

**Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)  
Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme  
Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique**

**Étude de  
Microzonage Sismique de la Wilaya d'Alger  
République Algérienne  
Démocratique et Populaire**

**Rapport Final**

**Volume IV**

**Rapport Principal**

**Décembre 2006**

**Oyo International Corp.  
Nippon Koei Co., Ltd.**

G E

JR

06-078

## PRÉFACE

En réponse à la requête du Gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire, le Gouvernement du Japon a décidé d'effectuer une « Étude de microzonage sismique de la Wilaya d'Alger en République Algérienne Démocratique et Populaire » et a confié la réalisation de cette étude à l'Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA).

La JICA a organisé et envoyé en Algérie une équipe d'étude dirigée par M. Osamu NISHII, OYO International Corporation, composée des deux sociétés OYO International Corporation et Nippon Koei Co., Ltd., et ce six fois entre février 2005 et novembre 2006. De plus, la JICA a mis en place un comité technique consultatif présidé par Dr. Kimiro MEGURO, professeur de l'Université de Tokyo, qu'elle charge d'examiner l'étude du point de vue technique.

L'étude a été accomplie telle que planifiée et remise au Gouvernement de l'Algérie sous forme de rapport final avec les directives techniques pour le microzonage ainsi que les produits associés. L'étude comprend aussi le transfert de technologie au personnel homologué en matière de microzonage sismique. Nous espérons que le résultat de cette étude sera mis en valeur par toute organisation et personnel concernés et qu'il sera exploité en tant que base de planification de la prévention du risque sismique du pays.

Il est entendu que, pour la réalisation du développement durable de la République Algérienne Démocratique et Populaire, il est indispensable de consacrer tous ses efforts continus à la mise en place des politiques et des projets pertinents et efficaces pour la gestion des catastrophes et à leur réalisation aux niveaux national, régional et communal. Nous espérons aussi que cette étude contribuera à la promotion de projets futurs et au renforcement de l'amitié entre deux pays.

Finalement, nous voulons exprimer nos sincères remerciements et appréciations pour toute coopération apportée par toute personne impliquée dans la présente étude.

Décembre 2006

Ariyuki MATSUMOTO  
Vice-président  
Agence Japonaise de  
Coopération  
Internationale

## Table des matières

### Préface

### Table des matières

### Liste des figures

### Liste des tableaux

### Liste des photos

### Abréviation

	<u>Page</u>
<b>Chapitre 1. Introduction.....</b>	<b>1 - 1</b>
1-1 Arrière-plan .....	1 - 1
1-2 Étendue de l'Étude .....	1 - 2
1-2-1 Objectifs de l'Étude .....	1 - 2
1-2-2 Concepts de l'Étude .....	1 - 2
1-2-3 Zone de l'Étude.....	1 - 4
1-2-4 Calendrier de l'Étude .....	1 - 5
1-2-5 Organisations de l'équipe d'exécution .....	1 - 7
1-3 Activités principales de l'Étude.....	1 - 9
<b>Chapitre 2. Collecte de données et développement de la base de données Sig .....</b>	<b>2 - 1</b>
2-1 Conception de la base de données du SIG.....	2 - 1
2-1-1 Conception de la base de données géographiques .....	2 - 1
2-1-2 Carte de base ; mise en ordre des données topographiques .....	2 - 1
2-1-3 Base de données pour la gestion des catastrophes urbaines.....	2 - 5
2-2 Collecte et entrée des données.....	2 - 6
2-2-1 Topographie et géologie.....	2 - 6
2-2-2 Bâtiments et équipements importants et dangereux .....	2 - 8
2-2-3 Infrastructures et réseaux vitaux .....	2 - 17
2-2-4 Population et ménages .....	2 - 24
2-2-5 Occupation des sols et développement urbain .....	2 - 29
2-2-6 Ressources de gestion des catastrophes .....	2 - 47
<b>Chapitre 3. Conditions naturelles pour le microzonage .....</b>	<b>3 - 1</b>
3-1 Sismotectoniques et sismicité de la région .....	3 - 1
3-1-1 Contexte géodynamique.....	3 - 1
3-1-2 Cadre structural et tectonique de la région d'Alger .....	3 - 7
3-1-3 Distribution de la sismicité .....	3 - 10
3-1-4 Séismes historiques de l'Algérie du nord.....	3 - 10
3-2 Caractéristiques géomorphologiques et géologiques de la zone d'étude .....	3 - 13
3-2-1 Géomorphologie.....	3 - 13
3-2-2 Météorologie et hydrologie .....	3 - 15
3-2-3 Structure géologique principale .....	3 - 19
3-3 Investigation supplémentaire.....	3 - 24
3-3-1 Forage .....	3 - 24

