas 24 mètres (fig 2.2.4)?

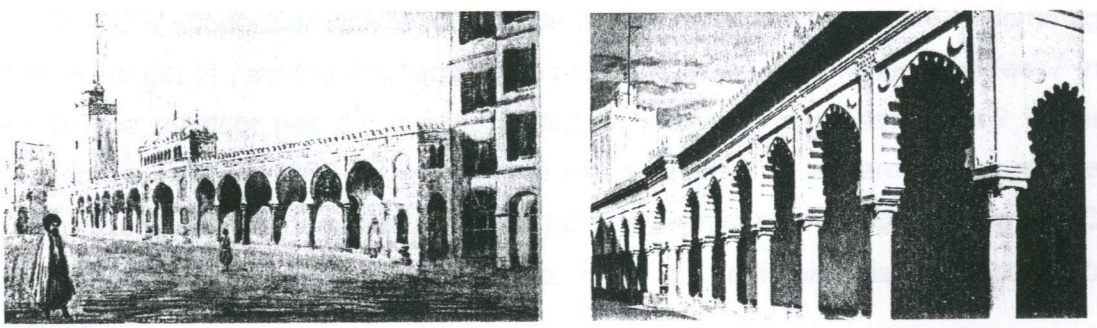


Fig 2.2.4- Vue d'ensemble de la Grande Mosquée (In Cresti 1993).

Si l'on compare les silhouettes des différents minarets hérités des *'Abd al-Wadid*, on remarquera que seul le minaret de la grande mosquée d'Alger ne présente pas ces harmonies dimensionnelles (Tab silhouette, Rapport H/b).

Dimensions en mètres	Agadir	Abū al-Hassan	Awlād al-Imām	Alger	Tlemcen	Méchouar	Nédroma	Sīdī Ibrāhīm
Hauteur	25.6	14.25	12.25	17	29.15	25.22	23.20	16.55
Largeur	5.53	3.50	2.68	6	6.30	4.90	4.72	4
Rapport H/l	> 4	4	> 4	< 4	> 4	> 4	> 4	4

Tab 2.2.1 - Rapport entre hauteur et base des minarets 'Abd al-Wadid. (d'après Bourouiba 1981, sauf pour Alger, d'après Devoulx 1870)

[60] Collection Art et Culture (1974) ; Les mosquées en Algérie, n° 1, p 15
[61] Collection Art et Culture (1974), op.cit p 21, et Bourouiba (1981). L'art religieux musulman en Algérie, pp 186-187

Les états de dommages dont il est fait référence sur cet édifice sont ceux relatifs au siège d'*Al Djazāir* par les espagnols durant le règne de Khayr al-Dine en 1529. En effet, installés sur le Peñon, les espagnols déchargèrent sur la ville leurs canons et détruisirent entre autre le minaret de la grande mosquée. Après la prise du Peñon par Khayr al Dine, les espagnols durent subirent les conséquences de leur geste et furent assignés de reconstruire le minaret[62]. Plus tard ce sont les bombardements de Duquesne en 1682-1683 puis ceux d'Estrée en 1688[63] qui ont sérieusement endommagé la grande mosquée.

A aucun moment il n'est dit qu'une destruction ou qu'un raccourcissement ait eu lieu antérieurement à ces événements. Il semblerait aussi que la reconstruction répétée de ce minaret a été réalisée en suivant les proportions initiales, surtout pour la préservation de l'unité figurative et le respect de l'authenticité formelle et proportionnelle. Toutefois, le respect des décorations *'Abd al wadīd,* n'a pas été suivi. Ces opérations de réparations sont des actes résultant d'un entretien permanent de cet édifice religieux[64].

Ceci conduit à la supposition que le minaret de la Grande Mosquée n'a été endommagé à aucun moment par le passé avant l'arrivée des turcs. Comment expliquer alors les17 m de hauteur qui ne reflètent pas du tout les louanges transcrites sur l'inscription ? Est-ce le tremblement de terre de 1365 qui l'a renversé car, trop élevé (le minaret n'a pu résister) ? Ceci est probable, aucun document consulté jusqu'à aujourd'hui n'a pu le confirmer. C'est une hypothèse qui n'a pas pu être vérifiée, mais qui toutefois laisse supposer cette interprétation.

2.3.2.2 Mosquée *Setfi Meryem,* (destruction probable) :

La destruction ou l'endommagement de la mosquée *Setfi Meryam* est une probabilité déduite de l'analyse du document établi par Ibn Redjeb (1770-71) qui évoque le grand nombre de mosquées détruites et le raz de marée qui a inondé la partie basse de la ville. Cette mosquée est située dans la rue *Bāb al-wād*, inondée par le raz de marée (tsunami) qui a suivi le tremblement de terre. Elle a probablement subi des dommages car selon Devoulx, la sainte *Setfi Meryem* dut la construire ou la reconstruire. Dans le cas d'une reconstruction elle n'a pu avoir lieu que si la mosquée était en mauvais état. Elle fut encore durant la période

[62] Primaudaie (1875). Documents inédits sur l'histoire de l'occupation espagnole en Afrique (1506-1574). In Revue Africaine n° 19, p 165

[63] Al Zehār (1770), Al Tilimsānī trad Rousseau op.cit p 133, Manuscrit Devoulx (1846) op.cit f°49, Koumas et Nafa (2003), p 128, et Benhamouche (2003) op.cit p 48

[64] Chergui (1998). L'entretien et la conservation du patrimoine religieux durant la période musulmane. Cas de la Grande Mosquée. Magistère. Option : Préservation des sites et monuments historiques, EPAU, Alger. p 92 et 177.

ottomane reconstruite et on lui attribua le nom de mosquée *El Nigrū* dont *Setfi Meryam* était descendante[65].

2.3.2.3 La mosquée *El Djama' al-Qadīm* durant la fin du XVIème siècle :

Cette mosquée, a existée durant la période arabo-berbère, sous une dénomination inconnue. *Al Keshāsh* est son nom durant la période ottomane. Sa reconstruction par *Al Keshāsh* fut achevée en 1579[66] et laisse supposer qu'elle était dans un état de dégradation ou en ruine car elle fut complètement reconstruite à la fin du XVIème siècle. Elle était localisée dans la rue des Consuls qui s'étend de la rue de la marine à la rue Navarin et qui couvre donc une partie de la basse çasbah qui a été inondée. Une supposition de l'endommagement est faite pour cette mosquée.

2.3.3 Les effets du tremblement de terre sur les quartiers de la ville :

A *Hārat el Djenān* près de *Bāb al Wād* des maisons se sont effondrées. Cette *Hāra* était localisée durant la période ottomane au niveau de la rue *Lallahūm.* Aucun chiffre de maisons détruites n'est établi. Mais une grande étendue de la ville a été endommagée y compris les commerces surtout ceux situés dans la partie basse de la ville qui a été inondée.

2.3.4 La riposte institutionnelle et la reconstruction de la ville :

Suite à la catastrophe du 4 janvier 1365, la ville fut reconstruite. Il est dit qu'aucun édifice n'a repris sa place et que les souvenirs se sont perdus avec la ruine des maisons[67]. Aucune trace des décisions qui ont été prises à l'époque par l'autorité gouvernante quant à la reconstruction de la cité n'a été trouvée. Est ce que cela est lié au fait que l'histoire urbaine d'Alger durant cette période était secondaire par rapport aux luttes dynastiques du Maghreb ?

Le champs macrosismique du séisme de 1365 ou scénario sismique urbain de 1365 a été élaboré sur la base de la restitution de la structure de Djazāir *Banī Māzghennā* avec une localisation des dommages qui ont pu être établis. Bien entendu cette représentation n'est pas aussi exhaustive qu'elle devrait l'être. Mais elle permettra dans une limite donnée de

[65] Devoulx (1875) op.cit p 519
[66] Devoulx (1866), Revue Africaine n° 10, p 52-52.
[67] Bargès (1877) op.cit pp 221-223

localiser quelques zones touchées par ce séisme. Ces régions de la ville endommagées pourraient éventuellement présenter les futures zones à risque (carte 2.2.1).

2.4 Scénario sismique d'Al Djazaïr, sous la régence ottomane au début du XVIIIème siècle

2.4.1 Présentation de la médina au début du XVIIIème siècle :

Cette période est particulièrement très importante pour l'histoire urbaine d'*Al Djazaïr*. Depuis l'installation des ottomans, cette cité connut un essor remarquable qui l'érigea au rang de capitale du Maghreb central en 1518. Les turcs se sont retrouvés maîtres de cette ville suite à un appel de protection lancé par *Salîm Al Tūmī* roi d'Alger. En effet, les algérois voulant se débarrasser du joug des espagnols qui les menaçaient depuis 1509, installés sur le Peñón fortifié et pointant leurs canons sur la ville, firent appel à *'Arūdj* en 1516[68] . La citadelle fut l'un des premiers édifices entamé dés l'installation de *'Arūdj* en tant que roi d'Alger (1516). Elle fut construite en remplacement de celle située plus bas et qu'il détruisit.

En 1519, après la mort de *'Arūdj*, son frère *Khayr al-Din* incita les notables algérois à demander protection à Selim 1er qui accepta en envoyant un firman qui fit d'Alger la première ville vassale de l'empire ottoman en Afrique et désigna *Khayr al-Din Bey* de la régence[69].

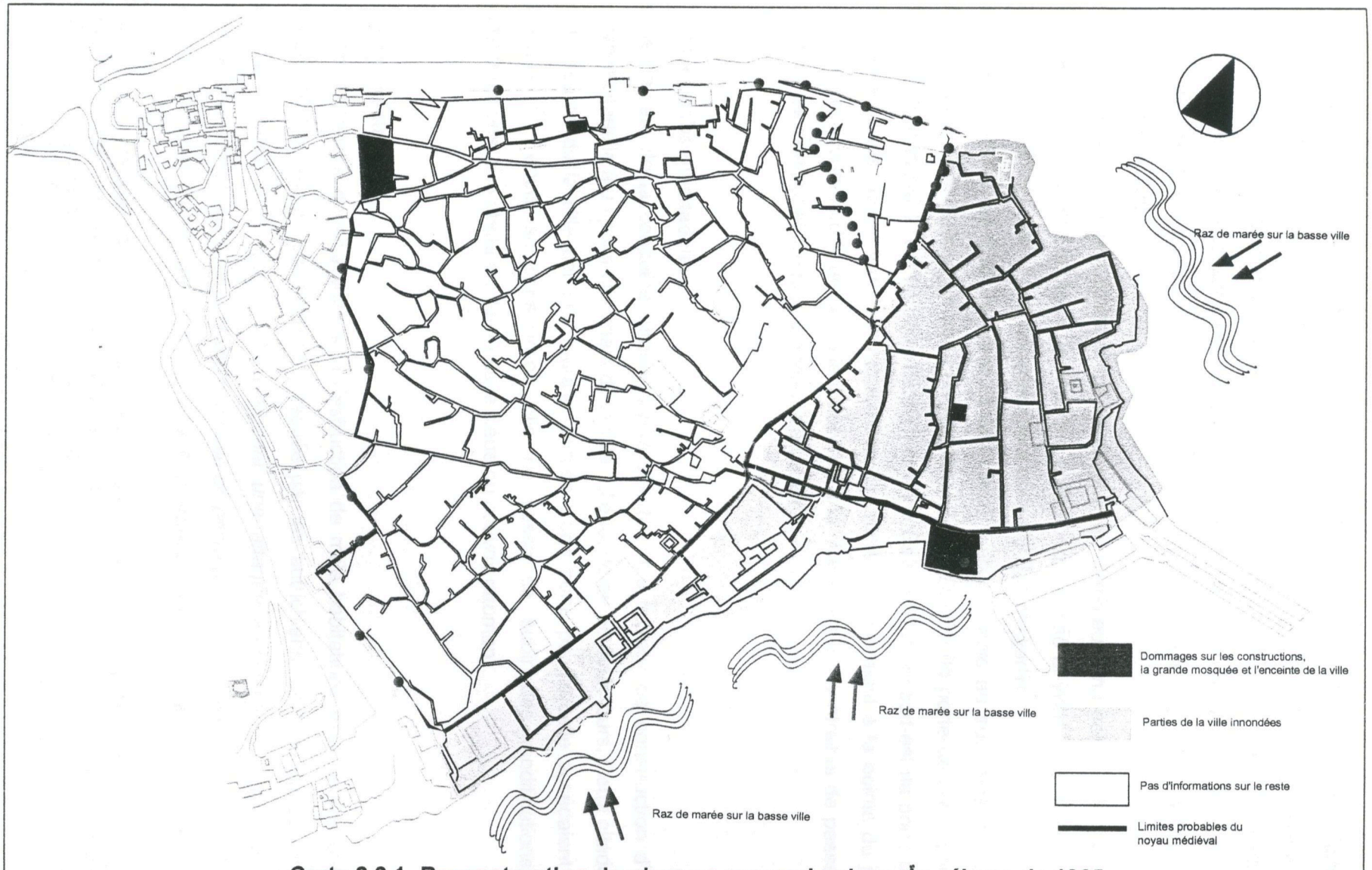
Depuis cette date la ville n'a cessé de se densifier et de s'accroître économiquement pour devenir la plus importante ville ottomane dans la Méditerranée occidentale.

Durant la période ottomane, *Al Djazaïr* se développa et un grand nombre de constructions furent reconstruits ou agrandis.

2.4.2 Les enceintes, les portes et les fortifications :

Alger est une ville fortifiée depuis fort longtemps, déjà durant l'époque romaine, puis à la période arabo-berbère. Sa muraille fut reconstruite et fortifiée par des bastions pour, l'artillerie, par plusieurs gouverneurs d'*Al Djazāir* et sur une longue durée. Durant sa captivité qui dura de 1578 à 1581, le bénédictin Diego De Haedo décrivit l'ancienne enceinte d'Alger par ceci : « *la hauteur de l'ancienne muraille qui s'élève en amphithéâtre est d'a peu prés 30 palmes ou empans, et de 40 environ pour la portion bâtie sur les rochers qui longent la mer ;*

[68] Haedo (1612) Topographia general de Argel. Trad par Monnereau (1870) retranscrit par Rebahi (2003), pp 24-26
[69] Missoum (2003) op.cit p 34.



Carte 2.2.1- Reconstruction du champs macrosismique du séisme de 1365

elle est partout d'une épaisseur moyenne de 11 à 12 palmes »[70]. Les deux points forts de cette muraille sont la citadelle et le port. Côté terre, cette muraille est doublée de fossés. Les ottomans n'ont pas réellement modifié le tracé de l'enceinte de la ville en certains endroits. Ils l'ont cependant agrandi sur plusieurs parties. A titre d'exemple, un élargissement du côté méridional s'est opéré puisqu'il y eut la construction de la nouvelle citadelle à 440 m plus haut que la vieille *Qasba*[71].

Pour assurer les communications et les relations avec l'extérieur cinq portes sont percées dans la muraille. Quatre héritées de l'époque arabo-berbère *Bāb al-Wad, Bāb 'Azzūn, Bāb al-Djazīra et Bāb al-B'har* et une complètement nouvelle *Bāb al-Djadīd.*

Bāb al-Wad située au nord (la porte de la rivière), *Bāb al-Djadīd* au sud-ouest (la porte neuve), *Bāb 'Azzūn* au sud (la porte de Azzoun), *Bāb al-Djazīra* (la porte de l'île) appelée encore *Bāb al-Marsā* à l'est (la porte du port) et enfin *Bāb al-B'har* au sud-est (la porte de la mer). Ces portes étaient fermées à la tombée des nuits et s'ouvraient à la pointe du jour. Ainsi les voyageurs tardifs ne pouvaient accéder à la ville et étaient contraints de passer la nuit dans les *zawiyas* et *fūndūqs* aménagés à cet effet.

2.4.3 La Qasba ou citadelle :

Au lendemain de la conquête turque, *'Arūdj* effectua des travaux de construction d'une nouvelle citadelle à un point culminant de la ville. Elle fut dotée de deux tours. Cette citadelle était séparée de la ville par une muraille percée d'une porte par laquelle accédaient les janissaires[72]. Depuis sa construction elle ne cessa de subir des modifications et transformations. Elle abrita en deux fois le siège du pouvoir ottoman.

2.4.4 La médina :

La ville d'Alger se densifia suite à la destruction de mille habitations extra muros durant l'année 1573 où Alger risquait d'être attaquée par les autrichiens. Le témoignage de De Gramaye dévoile que : « *des 1573, craignant une attaque imminente de Don Juan d' Autriche contre Alger qui soufrait d'une épidémie de peste depuis deux ans et dont le tiers de la population avait été décimé, « Arabamet » Arab Ahmad, Ahmad al-' Arbî, par mesure de*

[70] Haedo. De D. (1578-81). Topographia general de Argel. Trad et anotée par Monnereau et Berbrugger transcrit et présenté par Rebahi (2003), p 28. En note de bas de page, 1 ampan mesuré de l'extrémité du pouce à l'auriculaire équivaut à 0m25.
De ce fait la hauteur de la muraille atteignait 7m 50 à partir du sol et 10 m du coté de la mer. Son épaisseur moyenne variait de 2m 75 à 3m.

[71] Devoulx (1870) op.cit f° 63 et Ben Hamouche (2003) op.cit p 62

[72] Devoulx (1870) op.cit f° 69 et Ben Hamouche (2003) op.cit p 68

sécurité, rénova et renforça les fortifications de sa capitale (port, fort de Bab Azzoun, remparts fossés). Il fit détruire presque deux milles habitations extra muros, provoquant ainsi une forte augmentation de la population d'Alger-ville » [73].

Ceci augmenta le nombre de la population qui a probablement induit d'une part une densification des constructions, d'autre part a probablement influencé sur la typologie des maisons. Une transformation des toitures en terrasses et une surélévation sur parfois plus de deux niveaux ont été introduites probablement à cette date-là. La surface d'Alger n'a pas changé depuis et ce jusqu'à la colonisation. L'extension du bâti occupait 46 ha sur une étendue de 54 ha et 64 ares[74].

Depuis, cette ville n'a cessé de faire croître l'imagination de nombreux voyageurs. Abordée par la mer, *Al Djazaïr* a l'aspect d'une pomme de pins, d'une arbalète ou d'un arc dont le front de mer tendu entre le sud-est et le nord–ouest est sa corde. Ses maisons couronnées de terrasses et éclatantes de blancheurs offrent le spectacle d'un gigantesque amphithéâtre coincé entre la montagne de Bouzaréah et la mer[75].

La ville s'est étalée sur les deux zones différentes par leur configuration topographiques, le replat appelé *al-w'ṭa* et la colline nommée *al-djebel*. Ces deux parties ont des caractéristiques différentes qui ont engendré une certaine typologie de rues.

Le tracé des rues s'est subdivisé en deux : un dédale de rues, de ruelles et d'impasses sur la colline et une régularité de rues, orthogonales importantes qui semblent se conformer au tracé d'Icosium qui occupe toute la partie allant de *Bāb al Wād* à *Bāb 'Azūn*, puis continue jusqu'à *Bāb al Djazīra*[76]. La grande rue située sur le replat s'est renforcée dans sa structure commerciale et on a vu se concentrer encore plusieurs autres d'où son appellation du *sūq al kabīr* (le grand marché)[77]. Cette rue était la plus large et atteignait jusqu'à 40 ampans allant de la porte *Bāb 'Azzūn* jusqu'à la porte *Bāb al-Wād*[78].

Deux grandes rues parmi celles qui grimpent sur les hauteurs d' *Al Djazāir* semblent plus structurées car elles démarrent du bas de la ville jusqu'au niveau le plus haut. La rue de la Casbah : de Bab al Oued jusqu'à la place de la Casbah (citadelle) le point le plus culminant

[73] De Grammaye Alger XVè-XVII siècles. Journal de JB Gramaye « Evèque d'Afrique ». Traduit par Ben Mansour(1998). Notes de bas de pages 67 et 68.

[74] Shuval (1999). La ville d'Alger vers la fin du XVIIIè siècle. Population et cadre urbain, p 41

[75] Voir Haedo, De Grammaye, Peysonnel, Rozet au sujet de la forme de la ville.

[76] Devoulx (1870) op.cit

[77] Dans son Histoire d'Alger et du bombardement de cette ville en 1816. Tassy (1830) dit qu'il n'y a à Alger qu'une seule rue d'une largeur raisonnable Elle s'élargit encore dans certains endroits, et c'est là où l'on expose journellement le blé et les autres provisions en vente…

[78] Heado op.cit p 46 et Paradis pp 109-110 qui dit que « Cette rue, quoique la plus large d'Alger, n'a guère plus de dix pieds de largeur »

sécurité, rénova et renforça les fortifications de sa capitale (port, fort de Bab Azzoun, remparts fossés). Il fit détruire presque deux milles habitations extra muros, provoquant ainsi une forte augmentation de la population d'Alger-ville » [73].

Ceci augmenta le nombre de la population qui a probablement induit d'une part une densification des constructions, d'autre part a probablement influencé sur la typologie des maisons. Une transformation des toitures en terrasses et une surélévation sur parfois plus de deux niveaux ont été introduites probablement à cette date-là. La surface d'Alger n'a pas changé depuis et ce jusqu'à la colonisation. L'extension du bâti occupait 46 ha sur une étendue de 54 ha et 64 ares[74].

Depuis, cette ville n'a cessé de faire croître l'imagination de nombreux voyageurs. Abordée par la mer, *Al Djazaïr* a l'aspect d'une pomme de pins, d'une arbalète ou d'un arc dont le front de mer tendu entre le sud-est et le nord–ouest est sa corde. Ses maisons couronnées de terrasses et éclatantes de blancheurs offrent le spectacle d'un gigantesque amphithéâtre coincé entre la montagne de Bouzaréah et la mer[75].

La ville s'est étalée sur les deux zones différentes par leur configuration topographiques, le replat appelé *al-wṭa* et la colline nommée *al-djebel*. Ces deux parties ont des caractéristiques différentes qui ont engendré une certaine typologie de rues.

Le tracé des rues s'est subdivisé en deux : un dédale de rues, de ruelles et d'impasses sur la colline et une régularité de rues, orthogonales importantes qui semblent se conformer au tracé d'Icosium qui occupe toute la partie allant de *Bāb al Wād* à *Bāb 'Azūn*, puis continue jusqu'à *Bāb al Djazīra*[76]. La grande rue située sur le replat s'est renforcée dans sa structure commerciale et on a vu se concentrer encore plusieurs autres d'où son appellation du *sūq al kabīr* (le grand marché)[77]. Cette rue était la plus large et atteignait jusqu'à 40 ampans allant de la porte *Bāb 'Azzūn* jusqu'à la porte *Bāb al-Wād*[78].

Deux grandes rues parmi celles qui grimpent sur les hauteurs d' *Al Djazaïr* semblent plus structurées car elles démarrent du bas de la ville jusqu'au niveau le plus haut. La rue de la Casbah : de Bab al Oued jusqu'à la place de la Casbah (citadelle) le point le plus culminant

[73] De Grammaye Alger XVè-XVII siècles. Journal de JB Gramaye « Evèque d'Afrique ». Traduit par Ben Mansour(1998). Notes de bas de pages 67 et 68.

[74] Shuval (1999). La ville d'Alger vers la fin du XVIIIè siècle. Population et cadre urbain, p 41

[75] Voir Haedo, De Grammaye, Peysonnel, Rozet au sujet de la forme de la ville.

[76] Devoulx (1870) op.cit

[77] Dans son Histoire d'Alger et du bombardement de cette ville en 1816. Tassy (1830) dit qu'il n'y a à Alger qu'une seule rue d'une largeur raisonnable Elle s'élargit encore dans certains endroits, et c'est là où l'on expose journellement le blé et les autres provisions en vente…

[78] Heado op.cit p 46 et Paradis pp 109-110 qui dit que « Cette rue, quoique la plus large d'Alger, n'a guère plus de dix pieds de largeur »

et la rue Porte Neuve qui démarre de *Bāb 'Azzūn* jusqu'à la rue de la Victoire également en haut de la ville. Ces deux rues permettent, entre autres, l'accès aux différents quartiers de la médina.

Les autres rues qui ont envahi la colline sont étroites[79] et permettent le déplacement à l'intérieur des quartiers. Elles sont souvent partiellement couvertes par des constructions soutenues soit par des voûtes maçonnées en croisé d'ogive appelés *sabats*[80] tel que *Sabat al-Ḍ'hab* (voûte de l'or), soit plats mais couverts avec des rondins de Thuya et appelés *derb* tel que *Derb al-Qasīr*. Ces passages couverts sont le résultat d'une extension horizontale des étages supérieurs des maisons[81].

2.4.5 Les espaces urbains :

2.4.5.1 Les quartiers :

La partie habitée de la médina est divisée en plusieurs quartiers. *Al Djazāir* en comptait plusieurs dizaines. Certains quartiers étaient dotés de portes qui se fermaient la nuit[82]. En fait tels que le décrit Le Tourneau dans sa monographie sur Fès, le quartier réel, soit la plus petite unité urbaine de base, gravite toujours autour d'un four, d'un oratoire ou d'une mosquée, d'une fontaine et de boutiques[83]. Selon Shuval, *Al Djazāir* comptait 59 quartiers de tailles différentes. Certains couvraient une superficie d'un hectare ou un peu moins dans la haute ville et un peu plus dans la basse ville[84]. D'après Seffadj, la médina était subdivisée en 71 quartiers à la fin du XVIIIème siècle, résultat d'une subdivision des quartiers situés dans la ville basse en raison de la forte activité commerciale[85]. La distribution de ces équipements dans les quartiers était quasi régulière. Tous les quartiers comprenaient un ou plusieurs lieux de culte, un four à pain, un hammam et de petits marchés[86]. Une autre subdivision existait à

[79] Haedo, op.cit p 46 décrit ces rues par : Toutes les rues plus étroites que les rues les plus rétrécies de Tolède ou de Lisbonne peuvent livrer passage à deux cavaliers mais pas à deux hommes de front. De même est la description de Gramaye, op.cit p 76 qui dit que ces rues sont si étroites qu'un cavalier ou deux personnes ont du mal à passer de front ;

[80] Kaddache (1951). La Casbah sous les turcs, p 3

[81] Selon le témoignage de Paradis « Les autres rues d'Alger sont si étroites que trois personnes auraient la peine à y passer de front ; elles sont sales et obscures parce que les maisons des deux files sont liées très souvent par des ponts et qu'elles avancent leur premier étage sur la rue.... »

[82] Boyer (1963) p 50 et 125 et Shuval (1999) op.cit p 201
[83] Le Tourneau (1957) op.cit p 69
[84] Shuval (1999) op.cit p 203
[85] Seffadj (1995) op.cit p 102
[86] Shuval (1999) op.cit p 213

Al Djazāir, les fonctions commerciales étaient toutes localisées dans la ville basse où les rues étaient plus larges et rectilignes, tandis que les habitations occupaient la partie haute de la ville où les rues étaient plus étroites et tortueuses. Les quartiers résidentiels étaient organisés en une véritable cellule autonome et indépendante contenant tous les équipements indispensables à la vie communautaire.

2.4.5.2 Les sūqs et swīqāt :

La partie basse de la ville ou *al w'tā*, fortement occupée par les activités économiques (commerce et artisanat), était complètement séparée de la partie résidentielle qui, elle, était située sur *al djebel*. Dans la rue *Bāb al Wād* jusqu'à *Bāb 'Azūn* étaient concentrés la plupart des *sūqs* de la médina (*sūq al kettān, sūq al dūkhān, hānūt al kartūs*...). Les *swiqāt* (à l'image de *swiqat 'Amūr, suq al s'men...)* quant à elles étaient parsemées dans la haute ville et étaient réservées probablement pour les quartiers.

2.4.6 Les centres administratifs et politiques :

C'est à l'intérieur de la médina que se localisent en plus des quartiers résidentiels et commerciaux, les quelques édifices publics abritant les fonctions politico administratives telles que *Dār al Sūltān*, *al Djenīna* ou encore *al Diwan*. Ce palais a été restauré et agrandi entre 1552 et 1556 le palais de *Salīm Al Tūmī* qui devint *Dār al-Sūltān*[87] qui abrita le pouvoir local. *Dār al-Sultān* se composait d'un ensemble de bâtiments s'étendant entre la rue *Bāb al-Wād* et la rue Bruce, comprenant des locaux pour les services du gouvernement et pour le personnel, une salle d'audience, des appartements pour le Harem et d'autres pour le Dey lui-même, le magasin de grains de dîmes et des entrepôts[88]. Le tout se développant sur quatre (04) niveaux à partir du rez de chaussée.

[87] Klein (1910). Feuillets d'El-Djazair, T 1, p 121; Paradis (1983) Tunis et Alger au XVIIIXème siècle. Mémoires présentées par Joseph Croq, pp 109-110, Golvin (2003) Palais et demeures d'Alger, p 17 et Paradis dont le témoignage évoque « cette maison, qu'on nomme *pacha capousi,* la porte du Pacha, et que les francs nomment la maison du roi, est située dans la plus grande rue d'Alger, dont une extrémité aboutit à la porte Bab al-wad, au nord, et l'autre à la porte dite Bab Azoun, au midi » ibid

[88] Marçais (1954), 437-438.

2.4.7 Les palais :

Hormis les maisons, des palais en grand nombre se sont fait construire durant les deux premiers siècles. Il n'a été possible d'identifier que trois palais qui faisaient partie d'Alger durant le séisme de 1716. *Dār 'Azīza* située sur la rue *Sīdī bū Shaqūr*[89](Rue du Soudan) fait partie des premières demeures d'Alger durant le XVIème siècle[90]. *Dār al Sulṭān* qui faisait partie déjà de la ville arabo-berbère, *Ḍār Khdiwja al'amiya* dite *Dār Bakrī* qui semble-t-il avait été construite aux alentours de 1570 sur la *zāwiya de Sīdī Aḥmad b 'Abdellāh al Z'wāwī* . Elle était située à *Sūq al djema'ā* (actuelle Rue Malek Mohammed Akli) et portait le nom de *Dār Yaḥiyā Rāis*[91]. Les autres palais ont été construits après le séisme de 1716[92]. Les trois palais cités étaient tous de grandes demeures situées dans la partie basse de la ville auprès d'autres édifices tels que les mosquées.

EXCLU de PRÊT

2.4.8 Les équipements de la ville et ses quartiers :

2.4.8.1 Les mosquées :

Un grand nombre de mosquées était réparti dans toute la ville. Durant leurs séjours à Alger Haedo puis Shaw évoquèrent une centaine de tailles différentes, des grandes appelées *Djāma'* et des petites nommées *Mesdjed*. Elles ont été construites soit par des maures soit par des renégats. Beaucoup de ces édifices religieux sont bien bâtis. Il y avait six mosquées parmi les premières décrites par ces voyageurs. Certaines ont été reconstruites ou restaurées telles que la grande mosquée et *Djāma' Sīdī Ramḍān* qui datent de l'époque médiévale, *Djāma' Ketshāwā* qui a été rénové en 1794 et *Djāma' Al Keshash*[93] qui a été reconstruite en 1579. D'autres par contre ont été construites par les différents Deys qui se sont succédés. Pour ne citer que celles-ci :

- *Djāma' Al Sayida,* lieu de culte des souverains situé près du marché.
- La mosquée *Sīdī Al Rabī* plus tard nommée *Ben Khemkha*[94] située sur la grande rue du marché mais non loin de *Bāb al Wād.*
- *Djāma' Al Djadid* élevé en 1660 sur l'emplacement de la *medersa Bū 'Anān.*

---

[89] Golvin op.cit p 33
[90] Comelin op.cit p 16 et Golvin op.cit p 17
[91] Golvin op.cit p 59
[92] Laaradj (1990). *Al Zalidj fi al 'Imāra al-islāmiya bi Al Djazāir fi al'asr al tūrkī.* Ed ENAL, Alger. p 17
[93] Haedo, op.cit p 214-215
[94] Devoulx (1870). op.cit p 295

- *Djāma' 'Ali Bitshīn* en 1622.
- *Djāma' Sīdī 'Abderraḥmān* construit en 1696-1697 et son Mausolée reconstruit en 1690[95].
- *Djāma' Sha'bān Khūdjā* bâtie en 1693-1694 appelée également *Djāma' Bāb al Djazīra*[96] vu sa proximité de la porte de l'île (Annexe 4) [97, 98].

2.4.8.2 Les medersas et zawiyas :

Il y avait aux côtés des mosquées un grand nombre de medersas et zawiyas qui avaient pour rôle celui de la formation et de l'instruction. Les zawiyas les plus connues datant d'avant le séisme de 1716 sont : *Sīdī 'Alī al Fāssī, Sīdī Bū Ghedūr* et *Sīdī Hellāl.*

Les medersas sont: *M'sīd al Dālyā et M'sīd al Ghūla.*

2.4.8.3 Les casernes :

Auprès de tous ces édifices, d'autres bâtiments d'ordre militaire sont construits pour héberger les soldats. Ils ont été construits par les ottomans durant le 1er siècle de leur installation à Alger. On dénombre cinq casernes[99]qui furent construites en 1650, *M'ta Labendjia* ou caserne des buveurs de petit lait, pas loin de *Bāb 'Azūn* ; *M'ta Kherrafīn* ou caserne des tourneurs, située entre les rues Boza et de l'Aigle ; *M'ta al-Maqarūn* ou caserne Macaron, près de la mosquée 'Abdī Pāshā ; *M'ta al-Drūdj* ou caserne des escaliers, pas loin du quartier des Douamès ; *M'ta Mūssā* ou plus connue sous *M'ta Bāb al-Djazīra.* Deux autres casernes semblent avoir été construites durant le XVIIème et qui sont situées au quartier des *khūdhārīn* sur la pente qui longe *Bāb 'Azūn* : *M'ta al-Khūdarine al-qadīma* et *M'ta al-Khūdarīne al-Djedīda* (en contrebas de la précédente) construite en 1037/1628 sous le règne de Hossein Pacha[100] qui régna entre 1626-1633[101].

Par ailleurs, les inscriptions reportées sur les portes de chacune des casernes nous renseignent sur la reconstruction de ces édifices. Pour la caserne du bas l'inscription est :

« *la construction d'une maison, au nombre de plus belles, a été achevée, avec bonheur et prospérité par les nobles soldats à l'époque de l'obtention des désirs, sous le règne de notre*

[95] Laaradj (1990). Op.cit p 16 et Missoum (2003), op.cit liste des mosquées pp 27-32
[96] Devoulx (1866) Les édifices religieux de l'ancien Alger. RA n° 10, pp 54-58
[97] Devoulx (1970). Les édifices religieux de l'ancien Alger
[98] Voir Annexe 4, liste des mosquées bâties avant 1716.
[99] Gramaye op.cit, p 9 et Shaw op.cit p
[100] Klein (1910), op.cit vol I, p 95-96
[101] Gaid (1991). L'Algérie sous les turcs, p 124.

Maitre Mourad (Amurat IV sultan de Constantinople) au temps du Pacha Hassein- puisse-t-il avoir toujours les deux mains ouvertes (pour faire le bien) – et par les soins de Moussa l'Yasriy l'Andalousy l'Himyary, en trente et mil et sept (1728). Tant qu'Alger durera, les soldats l'habiteront ! »[102]

Pour la caserne du haut la traduction de l'inscription est : « *Cette construction florissante a été terminée par autorisation de la milice victorieuse, sous le gouvernement de notre maître auguste, l'illustre Pacha Abou l'Hasan Aly, représentant de notre maître Padischah (que Dieu perpétue pour nous son règne dans la joie), par les soins du fidèl sieur Aly, fils de sieur Mousa, le constructeur -dans les premiers jours du moi Rabi lawwel de l'année parfaite sept et quarante et mil (1738)-. »* [103]

Ce sont les plus importantes structures dont était dotée *Al Djazāir* au début du XVIIIème siècle.

2.4.8 Les quartiers résidentiels et les maisons :

Les quartiers résidentiels occupent la partie haute de la ville. *Al Djazāir* en comptait plusieurs. Différents chiffres ont été avancés par certains auteurs[104]

Les maisons *d'Al Djazāir* se ressemblent toutes, bâties sur le même plan avec des galeries et des terrasses, toutes éclatantes de blancheur car badigeonnées et construites avec de la chaux. Elles sont si serrées les unes aux autres que l'on peut aller d'une maison à une autre à travers les terrasses. Ces maisons bâties sur la colline depuis le bord de la mer jusqu'en haut de la montagne s'élèvent en une espèce d'amphithéâtre et cette disposition en gradin offre une perspective vers l'horizon où aucune maison n'ôte la vue à l'autre. La plupart des maisons sont bâties de briques, parmi lesquelles il y a plusieurs palais, bâtis par d'excellents architectes[105]. La maison algéroise appelée *Dār* se caractérise par deux typologies distinctes, la première une maison à patio qui s'organise autour d'un *wast al Dār* à ciel ouvert ou partiellement couvert par un grillage pour capter la lumière et la ventilation appelée *shebāk*. Cette *Dār à shebāk* est née des contraintes surfaciques des parcelles qui ne

[102] Klein (1910) op.cit p 100

[103] Les dates de 1728 et 1738 converties de 1037 et 1047 par Colin, puis reprise par Klein sont fausses. En fait la conversion selon les tables chronologiques nous donne 1628 et 1638. De plus le Pacha Hussein et le Pacha Abou l'Hassan Aly ont gouverné respectivement entre 1626-1633 et 1637-1639 (voir Gaid : l'Algérie sous les turcs)

[104] Shuval (1998..)ibidem et Seffadj (1995) ibidem

[105] Atlas historique (1719), Atlas historique ou nouvelle introduction à l'histoire, à la chronologie et à la géographie ancienne et moderne, tome V et VI, contenant l'Asie, l'Afrique et l'Amérique septentrionale et méridionale, Dissertation sur la Barbarie qui comprend les royaumes de Barca, de Tripolie, de Tunis, d'Alger, de Fez et de Maroc. p 33

permettaient pas à la maison de profiter d'un patio. La seconde maison d'Alger est issue d'un développement diachronique de cette dernière et est appelée *Al-'Alwī.* Elle est apparue après des adaptations survenues au sein de la maison à patio, résultant d'une part de l'étroitesse des parcelles situées en bordure de rues, d'autre part des exigences à l'extraversion imposées par la forte activité urbaine[106].

Les maisons d'Alger ont les mêmes caractéristiques, elles sont construites sur plusieurs niveaux allant des sous sols jusqu'aux terrasses.

La maison à *Waṣt al Dār* : c'est une organisation autour d'une cour centrale à ciel ouvert. Entourée de galeries à quatre, trois et même deux arcades, selon la dimension de la parcelle et sur tous les niveaux de la maison. La cour est généralement carrée ou rectangulaire et ce sont les chambres qui s'adaptent à la forme de la parcelle.

La maison à *Shebāk* : c'est la même disposition des espaces entourant un puit de lumière car trop exigue, la parcelle ne permet pas à la maison de jouir d'une cour à ciel ouvert. Les espaces s'organisent autour de ce Waṣt al Dār avec ou sans galeries.

La maison *'Alwī* : sans *Waṣt al Dār,* cette maison s'organise en hauteur d'où son nom. Elle est surtout de petite taille car les exigences des activités urbaines ont fait subir au parcellaire des transformations.

D'après Haedo la ville d'Alger comptait 12 200 maisons au XVIème siècle[107]. Quelques trente années plus tard, De Gramaye évoque 13 300 maisons dont 1000 ont été construites par les familles qui habitaient en dehors de la ville et à peu près 300 autres nouvelles maisons construites par les tagarins expulsés d'Espagne en 1609[108]. Plus tard, vers le XVIIIème siècle, ces maisons sont estimées à 5000 à l'intérieur de l'enceinte d'Alger[109]. Et en 1830, Alger comptait 8000 maisons intra muros[110].

La venue des morisques a changé la physionomie d'Alger car elle a bénéficié de leurs techniques très avancées en matière de construction et d'irrigation. D'autres cités algériennes ont également été avantagées par l'apport morisque dans l'artisanat et l'agriculture[111].

[106] Ouagueni (2002) Dualité et continuité typologique du bâti à la Casbah d'Alger, in Alger lumières sur la ville, p128
[107] Haedo op.cit p 46
[108] Gramaye op.cit p 76 et 86
[109] Paradis, 18^{è}, Tunis et Alger au XVIIIXè siècle. Mémoires présentées par Joseph Croq pp 7-8
[110] Aumérat, (1897), la propriété urbaine à Alger in Revue Africaine n° 41, pp 321-330.
[111] Gramaye op.cit p 96

2.5 Les effets du tremblement de terre sur la médina et sur les édifices publics :

Lors du tremblement de terre de 1716, Al Djazāir a subi beaucoup de dommages. Ceux qui ont pu être recensés sont localisés dans différents quartiers de la ville. Il s'agit d'édifices majeurs telles que les palais et les mosquées situés tous sur les parties basses de la ville et d'édifices mineurs tels que les maisons d'habitation et quelques commerces d'accompagnement localisés sur l'ensemble de la médina (partie basse et partie haute).

2.5.1 Les palais :

Il est dit que beaucoup de palais subirent des dommages et que beaucoup ont eu les étages supérieurs effondrés. Le premier palais à citer est *Dār 'Azīza*, qui selon Comelin[112] était la résidence du consul de France et dont le Consul Clairembaut (1716)[113] et plus tard Comelin décrivirent les dommages. Tout l'étage supérieur de cette grande maison s'est effondré. Ce qui poussa ses habitants à la quitter. Les dommages ont été donc importants dans cette demeure. Ils ont atteint le degré de dommage égal à 4.

La seconde est *Dār al Sūltān* qui subit des dommages. D'après Klein, il s'agissait de sérieux dégâts qui ont poussé le Dey *'Ali Shāūsh* à quitter la *Djenīna* précipitamment avec sa cour pour trouver un refuge provisoire à Būrdj Mūlāy Mūḥammad appelé plus tard fort de l'étoile[114]. Vu qu'aucune information concernant le type de dégât n'est évoquée, il est possible qu'ils aient été faiblement endommagés et que ce fût des fissures réparables. Donc le degré de dommage probable atteint est de 2/3.

2.5.2 Les édifices religieux :

Parmi les bâtiments qui ont subi des dommages lors du séisme de 1716, on évoque un grand nombre de mosquées. Celles qui ont été clairement citées par les ouvrages et les archives ottomanes sont la grande mosquée ou *Djama' al Kabīr* et la mosquée *Sha'bān Khūdjā*.

[112] Comelin (1720), op.cit p 16
[113] Courier consulaire idem
[114] Klein in Golvin (2003) op.cit p 17

2.5.2.1 La Grande Mosquée :

La grande mosquée dont le mur nord-ouest (N-O) donnant sur la rue de la Marine a été fissurée[115] et certaines réparations n'ont eu lieu qu'en 1732[116]. Ces réparations ont apporté de nouvelles techniques constructives. En observant la stratigraphie de la façade de la *qibla*[117], il apparaît que plusieurs parties de ce mur aient été reconstruites durant la régence ottomane. Certaines techniques particulières ont été utilisées lors des réparations de 1732.

Concernant la mosquée *Sha'bān Khūdjā* , les dommages évoqués sont au niveau de la coupole qui a été fissurée.

Pour les autres édifices religieux, seuls des présomptions ont été faites à partir des sources consultées.

2.5.2.2 Mosquée *al-Sayida :*

La *mosquée al-Sayida ;* dont Haedo décrit l'existence en 1516[118] et Devoulx (1870) mentionne sa reconstruction par le Dey Mohammad Pacha en 1765-66 [119]; ait pu être détruite à une époque préalable à sa reconstruction. Est-ce le tremblement de terre de 1716 qui l'endommagea ou la détruisit ? Cette supposition vient du fait que les donations par les pachas à cette mosquée se soient arrêtées en 1114 de l'hégire (1702-1703). Aucun autre acte de donation n'est mentionné après cette-date là. De plus, lorsque les français entamèrent la destruction d'Alger au lendemain de leur conquête, la mosquée *al-Sayida* a été le premier monument abattu. La démolition de cet édifice religieux fut entreprise en 1830 et ne se termina qu'en 1832. La démolition du minaret a pris beaucoup de temps car celui-ci était massif et bien construit[120]. Cela semble être probablement une conséquence de la reconstruction massive sismo-résistante d'Al Djazaïr.

[115] Bargès (1877), op.cit p
[116] Devoulx (1875) op.cit p 526
[117] La stratigraphie des techniques constructives établies par Chergui (1998), montre que certaines techniques de construction ont été utilisées par les ottomans lors des différentes opérations de réparation sur cet édifice.
[118] Haedo op.cit p 214
[119] Devoulx 1870, op cit , p 153
[120] Devoulx 1870, op cit , p 156

2.5.2.3 La mosquée *Ketshāwa* :

Cette autre mosquée dont aucune information ne mentionne son endommagement ou sa destruction en 1716 mais qui a suscité encore un intérêt c'est la *mosquée Ketshāwa*. Les premiers actes dont Devoulx fait référence pour cette mosquée datent de 1021 (1612-1613) et attestent de son existence. En 1202 (1794-95), le pacha Hassan entama sa reconstruction en l'agrandissant considérablement[121]. La question que l'on se pose est : est-ce l'exiguïté de cet édifice qui a induit sa reconstruction et son agrandissement ou est-ce son endommagement par le tremblement de terre de 1716 ? Toujours d'après Devoulx auquel ces explications concernant l'inscription en arabe et sa traduction ont été empruntées :

حبذا أثار جليل عظيم مشيدا ونعم الخير في(ابنئ) مؤكدا أميرنا صاحب الفضل حسن باشا

أتقن بتصويب قبلة مسددا لحديث قيل أن في الجنة بيتا نالها من الله تعالى بني مسجدا

Devoulx s'arrête au mot أثار *āthār* qui signifie traces et vestiges et se demande pourquoi ce mot [122]? De la même manière que Devoulx, ce terme suscita des interrogations. Est-ce que la mosquée *Ketshāwa* est construite sur des ruines d'un autre édifice détruit par le passé ? Ces ruines ne seraient-elles pas celle du tremblement de terre de 1716 ?

Il faut souligner qu'il n'a pas été procédé à la lecture des actes des édifices religieux (archives ottomanes). Seules les sources historiques publiées ont été prises en considération.

2.6 Les effets du tremblement de terre sur les maisons :

La localisation des édifices mineurs (maisons d'habitation) a tenu compte des adresses exactes qui ont été extraites des registres du *Beyt al-Beylak* utilisés auparavant pour étudier les pathologies d'origine sismique à Alger. Une classification toponymique de ces rues a été réalisée afin de mieux cerner les lieux. La localisation exacte des maisons a été une entreprise impossible à effectuer vu qu'au XVIIIème siècle il n'existait pas de numérotation dans les rues. Les adresses recensées ont été confrontées aux nouvelles dénominations de l'époque coloniale, telles que mentionnées dans le manuscrit rédigé par Devoulx[123], et Belkadi et Benhamouche[124] dans les autres études consacrées à Alger tels que celle de

[121] Devoulx 1870, op cit , p 164

[122] Devoulx 1870, op cit p 167-68. il dit que le mot āthār signifie pluriel de traces et vestiges ...pourquoi a t-on adopté une pareille expression pour un édifice neuf ? avait-on en vue l'époque future où cet édifice serait devenu la trace du fondateur ?

[123] Devoulx (1846), Alger -manuscrit n° 3213, f° 125-171, BN Alger,

[124] Benhamouche. M et Belkadi. B. (2003). El Djazair histoire d'une cité d'Icosium à Alger, transcription et annotation d'Histoire d'Alger de Devoulx, Ed ENAG, Alger. pp 165-240

Klein[125], puis classées par rapport à leur dénomination actuelle selon Meslem[126]. La localisation a été faite en fonction des zones établies par Devoulx.

L'observation de la carte de localisation des dommages a révélé que ces derniers sont localisés dans plusieurs zones et quartiers de la ville (carte 2.2.2). De plus, une concentration des dégâts a été observée dans 27 rues de la zone 2 et 15 rues des zones 3 et 6. Les autres zones 4 et 5 sont relativement moins concentrées en dommages (Annexes IV et V).

Etant donné que les dommages sont classés par degré, allant du léger à la destruction totale, les degrés de dommages ont été classés par zones tels qu'ils ont été recensés. Pour le tremblement de terre du 3 février 1716 à Al Djazāir, il y a eu des dommages moyens telles que les fissures de la grande mosquée, des dommages importants mais réparables telles que la destruction des planchers des maisons ainsi que des destructions totales. Les résultats de l'analyse des pathologies d'origine sismique sont consignés dans le tableau suivant :

Zones / Dommages	Dommages moyens Fissures des murs Degré 2-3	Dommages importants Destruction des 'alwī Degré 4	Dommages importants >25ryals Degré 4	Destruction totale Degré 5	Total des constructions endommagées
Zone 1	3	4	-	3	10
Zone 2	21	10	4	4	39
Zone 3	16	2	1	-	19
Zone 4	-	1	-	1	2
Zone 5	3	2	3	-	8
Zone 6	25	5	7	-	37
Total	76+86*	24+13*	15+9*	8+7*	
Total	**162**	**40**	**24**	**14**	**240**
Pourcentage	**67.5%**	**15.40%**	**8.33%**	**5.40%**	

Tab 2.2.1 - Bilan et degré de dommages sur les constructions en 1716 (Abdessemed-Foufa 2006)

[125] Klein. H. (2003). Les feuillets d'El Djazair. T 1. Réédition de l'ouvrage paru en 1937 aux Ed L. Chaix. Ed du Tell, Blida, pp 53-67

[126] Meslem (1985). Nomenclature des noms des rues, actuels, à l'époque française et avant 1830. In Casbah Architecture et Urbanisme. pp 163-178

Les chiffres suivis de * désignent les constructions qui n'ont pas pu être localisées faute d'adresses ou incompréhension d'écriture des registres.

Le nombre total des constructions ayant subi des dommages qui ont été extraites des registres du *waqf* est de 261 constructions réparties entre 240 *Dār* (maisons à patio) et *'alwī* (maisons à étage sans patio) et 21 commerces dont des *ḥānūt et des kūshā*.

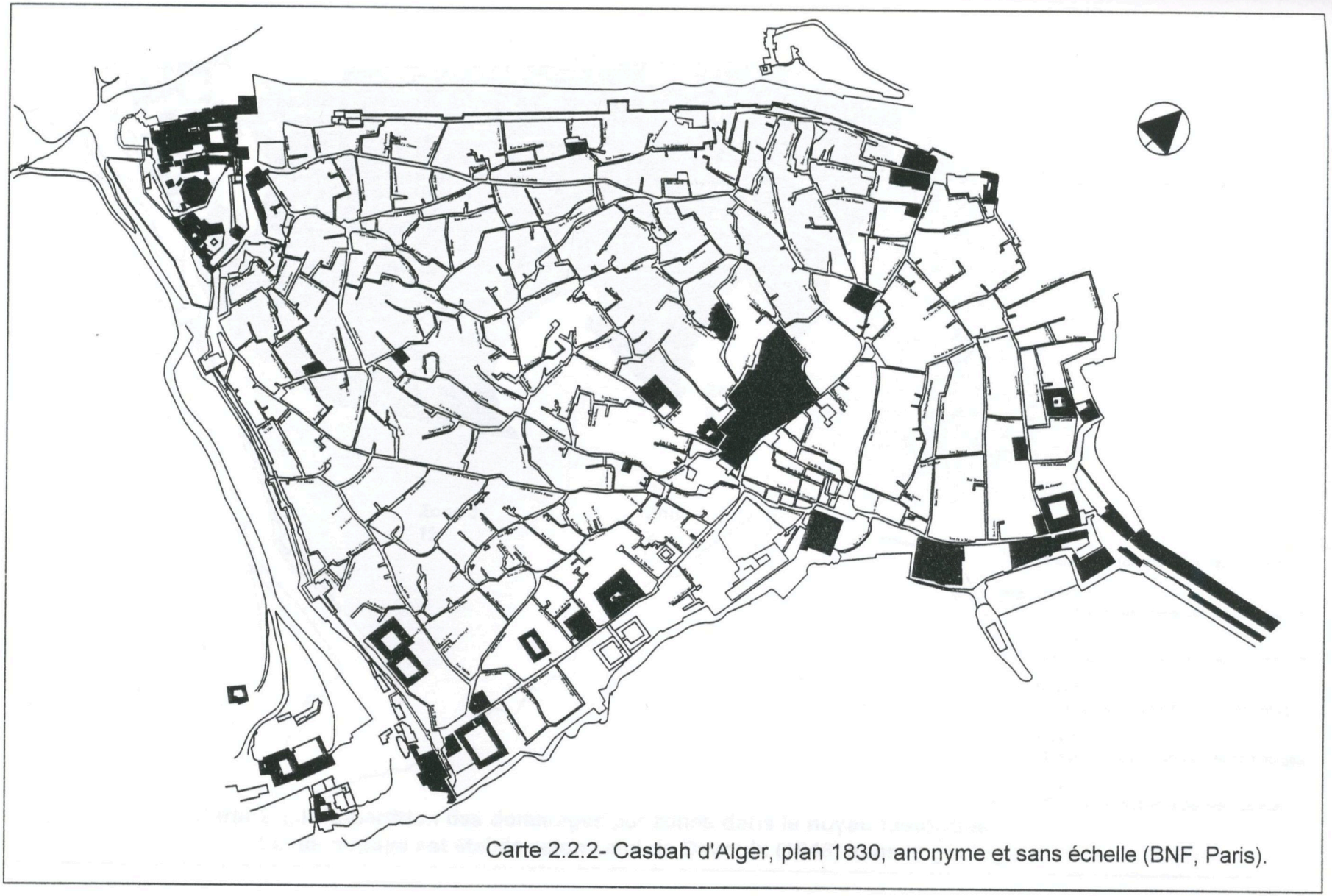
Les zones les plus affectées en terme de dommages sont les zones 2 et 6. La zone deux est celle où est localisée la plus forte concentration des maisons et c'est la plus grande en terme de surface. La zone six est celle située dans la ville basse. Dans les deux zones, les dommages les plus importants sont ceux classés en dommages légers. Toutes les deux capitalisent les plus grands chiffres des *'alwi* endommagés.

Les dommages modérés sont les plus représentatifs avec près de 84% de constructions légèrement endommagées, probablement des fissures dans les murs ayant nécessité des réparations pas très coûteuses. Les dommages importants sont en proportion moindre avec 11.50% de constructions sérieusement endommagées. Il s'agit des *'alwi* dont les étages supérieurs se sont écroulés. Les dommages importants et la destruction totale capitalisent un taux relativement plus faible.

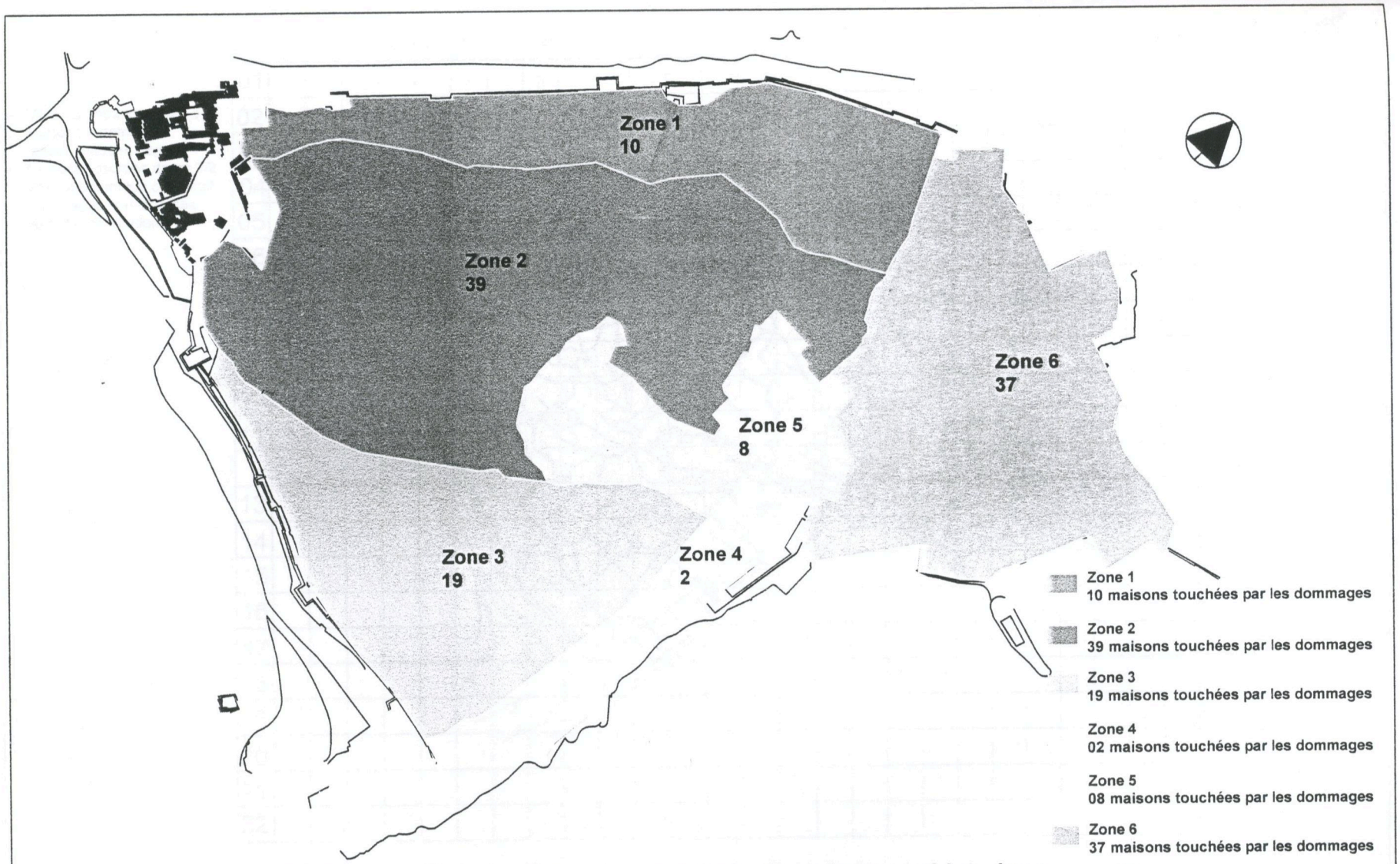
Ces chiffres ne sont pas représentatifs de l'étendue globale des dégâts, mais ils illustrent un tant soit peu la vulnérabilité des constructions dépendant de l'institution du *waqf.* Les premières observations indiquent qu'il y a un entretien des constructions et qu'elles ne sont pas aussi vulnérables qu'on l'ait cru car elles se sont bien comportées durant ce séisme.

Ceci est confirmé par le nombre de constructions sérieusement endommagées qui est infiniment faible (11.49+4.50).

Il est probable que ce soit le reste des maisons (celles qui ne sont pas sur la liste des biens du *waqf* qui ont été détruites et endommagées).

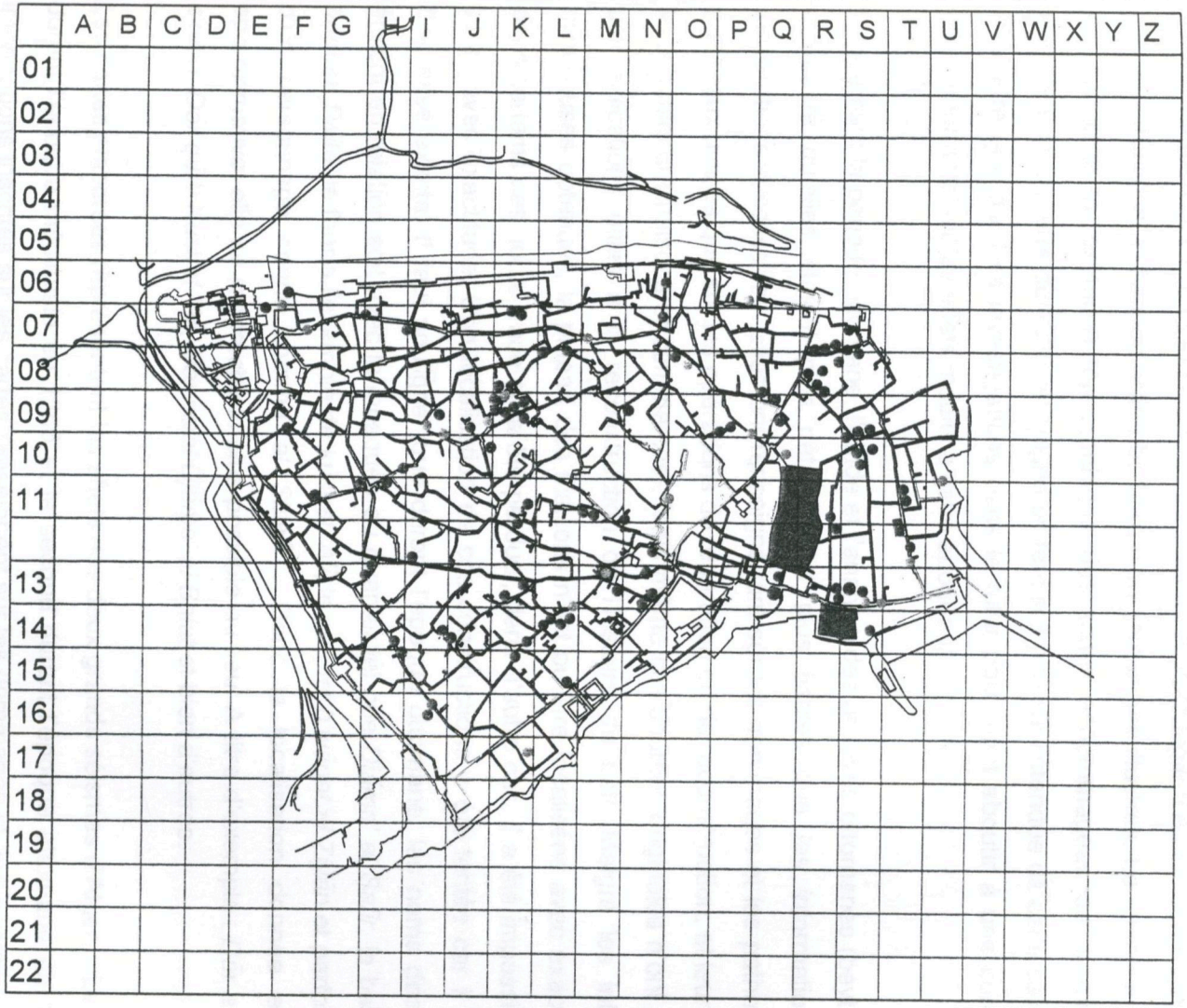


Carte 2.2.2- Casbah d'Alger, plan 1830, anonyme et sans échelle (BNF, Paris).



Carte 2.2.3- Répartition des dommages par zones dans le noyau historique
Le découpage est établie selon celui de Devoulx (1846) sans la géologie du site

- Maisons détruites degré 5
- Maisons fortement endommagées degré 4
- Maisons fissurées degré 3/2
- 'Alwi endommagé ou détruit
- Dommages non localisés ou sans information



Carte 2.2.4- Reconstruction du champs macrosismique du séisme du 3 février 1716

2.7 Conclusion :

L'élaboration des cartes macrosismique des deux grands tremblements de terre d'Alger a été très difficile à réaliser vu le manque d'informations disponibles. Pour la cité médiévale une seule transcription d'un manuscrit arabe informe de l'ampleur des dommages sans réellement les situer dans la ville. De plus, la morphologie d'Alger, son noyau urbain et ses constructions à l'époque arabo-berbère n'ont jamais été illustrés. La tentative faite en ce qui concerne la restitution topographique des zones endommagées ou détruites par le tremblement de terre de 1365 renseigne un tant soit peu sur l'étendue de cette catastrophe. Peut-être que d'autres investigations dans le futur pourraient aboutir à une connaissance plus importante sur les effets induits à cette époque-là.

Concernant la période ottomane, l'étude et l'analyse des archives ottomanes (beyt al beylak) a montré qu'elles étaient plus détaillées et plus fiables que les informations et les élaborations successives. Elles ont renseigné tant sur les dommages et les pathologies, les matériaux utilisés que sur les opérations de réparation ou de reconstruction, et leur coût sur le bâti mineur (maisons et commerces). Mais même ces sources originales n'ont pas fourni des indications utiles à la reconstruction de l'histoire du bâti. Malgré les informations minutieuses obtenues, la plupart des maisons n'ont pu être localisées avec exactitude, car dans certains cas, toute trace en a été perdue ; dans d'autre cas, il a été impossible de les situer avec exactitude. Une localisation de ces constructions a été tentée car il n'y a pas d'adresse exacte. Il faut souligner que durant l'époque ottomane, les noms des quartiers étaient en relation soit avec la mosquée du quartier tel que *Djāma' al Safir*, le bain comme *hamām f'wīta*, le four à l'exemple de *kūshat 'Alī*, le sūq tel *h'wānat al Ziyān* et parfois du nom d'un personnage connu comme *al Slāwī*[127]. Donc la localisation donnée est restée approximative, elle se rapproche le plus possible du lieu. A titre d'exemple : *Dār a 'lā sūq al s'men, Dār qūrb Kūshat 'Alī, Dar asfal Djāma' al Balāt* et bien d'autres.

Les cartes élaborées représentent les effets des deux grands séismes d'Alger. Le premier durant l'époque médiévale en 1365 et le second durant l'époque ottomane en 1716. Les informations inscrites sur les cartes renseignent sur les dommages et leur degré.

[127] Shuval (1998), op.cit pp 205-206

Chapitre 3

Contribution pour l'élaboration d'un manuel des techniques traditionnelles sismo-résistantes dans le Maghreb. Médina d'Alger de Fès et de Tunis durant le XVIIIème siècle.

3.1 Introduction :

Ce chapitre est une contribution pour l'élaboration du manuel des techniques traditionnelles dont la fonction sismo-résistante est établie. Ces techniques représentent les aspects tant urbain, architectural que structurel et utilisées dans les trois médinas Alger, Tunis et Fès durant le XVIIIeme siècle. Ces techniques ont été mises en évidence suite à une recherche bibliographique approfondie (sources, manuscrits, archives et documents historiques écrits et graphiques), à une lecture archéologique sur les sites respectifs ainsi qu'à une comparaison aux normes sismiques modernes de construction[1]. Ces techniques préventives traditionnelles sismo-résistantes ont été utilisées à *Al-Djazaïr* après le tremblement de terre de 1716[2], à Fès probablement après les séismes de 1664 et 1755 car ceux là ont été les plus destructeurs, à Tunis probablement après l'événement sismique de 1758 puisque c'est le séisme qui a engendré le plus de dégâts durant le XVIIIème siècle (supra pp 51-52, 53-54, 81-103, 109-117 et 124). D'après la sismicité historique de la région maghrébine établie par les différents catalogues[3] et complétée par l'approche et investigation pour la connaissance de la sismicité historique des trois médinas, pas moins de 40 tremblements de terre d'intensités plus ou moins fortes ont secoué la médina d'Alger et ce depuis l'époque médiévale jusqu'à la fin du XVIIIeme siècle. Sept (7) séismes ont secoué Fès et ce depuis la période médiévale jusqu'au milieu du XIXème siècle avec une intensité plus ou moins forte. Depuis, cette médina n'a été éprouvée par aucune secousse sismique. Trente six (36) séismes d'intensité plus faible que forte ont été enregistrés à Tunis depuis la période médiévale jusqu'au milieu du XIXème siècle. A partir de la période instrumentale, la médina a ressenti des séismes jusqu'au début du XXème siècle. De la période médiévale jusqu'au milieu du XIXème siècle, cinq (5) séismes d'intensités plus ou moins fortes ont été ressentis à Tunis et ont causé de dommages. Depuis le XXème siècle, tous les événements recensés dans cette ville sont de faible intensité. A partir de la période instrumentale les séismes ont

[1] RPA 99, Modifications et Compléments 2003 et Zacek (1996) Construire parasismique.
[2] Chesneau (1892)op.cit p8
[3] Tadili et al (1989), Ambraseys et Vogt (1988), El Mrabet-Azeroual (1991 et 2001), CRAAG (1994), et STEG (2005).

été mieux répertoriés et la sismicité du Maghreb est mieux connue[4] (supra pp 74-77, 120-121, 126).

Depuis sa fondation, Alger a donc connu de nombreux séismes, les premiers évoqués datent de 1352 et 1359[5] et le tout dernier est celui du 21 Mai 2003[6]. Néanmoins il n'y a eu que trois tremblements de terre dévastateurs sur le site de la médina d'Alger : (1) séisme de 1365 appelé par les arabo-berbères « *Al-zilzala al-kabīra* »[7], le grand tremblement, (2) séisme de 1673 évoqué par un vieux janissaire en 1720[8] et qui a été comparé au séisme de 1716 tant pour l'intensité que pour l'ampleur des dommages et fut donc aussi important et (3) le séisme de 1716 également appelé « *Al- zilzala al-kabīra* ».

Fès a connu également des événements sismiques assez forts depuis fort longtemps. Le premier séisme évoqué date de 1045[9] où elle fut complètement détruite et le tout dernier est celui de 1867. Cependant elle fut sérieusement endommagée par le séisme de 1624 et par le grand tremblement de terre de Lisbonne en 1755. Tunis non plus n'a pas été épargnée par les séismes. Le premier séisme rapporté est celui de 856-857[10] et le tout dernier date de 1863. Elle aussi a été détruite par deux grands tremblements de terre en 856 où beaucoup de maisons ont été détruites et prés de 45 000 morts ont été enregistrés[11], puis au XVIIIème siècle, en 1758[12].

Il a été impossible de retracer les techniques préventives adoptées dés les premiers événements sismiques. Les sources ne sont pas disponibles aujourd'hui et la lecture archéologique est difficile sur les différents sites de la Casbah d'Alger, de la médina de Fès et de celle de Tunis vu l'absence de datation des constructions, particulièrement celles représentant l'habitat. Cependant, suite au tremblement de terre de 1365 à *Djazāir benī Mazghenna*, beaucoup d'édifices religieux ont été endommagés dont : la Grande Mosquée qui date du Xeme siècle (supra pp 151-154). Cette mosquée dont le minaret fut construit en 1321 par Ibn Tashfin[13] a été dotée d'un minaret Almohade élancé, qui probablement s'inclina suite au séisme de 1365 et il dut être raccourci pour ne pas provoquer plus de dommages sur les constructions environnantes.

---

[4] Différents catalogues : CRAAG (1994), Benouar (1994), El Mrabet (2001) et STEG (2005).
[5] Bonito (1691) a évoqué un séisme en Barbarie en 1353, tandis que Al Djillali (1995) parle d'un séisme en 1359
[6] Ayadi (2003). Strong Algerian earthquake strikes near capital city. EOS, vol 84, n°50, 16 Dec, pp 561-568
[7] Rozet et Carette (1850), op.cit, 184-185
[8] Comelin (1720), op.cit p 16 et Mendoza (1758) dans El Mrabet (2001), op.cit, p 104
[9] Al Mrabet-Azeroual (2001). Op.cit
[10] Al Suyuti (1505). *Kashf al ṣalṣala 'an wasf al zalzala*. Ms n°1001 kh. Bibliothèque Royale du Maroc
[11] Al Suyuti (1505). idem
[12] Vogt (1993) ; op.cit p 474
[13] Bargès (1887) op.cit, p 74

Pour le tremblement de terre de 1673, aucune information se rapportant aux pathologies ou aux techniques de reconstruction n'a été trouvée dans la documentation disponible aujourd'hui à l'exception de sa forte intensité. Le tremblement de terre de 1716 a eu une intensité estimée à IX[14] puis à VII de MSK[15]. Il a endommagé *Al-Djazāir*, la ville intra-muros mais aussi le *fahs* représenté par les constructions dans les jardins à l'extérieur de la ville et où résidait la population durant les saisons tempérées. Suite à cela, il est rapporté que l'autorité de l'époque, en l'occurrence le Dey *'Alī Shaūsh* ordonna à la population d'*Al-Djazāir* des mesures constructives préventives afin que les maisons puissent résister aux séismes futurs[16]. Cette information évoquée par Chesneau (1892) est la principale source prise en considération. Au courant de cette recherche et lors de l'analyse des documents des archives du fond ottoman disponible en Algérie ainsi qu'à Aix en Provence, il n'a pas été trouvé un manuel décrivant ces techniques. Ces dernières ont pu être probablement transmises à la population oralement. En effet, durant ce siècle, il n'existait pas une tradition de production graphique (plans, relevés de pathologies et autres tels qu'en Italie, Portugal, ou en Grèce) mais plutôt des descriptions écrites.

Concernant les dommages engendrés par les séismes qui ont affecté Fès, il n' y a pas de bilan mais les sources historiques décrivent un tant soit peu les quartiers les plus touchés. On peut citer les quartiers limitrophes ou sis à Bāb Gūissā[17]endommagés par le séisme de 1624 ou les différents édifices religieux chrétiens qui ont été détruits suite au tremblement de terre de 1755[18].

Les techniques préventives traditionnelles ont été mises progressivement au point et de manière empirique par les communautés autour du Bassin Méditerranéen par les différents séismes qui ont secoué leurs régions respectives. Les civilisations antiques de la Grèce[19] et de la Syrie[20] ou des périodes modernes telle qu'en Italie[21], en Grèce[22] et au Portugal[23] ont

[14] Rothé 1950, op.cit, pp 1-40

[15] Ambraseys et Vogt (1988) p 18

[16] Chesneau (1892), op.cit, p 8

[17] Al Qadiri. Iltiqāt al darar wa mūstafād al mawā 'idh wa al 'ibar min akhbār wa a 'yāni al miata al ḥādī wa al thānī 'ashar. Ms n° 122 kh h. Bibliothèque Royale du Maroc Rabat.

[18] Copie de la lettre du Guardian in El Mrabet idem

[19] Touliatos (1992). Traditional aseismic techniques in Greece. Actes du Colloque International : les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, pp 110-124 et Poursoulis (1999 et 2000). Destruction des palais minoens, thèse de Doctorat en archéologie et histoire de l'art. La Sorbonne 3V. Des techniques sismo-résistantes dans les édifices de l'âge de Bronze en Crête. Actes des IV[è] rencontres du groupe APS, Archéosismicité et vulnérabilité du bâti ancien. Perpignan, pp 127-150.

[20] Helly (2000). Dans Poursoulis (2000), op.cit, p 150

[21] Guidoboni (1997 et 2000). An early project for an antiseismic house in Italy : Piero Ligorio's manuscript treatise of 1570-74. EEE, vol 2, pp 13-20. Historical variables of seismic effects :

étés citées. Ceci traduit un savoir-faire comme réponse à un événement récurrent. Il en résulte que ces techniques aient été produites par l'expérience des communautés acquise suite aux différents séismes répétés[24].

Al-Djazāir était sous la régence ottomane depuis déjà deux siècles (1516) quand le séisme de 1716 la secoua. Elle était donc rattachée à l'empire ottoman dont la Turquie était le pays souverain. Ce pays a souffert des séismes destructeurs depuis l'antiquité[25] jusqu'à nos jours[26]. L'étendue de l'empire Ottoman était très importante ; il recouvrait la quasi-totalité du monde arabe, à l'exception du Yémen et du Maroc, la partie occidentale de la mer Méditerranéenne, l'Iran et l'Europe de l'est[27]. Certains pays de l'empire ottoman ont adopté en apparence les mêmes dispositions constructives et probablement selon les mêmes techniques, la Tunisie[28], la Syrie[29] (fig 2.3.1), la Grèce[30]. Il y a eu probablement un transfert des technologies constructives et peut-être même celles préventives ou sismo-résistantes.

economic levels, demographic scales and building techniques. Annali di geofisica, vol 43, N.4, pp 694-695 et Tallarico et Zampelli (1992). La reconstruction de Noto après le séisme de 1693. Actes du Colloque International : les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, pp 82-92 ; et Pugliano (1993). Il contributo formativo del terremoto nella cultura edilizia della città storica. La normativa antisismica premoderna. Rassegna di architettura e urbanistica, anno XXVI-n. 80/81, pp105-133

[22] Touliatos (1992), idem

[23] Mascarenhas (1992). Lisbon earthquake of 1755, the principles adopted. Actes du Colloque International : les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, pp 36-67 et Il est dit que suite à ce séisme (1755), le premier catalogue des techniques constructives a été établi au Portugal. On peut citer entre autre la « Gaiola », une structure en bois sous forme de cage dans laquelle la maçonnerie est mise. Son principe est que dans le cas d'un séisme fort c'est la maçonnerie qui recevra les dommages et la structure en bois résisterait.

[24] Ferrigni (1990). St Lorenzelo à la recherche des anomalies qui protègent. Mais qu'entend-on par Culture Sismique Locale?. P 24

[25] Guidoboni (1994). Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century. pp 408-413.

[26] Gulhan, Demet et Guney (2000). The behaviour of traditional building systems against earthquake and its comparison to reinforced concrete frame systems: experience of Marmara earthquake damage assessment studies in Kocaeli ans Sakaray. Disponible sur http://www.icomos.org/iiwc/seismic/Gulhan.pdf

[27] Raymond (1985). Grandes villes à l'époque ottomane, pp23-24

[28] Recherche in situ à Tunis (2003et 2006) pour ce travail et photos in Messikh (2000). Tunis la mémoire. p 26, 65 et 82

[29] Musselmani (sans date). Damascus, the old city in pictures. p 103

[30] Touliatos 1992, idem

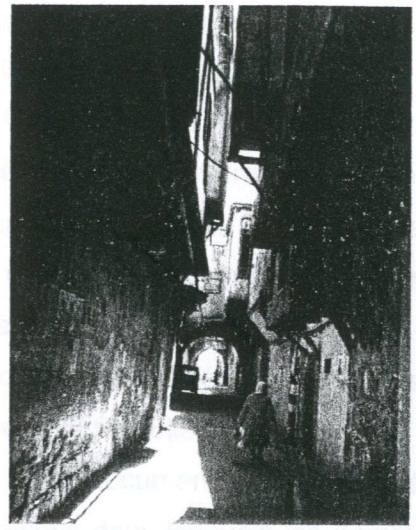


Fig 2.3.1- Vue d'une rue de la Médina de Damas (In M. Musselmani)

Le Dey d'*Al Djazāir* a donc décrété la mise en place de mesures préventives qui ont probablement protégé la Casbah d'Alger depuis. Et les populations de Fès et Tunis ont adopté des techniques constructives préventives issues d'une observation des effets des séismes historiques puisqu'il y avait une prise de conscience du risque sismique. Le bâti ancien traditionnel situé dans une zone sismiquement active a surmonté pendant plusieurs siècles différents séismes d'intensités plus ou moins fortes et sa survie est due à ses techniques sismo-résistantes sus-citées. Par conséquent, ses faiblesse et vulnérabilité sont loin d'être aggravées par rapport aux constructions modernes qui sont calculées aux efforts sismiques.

Ce travail met en exergue les techniques constructives sismo-résistantes qui ont émergé à *Al Djazāir* suites aux différents types de dommages causés par le tremblement de terre du 3 février 1716, à Fès certaines techniques ont été établies suite aux dommages du séisme de 1624 et d'autres ont probablement émergé après celui de 1755, à Tunis les techniques mises en évidence ont été comparées à celles d'*Al Djazāir* d'une part car elles appartenaient toutes les deux à la régence ottomane et d'autre part à la même aire géographique. Car dans l'état actuel de nos connaissances, les sources décrivant le séisme de 1758 ne sont pas suffisantes pour établir que les techniques préventives ont été adoptées suite à cet événement.

Le séisme de 1716 a été étudié dans le détail (supra pp 81-103) et les pathologies d'origine sismiques apparues durant ce séisme vont être étudiées dans ce qui suit.

Etant donné que les informations sur les éléments de vulnérabilité sont très rares, il n'y a pas eu une étude sur un échantillon particulier, mais toutes les données non exploitées (entre autres les archives du *Bey't al-Māl* datant de 1716 à 1720 ont été prises en considération.
Cette délimitation temporelle est relativement proche de l'événement sismique afin de mieux cerner les dommages qui lui sont attribués. Et pour éviter l'arbitraire et s'éloigner des interprétations hasardeuses, ce travail s'est limité à l'interprétation des actions d'entretien menées immédiatement après le séisme.
Donc les données du terrain ont été complétées par des renseignements tirés des quelques registres de *habūs* pour le cas d'Alger. Elles ont permis de mieux appréhender l'extension des dommages à *Al Djazāir*. Les documents *habūs* ont révélé les noms des rues, des quartiers, des *sūqs* et des maisons dans lesquels les dommages ont été enregistrés. Il ont permis également l'estimation des degrés de dommage en fonction du coût des opérations d'entretien (réparation ou reconstruction) qui ont eu lieu par la suite. Outre les données concernant les dommages, l'exploitation des registres de *habūs* a communiqué des renseignements d'un grand intérêt sur les pathologies d'origine sismique et leur importance.

Ce souci de se protéger des séismes, de réparer ce qui a été endommagé et de reconstruire selon des normes préventives par cette population d' *Al Djazair* déjà affectée par plusieurs séismes destructeurs ne leur est pas propre dans le monde méditerranéen. Comme cité précédemment plusieurs civilisations dans le bassin méditerranéen en ont fait de même et ont développé également des techniques préventives non seulement à l'échelle des édifices, c'est-à-dire de nouvelles technologies constructives, mais aussi à l'échelle urbaine où de nouveaux plans des villes détruites par les séismes ont été établis. Le premier projet théorique connu pour des constructions sismo-résistantes date du 16ème siècle, il a été présenté après le séisme de Ferrara (nord de l'Italie) en 1570[31]. Plus tard au XVIIIème siècle à Lisbonne (Portugal)[32], après le tremblement de terre de 1755, émergea une technique constructive en bois appelée la *gaiola,* une sorte de cage. Cette ossature en bois a été adoptée pour les nouveaux bâtiments. Les éléments composant cette structure ont constitué une résistance additionnelle et une garantie de flexibilité pour permettre à la structure de mieux se comporter dans sa réponse aux tremblements de terre[33] (fig 2.3.2). En plus de cette nouvelle technologie constructive, Lisbonne s'est dotée d'un nouveau tracé urbain[34].

[31] Guidoboni (1997), op.cit, pp 13-20
[32] Mascarenhas (1992), op. cit, pp 52-64
[33] Mascarenhas (1992), op-cit, p 52-60
[34] Mascarenhas (1992), op-cit, p 36

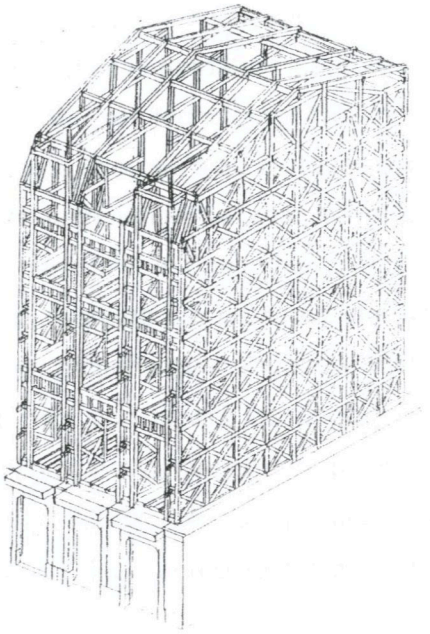


Fig 2.3.2- Gaiola (Mascarenhas 1992)

En Calabre (Italie)[35], après le séisme de 1783, la reconstruction des villes endommagées s'est basée sur de nouveaux plans. Concernant l'aspect urbain, il semblerait que les premières décisions urbanistiques soient apparues après le séisme de Noto (Sicile, Italie) en 1693, le projet de reconstruction de la ville a suivi des directives préventives tant sur les aspects urbain que constructif[36].

Il faut savoir également que les techniques préventives ont déjà été utilisées bien avant le premier millénaire dans le monde méditerranéen. Dans le site d'Ougarit sur la côte syrienne, près de Lattaquié, les constructions du premier palais furent en terre crue non chaînée, d'où sa destruction par un tremblement de terre. Ceci a été attesté par la découverte des tablettes en écriture ougaritique. La reconstruction de ce palais sur l'emplacement du premier s'est faite avec des murs en briques de terre crue chaînés avec du bois[37]. D'autres techniques constructives sismo-résistantes ont été mises à jour en Grèce. Ces techniques ont été développées au fur et à mesure par la civilisation minœnne qui a souffert de nombreux

[35] Tallarico et Zampilli (1992), op.cit p 87
[36] Tallarico et Zampilli (1992), op.cit p 84
[37] Helly (2000), idem

séismes. Tous les paramètres de sismo-résistance ont été pris en considération lors de l'édification des palais minoens, depuis la fondation jusqu'à la toiture[38].

Mais dans d'autres régions du globe, les techniques traditionnelles sismo-résistantes ont été aussi utilisées. L'homme a toujours cherché à se protéger des effets des séismes, donc c'est de manière empirique que les techniques se sont développées. Les constructions dans plusieurs régions de l'Asie, en particulier les pagodes chinoises et japonaises bâties entre le Xème et le XIIIème siècles ont un système qui présente une très bonne dissipation d'énergie sismique non seulement par les frictions qu'il engendre mais aussi par son comportement dynamique. Les éléments de bois constituant les pagodes ne présentent aucun système d'emboîtement ni de fixation. Tous les éléments sont disposés par simple et parfait contact des surfaces entre elles[39] (fig 2.3.3). Les techniques traditionnelles vernaculaires du Kashemir ont également montré leur comportement sismique au cours de nombreux séismes[40].

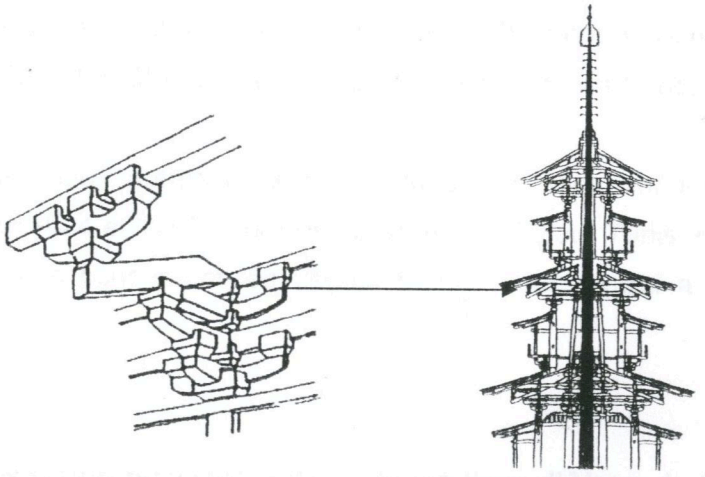


Fig 2.3.3- Système d'assemblage des pagodes japonaises (D'après F. Ferrigni 2000)

Il n'a pas été possible de vérifier pour Fès et Tunis les pathologies d'origine sismique. Cependant, lors du projet de restauration de *Dār 'Adyel* à Fès, les études techniques ont révélé plusieurs pathologies dues à de nombreux facteurs. Mais une série de cicatrisations verticales dans les zones hautes des galeries à appareillage non homogène indique les

[38] Poursoulis (1999), idem
[39] Ferrigni (2002). 12th intensive course on Local seismic cultures and earthquake vulnerability reduction in traditional masonry buildings. The local seismic culture. European University Center for Cultural Heritage. Ravello. (Cours non publiés), p 210
[40] Languenbach (2003) op.cit

réparations des dislocations des structures mal contreventées de l'étage, conséquence des effets produits par des séismes anciens[41].

Les techniques sismo-résistantes du XVIIIème siècle d'Al-Djazāir, de Fès et de Tunis ont été mises en évidence suite à une investigation archéologique *in situ* respectivement dans :

- La Casbah d'Alger, dans les différents quartiers, le Palais du Dey à la citadelle et une maison du *fahs* lors de sa réhabilitation.
- La médina de Fès, dans les différents quartiers, sur des maisons détruites et sur une maison *ryad* en cours de restauration.
- La Casbah de Tunis, dans les différents quartiers, une maison en cours de restauration et une autre en cours de démolition.

Les techniques d'*Al-Djazāir* ont été testées après tous les tremblements de terre qui ont affecté cette médina depuis leur mise en place jusqu'au dernier événement qui a secoué la région algéroise le 21 mai 2003[42]. En effet, suite à l'étude de la sismicité historique d'Alger, il n'a été enregistré aucun dommage sérieux depuis le tremblement de terre de 1716 bien que certains séismes (1723 et 1755) aient été fortement ressentis pas la population d'*Al-Djazāir* (supra pp 50-68).

Pour ce qui est des deux autres médinas du Maghreb, elles ont toutes les deux été endommagées après 1624 et 1755 pour Fès et après 1758 pour Tunis, mais il n'y a pas eu d'informations détaillées concernant les dégâts hormis pour ce qui a été complètement détruit.

3.2 Les techniques sismo-résistantes dans les médinas d'Alger, de Fès et Tunis :

Pour mettre en évidence la résistance des constructions datant de la période Ottomane (Alger et Tunis) et de la période Alaouite (Fès) durant le XVIIIème siècle (plan 2.3.1) une analogie avec ce que préconisent d'une part, le règlement parasismique actuel pour les constructions en maçonnerie[43] et une comparaison avec les lois de la dynamique des structures d'autre part ont été établies. En effet ces lois sont immuables et le comportement dynamique des constructions de même type est le même quelles que soient les périodes.

[41] Touri, Ameziane-Hassani et Barbato. Le projet pilote de restauration et réhabilitation du palais Dar 'Adyel à Fès : un exemple remarquable de coopération tripartite. Ed Diagonale, Italie, p 65

[42] CFRGS Casbah (2003). Bilan du Rapport du séisme du 21 Mai 2003, Commune de la Casbah. Rapport non publié, pp 1-60

[43] RPA 99, Modification et compléments 2003 op.cit et Zacek (1995) op.cit

Cette démarche à partir de données scientifiques permettra d'éviter les interprétations hasardeuses en matière de techniques parasismiques.

Les normes utilisées concernent tous les éléments structuraux entrant dans la construction depuis le choix du site jusqu'aux éléments architecturaux. Elles varient en fonction des matériaux utilisés. Dans le bâti traditionnel ont été pris en considération les règles qui régissent les constructions de grande rigidité auxquelles répondent les constructions plus ou moins lourdes et massives qui caractérisent le bâti des médinas du Maghreb. Toutes les mesures qui réglementent les constructions en maçonnerie traditionnelle dans les codes modernes ont été prises comme référence aux constructions d'Alger, de Fès et de Tunis réalisées généralement en maçonnerie mixte composée de briques de terre cuite associées aux moellons équarris[44].

Ce sont donc les normes applicables à ces structures qui seront prises en considération.