3-3-2	Essais de laboratoire.....	3 -27
3-3-3	Investigation géophysique.....	3 -39
3-4	Propriétés de la géologie de l'ingénieur .....	3 -44
<b>Chapitre 4.</b>	<b>Situation urbaine pour le microzonage.....</b>	<b>4 - 1</b>
4-1	Bâtiments.....	4 - 1
4-1-1	Enquête d'inventaire .....	4 - 1
4-1-2	Domages des bâtiments occasionnés par les séismes passés .....	4 -12
4-2	Infrastructures et réseaux vitaux.....	4 -24
4-2-1	Routes .....	4 -24
4-2-2	Ponts.....	4 -29
4-2-3	Port.....	4 -32
4-2-4	Aéroport .....	4 -33
4-2-5	Alimentation en eau potable .....	4 -34
4-2-6	Système d'assainissement .....	4 -37
4-2-7	Alimentation en électricité .....	4 -39
4-2-8	Alimentation en gaz .....	4 -41
4-2-9	Télécommunications .....	4 -43
4-3	Population et logements .....	4 -43
4-3-1	Population .....	4 -43
4-3-2	Nombre des bâtiments de chaque commune.....	4 -43
4-3-3	Logements.....	4 -43
4-3-4	Résumé.....	4 -44
<b>Chapitre 5.</b>	<b>Analyse sismique et compilation de la carte de l'aléa .....</b>	<b>5 - 1</b>
5-1	Scénario sismique.....	5 - 1
5-1-1	Identification des failles actives.....	5 - 1
5-1-2	Analyse sur site .....	5 - 5
5-1-3	Réalisation du modèle du sismotectonique .....	5 - 7
5-1-4	Capacité sismogène des failles.....	5 -11
5-2	Modélisation des sols .....	5 -20
5-3	Estimation du mouvement du sol .....	5 -29
5-3-1	Analyse de mouvement du substratum .....	5 -29
5-3-2	Analyse de l'amplification sous la terre.....	5 -34
5-3-3	Élévation du mouvement sismique du sol.....	5 -36
5-4	Estimation du potentiel de liquéfaction .....	5 -40
5-4-1	Méthodologie .....	5 -40
5-4-2	Conditions préalables pour l'analyse .....	5 -42
5-4-3	Potentiel de liquéfaction.....	5 -44
5-5	Estimation de la stabilité de terrain en pente.....	5 -46
5-5-1	Aléas éventuels de terrain en pente.....	5 -46
5-5-2	Méthodologie .....	5 -49
5-5-3	Conditions préalables d'analyse.....	5 -52
5-5-4	Évaluation de la stabilité de terrains en pente .....	5 -58
5-5-5	Inspection des terrains en pente sur le terrain .....	5 -59

<b>Chapitre 6. Estimation des dommages.....</b>	<b>6 - 1</b>
6-1 Dommages de bâtiments.....	6 - 1
6-1-1 Catégories de bâtiments.....	6 - 1
6-1-2 Dommages de bâtiments depuis le séisme d'El Asnam de 1980 jusqu'au séisme de Boumerdes de 2003.....	6 - 2
6-1-3 Fonction de vulnérabilité de bâtiment.....	6 - 5
Annexe Déviation et fonction de vulnérabilité.....	6 -17
6-1-4 Dommages estimés.....	6 -18
6-2 Victimes humaines.....	6 -24
6-2-1 Méthodologie.....	6 -24
6-2-2 Estimation de dommages.....	6 -28
6-3 Infrastructure et réseaux vitaux.....	6 -30
6-3-1 Ponts.....	6 -30
6-3-2 Ports.....	6 -47
6-3-3 Aéroports.....	6 -49
6-3-4 Alimentation en eau potable.....	6 -52
6-3-5 Réseau d'assainissement.....	6 -68
6-3-6 Câble d'alimentation en électricité.....	6 -71
6-3-7 Canalisations de gaz.....	6 -78
6-3-8 Télécommunications.....	6 -85
6-4 Résumé des dommages se produisant immédiatement après les séismes de scénario....	6 -86
<b>Chapitre 7. Les conditions sociales actuelles.....</b>	<b>7 - 1</b>
7-1 La population et les ménages de la Wilaya d'Alger.....	7 - 1
7-1-1 La démographie d'Alger.....	7 - 1
7-1-2 Profils de la population et des ménages à Alger.....	7 - 5
7-1-3 Les ménages face au risque sismique à Alger.....	7 - 9
7-2 Structure et développement urbain.....	7 -13
7-2-1 Considérations générales sur la métropole algéroise.....	7 -13
7-2-2 Les étapes récentes de planification urbaine. L'organisation administrative et territoriale de la Wilaya d'Alger.....	7 -15
7-2-3 Aménagement du territoire et plans de développement aujourd'hui. Planification environnementale et préventive.....	7 -19
7-3 Perception et culture du risque à Alger. Facteurs sociaux de vulnérabilité et de résilience.....	7 -21
7-3-1 Considérations générales.....	7 -21
7-3-2 Les points de vue exprimés par les différents acteurs face au risque.....	7 -29
7-3-3 Facteurs sociaux et sociétaux de vulnérabilité et de résilience.....	7 -34
<b>Chapitre 8. Le système de gestion de crise existant.....</b>	<b>8 - 1</b>
8-1 Cadre Légal en matière de Gestion des Catastrophes.....	8 - 1
8-1-1 Introduction.....	8 - 1
8-1-2 Cadre légal.....	8 - 3
8-2 Système Institutionnel et Organisationnel.....	8 -16

8-2-1	Niveau National .....	8 -16
8-2-2	Niveau Local (Wilaya et Commune) .....	8 -26
8-2-3	Communauté et ONG.....	8 -34
8-3	Plan de gestion des catastrophes.....	8 -35
8-3-1	Introduction.....	8 -35
8-3-2	Plan ORSEC : Généralités .....	8 -37
8-3-3	Plan ORSEC : Organe d’Encadrement et de Commandement.....	8 -39
8-3-4	Mécanisme de mise en oeuvre du Plan ORSEC .....	8 -40
8-3-5	Organisation et missions des 14 modules d’un Plan ORSEC .....	8 -42
8-4	Leçons et acquises des catastrophes passées .....	8 -43
8-4-1	Séisme d’El Asnam (10 octobre 1980) et différents tremblements de terre entre 1985 et 2000.....	8 -43
8-4-2	Inondations de Bab El Oued (10 novembre 2001).....	8 -46
8-4-3	Séisme de Boumerdes (21 mai 2003).....	8 -49
8-4-4	Résumé.....	8 -54
<b>Chapitre 9. Évaluation de la vulnérabilité urbaine .....</b>		<b>9 - 1</b>
9-1	Évaluation sismique des bâtiments existants.....	9 - 1
9-1-1	Bâtiments en maçonnerie .....	9 - 1
9-1-2	Bâtiments en BA .....	9 -14
	Annexe 1 Évaluation sismique d’une maison d’habitation à cinq niveaux non parasismique .....	9 -26
	Annexe 2 Dommages sismiques.....	9 -28
	Annexe 3 Errata de l’évaluation sismique standard (version anglaise).....	9 -29
9-2	Vulnérabilité urbaine au risque sismique.....	9 -30
9-2-1	Vulnérabilité urbaine au risque sismique .....	9 -30
9-2-2	Vulnérabilité urbaine de la zone d’étude.....	9 -30
9-2-3	Identification des zones “Urbaines” dans la zone d’étude .....	9 -31
9-2-4	Densité de population.....	9 -32
9-2-5	Âge de bâtiment .....	9 -33
9-2-6	Valeur économique.....	9 -35
9-2-7	Potentiel de mouvement de la surface de sol .....	9 -37
9-2-8	Risque de rupture de terrains en pente .....	9 -39
9-2-9	Facilité d’évacuation et de secours .....	9 -40
9-2-10	Préparation des graphiques de vulnérabilité sismique .....	9 -48
9-2-11	Vulnérabilité sismique par secteur .....	9 -51
9-2-12	Revue de la vulnérabilité urbaine actuelle et du résultat de microzonage .....	9 -56
9-2-13	Évaluation compréhensive de la vulnérabilité urbaine .....	9 -61
9-2-14	Étude de cas 1: Capacité des points d’évacuation et autres sites d’abri potentiel.....	9 -64
9-2-15	Étude de cas 2: Sécurité du réseau routier d’évacuation/secours régional en cas d’urgence.....	9 -70
9-2-16	Étude de cas 3: Méthodes permettant aux villes de réduire les effets du risque sismique.....	9 -73
9-3	Scénario de risque sismique .....	9 -82

<b>Chapitre 10. Recommandations pour la réduction de l'impact d'un séisme .....</b>	<b>10- 1</b>
10-1 Identification des principaux enjeux .....	10- 1
10-2 Recommandations concernant le système organisationnel et institutionnel ainsi que les plans de gestion des catastrophes .....	10-21
10-2-1 Gestion globale des catastrophes .....	10-21
10-2-2 Recommandations pour la prévention des catastrophes dans le domaine social et humain.....	10-24
10-2-3 Recommandations concernant les aspects organisationnel et institutionnel et les Plans de gestion des catastrophes .....	10-35
10-3 Bâtiments.....	10-44
10-3-1 Concept de renforcement parasismique .....	10-44
10-3-2 Bâtiments en maçonnerie .....	10-46
10-3-3 Bâtiment en BA.....	10-76
Annexe 1 Indice parasismique de la structure, Is, et CtSD, et intensité sismique et dommage sismique .....	10-92
10-4 Infrastructure et réseaux vitaux .....	10-94
10-4-1 Infrastructure.....	10-94
10-4-2 Réseaux vitaux .....	10-109
<b>Chapitre 11. Banque de données de la gestion des catastrophes urbaines .....</b>	<b>11- 1</b>
11-1 Base de données de la gestion des catastrophes urbaines.....	11- 1
11-2 Développement du système d'interface d'utilisateurs .....	11- 3
11-2-1 Objectifs .....	11- 3
11-2-2 Système d'appui au saisi de données .....	11- 3
11-2-3 Module de base HTML : Système navigateur des cartes .....	11- 6
11-2-4 Visionneuse SIG; ArcExplorer.....	11- 7
11-3 Plan d'exploitation et de maintenance.....	11- 7
<b>Chapitre 12. Transfert de technologie du microzonage sismique.....</b>	<b>12- 1</b>
12-1 Séismes de scénario.....	12- 1
12-2 Modélisation du sol et aléas naturels (décrits par M. N. Mezouer; homologue géotechnique).....	12- 4
12-3 Estimation de dommage .....	12- 8
12-3-1 Bâtiments .....	12- 8
12-3-2 Infrastructures et réseaux vitaux .....	12-10
12-4 Évaluation sismique et renforcement de bâtiments .....	12-13
12-4-1 Bâtiments en maçonnerie .....	12-13
12-4-2 Bâtiments en BA .....	12-15
12-5 Développement des données du SIG.....	12-18
<b>Annexe Inspection des terrains en pente</b>	