Deux types de techniques préventives dans ces médinas ont été observés[45]:

- Des techniques à l'échelle urbaine qui permettent probablement de justifier que les éléments composant la structure urbaine ont un comportement dynamique adéquat durant les séismes,
- Des techniques constructives à l'échelle de la structure elle-même qui permettent d'établir que le bâti n'est pas aussi vulnérable face aux séismes destructeurs tels que ceux sur lesquels est basée cette recherche, car elles répondent aux règles des codes parasismiques actuels établis pour les constructions en maçonnerie.

Certaines de ces techniques prévues dès la reconstruction de l'édifice sont des mesures préventives préalablement réfléchies émanant probablement d'un code[46]. D'autres, par contre, apparaissent comme des mesures de confortement, mises en place après la construction ayant pour rôle de renforcer un ou des éléments qui apparaissent vulnérables, soit par vétusté sismique (endommagés par des séismes antérieurs), soit par le poids des structures qu'ils supportent.

[44] Atelier Casbah (1980) Projet de revalorisation de la Casbah d'Alger, Plan d'aménagement préliminaire, structure du bâti et CORPUS- Euromed Héritage (2001), les principes constructifs, Saadaoui (2003). Tunis ville ottomane trois siècles d'urbanisme et d'architecture, pp 291-345. SDU de la ville de Fès (1978). Notes sur les techniques traditionnelles de l'architecture et du décor à Fès, pp 1-30.

[45] Abdessemed-Foufa (2005). Contribution for a catalogue of earthquake resistant traditional techniques in northern Africa: the case of the Casbah of Algiers (Algeria). EEE 2, pp 23-39.

[46] La recherche de ce code pour Alger continue

3.2.1 Les techniques sismo-résistantes à l'échelle urbaine :

A l'échelle urbaine, c'est la morphologie de la ville qui va déterminer le degré de sa vulnérabilité. Cependant il faut savoir sur quel type de sol est implantée la ville, sur quelle structure géologique elle est édifiée car les amplifications du sol peuvent expliquer le degré de dommages qui a eu lieu. Les cartes de microzonation du site peuvent contribuer efficacement à la compréhension des dégâts enregistrés.

Le tissu des médinas d'*Al Djazaïr*, de Fès et de Tunis offre un certain nombre de composantes urbaines qui ont démontré que leur rôle peut être qualifié de préventif. Les plus importantes sont les îlots, les parcelles et les maisons ainsi que les sabats et les arcs de décharge.

Il existe une analogie entre les caractéristiques du réseau urbain d'*Al Djazaïr* avec les autres villes maghrébines. Le tracé de la médina d' *Al Djazaïr* s'apparente au tracé de ces villes telles que Fès (Maroc) et Tunis (Tunisie). Comme Le Tourneau[47] le souligne : « *...c'est à un dédale, à un labyrinthe que fait penser la photographie aérienne d'une ville musulmane quelconque. Au lieu de s'intégrer dans un ensemble conçu à l'avance, les immeubles ont forcé les voies de communications à les contourner, à se faufiler tant bien que mal au milieu d'eux. Il en résulte une extraordinaire multiplicité de voies sans issue et des tracés de rues très rarement rectilignes* ».

Le tracé urbain a engendré un découpage irrégulier d'îlots dont les tailles sont différentes. A l'intérieur, le parcellaire présente un découpage également irrégulier et dont le nombre est variable, de ce fait toutes les maisons sont également différentes en surface. Que va donc nous apprendre l'analyse de ce tracé ?

Il faut souligner que les techniques sismo-résistantes urbaines ne sont pas dictées par les normes parasismiques mais une analogie a été établie entre les normes d'un édifice et la structure urbaine. Un îlot a été considéré comme un bâtiment car il est composé d'un agrégat de constructions liées entre elles se comportant comme une seule structure (un seul bâtiment) (fig 2.3.4).

[47] Tourneau (1957). Les villes musulmanes de l'Afrique du Nord. Ed. Payot, Paris. p 20.

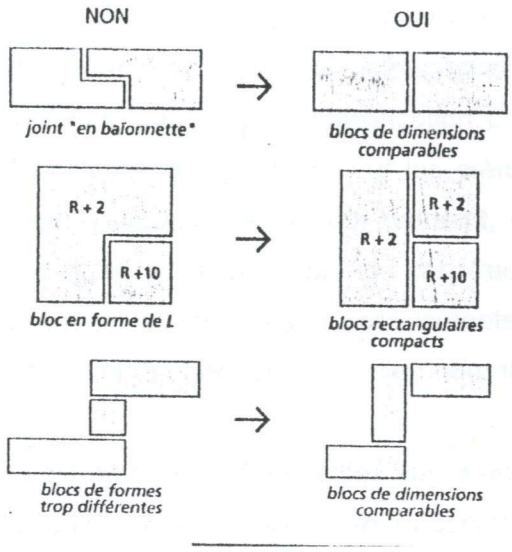


Fig 2.3.4- Fractionnement des bâtiments par des joints parasismiques (Zacek 1996)

3.2.1.1 Le choix du site :

Selon la topographie superficielle (relief) et la géologie du site, les secousses sismiques transmises par le substratum sont ou atténuées ou bien au contraire amplifiées.

La médina d'Al Djazāir a été localisée sur le massif de la Bouzaréah qui est défini en géologie par un socle rocheux recouvert par une couche composée de micaschistes, de calcaires cristallins et de gneiss injectés de roches magmatiques[48]. Les constructions de la Casbah sont implantées sur la pente de ce massif solide qui répond aux conditions d'implantation en zones sismiques (ondes non amplifiées) car elles sont essentielles à la résistance des constructions. *Al Djazāir* se trouve à cet égard dans de bonnes conditions. La partie nord-ouest est assise sur le calcaire bleu, et la partie est sur le granite porphyroïde, roches anciennes qui ont de profondes racines dans l'écorce terrestre[49]. Le massif d'Alger est également constitué de roches cristallophylliennes et qui parait constituer la terminaison nord occidental du massif de la grande Kabylie. Ce complexe métamorphique présente l'existence d'eau sous son socle, une eau qui se manifeste par des nappes aquifères (cas des puits domestiques à l'intérieur des maisons de la Casbah) et sous forme de résurgences

[48] Glangeaud (1932). Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Bull du Service de la Carte géologique de l'Algérie, 2è série, n° 8, Descriptions générales. Imprimerie de l'Université, Bordeaux, p 66.

[49] Bourjot (1867) dans Akhbar n° 4383

(sources). Il s'agit d'une eau localisée dans les fissures, diaclases et fractures et qui peut s'accumuler dans les zones d'altération superficielles plus ou moins épaisses[50].

Selon la théorie de la dynamique des sols, les ondes sismiques sont mieux absorbées dans les sols rocheux que dans les sols meubles où l'amplification provoque des destructions. Néanmoins, il semble qu'il faille éviter de construire sur les crêtes non rocheuses car les ondes sismiques réfléchies vers l'intérieur des reliefs (versant, crête, sommet) y restent concentrées ainsi que l'énergie qu'elles transportent. Les constructions édifiées au sommet non rocheux seront par conséquent sujettes à des mouvements sismiques amplifiés. En sens inverse, les sites de pied de pente et de fond de vallée auront une désamplificatoin des oscillations[51].

Ayant choisi un site solide (rocheux) et s'étant implantés sur la pente de la colline (calcaire, cristallin et magma) et sur le replat, pour y implanter leurs constructions, les habitants d'*Al Djazāir* ont déjà adopté un moyen efficace pour protéger leur bâti.

Tunis par contre est implantée sur un massif de collines mamelonnées descendant en pente douce vers le lac de Tunis appelé *al būhairā.* Son altitude atteint parfois plus de 50 mètres, ne dépassant jamais les 100 mètres. Le sol est composé par des alternances de grès, de sable et d'argiles rouges ou grises qui sont rattachées par les géologues au pliocène continental. La médina et ses faubourgs, s'étendent sur les zones intermédiaires, sur l'emplacement de la grande fracture[52]. Ce qui ne lui confère pas une bonne capacité portante et des techniques constructives spéciales des fondations ont été adoptées.

3.2.1.2 Les îlots :

La structure urbaine d'*Al-Djazāir* est très affectée par les contraintes du site, une zone qui dévale vers la mer ou s'organise en un réseau irrégulier des rues très rarement rectilignes, tissées sur le terrain accidenté *al-djebel*, d'une pente générale de 15% côté nord et 20% côté sud. Et un replat, appelé *al-w'tā,* dont le tracé est plus régulier et tient son origine de l'époque romaine. Les médinas de Fès et de Tunis disposent également d'un maillage différent d'un quartier à un autre, et d'un réseau irrégulier tout comme à Alger. Fès se déploie sur les deux rives de l'oued Fès créant ainsi deux *'adūāt* bien distinctes dont le

[50] Benallal et Ourabia (1984). Monographie Géologique et géotechnique de la région d'Alger (recueil de notes). Géologie et planification urbaine, un exemple : la ville d'Alger. p 19

[51] Zacek (1996), op-cit, p 93

[52] Sebag (1999). Tunis histoire d'une ville. Histoire et perspectives méditerranéennes. Ed L'Harmattan, p 18

réseau de rues se déploie sur un terrain en pente variant de 5 à 10%. Tandis que Tunis est lotie sur des mamelons à moyenne pente.

Les îlots résultant de cette irrégularité des rues sont de différentes tailles et contiennent un nombre variable de maisons toutes aussi différentes en surface (plan 2.3.2). Ces îlots sont individualisés par des voies de communication qui, en les entourant de tous les cotés, les séparent les uns des autres leur permettant un comportement global dynamique au moment des séismes, c'est-à-dire qu'ils peuvent réagir aux secousses indépendamment des autres îlots, sans collision mutuelle.

Afin d'éliminer les transmissions de charges d'un bloc de bâtiment à l'autre, il est préconisé de réaliser de joints parasismiques vides de tout matériau et de les protéger de tout corps étranger[53] (fig 2.3.5). Indépendamment chaque îlot travaille comme une masse homogène, tel un bloc de bâtiment, les espaces de communications (rues ruelles et impasses) jouent dans ce cas là le rôle de joint de séparation vide (fig 2.3.6).

Cependant Peysonnel et Desfontaines[54] ont évoqué à propos des rue d'*Al Djazāir* ceci : « *Quelques personnes croient que c'est à cause de ces tremblements que les rues sont étroites ; mais ceux qui connaissent les Turcs, et qui ont été dans les villes de la Turquie, savent que c'est leur usage de bâtir et de former de très petites rues* ». Or la Turquie située dans le bassin méditerranéen est un territoire sismique et sa population a ressenti depuis l'antiquité jusqu'à nos jours selon des degrés différents de nombreux séismes et a observé leurs conséquences[55]. Il est donc probable que cette façon d'édifier les constructions jointes entre elles avec des rues étroites est, entre autre, une solution pour empêcher les îlots de s'entrechoquer, créant ainsi des îlots compacts qui se comportent indépendamment des autres îlots lors des secousses sismiques, sans provoquer de collision mutuelle. Si un îlot venait à être endommagé par les forces horizontales des sollicitations sismiques, ceci n'affecterait d'aucune manière les îlots voisins. Il apparaît donc que cette organisation de la ville répond à une contrainte dynamique exercée sur le tissu par les forces engendrées par le séisme et représente une mesure sismo-résistante.

[53] Zacek (1996), op.cit, p102 et Poursoulis (1999), p 136-138

[54] Peysonnel et Desfontaines (1838), op-cit, p 459 et Halimi (1972). *Madinat al-djazair, nash'atuha wa tatawuriha qabla 1830.* Alger, Dar al fikr al-islami. P 210-211. Dit aussi que ce ne sont ni les tremblements de terre ni le climat qui expliquent l'étroitesse des rues.

[55] Guidoboni (1994). Op-cit, pp 408-413

3.2.1.3 Les parcelles et les maisons :

Dans chacune des trois médinas, les îlots sont de tailles variables et sont composés de parcelles contenant chacune une maison. Les maisons sont mitoyennes, imbriquées et adossées les unes aux autres formant un ensemble compact, homogène et solidaire avec des façades continues sur tout le périmètre. Les maisons de rive contreventent celles situées au milieu par adossement, ce qui permet la stabilité des bâtiments lors des sollicitations sismiques (fig 2.3.7). En effet, les charges sismiques sont transmises latéralement d'un bloc à un autre, ce qui tend à réduire les dommages car l'énergie se dissipe le long de son trajet jusqu'au au dernier bloc. Depuis le séisme de Boumerdes du 21 mai 2003, le code RPA prévoit le renforcement des poteaux de rive pour un meilleur contreventement de la structure[56]. Certaines maisons peuvent s'emboîter entre elles sur plusieurs niveaux afin d'augmenter leur surface lorsque cette dernière est réduite au sol. Cette imbrication des volumes entre eux permet une bonne stabilité de l'ensemble et un comportement favorable vis-à-vis des sollicitations sismiques[57]. Les maisons fragiles résisteraient car elles s'accoteraient les unes aux autres[58]. Il y a de ce fait une réduction du risque sismique par la répartition et l'atténuation de l'énergie à travers l'îlot. Les parcelles sont parfois séparées par des impasses faisant office d'espace de distribution et accès aux maisons, créant ainsi d'autres joints de séparations qui cette fois-ci vont permettre aux maisons un bon comportement dynamique au moment des séismes.

3.2.1.4 Les *sabats* :

Al Djazaïr, Fès et Tunis présentent un grand nombre de rues couvertes par des galeries au dessus desquelles s'étendent des maisons créant ainsi des passages appelés les *sabats* (carte 2.3.2). Ce qui alors n'est permis dans aucun code d'urbanisme moderne l'est permis par la jurisprudence musulmane, *le fikh,* à travers le principe du *fina'*. Cette notion représente la surface de l'espace de la rue qui est attenant à la bâtisse. Il peut s'étendre de la moitié de la largeur de la rue, alors que dans les ruelles, *al-fina'* couvre tout l'espace au devant de la construction et peut s'étendre jusqu'à toute la largeur de la rue[59]. Ces extensions au dessus de la voie publique sont légales dans la jurisprudence musulmane du moment qu'elles ne

[56] RPA (2003). op.cit p 30

[57] Missoum (2003). Alger à l'époque ottomane, la médina et la maison traditionnelle. P 231

[58] Bourjot (1867). Notes sur les tremblements de terre applicables à celui d'Alger du 2 janvier 1867. Akhbar- Journal de l'Algérie, n°4383- 29ème année, Mardi 8 janvier.

[59] Hoteit (1993). Cultura espacio y organización urbana en la ciudad islamica. Cuadernos de investigatión urbanistica, in S. Missoum (2003), p 75

gênent pas le déroulement de l'activité extérieure et qu'elles ne diminuent pas de sa surface[60]. Par conséquent, cette extension peut se faire également en hauteur d'où la naissance des *sabats.* Ce sont des extensions des maisons au dessus de l'espace public qu'ils couvrent et formant des passages protégés[61]. Ils sont des éléments de coupures dans la continuité des façades, construits soit en voûtes maçonnées en pierres ou en briques de terre cuite, soit plats avec des rondins de bois (fig 2.3.8). Les *sabats* sous voûte exercent des poussées horizontales vers l'intérieur des édifices et réalisent un continuum structurel. Ce sont des éléments de renforcement qui jouent un rôle déterminant dans le contreventement par épaulement des îlots entre eux. (fig2.3.9). Ils assurent ainsi une stabilité des constructions et renforcent celle des blocs.

A Fès, ces espaces construits au niveau de l'entresol ou de l'étage sont appelés *Faḥāl, Nebāh* ou *Essabāta* « un plafond ». Ils sont réalisés au dessus de madriers et de poutrelles intermédiaires disposés d'un côté à l'autre de la rue. Parfois lorsque l'espace à couvrir dépasse la largeur courante des madriers, ou qu'une superstructure très lourde est prévue, le plancher est renforcé soit par des jambes de force obliques soit par des arcs en maçonnerie, ou par des voûtes plein cintre ou croisées d'ogives sur lesquelles sont placés longitudinalement les madriers[62] (fig 2.3.10).

Lorsque les parties d'îlots sont reliées entre elles par des éléments de jonction ; arcs ou passages couverts, l'énergie sismique est dissipée non seulement à travers les maisons mais aussi à travers les îlots eux-mêmes. Ils conjuguent le renforcement statique et dynamique ainsi que l'amélioration de l'habitat[63].

Ces mêmes éléments ont été observés dans les pays de la rive nord du Bassin Méditerranéen dans les régions les plus exposées au risque sismique (fig 2.3.11).

[60] Ibn Al-Imam (sans date). Recueil de jurisconsultes malékite, de questions concernant la propriété urbaine et rurale. *Al Qadhā' bi al-marfaq fi al-mabānī wa nafy' al-dharar.* Manuscrit n° 1292, BN d'Alger.

[61] Kaddache (1951). La Casbah sous les Turcs, p 3, Abdelkafi (1998). La médina de Tunis. Espaces historiques, Presses du CNRS. Paris, p 43

[62] SDU de Fès, op.cit p 26

[63] Ferrigni (1990). San Lorenzello, à la recherche des anomalies qui protègent. Ed Française 2000, p 80

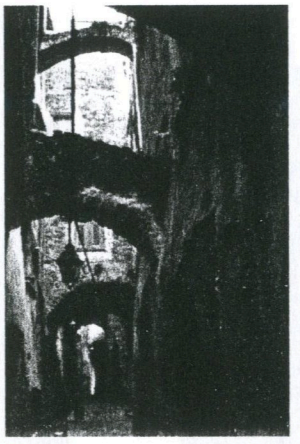


Fig 2.3.11- Passages couverts (Ṣabat) et arcs de décharge en Italie (Ferrigni 2003)

3.2.1.5 Les arcs de décharge :

Par ailleurs ces trois médinas disposent dans leurs maillages d'un certain nombre d'arcs maçonnés en pierre ou en brique de terre cuite appelés *arcs de décharge* dont la souplesse et l'élasticité (pas comme celle du béton qui crée des points d'appui) permettent la transmission des contraintes horizontales au niveau du sol[64]. Les constructions ne sont plus considérées comme des éléments isolés mais comme un bloc dynamique, puisque les arcs de décharge exercent une poussée sur les façades et sur les murs pignons. On rencontre ces éléments non seulement à Alger (fig 2.3.10) mais sont également très présents aussi dans les villes médiévales et vulnérables aux séismes dans le Bassin Méditerranéen (Fig2.3.11, 2.3.12), tout aussi bien à Fès qu'à Tunis (fig 2.3.10).

[64] Rideau (2002). From the search for anomalies to the rediscovery of local seismic culture. 12ème Cours intensifs sur la CSL CUEBC. Ravello, P 192

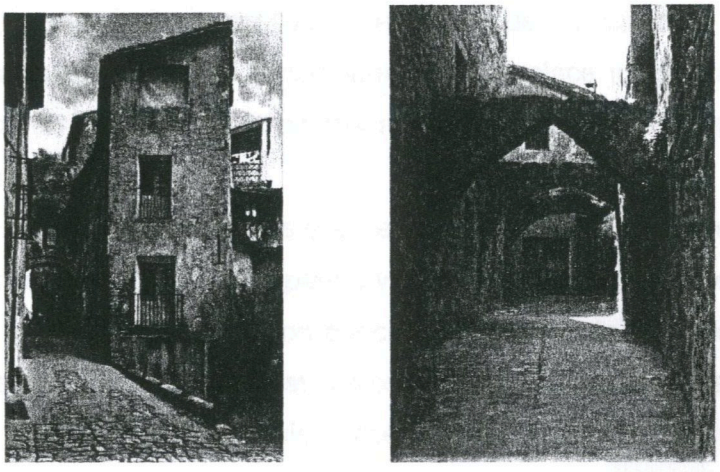


Fig 2.3.12- Arcs de décharges à Besàlu, Espagne (Tit-Photograf)

Sauf que dans ces deux médinas, il a été observé plusieurs arcs disposés les uns après les autres (entre 3 et 6) élancés sur toute la hauteur des constructions (2 à trois niveaux) et raccordant les îlots entre eux. Parfois à Tunis il y a jusqu'à sept (7) arcs de décharge comme dans la rue de *Sūq al Balāṭ*. Ces éléments disposés en nombre renforcent de manière considérable la masse bâtie et contreventent les deux parties contre lesquelles ils s'adossent assurant ainsi une stabilité de cet agrégat. (Fig 2.3.10)

3.2.1.6 Les étais :

D'autre part, depuis le tremblement de terre de 1716, toutes les maisons d'*Al Djazāïr* sont étayées entre elles par des tronc de bois parfois équarris et parfois non (Fig 2.3.13). Cette technique d'étayement post sismique a été utilisée plus tard au XXème siècle dans la Casbah d'Alger sur les constructions vétustes et est utilisée également actuellement dans la médina de Fès où une grande partie de ses constructions menacent ruine. L'étayement consolide les parois murales en exerçant des poussées horizontales vers l'intérieur des constructions.
Bianchi (1829) évoque l'étayement au sujet d'Alger : « *dans plusieurs de ces rues les maisons étaient étayées l'une par l'autre au moyen de poutres passées transversalement, ces mesures de précaution datent de l'année 1717, époque ou Alger éprouva, pendant neuf mois de suite, des secousses de tremblement de terre si violentes que presque tous les habitants abandonnèrent la ville et campèrent dans les campagnes environnantes* ».

Cet étayement est toujours présent dans les rues de la Casbah et a permis aux constructions de ne pas s'effondrer depuis leur mise en place jusqu'à aujourd'hui. Ils ont ainsi réduit la vulnérabilité du tissu et permis aux constructions de ne pas s'effondrer les unes sur les autres.

A Tunis certains quartiers présentent des étais en poutre de bois disposés transversalement entre les rues et maintiennent les deux parois verticales tel que c'est le cas dans la rue de *Sūq al Grana.* Il n'y a aucune information concernant la date de leur mise en place. Il est probable que ce ne soit pas des étais post-sismique utilisées pour conforter les constructions vulnérables mais que ce soit des étais placés dans la construction afin de renforcer davantage les parois des rues.

3.2.2 Les techniques constructives sismo résistantes :

Il a été mis en évidence suite à une lecture archéologique *in situ* à la Casbah d'Alger, dans la médina de Fès et celle de Tunis, des techniques constructives sismo résistantes qui ont été exécutées suite au tremblement de terre de 1716 par la communauté d'*Al Djazāir*[65]. Et probablement depuis les séismes de 1624 et 1755 à Fès et 1758 à Tunis. Ces techniques concernent la structure rigide ; c'est-à-dire la maçonnerie porteuse, la structure flexible ; en l'occurrence les arcatures, les diaphragmes représentés par les planchers et les ouvertures.

Pour présenter ces techniques une investigation a été conduite à la Citadelle, au palais du Dey, sur des maisons en ruine à l'intérieur de la médina et sur une maison privée du *Fahs* (hauteurs Telemly) qui était en cours de réaménagement pour le site d'Alger, dans différents quartiers de la médina de Fès, sur des maisons détruites et d'autres en cours de restauration

[65] Berbrugger (1867). Dans un article faisant une synoptique des tremblements de terre ayant affecté Alger, Berbrugger annonce que le système constructif d'Alger datait de 1716, il dit *en 1716, un autre tremblement de terre, celui-ci véritablement sérieux par ses douloureuses conséquences pour la ville d'Alger, mais aussi le seul de son genre que l'on puisse citer dans les trois cent cinquante dernières années. Il amena un changement complet dans le système de voierie et de constructions urbaines : de là datent les rues étroites, les maisons peu élevées, bâties en encorbellement, se touchant presque par le haut étançonnaient réciproquement d'un coté des rues à l'autre par de nombreux chevrons posés en arcs-boutants.*
Puis se corrigeant dans un article suivant il dit : *par omission d'un certain nombre de phrases essentielles passées en copiant, nous semblions dire qu'Alger fut détruite par la secousse de 1716, puis rebâti selon son système actuel ; tandis qu'en rétablissant son texte dans son intégrité, il se trouve que la reconstruction et l'évènement et la reconstruction qui s'en suivit remontent beaucoup plus loin dans le passé, à une époque inconnue mais nécessairement antérieure au 16ème siècle. De sorte que si Alger souffrit beaucoup en 1716- moins cependant que les campagnes environnantes- il ne fut pas du tout démoli.* Aucune autre source ne décrit Alger avec les chevrons posés en arc-boutant avant 1716. Il est probable que Berbrugger se soit trompé. Mais Alger était bien construite avec ses rues étroites et ses encorbellements bien avant 1716.

ainsi que dans quelques quartiers de la médina de Tunis, sur une maison en cours de destruction et une autre en cours de restauration.

3.2.2.1 La typologie des maisons :

A Alger, toutes les maisons se ressemblent, elles ont presque toutes un patio central de forme carrée autour duquel s'organisent les chambres. Une galerie portée par des colonnes à arcatures ogivale entoure cette cour appelée *wast al-dar,* centre de la maison. Elles s'élèvent sur deux ou trois niveaux et sont aujourd'hui au nombre approximatif de 950 maisons traditionnelles[66] (carte 2.3.3). Des maisons à cour se développe un autre type qui est la maison à *chebak* dont le *wast ad-Dar* est réduit en surface et ne représente plus qu'un puits de lumière couvert par une grille appelée *chebak*. Il y a également des maisons sans *wast al-Dār* qui s'organisent en hauteur car de petites dimensions, elles ne peuvent s'offrir ni le patio ni le *chebak*. Elles s'organisent autour de l'escalier et sont appelées *Al 'Alwi*[67]. (plan 2.3.3) Comme à Alger, à Fès et à Tunis, les maisons se ressemblent. Elles sont toutes à cours autour desquelles s'articulent les appartements. Les galeries les entourant sont à arcatures ou en plates-bandes[68] (plans 2.3.4 et 2.3.5). A Alger deux autres typologies se dégagent de la maison à patio. La maison à *shebāk et al 'Alwī.* L'une comme l'autre sont des transformations subies par nécessité. En effet, suite à la forte densification qu'a subi Al Djazāir suite à la démolition de près de 2000 habitations extra muros en 1573[69], la ville s'est développée sur elle-même donnant lieu à ces deux typologies. Par la réduction de la taille des parcelles, la maison à *shebāk* est apparue. N'ayant pas suffisamment de surface pour s'ouvrir vers le ciel par un patio, ce dernier est transformé en un puit de lumière recouvert d'une grille appelée en arabe al *shebāk. Al 'Alwī,* est une transformation de cette deuxième version diachronique de la maison à patio, résultant des exigences de densification et de forte activité urbaine. A Fès les maisons sont toute ouvertes vers le ciel avec ou sans galeries, elles s'élèvent souvent sur deux ou trois niveaux. Tandis qu'à Tunis elles sont pour la plupart d'entre elles à rez de chaussée.

[66] Source Cellule Casbah
[67] Atelier Casbah (1980), op.cit, pp 43-44 et CORPUS (2001), Typologie architecturale. Algérie. Maisons de la médina d'Alger, pp 1-13 et Missoum (2003), pp 203-211
[68] Revault et Golvin (2001) Palais et demeures de Fès. Vol 1, 2 et 3 et Palais et demeures de Tunis.
[69] Grammaye. Alger XVè-XVII siècles. Ibidem notes de bas de pages

3.2.2.2 La forme des maisons :

La forme des bâtiments est incontestablement l'un des éléments architectoniques les plus importants dans la conception parasismique. En effet dans les régions sismiquement actives on devrait rechercher des formes de bâtiments aussi simple et symétrique que possible car elles offrent une plus grande résistance à la torsion[70]. A l'inverse, les bâtiments de forme L, T, U, V, Z, concentrent de fortes contraintes à la jonction des ailes. Leurs formes imposent des rigidités transversales et longitudinales très différentes[71]. Il a été démontré dans les études post sismiques que les dommages sont en partie dus à l'asymétrie structurelle. A *Al Djazāir,* Fès et Tunis, les maisons sont généralement carrées, une des formes avantageuses et requises dans les codes parasismiques, ce qui tend à réduire notablement la torsion d'axe vertical des constructions. Toutefois la symétrie géométrique parfaite ne garanti pas à elle seule l'absence de torsion. Elle permet de réaliser dans de bonnes conditions la symétrie du système porteur et du contreventement dont l'importance pour le comportement dynamique correct de la construction est déterminante[72].

Des différentes descriptions qui ont été faites au sujet des maisons d' *Al Djazāir*, de Fès et de Tunis, toutes s'accordent à dire qu'elles sont de forme carrée. Shaw [73]évoquant les maisons *Al Djazāir* rapporta : « *les maisons sont généralement construites en pierre et en briques, de forme carrée et assez solides. Il y a à peu près dans toutes, une cour pavée au milieu proportionnée à leur grandeur, et autour desquelles règnent des galeries soutenues par des colonnes, et où sont les appartements... ».* Quant à Desfontaines[74] à propos des maisons de Tunis il écrivit : « *les maisons, construites en pierre ou en briques, sont peu élevées et n'ont d'ordinairement qu'un étage : elles sont si proches que l'on pourrait facilement passer de l'une à l'autre. Chacune d'elle est de forme carrée. Dans le centre est une cour de même figure, ouverte par en haut et entourée d'un cloître, soutenu par des piliers..... ».* Par Marmol[75], une description très détaillée des maisons de Fès est évoquée :

« *Les maisons sont de briques ou de moellons liés avec de la chaux ou du ciment...les maisons de l'une et de l'autre Fez, aussi bien que celles des autres villes de barbaries, sont bâties an carré et couvertes d'une terrasse....la cour est au milieu, où il y a* d'ordinaire *des puits. »*

[70] Zacek (1996), op.cit, pp 99-102
[71] Zacek (1996), op-cit, p 104
[72] Zacek (1996), op.cit , pp 100-105 et Betbeder-Matibet (1991). Constructions parasismiques. Techniques de l'ingénieur, traité construction, C 3290, pp 12-15
[73] Shaw (1830), op.cit p 290
[74] Peysonnel et Desfontaines (1838), op.cit, V 2, pp 11-12
[75] Marmol Carvasal (1573-1599). Descripción general de Africa. Ed Instituto de Estudios Africanas Traduit par P. d'Ablancourt (1953) sous le titre de L'Afrique de Marmol. Ed Paris Billetaine, Vol 2, La ville de Fès et sa région. pp 159-160

En considérant le comportement sismique d'une maison du Maghreb, il apparaît qu'isolée, elle présente une vulnérabilité plus grande vis-à-vis des sollicitations sismiques. En effet, l'organisation structurelle est disposée généralement comme les branches d'une hélice par rapport au patio, les déplacements sont alors considérables (fig 2.3.14). C'est cette vulnérabilité due à la forme des maisons qui a contribué à leur massive destruction à la campagne environnante en 1716 à *Al Djazāir*. Les maisons du *fahs* n'étaient pas groupées entre elles mais isolées dans des jardins. Isolée, la maison traditionnelle d'*Al-Djazāir* est vulnérable si un séisme de même intensité venait à frapper encore une fois.

Du point de vue purement structurel, les maisons du Maghreb peuvent être décomposées en trois parties qui sont de la base au sommet : les fondations, la superstructure qui se compose elle-même d'une structure rigide (les murs) et d'une structure flexible (les arcatures).

L'analyse du comportement sismique de ces éléments structuraux va nous montrer de quelle manière la population maghrébine a réduit la vulnérabilité de ses constructions.

3.2.2.3 Les fondations :

Les normes parasismiques recommandent lorsque la construction est située dans une zone sismique que les fondations doivent transmettre au sol, en plus des charges verticales, les charges sismiques horizontales. Pour cela, elles doivent être d'une part bien liées à la superstructure et d'autre part bien ancrées au sol[76].

Les fondations des constructions d'*Al Djazāir* sont bâties en pierres, se prolongeant à peine à la hauteur de 1m au dessus du sol. Les sondages des sous-sols sont très limités et ceux effectués jusqu'à aujourd'hui ne permettent pas d'établir avec exactitude une connaissance des techniques des fondations. Néanmoins il ressort des travaux de l'atelier Casbah que les fondations d'*Al-Djazāir* sont exécutées selon le mode ancestral, c'est-à-dire qu'elles descendent jusqu'au bon sol, sous forme de tranchées remplies d'une maçonnerie de pierres liées avec un mortier de terre glaise apparemment sans addition de chaux[77] .

Il semblerait que ces mêmes techniques soient utilisées à Fès car après avoir creusé les fouilles d'une largeur d'une coudée (en général épaisseur des murs extérieurs), elles sont remplies d'un mélange bien tassé de moellons et de mortiers appropriés pour recevoir les

[76] Zacek (1995), op.cit p 150
[77] MUCH (1981). Projet de revalorisation de la Casbah d'Alger, plan d'aménagement préliminaire. Atelier Casbah, ETAU, UNESCO, PNUD. Alger p 49

murs[78]. Cependant lors du projet de restauration de *Dār 'Adyel*, les fouilles au niveau des fondations ont révélé plus de détails[79]. Les fondations étaient réalisées avec un appareillage de briques cuites alternées avec des moellons de pierres liées avec un mortier de chaux. Elles sont de type continu et atteignent en certains endroits 7 mètres de profondeur. Ces fondations ont une épaisseur de 65 cm environ et reposent sur une plate-forme étanche en *béton* à la chaux. L'assise des piliers de la cour est également assurée par des semelles en maçonnerie de briques pleines sur une plate-forme de *béton* à la chaux. Les socles des fondations sont de 85cm x 85cm et sont enfoncés jusqu'à 1 m dans le sol.

A Tunis les fondations des constructions et des édifices religieux sont dotées de fondations spéciales adaptées à leur importance (volume)[80]. En effet, le plus souvent pour assurer une bonne stabilité aux constructions, ils avaient recours à la construction d'un massif constitué de terre et de chaux grasse appelé *résame* dont l'épaisseur atteignait 2 à 3 mètres. Ou alors ils avaient recours à des pratiques de resserrage de sol par battage à refus de pieux d'eucalyptus où encore, ils usaient à la fois de lits de *résame* et de pieux[81]. L'utilisation de telles pratiques de fondation profonde permet à l'ouvrage de bien se maintenir et de transmettre les charges au bon sol. En effet, en considérant les normes parasismiques (RPA), diverses solutions sont proposées pour les fondations des édifices en fonction de la profondeur du sol compact.

Lorsque le sol compact et homogène se trouve à faible profondeur, les fondations proposées sont les fondations superficielles car elles sont disposées à faible profondeur de type semelles filantes ou radier général, selon les circonstances. A *Al Djazāir* et à Fès, il semblerait que les fondations utilisées soient de type semelles filantes sous les murs. A Tunis c'est plutôt une sorte de radier général qui a été utilisé pour supporter les constructions. Ces populations maghrébines ont su adopter les techniques constructives les plus appropriées en réponse aux problèmes mécaniques qui leur étaient imposées par la position peu profonde du rocher naturel.
Par contre, lorsque le sol compact et sain se situe à grande profondeur, le code parasismique recommande des fondations profondes en pieux, en puits ou en barrettes. Ces

[78] SDU de Fès, volume 3, op.cit p 8
[79] Touri, Amezian-Hassani et Barbato (1999). Op.cit p 52
[80] Saadaoui (2003), ibidem
[81] Sebag (1999), ibidem

fondations profondes vont traverser les couches de terrain hétérogène jusqu'au bon sol. A Tunis les fondations en pieux préconisés par les codes parasismiques ont été utilisées. C'est une mesure nécessitée par la contrainte de la profondeur à laquelle se situe le rocher naturel. Ainsi, devant cette contrainte mécanique, les tunisois ont adopté, là encore, la solution qui permettait à la construction de résister dans de bonnes conditions aux mouvements du sol générés par les séismes.

L'utilisation du radier concurremment avec les pieux a été également adoptée à Tunis. Cette technique adoptée rend plus rigide le radier général lorsque le sol est hétérogène.

Une autre technique est préconisée par les normes parasismiques afin d'éviter le recours aux fondations profondes. Il s'agit des fondations sur sol substitué ou amélioré. La technique consiste à améliorer in situ les propriétés mécaniques et les conditions hydrauliques du sol. On utilise pour cela le pilonnage afin d'augmenter la compacité du sol[82]. C'est ce qui a été également utilisé à Tunis en resserrant le sol par battage à pieux d'eucalyptus. C'est encore une autre manière de répondre aux contraintes exercées par le sol lors des séismes qu'ont utilisée les tunisois.

Il est clair que les populations du Maghreb aient utilisé des techniques de fondations conformément aux conditions de la profondeur du rocher naturel. C'est une des dispositions dictées par les normes parasismiques afin d'assurer la stabilité de l'édifice lors d'un séisme qui a été prise en charge par ces civilisations anciennes. En fait, rien n'a été inventé de nos jours mais tout a été plutôt amélioré en utilisant de nouveaux matériaux pour les mêmes situations.

3.2.2.4 La structure rigide :

Elle est représentée par des murs en maçonnerie et qui peut être classée selon le type de matériaux, la taille et la forme des blocs en typologie constructive régulière ou irrégulière[83]. Les principaux types de maçonnerie rencontrés sur les différents sites (Alger, Tunis et Fès) sont les suivants :

[82] Zacek (1995), op.cit p 159

[83] Randazzo (1988). La strutture murarie negli edifici del centro storico di Catania. Documenti dell'Instituto Dipartimentale di Architecttura e Urbanistica dell'Università di Catania, 16; pp109-143 et Liberatore et Bernardini (1999). Seismic behaviour, vulnerability and probability of collapse of masonry buildings. GNDT, The Catania Project earthquake damage scenarios for a high risk area in the Mediterranean; pp128-129

- Maçonnerie de typologie régulière, réalisée avec des briques de terre cuite de dimensions variables 3x10x20 cm, 3x12x20 cm, 3x12x25 cm, 3.5x12x20cm et 4x11x24cm pour Alger[84] et 2.5x13x26 cm pour Fès[85].

Cette maçonnerie est liée par un mortier de terre ou de chaux dont les agrégats sont le sable, le gravier, les débris de tuile et de la cendre de bois, dosés à 1/3 de volume de liant pur, 2/3 de volume d'agrégats à Alger[86] et un mortier de chaux grasse dépourvu de sable car la terre était suffisamment argileuse pour le rendre solide, à Fès. L'utilisation de ce mortier ne se faisait que plusieurs jours après sa préparation, ce qui lui procurait sa solidité[87]. La paroi murale en général a une épaisseur de 60 cm avec des briques disposées par couches alternées. Dans le sens transversal, trois briques disposées à plat au dessus desquelles deux briques leur sont intercalées. Le mur présente une stratification par couches quasi régulières entre lesquelles s'intercalent des rondins de bois non équarri de 10 cm de diamètre (thuya Alger[88], cèdre à Fès[89] et genévrier à Tunis[90]). Le bois dans ce cas-là n'exerce aucune force de traction (Fig 2.3.15 et 2.3.16).

A Fès, ce type d'appareillage a été observé dans le quartier « Blida ». Ce quartier est l'un de ceux qui ont été détruit en 1624. il est situé à proximité de *Bāb Djīssā* dont les débris des maisons déblayées ont obstrué la vue vers la montagne et la plaine (supra pp 110). A la maçonnerie de brique est intercalé du bois de cèdre souvent équarris[91]. Ces poutres en bois ne dépassent guère 100cm de longueur et ont 10 cm d'épaisseur. D'après une discussion avec un *ma'alam al binā'* de Fès, ce bois appelé *an'ṭāq* (ceinture) évite les longues fissures dans les murs (fig 2.3.17). Il est probable que cette technique constructive sismo-résistante ait été adoptée suite à la reconstruction post sismique de 1624.

[84] Abdessemed-Foufa (2005) idem, Atelier Casbah (1980) idem et CORPUS (2001) idem
[85] SDU Fès op.cit p 8 et p121
[86] CORPUS (2001), op.cit, Principes Constructifs A 11, p 2
[87] SDU Fès op .cit p12
[88] CORPUS (2001), op.cit, Typologie Architecturale, les maisons de la Médina d'Alger, p 3 et Abdessemed-Foufa (2005) op.cit pp 28-30
[89] SDU Fès, ibidem
[90] Saadaoui (2000). Op.cit p 311
[91] Larousse agricole (1981). Le cèdre fait partie de l'espèce Thuya. Il est compact et solide et durcit dans l'eau. Il est utilisé dans la construction.

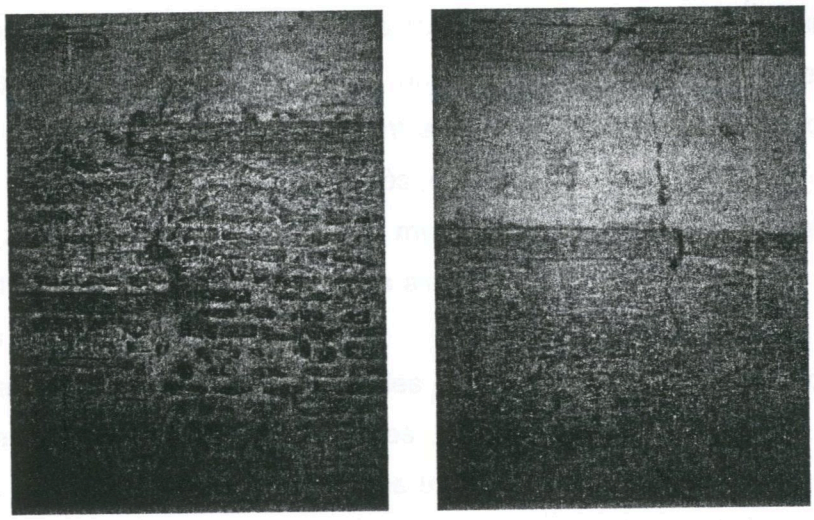


Fig 2.3.17- Fissures stoppées par les rondins de bois lorsque
Ces derniers ne sont pas alignés.

A Tunis, ce bois appelé *al Sardāwī* (genévrier) est disposé dans une maçonnerie régulière réalisée en brique. Cette technique préventive n'a été observée que dans une maison en démolition et dans les étables de *Dār Lasram* [92]. Parfois *al Sardāwī* est équarris parfois non. Sa longueur est celle d'un rondin et son épaisseur varie entre 10 et 12 cm.

Cette disposition de deux matériaux, l'un rigide et l'autre flexible, permet une absorption des charges horizontales lors des sollicitations sismiques. Par ailleurs, les murs présentent peu de fissures et ne se détruisent pas. Ainsi la flexion de la maçonnerie massive est augmentée en intercalant le bois de thuya, de cèdre ou de genévrier *(al Sardāwī)* qui ne sont pas reliés entre eux afin de mieux résister au cisaillement. Le thuya et le cèdre sont des bois dont la durée de vie est considérable, ils sont très résistants et réfractaires à la pourriture[93]. C'est pourquoi cela est visible jusqu'à aujourd'hui (lorsque bien entendu les murs sont décapés).

En effet, d'après la dynamique des structures, les éléments en maçonnerie jouent un rôle important dans la réponse à l'excitation sismique du bâtiment. L'action sismique horizontale tend à déformer le panneau de maçonnerie en parallélogramme, provoquant la formation d'une bielle diagonale de compression qui agit au niveau des angles[94]. Or les murs sont fractionnés en plusieurs parties, trois ou quatre selon la hauteur du mur ; ceci apparaît dans

[92] Les écuries de Dar Lasrem ont été restaurées en même temps que le palais qui aujourd'hui est le siège de l'Association Sauvegarde de la Médina de Tunis. Ces espaces font office aujourd'hui d'un centre culturel féminin. Certaines techniques constructives n'ont pas été recouvertes d'enduit ce qui a permis leur observation.

[93] Le Grand livre des Plantes (1983). Le cèdre de l'Atlas (*Cedrus Alantica*) est très répandu en Afrique du Nord. Il ressemble au cèdre du Liban (*Cedrus Libani*) qui est imputrescible. Larousse Agricole (1981) op.cit : Le thuya est un bois qui a une durée de vie très considérable.

[94] Betbeder-Matibet (1991), op.cit p 18

les murs au palais du Dey ainsi que dans les maisons de Fès et de Tunis. Les efforts horizontaux sont donc répartis à chaque nouvelle strate où il y a une différence de matériaux. De ce fait les murs ne subissent aucune ou peu de déformation. De plus les frictions entre maçonnerie et bois sont très élevées par rapport à celle d'éléments de maçonnerie entre eux (fig 2.3.18). Ces murs répondent favorablement à l'excitation sismique, il est donc probable que ces murs aient été conçus de manière à pouvoir résister aux efforts dus aux séismes[95].

La maçonnerie renforcée a certainement des origines lointaines dans le passé mais elle n'est pas mentionnée dans les dix livres d'Architecture de Vitruve[96]. Pourtant son identification a été faite récemment dans les travaux de Poursoulis (1999) dans les palais minoens de Knososs. Cette technologie de renforcement de la maçonnerie avec du bois a été utilisée également dans les constructions traditionnelles en Turquie durant la période ottomane[97] mais aussi en Grèce au XVIIème siècle[98]. Cette typologie constructive des parois murales a prouvé sa fonction sismo-résistante lors du récent tremblement de terre de Turquie en 1999[99]. En effet, 30 maisons traditionnelles sur un total de 2578 se sont écroulées alors que 565 maisons réalisées en béton armé sur un total de 4882 se sont

[95] Missoum (2003). Alger à l'époque ottomane, la médina et la maison traditionnelle, p 233 et Abdessemed-Foufa (2005) idem

[96] Vitruve. Les dix livres d'architecture de Vitruve. Chapitre VIII : Des espèces de maçonnerie et de leurs propriétés et de la différente manière qu'elles doivent être faites selon les lieux. Traduit par M. Perrault M. DC. LXXXIV.Ed Mardaga, pp 42-43

[97] Langenbach (2003). Survivors amongst the rubble : traditional timber-laced masonry buildings that survived the great earthquake 1999 earthquake in Turkey and 2001 earthquake in India while modern buildings fell. In Proceedings of the International Congress on Construction History, Madrid. pp

[98] Touliatos (1992). Op.cit p 112 et 115

[99] Gulhan, Demet et Guney (2000). The behaviour of traditional building systems against earthquake and its comparison to reinforced concrete frame systems: experience of Marmara earthquake damage assessment studies in Kocaeli ans Sakaray. Disponible sur http://www.icomos.org/iiwc/seismic/Gulhan.pdf . Dans ce travail, les auteurs exposent le bilan des dommages sur les constructions en béton armé et les constructions traditionnelles dans les localités les plus touchées par le séisme de Marmara (Izmit) en 1999. Sur un total de 7560 constructions diagnostiquées, 4882 sont en béton armé et 2578 constructions traditionnelles réalisées en maçonnerie chaînée horizontalement avec du bois ou une maçonnerie à colombage. Les dommages ont été classés en 4 catégories : destruction ou dommages importants, dommages modérés, dommages légers, aucun dommage. Les résultats du disgnostic ont donné 565 constructions en BA détruites pour 30 Const Tradit ; 1003 constructions en BA endommagées partiellement pour 362 Const Tradit ; 641 constructions en BA endommagées légèrement pour 840 Const Tradi et 1148 constructions en BA n'ayant subi aucun dommage pour 1383 Const Tradi. Il en résulte une proportion de 11.57% en BA détruits ou sérieusement endommagées pour 11.63% Const Tradi ; 20.45% en BA partiellement endommagées pour 14.04% Const Tradi ; 13.13 en BA légèrement endommagées pour 32.58% Const Tradi et 29.65% en BA pour 53.62% en Const Tradi. D'une façon globale, 32.11% des constructions en béton armé et 15.2% des constructions traditionnelles ont subi des dommages. et Homana et Eastwood (2001). The 17 August 1999 Locaeli (Izmit) earthquake: historical records and seismic culture. Disponible sur http://193.140.203.16/geophy/anasayfa/eanafr.html

détruites. Par ailleurs, 1380 constructions traditionnelles ont résisté par rapport à 551 constructions en béton armé.

Les résultats de cette étude ont démontré que les constructions traditionnelles loin d'être des éléments faibles et dangereux et loin d'avoir une vulnérabilité accrue par rapport aux constructions modernes, ont pu résister à des séismes destructeurs ayant frappé par le passé.

Cette technique constructive a également été utilisée dans d'autres parties du monde tel qu'au Tibet dans les constructions datant de 2500 ans A. J., ainsi que dans des temples du Pakistan datant du XVIIème siècle[100].

- Une autre maçonnerie régulière dont le parement est composé de deux strates de briques : la première strate où les briques sont disposées horizontalement reposant sur leur plus grande surface, appareillage nommé *mab'sūṭ* à Fès. La seconde strate où les briques sont disposées à 45° en *épis* ou en arête est appelée *opus spicatum* et nommé *m'ramam* par les *m' 'alam* de Fès. Les joints de mortier de chaux ou de terre ont une épaisseur approximative variant de 1.5 cm à 3 cm. Ce type de mur est appelé *opus mixtum* car on lui associe deux types d'appareillages. Cette technique d'appareillage mural a été observée uniquement à Alger et à Fès. (fig 2.3.19 et 2.3.20)
- Une autre disposition de la maçonnerie régulière en brique dans laquelle est maçonné un arc sur toute la largeur du mur est très répandue à Alger. Cette technique a été observée principalement au niveau des *sabāts* de Fès où les arcs sont maçonnés dans les murs des *faḥāl* afin de les renforcer davantage et de répartir ainsi les charges vers les murs qui les transmettent au sol. (fig 2.3.21)
- Une maçonnerie mixte est composée d'assises alternées à intervalle quasi régulier de briques et de moellons de pierres de tailles variables 15-20 cm, 20-25 cm et 37-47 cm pour Alger et 15-20 cm et 25-30 cm à Fès. Cet appareillage du nom d'*opus mixtum* a été fort bien longtemps utilisé par les pompéiens suite au séisme du 5 février 62. La ville était en pleine reconstruction avec des travaux de confortement et de réparation lorsqu' elle fut ensevelie sous les cendres du Vésuve 17 ans plus tard en 79. Dégagée, elle fut de nouveau soumise aux effets du séisme du 23 novembre 1980. Les observations faites *in situ* par Adam ont démontré certaines techniques de confortement dont l'utilisation des murs à appareillage en *opus mixtum*[101]. Dans le

[100] Ferrigni (2002) op cit, p 198-199

[101] Adam (1989). Osservaztioni techniche sugli effetti del terremoto di Pompei del 62 d,C. I terremoti prima del Mille in Italia e nell'area mediterranea. SGA, pp 460-474

cas des médinas du Maghreb, *l'opus mixtum* est réalisé avec deux matériaux différents dont la brique et les moellons (fig 2.3.22 et 2.3.23).

- Une maçonnerie banchée constituée de moellons de pierres de taille moyenne. Le mur d'une épaisseur atteignant jusqu'à 150 cm est réalisé par deux parements de pierres tenant lieu de coffrage permanent à un massif occupant la majeure partie du mur et faisant fonction d'élément porteur. Ce composant de mortier de terre ou de chaux dont les agrégats sont le sable, le gravier, les débris de tuile et de la cendre a l'aspect d'un *béton* où se distinguent trois éléments[102] :
    a) Le mortier, dont le liant est la chaux mêlée à son agrégat,
    b) Les cailloux et fragments de céramiques introduits dans le mortier,
    c) Les parements constitués par un appareillage mixte régulier composé de moellons de pierres régulièrement disposés sur un lit de deux ou trois couches de briques et qui peuvent recevoir des enduits épidermiques.

Il existe cependant une différence entre le *béton* des constructions traditionnelles et le béton moderne, résidant dans la préparation. En effet, le premier se mélange dans le mur au fur et à mesure du banchage tandis que pour le second le mélange est déjà préparé et coulé dans le coffrage sans aucun rajout. Ce *béton almohade* décrit par Ibn Khaldoun[103] est un mélange de terre et de chaux qui a été fort utilisé dans les constructions mérinides de Fès. Mais à la différence d'Alger, le coffrage à Fès n'est pas une paroi solide mais un coffrage perdu en bois. L'utilisation de la chaux en tant que liant date déjà depuis l'antiquité et cette technique constructive des murs banchés à l'image de ceux utilisés à Al Djazāir a prouvé sa sismo-résistance dans les constructions romaines, en particulier à Pompéi après le tremblement de terre de 62[104]. Les murs banchés ont surtout été utilisés dans les murs remparts et les murs extérieurs de certains édifices majeurs tels que les palais et les mosquées (fig 2.3.24).

Cette disposition des matériaux identiques ou différents dans les parements de maçonnerie (intercalée de bois, de pierre, en épis) évite, d'une part, le cisaillement et l'effet de bielle dans la paroi murale car cette dernière est subdivisée en plusieurs Parties ; d'autre part, elle diminue des longueurs de fissures qui sont dues soit aux affaissements soit aux contraintes horizontales des séismes (fig 2.3.18). Les types de maçonneries utilisées ne présentent aucune particularité antisismique. Seule la stratification des matériaux pourrait avoir une fonction préventive sismo-résistante subordonnée, c'est-à-dire qu'elle fait baisser le

[102] Adam op.cit pp 81-82
[103] Ibn Khaldoun. *Al Muqadima.* Discours sur l'Histoire universelle. Nouvelle traduction préface et notes de Vincent Monteil. pp 829-830
[104] Adam op.cit p 83

barycentre global des masses[105]. La fonction sismo résistante de la stratification des matériaux représente un avantage supplémentaire dans la réduction de la vulnérabilité des constructions en maçonnerie traditionnelle.

Une comparaison de ces différentes typologies constructives a été faite par rapport à celles mises en évidence par les travaux de Poursoulis (1999)[106] pour les constructions minoennes ainsi que par les travaux d'Adam (1989 et 1995)[107] pour les constructions romaines particulièrement celles de Pompeii qui a été reconstruite après le tremblement de terre de 62 J.C et quelques années avant l'éruption du Vésuve en 79 J.C. Ces techniques antiques ont utilisé non seulement un renforcement avec du bois (Grèce) mais aussi des maçonneries à stratifications différentes tels que l'*opus mixtum* (fig 2.3.25). Il est probable qu'elles aient contribué de façon efficace à la réduction des dommages durant les séismes du premier millénaire.

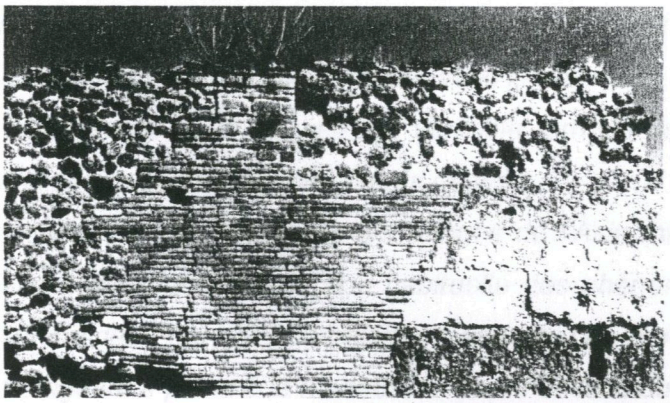


Fig 2.3.25- Restauration d'un mur en pierres de calcaire à Pompei après le séisme de l'an 62 en *opus mixtum* (moellons et briques) (D'après J.P Adam)

Durant le XIXème siècle, lors du tremblement de terre de 1867 qui a été ressenti à Alger et a surtout endommagé la région de l'Atlas Blidéen, un journaliste du quotidien *Moniteur de l'Algérie* écrivit[108] : « *Un fait remarquable a été constaté et nous nous en avons été personnellement très frappé.*

Sur 350 maisons environ dont se composait le village de Mouzaillaville, Bou-Roumi et El-Affroun, une seule est demeurée intacte.

[105] Lavorgna (1990). Techniques et matériaux, in San Lorezello à la recherche des « anomalies » qui protègent. pp 49-52
[106] Poursoulis (2000), op.cit pp 139-146
[107] Adam (1989) idem, (1995) La construction romaine. Matériaux et techniques, pp 129-169
[108] Moniteur de l'Algérie (1867), n° 7, 7ème année, mercredi 9 janvier. P 2, c1, c2

Cette construction que tout le monde peut voir à El-Affroun est située au pied de la montagne, haut du village.

A quelle circonstance a-t-elle dû l'immunité si remarquable dont elle a eu le privilège ? S'est-elle trouvée placée en dehors de l'action destructive du phénomène ?

Evidemment non ; car tout autour, à deux pas dans la partie du village située au dessous, tous les édifices ont été renversés. Au dessus, l'action du tremblement de terre n'a pas été moins énergique, car, au sommet même de la montagne qui domine la maison, on n'aperçoit plus les murs de l'ancien télégraphe, renversé en même temps que les autres maisons de la plaine.

C'est donc à son mode spécial de construction que cette construction a dû son immunité, et ce fait doit porter avec lui son enseignement.

Et cette maison est construite en pans de bois reliés en croix de saint-André, avec des vides remplis au moyen de briques.

On a remarqué sur tous les points que la brique a mieux résisté que la pierre à l'action du phénomène. Mais nulle part le contraste n'a été aussi marqué, aussi frappant que cette maison d'El-Affroun où la brique s'est trouvée combiné avec le bois.

Nous concluons que nous avons sous les yeux la véritable formule des constructions de l'avenir et nous appelons sur ce point l'attention de qui de droit.

Nous ajouterons qu'en Orient, à Smyrne, dans les villages de l'Asie mineure, à Chypre et dans la plupart des contrées exposées à l'action habituelle des phénomènes volcaniques, c'est ce système de construction qui est généralement adopté. Les fondations seules sont bâties en pierre, se prolongeant à peine à la hauteur de 1m au dessus du sol. Le reste est en bois et en briques d'un modèle particulier, ayant une longueur égale à toute l'épaisseur du mur. Assez ordinairement la brique cuite est remplacée par la brique simplement séchée au soleil. ».

Par ailleurs, cette technologie constructive a également prouvé sa fonction sismo-résistant durant les séismes de ce siècle. En effet, suite au tremblement de terre de Turquie en 1999, la maçonnerie chaînée avec du bois des constructions datant de l'époque ottomane a mieux résisté que certaines constructions réalisées en béton armé. La ville historique ottomane de *Safranbolu* en Turquie n'a subi que des dommages minimes sans aucune destruction car les constructions en maçonnerie chaînée ont la capacité d'osciller en même temps que les secousses et d'absorber l'énergie dissipée à travers tous les éléments en bois[109] (fig 2.3.26).

[109] Langenbach. (2002). Op.cit p 4

Dans d'autres sites tel qu'au Kashmir, les constructions en maçonnerie chaînées ont résisté à des séismes importants. En effet en 1885, un voyageur britannique, témoin du tremblement de terre de *Srinagar*, évoque qu'une partie du palais et quelques vieux bâtiments massifs se sont effondrés tandis qu'un nombre remarquable de maisons sont restées intactes. Les constructions chaînées avec du bois sont liées avec un mortier d'argile qui donne des liaisons élastiques aux briques. Bien réalisées, ces maisons même hautes de trois ou quatre niveaux oscillent ensemble, à l'inverse des constructions rigides qui s'effondrent et tombent en ruine[110].

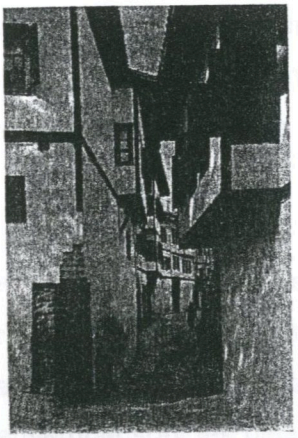


Fig 2.3.26- Constructions ottomanes de Safranbolu (Turquie)
Ayant résisté au séisme de 1999 (In Langenbach 2002)

3.2.2.5 Chaînage des angles :

Les murs en maçonnerie des constructions d'*Al Djazāir* et de Fès sont chaînés, entre eux au niveau des angles, par le croisement alternatif des rondins de thuya ou de cèdre disposés à intervalle régulier prés de 150 cm et sur toute la hauteur du mur. Ce dispositif a été observé sur des murs détruits ou décapés *in situ* à Alger et à Fès (fig 2.3.17 et 2.3.28). A ce propos, Carette (1850) décrit ce système par ce qui suit : « *J'ai remarqué dans les anciennes maisons mauresques en démolition une précaution excellente prise par les constructeurs pour consolider les angles. Elles consistent à placer horizontalement, de cinquante en cinquante centimètres de hauteur, des pièces de bois d'environ deux mètres de longueur. Ces pièces noyées dans la maçonnerie, se prolongeaient alternativement suivant chacun*

[110] Langenbach (1989). Bricks, mortar and earthquake. Historic preservation vs. Earthquake safety. APT Bulletin (The journal of the Association of Preservation Technology). Vol XXI- n° 3-4, pp30-44. Disponible sur http//: www.conservationtech.com

des deux murs et venaient se croiser dans l'angle. J'ai vu des maisons sapées à la base et à moitié démolies, se soutenir encore grâce à cet artifice de construction ».

Ce qui semble un artifice constructif est en fait un judicieux système de chaînage au niveau des angles. En l'absence de tout élément vertical, il constitue une technique traditionnelle de renforcement des angles pour, empêcher la flexion ou les écartements des murs verticaux entre eux. Ils sont présents à des endroits où la plus grande fragilité des murs est due à la combinaison des effets de flexion, de cisaillement et de torsion, et qui nécessite des renforcements. Pour rendre une construction en maçonnerie traditionnelle parasismique, il est nécessaire de réaliser un système de chaînage qui forme un réseau tridimensionnel mécaniquement continu aux angles où aucun bord de maçonnerie libre ne doit apparaître. Les matériaux de chaînage qui pourraient être utilisés sont le béton armé, l'acier ou le bois[111].

Les actions sismiques horizontales sollicitent toujours les angles des constructions où la combinaison des trois effets de torsion, flexion et cisaillement est la plus défavorable. Etant donné que les déformations dues aux déplacements horizontaux sont les plus grandes, il en résulte que les effets de torsion d'ensemble sont les plus importants aux angles (fig 2.3.29). De ce fait, il est souhaitable qu'ils soient renforcés. Voila ce que préconise le règlement parasismique des constructions en maçonnerie traditionnelle[112 et 113]. Le dispositif adopté par la Population d'Al Djazāir représente un chaînage traditionnel en bois au niveau des angles et de ce fait c'est une mesure de résistance qui contribua par la suite à l'augmentation de la fonction sismo-résistante des édifices d'Al-Djazāir.
Ce système constructif a également été testé à Safranbolu en Turquie lors du séisme de 1999. Les angles sont chaînés en bois tous les 70 cm. Cette technique de renforcement des angles en l'absence de tout autre chaînage a montré sa sismo-résistance dans les constructions ottomanes[114].

[111] Zacek, op.cit p 115
[112] Zacek (1996), op-cit, p 115 et p 180
[113] RPA, op-cit, p 93-93
[114] Langenbauch (2002), idem.

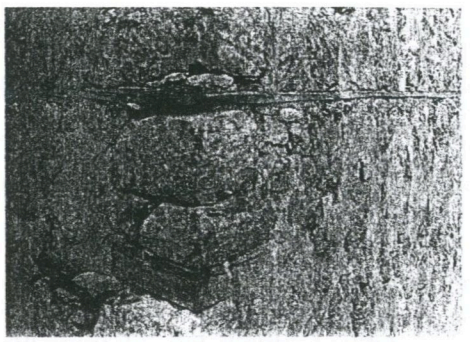


Fig 2.3.30- Chaînage d'angle dans la maçonnerie
à Safranbolu Turquie (In Languenbach 2002).

3.2.2.6 Les cloisons :

Les murs intérieurs dont l'épaisseur est de 20 cm sont réalisés par des briques de terre cuite liées par un mortier de chaux et de sable auxquelles s'intercalent les rondins de thuya à intervalle régulier (Fig 2.3.31 et 2.3.32). Ils sont liaisonnés aux murs qui leur sont perpendiculaires. Ces liaisons sont souvent l'encastrement de la maçonnerie et des rondins de thuya qui sont disposés transversalement et longitudinalement dans les murs qui se croisent. Les rondins de thuya sont disposés à la même jonction dans les deux travées de murs.

Selon les règles parasismiques, il faut que les cloisons soient reliées aux murs, aux poteaux ou aux planchers afin que ce ne soit pas des parois libres qui risquent de s'effondrer sous l'effet des charges sismiques. Ceci étant réalisé dans les constructions d'Al Djazāir et témoigne de la manière à pouvoir résister aux sollicitations sismiques[115].

3.2.2.7 La structure flexible :

Les constructions d'Al Djazāir appartiennent au système d'arcades à deux niveaux. Cette solution constructive a été adoptée suite à la reconstruction massive d'Al Djazāir après le séisme destructeur de 1716. Le bâti en arcades de briques s'est généralisé probablement suite à un manque de bois, qui à l'origine, permettait le support des galeries qui étaient constituées de poutres sur poteaux appelées « plates-bandes »[116]. Cette structure flexible est représentée par un système d'arcature sur les quatre cotés de la cour. Le système est en

[115] Abdessemed-Foufa (2005) idem
[116] Ravereau (1985) La Casbah d'Alger, et le site créa la ville. P 122.
En faite Ravereau confond les dates du séisme destructeur d'Alger. Il s'agit plutôt de 1716, car Alger n'a souffert d'aucun tremblement de terre destructeur en 1751.

général de quatre pans d'arcades, mais peu différer selon la taille de la maison. L'arc développé est du type outrepassé avec une particularité spécifique à Alger où il est de forme ogive, ou brisé. Cette forme qui possède la souplesse et la flexibilité lui permettant de franchir les écartements entre les colonnes lorsqu'ils sont variables ou lorsque les parcelles ne sont pas de géométrie exacte. L'avantage de ce choix réside dans le fait qu'il y a variation dans l'ouverture et constance dans la hauteur entre la naissance de l'arc et sa clé[117]. Cet arc est non seulement utilisé pour soutenir les galeries mais il l'est également comme arc de contreventement entre le portique du *wast al-dār* et les murs des chambres. Ainsi les deux structures (rigide et flexible) sont liées et solidaires entre elles conformément aux règles parasismiques (Fig 2.3.33 et 2.3.34). A Fès, il existe une co-existence entre les galeries supportées par des plates-bandes en bois ou par des arcades maçonnées qui jouent le rôle porteur. Tandis qu'à Tunis, il n y a pas une systématisation des arcades car les maisons sont souvent à un seul étage. Lorsque les galeries existent, elles sont parfois portées par des arcatures.

3.2.2.8 Le contreventement de la structure à portique :

Le contreventement est l'un des aspects les plus importants de la conception parasismique, l'action des séismes se traduisant par des efforts horizontaux rendant nécessaire le contreventement dans les deux directions horizontales. Ils doivent être conçus pour résister, non seulement aux efforts horizontaux mais aussi aux moments de torsion d'axe vertical. A cet effet, le mode de contreventement de la galerie est réalisé par ossature (systèmes de poutres tels que des portiques) qui est souple ; il impose donc des déformations importantes aux éléments non structuraux. Par contre, il conduit à des efforts sismiques plus faibles et présente, en général, une meilleure ductilité (capacité de déformation au-delà du comportement élastique). Les arcatures répartissent les efforts horizontaux sur les murs porteurs qui les transmettent à leur tour au niveau du sol. Les normes actuelles préconisent que les constructions en maçonnerie traditionnelles deviennent effectivement parasismiques lorsque les chaînages horizontaux des murs porteurs sont rigidement liés aux chaînages verticaux placés dans les angles et intersections des murs. La disposition des chaînages horizontaux en bois dans les constructions d'Al Djazāir et celle des chaînages en maçonnerie forment ce réseau tridimensionnel mécaniquement connu. Là encore, le fait

[117] Ravereau (1985), op.cit p 122-123

d'appliquer ce système de chaînage explique la manière de pouvoir résister aux sollicitations sismiques[118].

L'autre principe de base pour la conception parasismique est celui du monolithisme, d'après lequel les différentes parties de la structure doivent être convenablement liées entre elles pour éviter la désolidarisation de leurs éléments sous l'action des secousses sismiques. Ce principe se traduit essentiellement par deux éléments : l'un structurel, c'est cet arc de contreventement qui lie la structure rigide à la flexible et deviennent les deux liées et consolidées ; l'autre raidisseur (tirant), c'est ce système de poutres en bois qui raccordent les façades des galeries à celles des murs porteurs assurant la stabilité des parois extérieures, évitant ainsi l'écartement et l'effondrement (fig 2.3.35). La répartition de ces tirants est assez régulière et a été surtout observée au palais du Dey dont les galeries sont plus importantes et plus imposantes. Dans les maisons d'habitation, ces éléments de bois jouent le rôle de tirants raccordant les galeries aux murs porteurs.

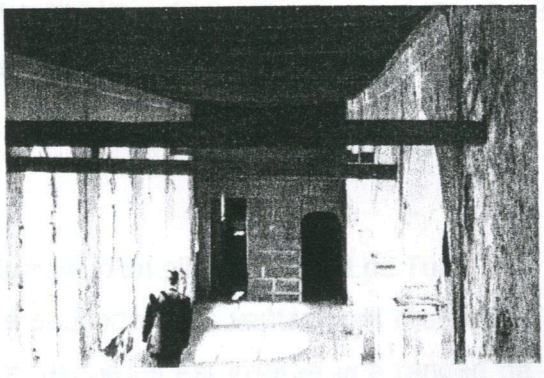


Fig 2.3.35- Tirants dont la fonction est celle des raidisseurs (Palais du Dey, Alger).

Ce sont des techniques constructives qui permettent la stabilité de l'édifice et lui procurent une certaine résistance face aux sollicitations sismiques. Le contreventement à Tunis est assuré par une paire d'arc porté par deux colonnes. Ils sont liés aux murs porteurs assurant ainsi une stabilité de tous les éléments structuraux. Les tirants sont également utilisés dans les constructions. Ils raccordent de la même manière qu'à Al Djazāir les éléments structuraux entre eux et renforcent ainsi la stabilité de l'édifice.

Quand à Fès, les portiques à grands linteaux en cèdre sont composés d'une superposition dans le sens de la largeur de 3 madriers reposant sur le poteau d'angle et les poteaux intermédiaires en maçonnerie de brique cuite. L'assemblage de ces portiques se fait par simple superposition qui, lors des secousses sismiques, produit des frictions qui absorbent

[118] Zacek (1996) op.cit p 124

l'énergie produite. Des tirants en bois jouent concurremment le rôle de raidisseurs et de contreventement. Ils assurent ainsi la stabilité des éléments structuraux entre eux.

3.2.2.9 La typologie constructive de l'arc algérois :

L'arc algérois présente une technique constructive assez particulière : elle se situe au niveau de l'articulation de l'arc avec la colonne. Au dessus du chapiteau, au niveau de l'abaque et du départ de l'arc, il y a :

- Superposition de trois rondins de thuya (ø = 10-12 cm) à une assise de trois briques de terre cuite disposées en trois rangées.
- Superposition perpendiculaire de deux rangées de trois rondins de thuya à une assise de trois briques de terre cuite disposées en deux ou trois rangées.

Ce système de superposition de deux matériaux, l'un rigide (brique) et l'autre flexible (bois), garantit grâce aux mouvements de glissement ou de roulement une bonne résistance aux cisaillements dus aux effets des tremblements de terre (Fig 2.3.36 et 2.3.37). Le système d'arcature est ainsi préservé et le détail constructif préventif contribue à la résistance parasismique.

3.2.2.10 La typologie constructive d'un pilier d'Alger et de Tunis :

Les piliers en maçonnerie supportant les voûtes sont réalisés en briques disposées en un appareillage régulier entre lesquelles est insérée une rangée de 4 à 5 rondins de thuya à Alger et de 6 rondins de *sardāwī* à Tunis. Car, comme dit précédemment, l'insertion du bois dans une maçonnerie n'a qu'un rôle subordonné de sismo-résistance, les fissures sont minimisées et le barycentre est diminué (fig 2.3.38).

3.2.2.11 La typologie constructive d'un pilier de Fès :

Il semblerait que cette technique soit semblable à celle observée à Tunis. Il n'a pas été possible de voir cela sur site mais lors des travaux de restauration de Dār 'Adyel, cette technique a été décrite[119]. Il est dit que des plaques de bois sont intégrées tous les 50 cm aux sections des piliers assurant ainsi la connexion entre les piliers octogonaux des rez de chaussée et les piliers rectangulaires de l'étage. Ces éléments en bois, disent-ils, ont pour

[119] Touri, Ameziane-Hassani et Barbato (1999), op .cit ibidem

fonction d'absorber les éventuels désordres générés soit par les séismes soit par les tassements différentiels du sol de fondation.
Cette technique constructive est semblable dans les trois médinas. Elle semble procurer à cet élément structurel sa fonction sismo-résistante.

3.2.2.12 Les planchers :

La nécessité de réaliser des planchers rigides dans leur plan (diaphragmes), c'est-à-dire par des planchers et des toitures résistant au cisaillement et à la flexion, de manière à assurer la transmission des forces horizontales aux éléments de contreventement et, par-delà, aux fondations, est indispensable dans les conceptions parasismiques. Pour les constructions en maçonnerie traditionnelle, le code parasismique n'admet pas des diaphragmes flexibles comme les planchers en bois mais préconise des planchers en béton. Or, à Alger, à Fès et à Tunis, les planchers et les toitures terrasses sont réalisés en bois. Faut-il conclure que ces planchers sont vulnérables ? L'analyse de leur typologie constructive a révélé une particularité qui semble les rapprocher et même les assimiler à des planchers rigides.

- Les planchers courants en bois :

Les planchers des maisons d'Al Djazāir sont constitués par une superposition de deux rangées de thuya insérées dans toute la largeur des murs porteurs créant ainsi une différence de niveau. Entre les deux rondins est disposé un voligeage en bois. Par ailleurs, au dessus de ces deux rangées de rondins de thuya sont disposées diverses couches de pierraille et de terre. Au dessus du bois il y a une couche d'aggloméré de terre et de pierre égalisant une hauteur de 30 cm au dessus de laquelle est disposé un mortier puis le carrelage[120]. Ces éléments de plancher ont été observés au palais du Dey où ils sont les plus représentatifs vu l'état de dégradation et de vétusté qui y sévit. Dans le règlement préconisé par les normes parasismiques les constructions traditionnelles en maçonnerie doivent se comporter comme une structure rigide susceptible de résister aux effets de torsions induits par le déplacement des murs en maçonnerie. Ils préconisent de ce fait l'utilisation des planchers en béton armé formant un diaphragme rigide et les planchers en bois se comportant comme des diaphragmes flexibles sont interdits[121]. Le bois utilisé en armature remplace le béton armé sans exercer de traction. L'épaisseur qui atteint 50 cm et la composition du plancher constituent la rigidité requise par les règles parasismiques qui est susceptible de résister aux efforts de torsion induits par les déplacements des murs. Par

[120] Ravereau (1985), op-cit, p 163
[121] Zacek (1996), op-cit, p 183 et RPA 99 complément 2003, op.cit, p 94

ailleurs, la structure du plancher qui est composée des deux rangées de thuya entre lesquelles est disposé un voligeage de bois, facilite l'absorption des efforts horizontaux lors du mouvement de glissement ou de roulement. Ce déplacement par roulement est dû à la disposition du voligeage en bois entre deux rangées de rondins. Il assure le mouvement qui réduit la rupture des planchers et les efforts sont ainsi transmis aux éléments verticaux (Fig 2.3.39). Cette technique constructive est l'une des rares que l'on ait rencontré au Maghreb. Les planchers d'Alger sont très particuliers et leur conception pourrait diminuer de leur vulnérabilité si l'on considère en même temps leur rigidité procurée par le volume et leur flexibilité assurée par les mouvements de roulement. Les planchers de Fès quand à eux sont réalisés par des solives en bois de cèdre approximativement de 7 cm de largeur sur 12 de hauteur, disposées tous les 14 cm dans les espaces intérieurs et 16 cm dans les galeries. Ces solives sont encastrées dans les murs porteurs et appuyées sur les entablements de la cour. Au dessus de ces poutres est disposée une volige de planches de 1cm d'épaisseur en moyenne sur lesquelles est versé un mortier de sable ou de terre à haute teneur de chaux sur environ 3 cm d'épaisseur, puis une couche de 5 cm environ de sable et une couche de tout-venant pilonné jusqu'à obtention d'un hourdis de 50 cm d'épaisseur au niveau de l'étage et de 30 cm au niveau des terrasses. La chape en mortier de chaux exécutée sur le tout venant constitue la base de fixation des revêtements de sol ou de la couche d'étanchéité traditionnelle[122].

Les planchers de Tunis sont en général portés par des voûtes ou des plafonds horizontaux en charpente[123]. Les voûtes sont largement utilisées dans les couvertures des constructions tunisoises. Elles sont construites en briques et en pierres et liées par un mortier de plâtre et doublées d'une terrasse constituée d'une couche de pierrailles puis de terre recouverte d'un enduit de mortier. La plupart des maisons de Tunis sont à un seul niveau rarement deux.

3.2.2.13Les planchers des terrasses :

Les planchers des terrasses d'Al Djazāir atteignent la hauteur de 50 cm et parfois même 1m, ceux de Fès sont construits de la même façon que les planchers courants, ils atteignent 40 cm d'épaisseur. Selon Cotereau (1920)[124] et Guiauchin (1905)[125], l'importance de la charge exercée par ces planchers est d'une inertie qu'elle permet une bonne isolation thermique et acoustique. Cette inertie exerce également une bonne résistance des planchers à la torsion

[122] SDU Fès op.cit p 17 et Touri, Ameziane-Hassani et Barbato (1999), op. cit p 52
[123] Saadaoui (2003), op.cit p 327
[124] Cotereau (1930). La maison mauresque. Les cahiers Chantiers Nord Africain. P 576
[125] Guiauchin (1905). Alger, p 79

induite par les déplacements des murs lors des sollicitations sismiques. Le problème qui se pose pour les planchers et les toitures dans les régions sismiquement actives est la transmission des charges horizontales au sol. Il faut assurer la stabilité des systèmes porteurs et pour cela, tel que cité précédemment, le code parasismique propose pour les constructions en maçonnerie des planchers en béton armé formant des diaphragmes rigides. Il est donc possible que cette inertie exerce également une bonne résistance des planchers lors des sollicitations sismiques. Les planchers d'étages courants ou des terrasses d'Alger tel que décrits précédemment semblent constituer une structure rigide susceptible de résister aux effets de torsion exercés par les séismes. Par ailleurs, le renforcement des angles des édifices par les poutres en bois mis en place dans les murs, peut assurer la transmission des forces latérales au sol d'assise depuis les planchers supérieurs.

3.2.2.14Les encorbellements :

A *Al Djazair* ont été exécutés des encorbellements à l'extérieur des constructions. Ils résultent d'une extension en profondeur donnant sur la rue, un avant-corps soutenu en étage supérieur par des rondins de thuya débordant largement du mur. Leur plus longue partie est à l'intérieur des espaces maintenus par une solive transversale de même type dont les extrémités sont encastrées dans les murs latéraux. Parfois des encorbellements sont tellement proches les uns des autres, les rues étant étroites, qu'ils pourraient s'adosser les uns contre les autres et former une sorte de *sabat* (fig 2.3.40).

Ce balcon de façade appelé *q'bū* sortant en porte-à-faux est soutenu par des rondins de thuya formant un angle avec le mur porteur et ayant le rôle de jambage[126].

Ces mêmes encorbellements existent dans les médinas de Fès et de Tunis. A Fès, ils sont appelés *rūshān*[127]et sont établis sur des poutres ou des consoles noyées dans la maçonnerie du mur. Lorsque ces avancées en avant corps ne dépassent pas les 50 cm, ils reposent sur ces seules poutres perpendiculaires au plan vertical du mur. Mais lorsque l'avancée est trop importante, ils sont soutenus et étayés de la même manière qu'à Alger, c'est-à-dire par des jambes de force oblique, qui prennent appui en contrebas, sur un socle de bois noyé dans le mur[128]. Ce jambage permet à l'encorbellement de ne pas osciller lors

[126] Une observation a été faite sur quelques encorbellements, il s'est avéré qu'ils sont saillants de 2/3 par rapport à la longueur du jambage. Mais une généralisation ne peut pas se faire pour tous les encorbellements.

[127] SDU de Fès op.cit p 25

[128] SDU de Fès ibidem

des secousses sismiques et de ne pas se briser. Les rondins de thuya et les poutres de cèdres sont en une constante flexion dynamique.

L'utilisation du jambage a été également utilisée dans certaines constructions grecques datant du XVIIè siècle[129] (fig 2.3.41), probablement une influence Ottomane puisqu'on les trouve non seulement en Turquie[130] mais aussi en Syrie[131] .

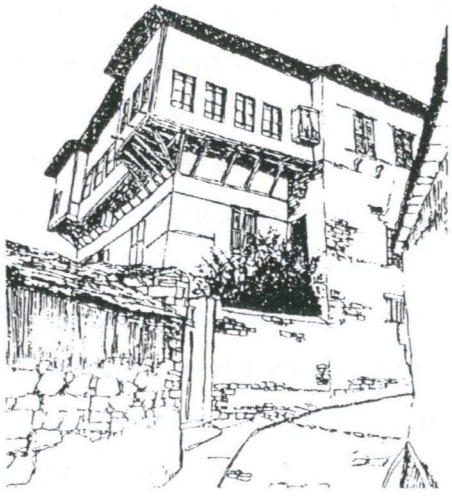


Fig 2.3.41- Croquis de maison en Grèce centrale (Touliatos 1992)

Lors du dernier séisme du 21 mai 2003, à la Casbah de Dellys, située dans la zone sinistrée à 140 Km à l'Est d'Alger, beaucoup de maisons sont détruites. Cette Casbah est la sédimentation d'innombrables acquis thésaurisés à travers le temps. Elle est punico-romaine par sa muraille, andalouse par ses *ryads* ou jardins, et enfin ottomane par ses *mushrābyātes* ou encorbellements[132]. Ces encorbellements sont les seuls éléments architectoniques qui n'ont subi aucun dommage. Malgré l'effondrement de la quasi-totalité des maisons de la basse Casbah et les dommages importants (destruction des parois murales, des planchers et des escaliers) la majorité, si ce n'est la totalité des encorbellements des maisons de Dellys, sont restés intacts (fig 2.3.42) (Infra pp 246-247).

[129] Touliatos (1992), op-cit, p 117
[130] Languenbach (2002)
[131] Musselmine (sans date), idem
[132] Chaid-Saoudi. Y. (2003). S.O.S la Casbah de Dellys. In El Watan, quotidien national, du 15 juin, Alger.

3.2.2.15 Les ouvertures :

Les ouvertures des constructions d'Al Djazāir de dimension modérée sont disposées selon une symétrie qui en fait n'est pas le fruit du hasard, mais bien au contraire une réponse aux différentes fissures causées par les séismes au niveau des ouvertures superposées non alignées. En effet, la vulnérabilité d'un mur porteur dont les ouvertures non superposées est importante car la ligne de rupture, ou fissure, se situe au niveau des trumeaux, ce qui provoque la destruction d'une grande partie des parois murales. Par contre lorsque les ouvertures sont alignées sur le même axe et qu'elles sont dotées de linteaux de même hauteur les fissures sont amoindries et le bâti est ainsi préservé[133] (fig 2.3.43).

En outre, les fissures des murs de façades se situent au niveau des périphéries des ouvertures, là où les contraintes sont les plus importantes et notamment au niveau des angles rentrants. Le code parasismique préconise pour des constructions en maçonnerie des encadrements rigides des ouvertures réalisées en béton armé, acier ou en bois et en principe doivent être reliés aux chaînages. Les encadrements en bois doivent être efficacement liés à la maçonnerie[134]. Les ouvertures des maisons d'Al Djazāir, portes et fenêtres, et celles des maisons de Tunis ont été encadrées soit par du bois bien encastré dans la maçonnerie, soit par des plaques de marbre servant de linteaux. Ceci apparaît dans les maisons intra-muros, le palais du Dey ainsi que dans les maisons du *Fahs* pour le site d'Alger et à Dār Lasrem dans le site de Tunis. La forme la plus fréquente des fenêtres de Fès est rectangulaire, surmontée d'un arç plein-cintre[135]. L'arcade est réalisée avec des briques disposées en longueur qui diminuent les effets ce cisaillement.

[133] Zacek, op.cit p 48 et 114
[134] Zacek (1996), op-cit, p 182-183 et RPA 99, compléments 2003, op.cit, p 94
[135] SDU Fès op.cit p 23

3.3 Comparaison entre les normes parasismiques et les dispositions urbaines et constructives adoptées dans les médinas du Maghreb :

3.3.1 Tableau comparatif des techniques constructives adoptées dans les médinas du Maghreb :

Normes parasismiques	Techniques constructives sismo-résistantes adoptées dans les médinas du Maghreb		
	Al Djazair	**Fès**	**Tunis**
1. **Fondations superficielles :** deux types selon circonstances : semelles filantes, radier général 2. **Fondations profondes :** sur pieux, sur puits, sur barrettes 3. **Fondations sur sol substitué ou amélioré**	Fondations superficielles : type Semelles filantes	Fondations superficielles : type Semelles filantes	1. Fondations superficielles : type radier général 2. Fondations profondes sur pieux 3. Fondation sur sol resserré avec pieux en eucalyptus
Les murs porteurs en maçonnerie : ils sont à proscrire lorsqu'ils ne sont ni chaînés ni armés.	- Appareillage mixte avec brique cuite et moellons, fonction sismo-résistante subordonné, barycentre diminue. - Appareillage mixte *opus mixtum* avec deux dispositions de	- Appareillage mixte avec brique cuite et moellons, fonction sismo-résistante subordonné. barycentre diminue - Appareillage mixte *opus mixtum* avec deux dispositions	- Appareillage mixte avec brique cuite et moellons, fonction sismo-résistante subordonné, barycentre diminue.

	briques l'une disposée à plat et l'autre de champs à 45° appelé *opus spicatum,* fonction sismo-résistante subordonné.	de briques l'une disposée à plat et l'autre de champs à 45° appelé *opus spicatum,* fonction sismo-résistante subordonné.	
Les murs en maçonnerie armée ou convenablement chaînés : Sont acceptables les maçonneries en briques avec seulement deux niveaux.	- Appareillage en brique renforcé avec des rondins de thuya. - Appareillage en brique renforcé avec des arcs maçonnés.	- Appareillage en brique renforcé avec des rondins de cèdre. - Appareillage en brique renforcé avec des arcs maçonnés.	- Appareillage mixte (brique + moellons) renforcé avec des rondins de genévrier (al sardāwī). - brique régulière renforcée avec des rondins de genévrier (al sardāwī).
Les murs en maçonnerie de pierres : doit être traitée comme la maçonnerie de bloc de béton. Les murs doivent former une masse aussi homogène que possible.			- appareillage en pierre de taille régulièrement disposée.
La maçonnerie en pisé : une épaisseur croissante vers le bas est recommandée, réaliser les joints entre banchées avec des rainures de clavetage.	- Murs en pisé avec coffrage permanent en pierre ou en *opus mixtum* (moellons+briques) équivalent à un mur en béton car le mélange	- Murs en pisé avec coffrage en bois (coffrage perdu), dont l'épaisseur est plus large en bas qu'en haut, les joints de banchées	

	banché avec le coffrage durable est un *béton* à la chaux.	sont réalisés avec un mortier de chaux.	
Chaînage des murs porteurs : nécessaire en béton armé, acier ou bois.	Chaînage au niveau des angles par des rondins de thuya disposé régulièrement 50<h<120 cm.	Chaînage au niveau des angles par des poutres en cèdre disposées régulièrement.	N'a pas été observé.
Les cloisons en maçonnerie : chaînage vertical à la jonction avec les murs porteurs et raidisseurs dans la maçonnerie lorsqu'ils ne dépassent pas 10 cm d'épaisseur.	Chaînage des cloisons entre elles et avec les murs porteurs par des rondins de thuya régulièrement disposés 50<h<120 cm	N'a pas été observé	N'a pas été observé.
La structure à ossature : nécessite un bon contreventement.	Structure flexible : les arcatures en maçonnerie. - Par deux arcs de décharge portés par la même colonne. - par des tirants en bois (thuya équarris ou non) scellés aux murs porteurs. **Disposition particulière à Al Djazāir :** l'arcature qui est une structure flexible présente une particularité au niveau	Structure flexible : arcature en bois. - par des tirants entre les piliers portant les plates-bandes et les murs porteurs. **Disposition particulière à Fès :** le pilier en brique à appareillage régulier, est composé d'une	Structure flexible : arcature an maçonnerie. - Par deux arcs de décharges portés par deux colonnes différentes. - par des tirants en bois (genévrier équarris ou non) scellés aux murs porteurs. **Disposition particulière à Tunis :** le pilier en brique à appareillage régulier, est

	de départ de l'arc, en effet, trois rondins de thuya en une seule ou deux rangées sont disposés afin de permettre un mouvement de roulement qui évite le cisaillement de l'arc au niveau de l'abaque. Le pilier en brique à appareillage régulier, est composé d'une stratification régulière où des rondins de thuya sont disposé entre la brique sur toute la section du pilier. Ce renforcement par le bois empêche les désordres d'origine sismique dans cette masse en maçonnerie.	stratification régulière où des rondins de cèdre sont disposés entre la brique sur toute la section du pilier. Ce renforcement par le bois empêche les désordres d'origine sismique dans cette masse en maçonnerie.	composé d'une stratification régulière où des rondins de genévrier sont disposés entre la brique sur toute la section du pilier. Ce renforcement par le bois empêche les désordres d'origine sismique dans cette masse en maçonnerie.
Les planchers : Diaphragmes rigides (résistant au cisaillement et à la flexion) en bois massif.	En bois avec une superposition de deux rondins, rigidifiés par la masse de terre mise au dessus d'un voligeage en bois épaisseur 30-50 cm.	Poutres en bois (cèdre) noyées dans les murs au dessus desquelles est disposés une volige de planches sur lesquelles sera versé un mélange de chaux et de terre, arrosé puis pilonné jusqu'à	Des voûtes construites en briques et en pierres et liées par un mortier de plâtre et doublées d'une terrasse constituée d'une couche de pierrailles puis de terre et enfin un

		obtention d'un hourdis de 50 cm.	enduit de mortier.
Les terrasses : Diaphragmes rigides (résistant au cisaillement et à la flexion) en bois massif.	En bois avec une superposition de deux rondins, rigidifiés par la masse de terre mise au dessus d'un voligeage en bois épaisseur jusqu'à 100 cm.	Même disposition que planchers courants sauf pour l'épaisseur qui est de 30 cm.	Même disposition que planchers courants.
Les éléments en console verticale : ils doivent être encadrés par des chaînages horizontaux et verticaux en béton armé reliés à l'ossature.	Des encorbellements appelés *Q'bū*, sont soutenus par des jambages en bois scellés aux murs porteurs.	Les encorbellements soutenus par des jambages en bois scellés aux murs porteurs.	Les encorbellements soutenus par des jambages en bois scellés aux murs porteurs.
Les ouvertures : prévoir obligatoirement un encadrement rigide des ouvertures réalisées en béton armé, acier ou en bois et en principe relié aux chaînages. Les encadrements en bois ou en acier doivent être efficacement liés aux maçonneries sur tout le pourtour.	Encadrement en bois, bien encré dans la maçonnerie, Encadrement en marbre bien encastré dans la maçonnerie.	Encadrement en bois, bien encré dans la maçonnerie, Encadrement en marbre bien encastré dans la maçonnerie.	Encadrement en bois, bien encré dans la maçonnerie, Encadrement en marbre bien encastré dans la maçonnerie.
Les enduits : recommandé en chaux ou en enduit bâtard (ciment+chaux).	Enduit de mortier de chaux. La terre ou les cendres de bois sont les dégraissants.	Enduit de mortier de chaux, le sable est le dégraissant.	Enduit de mortier de chaux, le sable est le dégraissant.