## Liste des figures

	<u>Page</u>
Figure 1-1	Cadre d'activités de gestion du risque sismique..... 1 - 4
Figure 1-2	Carte de la zone d'étude ..... 1 - 5
Figure 1-3	Calendrier général..... 1 - 5
Figure 1-4	Calendrier d'exécution du travail ..... 1 - 6
Figure 1-5	Organisation de l'Étude ..... 1 - 7
Figure 2-1	Connexions ..... 2 - 3
Figure 2-2	Croisements ..... 2 - 3
Figure 2-3	Zones ..... 2 - 4
Figure 2-4	Appariement des bords ..... 2 - 5
Figure 2-5	Base de données conceptuelle schématisée ..... 2 - 6
Figure 2-6	Index des cartes topographiques ..... 2 - 7
Figure 2-7	Modèle numérique de terrain..... 2 - 7
Figure 2-8	Structure en béton armé ..... 2 -10
Figure 2-9	Charpente métallique ..... 2 -10
Figure 2-10	Structure en maçonnerie ..... 2 -10
Figure 2-11	Structure en blocs de béton creux ..... 2 -10
Figure 2-12	Carte topographique, Échelle = 1:10,000 ..... 2 -18
Figure 2-13	Carte routière schématique ..... 2 -18
Figure 2-14	Passagers transportés par an ..... 2 -19
Figure 2-15	Frets annuels ..... 2 -19
Figure 2-16	Exemple de données numériques du réseau AEP ..... 2 -20
Figure 2-17	Exemple de carte des localisations de réservoirs sur piliers ..... 2 -20
Figure 2-18	Exemple de carte du réseau d'assainissement ..... 2 -21
Figure 2-19	Exemple de carte du réseau à haute tension ..... 2 -22
Figure 2-20	Exemple de carte du réseau à moyenne tension ..... 2 -22
Figure 2-21	Exemple de carte de la canalisation de gaz à haute pression..... 2 -23
Figure 2-22	Exemple de carte de la canalisation de gaz à moyenne pression..... 2 -23
Figure 2-23	Population d'Alger des 50 dernières années..... 2 -24
Figure 2-24	Populations des communes entre les recensements de 1987 et de 1998..... 2 -25
Figure 2-25	Évolution de la densité démographique entre 1987 et 2002 ..... 2 -27
Figure 2-26	Pyramide de la population en 1998 ..... 2 -28
Figure 2-27	Situation de couverture des sols de la Wilaya d'Alger en 1987 et en 2000/2001 ..... 2 -31
Figure 2-28	Comparaison des zones urbanisées entre 1987 et 2000/2001 ..... 2 -34
Figure 2-29	Extension urbaine schématisée de la zone d'étude avant le début des années 1960 ..... 2 -35
Figure 2-30	Pourcentage d'urbanisation de communes en 1987 et en 2000/2001 ..... 2 -36
Figure 2-31	Densité relative des surfaces construites (%) de la zone d'étude ..... 2 -37
Figure 2-32	Densité relative des surfaces à masse construite et année de construction par commune ..... 2 -38



Figure 2-33	Densité de routes (km/km <sup>2</sup> ) par commune et densité relative des surfaces à masse construite.....	2 -40
Figure 2-34	« Grand Projet Urbain, Alger, capitale du 21e siècle ».....	2 -43
Figure 2-35	Statut actuel des POS de la zone d'étude.....	2 -46
Figure 2-36	Distribution des ressources de gestion des catastrophes à BEN AKNOUN y compris les zones adjacentes .....	2 -48
Figure 2-37	Photos des surfaces à masse construite existantes et des ressources de gestion des catastrophes.....	2 -49
Figure 3-1	Carte topographique et bathymétrique des plaques Afriques en voisinage (Nubia-Somalie) et leurs limites, modifiée de McClusky et al (2003). Les flèches noires montrent les déplacements prévus par le modèle NUVEL-1A; AM: Atlas Massif; PM: Massif de Palmyrid; CM: Massif de Caucase; B-Z: Ceinture Bitlis-Zagros; GA: Baie d'Aden .....	3 - 2
Figure 3-2	Traçage schématique de l'interface entre la plaque Afrique (Nubia) et la plaque Eurasie, modifié de Kiratzi et Papazachos (1995) .....	3 - 2
Figure 3-3	Déplacement relatif Afrique/Eurasie et ellipse d'incertitude (2 $\sigma$ ), sur une interface des plaques schématiques entre la jonction triple des Îles d'Açores et l'Italie, basée sur le pôle de rotation de McClusky et al (2003). SG : Détroit de Gibraltar; BM: Massif de Betic; AS: Mer d'Alboran; RM: Massif du Rif; CT: Fossé calabrien; TB: Bassin tyrrhénien .....	3 - 4
Figure 3-4	Localisation et profondeur de la sismicité instrumentale de la région maghrébine .....	3 - 5
Figure 3-5	Mécanismes de foyer de la sismicité instrumentale dans la région maghrébine.....	3 - 6
Figure 3-6	Carte schématique de l'Algérie du nord montrant les domaines structuraux principaux, modifiée de Bracène et Frizon de Lamotte (2002). Les numéros de figure se réfèrent aux sections transversales dans l'article de Bracène et Frizon de Lamotte (2002). .....	3 - 7
Figure 3-7	Modèle conceptuel montrant sur une section NO-SE trois étapes d'inversion de la marge tellienne et de la chaîne d'Atlas (Bracène et Frizon de Lamotte, 2002).....	3 - 8
Figure 3-8	Distribution des sismicités historique et instrumentale dans la région d'Alger .....	3 -10
Figure 3-9	Récents séismes significatifs dans la région d'Alger.....	3 -11
Figure 3-10	Carte topographique (Encarta).....	3 -13
Figure 3-11	Topographie de la zone d'étude.....	3 -14
Figure 3-12	Distribution des fleuves dans la zone d'étude .....	3 -14
Figure 3-13	Température mensuelle moyenne à Alger (1913 – 1937).....	3 -15
Figure 3-14	Précipitations à Alger (Code de station : 020607) fournies par l'ANRH .....	3 -16
Figure 3-15	Carte de niveau d'eau souterraine.....	3 -17
Figure 3-16	Variation saisonnières (Débit des cours d'eau, précipitations, profondeurs d'eau souterraine) .....	3 -18
Figure 3-17	Carte schématique (a) Carte structurale schématique de la chaîne Maghrébide montrant la disposition des zones internes et externes, (b) Section simplifiée orientée à l'est (Durand-Delga et Fonboté, 1980) .....	3 -19
Figure 3-18	Stratigraphie pliocène de la région d'Alger.....	3 -21

Figure 3-19	Carte géologique de la zone d'étude.....	3 -23
Figure 3-20	Localisations des forages.....	3 -24
Figure 3-21	Distribution des fréquences de la densité de p1-f, p2l-f, p2c-f, et a2 .....	3 -35
Figure 3-22	Distribution de la densité (ap, a3, q, qt, p2l, p1, mi, mi-f).....	3 -36
Figure 3-23	Distribution de D50, Fc et Ip .....	3 -37
Figure 3-24	Distribution de c et $\phi$ .....	3 -38
Figure 3-25	Exemple de signaux de l'onde S.....	3 -40
Figure 3-26	Distribution du rapport de Poisson .....	3 -40
Figure 3-27	Distribution des fréquences de la vitesse de l'onde S.....	3 -41
Figure 3-28	Corrélation entre la nde S et la valeur N.....	3 -42
Figure 3-29	Distribution des valeurs N .....	3 -43
Figure 4-1	Schéma du principe de l'enquête d'inventaire des bâtiments.....	4 - 2
Figure 4-2	Fiche d'enquête de construction .....	4 - 3
Figure 4-3	Types de structures des bâtiments de chaque commune.....	4 - 5
Figure 4-4	Années de construction des bâtiments de chaque commune .....	4 - 6
Figure 4-5	Nombre de niveaux des bâtiments de chaque commune .....	4 - 6
Figure 4-6	Vue perspective des maisons traditionnelles de la CASBAH.....	4 - 8
Figure 4-7	Classification des dommages par type (maçonnerie et béton armé)	
Figure 4-8	Carte des dommages des bâtiments de la Wilaya de Boumerdes contenant trois communes de l'est d'Alger occasionnés par le séisme de Boumerdes 2003 basée sur les nombres des bâtiments.....	4 -20
Figure 4-9	Carte des dommages des bâtiments de la Wilaya d'Alger et de la Wilaya de Boumerdes occasionnés par le séisme de Boumerdes 2003 .....	4 -22
Figure 4-10	Réseau des routes par catégorie .....	4 -25
Figure 4-11	Réseau routier classifié par largeur de voie .....	4 -27
Figure 4-12	Localisations des ponts .....	4 -30
Figure 4-13	Caractéristiques des structures de ponts .....	4 -31
Figure 4-14	Localisations des ponts et caractéristiques géologiques.....	4 -32
Figure 4-15	Développement historique du port.....	4 -32
Figure 4-16	Nombre d'opérations des bateaux dans le port d'Alger.....	4 -33
Figure 4-17	Distribution du réseau AEP et localisations des réservoirs sur piliers.....	4 -36
Figure 4-18	Distribution du réseau d'assainissement et localisation des stations de pompage .....	4 -38
Figure 4-19	Distribution des câbles d'alimentation en électricité.....	4 -40
Figure 4-20	Distribution des canalisations de gaz.....	4 -42
Figure 4-21	Exemple de rapport entre les limites des communes les mailles attribuées.....	4 -46
Figure 5-1	Localisations et traces des surfaces inférées des failles.....	5 - 1
Figure 5-2	Données bathymétriques de la croisière Maradja (partie de l'est) montrant la faille en mer du Zemmouri qui a eu lieu le 21 mai 2003 (modifiées de Deverchères et al., 2005). .....	5 - 3
Figure 5-3	Données de réflexion sismique de la croisière Maradja montrant les dépôts quaternaires bascules par le déplacement le long de la faille en mer qui a eu lieu le 21 mai 2003 à Boumerdes (modifiées de Deverchères et al., 2005). .....	5 - 4

Figure 5-4	Données bathymétriques de la croisière MARADJA (partie de l'ouest montrant la faille en mer de Khair al Din au nord de la berge de Khair al Din bank (modifiées de Domzig et al., soumis) .....	5 - 4
Figure 5-5	Profils topographiques à travers l'Oued Beni Messous montrant le manque d'asymétrie topographique. Le développement de faille active le long de l'Oued générerait une asymétrie de ses berges dans le modèle de contrainte du jour présent. ....	5 - 6
Figure 5-6	Vue d'une petite éventuelle faille inverse d'orientation E-O avec un pendage vers le nord observée près des Bains Romains. Cette structure négligeable serait similaire à la faille décrite dans la même zone by Saadallah (1981, 1984). ....	5 - 7
Figure 5-7	Schéma bloc montrant la géométrie tridimensionnelle du modèle du sismotectonique proposé.....	5 -11
Figure 5-8	Magnitude contre la période de retour moyenne; lignes éclatées montrant incertitudes ( $1\sigma$ ) .....	5 -19
Figure 5-9	Schéma de principe pour la modélisation des sols .....	5 -21
Figure 5-10	Distribution des deux types de substratum .....	5 -23
Figure 5-11	Profondeurs des couches après interpolation.....	5 -24
Figure 5-12	Sols de surface .....	5 -25
Figure 5-13	Section transversale typique de la zone d'étude (est-ouest (Forage_ No.6-Forage No.11)).....	5 -26
Figure 5-14	Section transversale typique de la zone d'étude (nord-sud (Forage_No. 8-Forage No. 31)).....	5 -27
Figure 5-15	Modèle de sols converti du modèle typique .....	5 -28
Figure 5-16	Localisations des stations accélérométriques qui ont enregistré le séisme de Boumerdes; triangle: observatoire, étoile: épiceutre, rectangle: source de faille de Delouis et al. (2004) .....	5 -30
Figure 5-17	Comparaison des PGA observées avec la loi d'atténuation.....	5 -31
Figure 5-18	Modèles de faille des séismes de scénario.....	5 -32
Figure 5-19	Distribution de l'accélération sur le substratum .....	5 -33
Figure 5-20	Propriétés non linéaires des sols .....	5 -35
Figure 5-21	Ondes d'entrée utilisées pour l'analyse de la réponse .....	5 -36
Figure 5-22	Distribution de l'accélération de pic au sol à la surface de sol.....	5 -37
Figure 5-23	Rapport empirique entre la PGA et l'intensité sismique sur l'échelle MSK .....	5 -38
Figure 5-24	Distribution de l'intensité sismique sur l'échelle MSK.....	5 -39
Figure 5-25	Corrélation entre la valeur N et pression de surcharge effective .....	5 -43
Figure 5-26	Exemple de section transversale du niveau d'eau près d'OUED EL HARRACH .....	5 -44
Figure 5-27	Distribution du potentiel de liquéfaction .....	5 -45
Figure 5-28	Modèle de masse potentielle de glissement.....	5 -50
Figure 5-29	Section de pente typique.....	5 -50
Figure 5-30	Variation de N1 (min) (Ansal et Siyahi, 1994).....	5 -51
Figure 5-31	Rapport entre l'angle de pente et l'accélération critique .....	5 -52
Figure 5-32	Distribution des angles de pente calculés du MNT de l'INCT .....	5 -53