Tab 2.3.1 - Comparaisons entre les normes parasismiques

3.3.2 Tableau comparatif entre les dispositions parasismiques et les techniques sismo-résistantes urbaines adoptées dans les médinas du Maghreb :

Normes parasismiques	Techniques sismo-résistantes urbaines adoptées dans les médinas du Maghreb		
	Al Djazair	Fès	Tunis
Joints parasismiques (joint de séparation vide)	Les rues, ruelles et impasses jouent le rôle de Joints parasismiques entre les îlots.	Les rues, ruelles et impasses jouent le rôle de Joints parasismiques entre les îlots.	Les rues, ruelles et impasses jouent le rôle de Joints parasismique entre les îlots.
Renforcement des poteaux de rive depuis 2003	Les maisons de rive reçoivent les premières forces horizontales qui sont réparties tout le long de la façade linéaire.	Les maisons de rive reçoivent les premières forces horizontales qui sont réparties tout le long de la façade linéaire.	Les maisons de rive reçoivent les premières forces horizontales qui sont réparties tout le long de la façade linéaire.
Contreventement	assuré par les arcs de décharge Assuré par les *sabāts*.	assuré par les arcs de décharge parfois atteignant le nombre 3 Assuré par les *sabāts*.	assuré par les arcs de décharge parfois atteignant le nombre 7. Assuré par les *sabāts*.

Tab 2.3.2- Comparaison entre le code parasismique et les dispositions urbaines.

Les deux tableaux récapitulent toutes les dispositions préventives urbaines et constructives ayant une fonction sismo-résistante et qui ont été utilisées dans les médinas du Maghreb. Elles sont comparées aux normes parasismiques modernes. En ce qui concerne les techniques constructives, une comparaison avec ce que préconisent les normes parasismiques a été établie. Il en est ressorti que la quasi-totalité des techniques traditionnelles préventives sont en conformité avec les conditions parasismiques. Pour ce qui est des techniques constructives urbaines, les dispositions utilisées ne trouvent pas leurs

équivalences dans les normes parasismiques. Par conséquent, une analogie a été faite entre les composantes urbaines et les composantes d'une construction ; et l'îlot, de par sa compacité, a été considéré comme une structure indépendante (un bâtiment).

Les résultats obtenus montrent clairement que la population maghrébine a pris en charge la contrainte sismique selon l'importance avec laquelle le risque sismique est appréhendé. En effet, il a été constaté que la plupart des techniques sismo-résistantes sont apparues dans les deux médinas où la sismicité est plus importante, en l'occurrence Al Djazāir et Fès. Tandis qu'à Tunis où la sismicité est plus modérée, les techniques préventives constructives sont moins nombreuses. Ceci implique que le risque sismique a été une préoccupation pour les communautés anciennes tel que cela l'est pour nous aujourd'hui.

3.4 Les conséquences du séisme de 2003 sur les constructions de la Casbah :

Le 21 mai 2003, un important séisme secoua la région algéroise. Sa magnitude a été estimée à 6.8. Trois wilayas : Alger, Boumerdès et Tizi-Ouzou, ont souffert des secousses de ce séisme. L'épicentre de ce séisme a été localisé à Zemmouri à quelques kilomètres dans la mer. Le bilan des dommages a été très important. Les sites historiques situés dans la zone sinistrée ont subi le plus de dégâts. Les constructions de la Casbah de Dellys ont été les plus touchées. Presque toute la partie basse a été détruite. La Casbah d'Alger n'a pas été épargnée non plus.

L'analyse des conséquences du séisme ci-dessus est basée sur le rapport préliminaire établi par la Cellule Fonctionnelle de la Réhabilitation et de la Sauvegarde et de la Gestion de la Casbah (CFRSGC) dont les données sont celles recueillies par les groupes du CTC nommés par l'administration. Cette analyse a pris également en considération le rapport de la Direction de l'Agence d'Archéologie et de Protection des Monuments Historiques.

Les dégâts provoqués par le tremblement de terre aux maisons individuelles ont été relevés sur des fiches de diagnostic standard utilisées dans toute la zone sinistrée quelle que soit la typologie observée. Cinq (5) degrés de dégâts sont indiqués sur ces fiches ; ils permettent de classer les constructions en fonction de leur endommagement. Cette classification est établie de la manière suivante[136] :

- Constructions sans dommages : aucun dommage : degré 1, couleur verte

[136] CGS (Centre de Génie sismique) ; fiches de diagnostic sismique

- Constructions très peu endommagées : dommages Légers : degré 2, couleur verte
- Constructions endommagées : dommages Modérés : degré 3, couleur orange
- Constructions endommagées et nécessitant des investigations supplémentaires : dommages Importants : degré 4, couleur orange
- Constructions considérablement endommagées ou détruites : dommages Graves : degré 5, couleur rouge.

D'après le bilan de la CFRSGC, 1714 constructions ont été contrôlées dont 550 devaient subir une expertise[137]. L'examen de ces constructions est toujours en cours. Les constructions à expertiser sont classées en trois catégories :

- Des maisons originelles qui n'ont subi aucune transformation,
- Des maisons coloniales à l'intérieur du site,
- Des maisons transformées.

Ce travail est basé particulièrement sur les maisons traditionnelles qui sont restées à leur état originel et dont le nombre actuel est de 982 maisons[138].

En 2004, seules 300 constructions des 560 avaient été expertisées. Les résultats exprimés dans le tableau suivant sont ceux des expertises conduites sur les maisons. Les édifices publics au nombre de 10 ont été classés Orange 3. Ils ne sont pas reportés dans ce tableau.

Sur les 300 constructions expertisées, Il en est ressorti 169 maisons traditionnelles, soit 56.33% qui ont fait l'objet des premières expertises. Les résultats préliminaires obtenus sont dans le tableau suivant :

Nombre de maisons contrôlées	Nombre de maisons à expertiser par CTC	Nombre de maisons expertisées par CTC	Résultats d'expertise des 300 maisons				
			Vert 1	Vert 2	Orange3	Orange4	Rouge5
1714	560	300	7	35	97	98	53
			2.41%	12.07%	33.45%	33.79%	18.28%

Tab 2.3.3- Bilan des dommages sur l'ensemble des constructions d'après résultats préliminaires de l'expertise 2003.

[137] CFRSGC Alger (2004), idem
[138] Source CFRSGC Alger

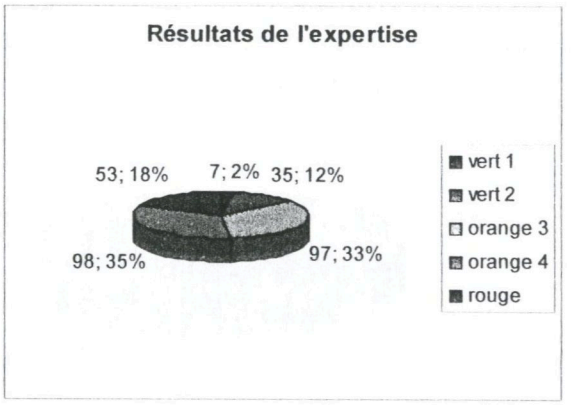


Fig 2.3.44- Taux des dommages sur l'ensemble des constructions lors du séisme de 2003.

Au vu de ce que présente l'histogramme ci-dessus, le taux de maisons classées en vert qui signifie qu'elles n'ont subi aucun ou peu de dommages est faible par rapport à celles qui sont partiellement ou fortement endommagées. Ce résultat n'est pas dû aux effets du séisme mais surtout à la vétusté des constructions qui sévit depuis quelques années et qui malheureusement augmente la vulnérabilité de ces maisons.

Concernant les maisons traditionnelles qui ont été expertisées, et dont le nombre est de 169, il en est ressorti le bilan suivant :

Aucun effondrement n'a été enregistré à la Casbah

- 41 maisons soit 25.63 % ont été classées rouge, c'est-à-dire à démolir,
- 67 maisons soit 41.87 % ont été classées orange 4, c'est-à-dire à conforter,
- 52 maisons soit 32.5 % ont été classées orange 3, c'est-à-dire à réparer,
- 08 maisons soit 05 % ont été classées vert, c'est-à-dire sans dommage structurel.

Le tableau suivant résume ces résultats.

Résultat de l'expertise des 169 maisons traditionnelles			
Vert	Orange 3	Orange 4	Rouge
08	52	67	41
05%	32.5%	41.87%	25.63%

Tab 2.3.4- Bilan des dommages sur les constructions traditionnelles

d'après résultats préliminaires de l'expertise 2003.

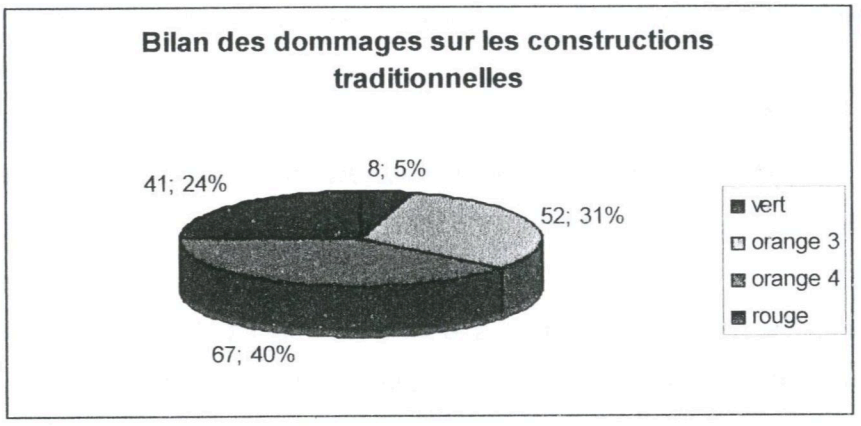


Fig 2.3.45- Taux des dommages sur les constructions traditionnelles Lors du séisme de 2003.

Le même type de résultat que ceux obtenu pour l'ensemble des constructions est observé. Les constructions les plus endommagées sont celles dont l'état de vétusté était assez prononcé. Un nombre infime de maisons sont en bon état. Mais la majeure partie des maisons traditionnelles sont classées dans les catégories de dommages modérés et importants de degré orange 3 et 4. Une grande partie des maisons est classée degré 5 (rouge) probablement qu'elles aient subi des destructions partielles. Cet état de fait est dû à la vétusté des maisons traditionnelles qui augmente leur vulnérabilité vis-à-vis des probables futurs séismes (carte 2.3.4).

Au demeurant, le bilan officiel sur lequel s'est basée cette analyse, signale que les dommages enregistrés sont dus surtout à l'état de vétusté des maisons qui dure depuis plus de vingt ans[139]. En effet, en l'absence de toute action de protection du patrimoine bâti mineur (maisons individuelles), de l'abandon et de la mauvaise utilisation qui ont conduit à sa dégradation progressive, la Casbah d'Alger s'effondre chaque jour un peu plus.

Par ailleurs, concernant les édifices publics, le rapport de l'Agence d'Archéologie[140] donne les résultats suivants concernant les dommages qu'ils avaient subis. Certains monuments historiques ont en effet subi quelques dommages :

- Au niveau de la Citadelle les dommages recensés sont situés à *Dār Al-Sūltāne* ou Palais du Dey :

[139] CFRSGC Alger (2004), idem

[140] Ministère des Affaires Etrangères (2003). Bilan préliminaire sur le Patrimoine (mercredi 4juin 2003). Disponible sur http:// www.mae.dz.org ou http://www.mae.dz/ma_fr/

- Le lanterneau du minaret de la mosquée du Dey s'est incliné et a été cisaillé (fig 2.3.46 et 2.3.47).
- Des fissures verticales au niveau du minbar de la mosquée du Dey (fig 2.3.48)
- D'anciennes fissures au palais du Dey se sont élargies (fig 2.3.49).
- Une partie des remparts a été sérieusement endommagée risquant de s'effondrer '2.3.50).

• Au niveau de *Dār 'Azīzā* qui est située à la basse Casbah, les dommages sont inconsidérables, quelques fissures et des stucs en plâtre se sont détachés.

• La mosquée Ketchawa en cours de restauration a enregistré également quelques fissures.

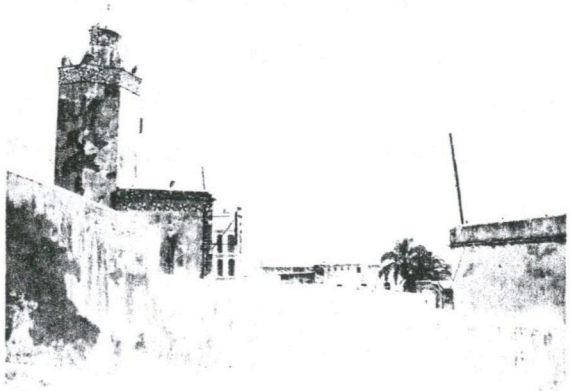


Fig 2.3.46- Inclinaison du lanterneau de la Mosquée du Dey (Palais du Dey)

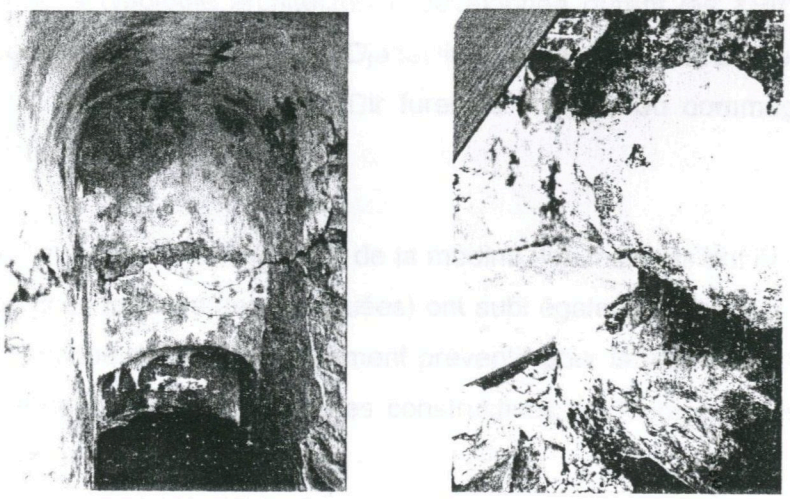


Fig 2.3.48- Cisaillement à la base du lanterneau photo intérieure et extérieure.

Les édifices majeurs n'ont en général subi aucun dommage. Leur état de conservation est assez bon car ils sont généralement bien entretenus puisque leur gestion dépend des institutions publiques. Leur vulnérabilité a diminué par conséquent face à un séisme aussi fort dans la région algéroise.

Une superposition des cartes représentant l'état de vétuste datant de 1980[141] (carte 1.1.2) et l'autre représentant la répartition des dommages du séisme du 21 mai 2003 (carte 2.3.4), confirment que les constructions en bon état de la Casbah d'Alger sont loin d'être vulnérables aujourd'hui (carte 2.3.5). Les dommages ont été localisés au niveau des constructions présentant un état de vétusté assez avancé. C'est d'ailleurs ces maisons qui ont été classées en rouge de degré 5 et en orange de degré 4. Ceci nous permet de conclure que la technologie constructive élaborée au XVIIIème siècle par la population d'Al Djazāir afin de protéger son cadre bâti a probablement contribué effectivement a la qualité de la fonction sismo-résistante. Les différents séismes qui ont affecté Alger depuis 1716 ont montré que ce sont toujours les maisons vétustes qui subissent les effets des séismes. Et cette fois-ci encore, la sismo-résistance des constructions d'Alger a été effective.

3.4 Conclusion :

Les médinas du Maghreb Alger, Fès et Tunis présentent un système sismo-résistant à l'échelle urbaine ainsi qu'un système constructif présentant une technique constructive préventive adaptée à la typologie architecturale développée durant les XVIIème et XVIIIème siècle après la reconstruction de Fès et d'Al Djaza□ir. En effet, les séismes de 1624 et 1755 à Fès ainsi que celui de 1716 à Al Djaza□ir furent à l'origine du dommage d'un grand nombre de constructions.

A Al Djazāir, à l'intérieur comme à l'extérieur de la médina, les maisons ont été détruites. Un certain nombre d'édifices majeurs (les mosquées) ont subi également des dommages. Suite à cela ; le Dey de l'époque décréta un règlement préventif pour la reconstruction de la ville. Ce règlement concerne surtout les techniques constructives des composantes structurelles et non structurelles.

A Fès, certains quartiers ont été déblayés par la population pour préparer les assiettes à reconstruire. Bien qu'aucune référence à un code constructif n'ait été faite, il semble que la

[141] Atelier Casbah (1980), op.cit, pp 50-51

population fassie tout comme celle d' *Al Djazāir* s'est attelée à reconstruire la ville en veillant à utiliser des mesures préventives.
Les techniques qui ont été mises en évidence *in situ* à Alger, Fès et Tunis démontrent un savoir-faire constructif certain qui a permis à ces médinas de perdurer dans le temps et qui témoignent de leur longévité.

A l'échelle urbaine, les trois médinas présentent des techniques sismo-résistantes ayant contribué à leur bon comportement sismique depuis leur destruction. Les joints de séparations vides entre les îlots, les arcs de décharges, les sabāts et l'adossement des constructions entre elles sont autant de facteurs qui tendent à réduire la vulnérabilité des tissus anciens des médinas. Ce sont des techniques constructives développées à l'échelle régionale et qui témoignent de leur appartenance à cette même aire géographique qui a donné aux villes arabes de l'Afrique du Nord les mêmes caractéristiques structurelles et fonctionnelles.

Du point de vue constructif, des similitudes sont apparues à travers le Maghreb d'une façon générale, la structure murale est quasi identique dans les trois médinas. Bien que les murs ne présentent aucune particularité parasismique, la stratification des matériaux, (issue d'un savoir faire ancien), par contre leur donne une fonction sismo-résistante subordonnée car elle diminue des fissures dans les murs et réduit considérablement le barycentre global (centre de gravité). Ce système a permis aux constructions des trois médinas de résister aux différents séismes qui ont succédé à ceux qui les ont détruites.
Les piliers qui supportent des voûtes sont réalisés de la même manière dans les trois médinas. Entre les strates de maçonnerie de brique sont intercalés des rondins de bois thuya pour Alger, de genévrier à Tunis et de cèdre à Fès. Il n'y a que le type de bois qui diffère, mais la technique constructive adoptée est la même pour ces piliers massifs. Cette stratification par superposition de deux matériaux différents (rigide et fléxible) permet un bon comportement sismique des piliers.

Au sujet de l'utilisation du rondin d'*al sardāwī* ou du cèdre entre les assises de briques dans la réalisation du pilier de Tunis ou de Fès c'est une technique qui renforce la fonction sismo-résistante de cette structure portante. Ce cas a été observé dans les deux médinas suscitées. Il est probable que, pour ce cas, cette technique ait été rapportée de Tunis vers Fès par la population de *Qay'rawān* qui occupe l'une des deux *'adwāt* de Fès. Alger et Tunis font partie de la régence ottomane et il est fort probable qu'i y ait eu adoption des mêmes

techniques constructives.

Sont observés également sur tout le territoire maghrébin les jambages utilisés pour soutenir les encorbellements qui sont dans une constante flexion dynamique et préviennent les ruptures dues aux oscillations vibratoires verticales.
Le renforcement des ouvertures tel que stipulé par le code parasismique moderne répond également aux mêmes préoccupations préventives. Rien n'a été inventé de nos jours tout a été puisé dans les traditions des modes de construction.

Toutes ces techniques ont été développées dans un contexte local et ont été probablement véhiculées dans tout le territoire maghrébin. Il y a beaucoup de similitudes entre les techniques constructives traditionnelles sismo-résistantes à travers le Maghreb mais aussi dans tout le Bassin méditerranée. L'influence de la construction romaine est encrée dans toute cette région et le Maghreb y a puisé également.

Une spécificité particulière appartenant à une situation locale a été observée à Alger : c'est celle de la technique constructive de l'arc algérois. La technique utilisant le rondin de thuya à la frontière qui sépare la colonne et le départ de l'arc et celle disposée à l'intersection de deux courbes d'arcature (là ou se confondent les résultantes) semblent être une technique parasismique. Ce cas exceptionnel n'a été observé dans aucune technologie ancienne ce qui en fait un détail propre à *Al Djazāir*. Dans son mouvement de roulement, l'arc reste solidaire de sa colonne, ainsi toute l'arcature est préservée. Et les forces horizontales résultantes dans les arcatures sont absorbées par cette série de rondins juxtaposés, qui font qu'aucune déformation majeur n'est observée.

La population d'*Al Djazāir* a, en plus des techniques constructives préventives, adopté un étayement des constructions sensiblement endommagées mais qui ne présentaient pas de danger immédiat. Cet étayement est encore en évidence de nos jours dans les rues de la Casbah et auquel est venu s'ajouter un autre plus récent (durant les vingt dernières années du XXème siècle). C'est un système qui a contribué au renforcement de la stabilité des constructions et a permis à la fonction sismo-résistante de durer.
Toutes ces techniques démontrées et mises en évidence suite à une recherche *in situ* ont une fonction sismo-résistante qui a permis aux constructions traditionnelles des médinas du Maghreb de durer et de traverser le temps malgré les nombreux séismes historiques qui les ont secouées.

Al Djazāir, Fès et Tunis ne sont pas les seules villes à avoir développé des mesures constructives préventives. D'autres pays situés dans les zones sismiquement actives du Bassin Méditerranéen (même aire géographique) tels que la Grèce, l'Italie et la Syrie font partie des premières civilisations antiques à avoir développé ce savoir-faire. Puis de manière empirique, basée sur l'observation des effets des tremblements de terre, ces techniques ont évolué et ont traversé le temps. Aujourd'hui, de récents tremblements de terre sur des sites historiques ottomans ont démontré que les constructions ayant une fonction sismo-résistante se sont bien comportées face à un grand tremblement de terre (Turquie 1999).
Parmi ces mesures, il a été observé la maçonnerie à parements stratifiés et la maçonnerie chaînée avec des rondins de bois.

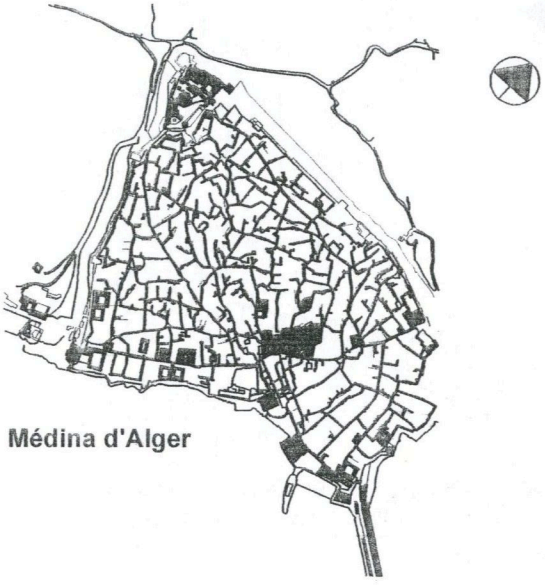
Les maisons de la Casbah d'Alger qui ont été endommagées lors du séisme du 21 mai 2003 sont celles dont l'état de vétusté était très avancé et dû principalement au manque d'entretien, constat établi en 1980 lors du lancement du projet de « la revalorisation de la Casbah d'Alger ». Cet état n'a pas été pris en charge depuis, puisque les dommages signalés en 2003 se localisent exactement sur les constructions présentant une telle vétusté
Il a été constaté, suite à l'analyse des résultats du bilan des dommages de 2003, que les maisons dont l'état de vétusté était important en 1980 sont celles-là même qui ont été fortement endommagées et probablement menacent ruine aujourd'hui. Concernant celles qui présentaient jusqu'alors un état de vétusté modéré, le tremblement de terre a eu pour effet d'accroître leur vulnérabilité. Les maisons restées intactes sont celles qui initialement étaient en bon état et probablement celles dont le système constructif a été adopté lors de la reconstruction après le séisme de 1716. Cet état bénéficie d'une part de la bonne conservation du bâti et d'autre part est dû à leur constant entretien. De ce fait la vulnérabilité de la majeure partie des constructions de la Casbah est dû au peu -voir à l'absence- d'entretien qui doit être réalisé régulièrement et non à cause des sévices du temps.

La médina de Fès présente également un état de vétusté assez important. Beaucoup de maisons aujourd'hui menacent ruine et une grande partie d'entre elles est étayée depuis quelques années. Bien que cette médina n'ait plus enregistré de séisme fort depuis 1867, il n'en demeure pas moins qu'un tremblement de terre futur puisse engendrer des destructions conséquentes. Ne dit- on pas que là ou la terre a tremblé, elle tremblera encore?

En l'état actuel des choses, Tunis semble être bien entretenue, toutes les constructions de la médina sont badigeonnées et ne laissent entrevoir à l'oeil nu aucun signe de dégradations.

C'est une médina qui a bénéficié d'un plan de sauvegarde dont plusieurs opérations de réhabilitation et restauration ont été exécutées (quartier Hafsia et Oukalas). De plus, elle a une sismicité modérée bien qu'elle fût secouée dans le passé par de forts séismes.

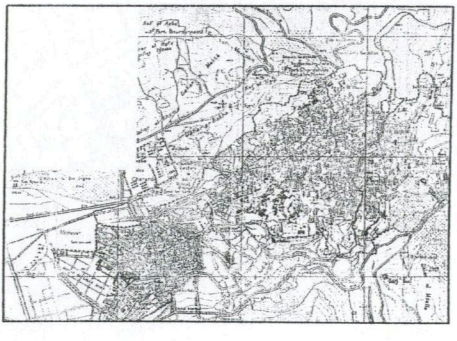
Il serait donc souhaitable que ce système constructif traditionnel sismo-résistant qui a contribué au bon comportement sismique de ces médinas durant les différents séismes historiques puissent être de nos jours récupéré. Les techniques traditionnelles préventives ont prouvé leurs efficacités sur d'autres sites dans le bassin méditerranéen lors des séismes qui ont eu lieu à la fin du XXème siècle. La récupération des techniques mises en évidence à Alger, Tunis et Fès pourrait être adaptée, d'une part au travers d'une utilisation innovatrice dans les techniques constructives modernes et apporterait d'autre part sa contribution dans la réduction du risque sismique. L'utilisation de ces techniques lors des opérations de restauration et d'entretien du patrimoine mineur et majeur permettrait également à ces centres historiques d'avoir un bon comportement sismique.



Médina d'Alger



Médina de Tunis



Médina de Fès

Plan 2.3.1- Plans des trois médinas du Maghreb Alger, Fès et Tunis (d'après plan avant 1830 anonyme, Raymond 1985 et Le Tourneau 1938)



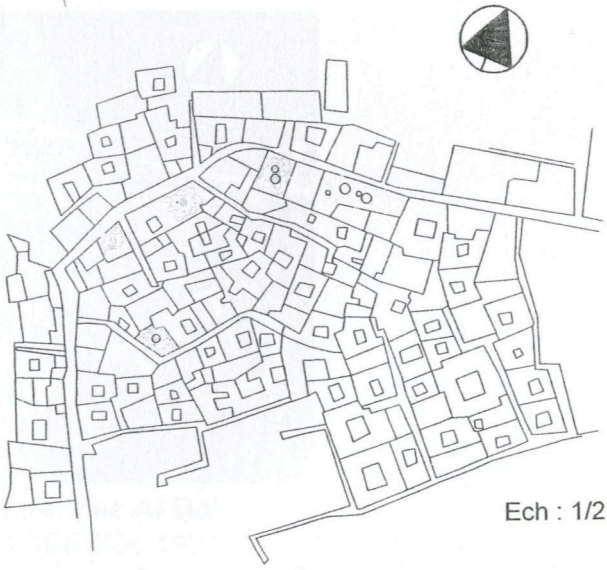
Ech : 1/500

Ilot Sidi Driss Hamidouche (Casbah d'Alger)
(d'après Atelier Casbah 1980)



Ilot de la Kasba (Casbah de Tunis)
(d'après ASM 1968)

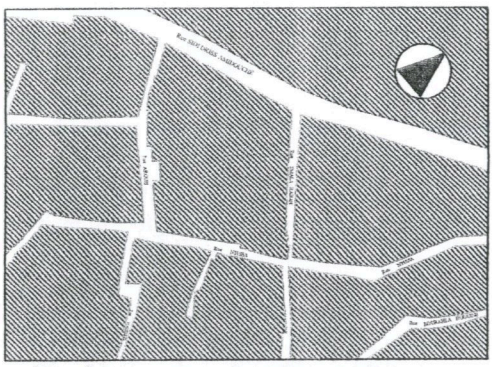
Ech : 1/1000



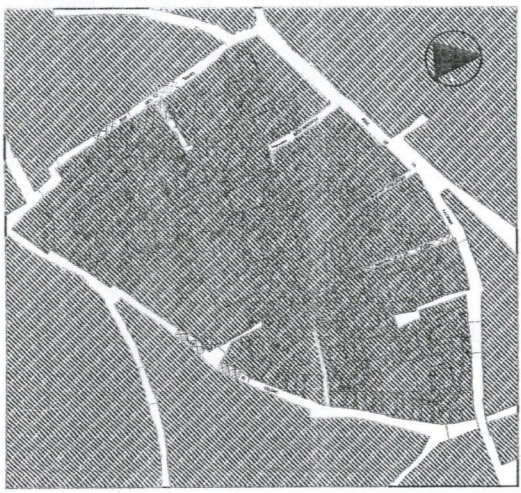
Ilot quartier Blida (Fès Al Bali)
(d'après ADER Fès 1976)

Ech : 1/250

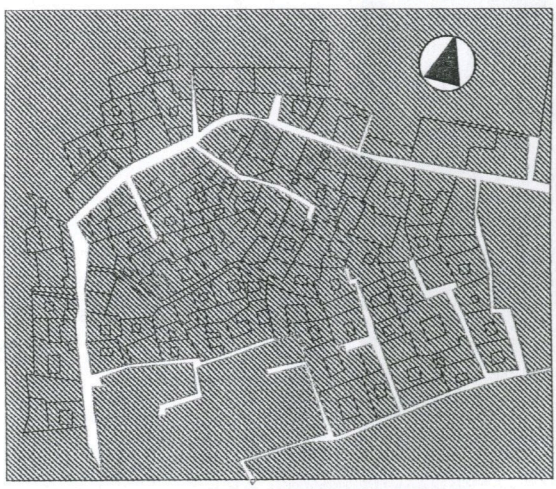
Plan 2.3.2- Ilots d'Alger, Fès et Tunis



Quartier Sidi Driss Hamidouche Casbah d'Alger
(Sur fond Atelier Casbah 1980).

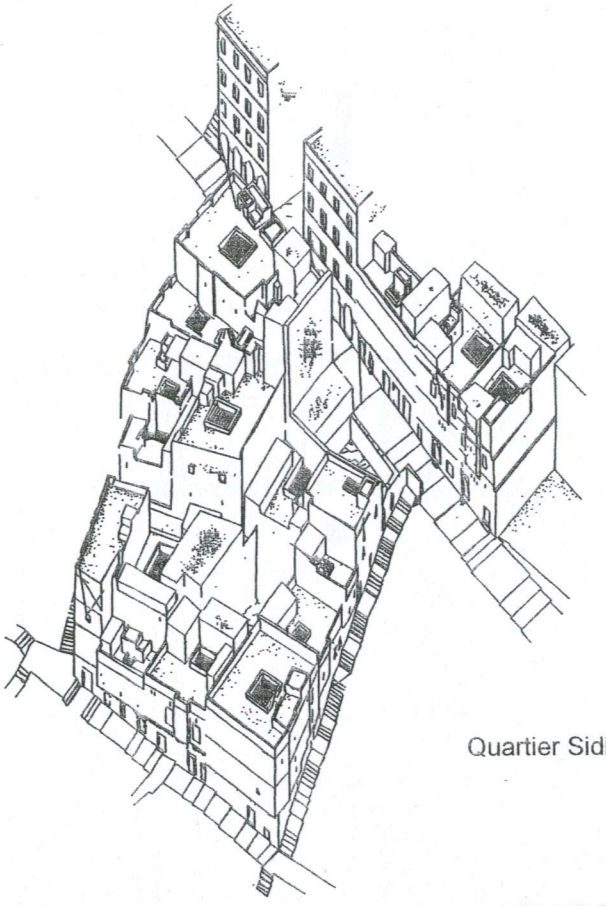


Quartiers de la Kasba , Casbah de Tunis
(Sur Fond ASM 1968)

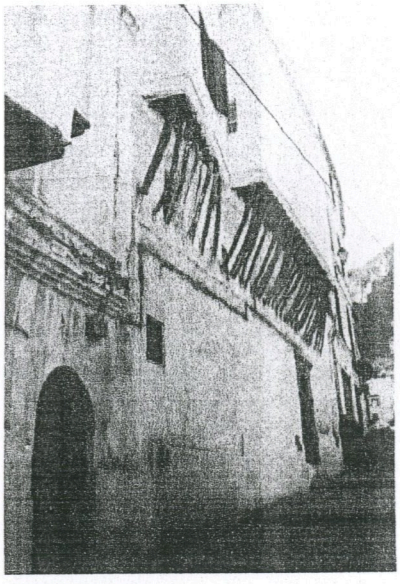


Quartier Blida, Fès Al Bali
(Sur fond ADER Fès 1976)

Fig 2.3.5- Ilots découpés en petits blocs dynamiques



Quartier Sidi Driss Hamidouche Alger



Vue nord-ouest sur l'îlot à partir du bas de la rue
(Photo Lounis et Amara)

Fig 2.3.6- Restitution volumétrique du bloc (d'après Atelier Casbah 1980).

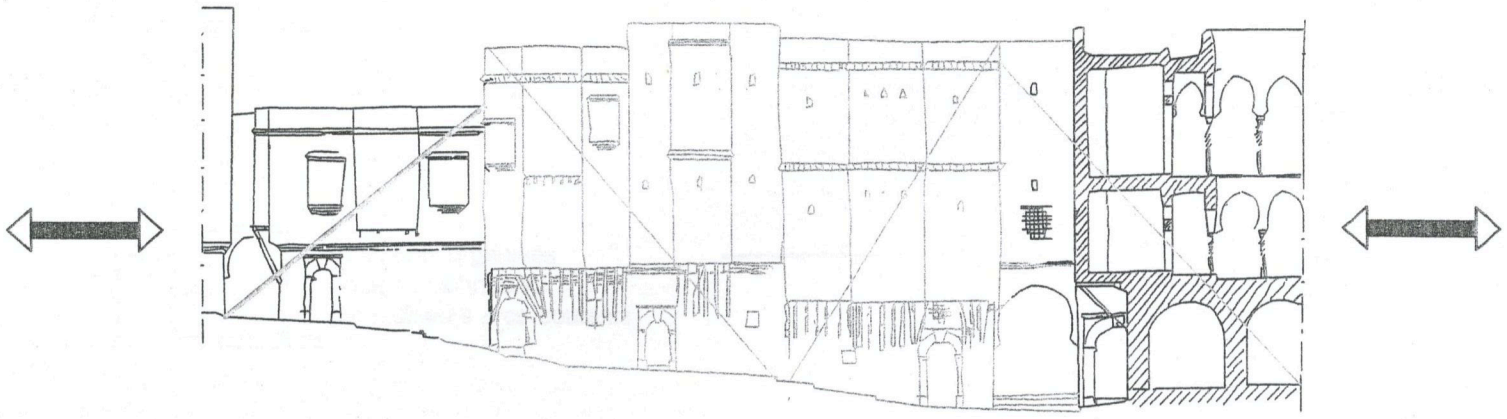


Fig 2.3.7- Stabilité des bâtiments et contreventement par adossement des constructions

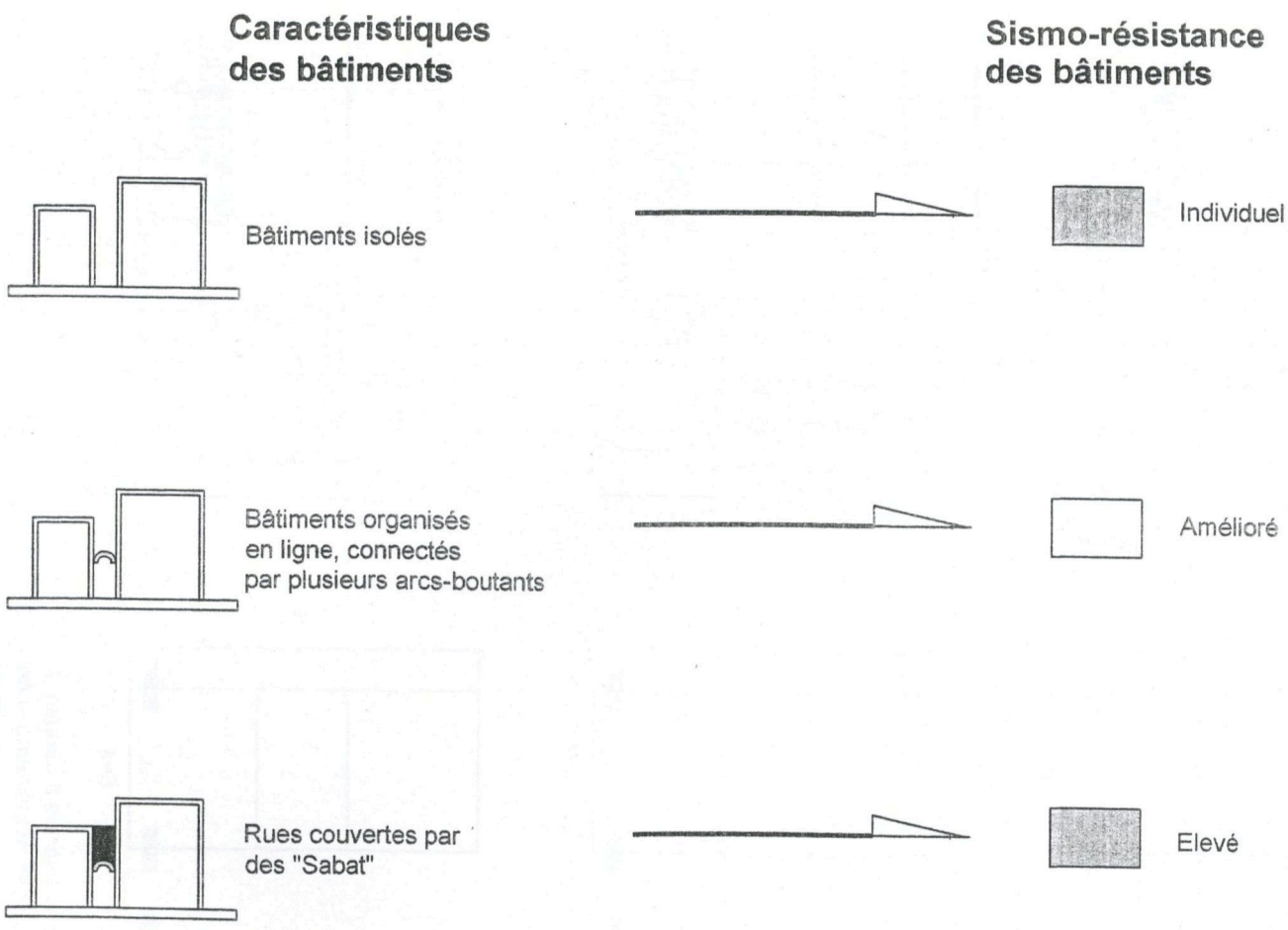
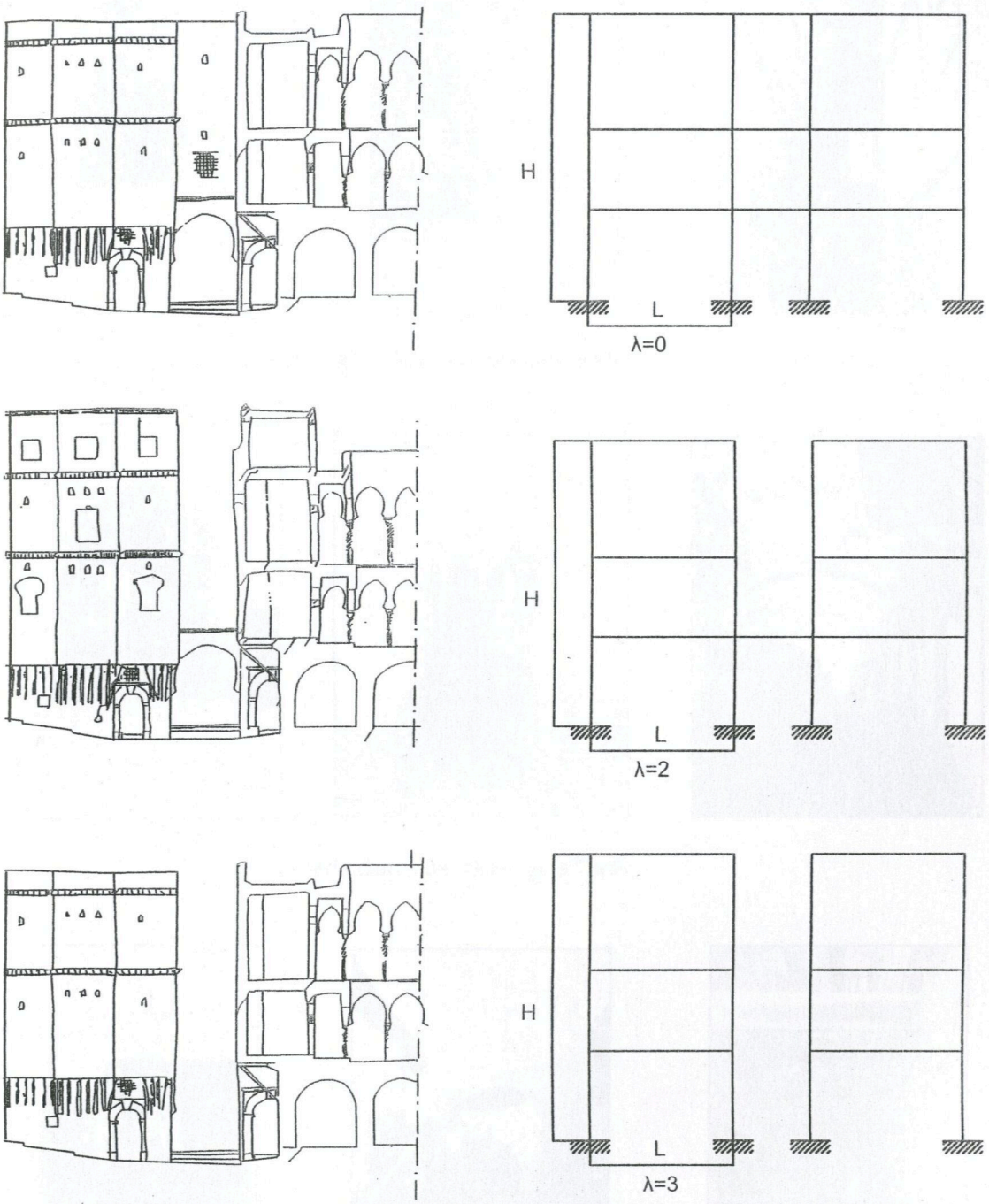


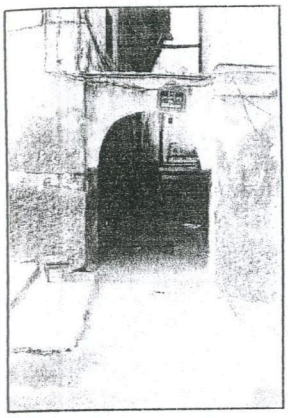
Fig 2.3.8- Morphologie urbaine et sismo-résistance

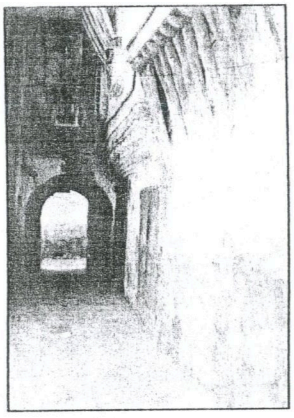


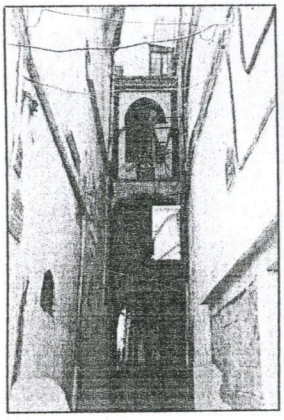
λ: hauteur d'élongation de la structure non contreventée par les éléments exernes (sabats et arcs de décharges)

Fig 2.3.9- Comportement de la structure urbaine avec les sabats et les arcs de décharge

Alger

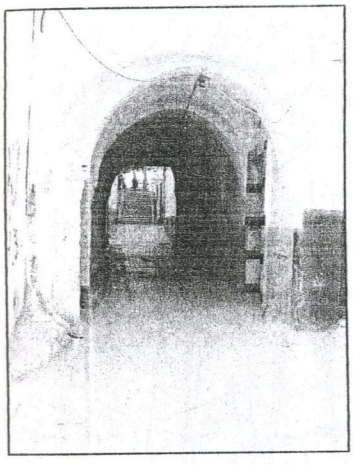


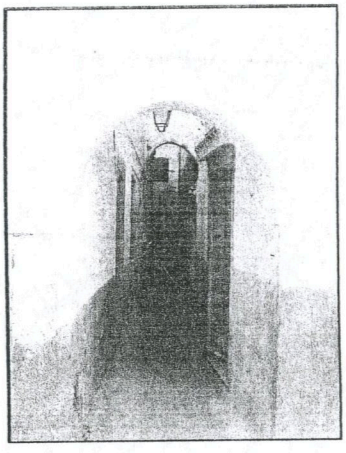




Arcs de décharge et sabat à Alger

Tunis

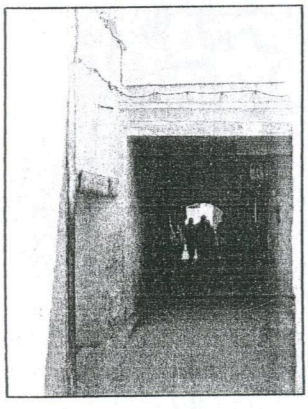




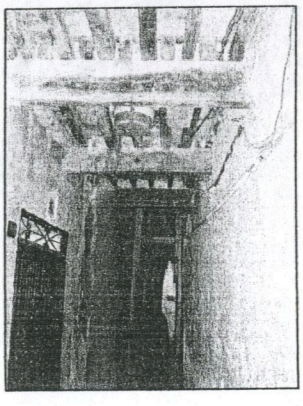


Série d'arcs de décharge à Tunis

Fès







Arcs de décharge et sabat à Fès

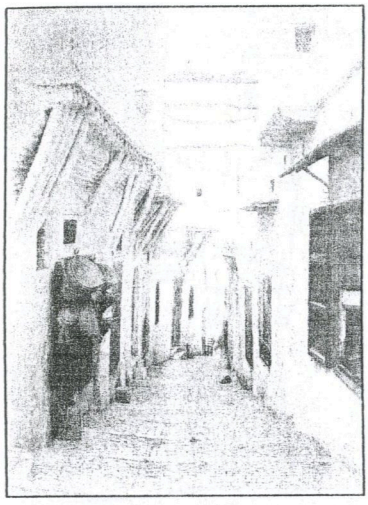
Fig 2.3.10- Types de sabats et arcs de décharge dans les trois médinas



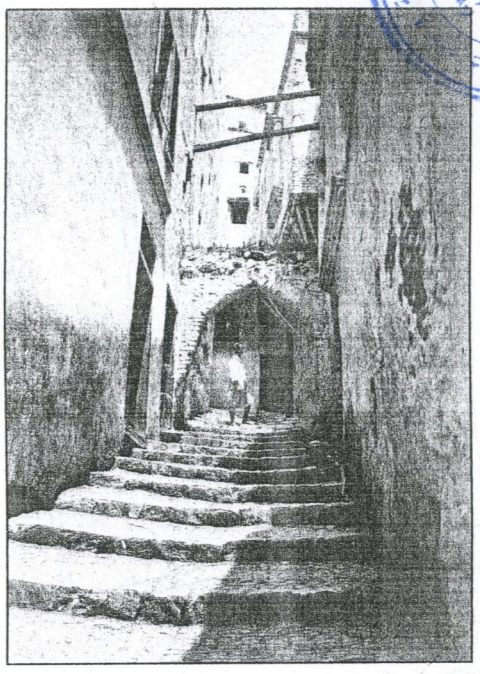
Carte 2.3.**2** - **Restitution topographique des derbs (portes de quartiers) et des sabats (passages couverts).**

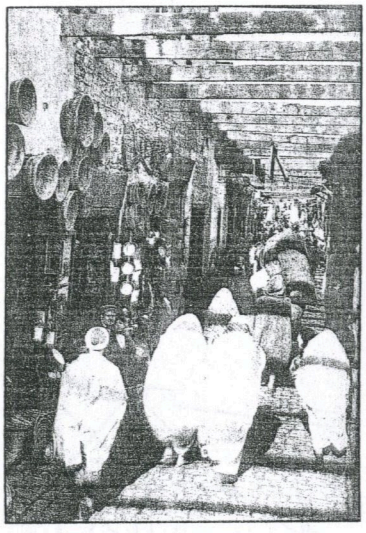


Carte 2.3.3 - **Découpage des îlots contreventés par les derbs (portes de quartiers) et les sabats (passages couverts).**

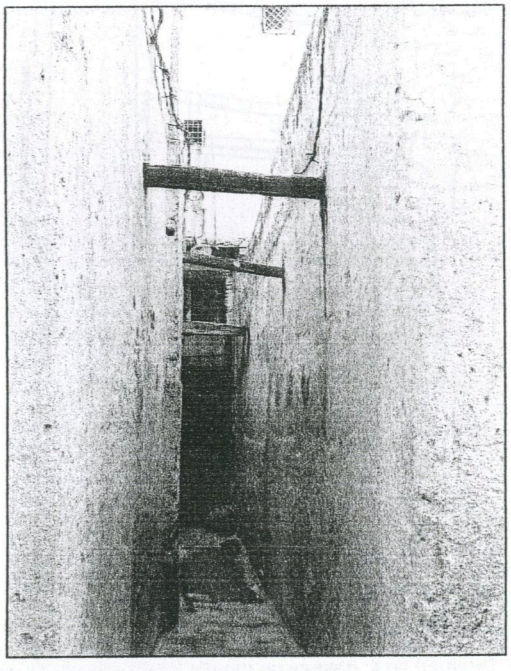


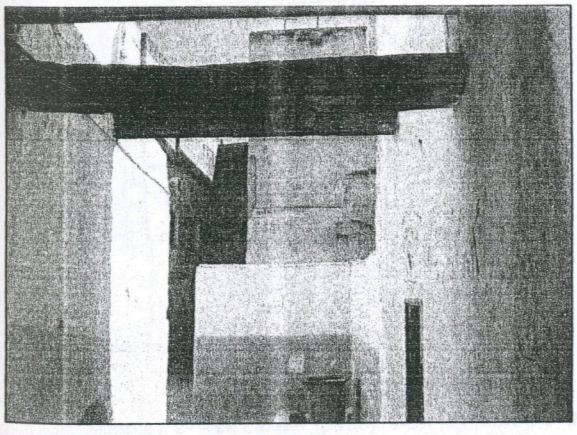
Anciens étais à Alger (D'après Messikh 2000).





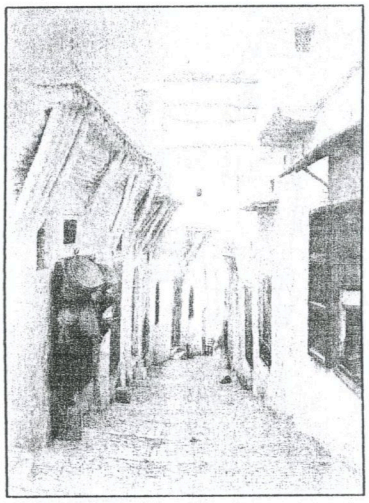
Anciens étais à Tunis, souk al Grana
(D'après Messikh 2000)



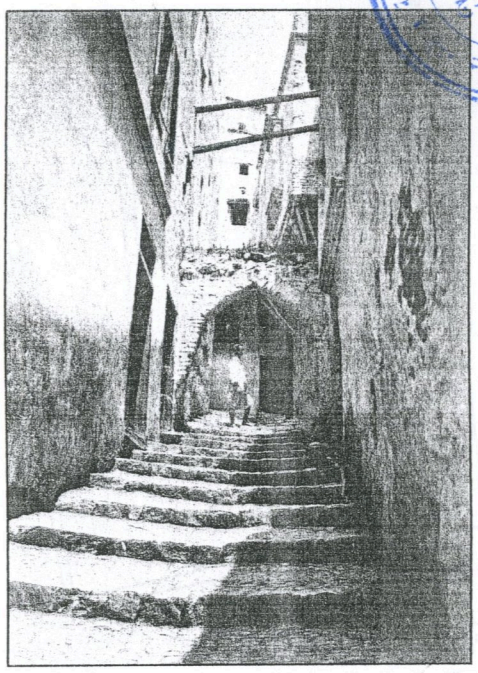


Les étais de la médina de Fès.

Fig 2.3.13- Les étaiements traditionnels utilisés dans les médinas du Maghreb

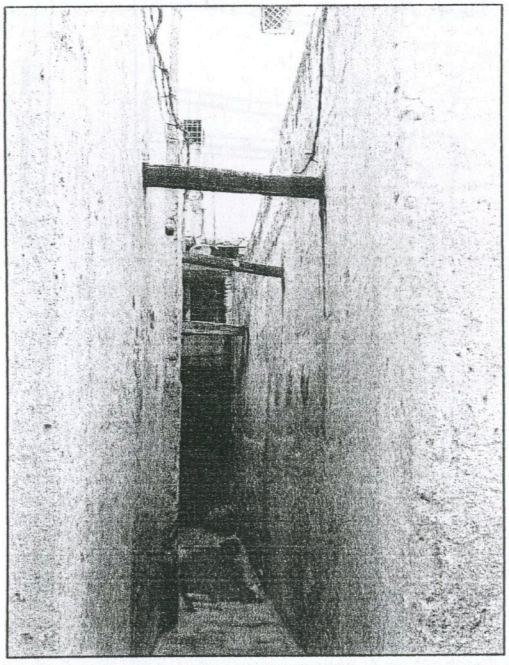


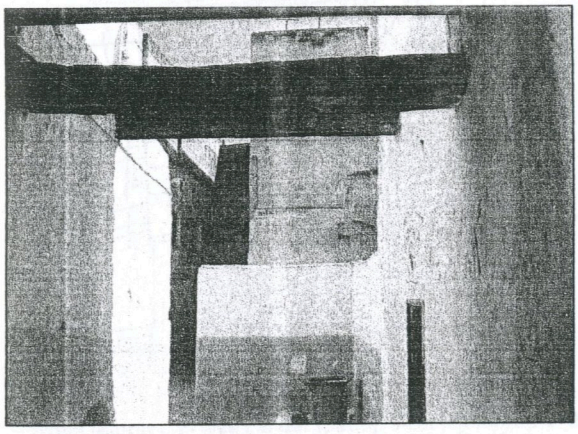
Anciens étais à Alger (D'après Messikh 2000).





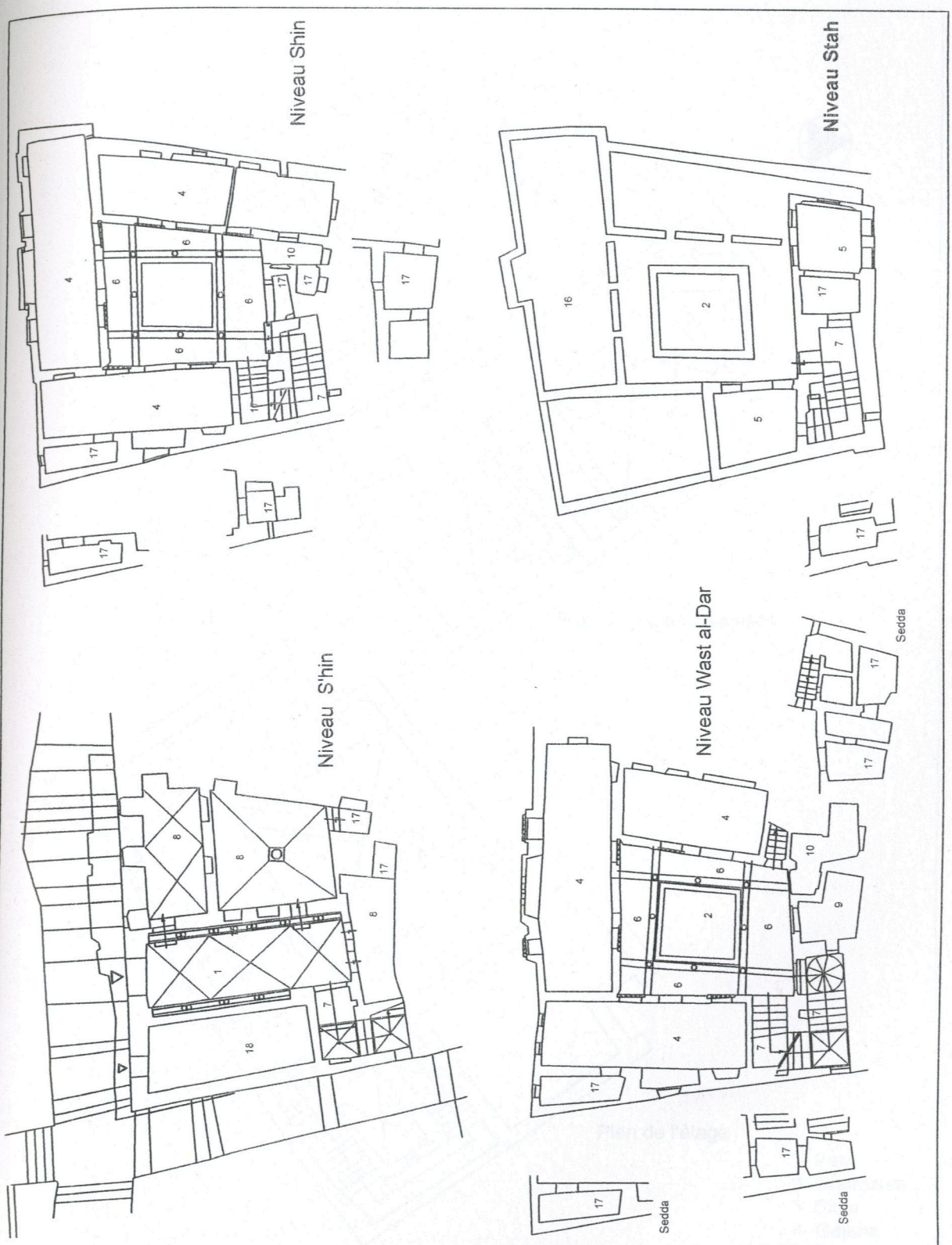
Anciens étais à Tunis, souk al Grana
(D'après Messikh 2000)





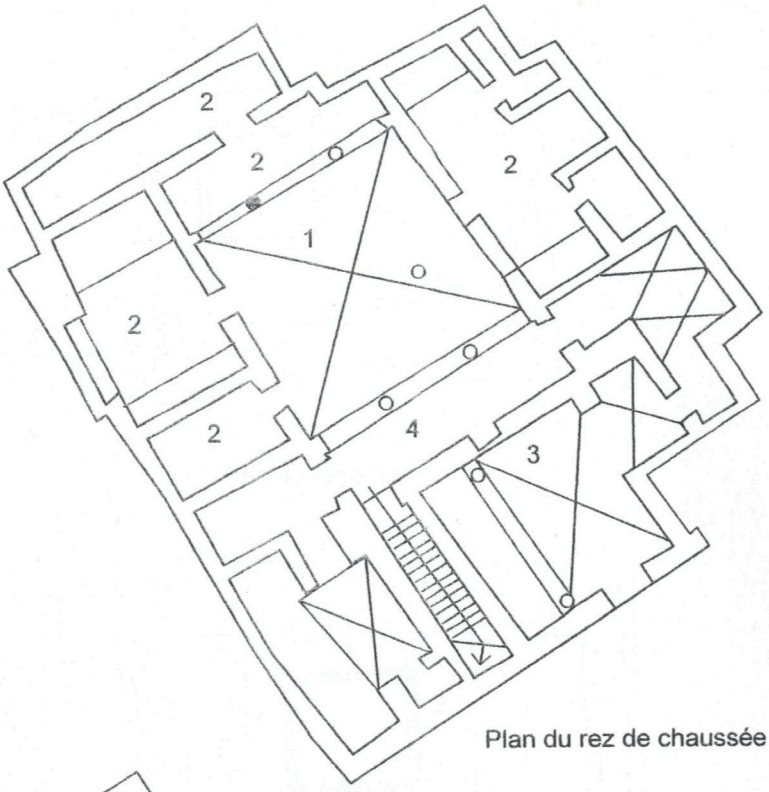
Les étais de la médina de Fès.

Fig 2.3.13- Les étaiements traditionnels utilisés dans les médinas du Maghreb

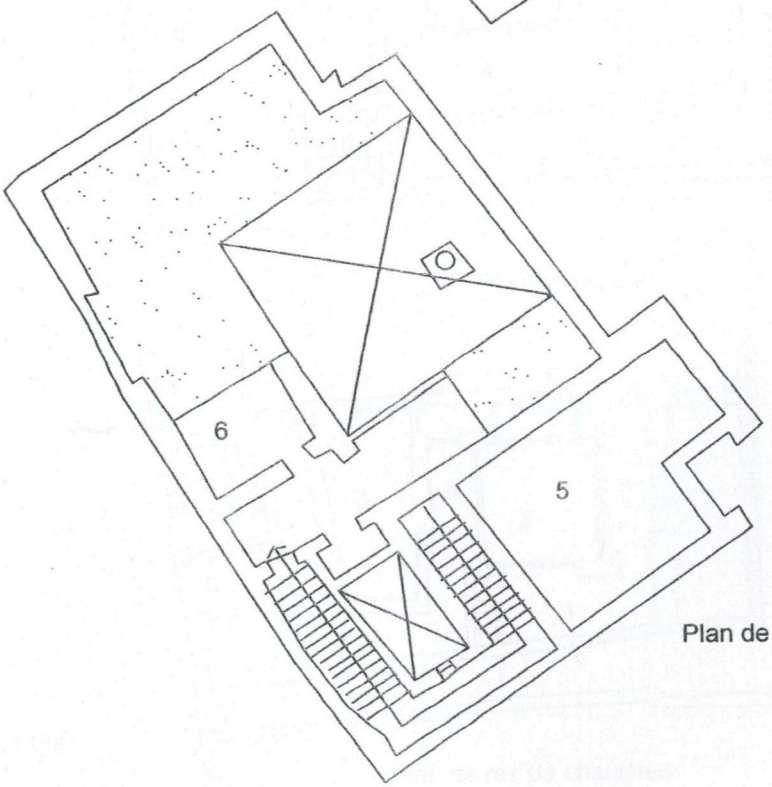


1- S'qifa (entrée). 2- was't al dar (patio). 3-Bit (cjambre). 4- Bit al q'bu (chambre à encorbellement). 5- Ghurfa (chambre). 6- S'hin (galerie). 7- Druj (escaliers). 8- Makh'zan (magazin). 9- Mat'bakh (cuisine). 10- Bit al ma' (latrines). 15- Dukkana (banc en maçonnerie). 16- S'tah (terrasse). 17- Sedda (demi niveau ou espace à mi hauteur). 18- Hanut (boutique).

Plan 2.3.3 - Typologie des maisons d'Alger (Missoum 2003)



Plan du rez de chaussée

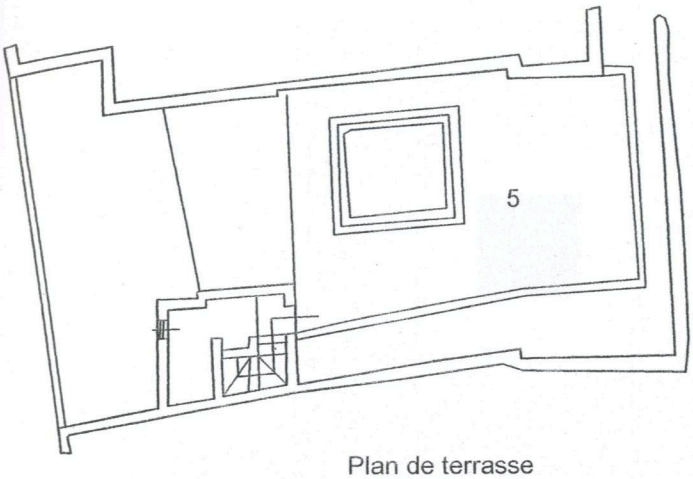


Plan de l'étage

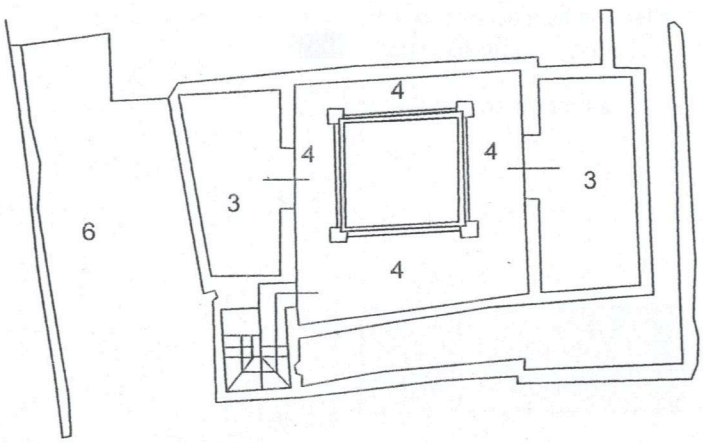
1- Patio
2- Chambres
3- Skifa
4- Galerie
5- Minzah
6- Terrasse

Ech: 1/100

Plan 2.3.4- Typologie des maisons de Tunis

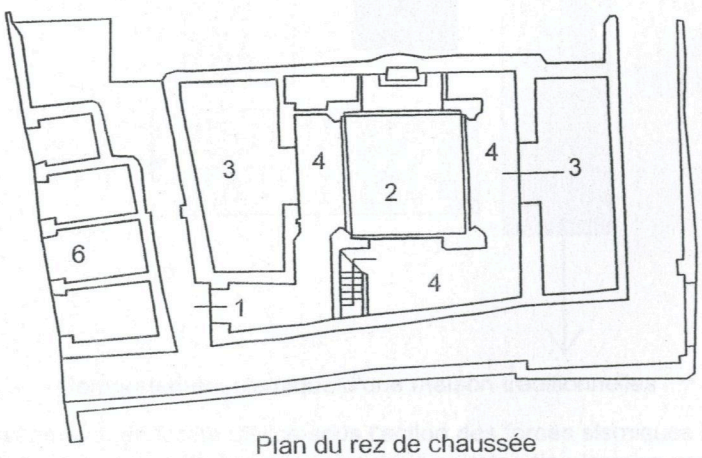


Plan de terrasse



1- Entrée
2- Patio
3- Chambres
4- Galeries
5- Terrasse
6- Mass'rya

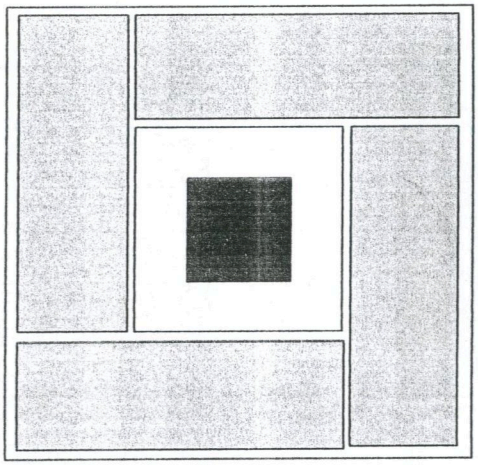
Plan de l'étage



Ech 1/200

Plan du rez de chaussée

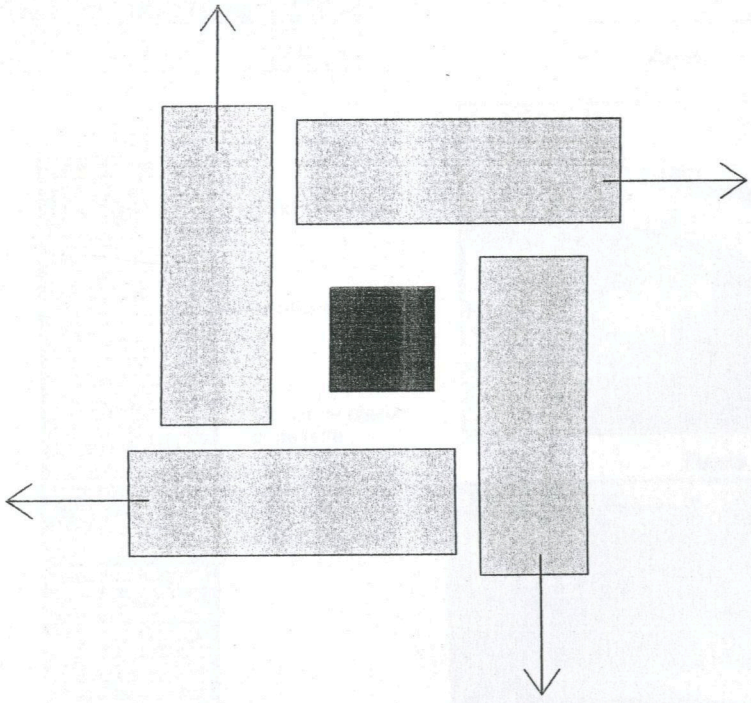
Plan 2.3.5- Typologie des maisons mérinide de Fès (d'après M.Maslow in Revault 2003)



Différents blocs (espaces d'une maison traditionnelle)

Cour intérieure (patio)

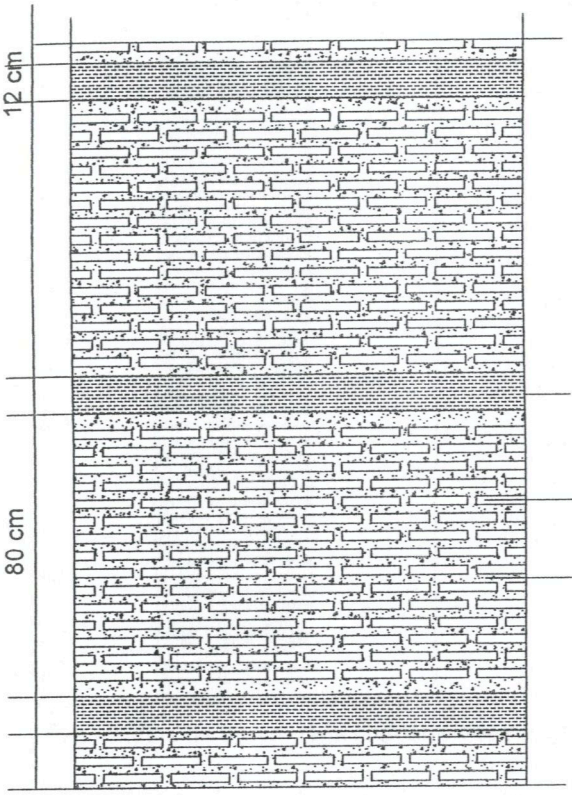
Galleries périfériques

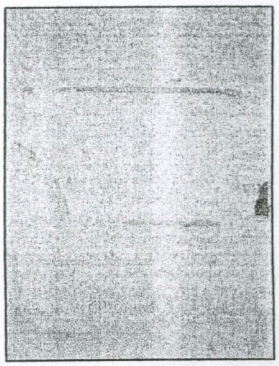


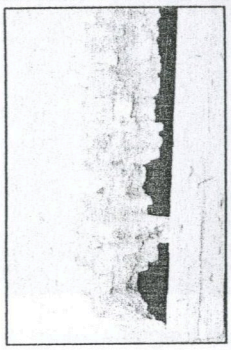
Comportement sismique d'une maison traditionnelles

Les dépalcements en forme d'élice sous l'action des forces sismiques horizontales, provoquent la rupture des différentes parties de la construction lorsque celle ci est isolée.

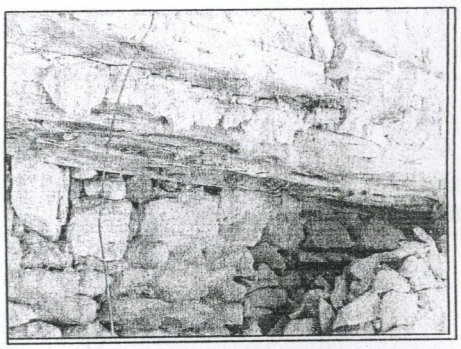
Fig 2.3.14- Vulnérabilité des maisons traditionnelles isolées (cas des maisons du fahs).



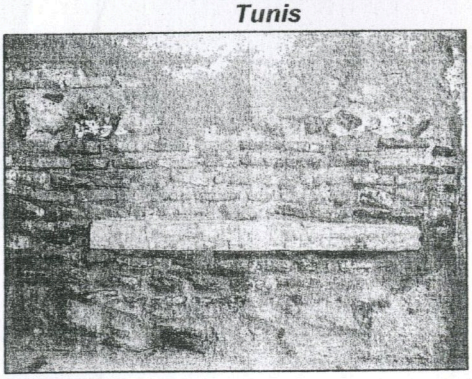




Alger



Tunis



Fès

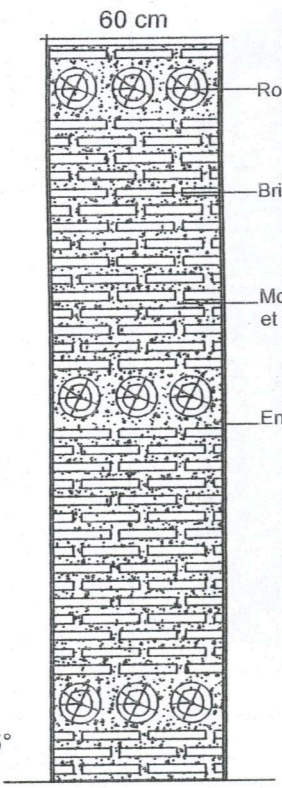
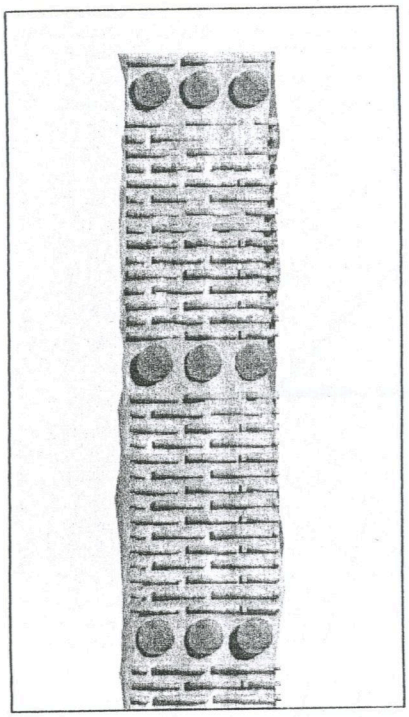
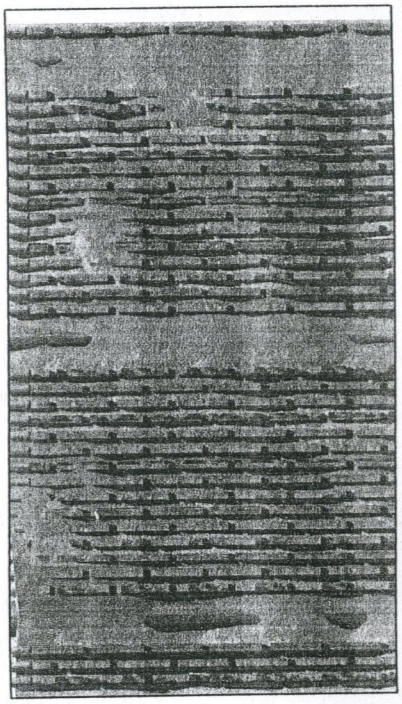
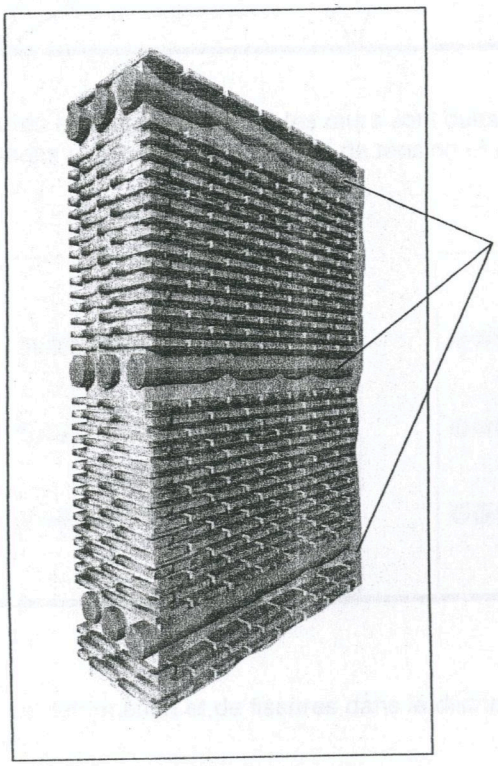


Fig 2.3.15- Typologie constructive d'une paroie murale en maçonnerie chaînée avec du bois



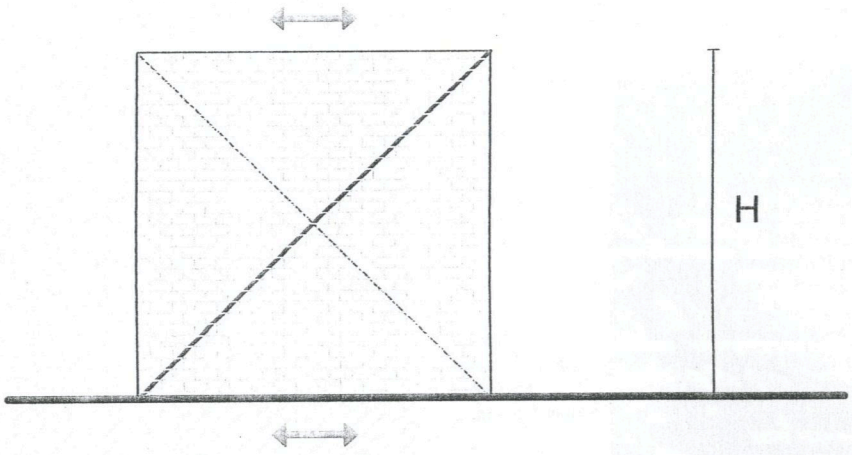


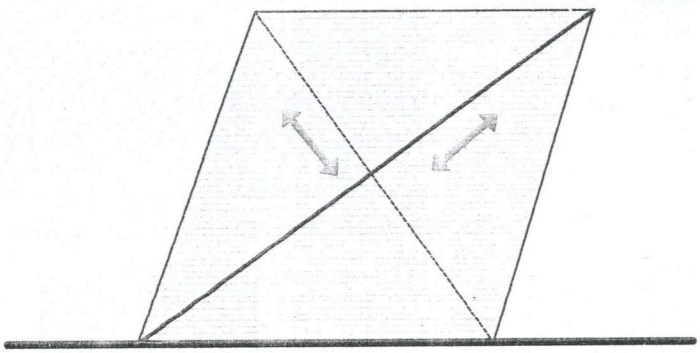
Trois rondins de thuya dans chacune des rangées. Ils couvrent toute la largeur du mur.



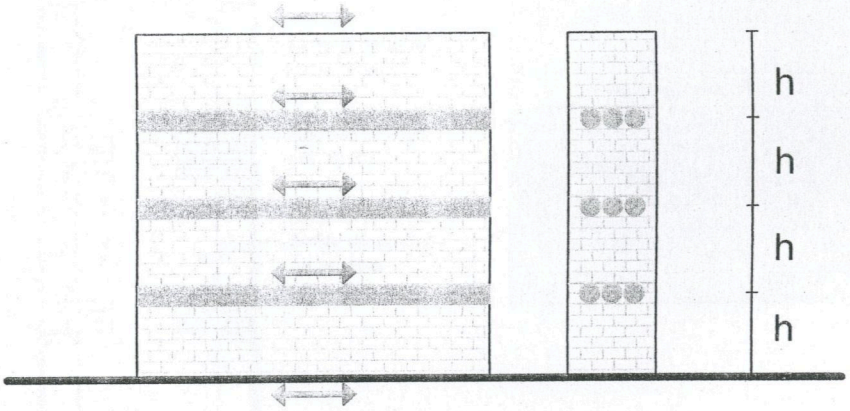
Supperposition régulière de rondins de thuya dans la maçonnerie

Fig 2.3.16- Restitution des murs porteurs à stratification régulière. Lits de briques et rondin de bois.



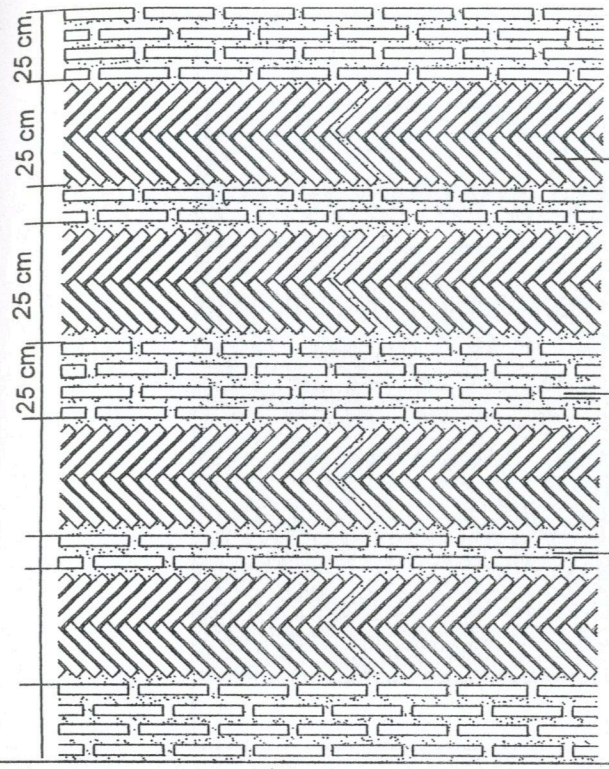


Les fissures en diagonales dans les murs sont dues aux déformations exercées par les forces de tension et de compression



Pas de déformation et de fissures dans la distribution des strates

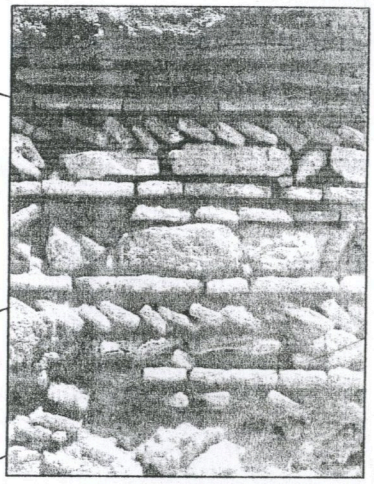
Fig 2.3.18- Comportement sismique de la paroie murale en maçonnerie chainée avec du bois



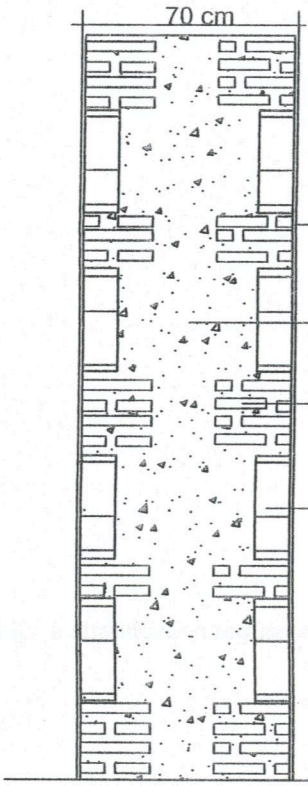
Opus spicatum

Lit de briques ou de moellons quadrangulaires

Mortier de terre et de chaux



Alger

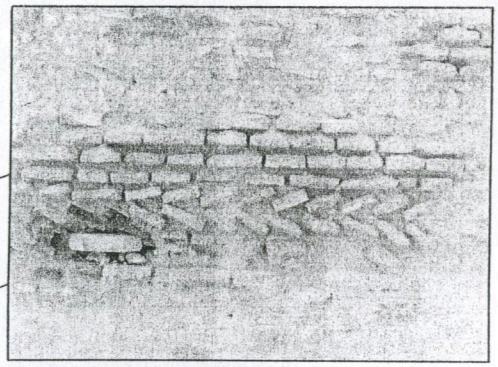


Enduit de ciment

Mortier de terre et de chaux

Briques posées sur chant

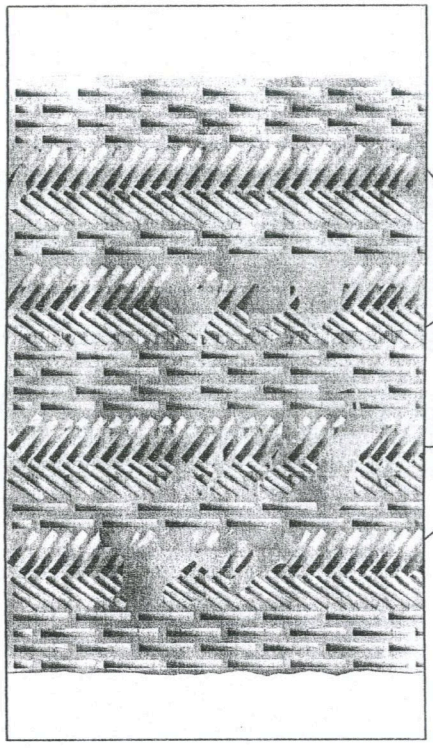
Briques posées en arrête de poisson ou en épis



Ech 1/25°

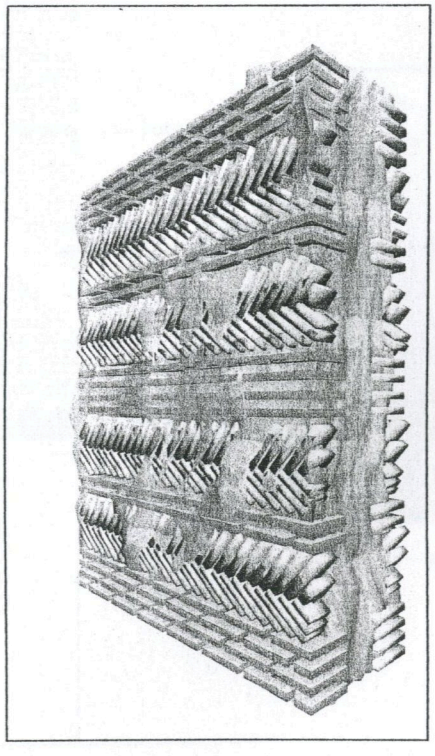
Fès

Fig 2.3.19- Typologie constructive d'une paroie murale en maçonnerie à stratification régulière réalisée par des lits de briques horizontales disposés sur des briques à 45°.



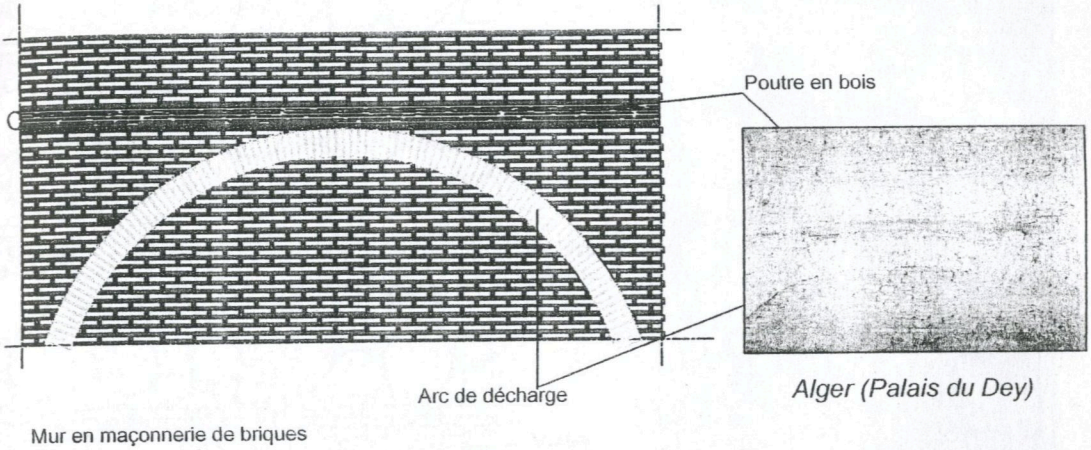
Lits de briques sur champ

Briques disposées en opus spicatum (en épis ou arrête de poisson).