Figure 5-33	Distribution des angles de pente calculés à l'aide des cartes topographiques à 1/10 000 .....	5 -53
Figure 5-34	Exemple de distribution de la fréquence des angles de pente dans les mailles .....	5 -54
Figure 5-35	Pente actuelle et données du MNT .....	5 -54
Figure 5-36	Formule de correction des angles de pente .....	5 -55
Figure 5-37	Schéma du principe de l'analyse de la stabilité de terrains en pente .....	5 -57
Figure 5-38	Distribution du potentiel de rupture de pente .....	5 -58
Figure 5-39	Localisations des terrains en pente inspectés .....	5 -60
Figure 6-1	Résultat de l'enquête des dommages .....	6 - 4
Figure 6-2	Schéma du principe de la détermination de la fonction de vulnérabilité .....	6 - 5
Figure 6-3	Rapport des dommages enquêtés des quatre types de structure et Intensité sismique estimée des trois communes de la zone d'étude dus au séisme de Boumerdes 2003 .....	6 - 6
Figure 6-4	Indice parasismique structurel, $I_s$ , et résistance du béton .....	6 - 8
Figure 6-5	Distribution de l'indice parasismique structurel, $I_s$ , et dommages sismiques .....	6 - 9
Figure 6-6	Distribution de l'indice parasismique structurel, $I_s$ , des ouvrages à portiques en béton armé de Avant le RPA81 .....	6 - 9
Figure 6-7	Rapport de dommage grave montré par la surface de distribution de $I_s$ .....	6 -10
Figure 6-8	Mouvement de sol et intensité sismique normalisés (Normalisés pour l'intensité sismique de 8) .....	6 -11
Figure 6-9	Indice parasismique structurel, intensité sismique et rapport de dommage grave .....	6 -11
Figure 6-10	Distribution supposée de l'indice parasismique structurel, $I_s$ , de chaque type de structure .....	6 -13
Figure 6-11	Fonction de vulnérabilité des bâtiments. ....	6 -14
Figure 6-12	Rapports de dommage enquêtés lors du séisme de Boumerdes 2003 et fonctions de vulnérabilité des quatre types de structure. ....	6 -15
Figure 6-13	Rapports moyens de dommage enquêtés, rangée estimée d'intensité sismique lors de séisme de Boumerdes et fonction de vulnérabilité. ....	6 -15
Figure 6-A1	Distribution de l'indice parasismique structurel, $I_s$ , et déviation. ....	6 -17
Figure 6-A2	Fonction de vulnérabilité des différentes déviations avec la même valeur de l' $I_s$ de la valeur de pic dans la distribution. ....	6 -17
Figure 6-14	Schéma du principe de la distribution d'inventaire des bâtiments. ....	6 -18
Figure 6-15	Exemple de polygone de bâtiment et limites des mailles de 250 m. ....	6 -18
Figure 6-16	Distribution des bâtiments par classe .....	6 -19
Figure 6-17	Nombre des bâtiments gravement endommagés .....	6 -22
Figure 6-18	Rapport des bâtiments gravement endommagés .....	6 -23
Figure 6-19	Fonction de vulnérabilité pour l'estimation du nombre de tués .....	6 -27
Figure 6-20	Fonction de vulnérabilité pour l'estimation du nombre de blessés .....	6 -27
Figure 6-21	Nombre de victimes mortelles .....	6 -29
Figure 6-22	Schéma du principe de l'analyse de la stabilité de ponts .....	6 -31
Figure 6-23	Vue du pont de SEBAO .....	6 -35
Figure 6-24	Mouvement du sol latéral au niveau d'une colonne du pont de SEBAO .....	6 -36
Figure 6-25	Déplacement d'une poutres et mouvement latéral d'une colonne du pont de SEBAO .....	6 -37