Mur à stratification régulière

Fig 2.3.20- Restitution des murs porteurs à stratification régulière
Lits de briques sur champs et briques à 45° *(opus spicatum)*



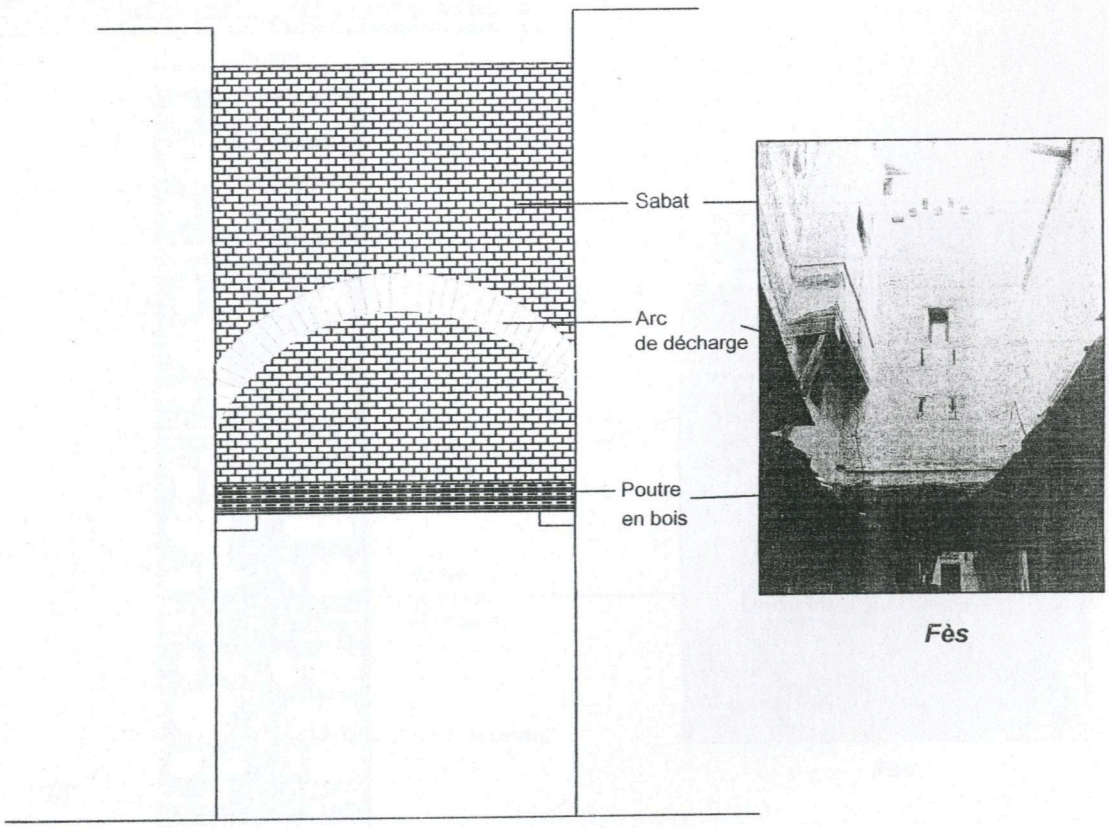


Fig 2.3.21- Typologie constructive d'une paroie murale en maçonnerie chainée avec un arc de décharge

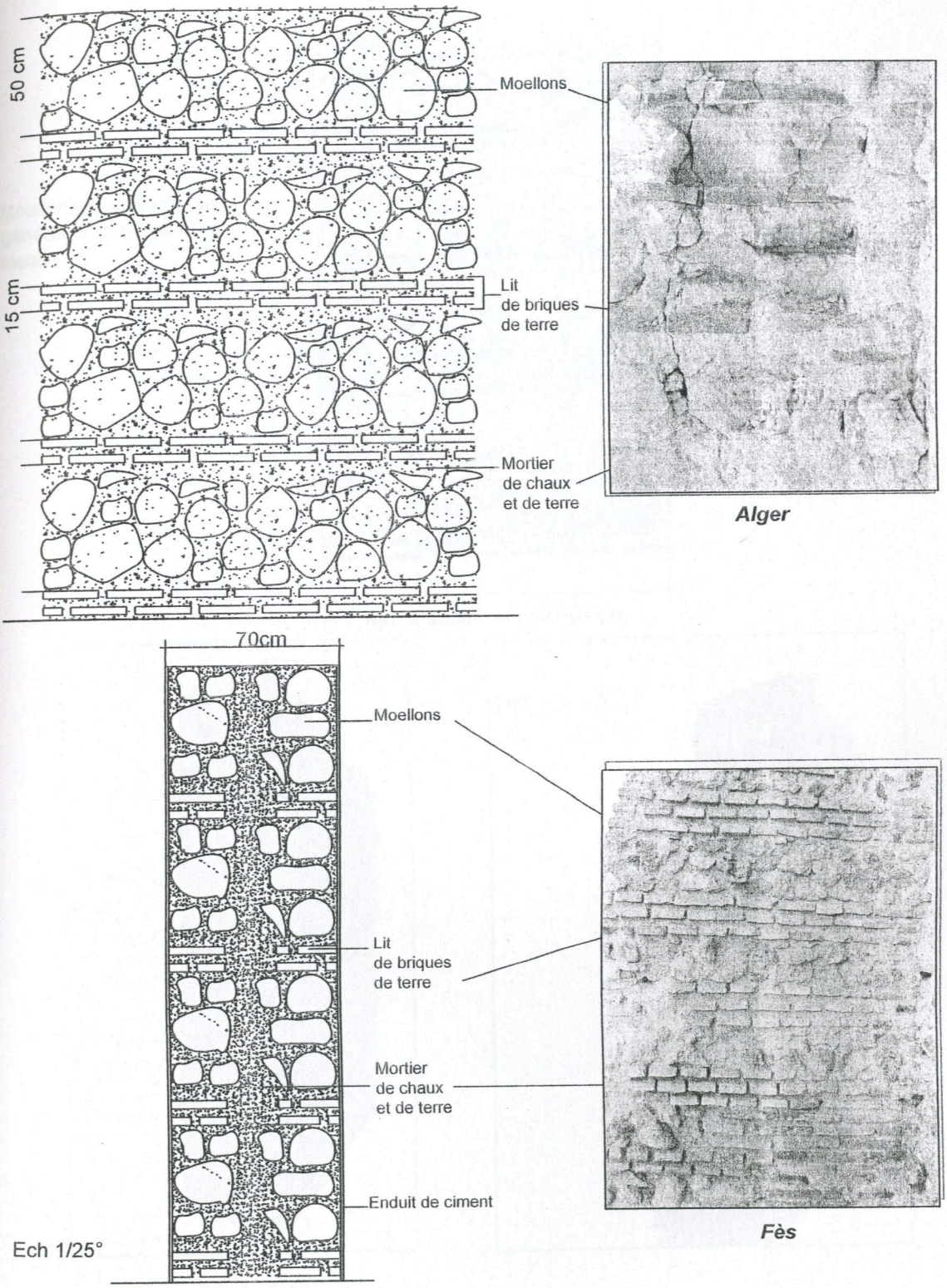
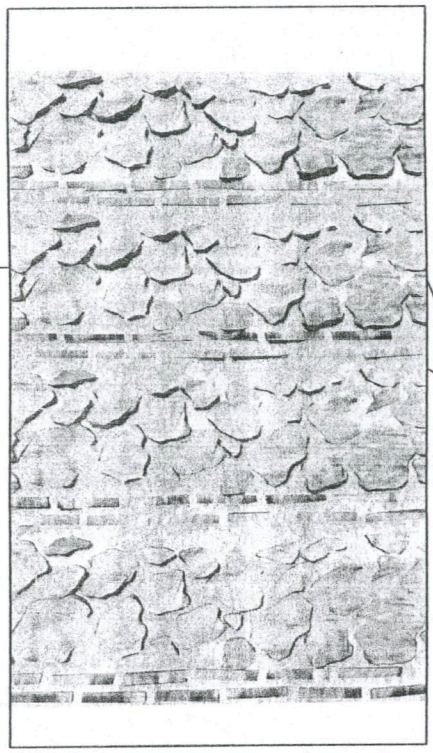


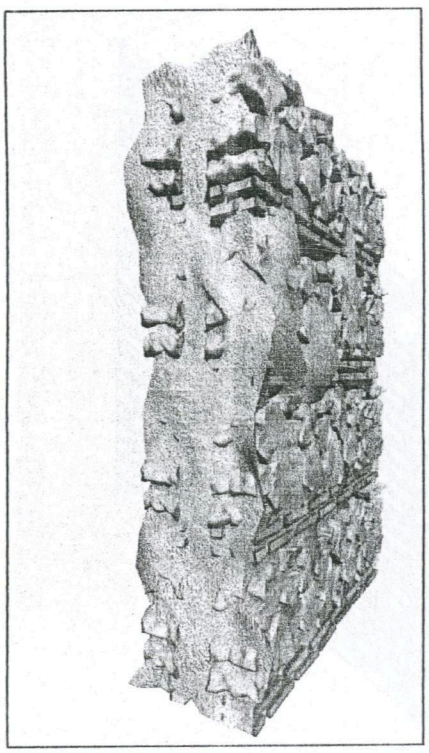
Fig 2.3.22- Typologie constructive d'une paroie murale en maçonnerie à stratification régulière réalisée par des moellons de pierres et des lits de briques de terre (*opus mixtum*).



Moellons de pierres (en général en tuffe ou en pierre bleue).

Lits de briques de terre

Mur à stratification régulière.



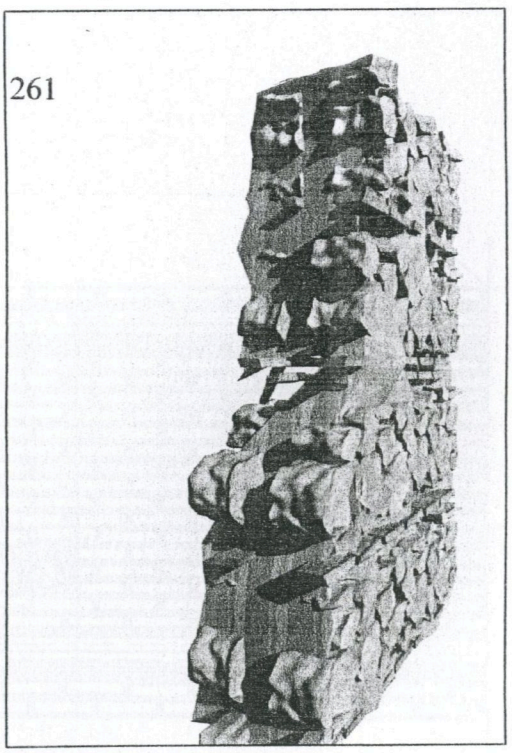
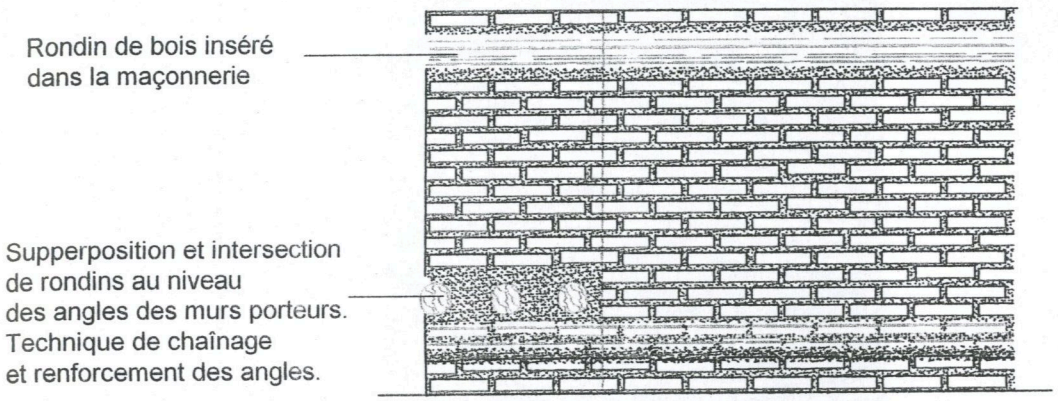


Fig 2.3.23- Restitution des murs porteurs à stratification régulière Lits de briques et pierres *(opus mixtum)*



Ech : 1/25

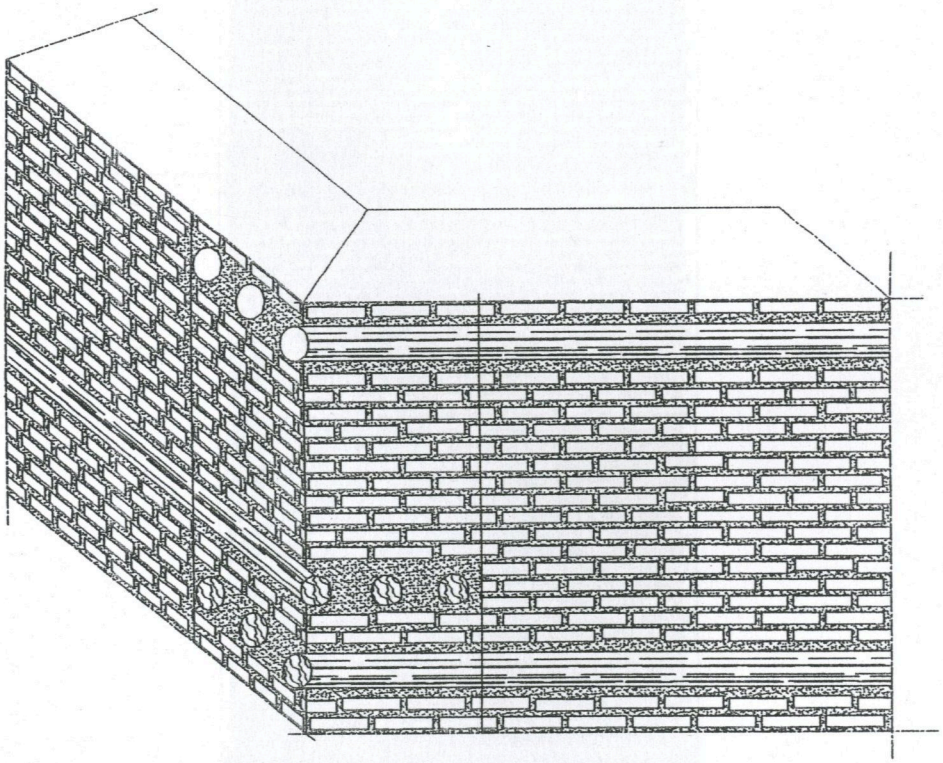
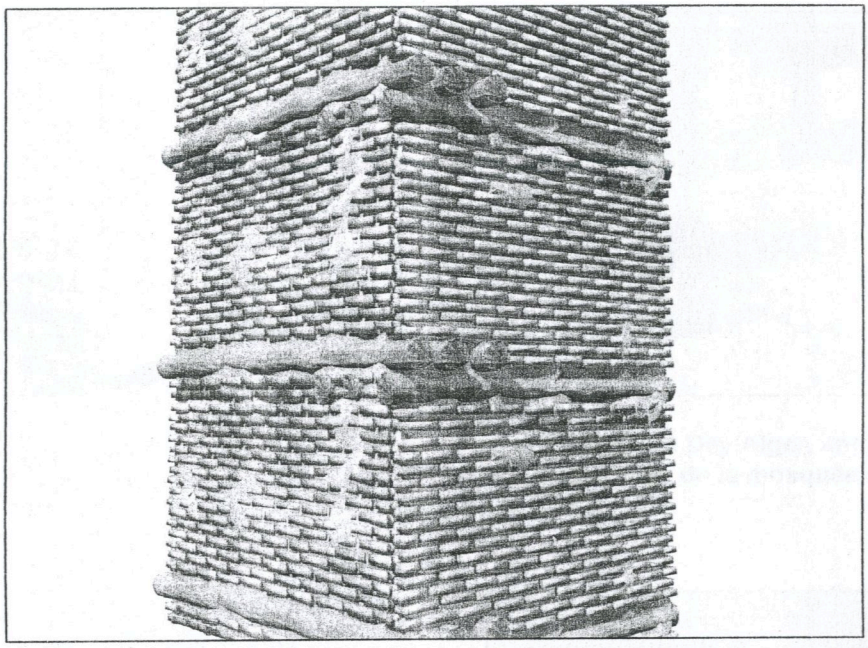


Fig 2.3.27- Chaînage des angles



Supperposition des rondins au niveau du croisement des murs perpendiculaires

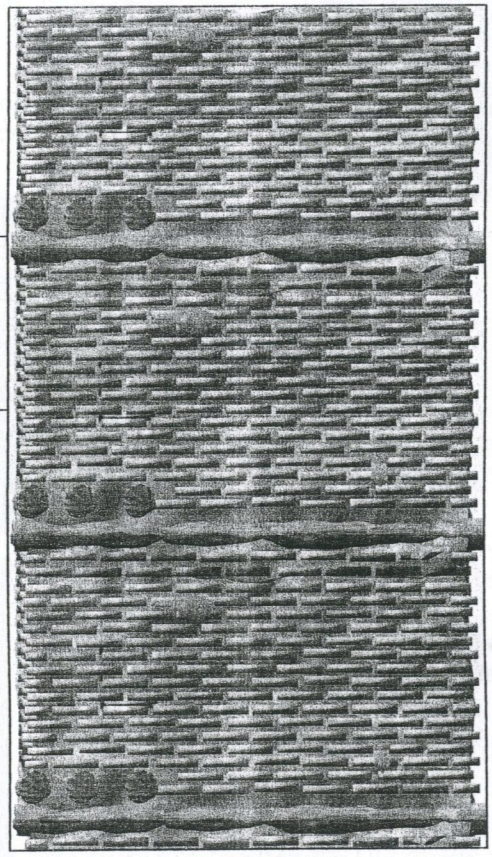
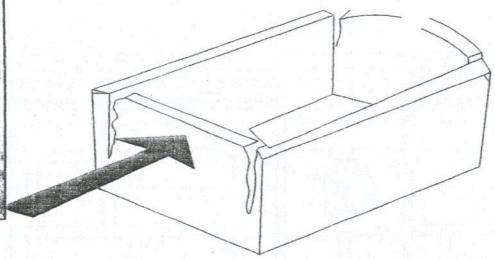
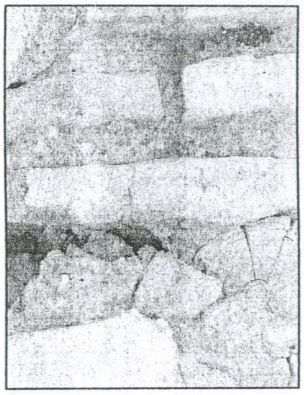


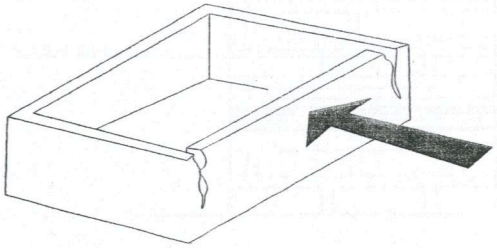
Fig 2.3.28- Restitution d'un chainâge d'angle avec des rondins de thuya



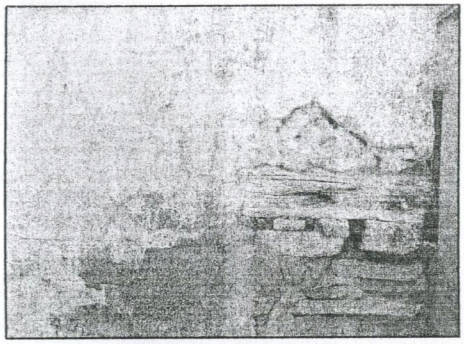


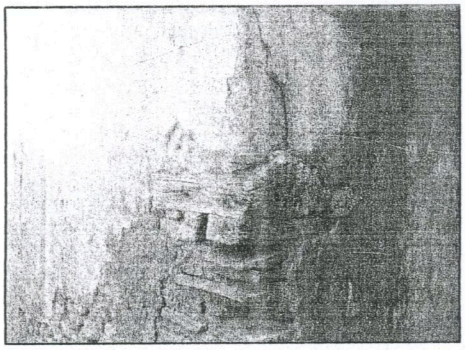


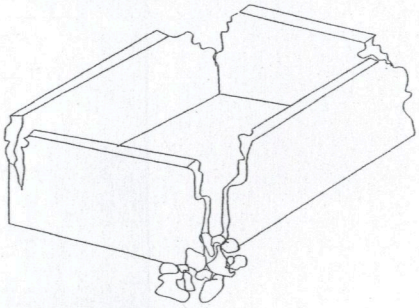
Palais du Dey Alger, angle du
lanterneau de la mosquée du Dey



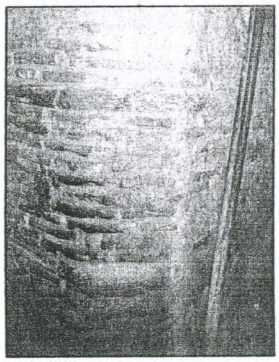
Déformation des angles exercée par
la force sismique horizontale





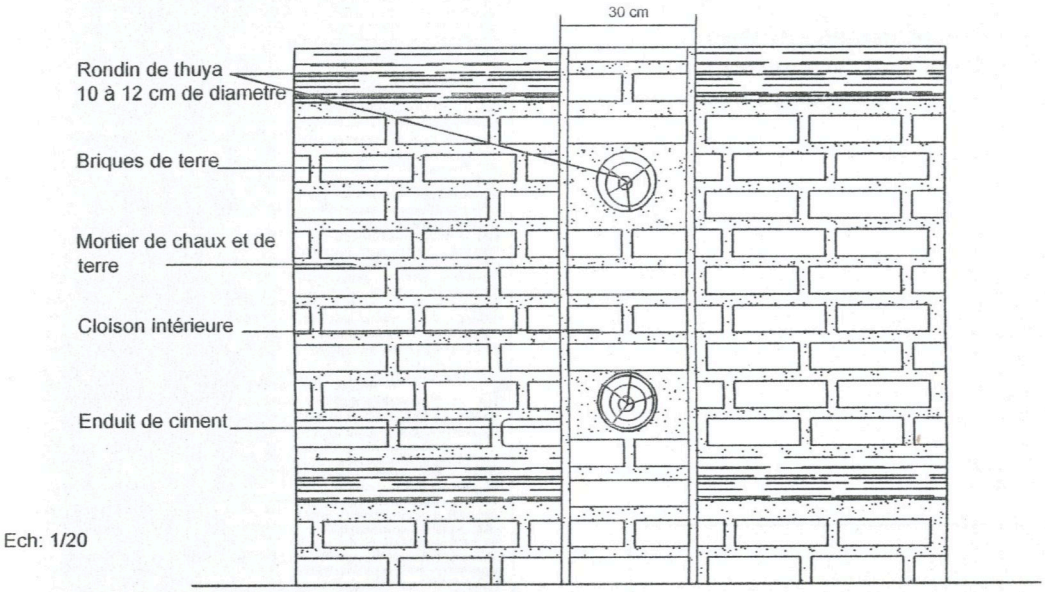


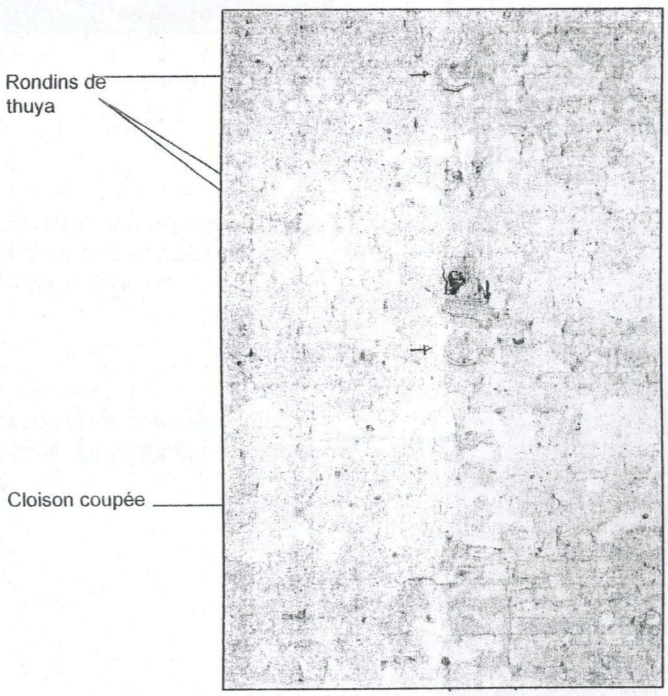
Rupture des angles non chainées causée
par la force exercée par les sollicitations sismiques



Rue de Fès, quartier Blida

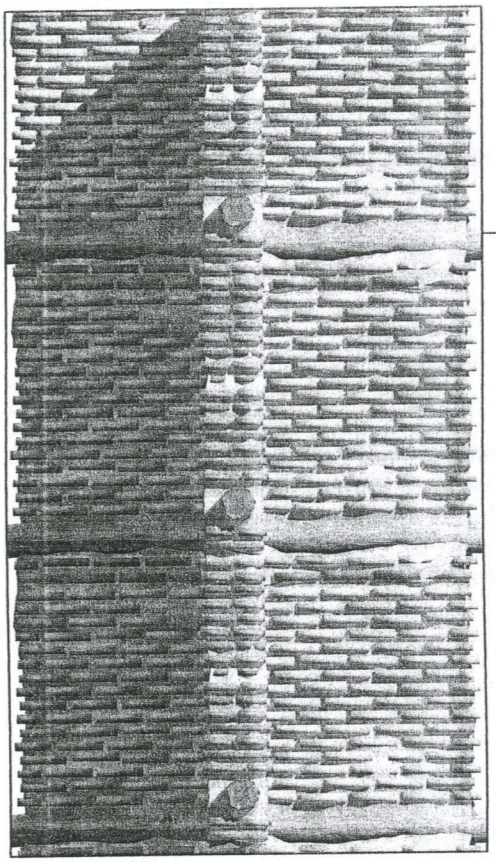
Fig 2.3.29- Vulnérabilité des angles et technique de leur chaînage



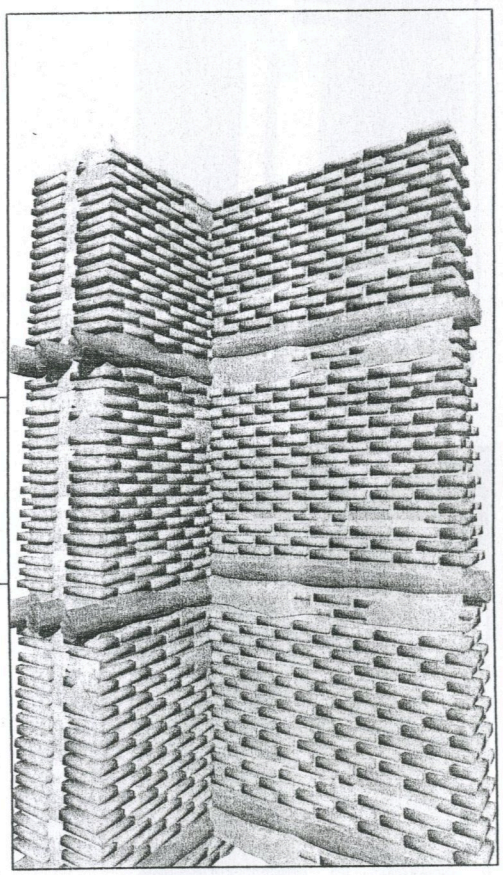


Alger (Palais du Dey)

Fig 2.3.31- Chaînage des cloisons aux murs porteurs



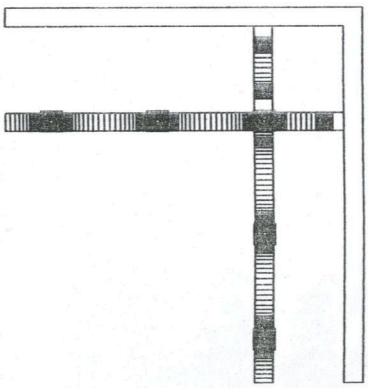
Croisement perpendiculaire des rondins qui assurent le chaînage des cloisons aux murs porteurs



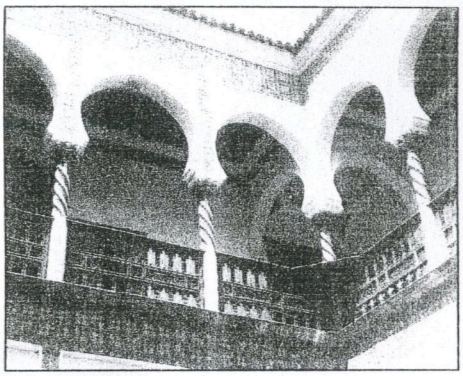
Paroi structurelle chaînée avec une rangée de trois rondins de bois sur toute la hauteur du mur

Cloison secondaire chaînée avec un rondin de bois sur toute la hauteur du mur

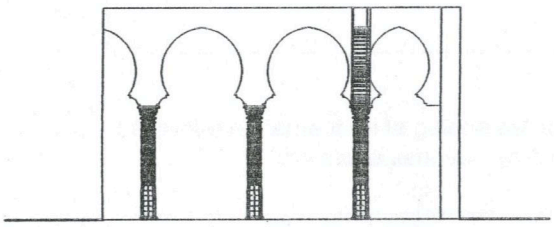
Fig 2.3.32- Restitution d'un chaînage d'une cloison au mur porteur



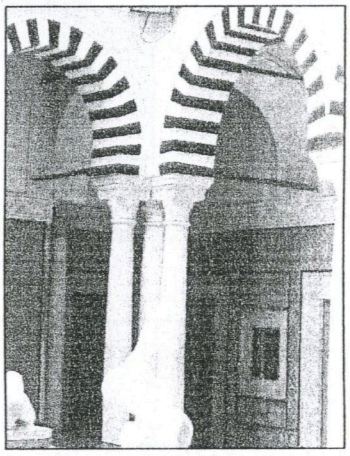
Les deux arcs intérieurs (dans la galerie) assurent le contreventement de la structure fléxible (arcature) par rapport à la rigide (murs porteurs).
Le tout crée un ensemble monolitique.



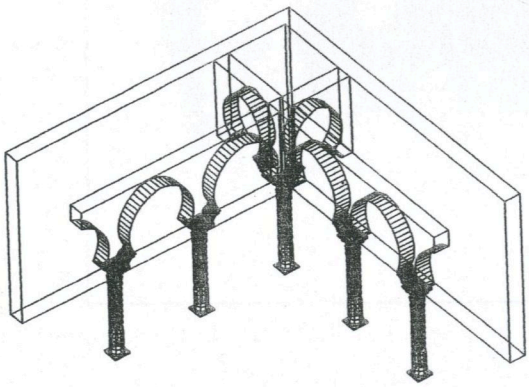
Maison d'Alger
(D'après Ravereau 1985)

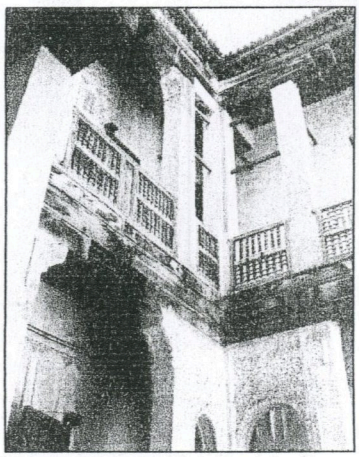


Au Maroc (Fès), le système de contrevenetement est assuré par les poutres en bois de la structure en plates-bandes.



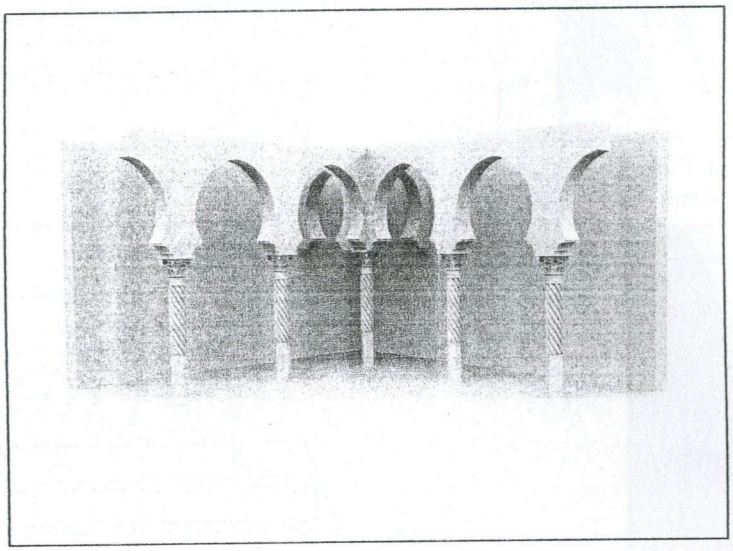
Maison de Fès
(d'après Berrada 2003)





Maison de Tunis

Fig 2.3.33- Contreventement par la structure fléxible



Le contreventement de la galerie est assuré par les deux arcs qui s'appuient sur les murs porteurs

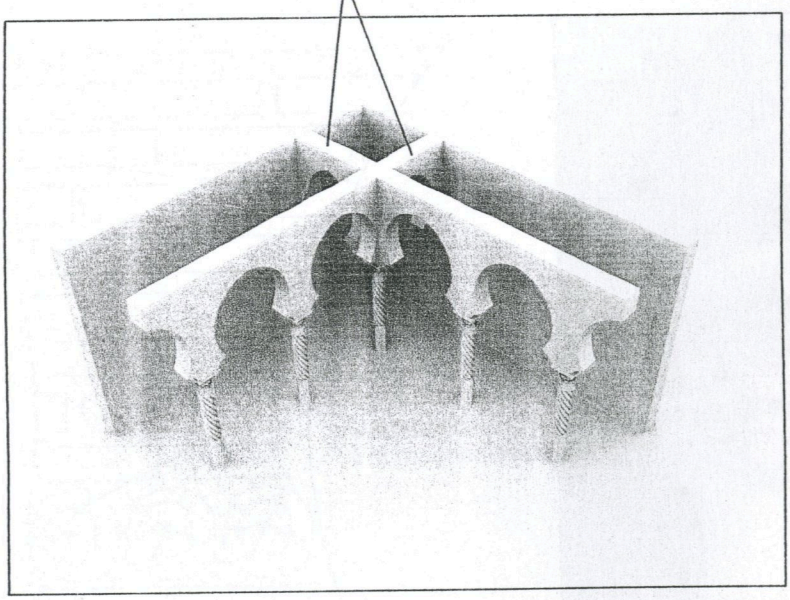
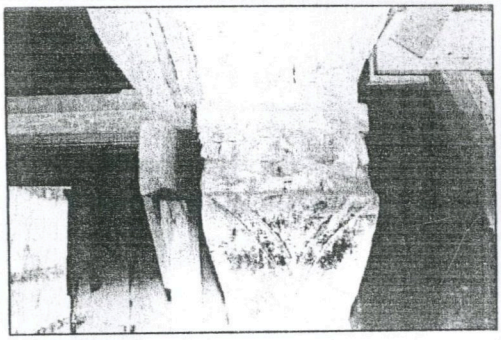
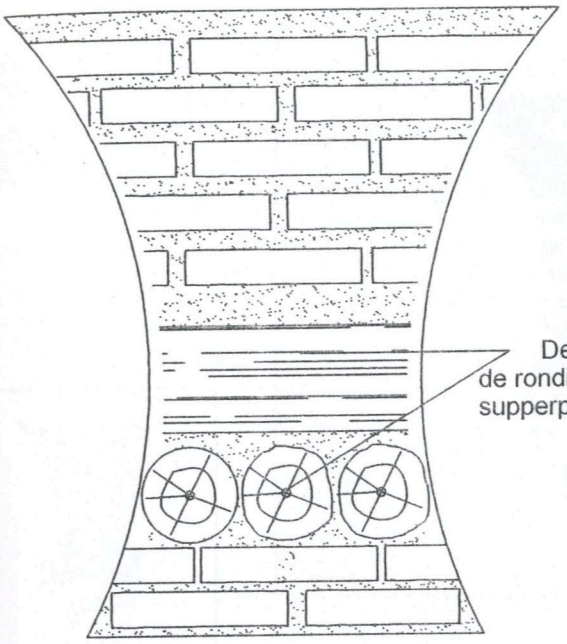


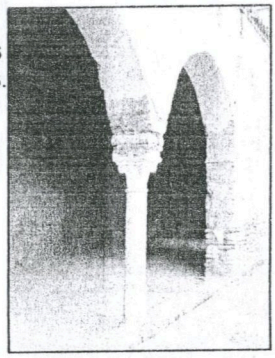
Fig 2.3.34- Restitution du système d'arcature : contreventement



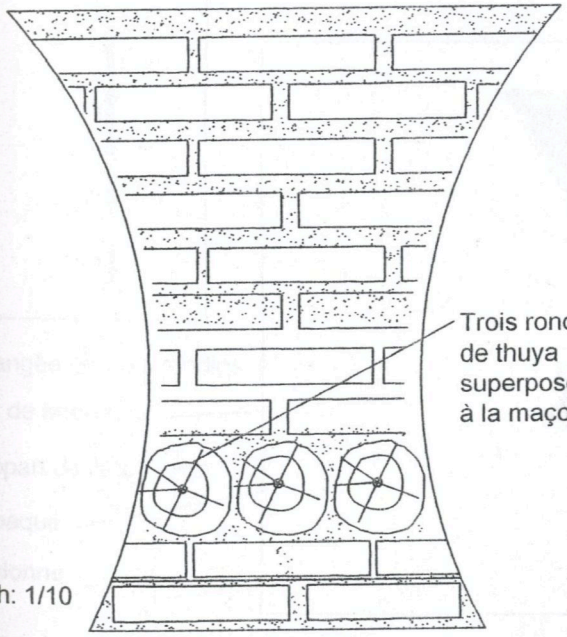
Chapiteau des colonnes
des cuisines, Palais du Dey



Arc à deux rangées de thuya supperposées perpendiculairement (Cuisine Palais du Dey, Alger)



Coursive 2ème niveau
du Palais du Dey



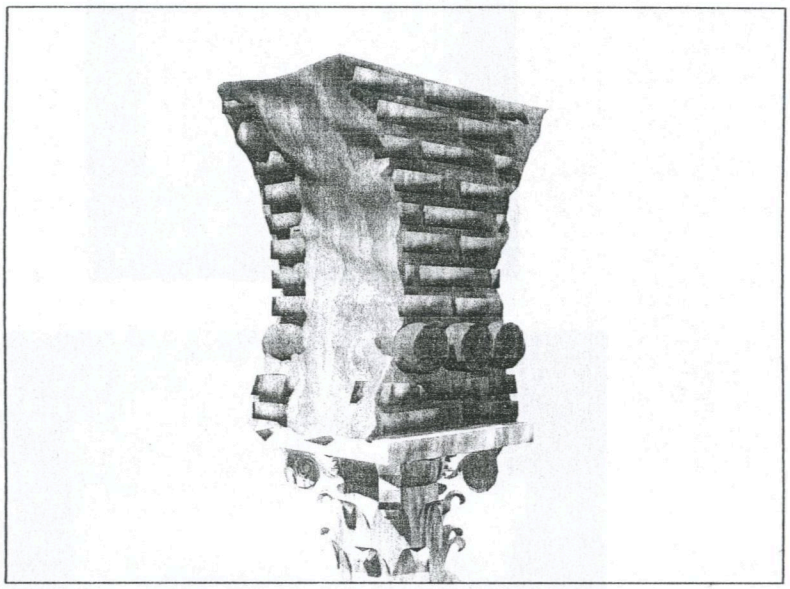
Ech: 1/10

Arc à une seule rangée de rondins de thuya (Coursive 2ème niveau Palais du Dey)

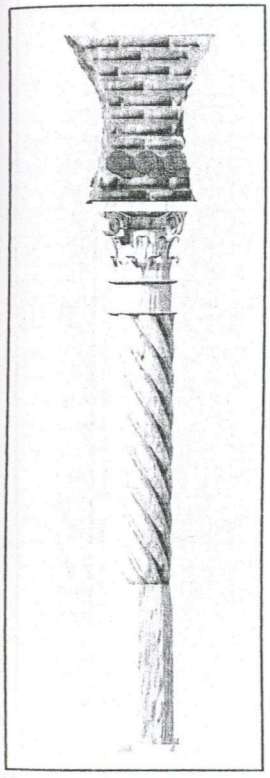


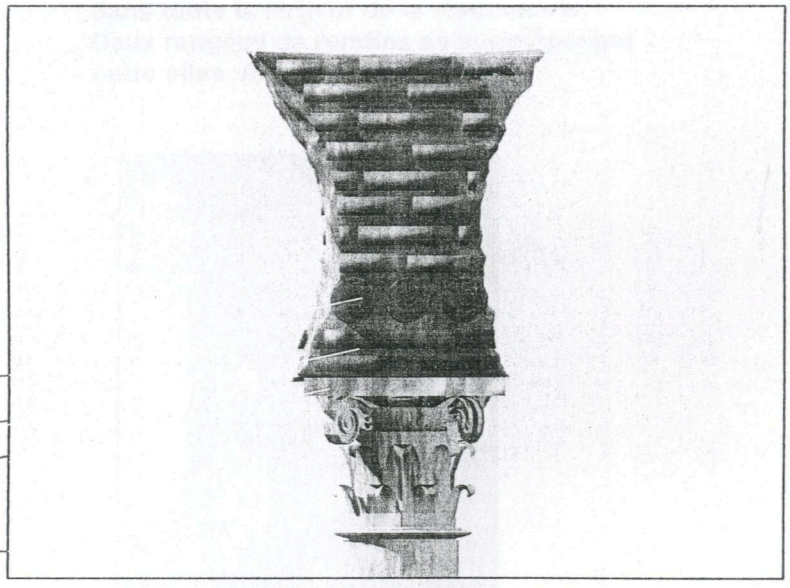
Détail constructif
sismo-résistant

Fig 2.3.36- Typologie constructive d'un arc algérois (Palais du Dey)



Les rondin de thuya sont disposés au dessus de deux rangées de briques à l'articulation du chapiteau avec le départ de l'arc au niveau de l'abaque.





Rangée de trois rondins

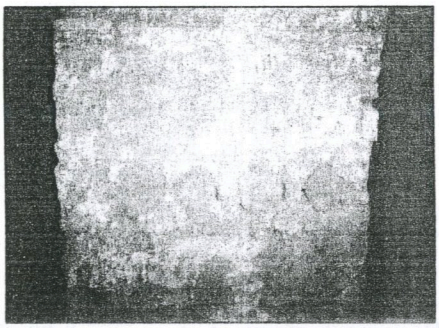
Lit de briques

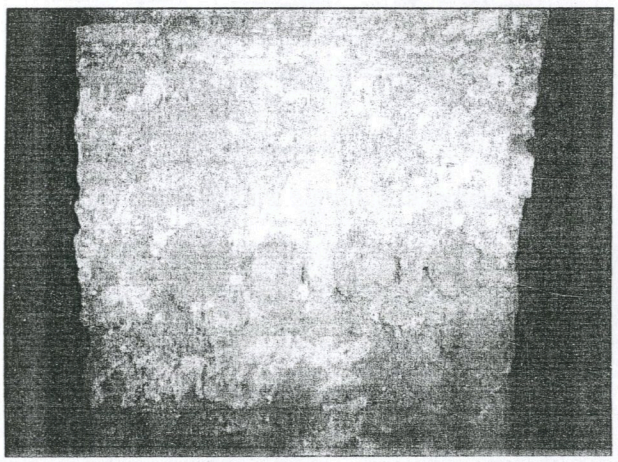
Départ de l'arc

Abaque

Colonne

Fig 2.3.37- Restitution d'un détail constructif de l'arc algérois



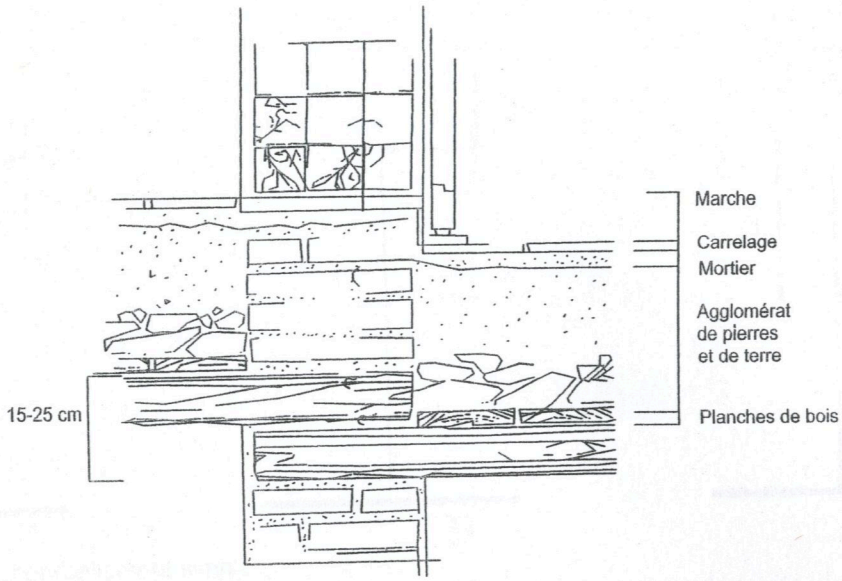


Les rondins de thuya sont inserés
dans toute la largeur de la maçonnerie.
Deux rangées de rondins se supperposent
entre elles. Alger Palais du Dey.

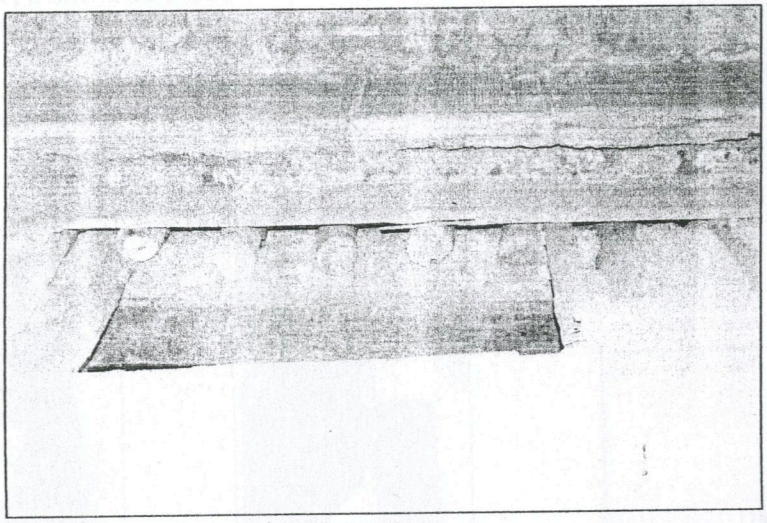


Tunis (maison en rénovation)

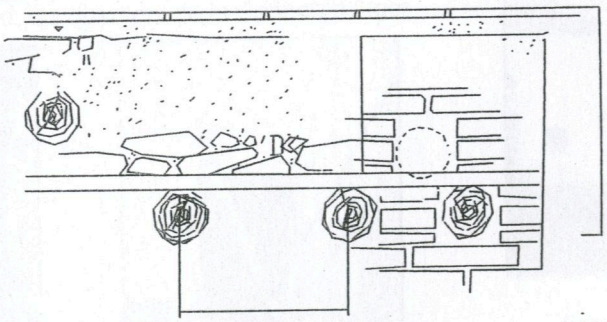
Fig 2.3.38- Typologie constructive d'un pilier



Encastrement des rondins sur toute la largeur du mur



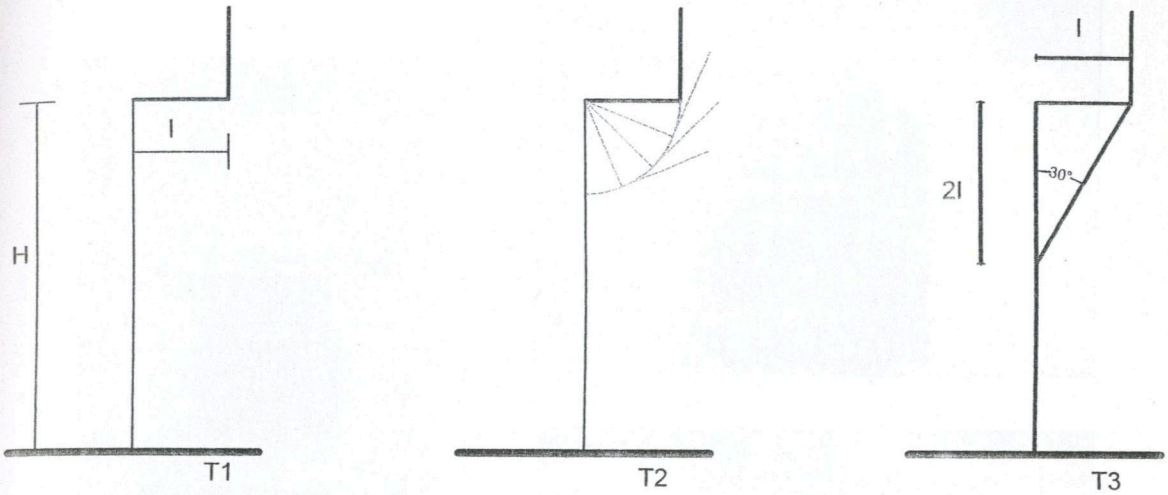
EXCLU de PRET



Ech 1/10

La superposition des solives de thuya permet, lors des sollicitations sismiques, un mouvement de roulement qui empêche la rupture des planchers

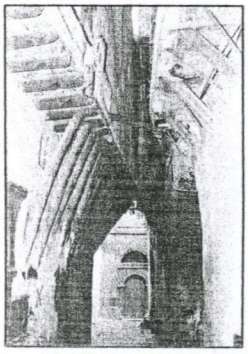
Fig 2.3.39- Typologie constructive d'un plancher à Alger (D'après Ravereau 1985)

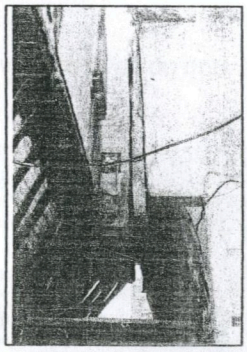


T1- Encorbellement simple

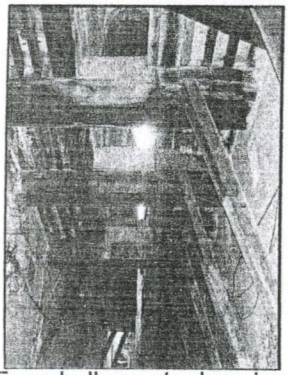
T2- Au moment du choc sismique, l'encorbellement oscille dans un mouvement qui peut provoquer des ruptures au niveau du panneau en porte à faux

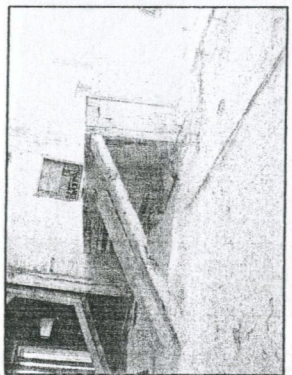
T3- Les rondins de thuya disposés comme un jambage réduisent les mouvements ocillatoires et préviennent des dislocations et rupures du porte à faux.



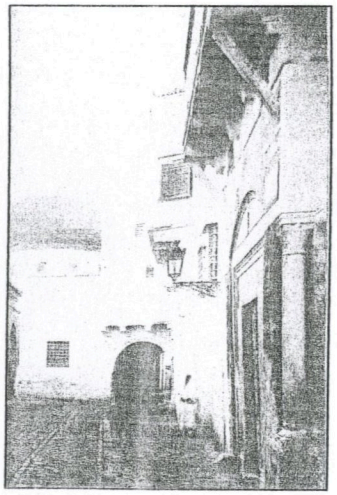


Encorbellements dans les quartiers de la Casbah d'Alger



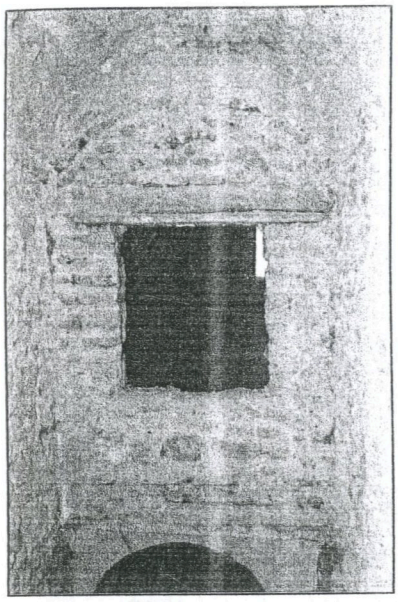


Encorbellements dans les quartiers Al Mellah et Fès Al Bali

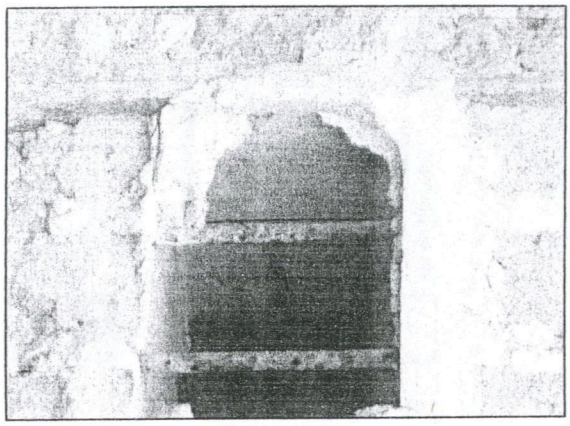


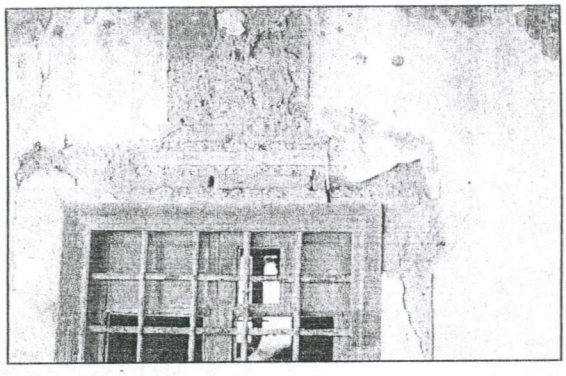
Encorbellements à Tunis
(D'après Messikh 2000)

Fig 2.3.40- Comportement sismique des encorbellements



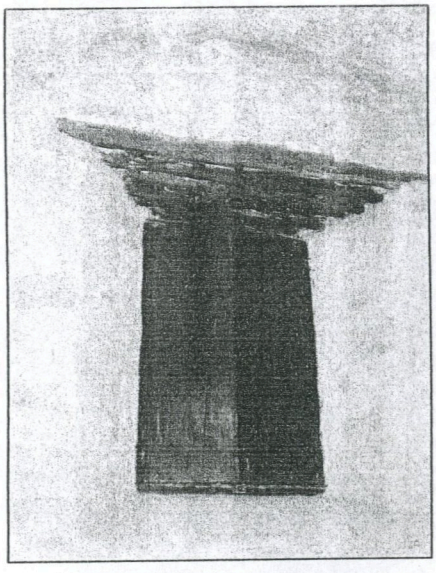
Une maison du Fahs





Palais du Dey

Chaînage des ouverture avec du bois à Alger.



Chaînage des ouverture avec du bois Tunis: Dar Lasrem

Fig 2.3.42 - Chaînage des ouvertures selon code parasismique



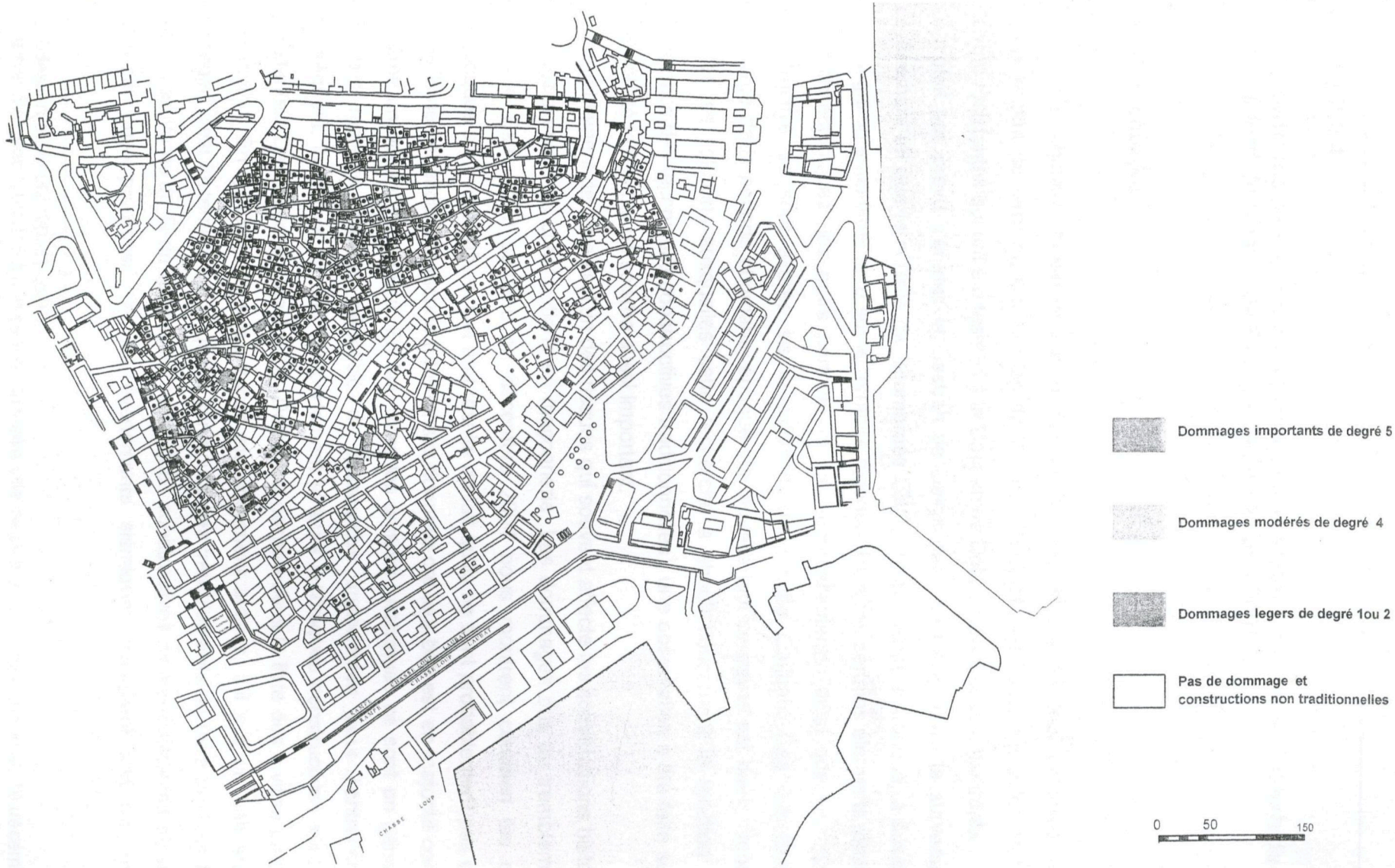
Carte1.1.4- Etat de vétusté sur les constructions de la Casbah d'Alger (Atelier Casbah 1980)



Carte 2.3.4- Localisation des maisons traditionnelles dans le noyau historique (D'après Atelier Casbah 1980)



Carte 2.3.5- Dommages du séisme du 21 mai 2003 sur les constructions de la Casbah d'Alger



Carte 2.3.6- Carte résumant les dommages provoqués par le séisme du 21 mai 2003 sur l'état de vétusté

Chapitre 4

Les performances des techniques sismo-résistantes dans la Casbah de Dellys lors du séisme de Boumerdès du 21 mai 2003

4.1 Introduction :

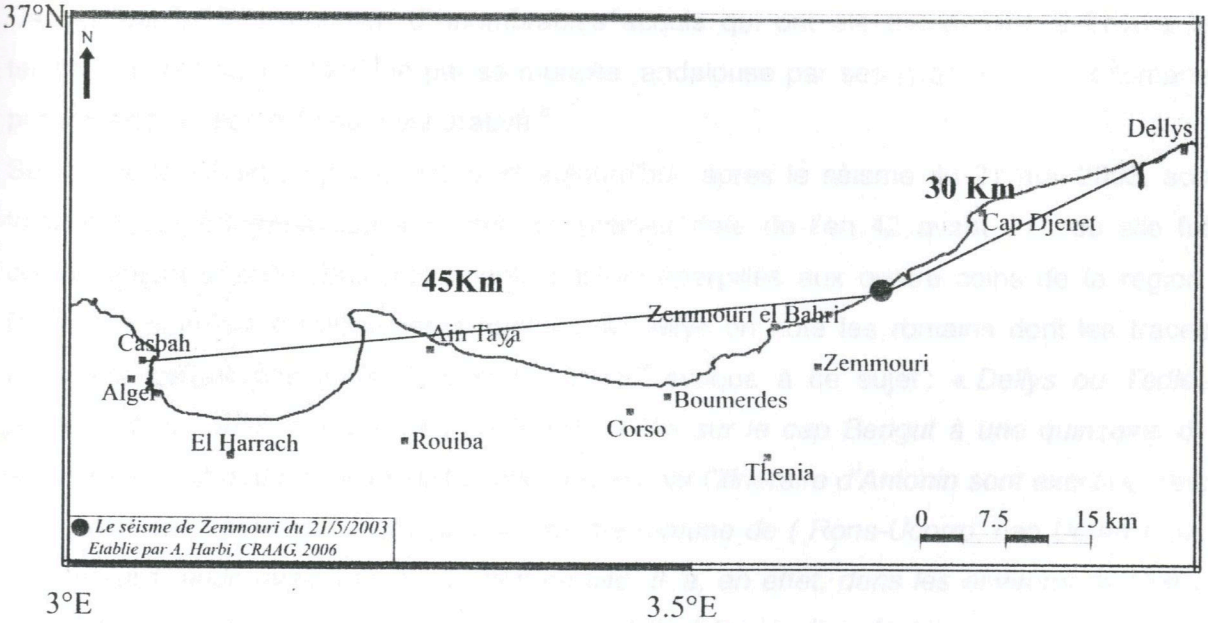
Ce chapitre présente les performances des structures traditionnelles lors du tremblement de terre de Boumerdès du 21 mai 2003, et met l'accent sur les techniques sismo résistantes qui ont été testées à la Casbah de Dellys durant cette catastrophe.
Il n'était pas prévu d'étudier la Casbah de Dellys dans ce travail mais la survenue d'un événement tel que le séisme de Boumerdes 2003, sur un centre historique, a suscité une investigation supplémentaire sur le territoire algérien. En effet, certains éléments structuraux et architectoniques, les murs porteurs et les encorbellements, ainsi que leur typologie constructive se sont avérés sismo-résistants dans cette Casbah. Ces éléments sont l'héritage de la période ottomane, époque sur laquelle tout ce travail est basé. Donc, pour vérifier les solutions auxquelles cette recherche a abouti concernant la fonction sismo-résistance des techniques constructives traditionnelles[1], une observation a été faite sur ceux qui ont été testés par un séisme aussi important.
Le tremblement de terre est l'un des risques qui souvent affecte les constructions historiques et spécialement les constructions en maçonnerie. Les dommages dus au tremblement de terre de Bam (Iran) survenu en décembre 2004 nous montrent combien les centres historiques sont vulnérables. Cet état résulte du fait qu'ils ne sont probablement pas classés et qu'ils ne bénéficient d'aucune tutelle institutionnelle car leur bâti est en majorité considéré comme un *patrimoine mineur*. En fait, dans les centres historiques ce sont en général les édifices majeurs qui ont bénéficié de ressources importantes pour l'entretien. Par conséquent, ils auront un bon comportement si leurs techniques constructives sont sismo résistantes. Depuis cette catastrophe, Dellys est passée dans la liste des « villes patrimoine mondial »[2]. En général, dans les zones sismiquement actives, s'il y a un bâti ancien à protéger, c'est justement parce qu'il a survécu à des tremblements de terre qui l'ont frappé. Mais il arrive qu'au fil du temps, les techniques constructives sismo-résistantes se perdent soit par oubli progressif car les événements sismiques diminuent soit par manque

[1] Abdessemed-Foufa (2005), idem
[2] Le soir d'Algérie (2004). Région centre : la vieille ville de Dellys patrimoine mondial. 19 décembre, p 19

d'entretien ; alors les édifices qui avait une résistance sismique la perdent et s'affaiblissent vis-à-vis d'un séisme[3]. Les constructions en maçonnerie sont en général conçues pour résister aux charges verticales. Qu'en est-il pour les constructions de la casbah de Dellys qui datent du Xème siècle[4] et qui sont caractérisées par leur ressemblance aux constructions de la cité médiévale Djazāir Benī Mazghenna ?

Le séisme de Boumerdes a été considéré comme un test pour évaluer le comportement des techniques traditionnelles et surtout celles ayant une fonction sismo-résistante. A travers le recensement des dommages dans cette Casbah, une vérification de la vulnérabilité de ces éléments s'est imposée.

Le tremblement de terre du 21 mai 2003 a endommagé une vaste étendue du territoire algérois. Sa magnitude a été estimée à 6.7 sur l'échelle de Richter [5 et 6], son intensité macrosismique a été évaluée à X (selon EMS 98) . La zone sinistrée s'étale sur près de 100 Km de côte et englobe trois wilayas : Boumerdès, Alger et Tizi-Ouzou (carte 2.4.1).



Carte 2.4.1- Localisation des Casbahs de Dellys et d'Alger par rapport à la zone épicentrale (établie par Harbi. 2006)

[3] Ferrigni (1992). Politiques de prises en charge du risque sismique et vulnérabilité du bâti. Analyse sustémique comparée et hypothèses pour une loi-cadre. In Actes du Colloque International : les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorité et la réduction de la vulnérabilité du bâti. pp 4-7.

[4] Carette (1850), « Algérie », l'univers ou histoire et description de tous les peuples, de leurs religions, mœurs, coutumes, Paris, Ed Firmin Didot Frères, pp 91-93.

[5] CRAAG, Alger (2003), données sismiques du séisme de Boumerdès du 21 mai 2003, disponible sur le site du CRAAG

[6] Maghraoui (2003), le séisme d'Alger du 21 mai 2003, disponible sur le site de l'IPG de Strasbourg.

La Casbah de Dellys et celle d'Alger sont localisées respectivement et approximativement à 30 Km et 45 Km de la zone épicentrale. La Casbah de Dellys est l'une des plus anciennes Casbah d'Algérie. Elle a été édifiée en 1068 par les maures chassés d'Andalousie. Elle est par conséquent antérieure à la période ottomane. Elle se dresse à 27m au dessus de la mer et s'étend sur 16,25 ha. Elle fut en 1844, lors des travaux d'agrandissement par l'occupation française, séparée en deux par la nationale 24 : la basse Casbah qui compte 7ha et la haute Casbah qui en compte 9,25ha. Durant les siècles passés, la Casbah de Dellys comptait 1000 demeures et un nombre incalculable de fontaines, de mausolées, de fours et de forts. L'ensemble est entouré de muraille encore présente dont certaines parties datent de l'époque romaine et hammadite[7].

Les maisons de la Casbah de Dellys sont plutôt particulières, elles sont couvertes par des toitures en tuiles, et bien qu'elles ressemblent par certains éléments structuraux (encorbellement) et architecturaux (les espaces internes) aux maisons de la Casbah d'Alger elles s'en démarquent par cette absence des terrasses. D'après Saoudi-Chaid (2003), cette Casbah est la sédimentation d'innombrables acquis qui ont été thésaurisés à travers le temps. Elle est punico-romaine par sa muraille, andalouse par ses *ryads* et enfin ottomane par ses encorbellements ou mūsharābyā [8].

Selon Saoudi-Chaid toujours, Dellys vit aujourd'hui, après le séisme du 21 mai 2003, son troisième grand tremblement de terre. Le premier date de l'an 42 avant J.C. où elle fut complètement détruite. Ses monuments ont été éparpillés aux quatre coins de la région. Parmi les premiers établissements humains à Dellys on note les romains dont les traces perdurent jusqu'à nos jours. Rousseau (1841)[9] évoque à ce sujet : « *Dellys ou Tedlès prononciation kobail, est une très petite ville, bâtie sur le cap Bengut à une quinzaine de lieues dans l'est d'Alger. Si les distances fournies par l'itinéraire d'Antonin sont exactes, c'est à ce point de la côte qu'il faut placer la colonie romane de (Rons-Ucorro, cap Ucurro) que l'empereur Claude avait honoré du droit de cité. Il 'a, en effet, dans les environs de Dellys des ruines assez considérables qui annoncent l'existence d'un établissement antique de quelqu'importance* ». Le séisme de 42 av.J.C a donc détruit Russucurru.

Plusieurs siècles après, elle arrive à se reconstruire tant bien que mal ; mais alors dépendant de la régence ottomane un autre séisme la secoua en 1631[10 et 11] et elle subit de nombreux

[7] Saoudi-Chaid (2003), idem
[8] Saoudi-Chaid (2003),idem
[9] Rousseau (1841) Chronique de la Régence d'Alger. trad d'un amnuscrit arabe « Az-Zohrat Ennayirat » 37- 38 note de bas de page
[10] Delpin (1922), op.cit, pp 216-218

dommages. Durant son voyage vers *le Mashraq* (le levant), *Al-Tamaqrūnī* XVIeme siècle[12], passant par Dellys, décrit sa citadelle comme ayant été très belle et imprenable mais qu'aujourd'hui cette citadelle est détruite et a presque disparu et qu'il ne reste que très peu de pauvres constructions. Si l'on considère encore une fois ce que Rousseau a décrit de Dellys[13], il apparaît que ces constructions étaient effectivement peu nombreuses surtout à l'intérieur de la ville et fort exigues. Mais que Dellys comptait également un nombre important de maisons situées sur le massif montagneux qui est compris entre le Oued-Bou- Brack et le cap Bengut et que cette bourgade était plus peuplée que Dellys-ville. Mais encore une fois elle est sérieusement endommagée par le séisme le 23 Mai 2003. La Casbah s'effondre, beaucoup de maisons sont complètement détruites, d'autres très endommagées[14]. La presse rapporte que Dellys est une ville en ruine[15], qu' « *à La Casbah qui surplombe le port, de vieilles maisons datant de l'époque ottomane se sont aplaties comme des châteaux de cartes. Au moins 4 personnes ont trouvé la mort et une trentaine ont été blessées dans ce fouillis de bâtisses réduites en ruines. Plus bas, le port de pêche a subi des dégâts importants. Les quais fissurés, le bassin envasé et plusieurs sardiniers noyés. Il faut souligner au passage que la mer, ici, a subi le phénomène de la marée basse qui a duré presque une dizaine de minutes, selon le témoignage d'un vieux pêcheur* ».

L'évaluation des dommages structuraux, (qui ne sont énumérés dans aucun ordre particulier) indique les désordres suivants :

- La destruction et l'effondrement des murs porteurs non chaînés.
- L'écartement des murs porteurs.
- La destruction des planchers.
- La destruction du toit ainsi que celle des escaliers.
- La destruction des murs internes non encastrés.

[11] El Mrabet (2001). *Al zalāzīl al kūbrā fi al manṭiqa al maghāribya wa mukhalafātihā 'alā al insān wa muḥitihi, min al qarn al tāsi' 'ashar ilā nihāyati al qarn al 'ishrīn*. Thèse de doctorat en Histoire. Maroc. P 89

[12] Belhamissi (1981), " *Al-Djazāir min khilāli raḥalāti al-maghāriba fi al 'ahd al- 'othmānī* ", p 48

[13] Rousseau (1841), idem

[14] Après ce séisme, nous nous sommes rendu les 12 et 13 juillet 2003 sur site en compagnie d'une délégation d'architectes et ingénieurs experts du Polytechnico de Bari (Italie) et de collègues architectes du département d'Architecture de Blida et du Ministère de la Culture (Algérie). Cette visite avait pour objectif d'évaluer l'étendue du désastre sur le noyau historique de Dellys ainsi sur certains édifices datant de la période coloniale tel que le phare de Dellys.

[15] Salima Tlemçani in Algeria Watch. Bilan provisoire des dégâts du séisme du 21 mai 2003 et El Watan, El Moudjahid, Le soir d'Algérie Mai 2003

Néanmoins certaines maisons et parties des maisons (murs et encorbellements) ont résisté et n'ont accusé presque aucun dommage[16]. Ces encorbellements étaient construits en accordance avec les procédures sismo-résistantes héritées de l'époque ottomane, surtout celles relevant des techniques murales[17].

4.2 Le Séisme de Boumerdès du 21 mai 2003 :

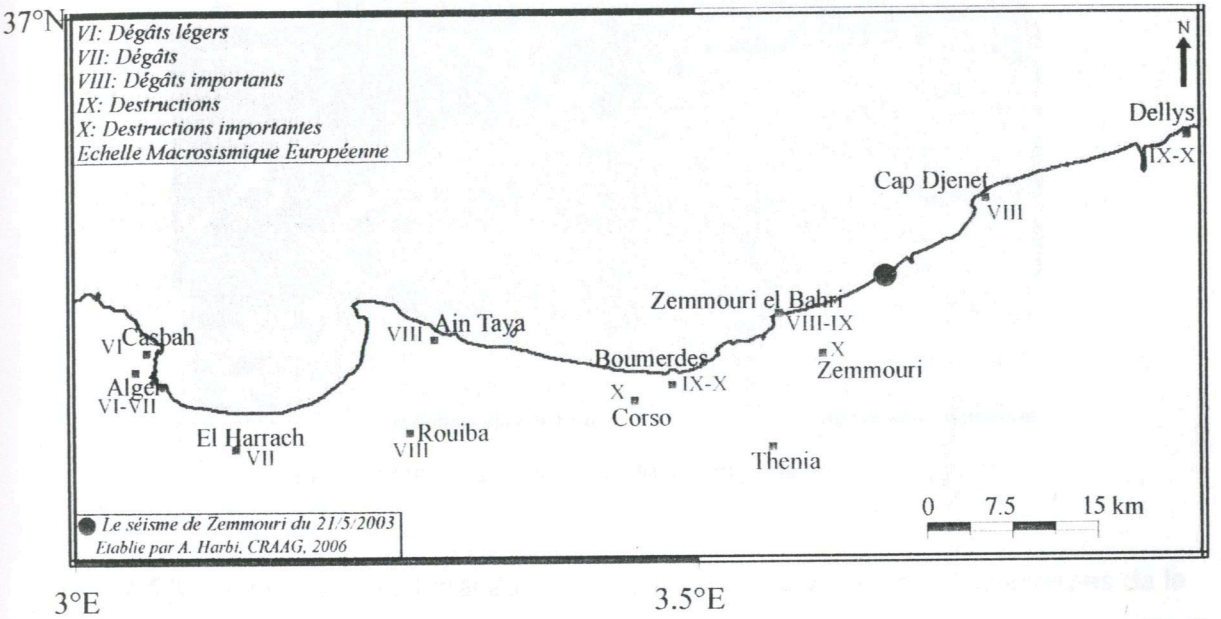
Le séisme destructeur de Boumerdès du 21 mai 2003 survenu à 18h 44 mn GMT a eu une magnitude M= 6.4 sur l'échelle de Richter (Stations locales) et de M= 6.8 (Centres Internationaux de Seismologie (NEIC)). Il a frappé toute la région de Boumerdes située à 45 Km d'Alger (Nord de l'Algérie). Le choc principal qui a duré 36-40 s a endommagé toute la région. Trois fortes répliques ont eu lieu les 27, 28 et 29 mai 2003. Les magnitudes respectives sont de 5.8, 5.0 et 5.8. [18]

La presse[19] rapporte qu'il y'a : 2 300 victimes, 11 450 blessés et 200 000 sinistrés. Elle évoque également que 180 000 maisons et 6000 bâtiments publics ont été détruits, les pertes ont été estimées à 5 billions de $.

Le choc principal a été localisé dans un premier temps à 36.91°N-3.58°E (15 Km sur la mer), les distances approximatives comptées à partir de ce foyer sont de 45 Km jusqu'à Alger et 30 Km jusqu'à Dellys.[20] Depuis, une autre localisation plus précise a été donnée[21], décalée sur le littoral 36.83N et 3.65 E à une distance de 8-10 km dans la mer et d'une profondeur de 16 km. Mais récemment, une localisation plus précise encore a été établie par Harbi (sous presse). Le choc principal est situé sur le continent au bord de la mer [22](Carte 2.4.1). L'étendue de la catastrophe a touché tous les villages situés le long de la côte entre Alger et Tigzirt et s'étendant au sud jusqu'à Bordj Mnaiel. L'ampleur de la destruction a permis

[16] Ce constat a été fait sur place, en effet la majorité si ce n'est la totalité des encorbellements situés au niveau de la basse casbah sont resté intacts, ne se sont ni détruits ni endommagés. Ceci a attiré notre attention et c'est ce qui nous a poussé à plus d'investigation.
[17] Abdessemed-Foufa (2005), op cit p 27-30
[18] CRAAG (2003). Récoltés au niveau des stations locales
[19] Al Watan, Liberté, El Moudjahid, Le Soir de fin mai à juillet 2003.
[20] Ayadi (2003) et all. Strong Algerian Erathquake strikes near Capital. In Eos, vol 84, n° 50, 16 Dec, p 561.
[21] Bounif et All (2004). The 21 May 2003 Zemmouri (Algeria) earthquake Mw: 6.8: Relocation and after shock sequence analysis. Geophysical Research Letter, vol 31, LI 9606, doi: 10/1029/2004GL020586. p 1.
[22] Harbi.A du CRAAG, a eu l'amabilité de nous établir en 2006 bien avant la publication de son article, les cartes 2.4.1. et 2.4.2 sur lesquelles sont localisés respectivement le foyer du séisme et la localisation des intensités macrosismiques

d'attribuer une intensité macrosismique de X pour la zone couvrant Dellys à Bordj el Bahri [23] et VI à Alger (carte 2.4.2).



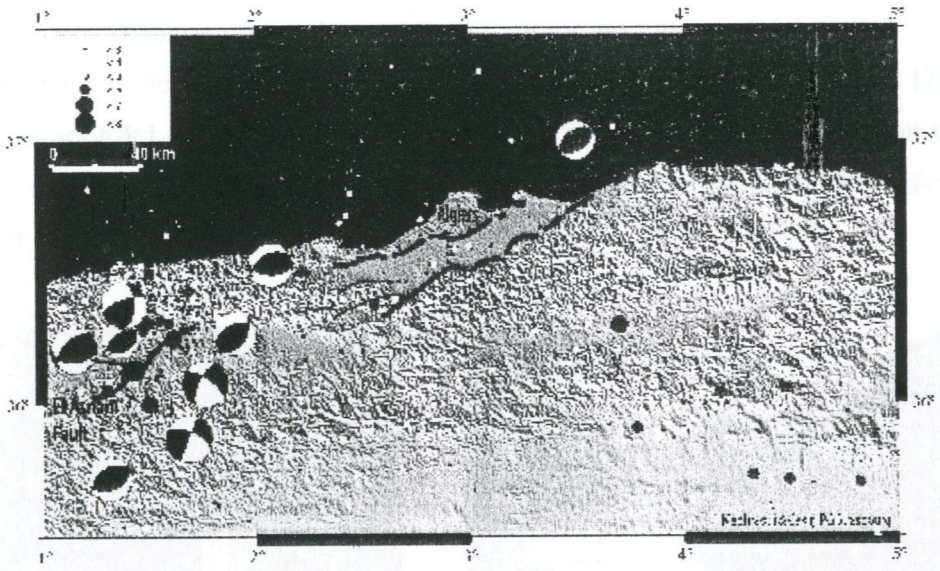
Carte 2.4.2- Estimation des intensités par ville affectée (Harbi 2006)

Les caractéristiques du séisme principal sont présentées dans le tableau suivant[24], [25] et [26] et par la carte 2.4.4 :

Organisme	Séisme		
	Longitude (°)	Latitude (°)	Magnitude observée
USGS/NEIC	3.63	36.96	6.9
IGN	3.83	36.81	7
HRVD	3.52	36.98	6.8
CSME	3.7	37.0	6.8
			Magnitude moyenne 6.8

Tabl 2.4.1- Données relatives aux magnitudes du séisme du 21 mai 2003. Élaboré en fonction des données recueillies par Ayadi (CRAAG), Meghraoui (l'IGP) et Boughacha (USTHB)

[23] Ayadi et all, op. cit, p 561.
[24] Ayadi (2003), ibidem
[25] Meghraoui 2003, ibidem
[26] Boughacha (2003) Analyse de la sismicité de l'Algérie, application à l'établissement des cartes des I.M.O et CFF. Thèse de Doctorat en Géophysique. USTHB, 2005, p 118



Carte 2.4.3 - Le séisme du 21 mai 2003 et sa liaison au système de failles inverses de la région d'Alger. La solution focale et la magnitude de moment du séisme sont celles du NEIC (Harvard). La localisation épicentrale est celle du CRAAG. (Meghraoui. M. 2003).

Le séisme de Boumerdès est l'un des plus grands séismes de l'Afrique du Nord. La sismicité de l'Algérie est quasiment connue. Les nombreux séismes destructeurs l'ayant affecté déjà par le passé ont été recensés : Alger a été détruite en 1365 et en 1716 et son intensité a été estimée à IX, Dellys en 1631, I= X ; Oran en 1790, I= X ; Blida en 1825, I=X ; Djidjelli en 1856, I= VIII ; Mouzaia en 1867, I=IX ; Orléansville en 1954, et El Asnam en 1980 dont la magnitude a été estimée à 7.3 et le Mont Chenoua en 1989 avec M= 6.0.[27]

Mais dans la région considérée les séismes les plus importants sont ceux d'Alger (1365, 1673 et 1716) et Dellys (1631),

En outre, le séisme de Boumerdès a donné lieu à des manifestations habituellement observées lors des grands tremblements de terre tels que ceux de Lisbonne (1755), San Francisco (1906), Agadir (1960), El Asnam (1980) l'Arménie (1988), Bam (2004), Sumatra (2004) et le Pakistan (2005).

Certaines de ces manifestations ont été observées dans la ville de Dellys :

[27] Ambrasey et Vogt (1988), Mokrane et all (1994), Benouar (1994), El Mrabet (2000), Meghraoui (2003) et Harbi (2005)

- Un raz de marée (tsunami) a été généré, il s'est propagé jusqu'aux côtes espagnoles ou des embarcations amarrées aux ports ont été endommagées.

Les témoignages concordants assurent que la mer s'est retirée de 150 m. Des Photos anonymes démontrent ce phénomène avant et après[28]. Le retrait de la mer était temporaire et le retour des vagues a eu lieu après environ une à deux minutes selon témoignages recueillis sur le terrain.

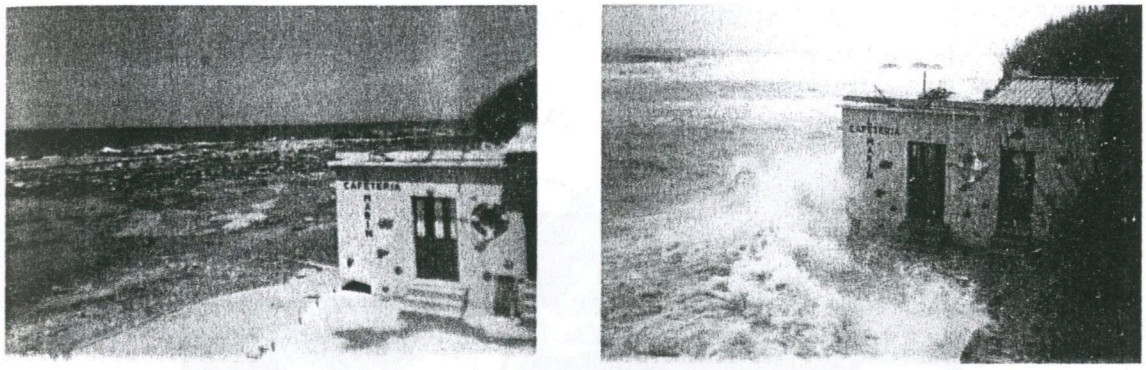


Fig 2.4.1- Mouvements de la mer (Anonyme in Boughacha 2003)

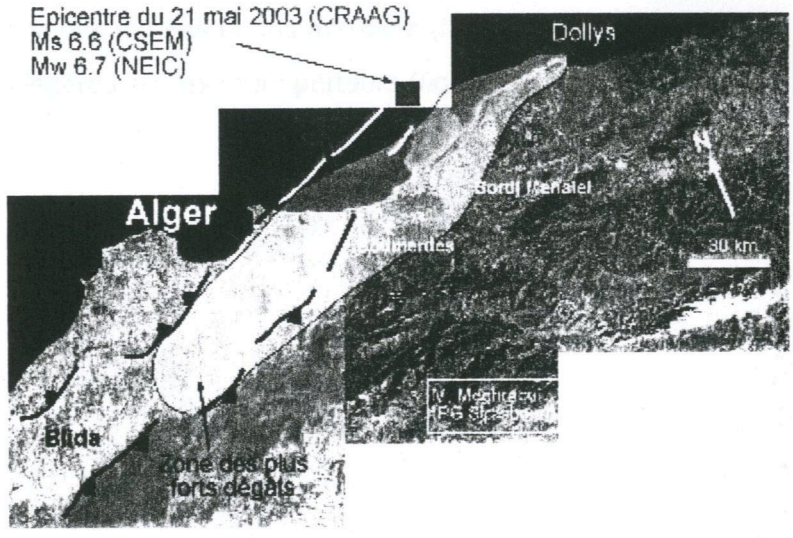
La côte algérienne a été le théâtre de plusieurs séismes qui ont engendré le même phénomène. Les sources historiques citent qu'en 1365 Alger a été inondée et détruite suite à une inondation de la partie basse de la ville[29 et 30], qu'en 1790, le séisme d'Oran a provoqué un raz de marrée (tsunami) qui a affecté les côtes espagnoles[31, 32], qu'en 1856, le séisme de Djidjelli a également provoqué le même phénomène mais a détruit toute la partie basse de la ville [33 et 34].

- Une destruction massive du noyau historique surtout dans la basse Casbah.

La presse rapporte que la casbah de Dellys est totalement détruite, qu'elle est en ruine, que le décor est apocalyptique[35]. Notre visite au site sinistré le 13 juillet 2003, les rapports de presse et les bilans de diagnostic établis par le CTC nous confirment cela. Effectivement, la

[28] Boughacha (2003), op.cit p 129-130
[29] Bargès (1887), op.cit p 222
[30] Ambraseys et Vogt, op cit p 2
[31] Chesneau (189), op.cit p 12
[32] Fey (1958), Histoire d'Oran avant, pendant et après la domination espagnole, Ch IV. pp 232-250
[33] M. Aucapitaine 1856, Note sur le tremblement de terre ressenti en Algérie du 21 au 25 août 1856, Collection Acadélique Scientifique, p 765
[34] Ambraseys (1982), The seismicity of North Africa: the earthquake of 1856 at Jijeli, Algeria. Bulletin di Geofisica Teoretica ed Applicata.Vol 24. 93: pp31-37
[35] Presse (al watan, el moudjahid, le soir) op.cit

majorité des constructions traditionnelles en maçonnerie se sont presque toutes effondrées. Les dommages sont très importants et la destruction du noyau historique est massive[36].
L'échelle macrosismique attribuée pour le noyau historique selon l'Echelle Européenne Macrosismique pourrait être estimée à X car la plupart des constructions en maçonnerie de la classe de vulnérabilité A, B et C a subi des dommages de degré 5[37]. Cette évaluation macrosismique a été attribuée à toute la zone endommagée (voir carte 2, distribution des intensités macrosismiques et carte3, zone des plus forts dégâts). Mais vu l'étendue des dégâts sur la basse Casbah nous confirmons cette intensité.



Carte 2.4.4- Les principales failles inverses actives, leur extension en mer et la zone des dégâts majeurs à la suite du séisme du 21 mai 2003 (Ms 6.6 CSEM). (Meghraoui 2003)

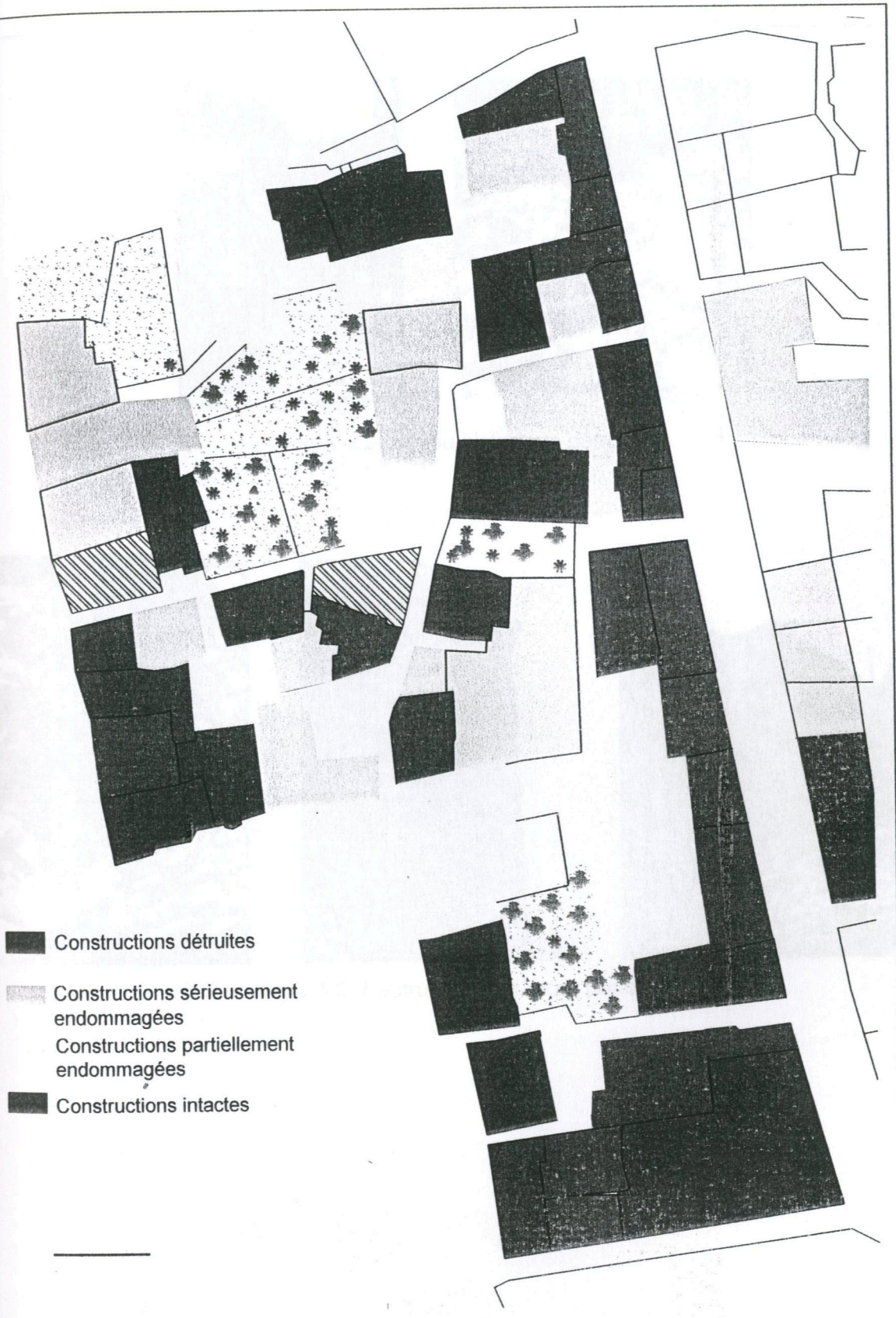
4.3 Les dommages structuraux sur le bâti historique :

Le séisme a détruit sérieusement toutes les constructions de la basse Casbah et a endommagé celles situées dans la haute Casbah dont la datation semble précéder l'époque ottomane pour beaucoup d'entres-elles. Le bilan général des dommages est représenté dans la carte 2.4.5. Cette dernière a été élaborée sur la base des résultats de l'expertise post- sismique effectuée par les groupes du CTC et sur l'observation établie sur le site en juillet 2003.