Figure 6-26	Vue du pont d'EL HARRACH .....	6 -37
Figure 6-27	Déplacement d'une poutre du pont d'EL HARRACH .....	6 -39
Figure 6-28	Carte des localisations de probabilités des ponts en relation avec la chute de poutres: Khair al Din.....	6 -41
Figure 6-29	Carte des localisations de probabilités des ponts en relation avec la chute de poutres: Zemmouri.....	6 -41
Figure 6-30	Probabilités élevée et modérée de chute de poutres : Khair al Din .....	6 -45
Figure 6-31	Probabilités élevé et modérée de chute de poutres : Zemmouri .....	6 -47
Figure 6-32	Vérification de la fonction de vulnérabilité du port.....	6 -48
Figure 6-33	Résultat de l'estimation des dommages du port .....	6 -49
Figure 6-34	Relation entre le degré de dommage de l'aéroport et la PGA .....	6 -51
Figure 6-35	Résultat de l'estimation des dommages sur l'aéroport .....	6 -52
Figure 6-36	Relation entre PGA et Rapport de dommage standard du réseau enseveli sur la base du séisme d'An Fernando (1971).....	6 -53
Figure 6-37	Courbes de la fonction de vulnérabilité du réseau AEP par matériau.....	6 -55
Figure 6-38	Points de dommage du réseau AEP: Khair al Din .....	6 -56
Figure 6-39	Points de dommage du réseau AEP: Zemmouri .....	6 -56
Figure 6-40	Carte géo-aléas par PGA et potentiel de liquéfaction .....	6 -64
Figure 6-41	Carte géo-aléas PGA et aléa de rupture de terrains en pente .....	6 -65
Figure 6-42	Estimation quantitative des dommages des réservoirs sur piliers AEP: Khair al Din .....	6 -66
Figure 6-43	Estimation quantitative des dommages des réservoirs su piliers AEP: Zemmouri .....	6 -67
Figure 6-44	Estimation qualitative des dommages sur le réseau d'assainissement: Khair al Din .....	6 -69
Figure 6-45	Estimation qualitative des dommages sur le réseau d'assainissement: Zemmouri .....	6 -70
Figure 6-46	Courbes de fonction de vulnérabilité du câble à moyen tension .....	6 -72
Figure 6-47	Longueur endommagée du câble à moyenne tension: Khair al Din .....	6 -73
Figure 6-48	Longueur endommagée du câble à moyenne tension: Zemmouri .....	6 -73
Figure 6-49	Estimation de dommage qualitative des câbles à haute tension y compris les pylônes: Khair al Din .....	6 -76
Figure 6-50	Estimation des dommages qualitative des câbles à haute tension y compris les pylônes: Zemmouri .....	6 -77
Figure 6-51	Courbes de la fonction de vulnérabilité des canalisations de gaz pour chaque matériau.....	6 -79
Figure 6-52	Points de dommage des canalisations de gaz: Khair al Din.....	6 -82
Figure 6-53	Points de dommage des canalisations de gaz: Zemmouri.....	6 -82
Figure 6-54	Estimation qualitative des dommages de la canalisation de gaz à haute pression et des sous-stations : Khair al Din.....	6 -84
Figure 6-55	Estimation qualitative des dommages de la canalisation de gaz à haute pression et des sous-stations : Zemmouri .....	6 -84
Figure 6-56	Distribution du rapport de dommage de l'estimation des dommages sur les câbles à fibres optiques : Khair al Din.....	6 -85

Figure 6-57	Distribution du rapport de dommage de l'estimation des dommages sur les câbles à fibres optiques : Zemmouri.....	6 -85
Figure 7-1	Evolution démographique de la Wilaya d'Alger au cours des 50 dernières années.....	7 - 1
Figure 7-2	Population des communes d'Alger lors des recensements de 1987 et 1998.....	7 - 3
Figure 7-3	Evolution de la densité de population de 1987 à 2003 .....	7 - 4
Figure 7-4	Pyramide des âges par sexe .....	7 - 5
Figure 7-5	Nombre de travailleurs par ménage.....	7 - 6
Figure 7-6	Revenu total par ménage .....	7 - 6
Figure 7-7	Nombre de ménages comptant des handicapés.....	7 - 7
Figure 7-8	Nombre de familles par ménage .....	7 - 7
Figure 7-9	Nombre de personnes composant un ménage.....	7 - 8
Figure 7-10	Surface au sol et pourcentage bâti pour les lots des ménages.....	7 - 8
Figure 7-11	Alimentation en eau en jours par semaine .....	7 - 9
Figure 7-12	Capacité des réservoirs d'eau (m <sup>3</sup> ) .....	7 - 9
Figure 7-13	Evaluation de la tenue de Evaluation de la tenue de leur maison par les ménages (habitat collectif).....	7 -10
Figure 7-14	Evaluation de la tenue de leur maison par les ménages (habitat individuel) .....	7 -10
Figure 7-15	Opinion des ménages sur la résistance physique des écoles.....	7 -11
Figure 7-16	Répartition des circonscriptions et des communes de la Wilaya d'Alger.....	7 -19
Figure 7-17	L'action des media durant les principales étapes d'une catastrophe naturelle .....	7 -33
Figure 9-1	Poids unitaire de la toiture typique et du système de plancher .....	9 - 5
Figure 9-2	Poids unitaire typique de chaque élément (1/2).....	9 -11
Figure 9-3	Poids unitaire typique de chaque élément (2/2).....	9 -12
Figure 9-4	Résultat d'évaluation sismique .....	9 -19
Figure 9-5	Plans de calcul .....	9 -19
Figure 9-6	Ossature structurelle .....	9 -19
Figure 9-7	Plan d'ossatures et d'élévation .....	9 -22
Figure 9-8	Plans de coffrage.....	9 -25
Figure 9-A1	Indice parasismique de la structure, Is, et la résistance du béton .....	9 -27
Figure 9-A2	Plan d'ossatures typiques.....	9 -27
Figure 9-A3	Ossature structurelle .....	9 -27
Figure 9-A4	Maison d'habitation endommagée par le séisme de Boumerdes 2003 .....	9 -28
Figure 9-A5	École endommagée par le séisme de Mascara en 1994 .....	9 -28
Figure 9-9	Communes situées dans la zone d'étude.....	9 -30
Figure 9-10	Exemples de photos aériennes des zones à masse construite .....	9 -31
Figure 9-11	Densité relative des zones à masse construite dans la zone d'étude.....	9 -32
Figure 9-12	Densité de population relative des zones à masse construite.....	9 -32
Figure 9-13	Pourcentage des bâtiments construits avant 1981 de chaque commune.....	9 -34
Figure 9-14	Zones économiquement actives dans la zone d'étude .....	9 -35
Figure 9-15	Rapport relatif des étendes des zones économiquement actives de chaque commune .....	9 -36
Figure 9-16	Distribution des facteurs d'amplification du sol de la zone d'étude.....	9 -37
Figure 9-17	Distribution des gradients de pente dans la zone d'étude.....	9 -39