[36] AA. Abdessemed-Foufa 2003. Rapport Interne des *experts architectes,* Université de Blida (Algérie) et Polytechnique de Bari (Italie), Blida 11-15 Juil 2003, Algérie (non publié).
[37] EMS 98, ibidem

Les dommages recensés suite à cette investigation sur le site sinistré varient de la simple lézarde à la destruction totale. Les dommages structuraux sont classés par ordre d'importance et se résument dans ce qui suit :

- Destruction massive des constructions du noyau historique de Dellys (fig.2.4.2 et carte 2.4.5).
- Destructions et effondrement des murs porteurs (fig 2.4.3).
- Fissures importantes aux jonctions des murs porteurs (fig 2.4.4).
- Rupture et effondrement des planchers (fig 2.4.5).
- Fissures et destruction des cloisons internes.
- Destruction des toitures et des escaliers (fig 2.4.6).
- Fissures légères sur les murs porteurs (fig 2.4.7).



Carte 2.4.5- Dommages rescencés sur le noyau historique de Dellys (Basse Casbah)

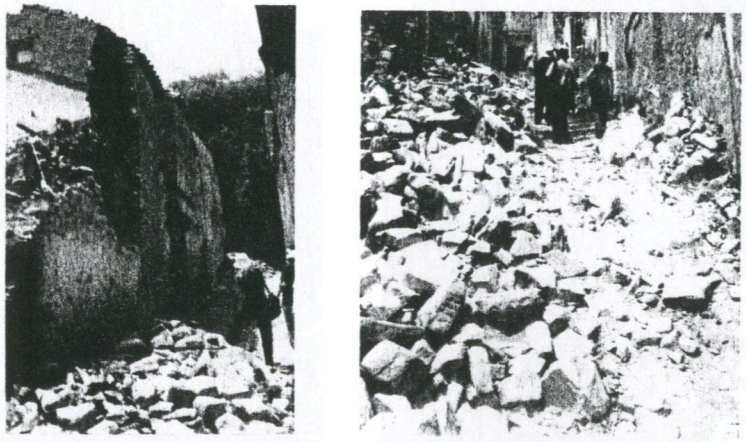


Fig 2.4.2- Noyau historique détruit

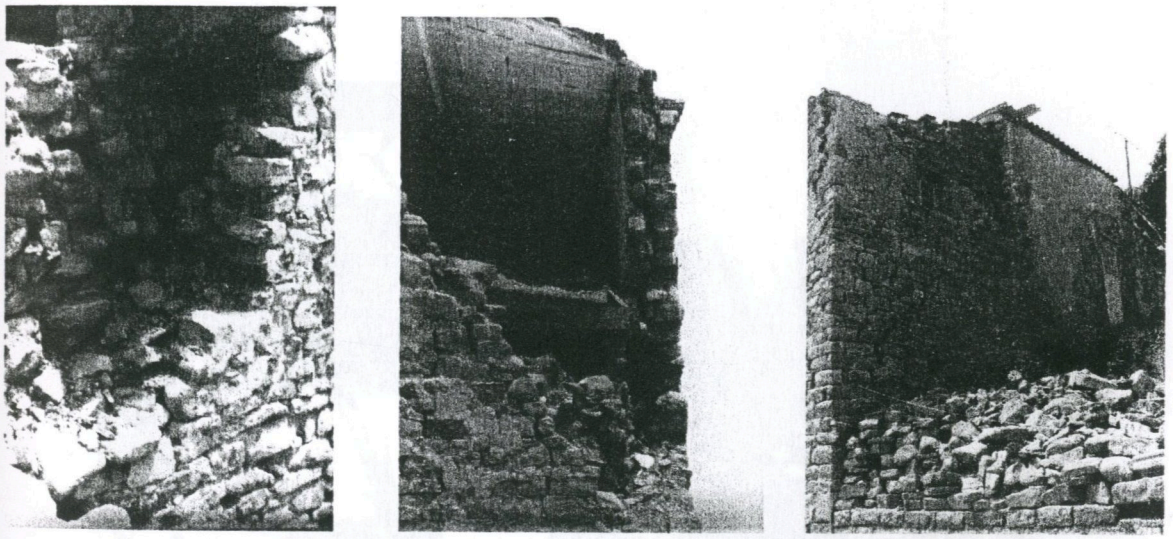


Fig 2.4.3- Destruction des murs porteurs

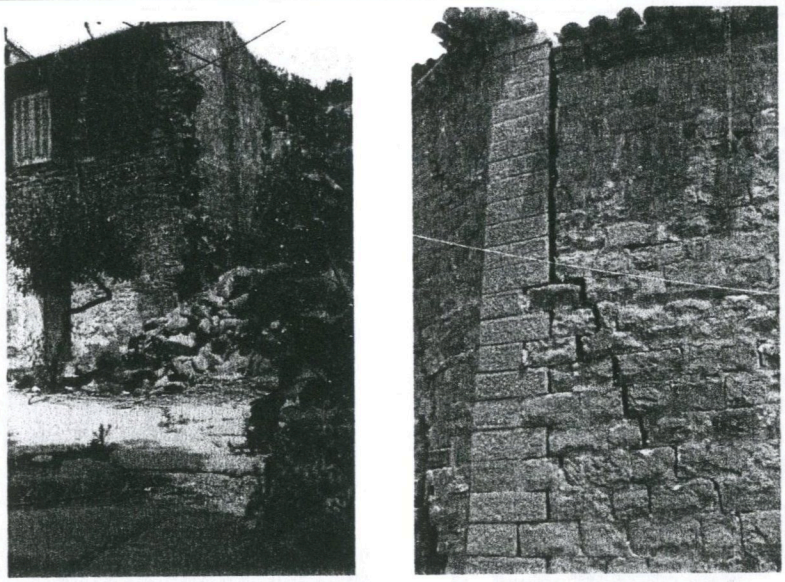


Fig 2.4.4- Fissure aux jonctions des murs

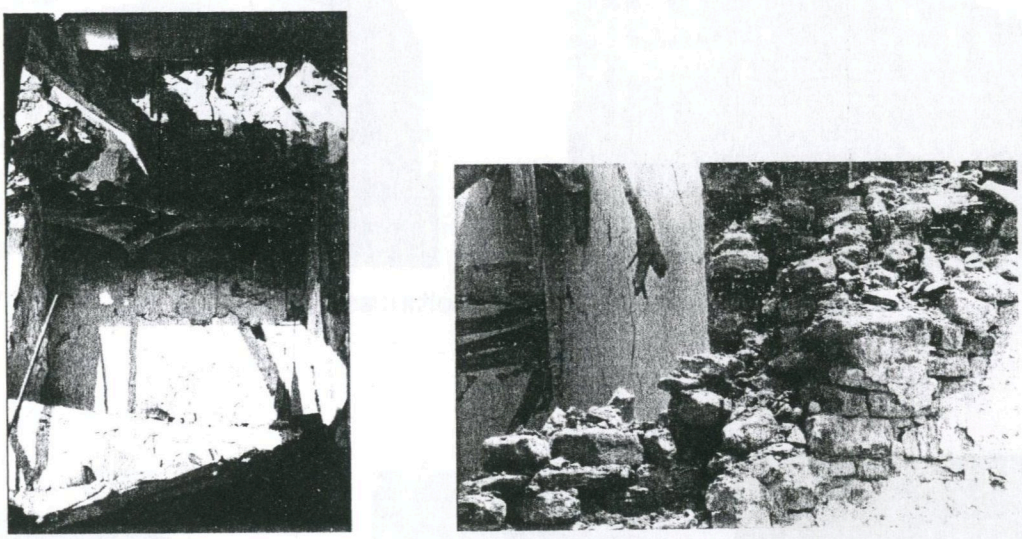


Fig 2.4.5- Destruction des planchers

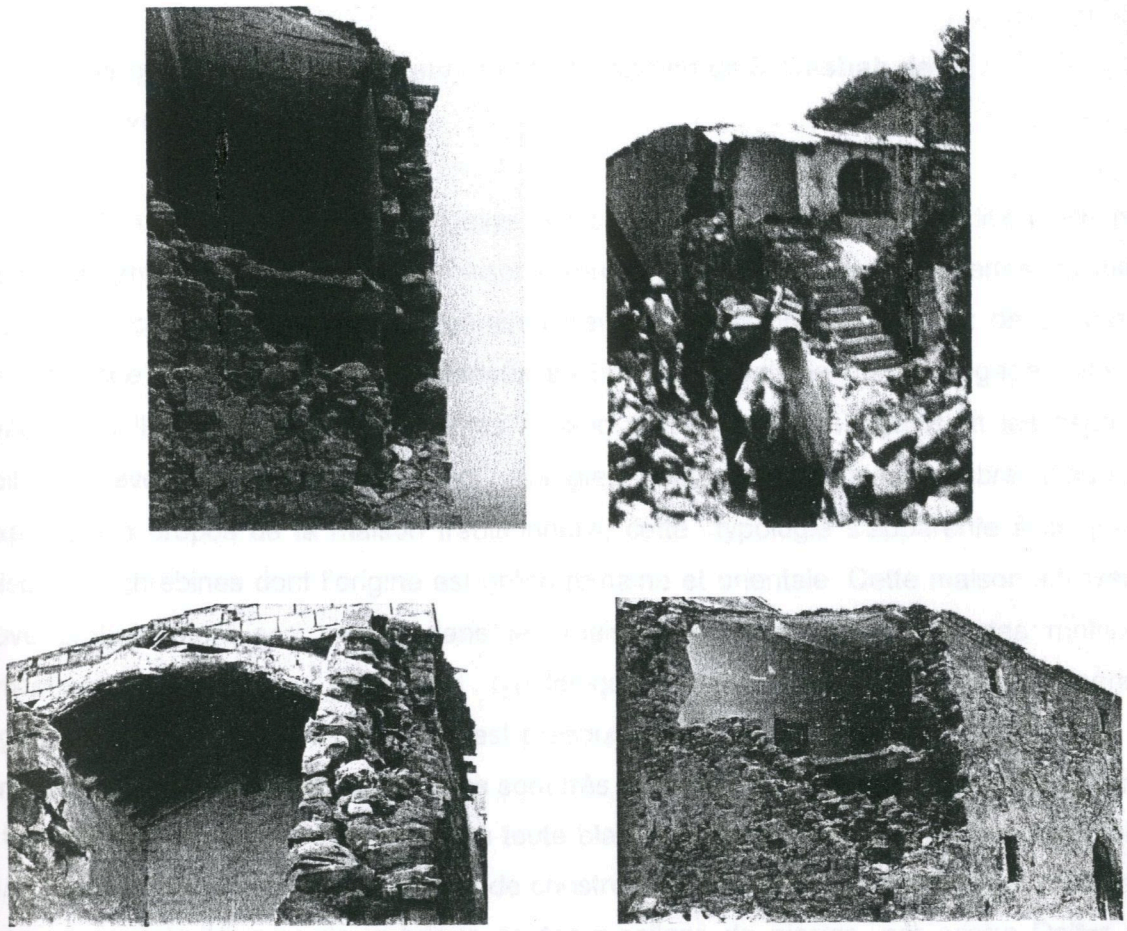


Fig 2.4.6- Destruction des toitures et des escaliers

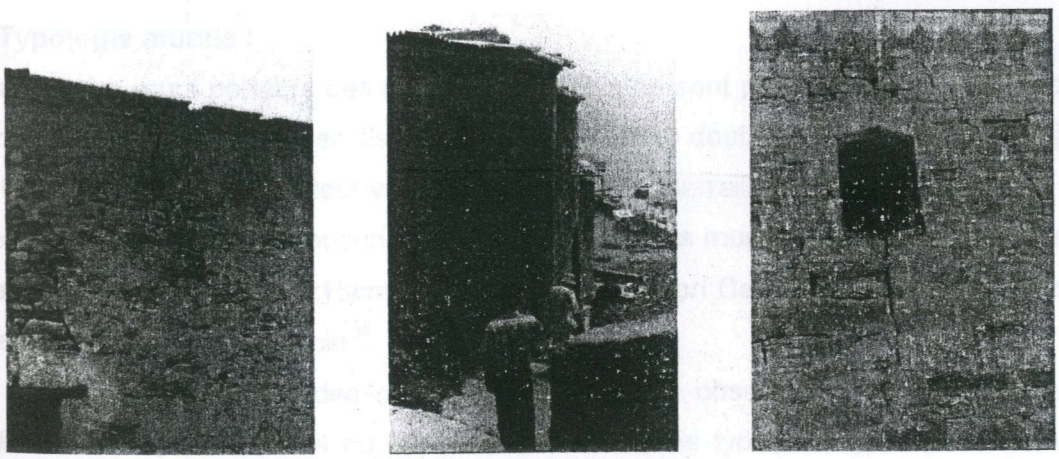


Fig 2.4.7- Fissures légères sur les murs porteurs

4.5 Pathologies d'origine sismique sur le bâti ancien de la Casbah de Dellys (vulnérabilité) :

Tout le noyau historique de Dellys est construit en maçonnerie traditionnelle non chaînée datant du Xème siècle. Les maisons sont à toitures en bois recouvertes de tuiles rondes. Ces constructions s'élèvent généralement sur deux niveaux, un rez de chaussée plus un étage avec des planchers réalisés en bois. La typologie qui se dégage dans ce noyau est celle des maisons introverties à patio autour duquel s'organisent les espaces habitables avec des murs extérieurs aveugles. Selon un certain nombre d'auteurs s'exprimant à propos de la maison traditionnelle, cette typologie s'apparente à celle des maisons maghrébines dont l'origine est gréco-romaine et orientale. Cette maison introvertie trouve probablement son origine dans les maisons à cours ayant subi des multiples transformations dans le processus typologique diachronique. De façon générale, l'organisation spatiale de ces maisons est presque identique aux maisons d'Alger. Mais du point de vue volumétrique les différences sont très apparentes. Alors que Dellys est couverte de toitures en tuiles, Alger s'offre à nous toute blanche avec ses toitures en terrasses (plan 2.4.1)[38]. Les matériaux et les techniques de construction de l'une et de l'autre sont différents. Alger est construite avec de la brique et des moellons de pierres, par contre Dellys est exclusivement bâtie en pierres.

4.4.1 Typologie murale :

La majorité des murs porteurs des maisons de Dellys ne sont pas construits en accordance avec ceux de la Casbah d'Alger. Ils sont composés d'une double paroi composée de pierre entre laquelle est disposé un tout-venant de terre et de pierrailles. L'épaisseur de ces murs est de 65 cm et ne présente aucun chaînage. Ce sont des murs banchés dont les mœllons de pierre variant entre 25x35x15cm et 35x45x20 cm. Selon Carrette (1848), cette typologie murale date depuis le Xème siècle[39].

Deux aspects d'assemblage des parois murales ont été observés. Ils sont généralement réalisés avec un petit appareil ou appareil isodome. Trois types de typologie constructive murale ont été dénombrés au niveau des maisons de Dellys :

[38] Relevés effectués en 2004-2005.

[39] Carette, A.E.H, 1850, « Algérie », l'univers ou histoire et description de tous les peuples, de leurs religions, mœurs, coutumes, Paris, Ed Firmin Didot Frères, pp 91-93.

D'autres dégâts de moindre importance ont été également observés sur ces constructions traditionnelles. Ils sont consignés dans l'abaque des mécanisme de rupture mineurs (les désordres mineurs) et sont énumérés dans ce qui suit (fig 2.4.13) :

- Des fissures des trumeaux (en croix aux arrêtes),
- Des fissures verticales le long des murs.

Les principales causes de ces désordres est due aux :

- Effort de cisaillement dans le plan des murs (fissures en croix).
- Efforts de traction dus à la flexion des murs (fissures verticales).

Ces murs dont la principale fonction est de supporter les charges verticales puis de les répartir vers le sol par le biais des fondations sont ceux qui ont subi les plus grands dommages, car c'est une maçonnerie non chaînée. Cette dernière est à proscrire dans les zones à risque sismique[41]

Néanmoins, certaines maisons ont résisté aux secousses sismiques. Il est probable que ce soit dû à la bonne qualité de règle de l'art.

La destruction massive du noyau historique est également due au fait que toutes les maisons sont mitoyennes entres elles avec un mur unique. La fréquence des oscillations des deux constructions accentue la concentration des contraintes dans le mur. L'absence d'un système de contreventement tels que les arcs de décharges ou les sabats n'améliore guère leur sismo-résistance (carte 2.4.5).

4.4.2 Les planchers :

Les planchers de Dellys sont, comme ceux d'Alger, réalisés en bois. Ils sont par contre composés de solives en rondins d'olivier non équarris (présentant des irrégularités) et disposés transversalement au dessus des murs (fig 2.4.14). Un voligeage particulier à Dellys

est constitué de branches d'olivier très dense, vient couvrir la partie supérieure des solives (rondins d'oliviers). Au dessus de ces solives sont disposées des pierres plates (grés) sur lesquelles une couche de mortier de terre est coulée. L'avantage des rondins réside dans le

[41] Besacier (2003). La prise en charge du risque sismique dans les constructions. Article disponible sur http: // www.Les catastrophes naturelles. Tremblements de Terre. Et RPA 1999 Addenda 2003

fait que toutes les fibres de bois travaillent, à l'encontre de celles qui sont coupées par le sciage. Ils ont donc une meilleure résistance.

Les désordres observés au niveau des planchers sont leur rupture. Elle est due spécialement au vieillissement des matériaux et à l'écartement des parois murales qui ne sont pas chaînées entre elles. Des rondins d'oliviers pourris et présentant des fissures ont été remarqués sur site (Fig 2.4.15).

4.4.3 Les toitures :

A Dellys toutes les maisons sont couvertes de toitures en bois recouvertes de tuiles. Les maisons de Dellys ont cette particularité qui probablement est une typologie berbère datant du Xème siècle et ressemblant de beaucoup à quelques constructions d'Alger datant de cette même époque, telles que la Grande mosquée d'Alger et la mosquée Sidi Ramdan.
Les toitures de Dellys sont réalisées avec les mêmes matériaux que les planchers. On utilise des poutres en rondins de bois non équarri (olivier) prenant appui sur les murs porteurs, au dessus desquels sont disposés des branches formant un voligeage. Sur ce dernier est coulé un mortier de terre qui reçoit les tuiles rondes (fig 2.4.16).
Seulement, ces toitures ont été surchargées de pierres, qui semble- t-il, étaient utilisées pour les maintenir, faute de mortier. Cette surcharge supplémentaire a augmenté le poids des toitures et qui les a rendues plus lourdes par rapport aux éléments de support, en l'occurrence les murs, créant ainsi l'effet de pendule. Cette inertie engendrée dans la toiture est par conséquent, la principale cause de la rupture des toitures (Fig 2.4.17). Ceci implique qu'il y a une méconnaissance des techniques d'entretien et un savoir-faire quant aux techniques de réparations de la part de la population. L'absence de contreventement des murs a également contribué à la destruction des toitures

4.4.4 Le q'bū ou encorbellement :

Cet élément architectoniques, héritage des Ottomans, est systématique dans chaque maison. Il est disposé à l'étage supérieur tels que le sont les *q'bū* d'Alger sous forme de décrochement qui s'étend en encorbellement à l'extérieur sur la rue. De même, ces encorbellements sont dotés de petites ouvertures. La construction des murs des *q'bū* est tout aussi similaire à certains murs d'Alger.

En effet, les murs des encorbellements sont composés d'une maçonnerie en pierre de tailles moyennes presque égales variant entre 15x20x20cm, 15x30x25 et 15x40x50cm disposée alternativement les unes au dessus des autres comme la brique. Cet appareillage est appelé isodome car les assises de pierres sont d'égale épaisseur[42].

A cette autre manière de construire, s'ajoute les murs de type *opus mixtum* où s'altèrent quasi régulièrement des moellons de pierre à des rangées de six (6) briques disposées sur champs et juxtaposées afin d'obtenir l'effet d'un oculus ajouré permettant la libre circulation de l'air. Même si cette technique n'a pas eu pour raison principale d'éviter les fissures des murs, son comportement sismique a montré que quelle que soit les stratifications d'une paroi murale, le barycentre diminue considérablement et les fissures se réduisent, du moins en longueur, ce qui rend moins vulnérable le mur. Ainsi la sismo-résistance subordonnée est effective.

Une troisième typologie constructive des murs des encorbellements où l'on a un mur en hourdé en pierres à laquelle est intercalé un rondin d'olivier (Fig 2.4.18).

Tel qu'il a été expliqué au chapitre des techniques constructives traditionnelles sismo-résistante[43], les murs ayant des appareillages similaires, étaient moins vulnérables aux efforts horizontaux. Ils résistent mieux aux sollicitations sismiques et les dommages sont minimisés car l'effet de bièle dans un mur n'apparaît pas. De ce fait, les lézardes et fissures diminuent. En plus, cette maçonnerie stratifiée a une fonction sismo-résistante subordonnée car elle fait baisser le barycentre global des masses et, par conséquent, tend à rendre la fonction sismo-résistante des murs plus importante.

[42] Vitruve. Les dix livres d'architecture. Traduction de Perrault (M.DC.LXXXIV), pp 42-49. Dans son 2ème livre d'Architecture Vitruve explique que la maçonnerie en pierre d'appareillage *isodome* ou *pseudisodome* (quand les assises sont inégales) est d'une grande solidité et qu'elle procure au mur une force pour durer fort longtemps. Cette grande solidité vient du fait que les pierres soient compactes et solides et qu'elles n'absorbent pas toute l'humidité du mortier qui la conserve ainsi à jamais. Il dit aussi que les lits de pierres étant égaux et à niveaux, empêchent que les matériaux ne s'affaissent et fissurent les murs ; ce qui l'entretient fort longtemps.

[43] Abdessemed-Foufa (2005), idem

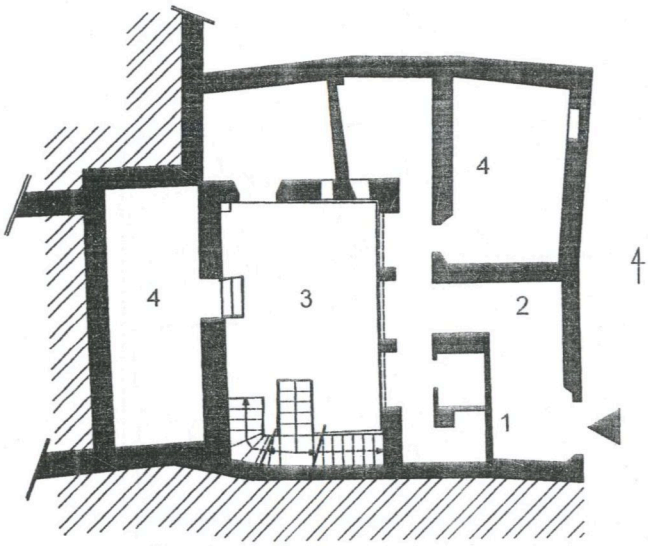
4.5 Conclusion :

Le séisme de Boumerdès du 21 mai 2003 qui a non seulement affecté l'ensemble de la Casbah de Dellys, mais toute la région de Boumerdès, en particulier les villages situés tout le long de la côte d'Alger à Tigzirt, s'étend au sud jusqu'à Bordj Mnaiel. Ce séisme a provoqué une véritable catastrophe sur les constructions anciennes en maçonnerie non chaînée localisées à la basse Casbah de Dellys. Le comportement sismique des structures anciennes s'est avéré des plus catastrophiques.
Le bilan des dommages recensés varie de la simple fissure à la destruction totale des constructions, la rupture des planchers, des toitures ainsi que celle des escaliers.

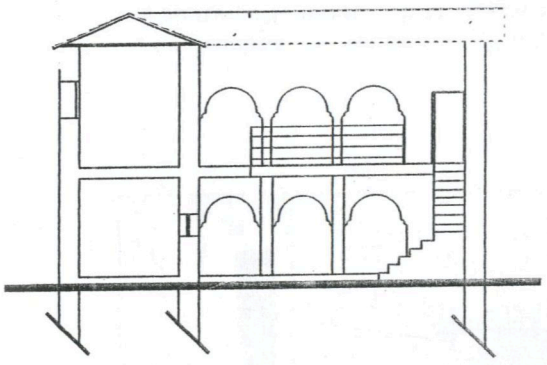
Néanmoins ce séisme a également montré que certains éléments structuraux et architectoniques à Dellys ne sont pas aussi vulnérables face à un séisme pareil. Leur réponse aux efforts horizontaux s'est avérée aussi efficace que la réponse attendue. Ces éléments sont certains murs à appareillage mixte et les *q'bū* ou encorbellements dont la technologie constructive est presque aussi similaire que celle des structures murales d'Alger. En effet, la paroi murale est composée de deux matériaux, l'un rigide et l'autre flexible. Cette stratification favorise une bonne fonction sismo-résistante.

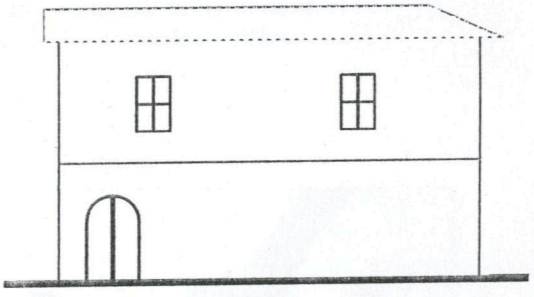
Le séisme de Boumerdès du 21 Mai 2003 a permis de vérifier le comportement sismique de certains détails constructifs sur des éléments architectoniques. En l'absence de tout laboratoire d'essai pour l'évaluation du comportement sismique des techniques traditionnelles, ce séisme a joué le rôle d'un véritable laboratoire d'expérimentation ou il n'y a eu aucune simulation mais un test bien réel.

La confirmation de l'importance de la fonction sismo-résistante des techniques constructives traditionnelles utilisées par les ottomans après 1716 peut dès lors être établie.

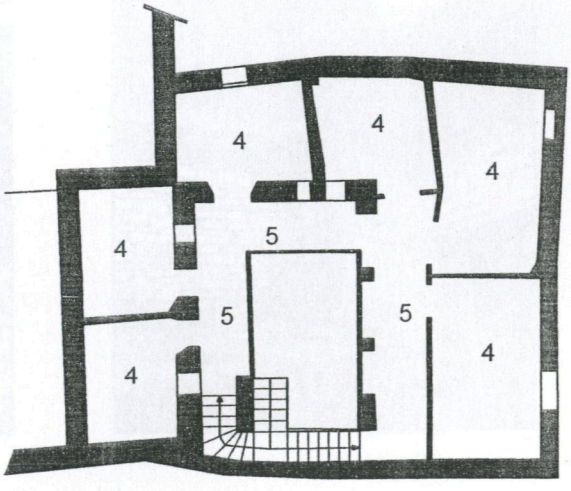


Plan du rez de chaussée





1- Entrée
2- Skifa
3- Cour
4- Chambres
5- Coursive

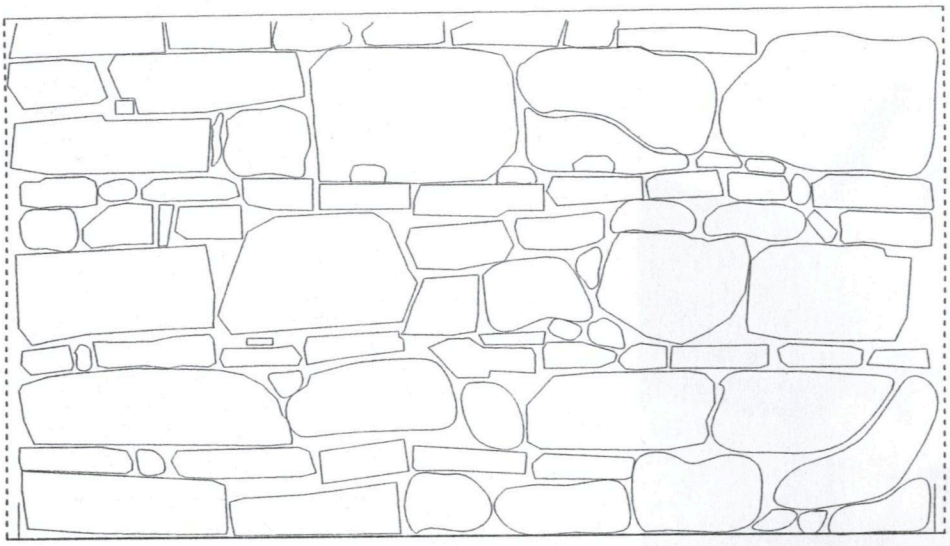


Plan de l'étage

Ech 1/200

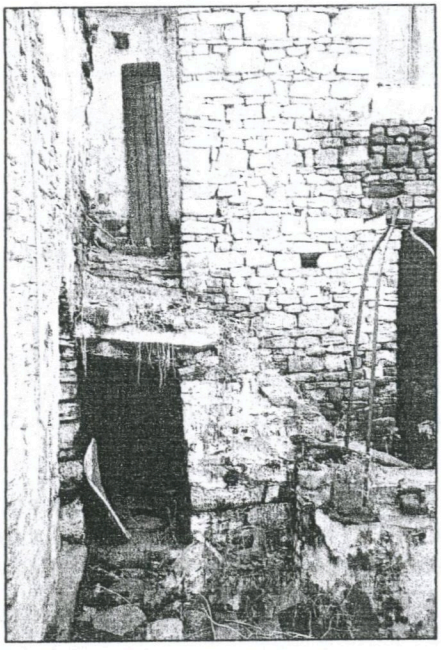
Plan 2.4.1- Typologie des maisons de Dellys

Maison mitoyenne par un seul mur



Ech: 1/10

Appareillage mixte "opus vitatum" hourdé au mortier sans ciment.
Les grosses pierres quadrangulaires sont callées par les petites.



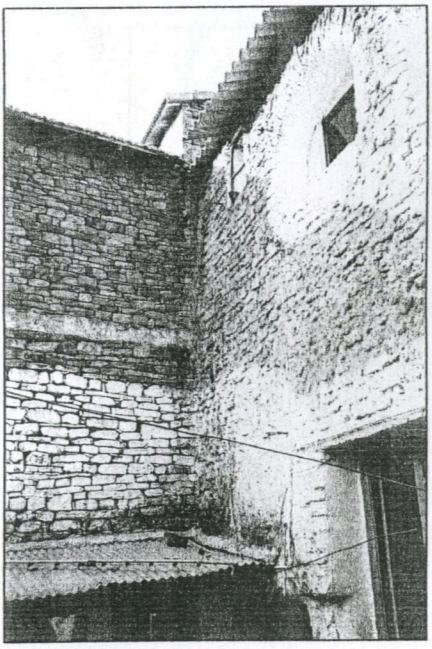
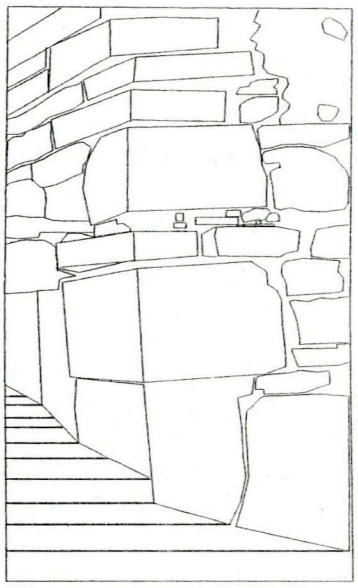
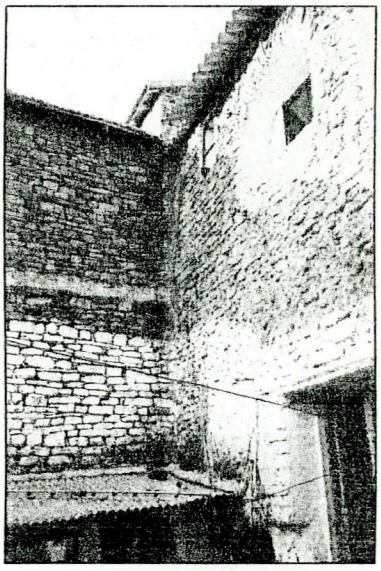
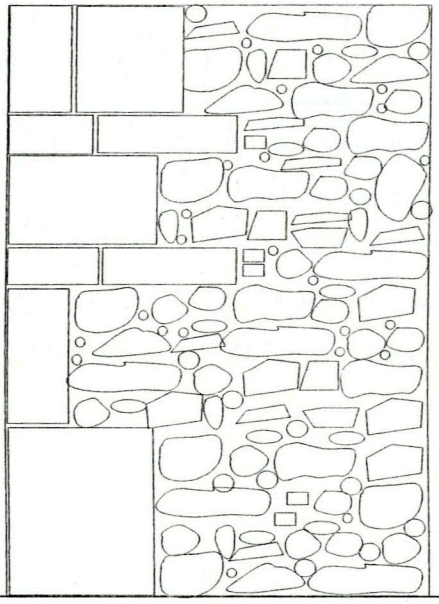


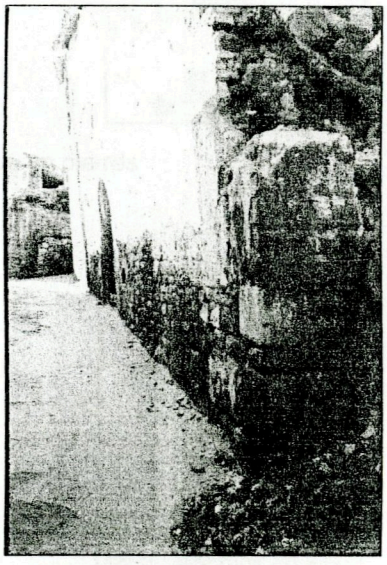
Fig 2.4.8- Typologie constructives des murs à Dellys





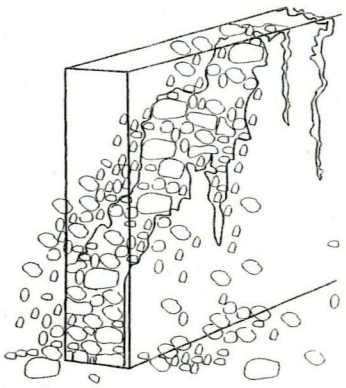


Ech: 1/33

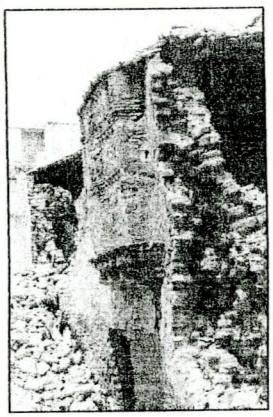


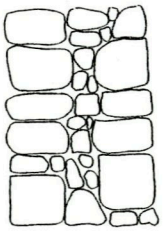
Le chaînage d'angle est assurée par de grosses pierres quadrangulaires probablement d'origine antique. Ce chaînage n'a pas résisté régulièrement aux secousses sismiques.

Fig 2.4.9- Typologie des chaînage des angles

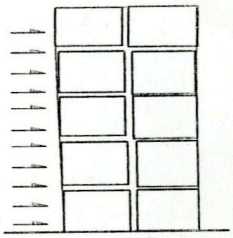


Restitution d'une destruction d'un mur porteur

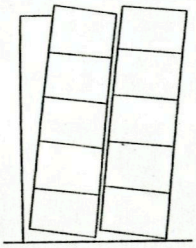




Profil



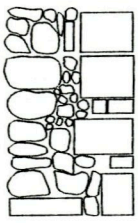
modèle mécanique



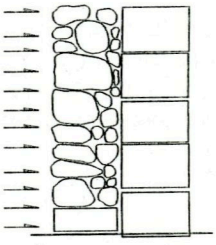
rupture



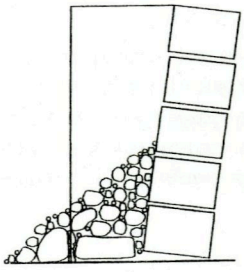
Simulation d'un mécanisme de rupture majeur sur un mur hourdé en pierres



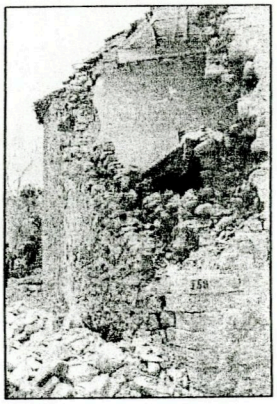
Profil



modèle mécanique

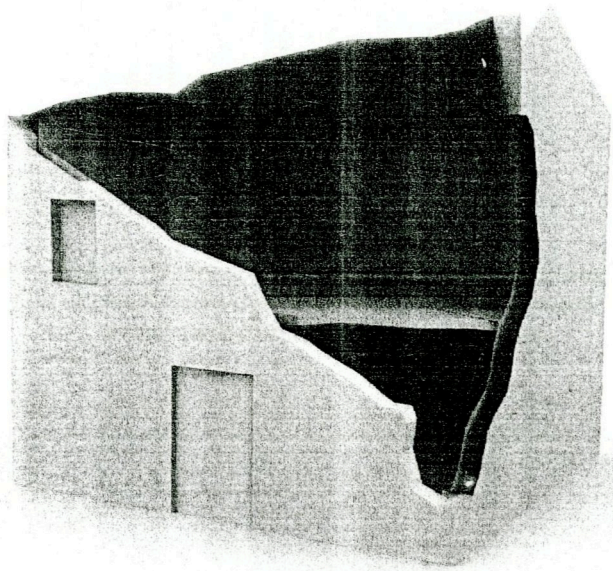


rupture



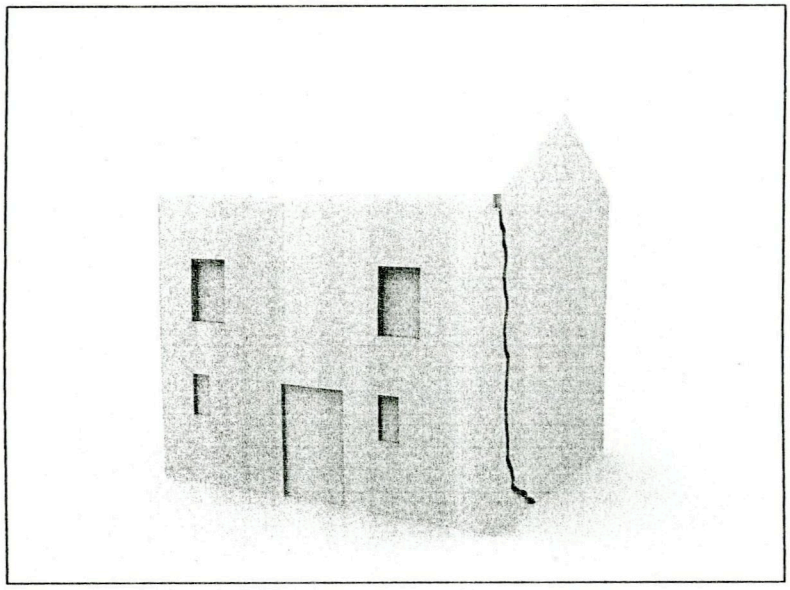
Simulation d'un mécanisme de rupture sur un mur chaîné à l'angle par de grandes pierres

Fig 2.4.10- Désordres observés sur la structure murale

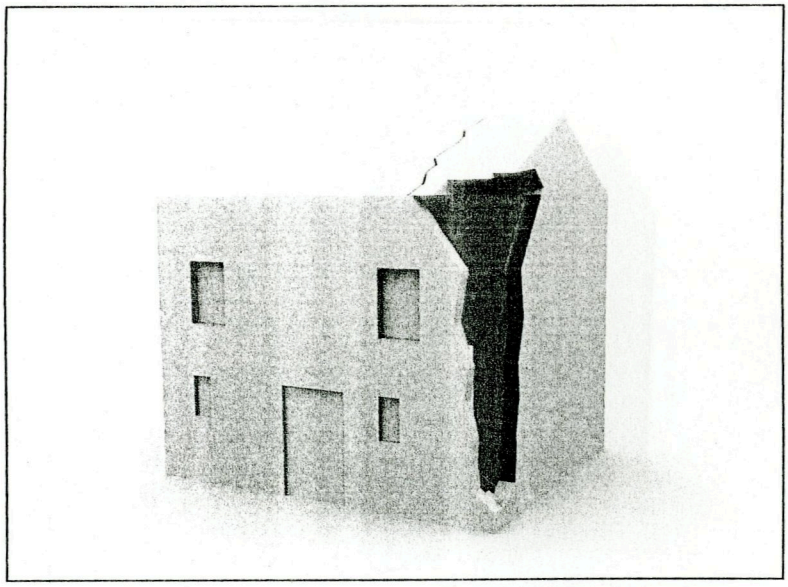


Destruction et effondrement des murs porteurs.
La rupture de la maçonnerie est due à la traction et au cisaillement.
Ceci est causé par l'absence de chaînages horizontaux et verticaux,
au poid de la toiture qui est insuffisamment contreventée ainsi qu' à
l'absence de plafond rigide.

Fig 2.4.11- Abaque des mécanismes de rupture (destruction) observés dans le noyau historique de Dellys

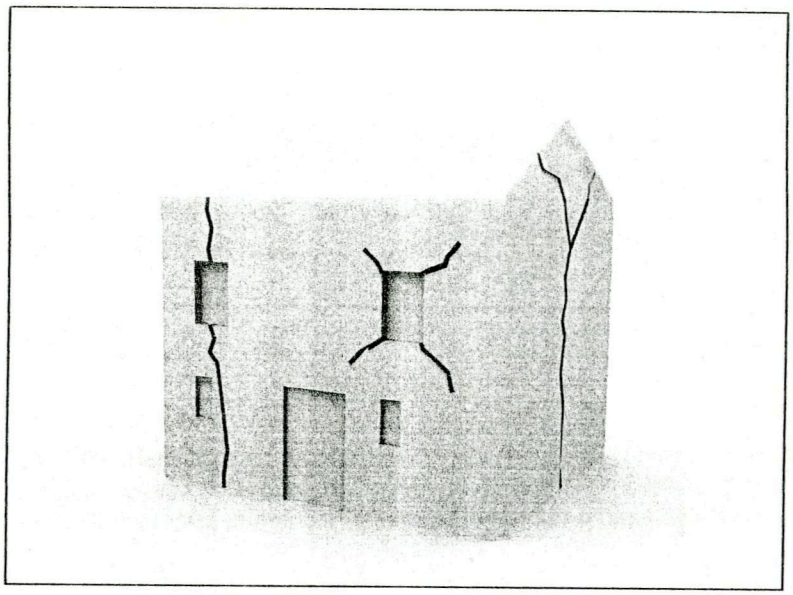


Fissures aux angles de jonction par la rupture de la maçonnerie par traction et cisaillement dues à l'absence des chaînages horizontaux et verticaux.

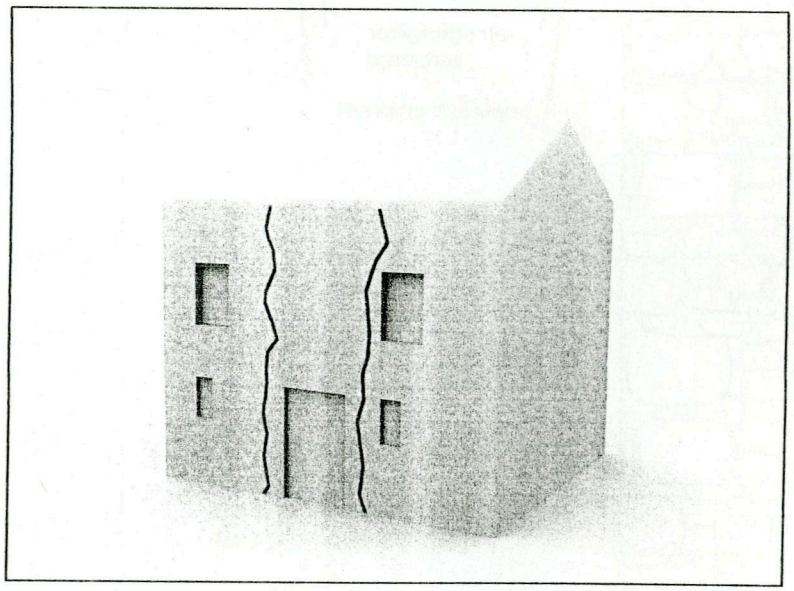


Fissures importantes aux angles de jonction ainsi qu'au niveau des murs mitoyens dues à la concentration de contraintes dans le mur provoquée par la différence des fréquences d'oscillation

Fig 2.4.12- Abaque des mécanismes de rupture majeure observés dans le noyau historique de Dellys

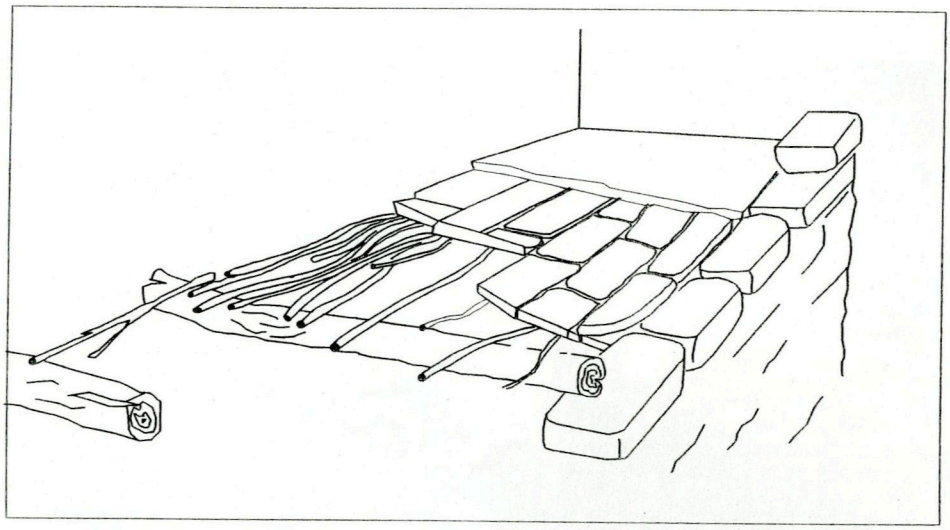


Fissures aux angles des ouverures (trumeaux et allèges)
dues aux efforts de cisaillement dans le plan des murs (fissures en croix)



Fissures verticales causées par les efforts dus à la flexion des murs.
Les principaux défauts sont l'absence de chaînage
et d'encadrement des ouvertures ou absence de plafond rigides.

Fig 2.4.13- Abaque des mécanismes de rupture mineurs observés dans le noyau historique de Dellys



Les planchers sont en général composés de poutres en rondins d'olivier sur lesquelles est disposé un voligeage de branches sur lequel sont posés de petites pierres paltes qui reçoivent un mortier à base de terre.

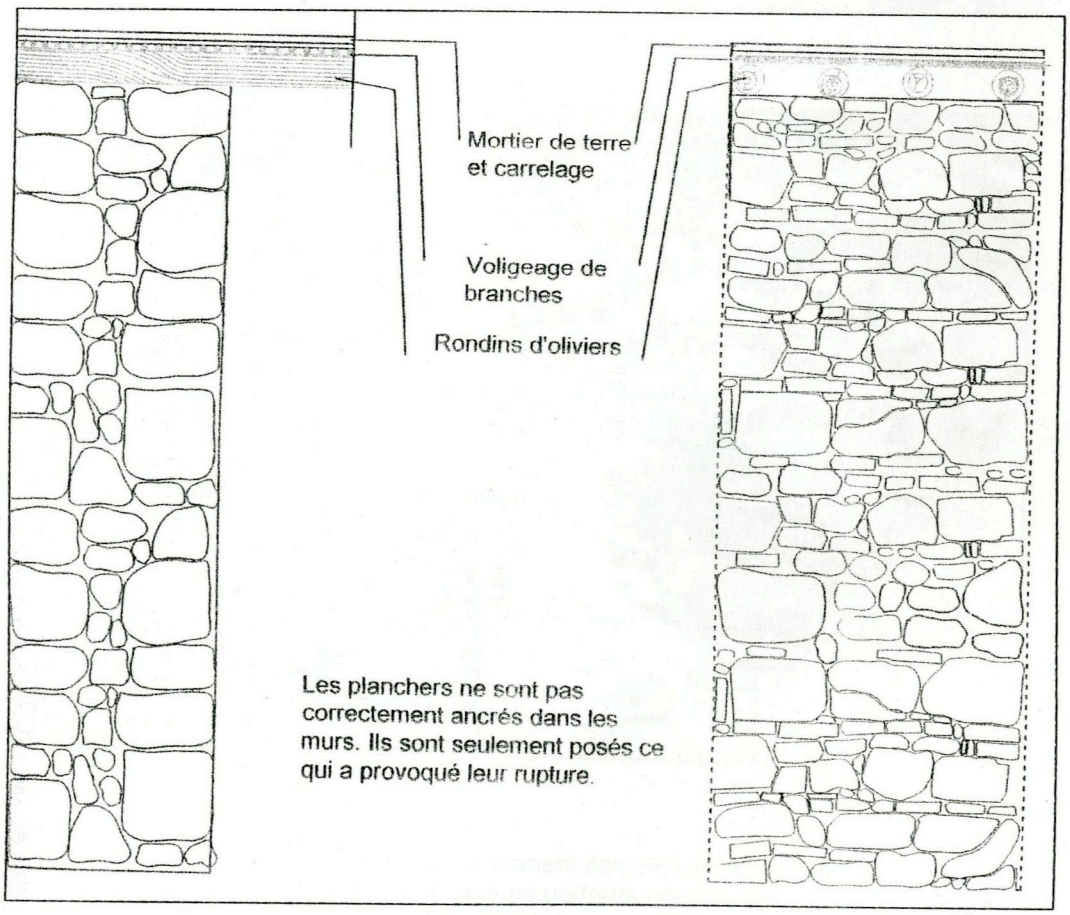
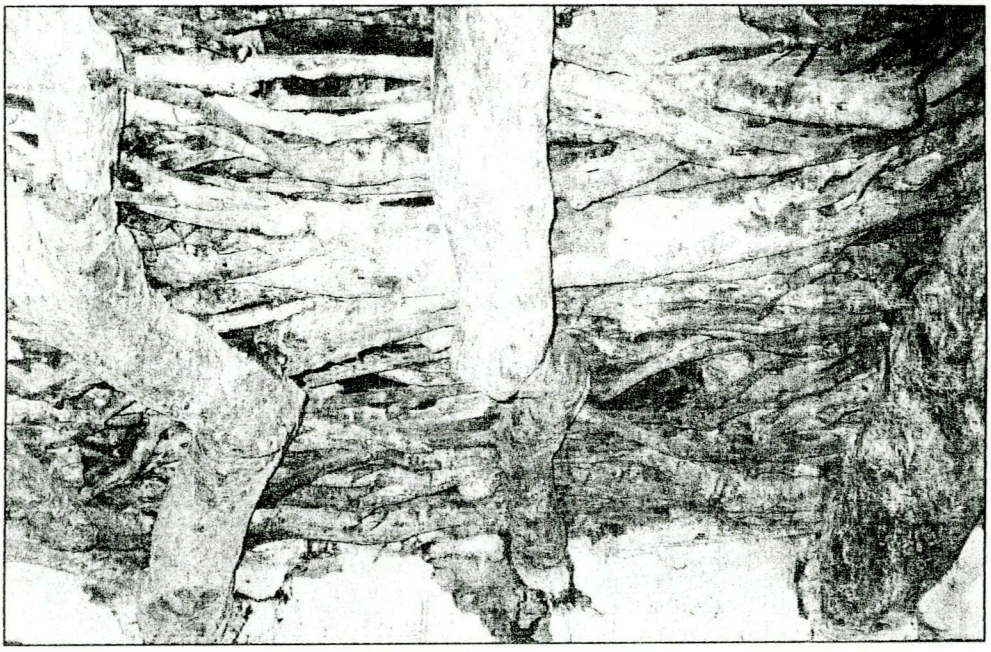
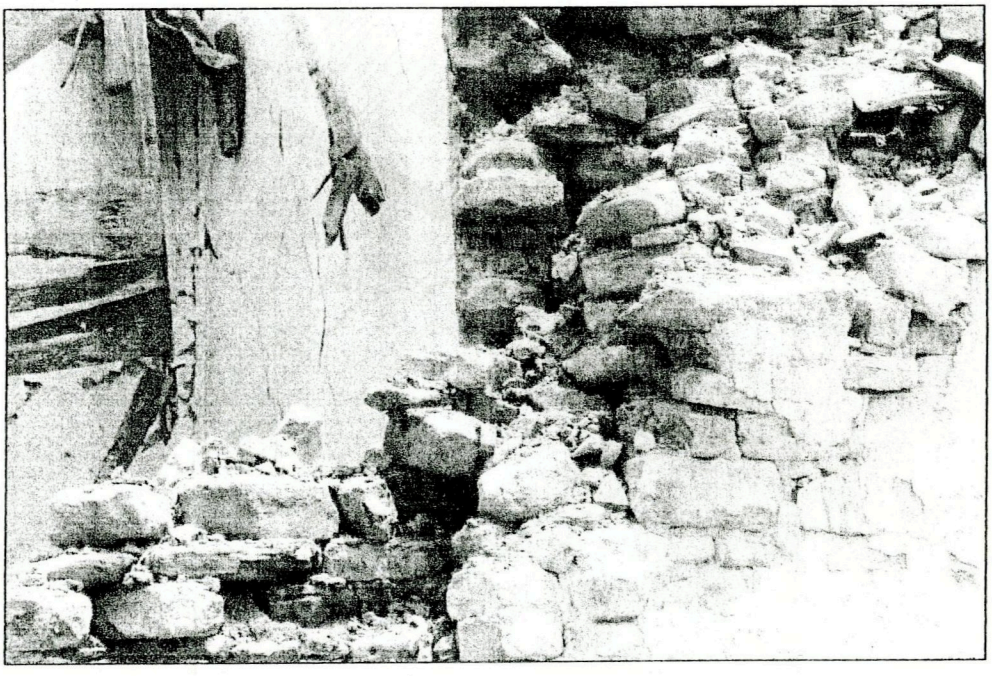


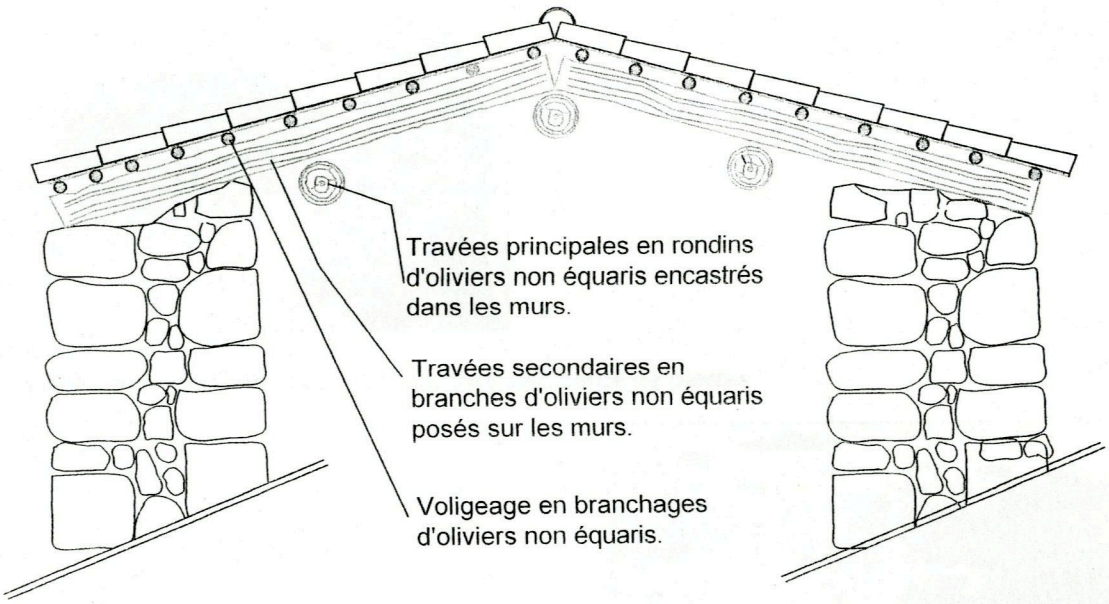
Fig 2.4.14- Typologie constructive des planchers





La rupture et l'effondrement des planchers est due
à l'écartement des murs porteurs non chaînés
ainsi qu'au viellissement des matériaux.

Fig 2.4.15- Rupture et effondrement des planchers



Coupe transversale
Ech 1/20

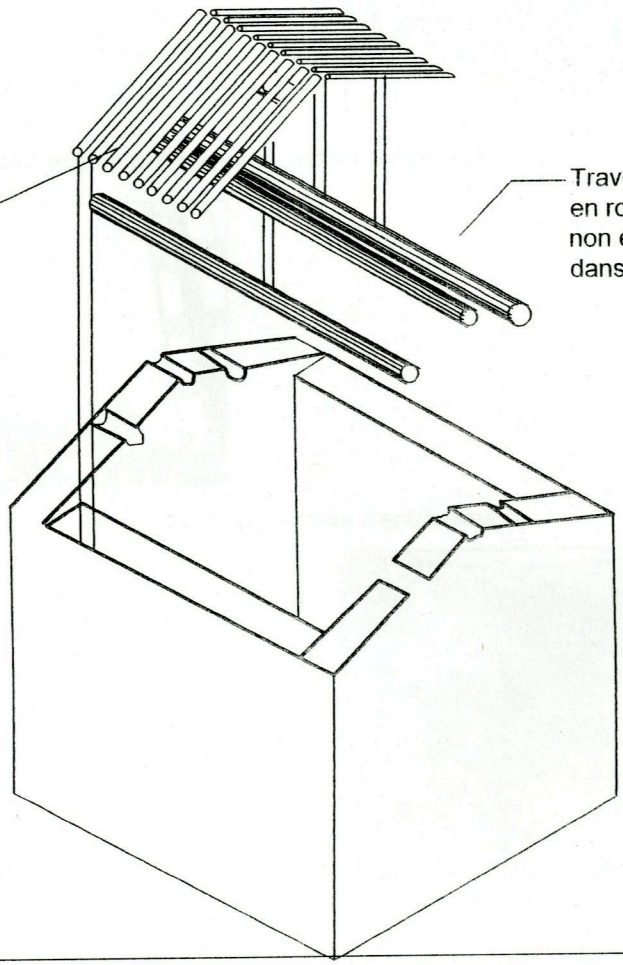
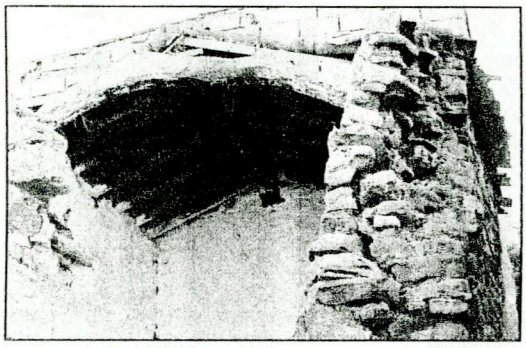
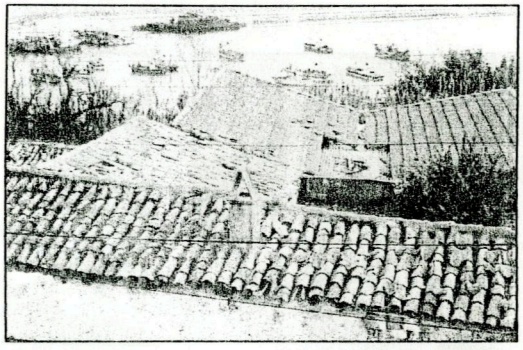


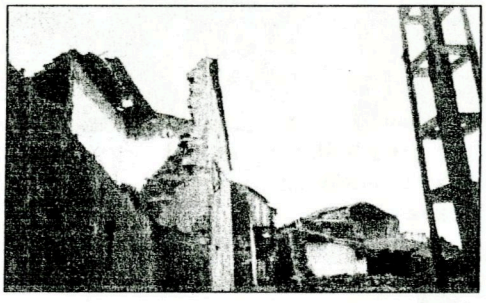
Fig 2.4.16- Typologie constructive des toitures de Dellys



Toitures des maisons allourdies par une surcharge de pierres



La surcharge a provoqué un effet de pendule



d'ou la destruction d'une grande partie d'entre elles.

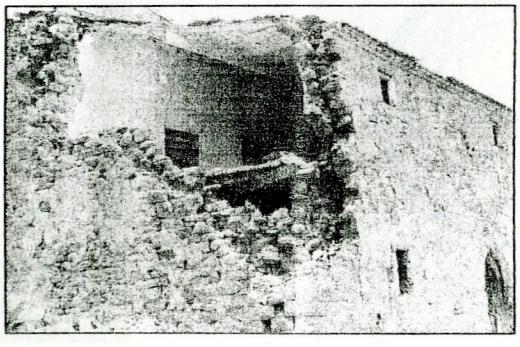
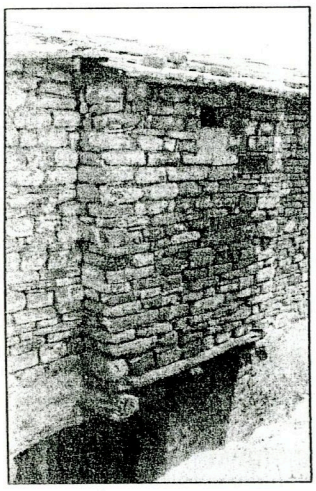
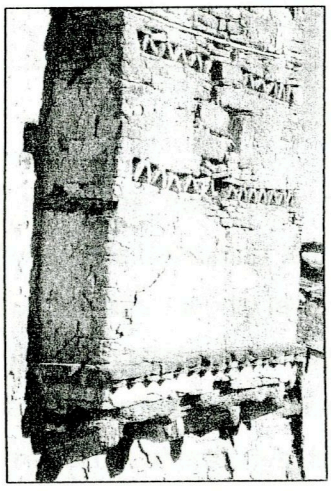
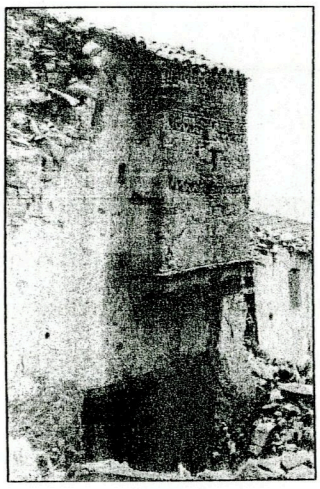
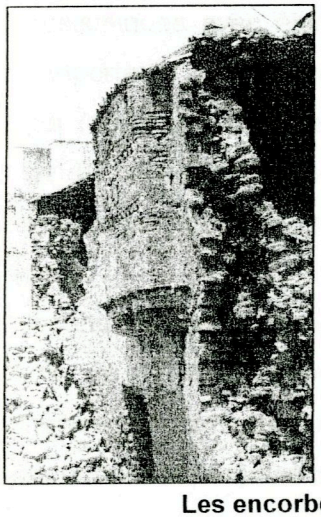
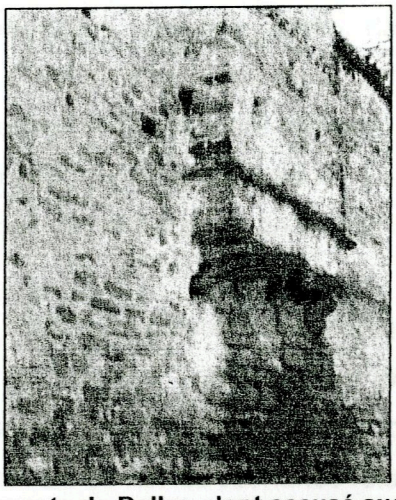
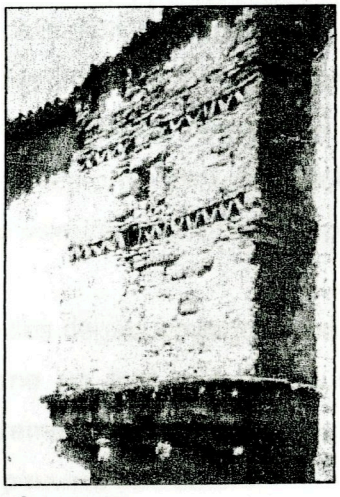
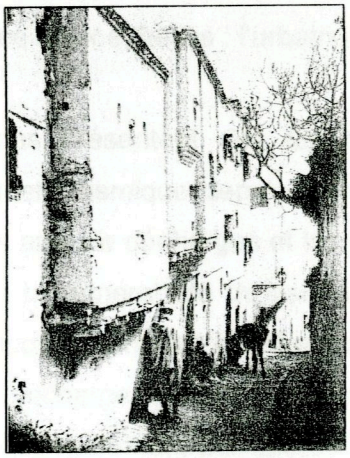


Fig 2.4.17- Désordres au niveau des toitures

Les encorbellements de Dellys n'ont accusé aucun dommage.
Leur sismo-résistance est due à leur typologie constructive
qui est similaire à celle de ceux d'Alger



Encorbellement d'Alger (Messikh 2000)

Fig 2.4.18- Sismo-résistances des encorbellements à Dellys

A l'échelle architecturale et constructive, il s'est avéré qu'aussi bien à Alger, à Fès qu'à Tunis, les techniques constructives sont quasi similaires. En effet la structure murale bien qu'ayant une fonction sismo-résistante subordonnée, elle est identique à travers tout le territoire maghrébin (Alger, Fès et Tunis). L'utilisation des mêmes matériaux aussi bien pour les murs (brique et mortiers à base de sable et de terre) que pour les planchers (bois réfractaire qui résiste au pourrissement) a été observée dans tout le Maghreb, bien entendu les dimensions de ces matériaux sont propres à chaque site. De ce fait la typologie constructives des ces éléments structuraux ne diffère guère d'un territoire à l'autre. Plusieurs types de murs ont été relevés, des planchers en bois, des arcatures en maçonnerie et d'autres en plates bandes sont véhiculés à travers le Maghreb.
Une particularité constructive se distingue à Alger. Ce détail est local et n'a pas été observé ailleurs. Il s'agit du mode constructif de l'arc algérois.

L'illusion première de mettre en exergue des techniques constructives préventives similaire s'est vite confirmée dès l'investigation *in situ*.
En plus de leurs similitudes géologiques, sismiques, architecturales et urbaines (sociales et culturelles), les médinas du Maghreb ont des techniques constructives similaires qui confirment leur appartenance à la même aire géographique.

Le séisme de Boumèrdes 2003 a permis à ce travail de confirmer les conclusions quand à la sismo-résistance de certaines techniques constructives. En effet ceux sont celles démontrées préventives qui ont résisté au séisme. Bien que ce tremblement de terre ait été des plus destructifs de ce siècle, c'était un test réel (en l'absence de tout laboratoire d'essai) pour vérifier le comportement des constructions traditionnelles en maçonnerie.
Les résultats concernent la structure verticale, en l'occurrence la typologie constructive des murs (à différentes strates), qui a résisté aux efforts horizontaux déclanchés par les secousses sismiques.

Conclusion Générale

L'approche historique développée dans cette recherche a permis une élaboration quantitative de nouveaux aspects liés au risque sismique, faisant ressortir de nouveaux paramètres à intégrer à l'ancien cadre de la connaissance sismologique. En effet, l'étude historique détaillée des effets sismiques passés contribue dans un premier temps à rendre compte du scénario urbain sous l'effet d'un séisme donné. Dans un second temps, elle permet l'identification des interventions sur le bâti ainsi que les techniques de reconstruction adoptées. Mieux est-ce que les techniques historiques ont été modifiées à travers le temps afin d'atténuer les effets des tremblements de terre futurs ?

Alors qu'un héritage à grande valeur architecturale est maintenu « en vie » dans le territoire maghrébin, il reste toutefois exposé à un haut risque sismique même si sur l'ensemble de ce territoire, il est modéré. Ceci dit, l'aléa sismique le plus élevé est localisé sur la bande côtière allant du Maroc en Algérie puis s'estompe et diminue en Tunisie. Les médinas d'Alger, Fès et Tunis sont situées dans cette région.
Donc, pour saisir l'apparition et l'utilisation des techniques constructives sismo-résistantes à *Al Djazair*, Fès et Tunis, une connaissance profonde sur les événements sismiques ayant survenu sur ce site s'est imposée. D'une part pour évaluer leur importance et leur récurrence et d'établir les types de dommages et leurs pathologies ; d'autre part pour faire ressortir les techniques préventives post-sismiques.
Ainsi donc, l'analyse de la sismicité historique du Maghreb a révélé que les trois médinas ont été affectées par des tremblements de terre tantôt forts tantôt modérés. Il en est ressorti que ces médinas ont subi les effets de certains tremblements de terre assez conséquents. Alger et Fès furent sérieusement endommagées respectivement par les séismes de 1716 et 1642 puis toutes les deux en 1755 par le même séisme alors que les effets ont été perçus de façon différente dans chacune des deux médinas. A Fès une partie de la ville a été endommagée tandis qu'à Alger sérieusement ressenti, le séisme n'a provoqué de dégâts que sur quelques constructions. Par contre Tunis, dont la sismicité est très modérée, n'a en fait eu que de très faibles dommages en 1758.

En outre, les sources auxquelles s'est rapportée cette recherche sont hétérogènes : elles varient des catalogues dont certains sont anciens et d'autres plus récents, des sources

historiques telles que les chroniques et les archives institutionnelles, des études récentes ainsi que de la presse, surtout celle contemporaine aux événements.

Ce qui apparaît de l'analyse de ces différentes sources est qu'Alger a été affectée par trois grands tremblements de terre connu : au XIVème siècle (1365) *Djazāir Banī Mazghennā*, au XVIIème siècle (1673) et au XVIIIème siècle (1716) *Al Djazāir*. D'autres tremblements de terre moins connus mais probablement importants (1353 et 1359) ont semble –il causé de sérieux dommages dans la cité médiévale. Durant la période ottomane, de nouveaux tremblements de terre presque aussi importants que le précédent car leurs effets ont été conséquents sur le bâti d'*Al Djazair* ont été recensés (1723 et 1755) puis des événements modérés jusqu'à la fin du XIXème siècle ont été ressentis. La récurrence entre les grands séismes est importante. Entre le premier événement et le second se sont écoulés trois siècles. Entre les deux derniers séismes pas plus de quarante ans se sont écoulés. Pour les séismes d'intensité légère, la médina d'Alger les a régulièrement ressentis dans une durée de temps ne dépassant pas les dix ans. Cette récurrence de séismes même modérés affaiblit le bâti, qui a été légèrement endommagé (lézardes aux murs).

La médina de Fès, tout comme *Al Djazair* a été affectée par de grands tremblements de terre, les plus importants sont ceux des XVIIème siècle en 1624 et XVIIIème siècle en 1755. Par la suite, elle a été encore secouée par des séismes modérés ayant produit des dommages sur le cadre bâti en 1773 et 1776. Les séismes légers ont également été ressentis à Fès. Toutefois il faut signaler que le nombre d'événements historiques, toutes catégories confondues ne sont pas nombreux (11).

De même la médina de Tunis a souffert de grands séismes mais peu nombreux. Les seuls qui ont pu être recensés comme importants sont ceux de 856 et 1758. Le reste des séismes sont classés de modérés à légers mais plus importants que les événements forts. En fait, la sismicité historique de Tunis n'a révélé que huit tremblements de terre dont deux importants cités ci-dessus.

Donc l'historique des tremblements de terre au Maghreb montre une sismicité variée. Elle est forte à modérée et récurrente à Alger et Fès tandis qu'à Tunis, elle est plutôt modérée à faible car c'est une toute petite partie de la Tunisie qui connaît des activités sismiques. De plus le Maroc et la Tunisie sont moins touchés que l'Algérie tout simplement parce que cette dernière possède un territoire situé à la frontière entre les deux plaques beaucoup plus vaste que les deux autres. Donc l'étendue des zones à haut risque est plus importante.

Les effets produits par les séismes peuvent être comparables que ce soit le cas d'une sismicité importante ou celui d'une sismicité modérée à légère et récurrente. Dans celui d'une sismicité importante et destructive, le cadre bâti est fortement endommagé et des techniques constructives préventives peuvent apparaître afin de réparer et de reconstruire. Lorsque la sismicité est modérée et récurrente, le bâti est fragilisé au fur et à mesure que les séismes reviennent et les mêmes attitudes apparaissent concernant les techniques préventives utilisées pour réparer.

Les dommages, les pertes en vies humaines, les conséquences et les coûts induits par les catastrophes tels que les séismes historiques, ne sont consignés dans aucun registre. Il n'existe de ce fait aucun bilan ni statistiques sur lesquels aurait pu se baser cette recherche. Pour réaliser par conséquent ce travail un dépouillement systématique des archives du *waqf* pour le site d'Alger s'est imposé. Afin de mieux cerner l'événement de 1716, les archives prises en considération ont été celles de la période comprises entre 1716 et 1720. En fait certaines études sur les *waqfs* ont fait ressortir que durant l'époque ottomane il existait une gestion de la médina d'Alger. Ces études sont axées sur plusieurs aspects tels que la gestion urbaine (Raymond 1985, Shuval 1989, Ben Hammouche 1994 et Seffadj 1995), la gestion et l'entretien des mosquées (Chergui 1998). Donc se hasarder à aller au delà d'une durée post-sismique raisonnable pouvait induire à des interprétations erronées car sur les registres du *waqf* étaient consignées les différentes opérations d'entretien qu'ont subi régulièrement les constructions. Des investigations les plus détaillées possibles ont été alors conduites sur les maisons individuelles en analysant les données pour chaque construction lorsque cela a été possible. L'analyse a été effectuée avec prudence, ne tenant compte que de ce qui avait relation avec le séisme. Les registres de constitution des *habūs* des maisons d'*Al Djazāir*, nous ont ainsi mieux aidé à connaître la répartition topographique des effets du séisme de 1716. Par ailleurs, les pathologies d'origines sismiques ont été déduites et plusieurs identifications de quartiers endommagés sont devenues possibles grâce à cette nouvelle documentation.

Le séisme du 3 février 1716 fait partie des plus importants tremblements de terre qu'ait ressenti *Al Djazāir*. C'est l'un des séismes historiques d'Alger le mieux documenté. Différentes sources se recoupent pour établir que c'est le tremblement de terre le plus grand qui a été ressenti dans cette région. C'est *Al-Zilzala Al-Kabira* comme le nommaient les habitants d'*Al Djazāir*. Il a endommagé non seulement les maisons intra muros mais aussi celles situées dans le *fahs* et quelques édifices religieux et palais. Ce séisme a également

provoqué le décès de plusieurs personnes. Des phénomènes naturels ont également accompagné ce séisme, il y eut des glissements de terrain et des liquéfactions de sol en dehors d'*Al Djazair.* L'intensité de ce séisme a été estimée à VII par Ambraseys et Vogt, tandis que Rothé l'a estime à IX. Vu qu'un grand nombre de maisons ainsi que plusieurs édifices religieux et palais ont été détruits ou endommagés, l'intensité attribuée à ce séisme ne peut que se rapprocher de celle établie par Rothé, soit IX.

De l'analyse des archives des *habūs* pour ce séisme, il en est ressorti un aperçu sur la localisation un tant soit peu exacte de certains édifices mineurs (maisons) et édifices majeurs (mosquées) endommagés et détruits. Ce qui a permis d'établir une localisation topographique des dommages. Cependant cette dernière n'est pas globale. En fait, les constructions répertoriées sont celles qui dépendaient de l'institution des *waqf* qui ne représentaient pas la totalité des constructions d'*Al Djazair* (elles étaient au nombre de 5000 en 1830). Le champ macrosismique établi sur carte pour le séisme de 1716 est un aperçu, par rapport à l'échantillonnage pris en considération, d'un tremblement de terre important survenu à Alger.
Des problèmes liés à la localisation des maisons se sont posés. En effet, il n'existait point d'adresse exacte (surtout numérotation de maisons) durant la période ottomane. Les maisons étaient connues par le nom de leur propriétaire telle que *dār al Qāid,* ou *dār H'līma al ṭ'wīla* et par rapport aux édifices du quartier dans lequel elles étaient localisées tel que *qūrb 'Ali Bitshīn, asfal sūq al balāṭ ou a 'lā 'ain shāh hūsīn.* Une délimitation d'une aire dans laquelle peut être circonscrite là ou les maisons détruites ou endommagées a été faite pour rendre compte de l'étendue de la catastrophe. La réponse sismique de la médina peut être reliée à la géologie extérieure dans le cas possible où elle est connue pour modeler le comportement de la totalité de la structure urbaine. Mais à l'heure actuelle il n'existe pas de carte géologique détaillée du site du noyau historique.

Durant cette recherche, aucun document officiel de l'époque de l'époque ottomane décrétant l'application de techniques constructives préventives n'a été trouvé et ce malgré la confirmation des sources. Il est possible que ce « code constructif » ait été décrété oralement, toujours est-il que la recherche de ce document continue toujours.

Il faut souligner qu'aucune étude systématique des archives des *waqf* marocain et tunisien n'a été effectuée. Les manuscrits arabes ont été d'une aide appréciable pour la connaissance des différents séismes de la médina de Fès. Mais il a été difficile d'établir les pathologies d'origine sismique ou encore localiser les dommages de manière sirconscrites. Les informations ont été importantes mais pas très détaillées. Vu la sismicité établie de

modérée à légère pour Tunis, il a été difficile d'évaluer en terme de dommages et de pertes en vies humaines les catastrophes qu'elle a subies. Le manque d'information suppose encore que ces événements sismiques étaient de moindre importance.

Fès comptabilise deux grands tremblements de terre assez bien connus en 1624 et en 1755. D'après *Al Fāssī*, suite à la destruction massive des maisons en 1624, la population de Fès s'est attelée à la démolition afin de prévenir les effondrements du bâti fortement endommagé. Selon *Al Qādirī*, les décombres déblayés de la ville ont obstrué la vue à travers *Bāb Djissa* vers *Djebel Zellāg* et la plaine. Cela suppose que les quartiers limitrophes ou sis à *Bāb Djissa* ont été les plus endommagés d'où leur imminente démolition par la population.
En 1755, beaucoup de maisons ont été détruites et nombre d'entre elles ont été endommagées. Les équipements et édifices religieux n'y ont pas résisté non plus. Plusieurs sources comme celles des notables *Fāssī*, des prisonniers et de la communauté juive marocaine décrivent les dommages de ce séisme. La presse de l'époque et les relations de voyage ont également évoqué cette catastrophe. Cependant il a été relevé que ce sont surtout les constructions de Fès *al bālī* qui ont été les plus endommagées et que dans leur destruction elles ont entraîné la mort de plusieurs personnes. Il est probable que des techniques sismo-résistantes aient été adoptées suite à ces deux tremblements de terre importants. Certaines techniques mises en exergue à Fès ont été localisées sis dans le quartier *Al Blida* limitrophe à *Bāb Djissa* par laquelle ont été acheminés les déblais vers l'extérieur de la médina.

La médina de Tunis quant à elle a une sismicité modérée et récurrente qui provoque des dégâts sur le cadre bâti et sur l'environnement car ce n'est pas l'intensité mais la répétition des événements qui affaiblit les constructions. Tunis a été détruite en 856 puis endommagée en 1758. Mais au courant du XVIIIème siècle plusieurs faibles séismes ont été ressentis dans un laps de temps très court.

Le système préventif qui a été observé dans les trois médinas du Maghreb apparaît tant dans l'aspect urbain que dans l'aspect constructif. Les techniques qui le démontrent ont été mises en évidence *in situ* à Alger, Fès et Tunis et démontrent un savoir-faire constructif qui a permis à ces médinas de perdurer dans le temps et qui témoignent de leur longévité malgré leur instabilité géologique (récurrence de séismes).
Du point de vue urbain Alger, Fès et Tunis ont un comportement dynamique lors des sollicitations sismiques car elles sont dotées d'éléments comme les *sabāts* et les arcs de décharge qui tendent à rendre le tissu compact et homogène.
Du point de vue constructif, les techniques mises en évidence, surtout dans les structures

murales en maçonnerie, se sont révélées similaires dans les trois médinas. En fait, la stratification des matériaux est identique. La différence réside dans les dimensions des matériaux (spécificité de l'aire géographique). Ces techniques constructives ont été développées à l'échelle régionale et témoignent de leur appartenance à cette même aire géographique qui a donné aux villes arabes de l'Afrique du Nord les mêmes caractéristiques structurelles et fonctionnelles.

Deux particularités ont été observées à Alger, elles résident dans un détail constructif de l'arc algérois et dans l'étayement des constructions après 1716. Ces techniques ont été développées dans un contexte local propre à cette médina.

Toutes ces techniques démontrées et mises en évidence suite à une recherche *in situ* ont une fonction sismo-résistante qui a permis aux constructions traditionnelles des médinas du Maghreb de durer et de traverser le temps malgré les nombreux séismes historiques qui les ont secouées.

Sur la rive nord du Bassin Méditerranéen (même aire géographique) d'autres pays situés dans les zones sismiquement actives tels que la Grèce, l'Italie et la Syrie font partie des premières civilisations antiques à avoir développé ce savoir-faire. Les récents tremblements de terre sur des sites historiques ottomans (Turquie 1999) ont démontré également que les constructions en maçonnerie chaînée avec du bois donc ayant une fonction sismo-résistante se sont bien comportées durant un grand tremblement de terre du XXème siècle.

Aujourd'hui, Alger présente un aspect de vétusté assez avancé. Le bilan élaboré par la CFRSGC est alarmant. Plusieurs constructions doivent être étayées et beaucoup menacent ruine. Celles qui sont dans un bon état sont peu nombreuses. Sans compter que le séisme de Boumerdès du 21 mai 2003 a encore aggravé l'état de certaines constructions du patrimoine mineur. Il a endommagé certaines constructions de la Casbah d'Alger. Le bilan qui en est ressorti fait état de dégâts importants sur des maisons vétustes et d'autres insignifiants sur des édifices. En fait, ce séisme a fait accroître la vulnérabilité des constructions de vétusté modérée.

L'aspect que présente aujourd'hui la médina de Fès est également alarmant. Beaucoup de maisons sont dans un état de vétusté avancé et la quasi totalité des maisons sont étayées. Bien qu'aucun séisme n'ait été enregistré dans cette médina depuis 1867, il n'en demeure pas moins qu'un tremblement de terre futur puisse engendrer des destructions conséquentes. Ne dit- on pas que là ou la terre à tremblé, elle tremblera encore ?

A l'état actuel des choses, Tunis semble être bien entretenue, toutes les constructions de la médina sont badigeonnées et ne laissent entrevoir à l'oeil nu aucun signe de dégradations. C'est une médina qui a bénéficié d'un plan de sauvegarde dont plusieurs opérations de réhabilitation et restauration ont été exécutée (quartiers Hafsia et Oukalas). Donc en l'absence d'un diagnostic fiable des constructions de Tunis, il est recommandé de porter une sérieuse attention car Tunis a été par le passé secouée par de forts séismes et en se penchant de plus prêt dans les constructions mineurs, on s'aperçoit qu'elles ne sont pas aussi bien conservée qu'elles le paraissent.

Les techniques constructives sismo-résistantes qui ont été mises en évidence *in situ* à Fès et à Tunis ont été comparées à celles découvertes à Alger afin de déterminer leur sismo-résistance. Bien entendu la comparaison au code parasismique en a établi cette fonction.

Les noyaux historiques affectés par le séisme de Boumerdès du 21 mai 2003 ont été de véritables laboratoires de simulation à ciel ouvert ou les effets, sur les constructions traditionnelles en maçonnerie, ont été bien réels et non artificiels. Un test qui n'aurait pu être établi à l'heure actuelle faute de moyens a permis des observations sur un site historique complètement dévasté par le séisme, en l'occurrence le noyau historique de Dellys.

Ce séisme a démontré le comportement de certaines techniques constructives. La maçonnerie non chaînée s'est détruite à Dellys et la maçonnerie à stratification mixte n'a pas été endommagée. La plupart des encorbellements de Dellys dont la technique constructive est similaire aux murs d'Alger ont résisté également et n'ont subi ni dégâts ni destruction. Ce tremblement de terre nous a donné l'opportunité de conclure que pour certaines composantes structurelles, tels que les murs porteurs à stratification mixte et les composantes architectoniques comme les encorbellements, la fonction sismo-résistante est effective.

L'élaboration du champ macrosismique des plus grands tremblements de terre d'Alger a été très difficile à réaliser vu le manque d'information disponible. Néanmoins la restitution topographique des zones endommagées ou détruites par les tremblements de terre de 1365 et 1716 renseigne un tant soit peu sur l'étendue de ces catastrophes. Cette tentative de restitution d'un scénario sismique urbain historique est un pas dans la connaissance des effets des tremblements de terre (historiques et futurs) sur Alger.

Elle permet de voir les conséquences d'un éventuel séisme sur ce qui reste du noyau historique ainsi que sur une grande partie de la basse Casbah, occupée aujourd'hui par d'autres constructions datant de la période coloniale pour la plus part d'entre-elles.

Les résultats qui ont émergé de cette recherche peuvent être appliqués pour diriger des stratégies générales de consolidation avec la fonction préventive et à une meilleure gestion du risque sismique dans les centres historiques. En effet la récupération et la réutilisation de ces techniques sismo-résistantes qui ont contribué au bon comportement sismique de ces médinas durant les différents séismes historiques peuvent être utilisées de manière innovatrice dans des techniques modernes. Ils contribueront dans les opérations de restauration et d'entretien du patrimoine mineur et majeur de ces centres historiques avec leur fonction sismo-résistante. Par ailleurs, la gestion du risque sismique à laquelle sont confrontés ces noyaux historiques du Maghreb, sera établie sur la base des différents scénarios sismiques urbains.

Pour récapituler, il faut souligner que c'est autour du thème des techniques constructives traditionnelles sismo-résistantes, que cette recherche a été conduite. En fait, si certains problèmes semblent avoir été résolus, de nombreuses questions sont restées sans réponses. Et il n'a pas été fait une analyse systématique de toutes ces composantes urbaines de la médina. Certains thèmes non abordés dans cette recherche méritent un approfondissement comme les divers équipements de la ville : les bains, les casernes, les *fūndūqs*, les édifices religieux et les palais. Seules les maisons, intra et extra muros dépendant de l'institution du *waqf*, et le palais du Dey ont été étudiés. Par conséquent l'ensemble de l'Habitat est concerné par cette étude afin d'avoir une connaissance globale sur les dommages, les pathologies d'origine sismique ainsi que les techniques développées. Toutefois, concernant certains édifices d'*Al Djazair*, un magistère sur le processus d'entretien des édifices religieux : cas de la grande mosquée d'Alger a mis en exergue certaines techniques constructives datant de l'époque ottomane qui ont été utilisées suite aux divers endommagements (bombardements et séismes).

En finalité le manuel des techniques constructives sismo-résistantes réalisé dans ce travail répond aux besoins en matière de réparations et restauration des constructions traditionnelles de la Casbah d'Alger en particulier et permet aux intervenants de disposer d'une documentation synthétique, relative aux mesures préventives traditionnelles et à la prise en charge du risque sismique par les populations anciennes.

Aussi souhaitons-nous que cette étude constitue un point de départ à d'autres travaux, personnels ou non, de façon à approfondir nos connaissances sur l'héritage culturel et son comportement sismique dans le Maghreb et plus particulièrement en Algérie.

Références Bibliographiques

Sources Historiques inédites

Archives Nationales d'Alger

Archives Wakf Ottoman (1715-1716). *Fond du Bayt Al-Baylik,* Microfilm n° 248, Registres 146-164, 1124-1127 de l'hégire,

Archives Wakf Ottoman (1716-1717). *Fond du Bayt Al-Baylik,* Microfilm n° 266, Registres 165-183, 1128 de l'hégire.

Archives Wakf Ottoman (1716-1717). *Fond du Bayt Al-Baylik,* Microfilm n° 276, Registrse 184-187, 1129 de l'hégire.

Archives Wakf Ottoman (1718-1720). *Fond du Bayt Al-Baylik,* Microfilm n° 211, Registres 117-127, 1129 de l'hégire.

Archives Wakf Ottoman (1718-1723). *Fond du Bayt Al-Baylik,* Microfilm n° 208, Registres 117-127, 1131-1135 de l'hégire.

Archives Wakf Ottoman (1719-1722). *Fond du Bayt Al-Baylik,* Microfilm n° 206, Registres 117-127, 1132-1134 de l'hégire.

Archives Wakf Ottoman (1666-1667 et 1781-1782). *Fond du Bayt Al-Baylik,* Microfilm n° 150, Registres 60-67.

Bibliothèque Nationale d'Alger

Manuscrit Ms. n°1292, *Ibn al-Imām* (sans date). « *Al Qadhā' bi al-marfaq fi al-mabānī wa nafy' al-dharar* ». Receuil de jurisconsultes malékite, de questions concernant la propriété urbaine et rurale.

Manuscrits, Ms n° 1619, *Ibn Khaldūn Yahia* . « *Būghyat al-rūwād fi ḍikr al-mūlūk min banī 'abd al-wād* »

Manuscrits, Ms n° 1630, *Al Tilimsānī, Mūhammad Ben Mūhammad Ben 'Abd-al-Rahmān* (1780). « *Al zahra al nāyira fimā djarā fi al-Djazāir ḥīna aghārat 'alayhā al-kūfārā* ».

Manuscrits, Ms. n° 1637, en arabe, anonyme sans date

Manuscrits, Ms. n° 1639. Chronologie de Pachas et Gouverneurs d'Alger de 915 à 1200, manuscrits arabe déposé chez le mūfti hanafi d'Alger Sidi Mustapha Garbin,

Manuscrit, Ms. n° 3213. Devoulx (1846).Histoire d'Alger.

Archives d'Outre-Mer à Aix en Provence (CAOM)

Microfilm 15 MI-25 n° 105, (1722-1724), registres de 1-384, 1134-1136 de l'hegire

Microfilm 15 MI-26 :

N° 113 (1721-1722 à 1725-1726), registres de 1-384, 1134-1136 de l'hégire ;

N° 116 (1723-24 à 1725-26), registres de 1 à 384, 1136-1138 de l'hégire ;

N° 118 (1720-21 à 1725-26), registres de 1 à 384, 1133-1138.

Microfilm 15 MI-27 :

N° 121, (1719-1721), registres de 1à 384, 1132-1133 de l'hégire ;

N° 123, (1718-1720 à 1729-1730), registres de 1à 384, 1131 à 1142 de l'hégire ;

N° 124, (1721-1722), registres de 1à 384, 1134 de l'hégire ;

N° 126, (1718-1719 à 1730-1731), registres de 1à 384, 1133-1139 de l'hégire ;

N°128, (1719-1720 à 1720-1721), registres de 1à 384, 1132-1133 de l'hégire ;

Microfilm 15 MI-28 n° 129, (1722-23 à 1724), registres de 1à 384, 1135-1136 de l'hégire ;

Microfilm 15 MI-32 :

N° 175, (1716-17 à 1761-62), registres de 1à 384, 1128-1175 de l'hégire ;

N° 185, (1716-1717), registres de 1à 384, 1128 de l'hégire ;

Microfilm 15 MI-33 n° 194, (1718-19 à 1756-57), registres de 1à 384, 1130-1170 de l'hégire ;

Microfilm 15 MI-37 :

N° 216, (1718-19), registres de 1à 384, 1131 de l'hégire ;

N° 217, (1715-20), registres de 1à 384, 1127 de l'hégire ;

Microfilm 15 MI-45 n° 327, (1690 à 1773), registres de 1à 384, 1101-1150 de l'hégire ;

Archives nationales de France

Courier consulaire 1716

Correspondance des consuls de France à Alger 1642-1792,

Affaires étrangères B^1 120, 1716 à 1720

F° 3-4- 5 février 1716,

F° 6-7- 21 février 1716,

F° 8-9- 10 mars 1716,

Affaires étrangères B^1 121, 1721 à 1729

F° 87-89- 1er Janvier 1723

F° 109-111 1er Juillet 1723

Plaquette 4 feuilles, n° 0^3 312. BNF, Paris. Anonyme (sans date). Des terribles ravages occasionnés en Afrique par le cruel tremblement de terre qui a détruit la plus grande

partie du Royaume de Maroc : avec un détail de tout ce qui s'est passé du 1er novembre jusqu'à présent.

Archives du Gouvernement Général d'Alger

Rapport du GGA tremblement de terre de 1867

Archives nationales du Royaume du Maroc :

Manuscrit, Ms n° 100 Kh Ḥ (*al Khazīna al Ḥassaniya*). Ibn Abī Maḥalī. « *'Aḍ ra' al wassāil wa haūdaj al rassāil al aṣlab*»

Manuscrit, Ms n° 122 Kh Ḥ (*al Khazīna al Ḥassaniya*). Al Qadirī (décédé en 1742). «*Il tiqāṭ al darar wa mustafād al mawā 'idh wa al 'ibar min akhbār wa a'yān al mia al ḥādy wa al thāny 'ashar*». Bibliothèque royale du Maroc, Rabat.

Manuscrit, Ms n° 685 Kh 'A (*Al Khazīna al 'Alawiya*). Al Zayānī abū al Qāsim. « *Al tūrjūmān al maghrib 'an dūwal al mashriq wa al maghrib*». Bibliothèque Royale Rabat.

Manuscrit, Ms n° 1001 Kh, *Al-Sūyūti Abū al fadhl 'Abd al-Rahmān ben Abī Bakr ben Muhammad Jalāl al-Dīne al Khūdayrī al-Shāfi'ī* (1445-1505). *«Kashf al-salsala ' an wasf al-zalzala».* Bibliothèque Royale du Maroc, Rabat.

Manuscrit, Ms n° 1080 k. Al Fāssi 'Abd Allāh (décédé en 1678). «*Al l'lām liman ḥadhara wa min ahl al qarn al ḥādī 'ashar* ». Bibliothèque Royale du Maroc, Rabat

Manuscrit, Ms n° 2152 *Kh 'A*, (*al Khazīna* al *'Alawiya*). Anonyme (décédé en 1842). *«Nab'ḍa min tārīkh al maghrib»*. Bibliothèque Royale Rabat.

Presse :

Gazette de France n° 10 du 8 mars 1716

Gazette de France 20 Mars 1716

Journal historique sur les matières du temps, Avril 1756

Journal des Débats (1802),

Akhbar, (1850, 52, 54, 58, 59, 67, 76, 88, 95)

Le Moniteur (1867, 75, 76, 95)

Esperis Tamuda (1948, 1975)

El Moudjahid, El Watan, Le soir d'Algérie (2003).

Sources Historiques:

1. Abī Zār' A (Ibn)(1326). *Rawḍ al Qirṭās*. Histoire des souverains du Maghreb et annales de la ville de Fès. Traduction A. Beaumier (1860). Nouvelle Ed Laporte. Rabat. 321 p.
2. Africain (Léo L') (1550). Description de l'Afrique. Traduction de A. Epaulard (1980-81). Publication des Hautes Etudes Marocaines, Paris.
3. Atlas historique (1719), Atlas historique ou nouvelle introduction à l'histoire, à la chronologie et à la géographie ancienne et moderne, tome V et VI, contenant l'Asie, l'Afrique et l'Amérique septentrionale et méridionale, Dissertation sur la Barbarie qui comprend les royaumes de Barca, de Tripolie, de Tunis, d'Alger, de Fez et de Maroc.
4. Aucapitaine M.1856, Note sur le tremblement de terre ressenti en Algérie du 21 au 25 Août 1856, Collection Académique Scientifique, Paris, XLIII, p 765
5. Aumérat (1897). la propriété urbaine d'Alger, Revue Africaine 41, pp 321-330
6. Aumerat (1898), La propriété urbaine à Alger, RA n°42, pp 168-201
7. Bakri, (Al) A.O, (1965), Description de l'Afrique septentrionale par Abou Obeid El Bekri, traduit par Mac Gukin de Slane, Ed Adrien-Maisonneuve, Paris.
8. Ballore (De) M (1906), Les tremblements de terre, géographie seismologie, Chap XVIII Bassin occidental de la Méditerranée, Les pays barbaresques : Maroc, Algérie et Tunisie, Ed Armand Collin, Paris, pp 333-342.
9. Bargès J.J.L (Abbé) 1877, Complément de l'histoire des beni Zeiyan, rois de Tlemcen , Ed Ernest Leroux, Paris, 621 p
10. Berbrugger A (1867), les tremblements de terre algériens, Akhbar, journal de l'Algérie, dimanche 13 janvier, 7 Ramadan, n°4386-20eme année.
11. Berbrugger A. (1861). Archéologie. Des environs d'Icosium. In Revue Africaine n° 5, pp 131-143.
12. Berg M (1757). Description de l'esclavage Barbaresque dans l'empire de Fez et au Maroc. Stockholm.
13. Bianchi (1877). Secrétaire- interprète du Roi, *Relation de l'arrivée dans la rade d'Alger du vaisseau de S.M. La Provence sous les ordres de M. le Compte de la Bretonnière et détails de l'insulte faite au pavillon du Roi de France par les algériens, le 3 Août 1829*. Revue Africaine n° 21.

14. Bourjot (De) St Eugène (1867). Notes sur les tremblements de terre applicable à celui d'Alger du 2 janvier 1867. In Akhbar- Journal de l'Algérie, n°4383- 29eme année
15. Burzet, (Abbé) (1869). *Histoire des désastres de l'Algérie, 1866, 1867, 1868*, Alger, Imprimerie Centrale Algérienne.
16. Carette, A.E.H (1850). *Algérie, in l'univers ou histoire et description de tous les peuples de leurs religions, mœurs, coutumes*, Paris, Ed Firmin Didot Frères, 228 p.
17. Chesneau, M (1892), Notes sur les tremblements de terre en Algérie. Annales des mines, neuvième série, T1, pp 5-46, Ed Dunod, Paris, p 8.
18. Comelin F, P de la Motte et J Bernard (1720), Voyage pour la rédemption des captifs aux royaumes d'Alger et de Tunis, Ed L.A Sevestre et P.F Giffart
19. Danan Ibn (1624). Ms. Textes judéo-arabe, année 5324, texte n°XV. Traduit par Vajda (1948), in Hesperis Tamuda, vol XXXV, pp 346-348.
20. Delphin, G, 1922, Histoire des Pachas d'Alger de 1515 à 1745, Extrait d'une chronique indigène, Extrait du Journal Asiatique (Avril-Juin 1922 et Janvier-Mars 1925), Paris, Imprimerie Nationale.
21. Devoulx, A (1866), Les édifices anciens de l'ancien Alger, Ch XXXVI, La Grande Mosquée, Rue de la Marine. Revue Africaine n° 10, pp 221-230, pp 228-229.
22. Devoulx, A, (1861), « Notes historiques sur les mosquées et autres édifices religieux d'Alger », dans Revue Africaine vol 6, pp 203-205.
23. Devoulx, A, (1875), « Alger. Etude archéologique et topographique sur cette ville aux époques romaines (Icosium), arabe (Djazâir Beni Mezghanna) et turque (El Djazâir) » in Revue Africaine vol 19, pp 295-332 et 385-428.
24. Fāssī Al AEK (1599-1680). «*Rissāla li ba'dhi aqāribihi*». Transcrite par Al-Qādirī dans «*Nashr al-mathānī li ahl' al-qarn al-ḥādi wa al-thānī a'shar*' ». Nouvelle édition annotée par Hadji et Tewfik (1982). Ed Al-Nadjah. Casablanca, Maroc. V 1, 261 p.
25. Gramaye (J.B De). Alger XVe-XVIIe siècle. Journal de Jean-Batiste Gramaye, « Evèque d'Afrique ». Traduit par Ben Mansour Abdel Hadi (1998). Ed Cerf, Paris. 773 p
26. Grammont (H De) (1887), Correspondance des Consuls d'Alger, RA n° 32, pp 52-80
27. Grammont, (H De), 1887, Histoire d'Alger sous la domination turque 1515 -1830, Ed Levoux, Paris, 310 p.
28. Haedo (D De) (1578-1581). Topographie et histoire d'Alger. Trad Monnereau et Berbrugger. Transciption Rebahi A. Collection Histoire, Ed G.A.L. Alger, 251 p.

29. Khaldoun Ibn A, 1978, Histoire des berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique septentrionale, traduit par Mac Guike de Slane, Ed Geutner, Paris, vol 2
30. Khaldoun Ibn A. *Al Mūqadima.* Discours sur l'Histoire universelle. Nouvelle traduction préface et notes de Vincent Monteil.
31. Marmol-Carvajal (Del) L (1553-1599). Descripción general de Affrica. Madrid. Inst. De Estudiod Afr. Traduit par P. d'Ablancourt (1953) sous le titre de L'Afrique de Marmol. Ed Billetaine. Vol 2. La ville de Fez et sa région. 320 p
32. Mercier E (1895). Habous ou Ouakaf ses règles et sa jurisprudence. Alger. Imp Jourdan.
33. Nasiry (Al) A Al Salawi (décédé en 1897). "*Al Istiqsā' li akh'bāri dūwal Al Maghrib al aqsā*". 2eme Ed1956, Dar Al Kitab Vol 9. Casablanca.
34. Perrey, A, 1845-46, « Note sur les tremblements de terre en Algérie et en Afrique septentrionale », dans Mémoire de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres, partie des sciences, pp299-323
35. Peysonnel, J.A et Desfontaines, 1838, Voyages dans les régences de Tunis et d'Alger, Tome I, p 459.
36. Primaudaie E De (la) (1875). Documents inédits sur l'histoire de l'occupation espagnole en Afrique (1506-1574). In Revue Africaine n° 19, pp 165-195.
37. Qāḍi Ibn Al A (décédé en 1616/1025). « *Laq't al-farāid min haqāiq al-fawāid. Madjmū' alf sana wafayāt*». Transcription et Ed Mohamed Hadji (1976), 237 p.
38. Qādirī (Al) Mūhammad Ibn Al Ṭayab (décédé en 1773), (a). «*Nash'r al-mathānī li ah'l al-qarn al-ḥadī wa al-thānī 'ashar* ». Nouvelle édition de Hadji M. et Tewfik A (1982). Imprimerie Al-Najah. Casablanca, Maroc. V 1, 261 p
39. Qādirī (Al) Mūhammad Ibn Al Ṭayab (décédé en 1773), (b). « *Iltiqāṭ al ḍarar wa mūstafād al mawā'id wa al 'ibar min akhbār wa a'yān al-mia al-ḥādī wa al-thānī 'ashar* ». Transcrit par Al Qāsimī (1984). Ed Dar Al-Maghreb, Rabat, 427 p
40. Qādirī (Al) Mūhammad Ibn Al Ṭayab (décédé en 1773). *Iltiqāṭ al-dūr wa mūstafād al-mawā'iḍ wa al-i'bar min akhbār al-miata al-ḥādī a'shar wa al-thānī a'shar.* Transcription annotée par Al-Fāssī (1983), 83 p.
41. Raynaud Dr L (1930). *Hygiène et Pathologie Nord-africaines*, T 1, Ed Masson et Cie, Paris, 550 p
42. Rousseau, A (1841). *Chronique de la Régence d'Alger,* traduites d'un manuscrit arabe intitulé « *El-Zohrat-El-Nayerat* », Alger, Imprimerie du gouvernement, 214 p.
43. Rozet et Carette (1850). L'Algérie. L'univers ou histoire et description de tous les peuples, de leurs religions, mœurs, coutumes etc. Ed Firmint Didots Frères, Paris, 692 p.

44. Sahnoun al-Rachidi Ibn A (1780), "al-thaghr al--djemāñi li ibtissāmi al-thaghr al-ūahrañi ", retranscrit par Abou Abdelli M, Alger 1973
45. Shaw, (Dr) T (1830). *Voyages dans la régence d'Alger ou description geographique, physique, philologique, etc., de cet état*, traduit par J. Mc Craty, Paris, Ed Marlin.
46. Shaw, (Dr) T, 1808, Travels or observations relating to several parts of Barbary and the Levant, Edinburgh, Printed by J.Ritchie, V I, pp277.
47. Sūyūti Al J-D (1505), Keshf al-salsala 'an wasf al-zalzala, Ed Sa'dañi 'Abdellatif, Fès, 1971
48. Tassy, L. De, (1830). *Histoire d'Alger et du bombardement de cette ville en 1816*, Paris, Librairie Piltan, 366 p.
49. Tourneau (Le) R (1949). Fès avant le protectorat. Etude économique et sociale d'une ville de l'occident. Publié par l'Institut des Hautes Etudes Marocaines. 668 p.
50. Tourneau (Le) R (1957). Les villes musulmanes de l'Afrique du Nord. Alger. Ed La maison des livres. Alger. 130 p.
51. Trumelet Cl (1887), Blida, récits selon la légende, la tradition et l'histoire, V1 et 2, Ed Adolphe Jourdan, Alger.
52. Venture De Paradis J-M. Tunis et Alger au XVIIIXème siècle. Mémoires présentées par Joseph Croq (1983). Ed Sindbad, Dijon. 292 p.

Etudes récentes :

1. Abdelkafi D (1998). La médina de Tunis. Espaces historiques, Presses du CNRS. Paris.
2. Abdessemed-Foufa A.A (1997), Evaluation de la fonction de vulnérabilité et réduction du risqué sismique dans les centres urbains coloniaux. Cas de Tipaza. Thèse de Magistère EPAU.
3. Abdessemed-Foufa, A, A, (2003). Rapport Interne des experts architectes, sur les effets du séisme du 21 Mai 2003 dans la région algéroise. Université de Blida (Algerie) et Polytechnique de Bari (Italy), Blida 11-15 Juil 2003, Algérie (non publié).
4. Abdessemed-Foufa, A, A, (2005). Contribution for a catalogue of earthquake resistant traditional techniques in Northern Africa: the case of the Casbah of Algiers (Algeria). European Earthquake Engineering Journal, 2.05, Ed Patron, Bologne, pp 23-39

21. Benallal K et Ourabia K (1984). Monographie Géologique et géotechnique de la région d'Alger (recueil de notes). Géologie et planification urbaine, un exemple : la ville d'Alger. Ed OPU, Alger, 109 p

22. Benedetti D et all (1985). Seismic vulnerability and risk evaluation for old urban nuclei. In Earthquake Engineering and Structural Dynamics. Vol 16, Milan, pp 183-201.

23. Benedetti D et all (1988). "Seismic vulnerability index versus damage for unreinforced masonry buildings" . In Proceeding of International Conference on Reconstruction, Restaurattion and Urban Planning of towns and Regions in Seismic prone Areas. Skopje, Yuguslavia. 5-9 Nov, pp 333-347.

24. Benhammouche M. (1993): « Gestion urbaine de Dar Es-Soltan, grand Alger. Essai de ressourcement ». Thèse de doctorat Paris IV.

25. Benouar .D (1995). Catalogue des séismes pour la région du Maghreb 20°-38° N – 10°W-12°E pour la période 1900-1990. Ed CTC Centre, Alger. 264 p.

26. Benouar. D, (1994), Materials for the investigation of the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century. Special issue of Annali di Geofisica, N° 37, Vol 4, July.

27. Benouar. D, Molas G.L et Yamazaki. F, (1996). "*Earthquake hazard maping in the maghreb countries: Algeria, Morroco, Tunisia*". In Earthquake Engeneering and Structural Dynamics; Volume 25, pp 8-14

28. Benyoucef .B (1994). Introduction à l'histoire de l'architecture islamique. Ed OPU, Alger, p 105.

29. Besacier G (2003). La prise en charge du risque sismique dans les constructions. Article disponible sur le site : http://www.prevention2000.org/cat_nat/risues/seisme/besacier/construction_parasismiques.htm

30. Betbeder-Matiber, J (1991). Constructions parasismiques, Techniques de l'ingénieur, traité Construction, C3290, Paris, novembre, 22 p.

31. Berrada. H (2003). Fès de Bab en Bab. Promenades dans la médinas. Ed Publiday Multimedia. Casablanca. Maroc 157 p et plan.

32. Bonito M et Marchese Di San Giovanni 1691, Terre tremente à vero continuatione de terremoti. Napoli. M.D.C.LXXXXI. 573 p.

33. Boughacha M.S (2001). « *La période sismique oranaise de 1790 à la lumière des archives espagnoles* ». Traduit de l'espagnol. In Publication du département de géophysique ; FSTGAT, USTHB, Alger, 62 p.

34. Boughacha M.S, (2004). « *Le séisme de Zemmouri (Algérie) du 21 Mai 2003 : résultats préliminaires du choc principal et de sa séquence de répliques* ». In Mémoires du Service Géologique de l'Algérie. pp 11-23.

35. Boughacha M.S (2005). Analyse de la sismicité de l'Algérie, application à l'établissement des cartes des I.M.O et CFF. Thèse de Doctorat en Géophysique. Faculté des Sciences de la Terre, Département de Géophysique. USTHB, Alger.

36. Bounif A et All (2004). The 21 May 2003 Zemmouri (Algeria) earthquake Mw: 6.8: Relocation and after shock sequence analysis. Geophysical Research Letter, vol 31, LI 9606, doi: 10/1029/2004GL020586.

37. Bourouiba. R (1983). L'art religieux musulman en Algérie. Ed SNED. Alger, 343 p.

38. Boyer P (1964). La vie quotidienne à Alger à la veille de la colonisation française. Ed Hachette, Paris. 266 p.

39. Braudel F (1966). La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II. Ed Colin, Paris. 1218 p.

40. Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Sismologie. Conseil de l'Europe. (2001). L'Echelle Macrosismique Européenne EMS (European Macroseismic Scale). Sous la direction de G.Grunthal. Luxembourg : Ed Française A. Levret.

41. Carette, A.E.H, 1850, « Algérie », l'univers ou histoire et description de tous les peuples de leurs religions, mœurs, coutumes, Paris, Ed Firmin Didot Frères.

42. Cattenoz (1952). Table des concordances Chrétiennes et Hégiriennes. Casablanca.

43. Cellule Fonctionnelle de la Réhabilitation et de la Sauvegarde et de la Gestion de la Casbah, (2003). *Bilan du Rapport du séisme du 21 Mai 2003, commune de la Casbah*, Alger, 60 p. non publié

44. Cellule Fonctionnelle de la Réhabilitation et de la Sauvegarde et de la Gestion de la Casbah, (2006). Bilan état de vétusté. Non publié

45. European Committee (CEN) (1995) European Prestandart draft pr ENV 1998-1-4/ EUROCODE 8: Design Previsions for Earthquake Resistance of Structure, PART 1-4: Strengthening and repair of buildings, Annexe D: Vulnerability methods and Annexe F:particular consideration for historical buildings and monuments. CEN, European Committee for Standarization, Bruxelles.

46. Chergui S (1998). L'entretient et la conservation du patrimoine religieux durant la période ottomane. Cas de la Grande Mosquée d'Alger. Thèse de Magistère en Préservation. EPAU, Alger. Vol 1et 2,

47. Cherif Seffadj N (2005). Les bains d'Alger durant la période ottomane (XVIème –XIXème siècle). Histoire, topographie et étude urbaine ». Thèse de Doctorat Paris IV.

48. Chirico A et Corsanego A (1992). Recupero Vulnerabilità e Rischio Sismico nei Centri Storici delle Liguria, il caso del Centro Storico 'La Pigna' di Sanremo. Regione Liguria e CNR/GNDT. Documents du CNR/GNDT Italie. Ed Altri.

49. Collection Art et Culture (1974) Les mosquées en Algérie. Ed SNED, Alger, 99 p.

50. Commissione (1996). Recupero del patrimonio culturale della Val di Noto. Linee Guida par la redazione dei progetti esecutivi concernenti interventi di recupero e di conservazione di construzione appartenenti al patrimonio culturale del Val di Noto, con particolar riferimento alla esigenza di conciliare gli aspetti di restauro con quelli della sicurezza sismica, di cui al decreto legge 25 marzo 1996, n. 162, art 3. Siracusa, Italie.

51. CORPUS (2001). Architecture Traditionnelle Méditerranéenne. Euromed Héritage. C.D.Rom

52. Cotereau, J (1930). La maison mauresque. Les cahiers Chantiers Nord Africain. P 576

53. Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique (CRAAG), Alger (2003), données sismiques du séisme de Boumerdes du 21 Mai 2003, disponible sur le site du CRAAG :
www.craag.edu.dz/ess/labos/banque_données/histo/histo_seismes.htm.

54. Cresti F. (1993). Contribution à l'histoire d'Alger. In Collection du Centro Analisi Sociale pour la formation universitaire de la post-graduation de l'EPAU, Alger. Ed Centro Analisi Sociale Progetti. Rome, 103 p.

55. Cresti F. (1996). Description et iconographie de la ville d'Alger au XV^{è} siècle. Collection de Formation Universitaire pour la Post Graduation de l'EPAU, Alger. Ed du Centri Analisi Sociale Progetti. Rome, 142 p.

56. Devoulx. A (1866). Les édifices anciens de l'ancien Alger. Ch XXXVI, La Grande Mosquée, Rue de la Marine. RA n° 10,V 10, p 229

57. Devoulx. A (1870). les édifices religieux de l'ancien Alger. Ed Typographie Bastide, Alger p 54 et (1875), RA n° 19, pp 53-55 et 519

58. Devoulx. A (1875). « Alger. Etude archéologique et topographique sur cette ville aux époques romaines (Icosium), arabe (Djazâir Beni Mezghanna) et turque(El Djazâir) » in Revue Africaine vol 19, pp 295-332 et 385-428.

59. Devoulx. A (2003). Al Djazair histoire d'une cité ; d'Icosium à Alger. Transcrit et critiqué par Benhamouche .M et Belkadi.B. Ed ENAG. Alger, 295 p.

60. Dhina.A (1984), les états d'occident musulman aux XIIIè et XVè siècles, institutions gouvernementales et administratives. Ed ENAL, Alger, 595 p

61. Djillali Al A. (1981) *Tārīkh al-Djazāir al- 'āme.* 2ème édition OPU, Alger 1994, V 2.

62. Esposito E, Luongo G, Marturano A et Porfido S (1989). Les effets des tremblements de terre historiques. In San Lorenzello, à la recherche des anomalies qui protègent. Ed Ferrigni, San Lorenzello, Italie. pp 57-66

63. Estry (D') S, (1841), Histoire d'Alger, de son territoire et de ses habitants.

64. Farah, M (1980), « Les séismes à travers l'histoire », in El Moudjahid, quotidien national du 11 Novembre 1980, p 13, Alger.

65. Féraud L. Ch (1874), Ephémérides d'un secrétaire officiel sous la domination turque à Alger de 1755 à 1805 » dans RA, V 18, p 319

66. Ferrigni F (1990). Mais qu'entend-on par Culture Sismique Locale? In St Lorenzelo à la recherche des anomalies qui protègent. Ed Ferrigni. San Lorenzello, Italie, pp 22-25

67. Ferrigni F (1992). Politiques de prises en charge du risque sismique et vulnérabilité du bâti. Analyse systémique comparée et hypothèses pour une loi-cadre. Dans actes du Colloque International : les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorité et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, 26-28 Novembre. Ed L. MendesVictor. pp 4-7.

68. Ferrigni F (2002). 12th intensive course on Local seismic cultures and earthquake vulnerability reduction in traditional masonry buildings. The local seismic culture. European University Center for Cultural Heritage. Ravello. (Cours non publiés)

69. Fey, H.L. (1958). Histoire d'Oran avant, pendant et après la domination espagnole. Oran. Ed A.Perrier. Ch IV. La nuit du 8 au 9 octobre 1790- le tremblement de terre. pp 232-250

70. Foufa A.A et Benouar D (1996). Méthodologie pour l'évaluation de la vulnérabilité et du risque sismique dans les centres urbains coloniaux. Cas de Tipaza. In Actes du 1er Colloque National de Génie Parasismique. Vol 1, Alger, pp 289-298

71. Franc J (1928) Colonisation de la Mitidja. Collection du Centenaire de l'Algérie 1830-1930. Ed Librairie Ancienne Honoré Champion, Paris. T I, II et IV

72. Gaid.M (1991). L'Algérie sous les Turcs. Ed Mimouni, 2eme ed. Alger, 254 p.

73. Gavarini C. (2001). Seismic risk in historical centers. Soil Dynamics Earthquake Engineering 21, pp 259-466

74. Glangeaud L (1932). Etude géologique de la région littorale de la province d'Alger. Bull du Service de la Carte géologique de l'Algérie, 2è série, n° 8, Descriptions générales. Imprimerie de l'Université, Bordeaux.

75. Golvin, L (2003). *Palais et demeures d'Alger à la période ottomane.* INAS. Alger, 141 p.

76. Grand livre des Plantes (Le) (1983). Ed les Deux Coqs.

77. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT) (1997). Crisi sismica inizia il 26 Settembre 1997. Danno sismico e vulnerabilità dell chiese dell'Umbria. Commissario delegato per i beni culturali ufficio del vice commissario per la regione Umbria. CDRom.

78. Guiauchin G (1905). Alger. Ed Alger.

79. Guidoboni. E, Comastri. A, Traina. G (1994). *Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century*, translated from Italian by Brian Phillips, Instituto Nazionale di Geofisica, Bologne, 504 p.

80. Guidoboni E et Ferrari G (1995). Historical cities and earthquakes: Florence during the last nine centuries and evaluation of seismic hazard. In Annali di Geofisica, vol XXXVIII, N. 5-6, Novembre-Decembre, pp 617-647.

81. Guidoboni, E (1997). *An early project for an antiseismic house in Italy: Pirro Ligorio's manuscript treatise of 1570-74,* European Earthquake Engineering, Février 1997, pp13-20.

82. Guidoboni, E (2000). *The effect of earthquakes in historical cities: the peculiarity of the Italian case, Catalogue of Strong Italian earthquake from 461 B.C to 1997,* Annali di Geofisica, Vol 43, n° 4, Aout 2000, pp 667-686.

83. Guidoboni, E et Boschi E (2001). Catania terremoti e lave del mondo antico alla fine del novecento. Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, SGA Storia Geofisica Ambiente. Ed Compositori. Bologne, 414 p.

84. Guidoboni E (2002). "Historical seismology : the long memory of the inhabited world", in International Handbook of Earthquqake and Engineering Seismology, V 81A, pp 775-790, p 776

85. Guidoboni E, Mariotti D, Giammarinaro MS et Rovelli A (2003). Identification of amplified damage zones in Palermo? Sicily (Italy). In Bull of THE Seismological Society of America, vol 93, n° 4, pp1649-1669.

86. Guidoboni E et Poirier JP (2004), Quand la terre tremblait, Ed O.Jacob Sciences, 231 p.

87. Guidoboni E (2005). Catalogue of earthquake and tsunamis in the mediterranean area 11th-15th century. Ed SGA, Bologne, 1037 p.

88. Gulhan D et Guney I.O (2000). "The behaviour of traditional buildings systems against earthquake and its comparison to reinforced concrete frame systems. Experience of Marmara earthquake damage assessment studies in Kocaeli and Sakarya". In First earthquake safe International Conference. Istambul. disponible sur http://www.icomos.org/iiwc/seismic/Gulhanpdf

89. Hachi,O (1992). *Alger, Février 1716, le grand tremblement de terre*, Algérie Actualité, semaine du 23 au 29 Février.

90. Hahou Y (2005). Sismicité du Maroc, Apport de l'étude des séismes d'Al Hoceima et de Rissani et évaluation de l'aléa sismique. Thèse de Doctorat en Géologie appliquée, spécialité géophysique. Faculté des Sciences, Université de Rabat, Maroc.

91. Halimi A. A (1972). *Madīnat al-Djazāir, nash'atūhā wa tatawūrihā qabla 1830.* Ed Dar al fikr al-islami. Alger.

92. Harbi A (2005), Seismicity, seismic input and site effects in the Sahel- Algiers Region (NorthAlgeria), ic/2005/046, publié sur le site: http: // www.ictp.it/ ~pub_off, pp 1-38

93. Harbi A (2005). Evaluation de l'aléa sismique en Algérie du Nord par la modélisation de l'input sismique dans les zones urbaines et l'établissement d'un catalogue. Thèse de doctorat en Géophysique. Faculté des Sciences de la Terre, de la Géographie et de l'Aménagement du Territoire. USTHB, Alger, 222p.

94. Hays. W (2006). Indonesia landslides, january 3, 2006 ; Disponible sur le site du GADR.

95. Hée A. (1950) Catalogue des séismes algériens de 1850 à 1911 *Ann.* de l'IGP de Strasbourg V1, pp 41-49

96. Homana et Eastwood (2001). The 17 August 1999 Locaeli (Izmit) earthquake: historical records and seismic culture. Disponible sur http://193.140.203.16/geophy/anasayfa/eanafr.html

97. Julien Ch A (1951). Histoire de l'Afrique du Nord Tunisie- Algérie- Maroc, des origines à la conquête arabe (647 ap. J. -C.), 2è édition Payot, Paris

98. Kaddache, M (1951). *La Casbah de nos jours*, Documents Algériens, série Culturelle, n°56.

99. Kaddache, M (1951). *La Casbah sous les Turcs*, Documents Algériens, série Culturelle, n°55.

100. Kechrid, S-D. (sans date). *Al-Qūr'ān al-Karīm.* traduction et notes. Ed Dar El-Gharb El-Islam, 2e Ed

101. Khalil I.D (1991). *Al-tafsir al-islami li al-tarikh*. 5eme Ed, Dar Al-'Ilm. 319 p

102. Khiari F. (1990) « Développement historique et contradiction de la formation du pachalik d'Alger de 1570 à 1670 : une approche socio-économique à partir de documents internes et inédits ». Thèse de doctorat Paris

103. Khiari F (2002). Vivre et mourir en Alger. L'Algérie ottomane aux XVIe-XVIIe siècles. Un destin confisqué. Ed L'Harmattan, Paris. 300 p.

104. kikano A.B (1966). Tables de concordance des années Hégiriennes et Chrétiennes.

105. Klein H (1937). Feuillets d'El Djazair. Alger, Chaix

106. Klein. H (1910). Les feuillets d'Al Djazair. T 1 et 2. Ed du Tell, Blida, Algérie

107. Koumas. A et Nafa. C (2003). l'Algérie et son patrimoine. Dessin français du XIXè siècle. Monum, Ed du patrimoine. Paris, 205 p.

108. Kozak J.T et James C.D (1998). Historical depictions of the 1755 Lisbon earthquake. Disponible sur le site htpp://www :Nisse National Information Service for Earthquake Engineering

109. Laaradj A.A.M (1990). *Al zalidj fi al 'imāra al-islāmya bi al-djazāir fi al-'asr al-tūrki.* Ed ENAL, Alger, 424 p

110. Langenbach R (1989). Bricks, mortar and earthquake. Historic preservation vs. Earthquake safety. APT Bulletin (The journal of the Association of Preservation Technology). Vol XXI- n° 3-4, pp30-44. Disponible sur http//:www.conservationtech.com

111. Langenbach. R (1995) "Architectural issues in the seismic rehabilitation of masonry buildings" disponible sur http://life.csu.edu.au/disater/conf95.html

112. Langenbach. R (2000). "Instruction from the past. What we can learn from traditional constructions in seismic areas". In First earthquake safe International Conference. Istambul. Disponible sur http://conservationtech.com.

113. Langenbach, R (2002). *Survivors amongst the rubble : Traditional Timber-Laced Masonry Buildings that Survived the Great 1999 Earthquake in Turkey and the 2001 Earthquake in India, while Modern Buildings Fell.* In Proceedings of the International Congress on Construction History, Madrid.

114. Larousse agricole (1981)

115. Lavorgna A (1990). Techniques et matériaux, in San Lorezello à la recherche des « anomalies » qui protègent. pp 49-52

116. Lespes R (1930). Esquisse de géographie urbaine. 2ème Ed Carbonel, Alger

117. Levret, A (2000), Histoire et aléa sismique. In Actes des Ve Rencontres du Groupe APS : Archéosismicité et sismicité historique. Perpignan 6-7 Avril, pp107-113.

118. Liberatore D et Bernardini A (1999). Seismic behaviour, vulnerability and probability of collapse of masonry buildings. In GNDT, The Catania Project earthquake damage scenarios for a high risk area in the Mediterranean. Pp 127-159.

119. Madani T (1974). « *Mudhakirat Al-Hadj Ahmed Al-Charif Al-Zahar, Naqib Achraf El-Djaza'ir* », Alger, Ed SNED.

120. Maghraoui M (2003), le séisme d'Alger du 21 Mai 2003, disponible sur le site de l'IPG de Strasbourg.

121. Maghraoui M (1988). Géologie des zones sismiques du nord de l'Algérie : Paléosismologie, Tectonique active et synthèse sismotectonique. Thèse de Doctorat es Sciences. Université Paris Sud.

122. Maouche S (1998), The Algiers (Algeria) earthquake of 4 September 1996. EEE vol XII, n°1.

123. Maouche S (2002). Etude sismotectonique dans l'Algérois et les zones limitrophes de Cherchell-Gouraya. Thèse de Magistère. Alger, FSTGA/USTHB.

124. Marçais G (1954). L'architecture d'occident, Tunisie, Algérie, Maroc, Espagne et Sicile. Ed Arts et Métiers graphiques, Paris. 543 p.

125. Mascarenhas, J (1992). *Lisbon, earthquake of 1755, The principles adopted,* actes du Colloque International : *les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la*

réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, 26-28 Novembre, pp 33-67.

126. Mc Kenzi D (1972). Actives Tectonics of the Mediterranean Region. Géophysique, Astronomique Soc. 30. pp 109-185

127. Beaussier M (1921). Dictionnaire pratique arabe français. Corrigé et augmenté par Ben Cheneb M. Ed J. Carbonel, Alger.

128. Meslem L (1985). Nomenclature des noms des rues, actuels, à l'époque française et avant 1830. In Casbah Architecture et Urbanisme. pp 163-178

129. Messikh. M.S (1997). Alger la mémoire. Ed Rais. Algérie.

130. Messikh. M.S (2000). Tunis la mémoire. Ed Rais. Algérie.

131. Ministère de l'aménagement du territoire, de l'eau et de l'environnement. Royaume du Maroc. (2005). Direction de la prévention et de la surveillance des risques. Rapport national sur la prévention de désastres. Synthèse Conférence Kobe-Hyogo. Disponible sur le site http://www.tanmia.ma/IMG/pdf/desastres.pdf.

132. Ministère de l'habitat du Royaume du Maroc (2000). RPS 2000. Règles parasismiques du Maroc. Disponible sur le site :

http://www. structureparasismic.com/pdvrps2000.htm.

133. Ministère de l'Habitat et de la Construction, CGS (1995). séisme du Chenoua du 29 Octobre 1989. Rapport Final. Ed OPU, Alger.

134. Ministère de l'Habitat et de la Construction, CGS (2003). RPA 99 ; Modificatifs et compléments aux Règles Parasismiques Algériennes CDRom

135. Ministère de l'habitat et de l'aménagement du territoire du Maroc (1978). Schéma Directeur d'Urbanisme de la ville de Fès (SDU Fès). Dossier technique n° IV.2 : les techniques traditionnelles d'architecture et de décors à Fès.

136. Ministère des Affaires Etrangères (2003). Bilan préliminaire sur le Patrimoine (mercredi 4juin 2003). Disponible sur http:// www.mae.dz.org ou http://www.mae.dz/ma_fr/

137. Ministère des Biens Culturels Italien (1986) Circulari 1032 del 18/07/86, Racommandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche. Redatte dal comitato nazionale per la Prevenzione del Patrimonio Culturale dal Rischio Sismico

138. Missoum, S (2003). Alger à l'époque ottomane. La médina et la maison traditionnelle, INAS, Alger, 279p

139. Mokrane A., A Ait Messaoud, A Sebai, A Ayadi et M Bezzeghoud (1994). Les séismes en Algérie de 1365 à 1992, publication du CRAAG, Alger, 277 p.

140. Moroni A, Azzaro R, Stucchi M et Albini MS (1999). Damage in Catania on the occasion of the 1693 earthquakes. In The Catania Project. Earthquake damage scenarios for a hight risk area in the Mediterranean. Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti

(GNDT). Ed E. Faccioli et V. Pessina. Rome. pp 119-125. Disponible également sur htpp://www.stru.polimi.it/catania/CataniaProject.html

141. Morsy M (1975). Le tremblement de terre de 1755 d'après des témoignages d'époque. In Hesperis Tamuda n° XVI, Rabat, Maroc, pp 89-98.

142. Mrabet-Azeroual (Al) T (1991). *Tārīkh al zalāzil bi al maghrib min 856 ilā 1960.* DEA en Histoire. Département d'Histoire, Université de Mohamed V. Rabat, Maroc. 370 p.

143. Mrabet-Azeroual (Al) T. (2001). *Al zalāzīl al kūbrā fi al manṭiqa al maghāribya wa mukhalafātihā 'alā al insān wa muḥitihi, min al qarn al tāsi' 'ashar ilā nihāyati al qarn al 'ishrīn.* Thèse de doctorat en Histoire. Faculté des lettres, Département d'histoire, Université Med V Rabat. Maroc. 435 p

144. Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction (MUCH), Atelier Casbah, ETAU, UNESCO, PNUD, 1980, *Projet de revalorisation de la Casbah d'Alger, plan d'aménagement préliminaire*, Algérie. 260 p.

145. Musselmani .M (sans date). Damascus l'ancienne ville en photos.Ed Salhani. Damas, 111p.

146. Naṣiry (Al) A Al Salawi (décédé en 1897). *"Kitāb al Istiqṣā' li akhbār dūwal al maghrib al aq'ṣā".* Transcrit par Al Nasiry (1954-1956). Ed Al Nāṣiry D. Vol 9, Maroc.

147. Office Ryadh El Feth OREF-GAM (1985). Casbah. Architecture et Urbanisme. Ed OREF-GAM. Bruxelles, 190 p.

148. Organisme National de Contrôle Technique de la Construction (CTC Ouest) (sans date). Séisme de Beni Chougrane du 18 Août 1994, wilaya de Mascara. Synthèse des travaux d'expertise et d'évaluation des dommages. Ed GECOTEC, Oran

149. Organisme National Technique de la Construction (CTC Ouest) (2000). Séisme de Ain Témouchent du 22 déc. 1999. Synthèse des travaux d'expertise et d'évaluation des dommages. Ed CTC Ouest, Oran.

150. Ouagueni Y (2002). Dualité et continuité typologique du bâti à la Casbah d'Alger. In Actes du Colloques « Alger lumières sur la ville », pp123-129.

151. Programme des Nations Unis pour le Développement (PNUD) (1993). Gestion des catastrophes. Evaluation de la vulnérabilité et des risques.

152. Poursoulis, G (1999). *Des techniques sismo-résistantes dans les édifices de l'Age de Bronze en Crète*, Actes des IVe rencontres du groupe APS, *« Archéosismicité et vulnérabilité du Bâti ancien »*, Perpignan, Mai.

153. Pugliano (1993). Il contributo formativo del terremoto nella cultura edilizia della città storica. La normativa antisismica premoderna. Rassegna di architettura e urbanistica, anno XXVI-n. 80/81, pp105-133

154. Randazzo, G (1988). *Le strutture murarie negli edifici del centro storico di Catania*, Documenti dell'Istituto Dipartimentale di Architecttura e Urbanistica dell'Unversità di Catania.

155. Ravereau, A (1985). *La Casbah d'Alger et le site créa la ville* », Sindbad, Paris. 232 p.

156. Raymond A (1985). Grandes villes à l'époque ottomane. Ed La Bibliothèque Arabe Sindbad. Bourges, 389 p.

157. Raynaud, L (1930), Hygiène et Pathologies Nord Africaine. T1, Ed Masson et Cie, Paris, pp 68-69

158. Recommandations-Skopje (1988) In Proceeding of the International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planing in Seismic Areas. Skopje, Yugoslavia.

159. Révault J, Golvin L et AmahanA (2001). Palais et demeures de Fès. Epoques mérinides et Saadiennes (XVI_XVII siècles). Ed du CNRS, Paris, 240 p et annexes.

160. Rideau, A (2002). *From the search for anomalies to the discovery of a local seismic culture*, 12th Intensive Courses on Local Seismic Cultures and Earthquake Vulnerability Reduction in Traditional Masonry Buildings, European University Center for Cultural Heritage, Ravello (Salerno, Italy).

161. Rothé, JP (1950). les séismes de Kherrata la sismicité de l'Algérie. Bulletin du service de la carte géologique de l'Algérie 4ème série, géophysique, n° 3, pp 40

162. Roussel J (1973). Les zones actives et la fréquence des séismes en Algérie 1716-1970. Bull. Soc, Hist. Natur. Afrique du Nord. 64, (3) 2, pp 11-227

163. Roux G (1934). Notes sur les tremblements de terre ressentis au Maroc avant 1933. Mémoire de la société des sciences naturelles du Maroc. N° XXXIX, pp 42-71.

164. Saadaoui A. (2001). Tunis ville ottomane. Trois siècles d'urbanisme et d'architecture. Ed CPU, Tunis, 473 p.

165. Saidouni, N (1985). *Al aḥwāl al-shakhsiya wa al-wadh ' al-dimūghrāfi fi al-djazā'ir athnāa al-'ahd al-'ūthmānī.* In Revue d'Histoire du Maghreb n° 39-40, pp431-445.

166. Saidouni N. (1979). *Al-nidhām al-mālī li Al-Djazāir fi al-fatra al-'othmānia 1800-1830. Massādir al-anfāq*. ENAL, Alger.

167. Sahnūn Ibn Al-Rāshidī (1780). *Al-taghr al-djemanī li ibtissāmi al-thaghr al-wahrānī.* Transcription Abu 'Abdelli 1973, 204 p

168. Saoudi-Chaid Y (2003), « SOS, pour la Casbah de Dellys » El-Watan, quotidien national du 15 Juin 2003, Alger.

169. Savornin J (1951). La géologie Algérienne et Nord africaine. Ed Bastide-Jourdan, Alger.

170. Sebag P (1999). Tunis histoire d'une ville. Histoire et perspectives méditerranéennes. Ed L'Harmattan.

171. Seffadj Z. (1994) : « Les quartiers d'Alger pendant l'époque ottomane (XVIè-XIXè siècle) : organisation urbaine et architecturale du quartier Sidi A'bd Allah ». Thèse de doctorat Paris V.

172. Seguin L.G (1878). Walks in Algiers and its surroundings Ed Daldy, Londres, 215 p

173. Shuval, T (1998). *La ville d'Alger vers la fin du XVIIIè siècle. Population et cadre urbain*, Ed CNRS, Paris. 282 p.

174. Société Tunisienne d'électricité et du Gaz (STEG), (2006). Liste des séismes tunisiens de 846 à 2003.

175. State Historical Building Code (1990). Building Standards, Part 8, Title 24 : State of California. USA

176. Tadili B, Ramdani M et El Mrabet T (1989) "*The present state of Knowledge on historical seismicity of Morocco*". In proceeding of the Symposium of Calibration of historical earthquake in Europe and recent developments in intensity interpretation. European Seismological Comission. Sofia 23-28 August. Ed in Madrid. pp 257-27

177. Tallarico M et Zampilli M (1992). *La reconstruction de Noto aprés le séisme de 1693,* actes du Colloque International : *les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti.* Lisbonne, 26-28Novembre, pp 82-92.

178. Temmimi A (1979). « Sommaire des registres arabes et turcs d'Alger ». Publication de la revue d'Histoire Maghrébine, vol 2, Tunis

179. Temmimi A (1980). *Wathīqa 'an al-amlāk al-muhabassa bi ismi al-djāma' al-a'dham bi madinati Al-Djazāir.* RHM n°5. Tunis. P 7-12.

180. Tlemçani S (2003). Bilan provisoire des dégâts du séisme du 21 Mai 2003. In Algeria Watch

181. Touliatos, PG (1992), *Traditional aseismic techniques in Greece*, actes du Colloque International : *les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti.* Lisbonne, Novembre, pp 110-124.

182. Touri A, Ameziane-Hassani M et Barbato G. Le projet pilote de restauration et réhabilitation du palais *Dār 'Adyel* à Fès : un exemple remarquable de coopération tripartite. Ed Diagonale, Italie. 158 p.

183. Villegaignon N.D, 1874 Relation de l'Expédition de Charles V contre Alger, pp 60-61 ;

184. Vitruve. Les dix livres d'architecture de Vitruve. Traduit par M. Perrault M. DC. LXXXIV. Ed Mardaga,

185. Vogt J (1993). « Further research on historical seismicity of Tunisia». In Terra Nova 5, pp 475-476.

186. Yelles, C D (1980). Archives historiques algériennes : inventaire analytique du fond ottoman, H. 1058-1279, G. 1648-1862. Centre des Archives Nationales, Alger. 485 p.

187. Youssef-Hoteit, A (1993). *Cultura, Espacio y organización Urbana en la Ciudad Islamica*, Cuadernos de Investigación Urbanistica, Madrid.

188. Zacek, M (1996). *Construire parasismique, Risque sismique, Conception parasismique des bâtiments, Réglementation*, Ed Parenthèses, Marseille, 340p.

Annexe I :

Article publié dans

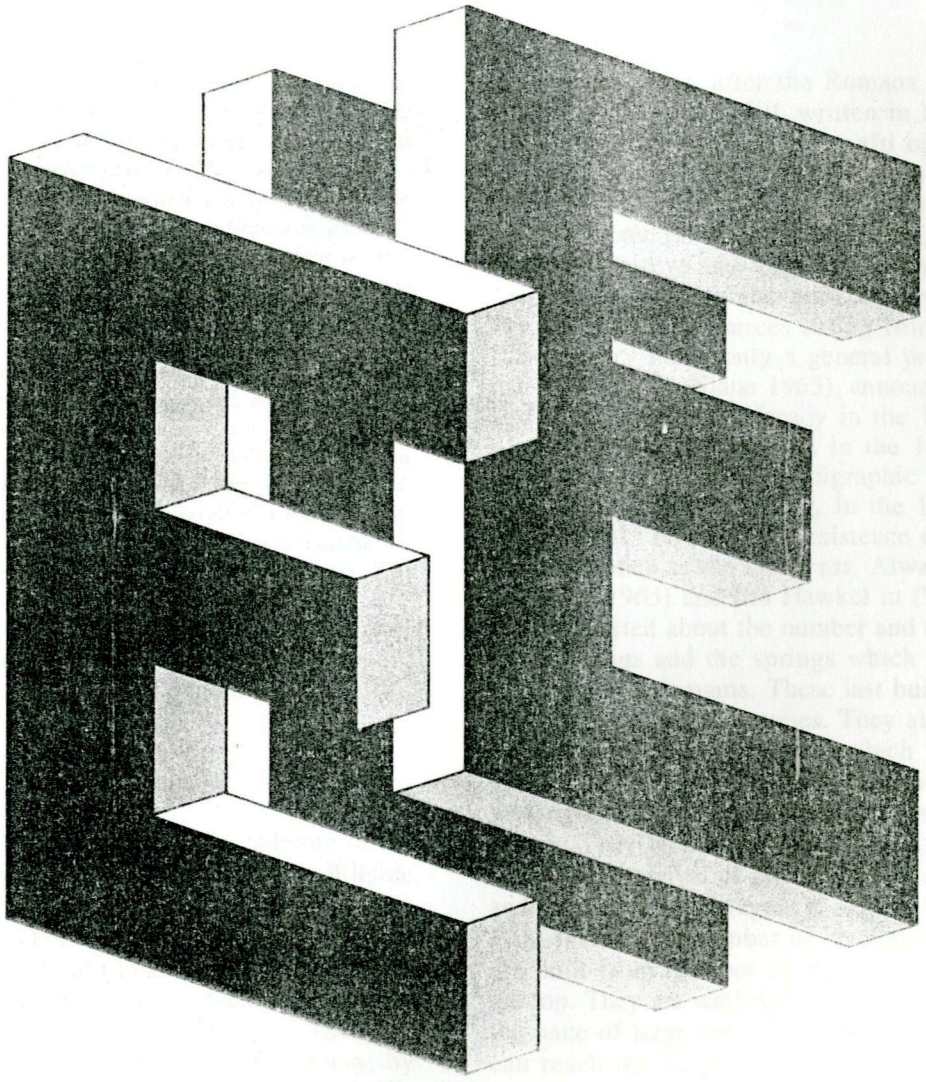
European Earthquake Engineering Journal

2, 2005. pp 23-39

EUROPEAN EARTHQUAKE ENGINEERING

JOURNAL OF EUROPEAN ASSOCIATION FOR EARTHQUAKE ENGINEERING

estratto



PÀTRON EDITORE

Contribution for a Catalogue of Earthquake-Resistant Traditional Techniques in Northern Africa: The Case of the Casbah of Algiers (Algeria)

A. Amina Abdessemed-Foufa*

SUMMARY – *This work presents a contribution for a catalogue of the earthquake-resistant traditional techniques representing the urban, architectural and the structural aspects used in the Casbah of Algiers. These techniques were highlighted by a detailed historical research in documentary sources (written and graphic sources, files, etc.) together with an archaeological investigation on the site and a comparison to the modern seismic design codes. The Casbah of Algiers suffered the effects of several earthquakes from its establishment to today. The first reported earthquake goes back to 1365 and the last one is that of May 21 2003. It is of interest to mention no research in historical seismicity in Algeria has been conducted, expect for some well known destructive events. The data have been reviewed only for the 20th century. In1716, an earthquake whose intensity was estimated at IX damaged seriously the Casbah of Algiers. Following that earthquake disaster, it is deferred that the authority of that time, in fact the Dey (Governor) Ali Chaouch imposed to the Algiers population a preventive construction measures. This work puts forward the techniques of these measures.*

KEYWORDS: *Historical seismicity, preventive measures, earthquake-resistant techniques, Casbah of Algiers, Algeria.*

Introduction

The Casbah of Algiers constitutes the old core of the city of Algiers. The medina extends on the hillside from the projecting ledge which rises of about 10 meters from the sea level. The foundation of the medina of Algiers dates back to the roman occupation of North Africa. The lower part of the actual medina was built, on the Roman ruins of Icosium (Devoulx 1875, El Bakri 1965, Le Glay 1968) during the 10th century, by Bologhine son of Ziri. This city was called Djazâir Beni Mezghenna of the name of the tribe which lived there in this area, after the Romans. An Arab manuscript (Ibn Redjeb 1740), written in the middle of the 18th century by the son of a mufti of Algiers, reports that the city has constantly suffered from natural disasters such as earthquakes. Indeed the first earthquake which affected this city dates back to 1365 (Ibn Redjeb 1740, Ambraseys and Vogt 1988). There are not many documents detailing the built framework of Algiers. The documentary sources dating from the 11th to the 16th century make only a general presentation of the site. El Bakri in (Slane 1965), announced the presence of *Djâma'* (mosque) already in the 11th century, Ibn Khaldoun, in (Slane 1978), in the 14th century confirms that by presenting epigraphic drawings on the walls of this same building. In the 19th century, Devoulx (1861) reported the existence of other religious buildings such as the *medersas.* Always after El Bakri in (Slane 1965) and Ibn Hawkel in (Wiet and Kramer 1964) reported about the number and the importance of the fountains and the springs which allowed the construction of hammams. These last buildings are generally annexed to the mosques. They also mentioned the existence of several bazaars which were very much visited. The defensive system of Algiers was also very significant; the walls surrounding the city were very strong. They were made with large stones.

Since the arrival of the Ottomans in Algiers in 1516 and during Ottoman regency, Algiers had seen a significant increase in number of constructions. The houses are built from the foot of the hill and gradually up to the top. They are well built; from outside they look like the pace of large cubes or large parallelepipeds. They can reach the height of three stories. The corbellings break the monotony of the frontages. During the Ottoman period, Algiers suffered from many earthquakes (Ibn Redjeb 1740, Ambraseys and Vogt 1988). Historical seismicity in Algeria has not been revised according to today's preoccupations. The lists of the events available in the literature have not been subjected to

* University of Blida, Architecture Department, Blida, Algeria. e-mail: foufa_a_dz yahoo.fr.
Received October 2004, revised April 2005.

Table 1 – List of earthquakes that affected Algiers during for the period 1365 to 1891

Date	Time	Effects
1365 Jan	19 00	ACDT
1596	–	F
1601	–	F
1639	–	F
1673 Mar	–	AD
1676 Feb	–	d
*1716 Feb 3	09 45	ACDL
1763 Oct 12	12 00	F
1766 Feb	–	AF
1772 Apr 18	14 30	s
1780 Jun 8	04 30	F
1780 Jun 30	13 57	s
1782 May 11	23 48	F
1786 Nov 24	–	s
1787 Feb 2	–	s
1792 Mar 7	–	s
1801 May 28	23 00	as
1801 Jul 25	01 00	F
1801 Aug 11	05 45	F
1803 Jan 20	20 45	F
1803 Jan 22	00 00	s
1803 Apr 22	00 00	s
1803 May 7	18 30	s
1804 Feb 26	20 00	F
1806 Jul 12	10 24	F
1806 Jul 13	03 30	F
*1810 Dec 3	09 00	s
1810 Dec 16	23 30	F
1811 Jul 11	14 30	F
1811 Jul 19	20 30	F
1825 Mar 2	10 10	ACDL
1847 Jun 18	05 40	ad
1852 Oct 16	05 20	ad
1853 Nov 22	20 02	Asw
1867 Jan 2	07 14	ACDL
1891 Jan 15	03 55	aCDLT

References:
1. Ambraseys and Vogt (1988)
D: destructive
* Date: Epicentre probably outside study area
d: damaging
A : Preceded or followed by many shocks
s: strong
a : preceded or followed by few shocks
F: felt
C: casualties
W: widly felt
L: landslide and ground deformations
T: abnormal fluctuation of sea, tsunami, felt offshore.

any recent revision or studies (Mokrane and all, 1994). The data have been compiled and reviewed only for the 20th century (Benouar, 1994).

In fact, a short outline on the historical sismicity of Algiers (Tab. 1) gives more than thirty six earthquakes of more or less significant intensity (Ambraseys and Vogt 1988). The earthquake, which this research work attempts to study the effects and particularly the preventive constructive techniques that emerged following the various types and scope of damage, is the Algiers earthquake of February 3, 1716. According to Chesneau (1892), following this earthquake, the houses of Algiers were rebuilt by order of the Dey to better resist the future jolts, imbricating as much as possible one to each other. The floors of the higher floors resting on cedar beams exceeding the walls by several feet in order not to fall down, even when the walls would come to move away from each other. But the Ottomans built their houses using these techniques, initially in Turkey (Langenbach 2002) then in Syria (Musselmin, no date available) and also in Tunisia (Messikh 2000).

The 1716 Algiers Earthquake

February 3, 1716, in middle of morning, at 9h 45m (local time) a destructive earthquake shook the city of Algiers and its adjacent regions. It was reported that about 200 houses collapsed and many others were damaged; the large mosque was cracked, even the country houses suffered considerable damage and some of them were thrown to the ground; in a distance of about 3 km from the city, the ground had large openings. This earthquake was felt from the city of Blida located in the plain of Mitidja at about 40 km southwest to Bejaia located at 200 km east of Algiers. Blida was seriously damaged by the earthquake which caused disastrous consequences where large soil deformations and liquefaction were observed. The number of foreshocks which preceded the main shock was evaluated at 24. Many fires burst and increased the damage. The aftershocks lasted until June with such a violent commotion on February 26 and whose aftershocks continued during 20 following days, particularly at night. The inhabitants left the city and settled in tents in the countryside during the nine months which corresponds to the time of aftershocks. The number of the victims was reported to have reached 20 000, most of them buried under the debris. All these informations have been reported by the sources: (Ottoman Archives1716, French Archives 1716 and 1717, Gazette de France 1716, Comelin 1720, Ibn Redjeb 1740) and studies (Shaw 1808 and 1830, Tassy 1830, Peysonnel and Desfontaines 1838, Rousseau 1841, Perrey 1846, Carette 1850, Akhbar journal 1867, Burzet 1869, Bianchi 1877, De Grammont 1887, Trumelet 1887, Schesneau 1892, Delphin 1922, Rothé 1950, Farah 1980, Saidouni 1985, Ambraseys and Vogt 1988, Hachi 1992, Shuval 1998, Missoum 2003).

Damage recorded

According to the various historical sources (cited above) and in particular those of the travellers of the 18th century, the oriental authors and the ottomans archives, various types of damage due to the earthquake of February 3, 1716 were emphasized and they were of three types:

1) The total collapse of the houses

According to Comelin (1720), Delphin (1922), Shaw (1808 and 1830) and Carette (1850), 200 houses collapsed, most of the dwellings were ruined and part of the city was thrown to the ground. According to Tassy (1830) and Burzet (1869), the country houses or house of *the fahs* around Algiers collapsed completely at a distance of about 3 km around the city.

2) Destruction of the walls

According to the files of *Wakf* Ottoman (1716-1717) and Delphin (1922), many houses were damaged and the great Mosque of the city presented several cracks and repairs were conducted to the damaged houses. Carette (1850) and Burzet (1869) reported that the aftershock of 26 February added damaged to most of the houses which did not collapse totally after the main shock.

3) Rupture of floors

According to the *Wakf* Ottomans (1716-1717), related to the cadastral acts, it was revealed that many floors of the houses collapsed following the earthquake. Comelin (1720) reported on the event: «*...The house of the ambassador of France was one of the most beautiful of Algiers. It did have three floors before the last earthquake, now only two floors remains*».

Pathologies recorded

Following the readings of the various types of damage, several pathologies were recorded which were the main cause of the damage. The three main pathologies (vulnerabilities) are listed in what follows:

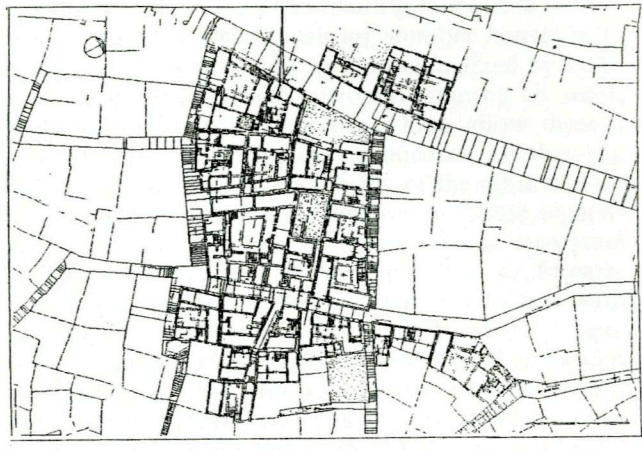
1) The absence of links between the walls which caused their collapse;

2) The bad construction of masonries which was a direct cause to its destruction and the collapse;

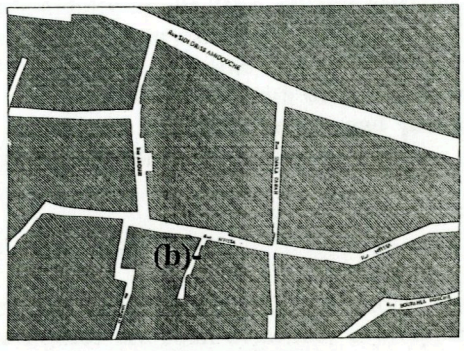
3) The absence of anchoring of the floors to the load-bearing walls and the absence of their linkage which contributed to the collapse of the higher floors.

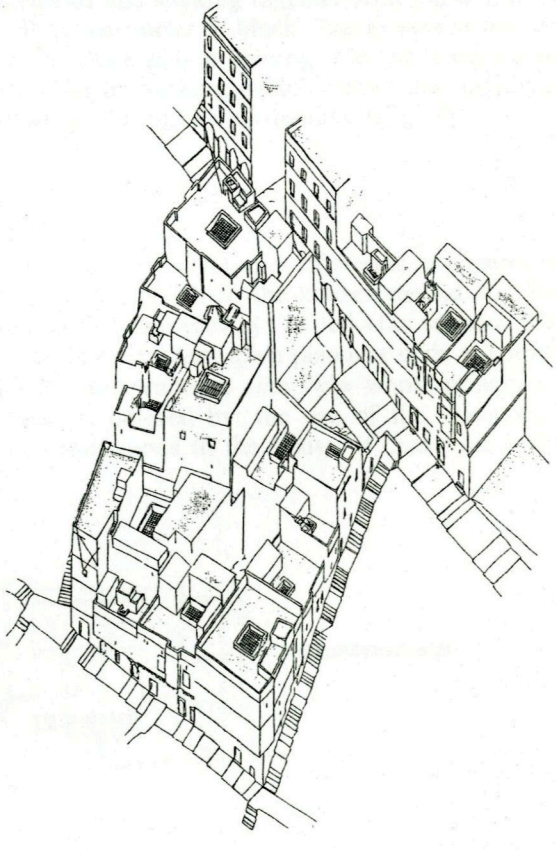
In the wake of this earthquake disaster, the inhabitants of Algiers implemented various technical and constructive preventive measures to protect their building stock from the future earthquakes. Following this earthquake, the Dey (Governor) imposed to the Algiers population a preventive construction technique (Chesneau 1892). This concern of protecting themselves from future earthquakes, of repairing what was damaged and of rebuilding their houses according to preventive measures transferred by the Ottoman civilization already bruised by several natural disasters.

The first theoretical project known for the medieval period, concerning the antiseismic construction appeared in the 16th century, on the northern side of the Mediterranean Sea: In Italy in the city of Ferrara after the 1570 earthquake (Guidoboni, 1997). The constructive and urban preventive rules had already appeared in Noto (Sicily) following the 1693 earthquake (Tallarico and Zampilli, 1992) and later in the 18th century in



(a)





(c)

Fig. 1 – Behaviour of block of buildings, (a) map of blocks, (b) Cuttin in dynamic small block, (c) Restitution of volumetry of the block.

Lisbon (Portugal) and Calabre (Italy) after the respective earthquakes 1755 (Mascarenhas, 1992) and 1783 (Tallarico 1992).

The Algiers earthquake-resistant techniques of the 18th century were rediscovered following a detailed archaeological investigation on the site of Algiers (Abdessemed-Foufa 2000, 2001). They were tested during all the earthquakes which have affected the site of the Casbah since their implementation up to the last earthquake which struck the Algiers region on May 21st, 2003 (CFRGS Casbah 2003).

The earthquake-resistant techniques in the Casbah of Algiers

Two types of earthquake-resistant preventive techniques are observed today in the Casbah of Algiers (Abdessemed-Foufa 2002, 2003 b):

- Techniques at the urban scale which allow to deduce that the behaviour of the elements composing the urban structure is dynamic during the earthquake;
- Techniques on the building scale which are constructive and which show that constructions are not as vulnerable to earthquake loads as they were to the 1716 earthquake because it complies to the current seismic codes established for masonry buildings (Zacek 1996, RPA 1999).

Earthquake-resistant techniques on urban scale

The blocks

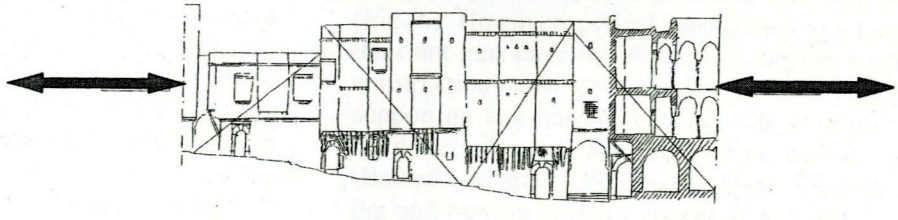
The Algiers urban structure is very affected by the constraints of the site; a zone which descends towards the sea. The city of Algiers is organized in an irregular network of narrow streets rarely rectilinear which are closely related to the layout of the Moslem Maghreb cities such as Fès (Morocco) and Tunis (Tunisia). In connection with this observation, Tourneau (1957) described the cities of the Maghreb by: «*...it is to a maze, to a labyrinth which makes think the air photography of any Moslem city. Instead of being integrated in a unit conceived in advance, the buildings forced the streets to go around them... It results an extraordinary multiplicity of streets with dead ends and street layouts seldom rectilinear...*». The resulting blocks are of various sizes and contain a varying number houses with various sizes. (The blocks are individualized by communication routes, which surround them by all sides, separate them from each other which allow them a dynamic behaviour during the earthquakes, i.e. they can react to the shakings independently of the other blocks, without any collision among themselves. These separating spaces play the role of an empty joint of separation (Zacek 1996, Poursoulis 1999) (Fig. 1 a, b, c). Peysonnel and Desfontaines (1838) said in connection with that: «*Some people believe that it is because of these tremors that the streets are narrow; but those which know the Turks, and who were in the cities of Turkey, know that it is their use to build very small streets*». However, Turkey, located in the Mediterranean basin, is an earthquake-prone territory and its population has felt, from antiquity to our days, several earthquakes of various sizes and observed their consequences (Guidoboni 1994). It is thus probable that these techniques of building urban constructions with narrow streets are a solution to reduce seismic damage and prevent the houses from collapsing.

Parcels and houses

The parcels which constitute the block are fully built; the houses are semi-detached, overlapping and leaning against each other forming a compact unit, homogeneous and sticking together with linear frontages on all the perimeter of block. The houses in the contour of the block play a bracing role for those located in the middle by backing, which allows the stability of the buildings during the earthquake (Fig. 2).

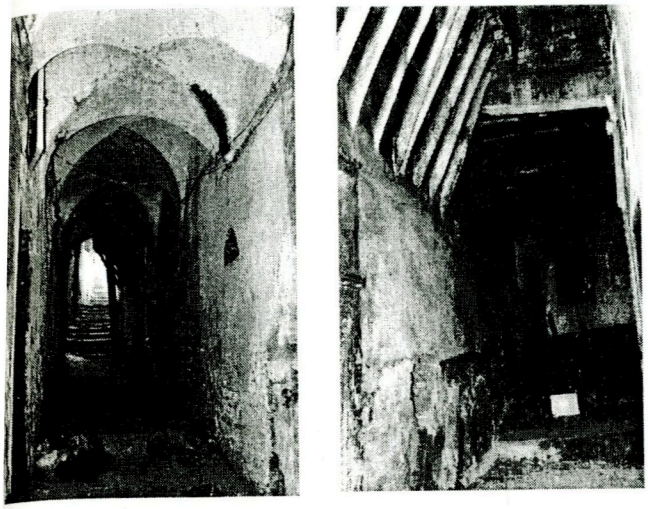
Sabats

In addition, a great number of streets is covered by galleries on top of which the houses extend and thus creating roofed passageways called «the sabats». This is allowed in no modern town planning code is allowed by Moslem jurisprudence «*the fikh*» whose principle of *the «fina»* is defined by: the use of the street space which is contiguous to the house, it can extend from



Earth forces

Fig. 2 – Behaviour of block of houses.



(a) (b)

Fig. 3 – «The sabats», (a) Built in vaults with stones or bricks, (b) built in flat with wooden logs incorporated.

half of the width of the street, whereas in the alley, «*Al-fina*» covers all the space within the front of construction, and can extend to all the width of the street (Youssef Hoteit 1993, Ibn Al Imâm (no date available)). Consequently, this extension can also be done in height thus from the starting of «*the sabats*», which are extensions of the houses on the top of the public space, which cover it and form passageways (Kaddache 1951). Those are elements of cuts in the linear continuity of the frontages, built either in flat with wooden logs incorporated (Fig. 3a) or vaults built out of stones or bricks (Fig. 3b). Those are elements of reinforcement which play a determining role in the bracing of the blocks between themselves (Fig. 4a, 4b).

Discharging arches

In addition, the Casbah of Algiers has, in its urban framework, a certain number of arches built out of stone or bricks called «*discharging arches*» whose flexibility and elasticity, not as the concrete which creates points of support, allow the transfer of the horizontal stresses to the ground. The constructions are not considered any more as isolated elements but as a compact dynamic block (Rideau 2002) (Fig. 5a, 5b).

In other hand, since the 1716 earthquake, all the houses are braced themselves (Fig. 5c, 5d) by wooden logs (Peyssonnel 1838, Berbrugger 1867). Also, according to Bianchi (1877): «... *in several of these streets, the houses were supported one by the other by means of beams passed transversely; these precaution measures date from the year 1717, time when Algiers experienced, for nine months continuously, shaking of the 1716 earthquake so violent that almost all the inhabitants left the city and camped in the surrounding campaigns*». This bracing is always present in the streets of the Casbah and allowed constructions not to collapse.

Earthquake-resistant constructive techniques

It is highlighted following an archaeological reading in-situ in the site of the Casbah of Algiers; ten earthquake-resistant constructive techniques were highlighted. These techniques were implemented following the Algiers 1716 earthquake by the Algiers community. They concern the rigid structures, as masonry bearing walls, the flexible structures particularly the blind arcades, the diaphragms represented by the floors and the openings. To present these techniques, an investigation was conducted in a typical house of the Casbah and other details appeared within the palace of the Dey (Abdessemed-Foufa 2001, 2002). Some of these techniques are confirmed by Bianchi (1877) and Chesneau (1892).

Typology of the houses

In Algiers, all the houses look alike; most of them have a central patio of square form around whose the rooms are distributed. A gallery supported by columns with horseshoe pointed arches surrounds this courtyard called «*wast Al-dar*», center of the house. They are two or three level houses and are today about 800 of them. Houses with courtyards develop another type of house which is the house with «*shebak*» in which «*wast Al-Dar*» is reduced in area and represents only tiny vertical opening for daylight covered by a grid called «*chebak*». There are also houses without «*wast Al-Dar*» which are distributed in vertically because of their small dimensions; they dispose neither the patio nor *the «shebak»*. They are distributed around the staircase and are called «*Al–Alwi*».

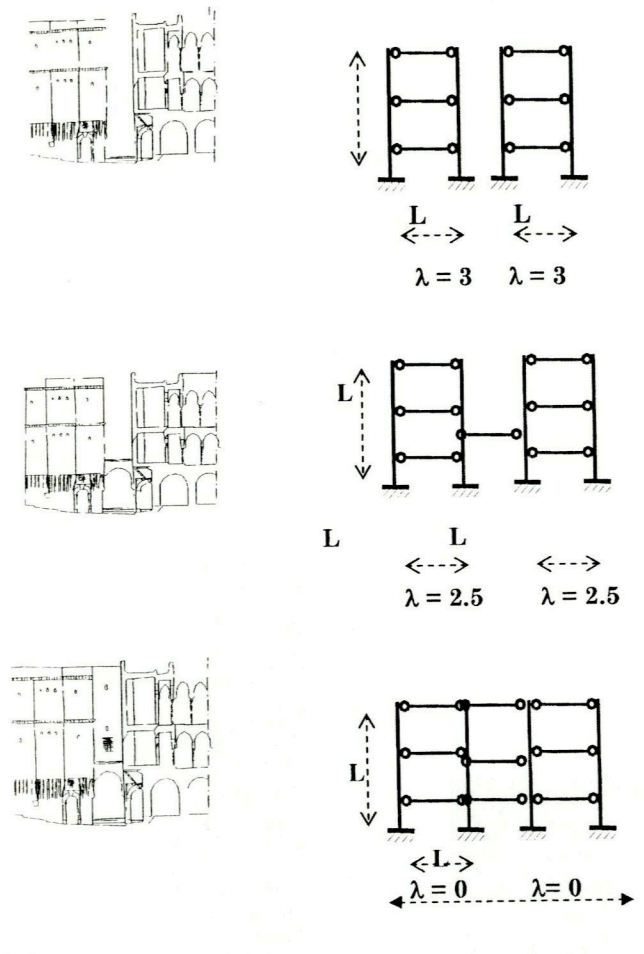
The analysis of the seismic behaviour of these constructions will show us how the inhabitants of Algiers have reduced their vulnerability to earthquake loads in what follows:

The shape of the house

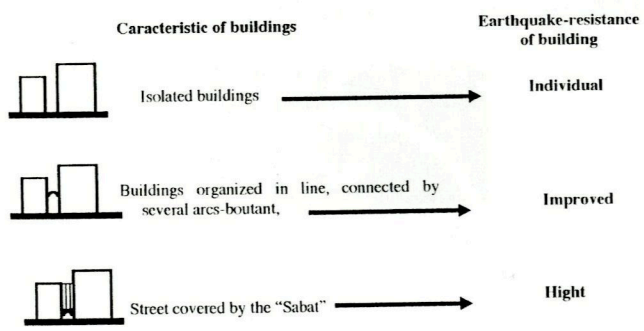
The shape of the buildings is incontestably one of the architectonic elements most significant. Indeed, in earthquake-prone areas, one should look for the shapes of buildings as simple and symmetrical as possible (Zacek 1996). In Algiers, the houses are generally of square shape advantageous form and necessary in the modern earthquake-resistant design codes because not significantly deformable, compact and with two axes of symmetry only, which tends to reduce the vertical torsion (Fig. 6). However, perfect geometrical symmetry alone does not guarantee the absence of torsion. It allows the construction under good conditions the symmetry of the supporting and bracing systems, whose importance for the correct dynamic behaviour of the structure is crucial (Betbeder-Matibet 1991, Zacek 1996). Then the supporting and bracing systems appear as follows.

The rigid structure

A rigid structure represented by masonry walls which

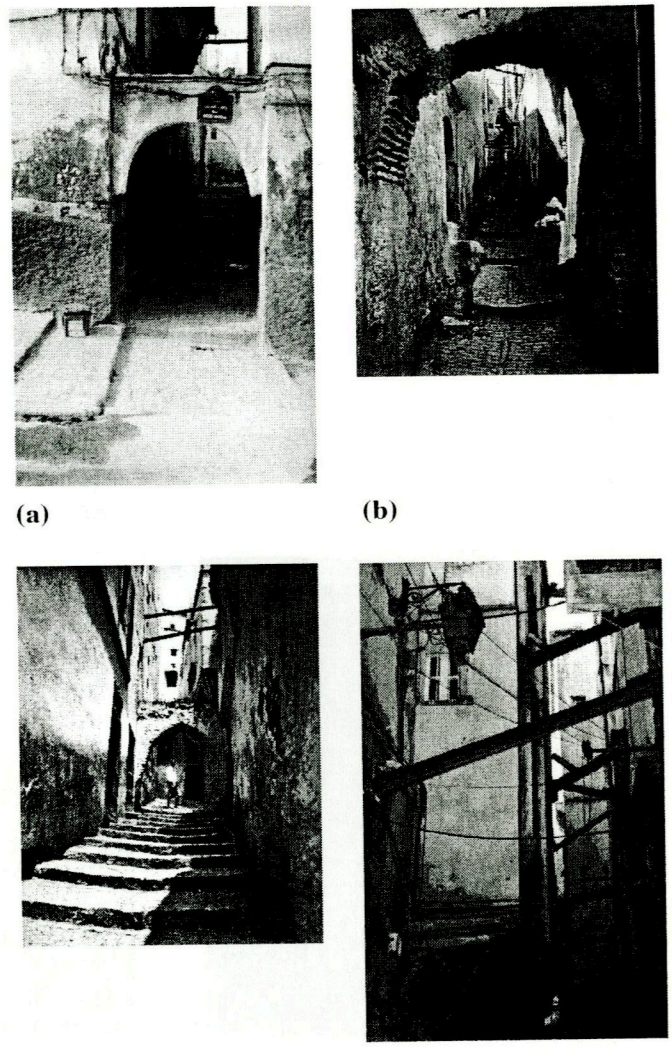


(a)



(b)

Fig. 4 – (a) The role of the «sabat» and the discharging arches in the urban structure, (b) Morphology and earthquake-resistance of buildings.



(a) (b) (c) (d)

Fig. 5 – (a) Discharging arches built out of stone or bricks, (b) the bracing of the houses.

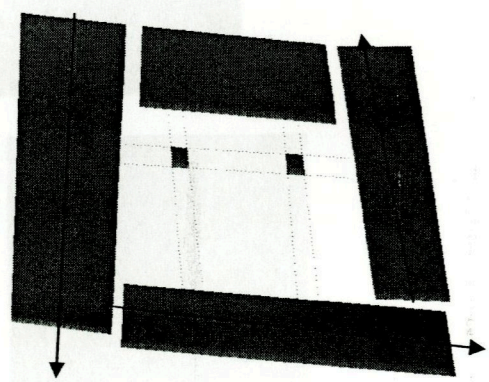


Fig. 6 – Vulnerability of houses.

can be classified according to the type of materials, the size and shape of the blocks (Randazzo 1988). The principal types of masonry are described as follows:

• Masonry realized by two brick walls of variable size 3×10×20 cm, bound by a sand and lime mortar, in which the space between them is filled with an ordinary material as broken bricks (Atelier Casbah 1980). The wall has a 60 cm thickness and presents a stratification with different layers between which is inserted, in regular interval, logs of thuya, not squared, of 10cm in diameter. Timber does not exert any tension force (Fig. 7a).

• A different disposition of the masonry layers, they are either laid out at 45° or then vertically laid out according to a curvilinear layout in all the wall width (Fig 7b).

• Stratification by layers of two different materials,

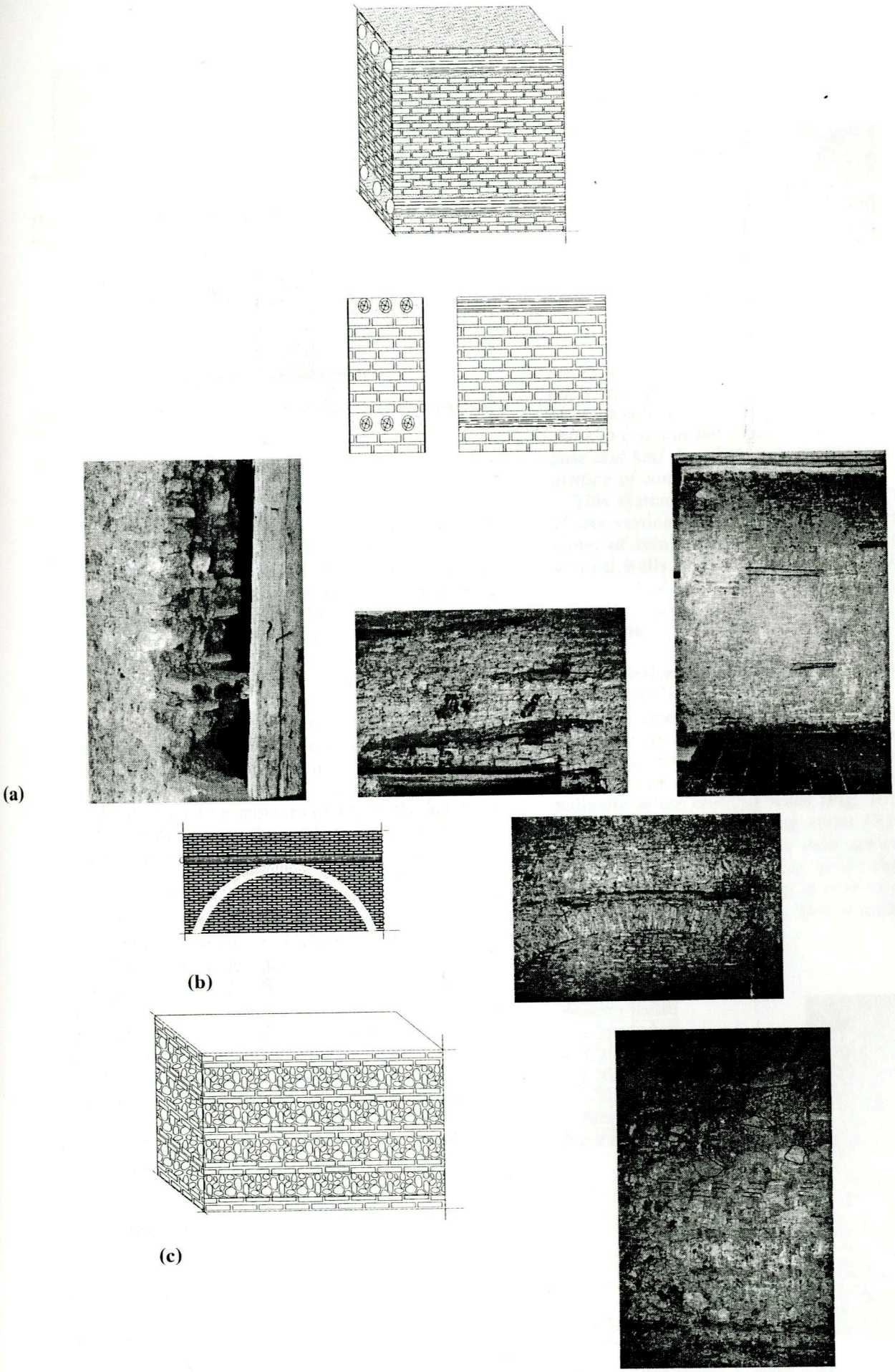
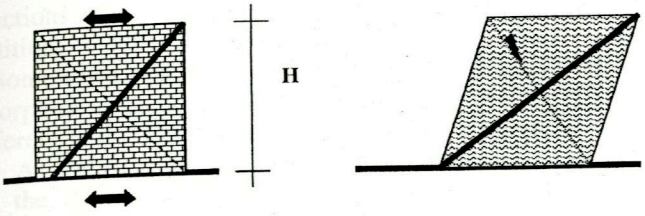
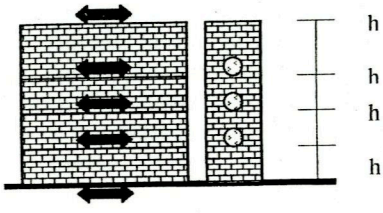


Fig. 7 – Walls typology structure, (a) Regular superposition of bricks and logs of wood (thuya), (b) Arch made of bricks insert in the regular masonry, (c) «Opus mixtum» constructive technique.



The cracking of the wall according to the deformation due to the tension and compression.



Smaller deformation and cracks due to the distribution shear forces in the panel.

Fig. 8 – Behaviour of the walls during earthquakes.

the stone which is inserted with regular interval to the brick wall as an opus mixtum (Fig. 7c).

This disposition of two materials where one is rigid and the other flexible allows absorption of the shear force during the earthquakes. In addition, the walls show very few cracks and do not collapse. In fact, according to the dynamics of the structures, the elements in masonry play a significant role in the earthquake response of the building. The lateral earthquake loads tend to deform the panel of masonry in parallelogram shape, causing the formation of a diagonal rod of compression which acts at the level of the angles (Betbeder-Matibet 1991). However, the walls are split in several parts, three or four parts according to the height of the wall; this appears in the walls of the palace of the Dey as well as in the houses. Thus, the lateral loads are distributed with each new layer where there is a difference of materials. This will prevent the walls undergoing significant deformation. These walls respond favourably to the earthquake excitation, it is thus certain that these walls were designed so as to be able to resist the earthquake loads (Fig 8). This disposition of materials avoids shearing and the effect of rod in the wall because the latter is subdivided in several parts.

These various typologies were compared to those highlighted by the research work of Poursoulis (1999 and 2000) for Minoan Palace. This technology of reinforcement of masonry with timber was also used in the Greek traditional construction industries dating back from the Antiquity to the 19th century (Touliatos 1992).

Links of the walls

These walls are linked one to the other by alternate crossing of wood logs. In this matter, Carette (1850) described this system by: «*...I noticed in the old Moorish houses in demolition, an excellent precaution taken by the builders to consolidate the angles. It consists in placing horizontally, every fifty centimetres in height, pieces of wood of approximately two meter long. These parts incorporated in the masonry, were prolonged alternatively according to each of the two walls and came to cross in the angle. I saw houses sapped at the base and half demolished, but still standing due to this artifice of construction*».

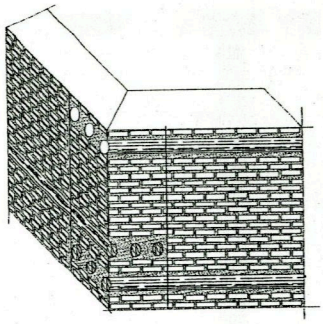
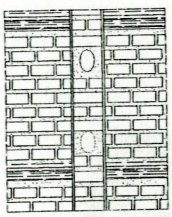


Fig. 9 – Linked bearing walls.

This system of linkage at the angles, in the absence of any vertical element, constitutes a traditional technique of reinforcement of the angles to prevent the vertical walls from tearing apart (Fig. 9).

Partitions

The interior walls of which the thickness is 20 cm are also built by bricks bound by sand and lime mortar to which are intercalated logs of thuya with regular interval. They are bonded to their perpendicular walls. The connections are often embedding of the masonry and the logs of thuya which are laid out transversely and longitudinally in the crossing walls (Fig. 10). According to earthquake-resistant building codes (RPA 1999), it is necessary that the partitions walls are connected to the bearing walls, the columns or to the floors in order to prevent them to react freely in case of earthquake and thus very likely to collapse. This is realized in the con-



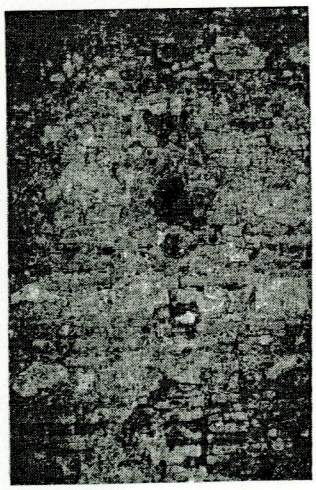


Fig. 10 – linked bearing of internal walls.

structions of the Casbah and testifies to the manner the partitions to resist the earthquake loads.

Sometimes when wood is not used as element of absorption of the lateral loads, constructive typology is different and the layers change according to houses:

- A stratification by layers of two different materials, the stone which is superimposed with a regular interval to bricks.
- A different arrangement from the brick layers, they are laid out with a 45° angle or then vertically laid out according to a curvilinear layout in all the wall width, or using an «opus mixtum» constructive technique.

This arrangement of materials avoids shearing and the effect of rods in the wall because the latter is subdivided in several parts.

The flexible structure

Constructions of the Casbah of Algiers belong to the two arcade level system. This constructive technique was adopted following the massive reconstruction of the Casbah after the destructive Algiers earthquake of 1716. The brick arcade frame probably spread following a lack of wood which at the origin supported the galleries which were constituted of beams and columns called «flat bands» (Ravereau 1985). This flexible structure is represented by an arcade system in the four sides of the courtyard. The system is generally constituted of four plain arcades, but could slightly differ according to the size of the house (Fig. 11). The arc developed is of the type «exceeded» with a specific characteristic to Algiers, it is of ogival form, and is «horseshoe». This form of which the flexibility enables him to cross the span between the columns when they are variable or when the parcels are not of exact geometry. The advantage of this choice lies in the fact that there is a variation in the opening and constancy in the height between the base of the arch and its key stone (Ravereau 1985, Missoum 2003). This arc is not only used to support the galleries, but it is also used as a bracing arc between the frame of «*wast Al-dar*» and the walls of the rooms (Fig. 12). The bracing is one of the most significant aspects of the earthquake-resistant design. The earthquakes generate lateral loads which should be provided in the two horizontal directions. The bracing elements must be conceived to resist, not only the lateral loads, but also the torques of the vertical axis. To this purpose, the bracing mode of the gallery is built in frame type (systems of beam-columns such as frames) which is flexible; it thus imposes significant deformations to the non-structural elements; on the other hand, it leads to lower earthquake loads and presents, in general, a better ductility (capacity of deformation beyond the elastic behaviour). The arcades distribute the lateral loads on the load-bearing walls which transfer them to the soil. The current earthquake-resistant standards recommend that traditional constructions in masonry become indeed earthquake-resistant when the horizontal links of the load-bearing walls are rigidly linked to the vertical links placed in the angles and wall intersections. The arrangement of the horizon-

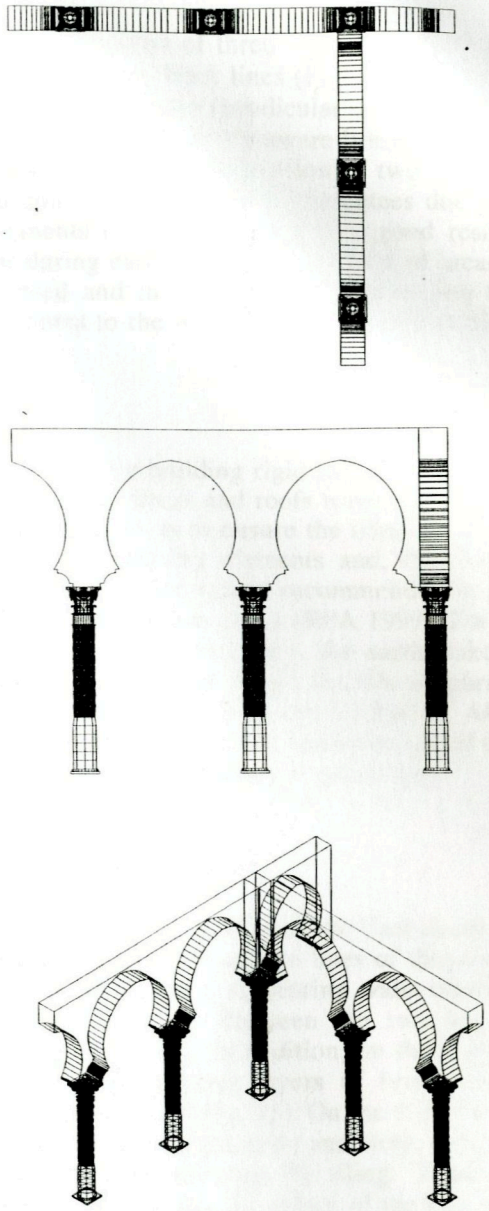


Fig. 11 – Arcade work system (flexible structure).



Fig. 12 – Bracing realised with four arches.



Fig. 13 – Connection of the galleries to the load-bearing walls.

tal wooden links in the constructions of the Casbah and that of the linking in masonry forms this mechanically known three-dimensional system. The fact of applying this system of linking shows the manner of resisting the earthquake loads (Zacek 1996, RPA 1999).

Another basic principle of earthquake-resistant design is that of the monolithism, according to which the various parts of the structure must be suitably connected between themselves to avoid the dissociation of their elements under earthquake loads. This technique results essentially by this bracing arc which binds the two different masonry structures to the arcades and which become bind together. They are consolidated by a wooden beam system which connects the frontages of the galleries to those of the load-bearing walls to ensure the stability of the walls with those of interior and avoiding their opening and collapse (Fig. 13). Their distribution is rather regular and is particularly observed in the palace of the Dey. This Algiers arch presents a rather particular constructive technique, it is found at the level of the articulation of the arc with the column. On the top of the capital, on the level of the abacus and at the departure of the arch, there is:

• Superposition of three logs of thuya to a base of two earthenware brick lines (Fig. 14a)

• Superposition perpendicular of two lines of three logs of thuya to an earthenware brick (Fig. 14 b).

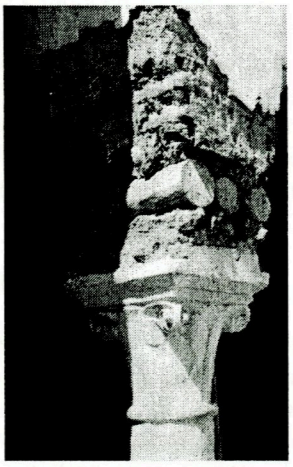
This system of superposition of two materials, one rigid and the other flexible guarantees due to the slip movements or rolling which is a good resistance to shear during earthquakes. The system of arcade is thus preserved and this preventive construction technique contributes to the resistance of the earthquake loads.

Floors

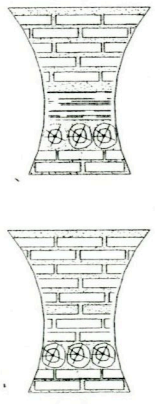
The need for building rigid floors in their plan (diaphragms), i.e. floors and roofs resisting to shear forces and bending, so as to ensure the transfer of the lateral loads to the bracing elements and, therefore, to the foundations is essential as recommended in the earthquake-resistant design codes (RPA 1999). For constructions in traditional masonry, the earthquake-resistant design code does not admit flexible diaphragms like timber floors. However in the Casbah of Algiers, the floors and the roof terraces are made out of timber but their constructive typology is particular.

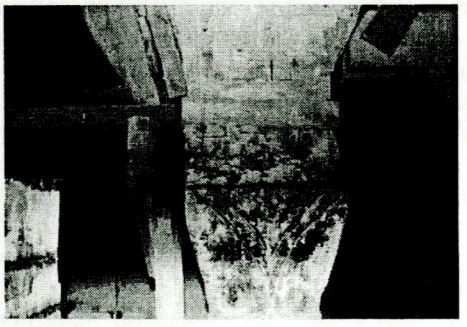
Current timber floors

The floors of the houses of the Casbah are constituted by a superposition of two lines of thuya inserted in all the width of the load-bearing walls creating thus a difference in level. Between the two logs, a floor boarding is laid out. In addition, on these two lines of logs of thuya, various layers of broken stones and ground are laid out (Fig. 15). On the top of wood, there is a layer of soil agglomerate and stone to top of which is laid out a mortar then the tiling. These floor elements are observed in the palace of the Dey where they can be clearly seen considering the prevailing state of



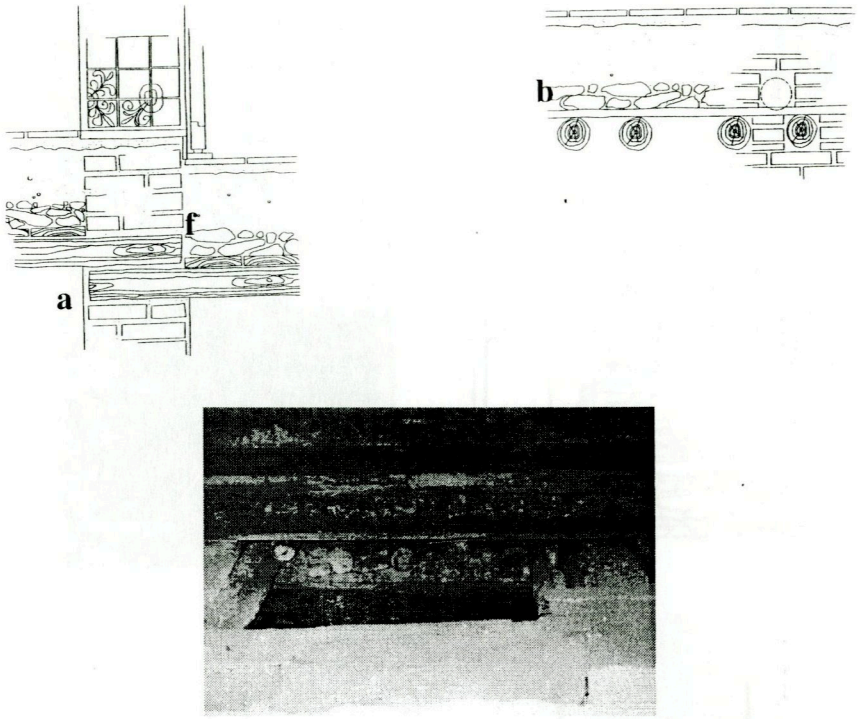
(a)





(b)

Fig. 14 – Arc-column departure details, (a) one layer of three logs of thuya insert between the masonry, (b) two lines of logs of thuya laid out perpendicularly between them are inserted in masonry.



The floor of the houses are constituted by a superposition of logs of thuya wich are insert in all the width of the wall f) creating a level difference (a). Between a two logs a battening of board (b) wich allowed a movement by rolling since the earthquake.

Fig. 15 – Floors details.

degradation and dilapidation. In the modern earthquake-resistant design standards, traditional constructions in masonry must behave like a rigid structure likely to resist the torsional effects induced by the displacement of the masonry walls. For this purpose, they recommend the use of reinforced concrete slab floors forming a rigid diaphragm. The wood used in reinforcement replaces the reinforced concrete without exerting tension. The thickness and the composition of the floor, which constitute the rigidity required by the earthquake-resistant design codes, is likely to resist the torsional stresses induced by the wall displacements. Furthermore, the structure of the floor which is made up of two layers of thuya between which is laid out a floor boarding of wood, facilitates the absorption of the lateral loads at the time of the slip or rolling movements, while reducing the rupture of the floors. The efforts are transferred to the vertical elements and then to the soil.

Floors of the terraces

The floors of the terraces reach the thickness of 50 cm and sometimes even 1m Cotereau (1930). According to the same author, the importance of the mass of this floor has a great inertia which allows to assure a good heat insulation and acoustic. This inertia also allows probably the floors to resist the earthquake loads, which makes the floors rigid as recommended by the earthquake-resistant design codes (RPA 1999).

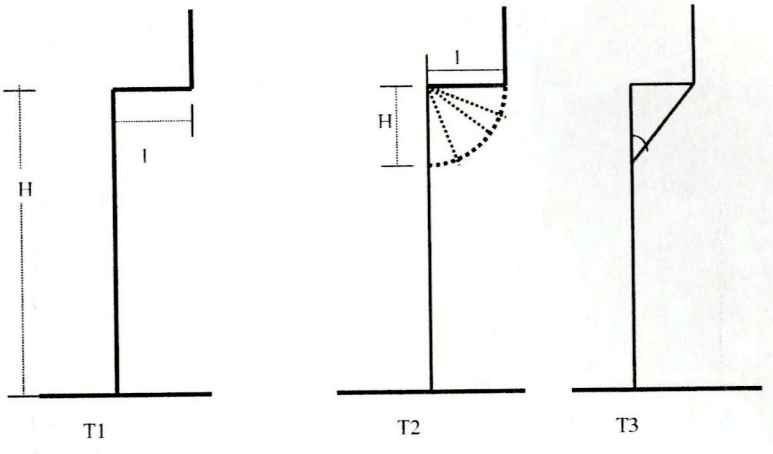
Corbellings

In the Casbah of Algiers, exterior corbellings result from an in-depth extension gives on the street a cantilever like supported in higher level by logs of thuya overflowing largely the wall. Their longer part is inside the spaces maintained by a transverse beam in the same type and whose extremities are embedded in the lateral walls (Fig. 16). This frontal balcony called «q 'bû» overhanging and supported by logs of thuya forming an angle (a bracket) with the load-bearing wall. This bracket makes preventing or reducing the corbelling from oscillating during the earthquakes and thus not to collapse (Fig 17). Sometimes corbellings are observed so close to each other so they could lean against each other, because the streets are narrow (fig. 16). The use of the brackets which supports and holds the corbellings during the earthquakes and which avoids their rupture by oscillations was also employed in certain Greek construction industries dating back from the 19th century (Lefkas Iland) (Touliatos 1992), which is probably an Ottoman influence since one finds them not only in Turkey (Langenbach 2002) but also in Damascus (Syria) (Musselmani no date available) and in Tunisia (Messikh 2000).

During the last Algiers-Boumerdes earthquake of 21 May 2003, in the Casbah of Dellys, located, in the epicentral zone, at about 70 km east of Algiers, most houses were seriously damaged or destroyed (Abdessemed-Foufa 2003a). This Casbah is the sedimentation of innu-



Fig. 16 – The corbelling.

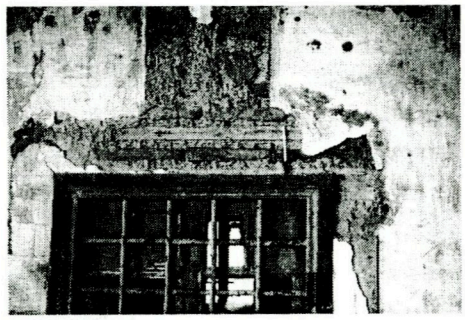


T1: simple corbelling.
T2: at the time of the shaking, the simple cantilever carries out an oscillatory movement, which may causes a rupture of the panel cantilever.
T3: the wood logs laid out below the cantileer such a jamb, reduce the oscillating movement and the ruptures. Jamb maintenances the cantilever which oscillate with small amplitude.

Fig. 17 – Schema of the behaviour of corbelling.



Fig. 18 – Corbelling in the Casbah of Dellys.



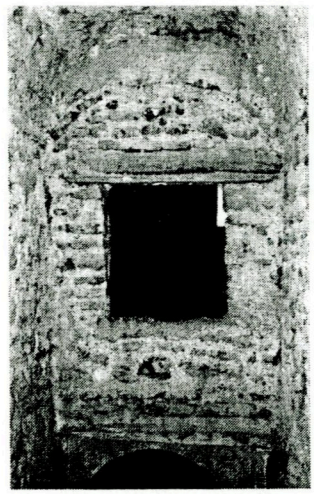


Fig. 19 – Openings details.

merable assets thesaurized through time. It is Punico-Roman by its walls, Andalusian by its «*ryads*» or gardens, and finally Ottoman by his «*muchrâbyâtes*» or corbellings (Chaid-Saoudi 2003). These corbellings are the only architectonic elements which did not suffer any damage. In spite of the collapse of the walls, floors and staircases, they remained intact and that is probably with the constructive typology which is similar to that of the Casbah of Algiers (Abdessemed-Foufa 2004) (Fig. 18).

Openings

The cracks of the front walls are found in the contours of the openings where the stresses are most significant and in particular close the re-entrant angles. The earthquake-resistant design code recommends, for masonry structures, rigid reinforced concrete, steel or wood framings of the openings and, in principle, must be connected to the links of the walls. The wooden framings must be effectively connected to the masonry (Zacek 1996). The openings in the houses of the Casbah, doors and windows are framed by wood and well connected to masonry (Fig. 19). This appears in the houses of the assessment, the palace of the Dey as well as in the country side houses called «Fahs».

Consequences of the Algiers-Boumerdes Earthquake of 21 May 2003 on the constructions of the Casbah

Following this earthquake which has affected 03 Wilayas (provinces) among them the city Algiers. The preliminary damage assessment of the CFRSGC (Cellule Fonctionnelle de la Réhabilitation et de la Sauvegarde et de la Gestion de la Casbah 2003) established and conduct by expertise carried out by the groups of engineering of the CTC (Controle Technique de la Construction) reported the following preliminary results of the CFRSGC 2003:

1714 constructions were visited of which 550 were



Fig. 20 – The Casbah of Algiers: localisation of the traditional houses.

to undergo a detailed expertise. The examination of these constructions is still going on. Among the 550 constructions to expertise only 300 were realized and are classified in three categories:

- Original houses which did not undergo any transformation,
- Colonial houses inside the site and
- Houses which had undergone some transformation.

This work is based particularly on the traditional houses which remained in their original state and which the current number is about 800 houses (Fig. 20). It results that 168 traditional houses out of the 300 (56.33%) which were the subject of the first expertises. The preliminary results obtained are as follows (Tab. 2):

No collapse was recorded within the Casbah

41 houses (25.63%) were classified red and thus to be demolished,

67 houses (41.87%) were classified orange 4 and thus to be consolidated,

Table 2 – Damage records on constructions of the Casbah of Algiers after the Boumerdes (Algeria) earthquake of May 21 2003

Damages	Not any	Slight	Moderate	Important	Partial or total collapse
level of damages	1	2	3	4	5
Colors	green	green	orange	orange	red
Nb of houses	08	–	52	67	41
percentage	05%	–	32.5	41.87	24.63

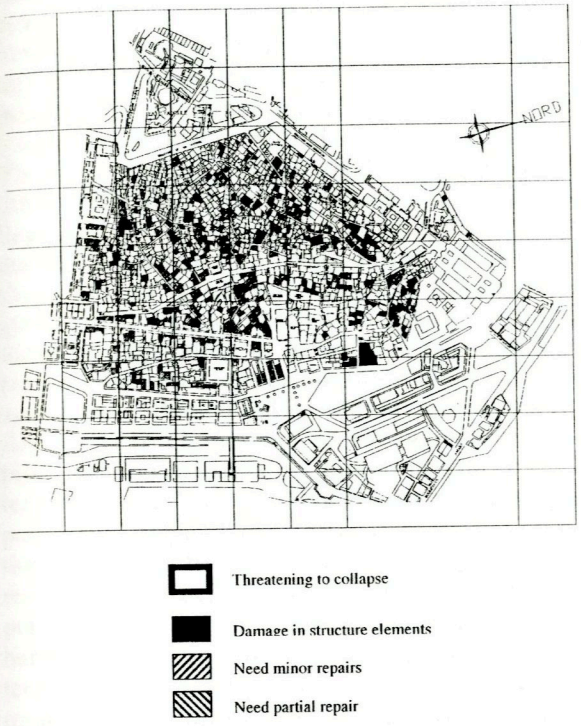


Fig. 21 – The Casbah of Algiers: localization and classification of the state of degradation state in year 1980.

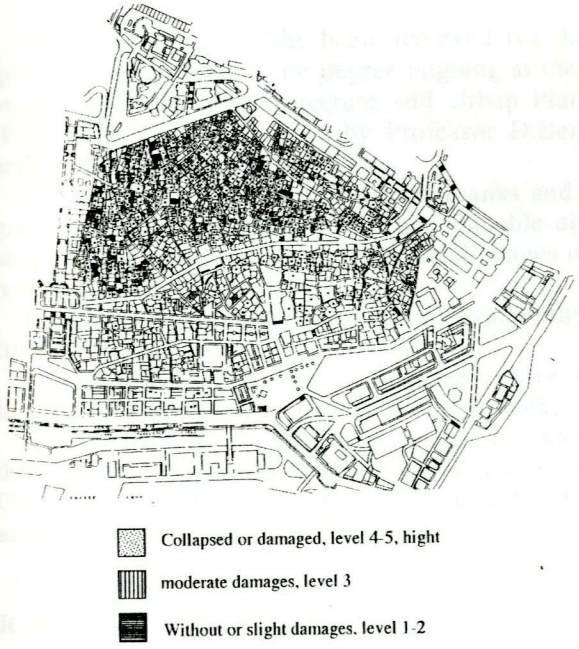
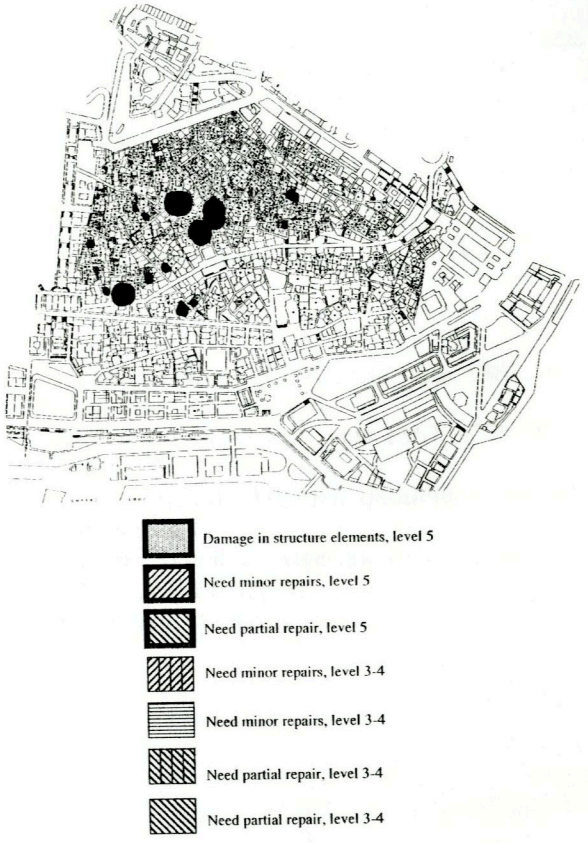


Fig. 22 – The Casbah of Algiers: localisation and classification of the damages caused by the earthquake on May, 21, 2003 of Boumerdes (Algeria).



The importance of the damage observed according to the pathologies already existing since 1980 and on those treading to collapse. The superposition of the two maps shows these results well. The traditional preventive constructive system of the Casbah once again showed its performance and the earthquake-resistance of these techniques during an earthquake.

Fig. 23 – The Casbah of Algiers: map summarizing the effects of the state of degradation in year 1980 and the damage due to 2003earthquake.

52 houses (32.5%) were classified orange 3 and thus to be repaired,

08 houses (5%) were classified green and thus no structural damage was observed.

Moreover, the official assessment (CFGRS 2003), on which this analysis was based, mentions that the recorded damage is mainly due to the prevailing state of decay of the houses which lasts for more than twenty years. This was confirmed by the observation of the chart representing the state of decayed going back to 1980 (Atelier Casbah 1980) (Fig. 21) and the damage distribution map following the 2003 earthquake (Fig. 22). The superposition of these two maps confirms the expertise established by the CTC and allows us to con-

clude that constructive technology elaborated in the 18th century in the city of Algiers to protect the constructions has probably contributed effectively in the earthquake-resistant of the houses (Fig. 23).

Conclusion

The Casbah of Algiers presents an earthquake-resistant system on urban scale as well as on house unit scale by using constructive system presenting a preventive technology adapted to the architectural typology developed during 18th century. This system made possible the constructions of the Casbah to resist the various earthquakes which succeeded that of 1716. The houses of the Casbah which were damaged by the 2003 earthquake are those whose state is in advanced degradation and also lack of maintenance. This was established already in 1980 during the launching of the project of «the revalorisation of the Casbah of Algiers». This state of decay or degradation did not undergo any operation of demolition or action of restoration. The intact houses are those whose constructive system was adopted during the reconstruction after the Algiers 1716 earthquake. Consequently, the vulnerability of the Casbah is not due to its constructive system but to the lack of maintenance or inadequate repair which enhance the degradation of these constructions. It would be thus desirable that this earthquake-resistant constructive system which contributed to the perenniality of this historical centre, world cultural heritage, be somehow adapted to modern constructive technology in order to use it in the operations of restoration and reinforcement of the houses which suffer from advanced degradation.

Acknowledgements

This research work has been achieved for the requirement of my Doctorate degree ongoing at the Polytechnic School of Architecture and Urban Planning (EPAU) of Algiers, chaired by Professor D.Benouar and Dr E.Guidoboni.

I would like to express my sincere thanks and deep gratitude to Dr E. Guidoboni for her valuable discussions, orientations and contribution at all stages of my research work.

I also thank Prof. D.Benouar for his availability and fructuous discussions.

I would like also to thank Dr D. Benedetti for all his interest he has given me for my research work.

I would like also to give my thanks to the director of the technical department of the municipality of the Casbah Ms A. Djeghri for her very much appreciated assistance during the in-situ investigation.

References

Unpublished Sources

- Algerian Archives, Wakf Ottoman, 1716-1717, *Fonds of Beit El-Beylik, Register 155*, 1128 of hegira, (in Arabic), Algerian National Archives.
- Algerian Archives, Wakf Ottoma, 1716-1717, *Fonds of Beit El-Beylik, Register 173*, 1128 of hegira, (in Arabic),Algerian National Archives.
- Algerian Archives, Wakf Ottoman, 1716-1717, *Fonds of Beit El-Beylik, Register 176*, 1128 of hegira, (in Arabic), Algerian National Archives.
- Anonymous manuscript (without date and title), (in Arabic), manuscript n° 1637, Nationale Library of Algiers.
- Ibn Al-Imâm (no date available), *Al-Qada'bi-l marfaq fi al-mabani wa nafy' al-dir* (in Arabic), manuscript n°1292, (in Arabic), Nationale Library of Algiers.
- Ibn Redjeb, H, 1740, chronicle, translated by Delphin, G, 1922.
- French Archives,1716-1717, Foreign Affairs, consular courier series BI, n° 120, F° 3-4, 6-7, 8-9, of 1716.

Press

- Akhbar, journal de l'Algérie, year 1867, n° 4382-20th year of January 6.
- Moniteur de l'Algérie, year 1867, n° 7-7th year of January 9.
- El Moudjahid, Algerian quotidian, year1980, of November 11.
- Algérie Actualité, Algerian weekly magazine, year 1992, of February 11.
- El Watan, Algerian quotidian, year 2003, of 15 June.

Published sources:

- Al Bakri, O., 1965, *Description de l'Afrique septentrionale par Abou Obeid El Bekri,* Translated by Mac Gukin de Slane, Ed Adrien-Maisonneuve, Paris, p. 137.
- Berbrugger, A., 1867, «Les tremblements de terre à Alger», in Akhbar, journal de l'Algérie dimanche 6janvier 1867, 29 Chaabane, n° 4382-20eme année.
- Bianchi, 1877, Secrétaire-interprète du Roi, «Relation de l'arrivée dans la rade d'Alger du vaisseau de S.M. La Provence sous les ordres de M. le Compte de la Bretonnière et détails de l'insulte faite au pavillon du Roi de France par les algériens, le 3 Août 1829» in Revue Africaine n° 21, pp. 414-415.
  Burzet, Abbée, 1869, *Histoire des désastres de l'Algérie, 1866, 1867, 1868*, Alger, Imprimerie Centrale Algérienne, pp. 35-54.
- Carette, A.E.H., 1850, «Algérie», in *l'univers ou histoire et description de tous les peuples de leurs religions, mœurs, coutumes*, Paris, Ed Firmin Didot Frères, pp. 91-93.
- Chesneau, M., 1892, «Notes sur les tremblements de terre en Algérie» in Annales des mines, neuvième série, TI, pp. 5-46 Ed Dunod, Paris, 1892, p. 8.
- Comelin, P., 1720, *Voyages pour la rédemption des captifs aux royaumes d'Alger et de Tunis*, pp. 14-16.

- Cotereau, J., 1930, «*La maison mauresque*», in Chantiers Nord-Africains, pp. 576.
- Delphin, G., 1922, *Histoire des Pachas d'Alger de 1515 à 1745,* Extrait d'une chronique indigène, Extrait du Journal Asiatique (Avril-Juin 1922 et Janvier-Mars 1925), Paris, Imprimerie Nationale, pp. 216-218.
- Devoulx, A., 1861, «Notes historiques sur les mosquées et autres édifices religieux d'Alger», in Revue Africaine, vol. 6, pp. 203-205.
- Devoulx, A., 1875, «Alger. Etude archéologique et topographique sur cette ville aux époques romaines (Icosium), arabe (Djazâir Beni Mezghanna) et turque (El Djazâir)» in Revue Africaine, vol. 19, pp. 295-332 and 385-428.
- Grammont, H. De, 1887, *Histoire d'Alger sous la domination turque 1515 -1830,* Ed Levoux, Paris, pp. 310.
- Ibn Hawkel, 1964, *Kitâb sûrat al-ardh, Configuration de la terre*, translated by Wiet and Kramer, Beyrout, p. 73.
- Ibn Khaldoun, 1978, *Histoire des berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique septentrionale*, translated by Mac Guike de Slane, Ed Geutner, Paris, vol. 2, pp. 9-12.
- Perrey, A., 1845-46, «Note sur les tremblements de terre en Algérie et en Afrique septentrionale», in Mémoire de l'Académie des sciences, arts et belles-lettres, partie des sciences, pp. 299-323.
- Peysonnel, J.A. et Desfontaines, 1838, *Voyages dans les régences de Tunis et d'Alger*, Tome I, p. 459.
- Rousseau, A., 1841, *Chronique de la Régence d'Alger,* traduites d'un manuscrit arabe intitulé «*El-Zohrat-El-Nayerat*», Alger, Imprimerie du gouvernement, p. 200-210.
- Shaw, T., 1808, *Travels or observations relating to several parts of Barbary and the Levant*, Edinburgh, Printed by J. Ritchie, V I, pp. 277.
- Shaw, T., 1830, *Voyages dans la régence d'Alger ou description geographique, physique, philologique, etc., de cet état*, traduit par J. Mc Craty, Paris, Ed Marlin, pp. 31.
- Tassy, L. De, 1830, *Histoire d'Alger et du bombardement de cette ville en 1816*, Paris, Librairie Piltan, pp. 169.
- Trumelet, C., 1887, *Blida, récits selon la légende, la tradition et l'histoire*, V 2, Paris.

Studies:

- Abdessemed-Foufa, A., A., 2000, *Reducing Risk to Cultural Heritage (Medinas and Casbah) in the Maghreb Countries*, Archeosismicity and historic seismicity, 5th Meeting of the APS Group, Perpignan, 6-7 April 2000, pp. 207-212, France.
- Abdessemed-Foufa, A., A., 2001, *Preservation of the Historic Patrimony through the Rediscovery and the Revival of the Local Seismic Culture*», Euro-Mediterranean Seminar on Natural, Environmental and Technological Disasters, Algiers 8-10 October 2001, pp. 129-136, Algeria.
- Abdessemed-Foufa, A., A., 2002. *Seismic Dimension in the Preservation of the Cultural Heritage, Case of the Casbah of Algiers»,* International Conference: «Alger, Lumière sur la Ville», EPAU, 04-06 May 2002, pp. 156-160, vol. I, Algeria.
- Abdessemed-Foufa, A., A., 2003a. *Internal Report of experts,* University of Blida (Algeria) with associate of Polytechnico di Bari (Italy), Blida 11-15 of July 2003, Algeria (unpublished).
- Abdessemed-Foufa, A., A., 2003b. *The preventives measures discovered in the Casbah of Algiers.* 13th Intensive Courses on «Local Seismic Culture and Earthquake Reduction in Traditional Masonry Buildings». Invited lecturer, Ravello 15-21 October, Italy.
- Abdessemed-Foufa, A., A., 2004, *Performance of Preventive Traditional Measures after the Boumerdes's Earthquake of May 21, 2003 in Algeria's Casbah of Dellys»*, 32nd International Geological Congress, Abstract, Florence, Italy.
- Ambraseys, N et Vogt, J, 1988, «Materials for the investigation of the seismicity of the region of Algiers», in European Earthquake Engineering, 3, pp. 16-29.
- Benouar, D., 1994, *Materials for the investigationof the seismicity of Algeria and adjacent regions during the twentieth century.* Special issue of Annali di Geofisica, N° 37, Vol. 4, Juily.
- Betbeder-Matiber, J., 1991, «Constructions parasismiques», in Techniques de l'ingénieur, traité Construction, C3290, Paris, novembre, pp. 1-22.
- Chaid-Saoudi, Y., 2003, «SOS, Casbah de Dellys» in El-Watan, quotidien national du 15 Juin 2003, Alger.
- CFRSGC (Cellule Fonctionnelle de la Réhabilitation et de la Sauvegarde et de la Gestion de la Casbah), 2003, *Bilan du Rapport du séisme du 21 Mai 2003, Commune de la Casbah*, Alger, 60 p. (Unpublished).
- Farah, M. (1980), «Les séismes à travers l'histoire», in El Moudjahid, quotidien national du 11 Novembre 1980, p. 13, Alger.
- Glay Le, M. 1968, «A la recherche d'Icosium», in Antiquité Africaines, II, pp. 7-54.
- Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G., 1994, *Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century*, Istituto Nazionale di Geofisica, SGA, Bologna, pp. 408-413.
- Guidoboni, E., 1997, «An early project for an antiseismic house in Italy: Pirro Ligorio's manuscript treatise of 1570-74», in European Earthquake Engineering, vol. 2, pp. 13-20.
- Hachi, O., 1992, «Alger, Février 1716, le grand tremblement de terre», in Algérie Actualité, semaine du 23 au 29 Février.
- Kaddache, M., 1951, *La Casbah sous les Turcs*, Documents Algériens, série Culturelle, n° 55, p. 3.
- Langenbach, R., 2002, *Survivors amongst the rubble: Traditional Timber-Laced Masonry Buildings that Survived the Great 1999 Earthquake in Turkey and the 2001 Earthquake in India, while Modern Buildings Fell*, 12th Intensive Courses on Local Seismic Cultures and Earthquake Vulnerability Reduction in Traditional Masonry Buildings, Euro-

pean University Center for Cultural Heritage, Ravello (Naples, Italy), pp. 1-17.
- Mascarenhas, J., 1992, «Lisbon, earthquake of 1755, The principles adopted», in actes du Colloque International: les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, 26-28 Novembre, Ed L. Mendes Victor, pp. 33-67.
- Messikh, M.S., 2000, *Tunis la mémoire,* Ed Rais, Tunisie, p. 20, 26, 82 and 101.
- Missoum, S., 2003, *Alger à l'époque ottomane. La médina et la maison traditionnelle*, Ed INAS, France, pp. 195.
- MUCH (Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction), Atelier Casbah, ETAU, UNESCO, PNUD, 1980, *Projet de revalorisation de la Casbah d'Alger, plan d'aménagement préliminaire*, Algérie.
- MUCH (Ministère de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction) 1999, *RPA 1999 (Règles Parasismiques Algériennes 1999), Addenda 2003,* Alger, Algérie.
- Musselmani, M (no date available), *Damascus, the old city in pictures,* Ed Salhani, Syria, 111p, p. 103.
- Poursoulis, G. 1999, *Destruction des palais minoens*, thèse de Doctorat Paris I, Panthéon-Sorbonne, 3V.
- Poursoulis, G., 2000, «Des techniques sismo-résistantes dans les édifices de l'Age de Bronze en Crète», Actes des IVe rencontres du groupe APS, «Archéosismicité et vulnérabilité du Bâti ancien», Perpignan, France, pp. 127-148.
- Randazzo, G., 1988, «Le strutture murarie negli edifici del centro storico di Catania», Documenti dell'Istituto Dipartimentale di Architecttura e Urbanistica dell'Unversità di Catania, 16, Italy, pp. 109-143.
- Ravereau, A., 1985, *La Casbah d'Alger et le site créa la ville*, Ed Sindbad, Paris, p. 163.
- Raynaud, L., 1930, *Hygiène et Pathologie Nord-africaines*, T 1, Ed Masson et Cie, Paris, pp. 68-69.
- Rideau, A., 2002, *From the search for anomalies to the discovery of a local seismic culture*, 12th Intensive Courses on Local Seismic Cultures and Earthquake Vulnerability Reduction in Traditional Masonry Buildings, European University Center for Cultural Heritage, Ravello (Naples, Italy), p. 192.
- Saidouni, N., 1985, «El ahwâl ech-chakhsiâ wa al-wadh ed-dimoghrâfi fi al-djazâ'ir athnâa al-aahd al-othmân»i, in Revue d'Histoire du Maghreb n° 39-40, pp. 431-445.
- Shuval, T., 1998, *La ville d'Alger vers la fin du XVIIIè siècle. Population et cadre urbain*, Ed CNRS, Paris, pp. 408-413.
- Tallarico, M. et Zampilli, M., 1992, «La reconstruction de Noto après le séisme de 1693», in actes du Colloque International: les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, 26-28 Novembre, Ed L.Mendes Victor, Portugal, pp. 82-92.
- Touliatos, PG, 1992, «Traditional aseismic techniques in Greece», in actes du Colloque International: les systèmes nationaux face aux séismes majeurs, la réponse des autorités et la réduction de la vulnérabilité du bâti. Lisbonne, Novembre, Ed L.Mendes Victor, Portugal, pp. 110-124.
- Tourneau, R. Le (1957), *Les villes musulmanes de l'Afrique du Nord*, Ed Payot, Paris, p. 20.
- Youssef-Hoteit, A., 1993, «*Cultura, Espacio y organización Urbana en la Ciudad Islamica*», in Cuadernos de Investigación Urbanistica, Madrid, pp. 29-34.
- Zacek, M., 1996, *Construire parasismique, Risque sismique, Conception parasismique des bâtiments, Réglementation*, Ed Parenthèses, Marseille, 340 p.

Annexes
Definitions

Al Alwî: house with level but without patio
Beit Al Beylak: cadastral acts
Dâr: house
Fahs: country-side
Fikh: Moslem jurisprudence
Finâ ': * in the principal streets: space street located before the door which cannot extend beyond half of the width of the street
* In the lanes: space covering all space before the house, and can extend to the whole width of the street
Hammam: Turkish traditional bath
Medina: old nuclei of the Muslim city, the medieval Muslim city
Mufti: official interpreter of the Moslem law
Musharâbyâtes: corbellings
Q 'bû: alcove, located on the wall in the centre of a square space just opposite the large door of the room
Ryads: gardens with water jets
Sabâts: roofed passageways in the streets of the Casbah
Shebâk: netting covering the opening to the top of the central space of the house
Thyua: type of tree aromatic whose wood which is very resistant
Wakf: the donation of the fruits of a thing, which will belong to the donees as long as the will remain productive
Wast al-Dâr: courtyard, patio
Wast: middle.

Annexe II :

Glossaire

Glossaire :

'Ain : fontaine

'Aqba : pente

Al 'Alwī : étage supérieur d'une maison ou d'un magasin

Asfal : en bas de

Antaq : chainâge en bois, ceinture

Bāb : porte

Bayt al-Māl: institution relevant des biens

Bīr : puit

Būhayra : lac

Dār : maison

Diwān : le conseil

Djāma' : mosquée

Essabata : un plafond de sabat

Fahs: campagne

Fahāl : espace créant le sabat ou plafond de sabat

Finā': espace extérieur à proximité de la construction

Ḥūmat: quartier

Hāila : grande, importante

ma'alimin al bina' : maître de la construction

M'ramam: opus spicatum ou briques disposeés à 45°

Mab'sut : disposé en couches horizontales

Mūffī: homme de religion

Mūsharābiyā: encorbellement

Nabah : un plafond de sabat

Q 'bū: encorbellement

Qūrb : près de

Radjfa : secousse

Raḥba : place

Rūshan : encorbellement

Ryādh: jardin

Sabāt: passage couvert par des constructions

sardāwī : cèdre

Shebbāk: grille ou grillage

Sūiqat : petit marché

Sūq : marché

tarmam: disposé en chevron ou en épis

Hānūt: magasin	*T'qābal* : en face de
Habūs : mis sous séquestre	*Thuya*: bois d'un arbre à essence aromatique qui est très résistant
Hammām: bain maure	*Waqf*: mis sous séquestre
Hazza ardhya : tremblement de terre	*Wast al-Dār*: cour, patio.
Islāh : réparer	Wast: milieu
Kūsha: four à pain	*Zalzala* : tremblement de terre
ma'alam : maître	*Zāwiya* : lieu de culte
	Zenqat: rue
	Zilzāl ou Zalzāl : tremblement de terre, séisme

Annexe III :

Résultats de l'analyse des registres ottomans

EXCLU de PRÊT

Résultat des Archives Ottomanes « Registres du Baylik », Archives Ottomane, Archives Nationales d'Alger.

Les résultats auxquels nous sommes arrivés dans les archives ottomanes d'Alger sont établis sur l'inventaire sommaire et le contenu des registres arabes et turcs d'Alger élaboré par Yelles[1]. Une lecture systématique a été effectuée des registres datant de 1715 à 1724 enregistrés sur 22 microfilms. Les registres sont écrits en langue arabe et transcrit en calligraphie maghrébine. La délimitation temporelle s'est faite selon un laps de temps proche de l'événement sismique afin de mieux cerner les dommages qui lui sont attribué car il est apparu lors de l'analyse des registres du baylik que les constructions régies par l'institution du *waqf* (dans cette recherche spécialement les maisons), sont constamment entretenus et parfois même le type d'action menée est précisé. Les frais dispensés pour leurs réparations sont bien répertoriés. Par conséquent afin d'éviter l'arbitraire et s'éloigner des interprétations hasardeuses, ce travail s'est limité à l'interprétation des actions d'entretien menées immédiatement après le séisme.

Remarque :
Les registres du bayt al-baylikl sont nombreux mais ne sont pas complets. Leur classification s'est faite selon un ordre chronologique qui couvre une période allant du XVIème au XIXème siècles. Il y'a dans ces registres, les actes de donations établis au nom des lieux saints, des comptes et montants affectés à l'entretien des biens *habūs*.
Il faut signaler, toutefois, que la lecture de ces registres n'a pas été sans poser de problèmes de traduction. La langue dans laquelle sont écrits ces registres relève d'une terminologie arabe à influence maghrébine, qui a posée des problèmes de transcriptions, de traduction et d'appréhension de la terminologie locale. A titre d'exemple, la compréhension du mot *i'timār,* اعتمار, même avec l'aide de dictionnaires spécialisés, tel que celui de Mercier et Bencheneb (1921), ou celui de De Bussy (1843) a été des plus difficile.

[1] Yelles (1980). Archives historiques algériennes : inventaire analytique du fond ottoman. CNA, Alger.

Les registres consultés sont répertoriés dans les tableaux suivants :

Microfilms	N° Boite	Année Hégirienne	Année Grégorienne	Registres
248	20-21	1124-1127	1715-1716	146-164
266	23-24	1128	1716-1717	165-183
276		1129	1716-1717	184-187
211		1131-1132	1718-1720	117-127
208	17	1131-1135	1718-1723	117-127
206		1132-1134	1719-1722	117-127
150			1666-1667 1781-1782	60-67

Le nombre de registre consulté est de 77. Seuls 7 registres ont donné les résultats consignés dans les tableaux qui suivront. Ceci ne représente que 9%

Registre 169 Bt 24 mic 266

Dans ce registre les mêmes expressions techniques inhérentes aux techniques d'entretien sont répertoriées. La plupart représentent une action de réparation exprimée par le mot *iṣlāḥ*.

Typologie	Adresse	Types d'interventions	Dépenses
Dār	Qurb *Djama' al m 'allaq*	*iṣlāḥ*	2 ryals et 1/4
'Alwi	*Fi al M'qayssya*	//	
'Alwi	*Sūiqat 'Amūr*	//	
Dār		//	
Dār		//	
Dār Ben al Smāmy		//	
Dār Ṣālah		//	
Dār ḥammī		//	
Dār al Ḥādj		//	
Dār		//	
Dār al Ḥādj h'mīda		//	
Dār al 'aldj		//	
Dār al Ḥādj 'Adellah		//	
Dār Mustaphā Khūdja		//	
Dār qabr nūna		//	
5/8 min Dār Ben Naqt		//	2 ryals

al Sebāgh			
½ min Dār al Ḥādja Meryem	*A'la kūshat bū la'ba*	*iṣlāḥ mā waqa'a fihā*	
Beyt min Dār al Barinya		*iṣlāḥ*	15 ryals
½ Dār Ben Ḥamza		//	3
½ Dār	*Djama' al Blāṭ*	//	0.5 ryals

Registre 173

Typologie	Adresse	Types d'interventions	Dépenses
Dār	*kūshat bū la'ba*	*Islāḥ*	42
Dār Al Gh'rab'liya		*Islāḥ*	21
Dār H'lima al twila	H'lima al twila	//	15
Dār	Asfa 'ain 'abd allah	//	
Dār	A'la 'ain 'abd allah	//	52
Dār		//	
Dār	Swiqat ammur	//	21 ryals
Dār	Qurb djama' al a'dham	//	47 ryals
Dār		//	10
Dār		//	1
Dār		//	4
Dār	A'la suq al smen	//	75
Dār		//	
Dār		//	
Dār		//	
Dār		//	2
Dār		//	
Dār		//	
Dār		//	
Dār		//	
Dār		//	
Dār		//	
'Alwī	Fi djama' al a'dham	islah	4
'Alwī	M'qabal zawiat al abbasi	//	4
'Alwī	Fi al djabila	//	2.5
'Alwī	Asfal suq al s'men	//	
'Alwī	Bi suq al s'men	//	14 et 42
'Alwī	Bi swiqat ammur	//	70
kūshā			10 et 9 ryals
kūshā			14
kūshā			42
ḥānūt			4
ḥānūt			10
ḥānūt			10
ḥānūt			60

5/6 Dār	*Qurb al Qasba*	*iṣlāḥ*	4
½ Dār al Hadj Yussuf	*Bi suiqat 'Amur*	//	1.25
Dār Ben 'Aliyun	*Qurb al qahwa*	//	4
Dār Bent Serkadji		//	4
Dār Bent al Hamri	*M'qabla li dar Sheryan*	//	0.5
Dār Mustafa Khudja	*Qurb Dar al Inbisharya al qadima*	*iṣlāḥ*	0.5
Dār al Hadj Ahmad Q'miha	*Qurb M'sid al Ḍalya*	//	0.25
Dār Djersya	*Bi suiqat 'Amur*	//	18
Dār Bent al Sherif Lakhal		//	2.5
Dār Ben Haqrya	*A'la yamin 'Abd al Samed al 'Aldj*	//	1.25
Dār B'siri Ramdhan	*Lasqa bi al sur*	//	2.25
Dār	*Lasqa bi Sidi Al M'raishi*	*iṣlāḥ*	4 ryals
Dār Qahrya	*Qurb Hammam al Mallah*	//	¾ ryals
Dār al Hadj Ahmed Hikun	*Qurb kushat bu la'ba*	//	1.5
Dār al 'Aqafa	*Qurb M'sid al Ḍalya*	//	1
Dār Bashir		//	2

Registre 185 Bt 26 mic 24 :

Typologie	Adresse	Types d'interventions	Dépenses
Dār al Kezaz	*Qurb Sidi Sh' 'aib*	*iṣlāḥ*	1 ryal
Dār	*Asfal suq al Ḍjem' 'a*	//	15
Dār		//	4.5
Dār AL Hadj Muhammed Badlia		Islah	1ryal
Dār Salah al Tilimsani	*Zaūiat al 'Abbāssī*	*iṣlāḥ Saqiya*	3 ryals

Dār bent al Qaid Salem		*iṣlāḥ*	4
Dār ben Naqa al Sebagh		Bina'	43 ryals
Dār	*Qurb kushat 'Ali*	*tahaddamat*	
Dār		*tahaddamat*	
Dār	Qurb Sidi Ramdhan	Partiellement *tahaddamat*	34 ryals pour la reconstruction
Dār M'barka m' 'atqa		*iṣlāḥ*	0.5 ryals
Dār ben 'Amur		//	9 ryals 25
Beyt et makhzen		//	8 ryals et 5/8
Dār		//	2 ryals
Dār			
Dār			
Dār			
Dār			

Le reste des registres consultés n'ont donné aucune information concernant l'événement sismique ni les dommages générés.

Certaines maisons ne sont pas localisées par une adresse dans la médina. Il est probable qu'elles n'étaient connues que par le nom de leur propriétaire. Une indication suffisante pour les localiser en ce temps là (XVIIIème siècle).

La difficulté de lecture des registres a fais que certaines maisons n'ont pas été localisées ni par leur nom, ni par le nom de leurs propriétaires.

Résultat des Archives Ottomanes « Registres du Beylik », Archives d'Outre-Mer d' Aix en Provence (CAOM).

Les résultats de cette recherche ont été établis d'après l'inventaire sommaire sur le contenu des registres arabes et turcs d'Alger élaboré par A.Temimi.[2] Une lecture systématique des registres datés entre 1715 à 1796 enregistrés sur 22 microfilms a été effectuée. Les registres sont écrits en langue arabe et transcrit en calligraphie maghrébine.

La lecture de ces manuscrits a été difficile, vu la lisibilité qui diffère d'un registre à l'autre.

Le contenu des registres des biens Hābūs sur lesquels a été porté l'intérêt de cette étude retrace l'importance des revenus qui ont servis à la construction de mosquées, la réparation des constructions ainsi que les dépenses relatives à l'entretien. Il 'est avéré que sur la lecture de 22 microfilms contenant chacun jusqu'à 10 registres (200 registres analysés) les résultats auxquels a abouti cette étude sont consignés seulement dans 8 registres, sur un nombre infiniment petit qui ne représente en fait que 3% des archives ottomanes sélectionnées (voir tableau).

Les résultats obtenus ne couvrent bien entendu pas toutes les constructions de la Casbah. La seule analyse qui a été faite est celle relative aux constructions aliénées à l'institution *des Ḥābus* dont les registres sont la source de 1ere main qui a été utilisée. Aucune information relative aux constructions autre que celle enregistrées par cette institution n'a été consultée. Par conséquent les résultats chiffrés sont représentatifs de cette catégorie de constructions. Il faut souligner également que la localisation des maisons sur lesquelles ont été relevé les dommages, les destructions et celles ayant bénéficiées d'une réparation après le séisme a été difficile. Le problème qui s'est soulevé est celui des adresses qui sont souvent en rapport avec le nom du propriétaire et que la maison est annexée à des édifices tels que les mosquées, les fours, les bains, les *sūq (s)* ou les fontaines. Pour cela il a fallu chercher à situer le plus fidèlement possible les adresses en vue d'élaborer les restitutions topographiques des dommages. Cette recherche s'est alors basées sur les études de Devoulx[3] (1846) et sur une transcriptions partielle publié par Benhamouche et Belkadi en 2003[4].

D'autre part, la période d'investigation a été circonscrite

COTE	TITRE	ANNEE	OBSERVATION
15 MI-18 n° 67	Dépenses diverses de l'état dans différentes villes de la régence	1128/ 1715-1716 à 1196/ 1781-1782	Deuxième partie registre de 1 à 384

[2]Temimi, « Sommaire des registres arabes et turcs d'Alger ». Publication de la revue d'Histoire Maghrébine, vol 2, Tunis 1979.

[3] Devoulx (1846). Alger. Ms n° 3213 Bibliothèque Nationale d'Alger

[4] Belkadi et Benhamouche (2003). Albert Devoulx. El Djazair histoire d'une cité d'Icosium à Alger.

15 MI-19 n° 71	Dépenses générales dans la région de Sakia	Muhharrem 1127/Janvier 1715 à Shewwaâl 1136/1724	Deuxième partie registre de 1 à 384
15MI-19 n° 72	Dépenses Gles et revenus des Habous de la Sakia	1137/1724-1725 à 1189/1774-1775	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-25 n° 105	Enregistrement des habous au profit de la grande mosquée....	Djumâdâ 1134/Février 1722 à 1136/ 1723/1724	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-26 n° 113	Perception des loyers au profit des habous à Bougie et Alger et de la Gde mosquée	1134/1721-1722 à 1138/1725-1726	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-26 n° 116	Relevé des loyers des habous	1136/1723-1724 à 1138/1725-1726	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-26 n° 118	Réparation des mosquées	1113/1720-1721 à 1138/1725-1726	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-26 n° 120	Montant des locations	1126/1714-1715 à 1128/1716-1717	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-27 n° 121	Réparation des mosquées et des maisons	9 Safar 1132/23 Décembre 1719 à 1133/1720-1721	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-27 n° 123	Idem	1131/1718-1719 à 1142/1729-1730	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-27 n° 124	Idem	1134/1721-1722	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-27 n° 126	Dépenses pour la réparation de la Gde mosquée	1131/1718-1719 à 1143/1730-1731	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-27 n° 128	Revenu des loyers d'un grand nombre des villes de la régence	1132/1719-1720 à 1133/1720-1721	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-28 n° 129	Revenu de loyers	1135/1722-1723 à 1djumâdâ II 1136/27 Février 1724	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-32 n° 175	Relevé des habous	1128/1716-1717 à 1175/1761-1762	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-32 n° 185	Idem	1128/1716-1717	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-33 n° 194	Relevé des loyers annuels	1130/1718-1719 à 1170/1756-1757	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-37 n° 216	Relevé des nouveaux habous	1131/1718-1719	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-37 n° 217	Idem	Dhil-kaada 1127/Décembre 1715 à 1 Djumâdâ I 1132/12 Mars 1720	Deuxième partie registre de 1 à 384
*15MI-44 n° 317	Dépenses pour l'entretien des	Redjeb 1087/Septembre	Deuxième partie registre de 1 à 384

	mosquées, les réparations et les nouvelles constructions	1717-1718	Fond important
*15MI-45 n° 327	Dépenses pour les réparations des mosquées	Rabie II 1101/Janvier 1690 à 1150/1737	Deuxième partie registre de 1 à 384
Bobine 1Z n° 69	Registre des biens habous	1116/1704-1705 à 1830	Quatrième partie registre de 1 à 60

T

Tableau des Registres disponibles au CAOM
* indique les registres consultés

Les résultats obtenus sont consignés dans les différents tableaux. Chaque tableau présente un registre:

Microfilm 15MIOM/45 n° 327

Rabie II 1101 à 1150 qui correspond à Janvier 1690 à 1737

Dans ce registre il en est ressorti trois types d'expressions techniques liées aux actions d'entretien. Cette terminologie des pratiques d'entretiens a un sens spécifique lié au contexte de leur application. Une classification du sens étymologique général du mot et son sens contextuel sont donnés dans le tableau suivant :

Mot	Sens étymologique	Sens contextuel
Binā	Construction	dans ce cas le sens est la reconstruction de ce qui s'est détruit ou endommagé par le séisme
Islāḥ	Réparation	réparation de ce qui s'est endommagé par le séisme
Tarqī ʿ		Réparation partielle de certaines parties endommagées par le séisme

Typologie	Adresse	Types d'interventions	Dépenses
ʿAlwī	*Al Qasba*	*Islāḥ*	4
Dār khūdja		Binā	2
Dār Cherguī		*Islāḥ*	3

Djāma' al Sayida		*Islāḥ*	7/8
Hammām Al karrub		*Islāḥ*	4 et 7/8
Dār	*Kushat ' Alī*	*Islāḥ*	2
Dār khūdja		Binā	2
Dār	*Asfal Djāma' Jeddīd*	*Islāḥ*	4
'Alwī	*Sīdī Hellāl*	*Tarqī'*	4

Microfilm 15MIOM/25 n°105

Djūmādā de l'année 1134 jusqu'à 1136 / Février 1722 à / 1723-1724

Dans ce registre il en est ressorti en plus des opérations d'entretien, les dommages engendrés par le séisme :

Tahaddam : détruit

Typologie	Adresse	Type d'intervention	Dépenses en Ryâls
'Alwi fūq Sqīfa	*Qūrb al Raḥba al qadīma*	Détruit	
½ Dār	*A'lā kūshaṭ 'Alī, bi sika gheyr nāfiḍa*	Islaḥ	1
½ Dār Hamūdī	*Djāma' al Ballāṭ*	Islaḥ	1
1/3 Dār al Hādj 'Alī ben Uānī	*Qūrb kūshaṭ al Ukīd*	//	5.25
Dār	*Qūrb Sīdī 'Alī al Fāssī*	//	2 et 3/8
Dār		//	0.5
Dār al Mersiya	*Qūrb Sīdī Mūhammed Ben 'Alī*	//	2
Dār bent al Qāid Sālem		//	8

Microfilm 15MIOM/26 n° 120

Année 1128-1129 de l'hégire / 1716-1717.

Typologie	Adresse	Type d'intervention	Dépenses en Ryâls
1/2 'Alwī	*Hūmat Ben Djaūār 'Alī, Qūrb Djāma' Hanafī*	*Islāḥ*	10 et ¾
1/2 Dār Ḥamūdī		//	
1/2 Dār	*Agbat al Shershālī*	*Tahaddama* Démolie	
1/3 Dār Ben Zerūq	*Qūrb mesjed Sīdī 'Abd al Rahmān al Tha 'ālibī*	*Islāḥ*	34 et 6/8
Dār	*Hūmat kushat 'Alī*	*Islāḥ*	1 et 7/8
Dār	*Qūrb Sīdī Ramdhān*	// *benyān et derb*	1.5
Dār	*Qūrb Djāma' al A 'dham*	*Islāḥ*	5.5
Dār al M'yūrqī lāsqa fī dār al K'līd	*Qūrb hammām al Mallāh, qūrb dār al*	//	0.5

	Ḥādj 'Abd Allāh		
Dār	*Qūrb Sīdī Mūhammed al Sherīf qūrb dār Nedjār al-ḥabs*	//	1 et 3/8 pour colonne (arssa), 1.25
Dār al Ḥādj Mes' 'ūd	*Qūrb Kushat ' Ali*	//	4 et 5/8
Dār Hassān Khūdjā al Sherīf	*Qūrb dār al-nedjār*	//	2
Dār Kheyr al Dīne	*Qūrb dār Ḳhelīfā*	//	5 et 5/8
Dār Mūhammed		//	20
Dār al Qāid Mūrād	*Lāsqa fī dār al Mūḥtassib sī al Ḥādj 'Alī al Shāūsh*	//	4
Dār al Baṭha	*Qūrb dār al Fezāznī fi Sīdī 'Alī Khūdjā*	//	40.5
Dār al Ḥādj al Rūsheq	*Qūrb Kūshat al N'ṣārā*	//	28
Dār	*Qūrb Djāma' al Keshāsh'*	//	4 et 3/8
Dar Bent al Qaid Salem		//	1 et 5/8
Dār Ben 'Allūin	*Qūrb qahuat al Hadj 'Ali al Inbisharya*	//	8
Dār Mansūr al Sherīf		//	0.5
Dār Ḥadhria		//	0.5
Dār H'līma al Tūila		*Islāḥ*	¼

Microfilm 15MIOM/27 n° 123 et 124

Année 1132 de l'hégire qui correspond à l'année 1718- 1719

Dans ce registre une autre expression technique est apparue c'est *Islāḥāt* dont le sens étymologique renvoie vers le mot *islāḥ*. Dans ce cas là, il signifie plusieurs réparations de ce qui s'est endommagé par le séisme.

Typologie	Adresse	Type d'intervention	Dépenses en Ryâls
1/9 Dār Rajeb Belkebāsh	*Qūrb mesjed al A'dham*	*Islāḥ*	10.5
1/2 Dūira	*Qūrb Dār al Ḥamrā fi sqīfat dār mūḥammed ben Sīdī al Mahdī*	*Islāḥ*	18
Dār al Ḥādj Mūḥammed al Rūstū	*Kūshat al N'ṣārā*	//	8
Dār al M'thaqba	*Mesjed Sīdī al Rahbī*	//	2.25
Dār al Baṭha connue par dār al Fezāz		//	39
1/3 Dār	*Qūrb Hammām Yettū*	//	1 et 3/8
Dār Mūhammed al B'ṣīr	*Qūrb Djāma' al Qāid al Safir*	//	3
Dār Sūkalī		//	1.5
Dār wa 'alwī Dja 'far ben Ṭir	*Qūrb Djāma' al Keshāsh*	*Islāḥāts*	16 69
Dār Mūṣtafa Khūdja	*fi sūiqat 'Amūr*	//	1

Dār Ḥassān Khūdja al Sharīf		//	5.5
Dār al Maḥdjūb dite dar Thelmūn		//	5/8
Dār al Ḥādj Mūḥammed al Bābū	*Qūrb Kushat ben Sakū*	//	3
Dār	*Qūrb Sīdī al Merab'shī*	//	5/8
Dār Redjeb		//	¼
Dār Medjūma		//	5/8
Dār Ṣālah al Tilimsānī	*fi Zāūiat al 'Abbāssī*	//	7/8
1/3 Dār Ben 'Ammūr		//	1.25

Microfilm 15MIOM/28 n° 129

Chaabâne Année 1132 jusqu'à 1135 de l'hégire / 1719 à 1722

Année 1130 / 1717.

Dans ce registre, est apparu une expression relative à une action engendrée par le séisme qui est *mutahaddima*. Dans le sens étymologique, ce mot exprime : détruite. Dans ce contexte là l'interprétation du mot est également une destruction soit totale soit partielle.

Typologie	Adresse	Type d'intervention	Dépenses en Ryâls
'Alwi Ben Sha 'ban	*Qūrb al Qasba*	*Islāḥ*	6/8
1/2 Dār	*Djāma' al Keshāsh*	//	1 et 6/8
Dār Fāṭma Shtiṭha		//	1
Dār	*Kūshat Bir 'Amār*	//	1
Dār	*Qūrb Sīdī 'Alī al Fāssī*	//	4 et 5/8, 7.25
Dār Hassān al Djeffāf	*Asfal Kūshat 'Alī*	//	4 et 10/8 et 3
Kūshā	*Qūrb Ḥammām al Mallāh*	//	3
1/2 'Alwī	*Qūrb Djāma' al Qāid Mūssā*	//	2
'Alwī	*Zenqat Ben Fāres*	//	1 et 3/8
'Alwī	*Qūrb Kūshat Ben Sākū*	//	12
1/2 Dār	*Asfal Djāma' al Ballāṭ*	//	Pas
Dār	*Zenqat al Ṣabāgh qūrb Dār al Hamrā*	//	14
Dār al Hādj Hāssān	*Qūrb Hānūt al Kartūs*	//	14 et 8
Dār al Hādj Ahmed Brilla	*Fi Sūiqat 'Amūr*	//	13.5
Dār Ben Mansūr Sharīf	*Qūrb Djāma' 'Alī Bitshīn*	//	4.5
Dār Ould al Shatbiya	*'Aqbat al Shershālī*	*mūtahaddima* Démolie	
Dār Djellāf	*Qūrb Bīr al Rūmana*	Démolie	
'Alwī	*Asfal Sūq al S'men*	*Islāḥ*	3.5
'Alwī		*Islah*	1
'Alwī	*Qūrb Djāma' al A 'dham*	//	12
1/3 Dār	*Makhzan Bāb al B'har*	//	2.5

Dār	*Sīdī 'Alī al Fāssī*	//	3
1/2 Dār	*Asfal Suq al Kettān*	//	3
2/3 Dār	*Dār al Ḥamrā*	//	14
1/2 Dār Slimāne	*Djāma' al A 'dham*	//	1 et 3/8
Dār Bent al Qāid Sāllem		//	4.5
Dār Bent Serkādjī	*Ketshāwā*	//	1 et 1/8, 2, 1.25, 10 et 3/8
Dār Mūstafā Khūdjā		//	31
Dār Djemumā		Démolie	
Dār	*asfal sūq al Djam 'ā*	*Islah*	2
Dar Med Khoudja	*Qūrb al qaṣba*	//	3.5
Dār		Démolie	
'Alwī	*Dar el djaliṣs*	*Islah*	1 et 2/3
'Alwīi bent Gāid al baroud	*Hūmat al Ṣelāūi*	//	1
½ Dār		*// bît*	3
½ Dār	*Qūrb Sīdī Būkadūr*	//	3
Dār	*Qūrb Sīdī 'Alī al Fāssī*	//	1 et1/8
Dār	*A 'lā de Sūq al Kettāne*	//	4.5
Dār Bent bū Bnīder		//	1.5
Dār Hammām Khūdjā		//	5
Dār Dja 'far Menṭine	*Qurb Djāma' al Keshāsh*	//	15
Dār al Uldja	*Qūrb Djāma' al A 'dham*	//	1.5
Dār Ben Dāli Bey	*lasqa fi Dār Qāid al 'ayūn, al Qūbṭāne sī Yūssef*	//	7.5
Dār		//	1
Dār Sīdi Muhammed Ben 'Alī	*Qūrb Dār Sherīf ben wālī*	//	1.5
Dār Muhammed Babūdjī	*Qūrb Kūshat Ben Sākū*	//	13.25
Dār 'Annāba	*Qūrb sikkaṭ al Rālia*	//	6

Microfilm 15MIOM/32 n° 175
Année 1131/1718-1719 et 1715 à 1720

Dans ce registre une autre expression y figure : *Islāḥ wa Tarmīm.* Comme définis précédemment, les sens étymologique de *Islāḥ* signifie réparation de ce qui s'est endommagé. Le mot *Tarmīm* signifie restauration. Sa traduction contextuelle lui donne à la fois le sens de réfection ou de réparation.

Typologie	Adresse	Types d'interventions	Dépenses

Dār Sha 'bān Khūdjā	*A 'lā Sīdī Muhammed Ben 'Alī*	*Islah*	1
1/3 Dār Ben al Zerrūq	*Qūrb Mesjed Sheykh Sīdī 'Abd al Rahmāne al Tha 'ālibī*	//	3
'Alwī	*Fī al Brad'iya al qadīma*	//	4
'Alwī	*Qūrb Kūshat Ben Sakū*	// derb	
1/2 Dār	*Qūrb Hammām al Mallāh*	//	
1/2 Dār al Ḥādja Meriem		//	2
1/2 Dār Ben Khūdmī		//	2
1/3 Dār	*Qūrb Hammām al Mallāh*	//	20
Ghūrfa fi dār Hamzā Khūdjā		//	3
Dār 'Abrī Shāūsh	*Gharb Hammām al Mallāh*	//	4
Dār al Mukrī	*A 'lā dār al Kik qūrb al Djāma' al A' dham*	//	2
Dār	*asfal Sūq al Kettān*	// qūbba	4 et 5
Dār al Qadhī ben Dhaiya		//	20
Dār Ben al Bey	*lāsqa fi dār al Qūbtane Bīrā ou Bidā*	//	2
Dār Mustafā Khūdjā	*Qūrb dār Ben Khūdjā Sīdī 'Abd al rahmāne*	*Islāh wa Tarmīme*	2
Dār	*Qūrb Issrī*	//	1
Dār al Rekāz	*Qūrb Sīdī Sa 'id sī 'Alī Ben Sh'nāq*	//	1
'Alwī	*Qūrb Bāb al wād lasqa fi fūndūq al Ḥābs*	//	2
1/2 'Alwī	*Qūrb qahūat al Qasba*	Détruit	
1/2 Dār	*Zenqat al Bīr à Ketshāwā*	*islāh*	24
Dār	*Qurb Kushat 'Alī*	//	
Dār al Hādj Muhammed Badliya		//	1
Dār	*Asfal Suq al Djem'ā*	//	15
Dār		//	5/8

Microfilm 15MIOM/33 n° 194

Année 1130/1718-1719 à 1170/1756-1757

Typologie	Adresse	Types d'interventions	Dépenses
'Alwī	*A 'la Djāma ' al Qāid*	*Islāḥ*	1.5
5/8 Dār Beznīqa al Sabāgh		//	7
Dār	*Qūrb Sīdī 'Alī al Fāssī*	//	2 et 3/8
Dār	*A'lā Sūq al S'men, qurb zāūiat al Andalūssī*	//	2 et 6/8
Dār	*Qūrb Sīdī 'Alī al Fāssī*	//	2 et 5/8
Dār		//	10
Dār Sūkālī		//	1
Dār	*Qūrb Hammām al Mallāh*	//	0.5
Dār		//	2.25
Dār	*Qūrb Kūshat 'Alī*	//	4 et 5/8
Dār		//	1 et 5/8
Dār		//	5.5
Dār	*Sūiqat 'Amūr*	//	5.5

15MIOM/19 n° 71/72

Année 1127 qui correspond à 1715-1716

Typologie	Adresse	Types d'interventions	Dépenses
'Alwī	*Qūrb al qasba al qadīma*	*Islāḥ*	6
Benyāne	*Sūq al Dūkhāne*	//	46
'Alwī		*binae*	300
Benyāne		*Islāḥ*	86

Résultats :

Le résultat global des dommages recensés à travers les différents registres (CAOM et AN) est exprimé également dans un tableau. Ce dernier englobera toutes les informations relatives aux différentes actions menées pour la réparation de ce qui s'est endommagé.

Les dommages sont classés comme suit :

- Dommages Légers : traduit par *Iṣlāḥ* n'ayant pas nécessité de grands frais de réparation
- Dommages Modérés : traduit par *Islāḥ* ayant nécessité de grands frais de réparation
- Dommages des *'Alwi*.
- Destruction totale des *'Alwi*.
- Destruction totale des *Dār*.

D'autres constructions ont été relevées dans ces registres, il s'agit des fours (*Kūshā*) et magasins de commerce (*Ḥānūt*). Dans le registre 173, ceux sont des constructions qui ont subi fortement le séisme car les dépenses de leur entretien sont assez élevées.

	Dommages légers (*Islāḥ*)	Dommages importants (*Islāḥ*)	Dommages des *'Alwī*	Destruction de *Dār*
Par degré	162	24	40	14
Par catégories	162	44		14
Pourcentage	67.5	23.73		5.40
Total	240			

Une évaluation de l'importance des effets générés par le séisme de 1716 en résulte de ce que présente le tableau ci dessus. Sur un total de 240 maisons enregistrées, il se dégage, 162 ayant subis des dommages légers, 24 ont été légèrement endommagées, 40 maisons fortement endommagées et 14 maisons détruites.

Ces résultats ne sont pas exhaustifs et n'expriment pas toute l'étendue de la catastrophe. Néanmoins en l'absence de tout bilan de dommages datant de cette période, une idée partielle sur la répartition des dommages dans la médina est proposée. Les constructions endommagées sont celles qui sont aliénées à l'institution des habus et qui ne représentent pas l'ensemble des constructions de la médina.

Annexe IV :

Toponymie de rues sur lesquelles

Les dommages ont été localisés

Annexe V
Toponymie des rues dans lesquelles Les dommages ont été localisés.

Dans ce travail peut importait le découpage opéré de la médina. L'essentiel etait de pouvoir inscrire les dommages sur tout le tissu d'*Al Djazāir*. De ce fait, le choix du découpage par zone a été pris tel que Devoulx (1870) l'a établi.

Zone 1			
Toponymie	**Coloniale**	**Actuelle**	**Grille**
Ḥumat al Qaṣba [1],	Kaṣbah ou taḥtaḥat al Kaṣba sis sous les murs de la citadelle du coté de la ville[2]		J3
Hammām Yettū[3]	des marseillais[4]	Détruite car englobée dans la rue Bab al Oued n°28[5]	P12
Qūrb *Sīdī Ramdhān*[6]	Sidi Ramdhan[7]	Sidi Ramdhan[8]	L6-M7
Ūqbat *al-Shershālī* [9],	Impasse Akermimout[10]	Merouane Mohamed et fils[11]	O9-P10
Sīdī hellāl	Sidi helal : de la rue Adada jusqu'à la rue Lahémar[12]	Le tracé de la rue a disparu détruite[13]	Q11
Qurb kushat Ben 'Adāda	Rue Adada: de sidi Ferruch à la rue de la fonderie, avait également pour dénomination humat ḥārat al djenān[14]	Détruite[15]	Q11
Qūrb al Qasba al Qadīma	De la casbah : Au dessus de la rue Akermimout ou Qkbat al Cherchali [16]	Sidi Driss Hamidouche au dessus de Merouan Mohamed et Fils[17]	N8-N9
Qahwat al qasba	Kaṣbah ou taḥtaḥat al Kaṣba sis sous les murs de la citadelle du coté de la ville		

[1] Archives Nationales, Fond Beyt alBeylak, Reg n° 176
[2] Devoulx op.cit f° 14231 Benhammouche op.cit p 174
[3] A N, Fond Beyt al Beylak Reg n°185 et CAOM Reg 15 MIOM/27
[4] Devoulx op.cit f° 127 et Benhamouche op.cit p 168
[5] Devoulx op.cit idem et Benhamouche idem
[6] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°185 et CAOM Reg 15 MIOM/26
[7] Devoulx op.cit f° 129 et Benhamouche op.cit p 170-171
[8] Meslem op.cit p 172
[9] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°167 et CAOM Reg 15 MIOM/26
[10] Devoulx f° 128 et Benhamouche op.cit p 169-170
[11] Meslem op.cit p 171
[12] Devoulx op.cit f° 127 et Benhamouche p 168
[13] Meslem op.cit p 178
[14] Devoulx op.cit f° 127 et Benhamouche p 168
[15] Meslem op.cit p 173
[16] Devoulx op.cit f° 128 et Benhamouche p 169
[17] Meslem op.cit p 171

Zone 2			
Toponymie	**Coloniale**	**Actuelle**	**Grille**
Hārat *Hūānat al-Ziāne*	la Casbah, à partir des rues Atlas, bombe, Estrée, Sidi Chaib, Tebanat, jusqu'à l'esplanade de la Casbah[18]	Sidi Driss Hamidouche à partir de Boukas Omar[19] jusqu'à la ciradelle. Les rues Bombe d'Estrée, Sidi Chaib, Tebanat ont été détruites.	Z2[20], L5
Hārat *Sīdi Būghedūr*	respectivement rue Kléber à la hauteur de la rue Caton[21]	frères Bachara à hauteur de Benaissa Malaika[22],	Z2[23], H7
'Alī Bitshīne	la Casbah au n° 19[24]	Début de Sidi Driss Hamidouche	Z2[25], P13
Bīr al-Rūmāna[26]	la Casbah, à partir de la rue Locdor jusqu'à la rue de l'Hydre[27]	Sidi Driss hamidouche[28] à partir de la rue Lounes Mustapha	N10-11
Sūq al-S'men[29],	du lézard : de la couronne à la girafe : hammam *sūq al s'men* ; de la couronne : rue porte neuve à divan ; Antilope : porte neuve à juba[30]	lézard[31]	
Kūshat 'Alī[32],	Desaix à partir de la rue Staoueli jusqu'à la rue du Regard[33]	Bourahla Hocine[34]	Z2
Kūshat būLa'ba [35],	Darfour : de la rue Boulabah à la rue Désaix[36]	Gaoua Med jusqu'à Boulabah[37]	Z2
A'lā kūshat būla'bā	En haut de la rue Boulabah juste au début de la rue Désaix[38]	Rue boulabah[39]	

[18] Devoulx (1870), op.cit f° 131, Benhammouche (2003) op.cit p172-173 et Klein (1937) Ed 2000, pp 56, 58-59
[19] Meslem (1985) p 167
[20] Devoulx op.cit, f° 125 et Bennhamouche op.cit p 165
[21] Devoulx op.cit f° 139, Benhamouche p 186 et Klein op.cit pp 59 et 62
[22] Meslem op.cit p 166-167
[23] Devoulx op.cit f° 139 et Benhammouche op.cit p 185-186
[24] Devoulx op.cit f° 130 , Benhamouche op.cit p 172 et Klein op.cit, pp 58-59
[25] Devoulx op.cit f° 139 et Benhammouche op.cit p 185-186
[26] Archives Nationales, Fond Beyt al Beylak, Reg n° 177
[27] Devoulx op.cit f° 130 et Benhammouche op.cit p 172
[28] Meslem op.cit p 172 et Klein op.cit p 58-59
[29] Archives Nationales, Fond Beyt al Beylak, Reg n° 177
[30] Devoulx op.cit f° 157 et Benhammouche op.cit p 217
[31] Meslem(1985), op.cit p 170
[32] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°185 et CAOM Reg 15 MIOM/26
[33] Devoulx op.cit f° 134 et Benhamouche op.cit p 177 et Klein op.cit p 60
[34] Meslem op.cit p 167
[35] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°169
[36] Devoulx op.cit f° 113 et Benhamouche op.cit p 176
[37] Meslem op.cit p 167-168

Fūq *'Ain Abd allah al 'Euldj*[40],	La Casbah plus haut que la rue de l'hydre[41]	Sidi Driss Hamidouche plus haut que la rue Cheboura Rachid[42]	Z2
Taḥt *Sūq al Djem'a*[43],	Socgémah, de la rue Jénina jusqu'à la rue de l'état major[44]	Akli Malek Mohamed[45]	Z2
Hūmat Ben Djāūr 'Alī, bi sika ghayr nāfiḍa m'djāūra al masdjed Hanāfī[46]	St Vincent-de-Paul précédemment rue du vinaigre en face d'impasse Benga[47]	St Vincent-de-Paul [48]	Z2
Qūrb al Raḥba al qadīma	Charles Quint dans la partie basse de la rue et commune à plusieurs portions de rues[49]	Détruite [50]	Z2
Fūq Kūshat 'Ali, bi sika ghayr nāfiḍa	Desaix, impasse entre rues Sidi Abdellah et Staoueli[51]	Impasse Bourahla Hocine[52]	Z2
Qūrb *Kūshat al-Ūkīd*	Des Mameluks et d'Héliopolis, à partir de la rue d'Alexandrie jusqu'à la rue Ptolémée, Kouchet al Oukid[53]	Des Mameluks et Amrouni Said à Bouchelagham Boualam, [54]	Z2
Qūrb *Sīdī Med Ben 'Alī*	Ben Ali à partir de la rue de l'Empereur jusqu'à la rue des Sarrazins sur laquelle elle avait un *derb* ou porte de quartier[55]	Ben Ali[56]	Z2
Ḥūmat kūshat 'Alī	Désaix, entre rues Staoueli et du Regard[57]	Bourahla Hocine entre rues Staoueli et Smala Rabah[56]	

[38] Devoulx op.cit idem et Benhamouche op.cit idem
[39] Meslem op.cit idem
[40] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°185
[41] Devoulx, op.cit f° 130 et Benhamouche, op.cit p 172
[42] Meslem op.cit p 168
[43] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°185
[44] Devoulx, op.cit f°132 et Benhamouche, op.cit p 175
[45] Meslem op.cit p 165
[46] CAOM Reg 15 MIOM/26
[47] Devoulx, op.cit f° 134 et Benhamouche, op.cit p 178
[48] Meslem op.cit p 172
[49] Devoulx, op.cit f° 132 et Benhamouche, op.cit p 174
[50] Meslem op.cit p 168, il ne reste qu'une portion de cette rue appelée Charlemagne à partir de Zenqat Dār Bū Djenāḥ
[51] Devoulx op.cit f° 134, Benhamouche, op.cit p 177 et Klein op.cit p 60
[52] Meslem op.cit p 167
[53] Devoulx, op.cit f° 140 et Benhamouche, op.cit p 188
[54] Meslem op.cit p 165, 167 et 170
[55] Devoulx op.ci f° 137 et Benhamouche op.cit p 181
[56] Meslem op.cit p 166

Qūrb *Sīdi Med al Cherif* et prés de *Dār nedjār al ḥabs*	Sis à l'intersection des rues Kléber et du Palmier[59]	Sis à l'intersection des rues des frères Bachara et Sidi Med EchCherif[60]	
Qūrb Hammām Yettū	la Casbah : à droite en montant la rue juste en face de la mosquée Ali Bitchin[61]	Début et à droite en montant la rue Sidi Driss Hamidouche	
Qūrb Djāma' al-Gaid al-Safir	Kléber : à partir de la rue porte neuve jusqu'à la rue Sidi Abdellah avec un derb qui débouche sur la mosquée située à gauche[62]	Frères Bachara, à partir de Raiah Rabah jusqu'à Sidi Abdellah[63]	
Qūrb Kūshat Ben Sākū	Désaix : de la rue bleu à la rue de la Casbah, une portion de cette rue recevait son nom d'un four qu'elle renfermait Kouchet ben Sakou[64]	Bourahla Hocine[65]	
Ben Shabāna Qūrb al Qasba[66]	Casbah: de la rue Bab el Oued jusqu'en haut de la Casbah. A partir de la rue Boulabah jusqu'à Sabat al Rih rue Barberousse[67]	Sidi Driss Hamidouche, à partir de la rue Boulabah à Barberousse[68]	
Qūrb *Bīr al Rūmana*	Casbah : à partir de la rue Locdor[69]	Sidi Driss Hamidouche partir de la rue Lounes Mustapha	
Asfal Sūq al djem'ā	Djenina: de la rue de Bab el Oued à la rue Socgémah après zaouia Echorfa, nom commun à plusieurs fractions de rues : Socgémah de la rue Charles Quint à la rue de l'Intendance et de l'état major[70]	Zouaoui Mokhtar : de la rue Bab el Oued à la rue Akli Malek Mohamed, Charlemagne, de l'intendence et de Mecheri Ahmed et Mohamed[71]	
Al Qasba	La citadelle, en haut de la	Aut. de la rue Sidi Driss	

[57] Devoulx op.ci f° 134 et Benhamouche op.cit p 177
[58] Meslem op.cit p 167 et 172-173
[59] Devoulx op.ci f° 140 et Benhamouche op.cit p 187
[60] Meslem op.cit p 166 et 172
[61] Devoulx op.cit f° 130 et Benhamouche op.cit p173
[62] Devoulx op.cit f°139 et Benhamouche op.cit p 197
[63] Meslem op.cit p 166, 171et 172
[64] Devoulx op.cit f° 134 et Benhamouche op.cit p 177
[65] Meslem, op/cit pp 165 et 171
[66] AN Reg n°
[67] Devoulx op.cit f° 130 et Benhamouche op.cit p 173
[68] Meslem op.cit p 167 et 172
[69] Devoulx op.cit f° 130 et Benhamouche op.cit p 173
[70] Devoulx op.cit f° 132, Benhamouche op.cit p 174-175
[71] Meslem op.cit pp 165, 169, 170 et 173

	rue de la Casbah	Hamidouche	
Qūrb Sīdī Būgdūr	Caton: de la rue la Girafe à la rue Kléber[72] Kléber : de la rue Porte Neuve à la rue Sidi Abdellah à la hauteur de la rue Caton [73]	Benaissa Malaika[74]	
A 'lā Sīdī Mūḥammad Ben 'Alī	Empereur: de la rue Sidi Abdullah à la rue Saphonisbe. Juste après l'impasse de droite[75]	N'fissa[76]	
Qurb Sidi Sh'aib	Rue Tombouctou : des rues Annibal à Casbah ; coté rue de la Casbah[77]	Mahious Abdelhamid[78]	
Qūrb al djāma ' al ma 'alaq	Bleue: de la rue Sidi Abdellah à la rue Regard[79],	Latrèche Mustapha : de la rue Sidi Abdellah à la rue Smala Rabah[80]	
Qūrb sābāt al Raliyata	Impasse Gagliata : donnant dans la rue Staoueli sur laquelle elle avait un deurb[81]	Gagliata[82]	

Zone 3			
Toponymie	**Coloniale**	**Actuelle**	**Quartier**
Sūīqat 'Amūr[83]	de Chartres au delà de la rue[84] d'Ammon	Amar El Kama au delà de rue Dib Omar[85]	
Djama ' al-Bellāt[86],	de Nemours au-delà de la rue de la Lyre[87]	Ladjali Mustapha au-delà de la rue Bouzrina Ahmed[88]	
Fūq *'Ain Shah Ḥūcīne*[89],	porte neuve au delà de la rue des Abderhames[90]. La fontaine est juste en face de la rue de la grenade.	au dessus de la fontaine rue Raiah Hocine au-delà des la rue des Abderrames[91]	
Djāma'a al Balāt, asfal sābāt al	Nemours, plus bas que la mosquée Al Blat et le sabat obscure[92]	Ladjali Mustapha	

[72] Devoulx op.cit f° 138 et Benhamouche op.cit p 185
[73] Devoulx op.cit f° 138 et Benhamouche op.cit p 186
[74] Meslem op.cit p 167
[75] Devoulx op.cit f° 134, Benhamouche p 177
[76] Meslemn op.cit p 171
[77] Devoulx op.cit f° 137et Benhamouche p 183
[78] Meslem op.cit p 170
[79] Devoulx op.cit f° 134 et Benhamouche p 177
[80] Meslem op.cit p 172
[81] Devoulx op.cit f°136 et Benhamouche p 180
[82] Meslem op.cit p 169
[83] Archives Nationales, Fond Beyt al Beylak, Reg n° 177
[84] Devoulx op.cit f° 143, Benhamouche op.cit p 194
[85] Meslem op.cit p 165 et 168
[86] Archives Nationales, Fond Beyt al Beylak, Reg n° et CAOM Reg 15 MIOM/26
[87] Devoulx op.cit f° 145 et Benhamouche op.cit p 196
[88] Meslem op.cit p 168
[89] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n° 177et 185
[90] Devoulx f° 142 et Benhamouche op.cit p 192
[91] Meslem op.cit p 171 et 165

m'dhalam (obscure)			
Hūmat al S'laūi	Du Centauro[93]	Addad Mohamed	
A 'lā Sūq al Kettāne	Porte Neuve : de Bab Azzoun jusqu'au niveau de la rue au beurre[94]	Début de Raiah Rabah [95]	
Qūrb qahwat al Ḥādj 'Alī al Inghishāriya	Médée: rue de Chartres à la rue du rempart Médée[96]	Allam Ahmed : rue Amar al Kama à la rue Bouzrina Ahmed	
asfal Sūq al S'men	Porte Neuve entre rues du beurre et rue antilope[97]	Raiah Rabah plus bas que l'intersection avec la rue Amar al Kama	
Qūrb Sīdī al M'raishī	Médée: de la rue de Chartres à la rue du rempart. A partir de la première impasse à gauche jusqu'à la rue du centaure[98]	Ahmed Allam, à partir de l'impasse Ophire jusqu'à la rue Addad Mohamed[99]	
fī Zaūiat Al 'Abbāssī	Des dattes: de la rue Porte Neuve à la rue Médée ; Comprise de l'autre coté de la rue Médée, c'est-à-dire en face de houanet Berrabeha[100]	Djouab Mustapha : de Raiah Rabah à la rue Allam Ahmed[101]	
Taḥt Sūq al Kettān	Porte neuve entre les rue du beurre et pompée[102]	Raiah Rabah en dessous de la rue pompée [103]	
Dar al inghishariya al qadima	Médée: de la rue de chartres à la rue du rempart, caserne médée ancienne en face d'une impasse[104]	Allem Ahmed : rue Amar al Kama à la rue Bouzrina Ahmed[105]	
Sabat al Qāid Qāssem	Rue Médée au-delà de la rue de la mer rouge non loin de la rue porte neuve[106]	Allam Ahmed[107]	

[92] Devoulx, op.cit f° 145 et Benhamouche, op.cit p 196
[93] Devoulx op.cit f° 147 et Benhamouche op.cit p 199
[94] Devoulx op.cit f° 142 et Benhamouche op.cit p 192
[95] La rue du Beurre a été détruite
[96] Devoulx op.cit f° 144 et Benhamouche op.cit p 195
[97] Devoulx op.cit f° 142 et Benhamouche op.cit p 191-192
[98] Devoulx op.cit f° 144 et Benhamouche op.cit p 195
[99] Meslem, op/cit p 165
[100] Devoulx op.cit f° 146 et Benhamouche op.cit p 198
[101] Meslem op.cit p 165, 168 et 171
[102] Devoulx op.cit f° 142 et Benhamouche op.cit p 192
[103] Meslem op.cit p 171
[104] Devoulx op.cit f° 144 et Benhamouche p 195
[105] Meslem op.cit p 165
[106] Devoulx op.cit f° 144 et Benhamouche p 195
[107] Meslem op.cit p 165

EXCLU de PRÊT

Zone 4			
Toponymie	**Coloniale**	**Actuelle**	**Quartier**
Djāma ' Khedeur Pāchā	Scipion[108]	Frères Laichi situé au n° 222 de la rue Bāb 'Azūn[109]	
fi al Brād 'iya al Qadīma	De l'aigle: de la rue Bab Azzoun à la rue de la flèche[110].	Détruite [111]	

Zone 5			
Toponymie	**Coloniale**	**Actuelle**	**Quartier**
Bāb al-sūq[112]	Bruce, début de la rue[113]	rue Mecheri Ahmed et Mohamed[114],	
Qūrb hānūt al Kar'tūs	Divan : de la rue Bab Azzoun ou elle passait sous le palais au moyen d'une voûte à la rue du vinaigre. Sous la voûte de la rue du Divan, à gauche en entrant par Bab Azzoun, on trouvait une porte cintrée qui donnait sur une place intérieure *Al Diwān* appelé *Diwān al Ṭīn* ou *Diwān al Kar'mūs*[115]	Aoua Abdelkader[116]	
Ketshāwa[117]	Divan: de la rue Bab Azzoun à la rue du vinaigre, après la voûte du Duvan[118]	Aoua Abdelkader[119]	
A 'lā djāma' al gāid	Du soudan: de la rue Bab Azzoun à la rue du Divan. Après la rue Sallustre[120]	Cheikh el Kinai[121]	Z2
Fūq Sūq al S'men, m'jaura zawiat al Andalūssī	Au Beurre: de la rue porte neuve à la rue du Lézard[122]	Du lézard[123]	
asfal djāma' jeddīd	Place du gouvernement[124]	Place des martyrs	

[108] Devoulx op.cit f° 150, Benhamouche p 206 et Klein op.cit p 65
[109] Meslem op.cit p 153
[110] Devoulx op.cit f° 151 et Benhamouche p 207
[111] Meslem op.cit p 176
[112] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°167
[113] Devoulx op.cit f° 152, Bnehamouche op.cit p 208 et Klein op.cit p 58
[114] Meslem op.cit 147
[115] Devoulx op.cit f° 156-157 et Benhamouche op.cit p 215-216
[116] Meslem op.cit p 165
[117] AN Reg n° 176
[118] Devoulx op.cit f° 156, Benhamouche op.cit p 215
[119] Meslem op.cit p 165
[120] Devoulx op.cit f°155, Benhamouche op.cit p 214
[121] Meslem op.cit p 168
[122] Devoulx op.cit f° 157 et Benhamouche p 217
[123] Meslem op.cit p 170
[124] Devoulx op.cit f° 160-161 et Benhamouche p 223

Suq al dūkhāne	Juba : de la rue Bab Azzoun à la rue de la couronne, au milieu du parcours, la rue s'élargie et forme une place entourée de boutiques. Cet espace était connu sous le nom de foundouk Souk el Djedid autrefois Souk Eddoukhan[125]	Détruite[126]	
M'cid al Dāliyā	Rue du Lézard : de la rue de la couronne à la rue de la girafe sis à l'angle de la rue Boutin		

Zone 6			
Toponymie	**Coloniale**	**Actuelle**	**Quartier**
Bāb al-B'har [127]	Au bout de la rue de la marine[128] . La porte de la mer, située au dessus de la mosquée de la Pêcherie[129]	Détruite	
Dār al-Hamrā [130]	Rue Philippe à gauche en entrant par Bab al oued[131]	Entre la rue Bab al Oued et le 1er Novembre[132]	
Hammām al-Mellāh[133],	Doria[134]	Détruite dans l'ancien quartier de la marine[135]	
Qūrb mesjed *Sidī 'Abd al Raḥmān al Tha'alibī*[136]	La Charte: de la rue de la marine qui avait un derb jusqu'à la rue de la révolution; après le *Sabat al M'dhalam*[137]	détruite[138]	
Qūrb *Djāma' al a'dham*	La marine[139]	La marine[140]	
Qūrb *ḥammām al-mālaḥ*,	Doria: de la rue Bab el Oued qui avait un derb à la rue Jean Bart. Cette rue avait pour dénomination	Détruite[142]	

[125] Devoulx op.cit f° 159-160 et Benhamouche p 210-220
[126] Meslem op.cit p 175
[127] Archives Nationales, Fond Beyt al Beylak, Reg n° 177
[128] Devoulx op.cit f° 1164, Benhammouche op.cit p 229
[129] Klein op.cit p 75
[130] Archives Nationales, Fond Beyt al Beylak, Reg n°
[131] Devoulx op.cit f°170 , Benhamouche op.cit p 238 et Golvin op.cit p 67,
[132] Golvin idem
[133] A N, Fond Beyt al Beylak, Reg n°
[134] Devoulx op.cit f° 171 et Benhamouche op.cit p 240
[135] Meslem op.cit p 175
[136] CAOM Reg 15 MIOM/26
[137] Devoulx op.ci f° 165 et Benhamouche op.cit p 231
[138] Meslem op.cit p 175
[139] Devoulx op.ci f° 164 et Benhamouche op.cit p 229
[140] Meslem op.cit p 170
[141] Devoulx op.ci f° 171 et Benhamouche op.cit p 240

Qūrb *Dār al Hādj 'Abd Allāh*	*Zenqat al 'A'rab'djiya*[141]		
Qūrb Dār al F'zāznī à Sīdī 'Alī khūdja	Bisson: de la rue Bab al Oued sur laquelle elle avait une porte sur rue Doria et aussi Djama' Ali Khodja[143]	Se trouvait près de Bab el Oued, détruite[144]	
Qūrb djāma' al Keshāshe	Des consuls : de la rue de la marine sur laquelle elle avait un derb, jusqu'à la rue navarin. Mosquée à l'entrée de la rue [145]	Détruite[146]	
Makh'zan Bab al B'har	Au bout de la rue de la marine[147] . La porte de la mer, située au dessus de la mosquée de la Pêcherie[148]	Détruite	
Qūrb *Sīdī 'Alī al-Fāssī*	Traversière: du carrefour formé par la rencontre des rues de la révolution, Philippe, d'Orléans et traversière à la rue des consuls. Comprise dans la dénomination de *Sīdī ' Alī al Fāssi*[149]	Détruite[150]	
Qūrb al raḥba al qadīma	Rue de la révolution, l'ancienne halle laquelle avait été jadis sur la place existant à l'angle de la rue des trois couleurs[151]	Détruite[152]	
Mesjed Sīdī al Rahbī[153]	Bab el oued en face de mosquée Ali Bitchine	Détruite[154]	
Qūrb bab al-wād lāsqa fi fūndūq al ḥabs	Probablement au niveau de la rue Macaron sis au niveau de Seba Tebaren appelés *Seb' zendanat* (les sept caveaux ou bagnes)[155]	Détruite [156]	
Qūrb Kūshat al-N'sarā	Mahon : de la rue Bab el Oued à la rue de Charte. En face de hammam kūshat al n'sarā situé	Détruite[158]	

[142] Meslem op.cit p 175
[143] Devoulx op.cit f° 171 et Benhamouche op.cit p 240
[144] Meslem op.cit p 174
[145] Devoulx op.cit f° 167 et Benhamouche op.cit p 233
[146] Meslem op.cit p 175
[147] Devoulx op.cit f° 164, Benhamouche op.cit p 229
[148] Klein op.cit p 75
[149] Devoulx op.ci f° 169 et Benhamouche op.cit p 237
[150] Meslemn op.cit p 175
[151] Devoulx op.cit f° 169 et Benhamouche op.cit p 237
[152] Meslemn op.cit p 177
[153] CAOM Reg 15 MIOM/27
[154] Meslem op.cit p 153
[155] Devoulx op.cit f° 167 et Benhamouche op.cit p 234
[156] Meslem op.cit p 176

	entre les rues des sauterelles et Duquesne[157]		
Fi Sidi 'Ali Khudja	Rue Bisson : de Bab el Oued sur laquelle elle avait une porte, à la rue Doria, et aussi Djama Ali Khodja[159],	Détruite[160].	

Maisons non localisées	
Dar Ḥassan Khudja al Sherif bi ṣaf dar al nadjar	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar kheyr al dine taqrub bi Dar Khelifa	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar Muhammed	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar al Qaid Murad al quz lasqa fi Dar al muḥtassib Si al Hadj 'Ali al Shaush	CAOM Reg 15 MIOM/26
lasqa fi Dar Qaid al Ayun, al Qubtane Si Yussef	CAOM Reg 15 MIOM/26
Qurb Dar Sherif ben Wali	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar lasqa dar al-Qubtane Bira ou Bida	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar bent al Qaid Salem	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar Mansur al Sherif	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar Ḥadh'riya	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar H'lima al t'wila	CAOM Reg 15 MIOM/26
Dar Ben 'Amur	CAOM Reg 15 MIOM/27
Dar Sukali	CAOM Reg 15 MIOM/27
Dar Ḥassan Khudja al sherif	CAOM Reg 15 MIOM/27
Dar al Mahdjub	CAOM Reg 15 MIOM/27
Dar Redjeb	CAOM Reg 15 MIOM/27
Dar Medjuma	CAOM Reg 15 MIOM/27
Dar al Ḥadja Meriyem	CAOM Reg 15 MIOM/32

[157] Devoulx op.cit f° 164 et Benhamouche op.cit p 227
[158] Meslem op.cit p 177
[159] Devoulx op.cit f° 171, Benhamouche op.cit p 240
[160] Meslem, op.cit p174

Dār Ben Khūdmī	CAOM Reg 15 MIOM/32
Dār Ḥamza Khūdjā	CAOM Reg 15 MIOM/32
Dār al Qādhī Ben Daykhā	CAOM Reg 15 MIOM/32
Dār Ben al Bey lāsqa dār al Qūptān Bīrā	CAOM Reg 15 MIOM/32
Dār al Ḥādj Mūhammed al Bādliyā	CAOM Reg 15 MIOM/32
Dār al Q'rīd	CAOM Reg 15 MIOM/32
Dār al Muḥtassib	
Dār Kh'līfā	
Dār al Nedjār	
Dār al Djalīss	
Zenqat ben fares	
Kūshat Bir 'Amār?	
A 'lā kūshat būlaḥiya	
Al qahua	
Qurb kushat ben….	

Annexe V :

Liste des mosquées antérieures à 1716

Annexe V
Liste des grandes et petites mosquées antérieures à 1716

Nom des mosquées	Date	Adresses	Références
Djāma' Sīdī Ramdhān	Époque arabo-berbère	Rue *Sīdī Ramdhān*	Devoulx (1870), p 172-174
Setti Maryam	Époque arabo-berbère	A droite entrée Bab Al Wad	

Mesdjed Sīdī Heddī	1501	Rue Napoléon	Devoulx (1870), p 166-169
Djāma' al Shāūsh	1520	Près de l'entrée de la Jenina	Devoulx (1867), p 454-457
Mesdjed al Djenāyez	probablement avant 1545	*Zenqat al Djenāyez* puis rue d'Orléans	Devoulx (1867), p 50-53
Djāma' sūq al Kabīr	1551-1552	*Bab 'Azūn*	
Mesdjed M'sīd al Dāliya	existait déjà en 1556-1557	Rue du Lézard	Devoulx (1868), p 280
Djāma' Al Sayida	1564	Sūq	Haedo p 214, Devoulx (1867), p 449-454
Mesdjed Sīdī Mesbāḥ	1565-1566	Impasse des gétules	Devoulx (1869), p 205
Mesdjed al Sabaghīn	existait déjà en 1572-1573	Pas loin du marché au poisson (*sūq al Huātīn)*	Devoulx (1867), p 448
Djāma' Khedeur Pāshā	1576-1577	Angle rues Scipion Bāb 'Azūn	Devoux (1869), p 22-26
Mesdjed al Halfaūiya	existait déjà en 1578	Angle place de Chartres rue de Palma	Haedo p 214, Devoulx (1869), p 128-129
Mesdjed al Rekrūk	1588-1589	Rue du Caftan	Devoulx (1869) p 27-28
Djāma' al Blāṭ	1590-1591	Rue du Nemours	Devoulx (1870), p 171
Djāma' Ketshāwa	1612-1613	Rue du diwan	Devoulx (1768) p 407-416
Mesdjed al Badistān	1616-1617	*Badistān* (marché aux esclaves), Place de la Pêcherie (place Mahon)	Devoulx (1867), p 209-211
Mesdjed Sūiqat 'Amūr	1621-1622	*Sūiqat 'Amūr,* rue de Chartres	Devoilx (1869), p 128
Mesdjed al Rābṭa	existait déjà en 1624-1625	Rampe de la Pêcherie	Devoulx (1867), p 447-448
Djāma' al M' 'alaq	existait déjà en 1626-1627	Rue Bleue	Devoulx (1869), p 201
Mesdjed al Q'bāyel	existait déjà en 1643-1644	Rue Boza	Devoulx (1868), p 288-289
Mesdjed Ben Shemlūn	1647-1648	*Bāb al Djadīd*, rue porte neuve	Devoulx (1870), p 172

Mesdjed Sūq al Lūḥ ou *Mesdjed al Khiyāṭīn*	existait déjà en 1659-1660	Rue Juba	Devoulx (1868), p 286-288
Djāma' Mezū Mortū	1664-1665	Shāri' Bab 'Azūn, Rue de Chartres	Devoulx (1869), p 28-35
Mesdjed al Qahwā al Kabīra	existait déjà en 1677-1678	*hūmat al Qahwā al Kabīra* (angle rues Mahon et des trois couleurs)	Devoulx (1867), p 208-209
Mesdjed Ben Djāūr 'Alī	1687	Rue Staoueli	Devoulx (1869), p 202-205
Mesdjed al Marsā	probablement bien avant 1692-1693	située hors de *Bāb Al Djazīra* et près du grand fort (*Bordj al Kabīr*),	Devoulx (1866), p 59
Mesdjed 'Ain al 'Atūsh	existait déjà en 1693		
Mesdjed Hūmat al Selāuī	1715-1716	Rue du Centaure	Devoulx (1870), p 169

Annexe VI :

Localisation des *sabāṭs* dans

La médina d'Alger

Annexe VI

Localisation des *sabāts* dans la médina d'Alger

Cette liste de *Sabāt* a été établie sur la base du manuscrit de Devoulx (1870) intitulé *« Histoire d'Alger »* ainsi que sur la transcription de cet ouvrage présente par Benhamouche et Belkadi (2003). Leur localisation actuelle s'est basée sur la liste des noms des rues élaborée par Meslem (1985).

***Sabāts* Zone 1**			
Nom	**Localisation coloniale**	**Localisation actuelle**	
Ṣabāt al Aḥmar Voûte rouge	Rue Lahémar à partir de la rue Lallahoum	Détruit	**1**
Sabāt al Q'ṣir Voûte courte	Rue des Zouaves à partir des rues Sidi Ramdhan à l'Ours	Sidi Ramdhan (mosquée)	**2**

***Sabāts* Zone 2**			
Nom	**Localisation coloniale**	**Localisation actuelle**	**Zone**
Ṣabāt al Rīḥ Voûte du vent	Rue de la Casbah à partir de la rue Barberousse	Sidi Driss Hamidouche à partir de la rue Barberousse	**3**
Voûte Sīdī Bū Shāqūr	Rue de l'Etat Major avant la mosquée Cheikh Daoud	Mecheri Ahmed et Mohamed avant la mosquée Cheikh Daoud	**4**
Ṣabāt Piālā Pāshā	Rue du Regnard après Djama' al M'allok	Détruit par le percement de la rue Arbadji	**5**
Sabāt al 'Ars Voûte des pilliers	Rue de l'empereur à son débouché à la rue Sophoniste	N'fissa à Mouaha Boualem	**6**
Ṣabāt al Mūrū Voûte du Maure	Rue de l'empereur Entre les rues du Regard et Sophoniste	N'fissa entre les rues Smala Rabah et Mouaha Boualem	**7**
Ṣabāt al Mallāḥ	En bas de la rue Sidi Abdellah	En bas de la rue Sidi Abdellah	**8**
Sabāt al Q'ṭūṭ Voûte des chats	Au début de la rue Thèbes jusqu'à rue des Abencérages	Boudries père et fils	**9**
Ṣabāt al Ḍ'heb	En haut de la rue de	En haut de Larichi	**10**

Voûte d'or	la grue	Ahmed	
Voûte au dessus de magasins	Angle de la rue Condor	Détruite	**11**
***Sabāts* Zone 3**			
Nom	**Localisation coloniale**	**Localisation actuelle**	**Zone**
Voûte sans nom	Rue du *Sabāt* à l'angle de la rue porte neuve	Rue Boukadoum à l'angle de la rue Raiah Rabah	**12**
Ṣabāt al Qāid Qāssem	Rue Médée au-delà de la rue de la mer rouge non loin de la rue porte neuve	Rue Allem Ahmed au-delà de la rue de la mer rouge non loin de la rue Raiah Rabah	**13**
Ṣabāt al M'dhallam	Rue de la Lyre sis à l'angle de la rue de Nemours	Bouzrina Ahmed sis à l'angle de la rue Ladjali Mustapha	**14**

***Sabāts* Zone 5**			
Nom	**Localisation coloniale**	**Localisation actuelle**	**Zone**
Voûte du Palais	Début rue du Soudan	Détruite	**15**
Ṣabāt al Diwān	Divan	Aoua Abdelkader	**16**
Ṣabāt Redjem Bey	Angle de la rue du Lézard	Angle de la rue du Lézard	**17**
Voûte de la pêcherie	A coté de Sūq al Hūt		**18**

***Sabāts* Zone 6**			
Nom	**Localisation coloniale**	**Localisation actuelle**	**Zone**
Sabāt al M'dhalam	Entre les rues du sagitaire et Renaud	Détruit	**19**
Sabāt al Hūt	Entre les rues Bruyes et Navarin	Détruit	**20**
Voûte au dessus de la rue Bisson	Angle des rues Jean Bart et Doria	Détruite	**21**
Passage voûté	sis au fond de l'impasse Jean Bart	Détruit	**22**

Annexe VII :

Localisation des *derbs* dans

La médina d'Alger

Annexe VII
Localisation des *derbs* dans la médina d'Alger

Cette liste des *derbs* a été établie d'après le manuscrit de Devoulx de 1870, intitulé « *Histoire d'Alger* »

***Derbs* dans la Zone 1**		
La rue		La rue
Bab el Oued	*Derb* sur	La fonderie Lallahoum Commerce Charles Quint Jenina
***Derbs* dans la Zone 2**		
La Casbah	*Derb* sur	Des Marseillais Akermimout Marmol Tebanat Place de la Casbah Bône Charles Quint De l'Hydre Toulon Boulabah Dé saix Sophoniste Du Regard Annibal Atlas Tombouctou Chameaux Pithirises Gazelle
Etat Major	*Derb* sur	Bruce Socgémah
Boulabah	*Derb* sur	Intendence et Socgémah Darfour Ré gnard
Sidi Abdellah	*Derb* sur	Empereur Dé saix Klé ber
Impasse Orali	*Derb* sur	Du Vinaigre
Staouéli	*Derb* sur	Désaix Impasse Galiata
Sarrazins	*Derb* sur	Empereur Sphinx
Thèbes	*Derb* sur	Palmier Grue Pyramides
Sphinx	*Derb* sur	Annibal
Porte Neuve	*Derb* sur	Benachère Des Oranges Kléber

		Sydney Smith Ptolémée La Lyre Pompée Grenade Des Dattes Du Sabat
Kléber	*Derb* sur	Girafe Caton Abderahmes Damfreville Zama Porte neuve Sidi Abdellah
La victoire	*Derb* sur	Colombe Du Taureau
***Derbs* dans la Zone 3**		
Médée	*Derb* sur	Chartres Du Rempart Du Chê ne Grenade Des Dattes Mer rouge Centaure
Chartres	*Derb* sur	Né mours D'Ammon Palma Caftan Caillé
***Derbs* dans la Zone 4**		
Bab Azzoun	*Derb* sur	Caftan Caillé Scipion Sainte Du Laurier Flèche De l'Aigle Boza
Chartres	*Derb* sur	Scipion Sainte
***Derbs* dans la Zone 5**		
Bab Azzoun	*Derb* sur	Du Soudan Du Divan *Al Sebaghīn* *Al Qiṣaryā* *Al Bash'māqdjiyā*
Divan	*Derb* sur	Boutin
Porte Neuve	*Derb* sur	Au Beurre De la Couronne De l'Antilope
Lézard	*Derb* sur	Au Beurre Juba
***Derbs* dans la Zone 6**		
De la Marine	*Derb* sur	Des trois couleurs

		Sauterelles Paon Chartres D'Orléans Consuls
Révolution	*Derb* sur	Des Trois Couleurs
Consuls	*Derb* sur	Egenais (al Djenayez) Des Lotophages Brueys Traversière
Bab el Oued	*Derb* sur	Révolution Tourville Philippe Doria Bisson

Annexe VIII :

Copies de manuscrits et registres

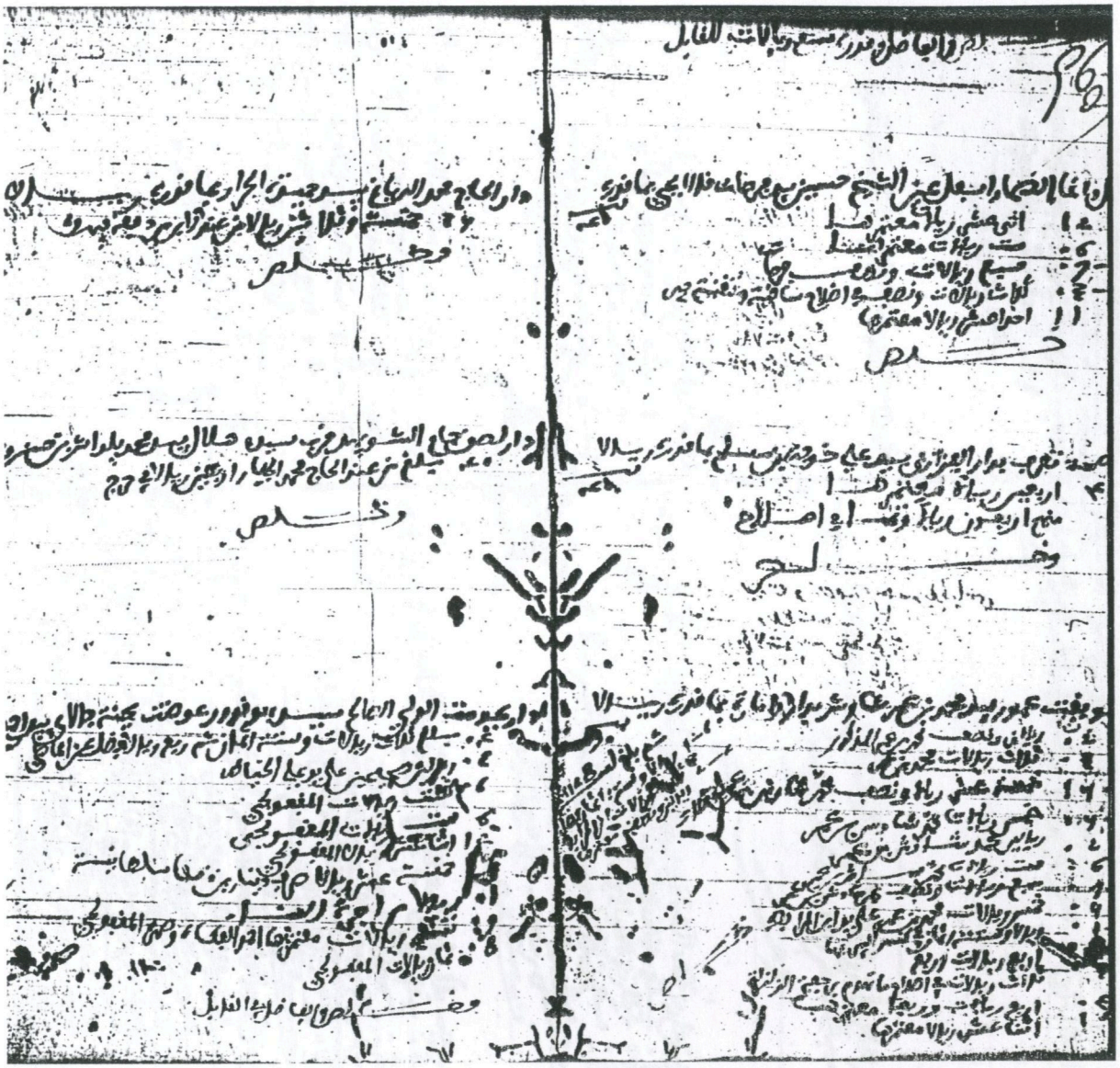
Ottomans et marocains

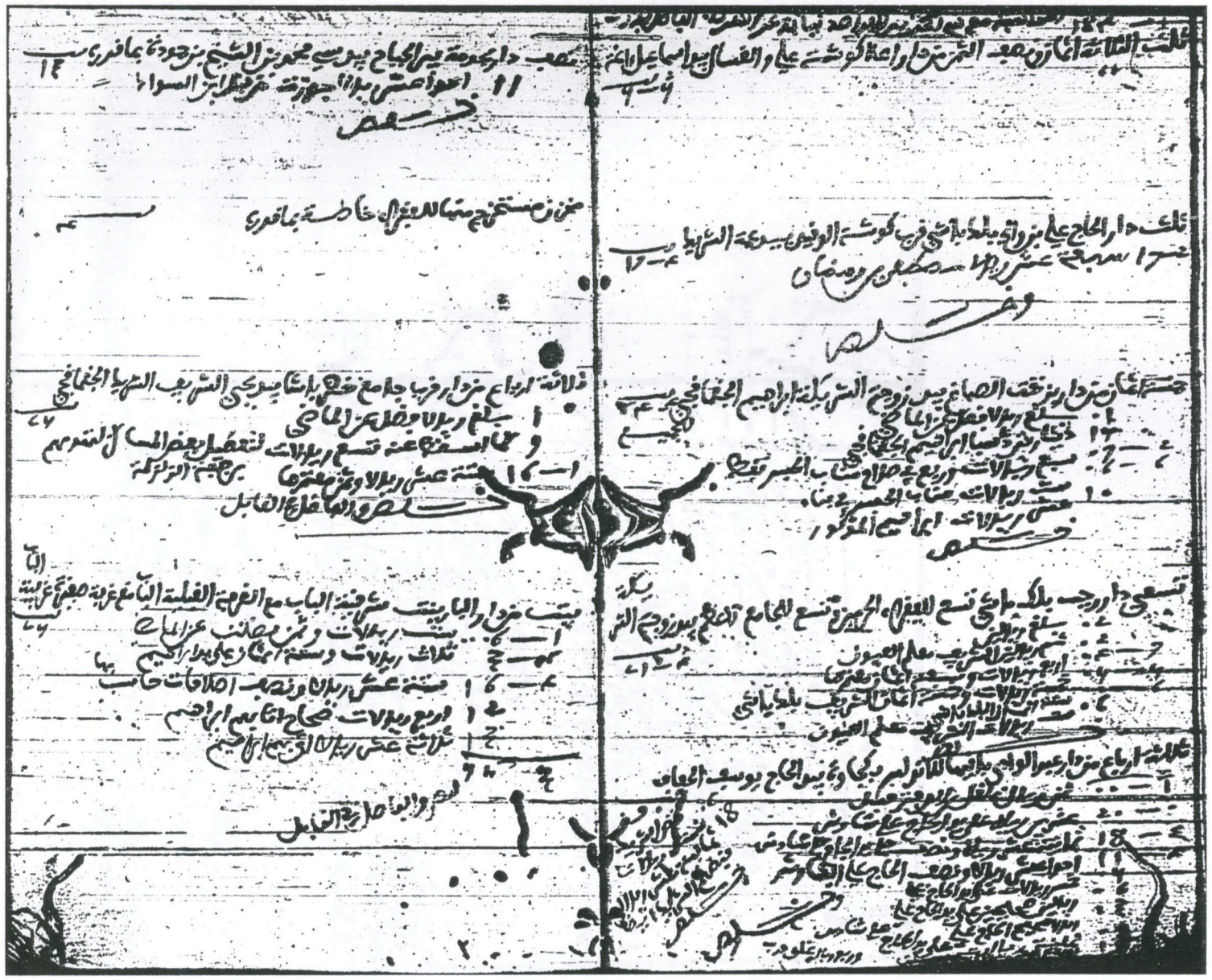
Annexe VIII
Archives Ottomanes

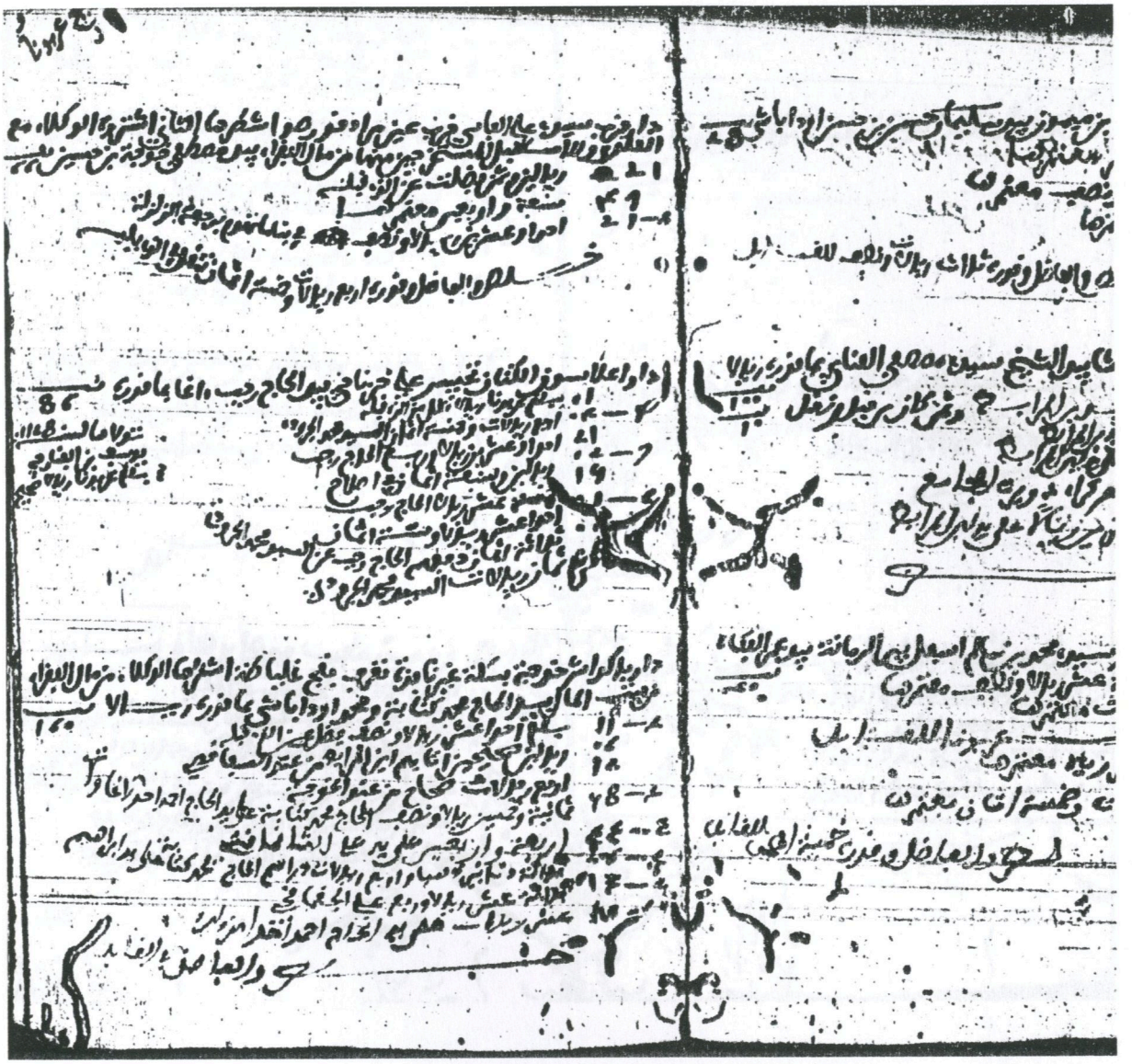
Manuscrit n°1637



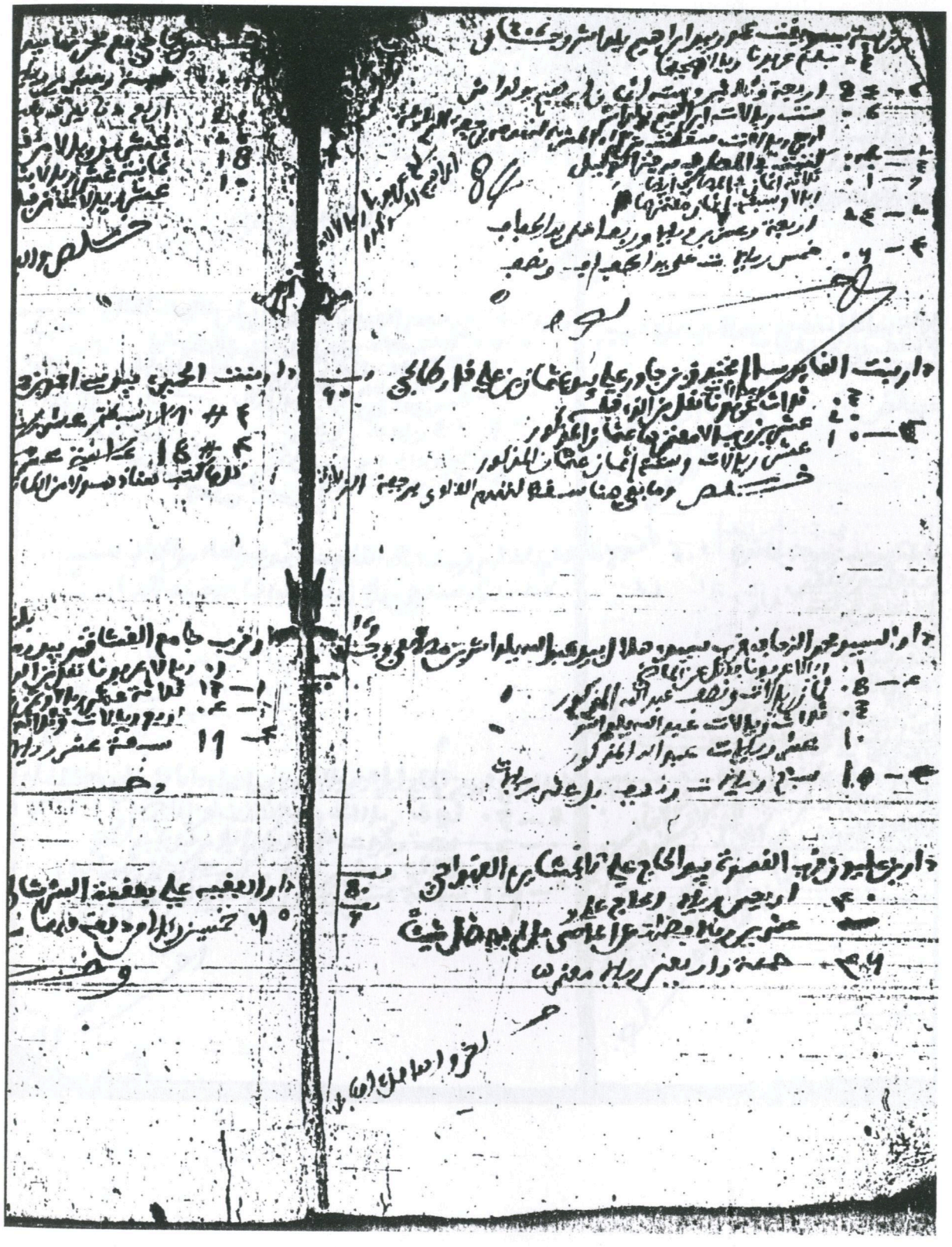
Registre du Baylik

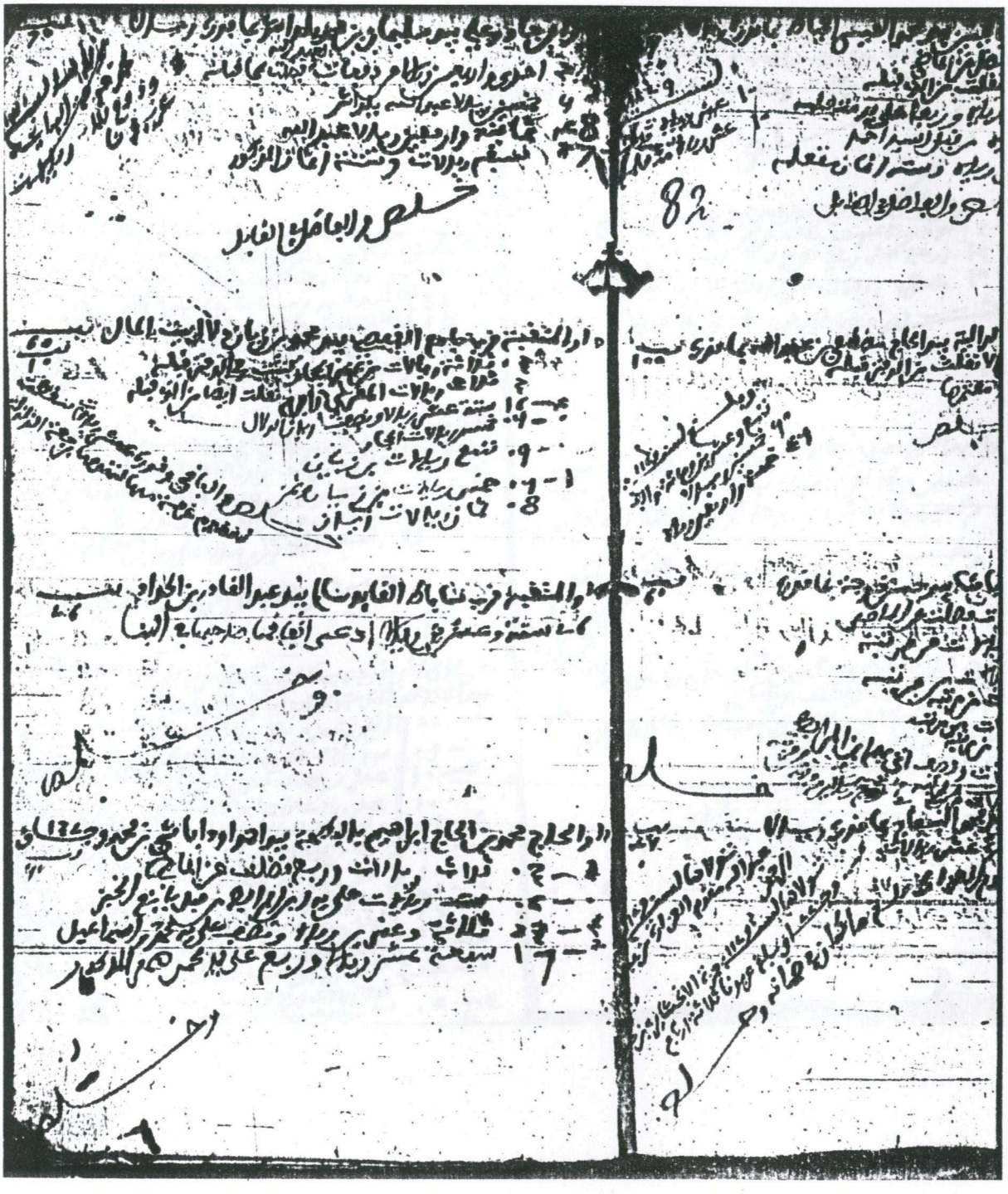


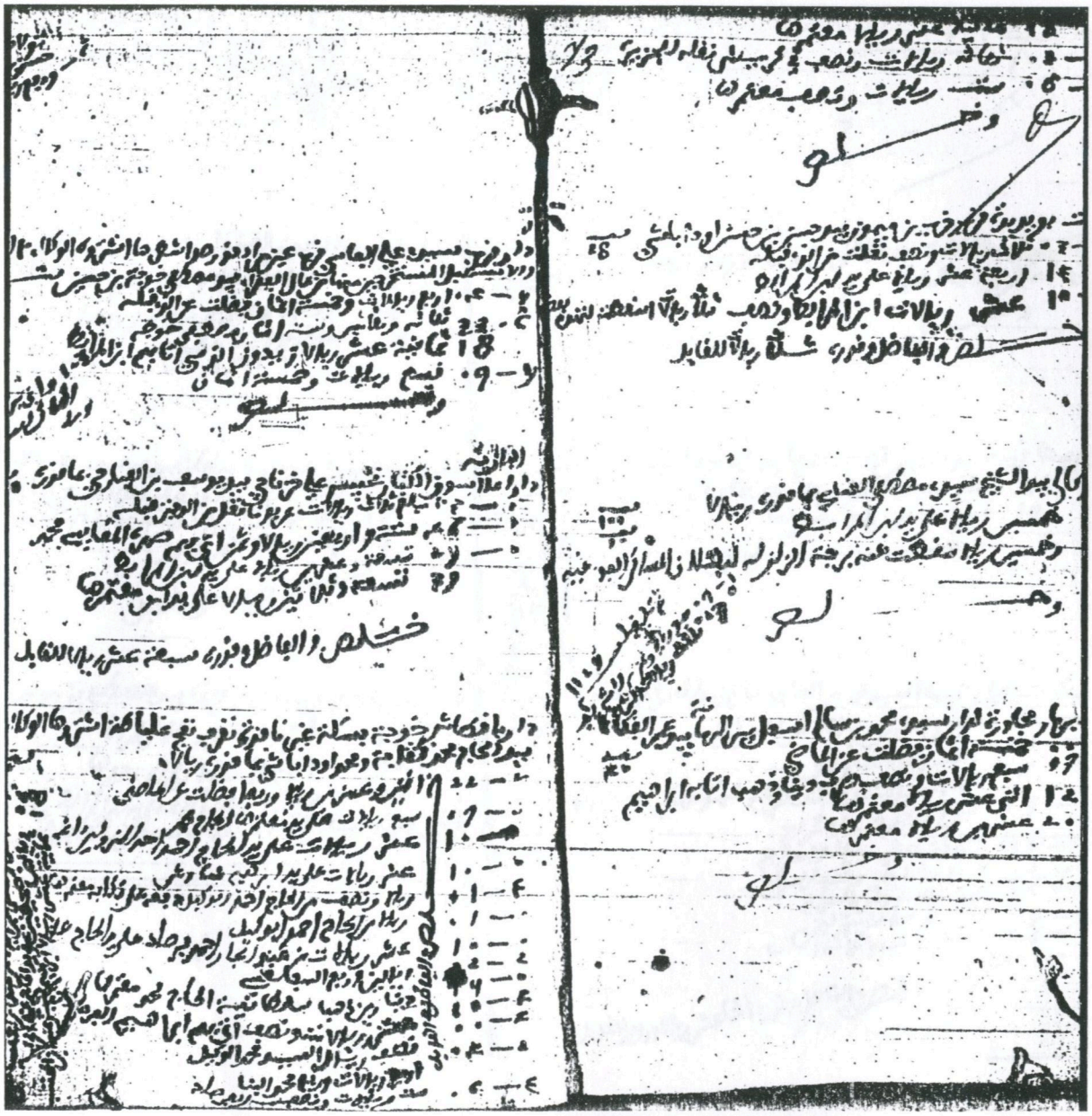


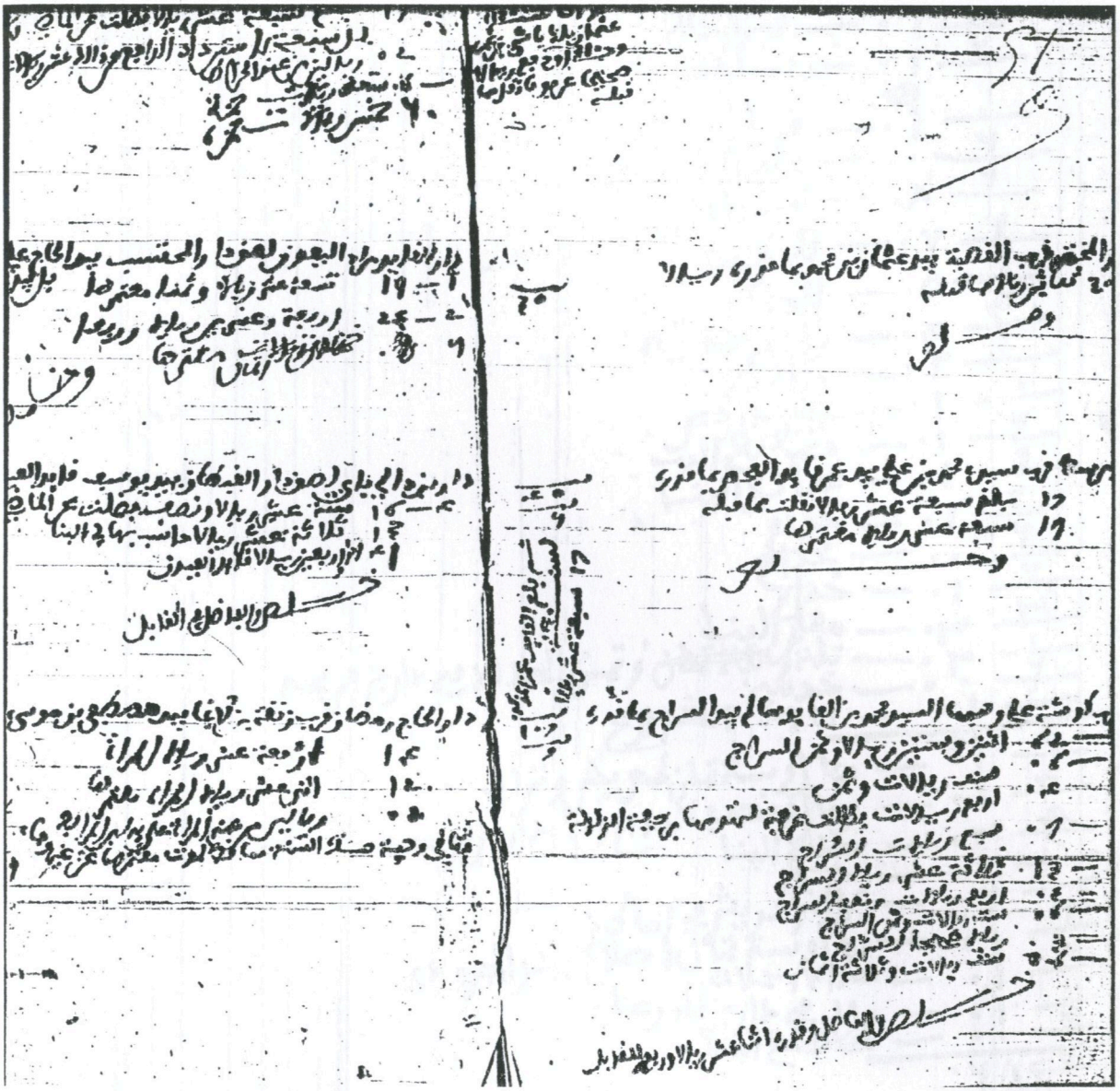


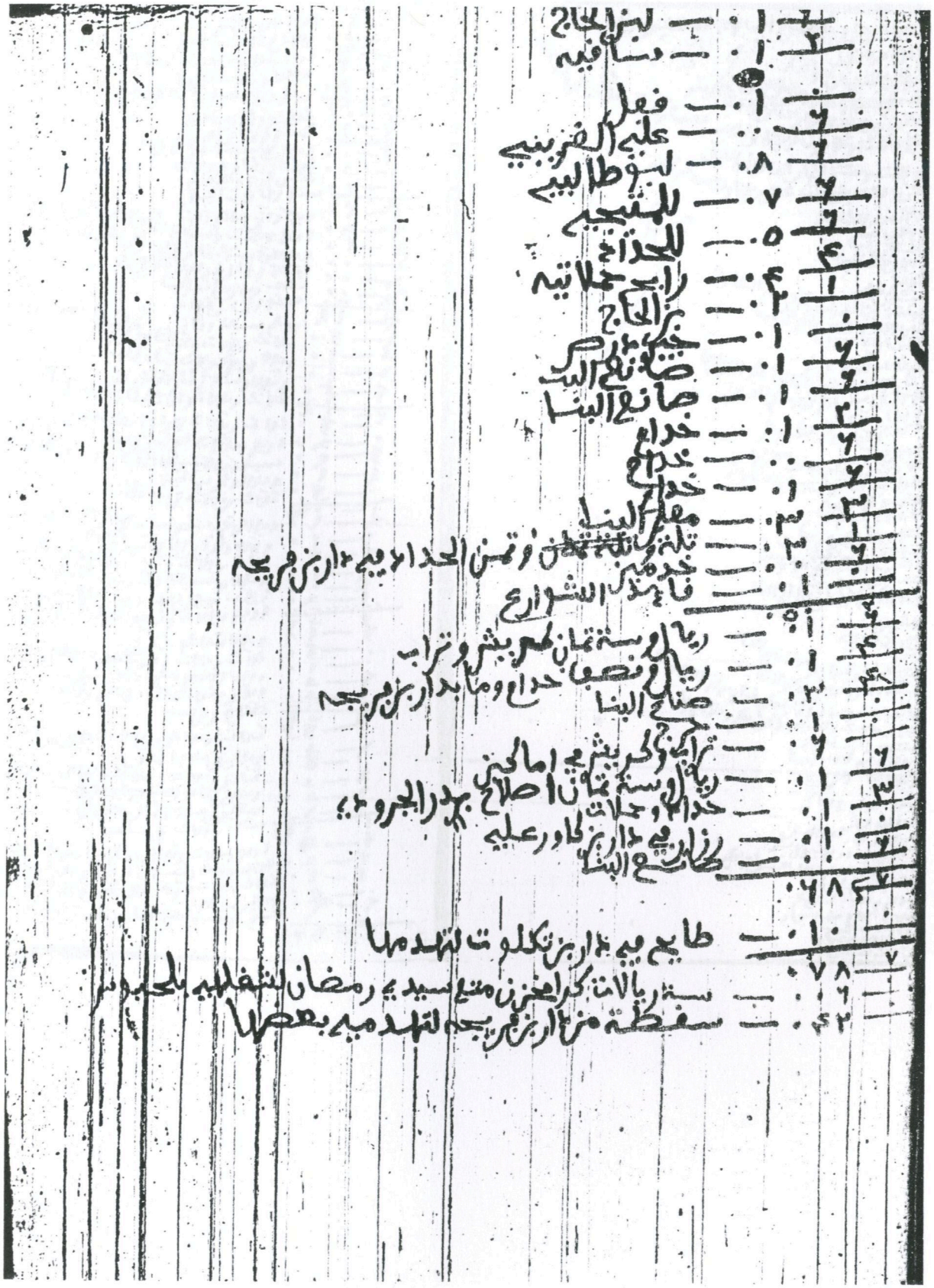




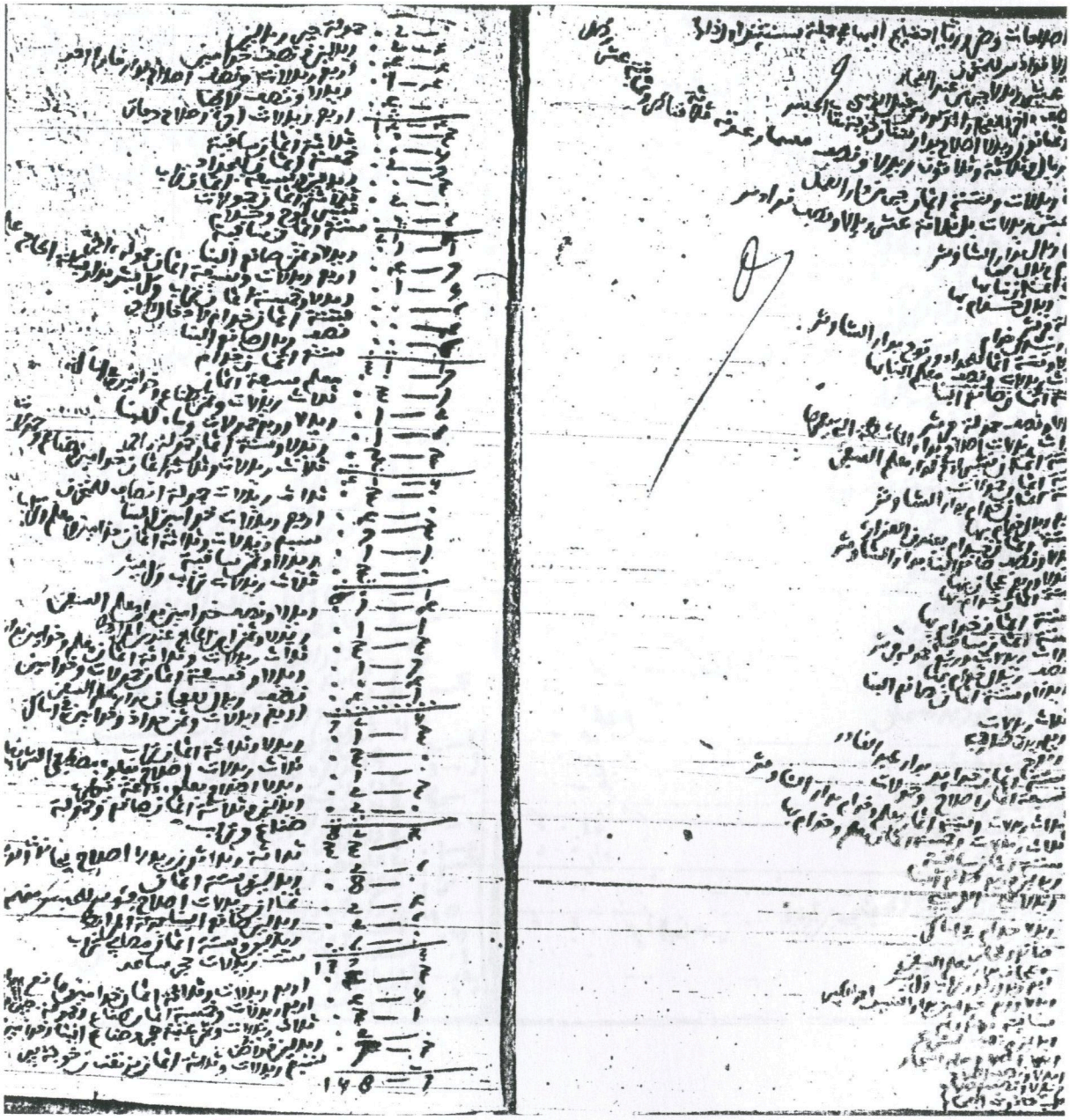


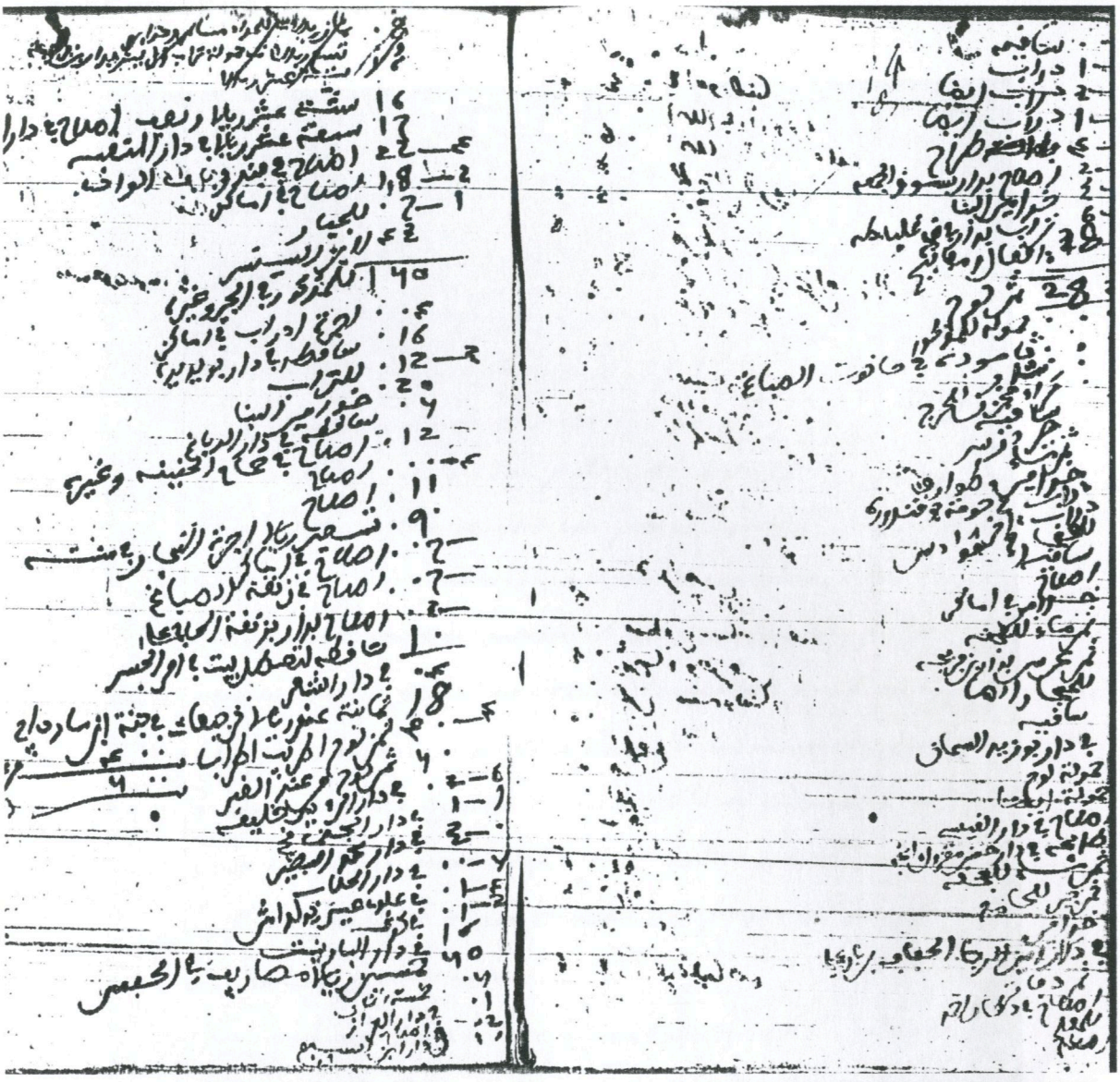


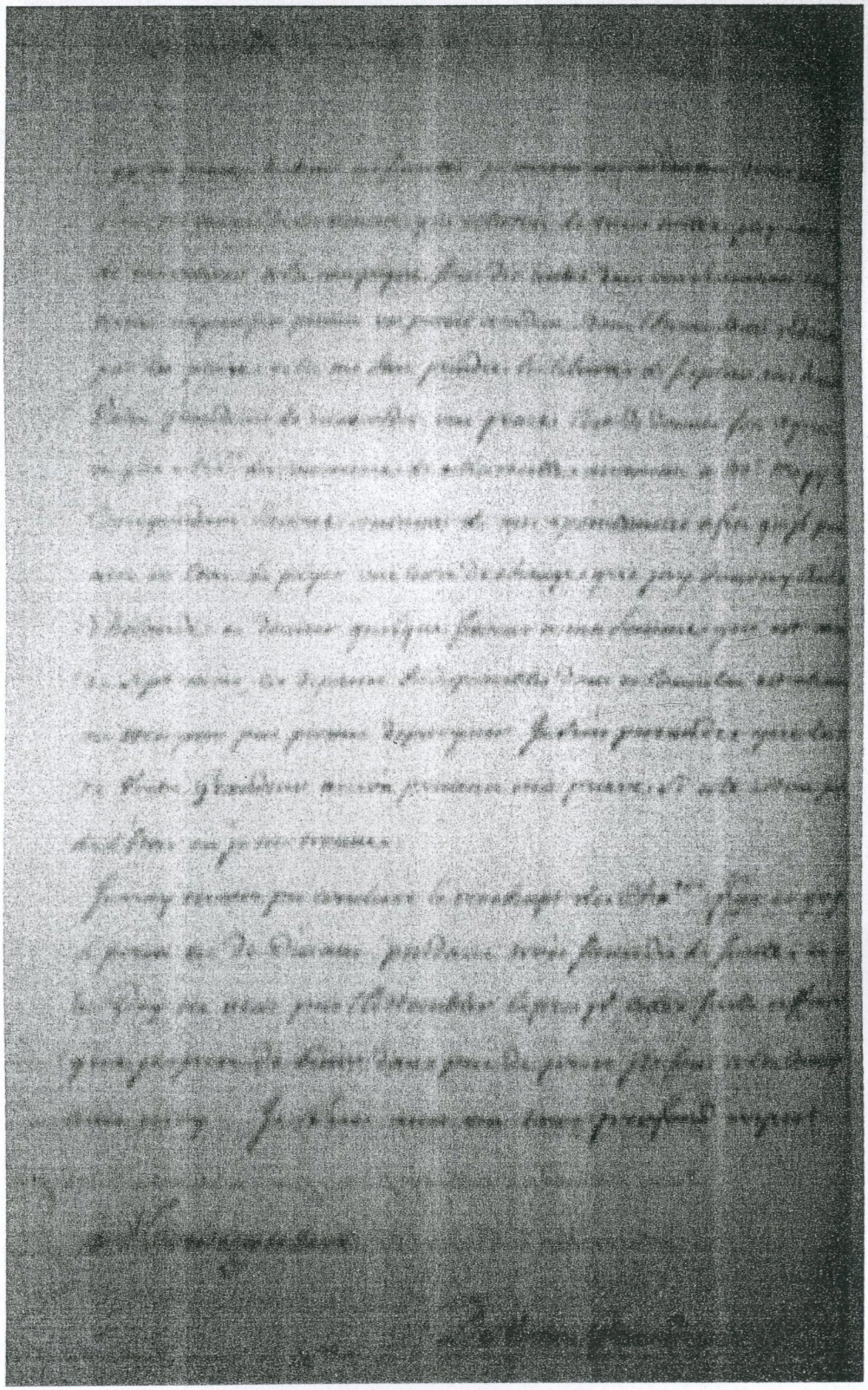


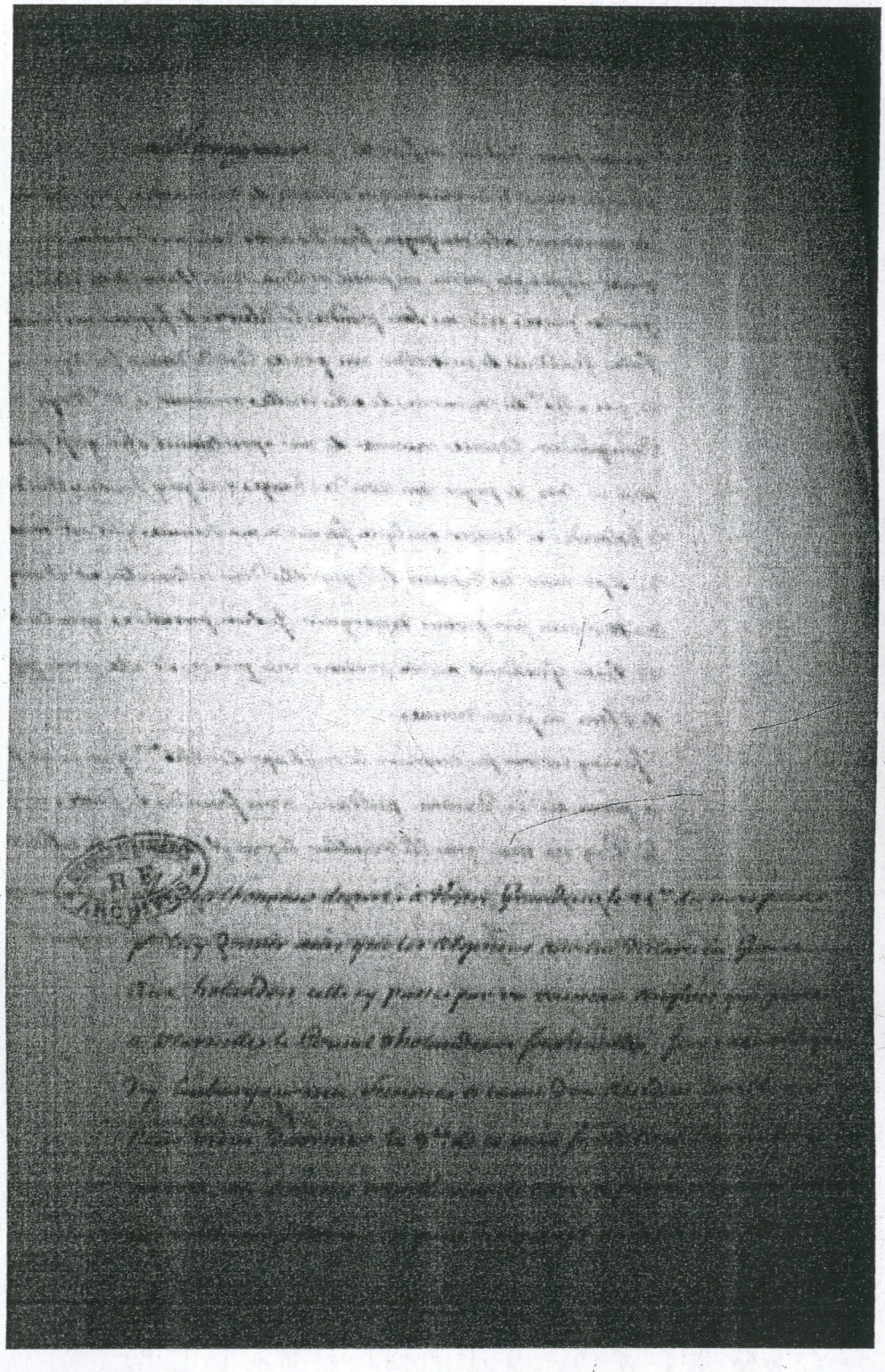


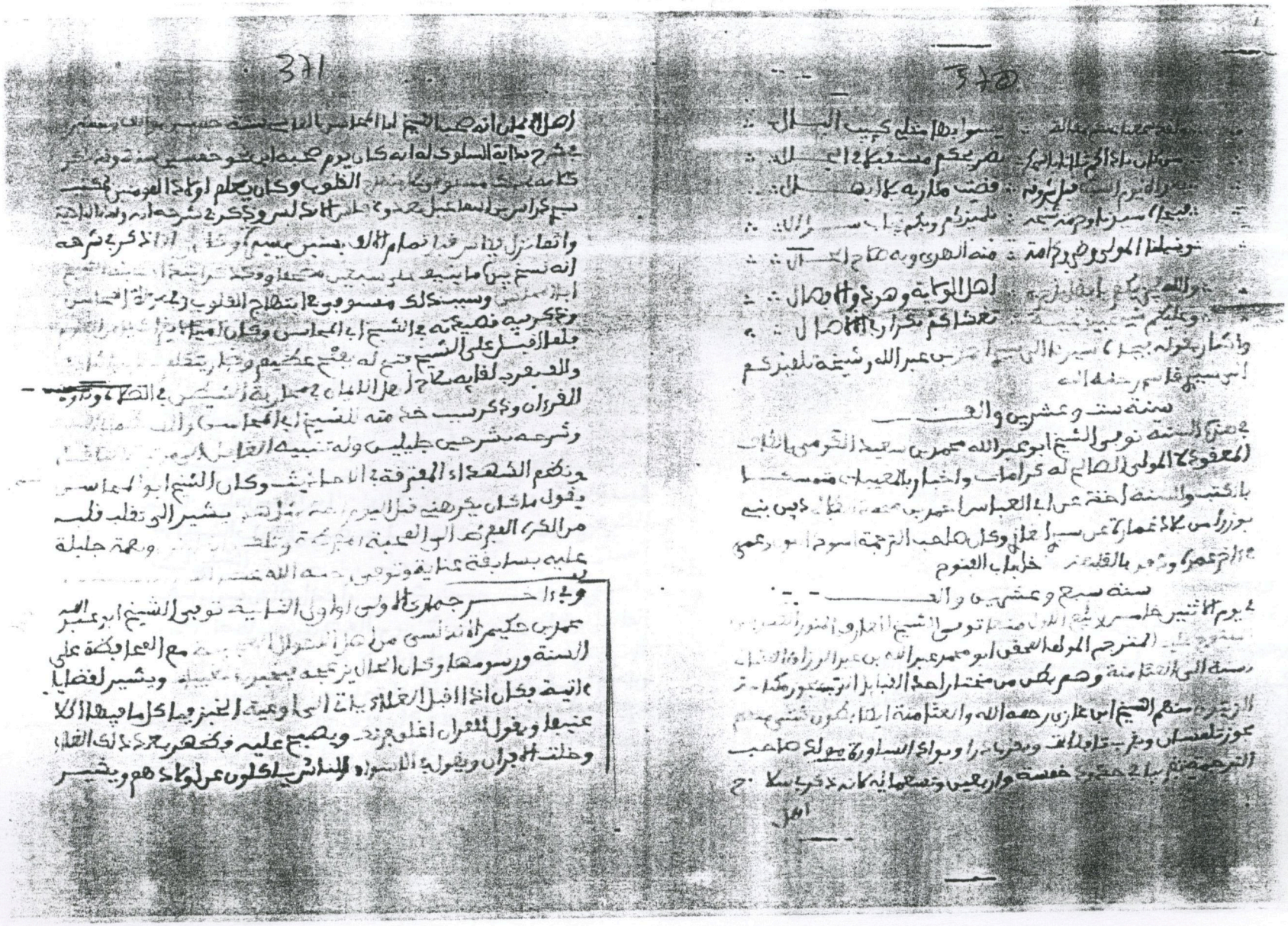
٦	١٠	لبن الحاج
٢	١٠	مسافيه
٠	١٠	فعل
٦	٠٠	علي الغريبي
٦	٨٠	لبو طالبي
٦	٧٠	للمتيجي
٦	٥٠	للحداد
٤	٤٠	رابح حملاتيه
١	٢٠	بن الحاج
٠	١٠	جبر درص
٦	١٠	صانع البنا
٦	١٠	صانع البنا
٢	١٠	خدام
٦	٠٠	خدام
٦	١٠	خدام
٣	٣٠	معلم البنا
١	٣٠	تلة وتمن الحداد في دار بن فريجه
٦	٠٠	خدمين
٠	١٠	فاهد الشوارع
٦	٥٠	
٤	١٠	ريال وستة ثمان كريش وتراب
٤	١٠	ريال ونصف خدام وما بدار بن فريجه
٠	٣٠	صانع البنا
٠	١٠	حرج
٦	٦٠	تراب وكريش في اماكين
٣	١٠	ريال وستة ثمان اصلاح بدر الجرودي
٠	١٠	حداد وحملات
٦	١٠	رزاز في دار بن كاور علي
٧	٠٠	صانع البنا
٤	٦٨٠	
٠	١٠	طايح في دار بن تكلوت لتهدمها
٧	٧٨٠	
٠	٠٦	ستة ريالات كرا مخزن متع سيدي رمضان لشغلهي بالحبوس
٠	٤٢	سقطة من دار بن فريجه لتهدمي بعضها

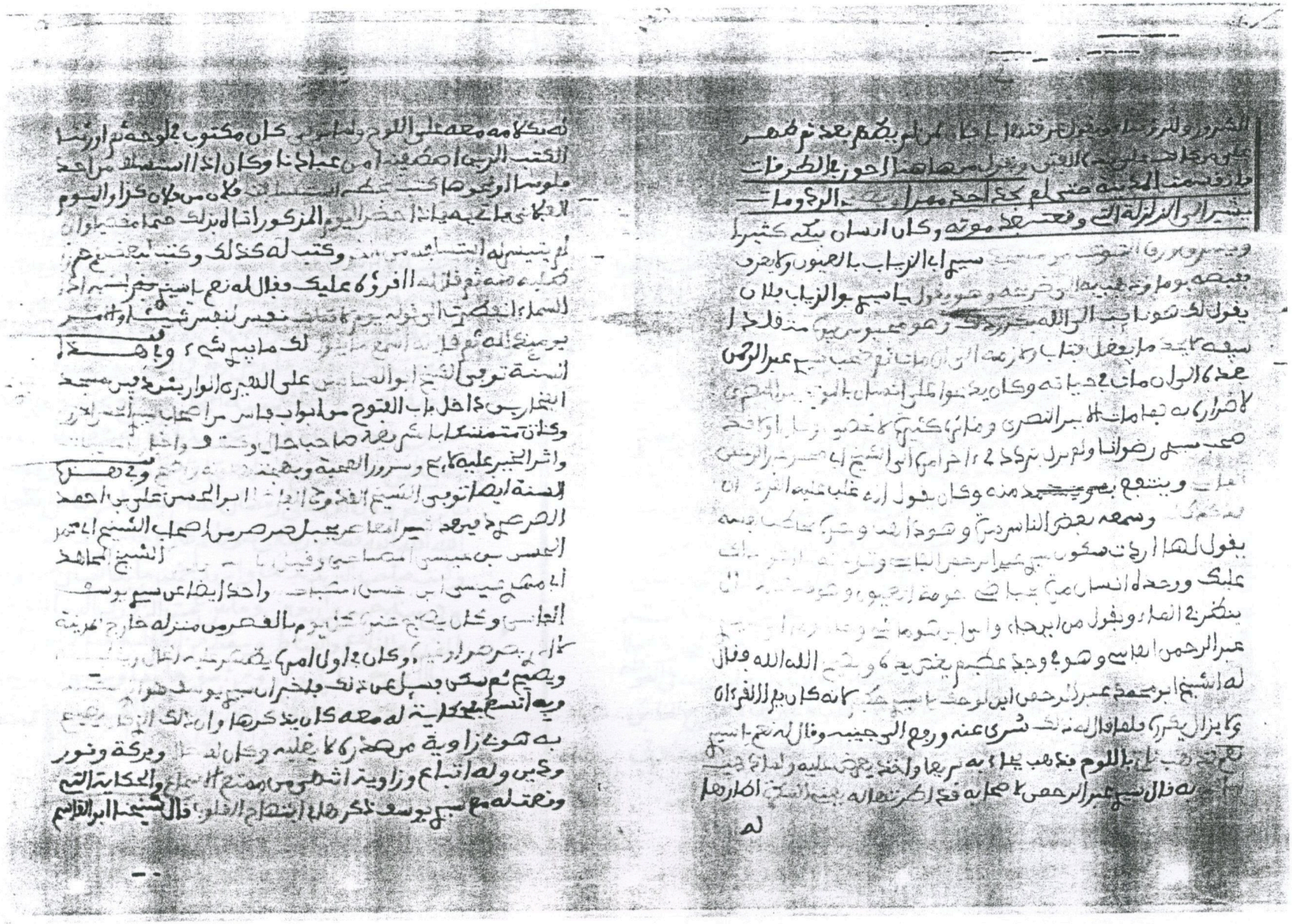












وهدمت المنارة وسقط جامع حلب وخرج من ربع المدينة ثلثه ان الجوزة وفي
سنة تسع عشرة ومائتين قال صاحب المرآة كانت زلزلة شديدة بين الظهر
والعصر وزلزلت هابلة وقال ابو بكر النجار في الوقت الذي ضرب فيه
احمد بن طولون الدنيا وزلزلت وفي سنة عشرين ومائتين زلزلت
فرغانة فمات فيها خمسة عشر الفا وفي السنة التي تليها رجفت الاهوا
وتصدعت الجبال ودامت ستة عشر يوما وفي سنة ثلاثين ومائتين
كانت زلزلة مهولة بدمشق سقط منها دور وهدمت كنيسة حنا خلق وماتت
الى انطاكية فهدمتها والى الجزيرة فاخربتها والى الموصل فيقال هلك
من اهلها خمسون الفا كذا في تاريخ الذهبي واما صاحب المرآة
فقال في سنة اثنتين وثلاثين كثرت الزلازل في الدنيا وخصوصا
المغرب والشام وانهدمت حيطان دمشق وحمص وكان اشد
بانطاكية والعواصم واخربت بلاد الجزيرة والموصل وقامت
بامائم قال وفي سنة ثلاث وثلاثين كانت زلزلة عظيمة
ذكرها الحافظ ابن عساكر في كتاب الزلازل وقال زلزلة دمشق
يوم الخميس سحر الاحدى عشر خلت من ربيع الآخر سنة ثلاث
وثلاثين ومائتين فقطعت العام الجامع وتزايلت الحجارة العظا
ووقعت المنارة وسقطت الناطر والمنارة وامتدت في الغوطة
فانت على دارايا والمزة وبيت لهيا وغيرها وخرج الناس
الى الله ينظرون الى قريب نصف النهار فسكنت الدنيا وفي

بعلبك
سنة اربع وثلاثين ومائتين زلزلت هواه فوقعت الدور وفي سنة اث
ومائتين زلزلت بمغرب وخسف بثلاثين عشرة قرية من قرى القيروان
وفي سنة اثنتين واربعين ومائتين في شعبان زلزلت الارض
زلزلة عظيمة بتونس تهدمت بها دور وهلك فيها كثير ومات من اهلها
نحو خمسة واربعين الفا وكانت ايضا باليمن وخراسان وفارس
والشام وبسطام وقم وقاشان والري وجرجان ونيسابور
والدامغان وطبرستان واصبهان زلازل منكرة وتقطعت جبال
وتشققت الارض بقدر ما يدخل الرجل في الشق وهدمت قرية السوس
بناحية مصر من السماء خمسة احجار ووقع حجر منها على خيمة
اعرابي فاحترقت ووزن حجر منها فكان عشرة ارطال وسا
جبل باليمن عليه مزارع لاهله حتى اتى مزارع اخرين ووقع على
طابر ابيض دون الرخمة في رمضان فصاح يا معاشر الناس اتقوا
الله الله فصاح اربعين صوتا ثم طار وجاء الغد ففعل كذلك
وكتب صاحب البريد بذلك واشهد خمس مائة انسان سمعوه
وفي سنة خمس واربعين ومائتين عمت الزلازل الدنيا فاخربت
المدن والقلاع والقناطر وسقط من انطاكية جبل في البحر و
منها الف وخمسمائة دار ومن سوهايف وسبعون برجا
وغار بحر على فرسخ منها فلا يدري اين ذهب بالكلية وسمع من كوى
دورها اصوات من عجة جدا الى خوام من ارضهم [illegible] زلزلت

Annexe IX :

Evaluation de l'intensité macrosismique définie par
Les effets des différents séismes sur Alger

Annexe IX

Evaluation de l'intensité macrosismique définie par les effets Des différents séismes sur Alger

Introduction :

Le terme d' « intensité macrosismique » est utilisé au sens de classification de sévérité de secousses du sol en fonction des effets observés dans une zone donnée (EMS 98, 2001). Par conséquent, établir une échelle d'intensité macrosismique revient à évaluer le séisme par les effets qu'il a engendré lors de son avènement sur la population et les constructions en tant qu'élément essentiel de la société humaine. Par ailleurs c'est aussi pour déterminer la vulnérabilité des constructions c'est-à-dire exprimer les différences de réaction des bâtiments aux secousses sismiques. Lorsque deux groupes de bâtiments sont soumis à de mêmes secousses sismiques, et que l'un des deux se comporte mieux que l'autre, alors on conclura que les bâtiments qui sont les moins endommagés sont les moins vulnérables et vis versa.

Cependant la vulnérabilité des constructions est un facteur très influent sur les effets des tremblements de terre. Il n'est pas pris en charge au moment de l'évaluation des dommages. Pourtant, plus le bâtiment est vulnérable plus grands seront ses dommages s'il est exposé à un grand tremblement de terre. L'état dans lequel sont les constructions influe sur la nature des dommages et vis versa. Un séisme de magnitude 4.5 engendre une intensité de IXI sur des constructions en *toub*, non chaînées et produirait une intensité de VI sur des constructions en maçonnerie chaînée.

Tableau de vulnérabilité :

D'après la classification de vulnérabilité par type de structure, utilisée par l'échelle macrosismique européenne EMS 98, nous avons le tableau suivant pour les constructions en maçonnerie :

Annexe IX

Evaluation de l'intensité macrosismique définie par les effets Des différents séismes sur Alger

Introduction :

Le terme d' « intensité macrosismique » est utilisé au sens de classification de sévérité de secousses du sol en fonction des effets observés dans une zone donnée (EMS 98, 2001). Par conséquent, établir une échelle d'intensité macrosismique revient à évaluer le séisme par les effets qu'il a engendré lors de son avènement sur la population et les constructions en tant qu'élément essentiel de la société humaine. Par ailleurs c'est aussi pour déterminer la vulnérabilité des constructions c'est-à-dire exprimer les différences de réaction des bâtiments aux secousses sismiques. Lorsque deux groupes de bâtiments sont soumis à de mêmes secousses sismiques, et que l'un des deux se comporte mieux que l'autre, alors on conclura que les bâtiments qui sont les moins endommagés sont les moins vulnérables et vis versa.

Cependant la vulnérabilité des constructions est un facteur très influent sur les effets des tremblements de terre. Il n'est pas pris en charge au moment de l'évaluation des dommages. Pourtant, plus le bâtiment est vulnérable plus grands seront ses dommages s'il est exposé à un grand tremblement de terre. L'état dans lequel sont les constructions influe sur la nature des dommages et vis versa. Un séisme de magnitude 4.5 engendre une intensité de IXI sur des constructions en *toub*, non chaînées et produirait une intensité de VI sur des constructions en maçonnerie chaînée.

Tableau de vulnérabilité :

D'après la classification de vulnérabilité par type de structure, utilisée par l'échelle macrosismique européenne EMS 98, nous avons le tableau suivant pour les constructions en maçonnerie :

Maçonnerie	Classe de vulnérabilité					
	A	B	C	D	E	F
Moellons brut, pierre, tout venant						
Brique crue (adobe)						
Pierre brute						
Pierre massive						
Non renforcée avec des éléments préfabriqués						
Non renforcés avec des planchers en béton armé						
Renforcée ou chaînée						

○ Classe de vulnérabilité la plus probable

—— Intervalle probable ····· Intervalle de probabilité plus faible, cas exceptionnel.

Les constructions d'Alger sont pour la première période, c'est-à-dire avant le séisme de 1716, dans la catégorie de classe de vulnérabilité A, B et C. Par contre après le séisme de 1716, ces mêmes structures ont été renforcées par des rondins de bois dans les murs, dans les angles comme chaînages, dans les planchers ainsi que dans l'étayement. Par conséquent, l'utilisation de ce nouveau facteur, apporte une variation dans la résistance des nouvelles constructions à une secousse sismique. Les poutres en bois, les bois dans les murs et les chaînages d'angles, apportent un effet de raidissement horizontal complémentaire et améliorent les performances des structures en maçonnerie. la stratification des murs par des matériaux différents diminue le barycentre de la structure ce qui augmente sa fonction sismo résistante. De ce fait, ce sconstructions font partie de la classe de vulnérabilité B et D.

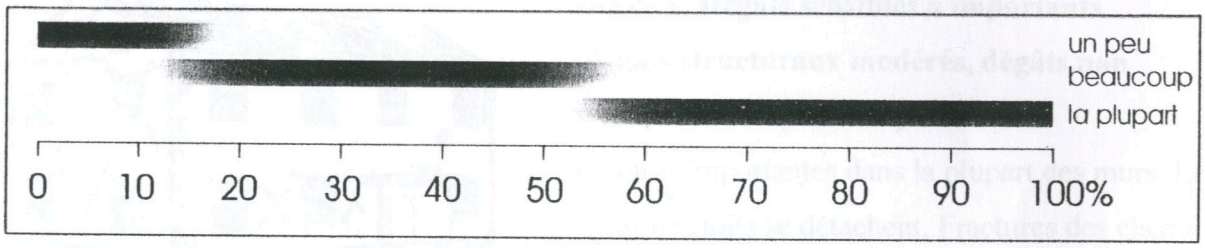
Classification des dégâts :

La classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie se répartie en cinq degrés s'échelonnant de 1 à 5. La nature des dégâts varie en fonction des systèmes considérés, qu'ils soient primaires tels que les éléments porteurs et structuraux ou secondaires tels que les éléments non structuraux. Les dommages sont ceux engendrés par les vibrations du séisme et rien d'autre. Les degrés de dommages ne représentent pas une augmentation linéaire de la secousse sismique.

L'illustration de degrés de dommage se fait dans le tableau 2 (EMS 98, 15)

Définition des quantités :

Les quantités de dommage sont difficilement quantifiables elles varient de 0 à 100%. Pour ne pas sous estimer ou surestimer la quantité des dégâts, le schéma suivant offre une possibilité supplémentaire pour l'utilisateur d'étudier les conséquences du classement dans une catégorie plutôt que dans l'autre.



Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie	
	**Degré 1: 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.
	**Degré 2: Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)** Fissures dans de nombreux murs. Chutes de grands morceaux de plâtre. Effondrement partiel des cheminées.
	**Degré 3: 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).
	**Degré 4: Dégâts très importants (dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)** Défaillance sérieuse des murs; défaillance structurale partielle des toits et des planchers.

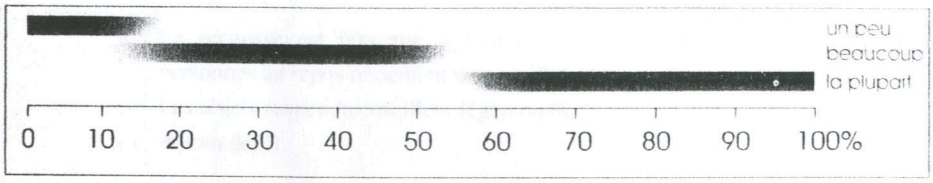


Degré 5: Destruction

(dégâts structuraux très importants)

Effondrement total ou presque total.

Définitions des quantités



Définition des degrés d'intensité

Disposition de l'échelle:

a) effets sur les humains
b) effets sur les objets et sur la nature (les effets sur le sol et les désordres du sol sont traités plus particulièrement à la section 7)
c) dégâts sur les bâtiments

Remarque préalable:

Les différents degrés d'intensité peuvent également comprendre les effets de degré(s) respectif(s) d'intensité plus faible, lorsque ces effets ne sont pas mentionnés explicitement.

I. Secousse imperceptible

a) Non ressentie, même dans les circonstances les plus favorables.
b) Sans effet.
c) Aucun dégât.

II. Rarement perceptible

a) La secousse n'est ressentie que dans des cas isolés (<1%) par des personnes au repos dans des positions particulièrement réceptives, à l'intérieur des habitations.
b) Sans effet.
c) Pas de dégâts.

III. Faible

a) La secousse est ressentie à l'intérieur des habitations par quelques personnes. Les personnes au repos ressentent une oscillation ou un léger tremblement.
b) Les objets suspendus oscillent légèrement.
c) Aucun dégât.

IV. Largement observée

a) La secousse est ressentie à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes et n'est ressentie à l'extérieur que par un petit nombre. Quelques dormeurs sont réveillés. Le niveau des vibrations n'est pas effrayant. Les vibrations sont modérées. Les observateurs ressentent un léger tremblement ou une légère oscillation du bâtiment, de la pièce ou du lit, de la chaise, etc.
b) La porcelaine, les verres, les fenêtres et les portes vibrent. Balancement des objets suspendus. Dans quelques cas, secousses visibles du mobilier léger. Les menuiseries craquent dans quelques cas.
c) Aucun dégât.

V. Fort

a) La secousse est ressentie à l'intérieur des habitations par la plupart des personnes et à l'extérieur par quelques personnes. Quelques personnes effrayées se précipitent dehors. Réveil de la plupart des dormeurs. Les observateurs ressentent une forte secousse ou une forte oscillation de l'ensemble du bâtiment de la pièce ou du mobilier.
b) Balancement important des objets suspendus. La porcelaine et les verres s'entrechoquent. De petits objets, des objets dont le centre de gravité est élevé et/ou qui sont mal posés peuvent se déplacer ou tomber. Des portes ou des fenêtres s'ouvrent ou se ferment. Dans quelques cas, des vitres se brisent. Les liquides oscillent et peuvent être projetés hors des récipients pleins. Les animaux deviennent nerveux à l'intérieur.
c) Dégâts de degré 1 de quelques bâtiments de classes de vulnérabilité A et B.

VI. Dégâts légers

a) Secousse ressentie par la plupart des personnes à l'intérieur des habitations et par de nombreuses personnes à l'extérieur. Quelques personnes perdent leur sang-froid. De nombreuses personnes effrayées se précipitent dehors.
b) De petits objets de stabilité moyenne peuvent tomber et le mobilier peut être déplacé. Dans certains cas, bris de vaisselle et de verres. Les animaux d'élevage (même à l'extérieur) peuvent s'affoler.

c) De nombreux bâtiments des classes de vulnérabilité A et B subissent des dégâts de degré 1, quelques uns de classes A et B subissent des dégâts de degré 2; quelques uns de classe C subissent des dégâts de degré 1.

VII. Dégâts

a) La plupart des personnes sont effrayées et essaient de se précipiter dehors. De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à se tenir debout, en particulier aux étages supérieurs.
b) Les meubles sont déplacés et les meubles dont le centre de gravité est élevé peuvent se retourner. Les objets tombent des étagères en grand nombre. Les récipients, les réservoirs et les piscines débordent.
c) De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité A subissent des dégâts de degré 3, quelques uns de degré 4.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité B subissent des dégâts de degré 2, quelques uns de degré 3.
Quelques bâtiments de la classe de vulnérabilité C subissent des dégâts de degré 2.
Quelques bâtiments de la classe de vulnérabilité D subissent des dégâts de degré 1.

VIII. Dégâts importants

a) La plupart des personnes éprouvent des difficultés à se tenir debout, même dehors.
b) Les meubles peuvent se renverser. Des objets comme les téléviseurs, les machines à écrire, etc. tombent par terre. Possibilité de déplacement, de rotation ou de renversement des pierres tombales. On peut observer des vagues sur un terrain très mou.
c) De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité A subissent des dégâts de degré 4, quelques uns de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité B subissent des dégâts de degré 3, quelques uns de degré 4.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité C subissent des dégâts de degré 2, quelques uns de degré 3.
Quelques bâtiments de la classe de vulnérabilité D subissent des dégâts de degré 2.

IX. Destructions

a) Panique générale. Des personnes peuvent être projetées au sol.
b) De nombreux monuments et colonnes tombent ou sont vrillés. On peut observer des vagues sur un terrain mou.

c) De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité A subissent des dégâts de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité B subissent des dégâts de degré 4, quelques uns de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité C subissent des dégâts de degré 3, quelques uns de degré 4.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité D subissent des dégâts de degré 2, quelques uns de degré 3.
Quelques bâtiments de la classe de vulnérabilité E subissent des dégâts de degré 2.

X. Destructions importantes

c) La plupart des bâtiments de la classe de vulnérabilité A subissent des dégâts de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité B subissent des dégâts de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité C subissent des dégâts de degré 4, quelques uns de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité D subissent des dégâts de degré 3, quelques uns de degré 4.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité E subissent des dégâts de degré 2, quelques uns de degré 3.
Quelques bâtiments de la classe de vulnérabilité F subissent des dégâts de degré 2.

XI. Catastrophe

c) La plupart des bâtiments de la classe de vulnérabilité B subissent des dégâts de degré 5.
La plupart des bâtiments de la classe de vulnérabilité C subissent des dégâts de degré 4, beaucoup de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité D subissent des dégâts de degré 4, quelques uns de degré 5.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité E subissent des dégâts de degré 3, quelques uns de degré 4.
De nombreux bâtiments de la classe de vulnérabilité F subissent des dégâts de degré 2, quelques uns de degré 3.

XII. Catastrophe généralisée

c) Tous les bâtiments des classes de vulnérabilité A, B et pratiquement tous ceux de la classe de vulnérabilité C sont détruits. La plupart des bâtiments des classes de vulnérabilité D, E et F sont détruits. Les effets du tremblement de terre ont atteint le maximum concevable.

FICHE D'EVALUATION DES DOMMAGES

Code Inspecteur
Date :

IDENTIFICATION DE LA CONSTRUCTION

Secteur zone
Adresse ou éléments d'identification

Construction calculée au séisme : Oui - Non
Construction contrôlée : Oui - Non

USAGE DE LA CONSTRUCTION (*)

Logement	Scolaire	Commercial
Administratif	Hospitalier	Industriel
Socioculturel	Sportif	Réservoir d'eau
Autres (à préciser)		

DESCRIPTION SOMMAIRE

Age approximatif :
Nombre de niveaux :
Nombre de joints de dilatation :
- en élévation:
- Infrastructure

Vide sanitaire : Oui - Non (*)
Sous-sol : Oui - Non (*)
Eléments extérieurs indépendants (escaliers, auvent, passage couvert.)

Problème de sol autour de la construction (*)
Faille : Oui - Non - Affaissement - Soulèvement : Oui -Non
Liquéfaction : Oui - Non - Glissement : Oui-Non

FONDATIONS - INFRASTRUCTURE (*)

Fondations :
- type de fondation
- type de dommages
. tassement uniforme : Oui - Non
. Glissement : Oui - Non
. Basculement : Oui - Non

Infrastructure (dans le cas VS ou S/Sol)
- voile béton continu : 1-2-3-4-5
- poteaux béton avec remplissage : 1-2-3-4-5

STRUCTURE RESISTANTE (*)

Eléments porteurs (charges verticales)

- murs en maçonnerie	1-2-3-4-5
- Voiles béton	1-2-3-4-5
- poteaux béton	1-2-3-4-5
- poteaux métalliques	1-2-3-4-5
- poteaux bois	1-2-3-4-5
- autres	1-2-3-4-5

Eléments de contreventement

- murs en maçonnerie	1-2-3-4-5
- voiles béton	1-2-3-4-5
- portiques béton armé	1-2-3-4-5
- portiques métalliques	1-2-3-4-5
- palées triangulées	1-2-3-4-5
- autres	1-2-3-4-5

Planchers - Toiture terrasse

- béton armé	1-2-3-4-5
- solives métalliques	1-2-3-4-5
- solives bois	1-2-3-4-5
	1-2-3-4-5

Toiture inclinée

- charpente métallique	1-2-3-4-5
- charpente bois	1-2-3-4-5
- Couverture tuile	1-2-3-4-5
- Couverture amiante ciment	1-2-3-4-5
- Couverture métallique	1-2-3-4-5

(*) entourer la mention utile, dans le cas de numéros : un ou plusieurs numéros peuvent être entourés

ELEMENTS SECONDAIRES

Escaliers	
- Béton	1-2-3-4-5
- métal	1-2-3-4-5
- bois	1-2-3-4-5

Remplissages extérieurs	
- maçonnerie	1-2-3-4-5
- béton préfabriqué	1-2-3-4-5
- bardages	1-2-3-4-5
- autres	1-2-3-4-5

Autres éléments intérieurs	
- plafonds	1-2-3-4-5
- cloisons	1-2-3-4-5
- éléments vitrés	1-2-3-4-5
-	
-	
-	

Eléments extérieurs	
- balcons	1-2-3-4-5
- garde-corps	1-2-3-4-5
- au vent	1-2-3-4-5
- acrotères-corniches	1-2-3-4-5
- cheminées	1-2-3-4-5
- Autres	1-2-3-4-5

INFLUENCE DES CONSTRUCTIONS ADJACENTES (*)

La construction menace une autre construction	Oui - Non
La construction est menacée par une autre construction	Oui - Non
La construction peut-être un soutien pour une autre construction	Oui - Non
La construction peut-être soutenue par une autre construction	Oui - Non

VICTIMES (*)

Oui - Non - Peut-être Si oui combien ?

COMMENTAIRES SUR LA NATURE ET LA CAUSE PROBABLE DES DOMMAGES

	Sens transversal (*)			Sens longitudinal (*)		
- symétrie en plan	bon	moyen	mauvais	bon	moyen	mauvais
- régularité en élévation	bon	moyen	mauvais	bon	moyen	mauvais
- redondances des files	bon	moyen	mauvais	bon	moyen	mauvais

AUTRES COMMENTAIRES :

EVALUATION FINALE (*)

Niveau général des dommages
1 - 2 - 3 - 4 - 5

Couleur à utiliser
VERT - ORANGE - ROUGE

MESURES IMMEDIATES A PRENDRE :