Figure 9-18	Éventuel réseau des routes destinées aux activités d'évacuation et de secours.....	9 -41
Figure 9-19	Potentiel d'isolement relatif dû à la discontinuité du réseau des routes dans la zone d'étude.....	9 -41
Figure 9-20	Exemple de division d'une route par le maillage de microzonage .....	9 -42
Figure 9-21	Vue générale d'une route de Grade "Ba".....	9 -43
Figure 9-22	Vue générale d'une route de Grade « Bb ».....	9 -43
Figure 9-23	Vue conceptuelle des routes "sûre" et "peu sûre".....	9 -44
Figure 9-24	Vue conceptuelle du risque d'isolement sur l'axe de cellules .....	9 -44
Figure 9-25	Disponibilité des points d'évacuation dans la zone d'étude .....	9 -45
Figure 9-26	Vue conceptuelle d'un tampon de 500 m de large autour d'un site et sa classification.....	9 -45
Figure 9-27	Distribution des valeurs d'accessibilité dans la zone d'étude.....	9 -47
Figure 9-28	Graphique de vulnérabilité sismique d'une commune .....	9 -49
Figure 9-29	Distribution de la vulnérabilité urbaine relative de la zone d'étude .....	9 -50
Figure 9-30	Distribution de la vulnérabilité à l'exposition .....	9 -52
Figure 9-31	Distribution du risque sismique .....	9 -54
Figure 9-32	Distribution de la difficulté d'évacuation/secours .....	9 -55
Figure 9-33	Comparaison des modèles Khair al Din et Zemmouri en ce qui concerne la distribution estimée des rapports des bâtiments gravement endommagés/effondrés .....	9 -56
Figure 9-34	Comparaison des modèles Khair al Din et Zemmouri en ce qui concerne la distribution du rapport estimé des victimes mortelles .....	9 -57
Figure 9-35	Comparaison des modèles Khair al Din et Zemmouri en ce qui concerne la distribution du nombre estimé des victimes blessées .....	9 -58
Figure 9-36	Comparaison des modèles Khair al Din et Zemmouri en ce qui concerne la distribution du nombre estimé des victimes sans abri .....	9 -59
Figure 9-37	Distribution des groupes de communes selon les caractéristiques vulnérables urbaines .....	9 -62
Figure 9-38	Endroits d'éventuelles coupes de route sur les « autoroutes » (grandes routes) et la route nationale 5 entre ALGER CENTRE et MOUHAMMADIA .....	9 -71
Figure 9-39	Emplacement de la R.N.24 entre BORDJ EL KIFFAN et BRODJ EL BAHRI.....	9 -72
Figure 9-40	Conditions actuelles des zones sélectionnées à SIDI M'HAMED et dans ses communes adjacentes .....	9 -75
Figure 9-41	Conditions actuelles de la zone sélectionnée à EL HARRCH et dans ses communes adjacentes .....	9 -79
Figure 10-1	Rapports de l'homme à son environnement et dynamiques de changement .....	10-27
Figure 10-2	Concept du renforcement parasismique des bâtiments exist .....	10-45
Figure 10-3	Classification des méthodes de mise à jour parasismique .....	10-46
Figure 10-4	Élévation montrant la pose des isolateurs parasismiques .....	10-49
Figure 10-5	Plan d'isolement porteur en élastique plombé (Au-dessous du 1er niveau).....	10-49
Figure 10-6	Plan d'isolement porteur en élastique plombé (Au-dessous du sous-sol).....	10-50
Figure 10-7	Renforcement de la toiture avec treillis d'acier supplémentaires aux arcs d'acier existants .....	10-51

Figure 10-8	Plan et élévation de la toiture en treillis d'acier.....	10-51
Figure 10-9	Méthode d'injection de mortier liquide dans les murs porteurs existants .....	10-53
Figure 10-10	Procédure de la méthode d'injection de mortier liquide.....	10-54
Figure 10-11	Détails typiques des nouvelles poutres de raccordement en BA et des nouveaux murs de cisaillement en BA .....	10-59
Figure 10-12	Plan de renforcement du 1er niveau .....	10-60
Figure 10-13	Plan de renforcement de l'entresol .....	10-62
Figure 10-14	Plan de renforcement du 2e niveau.....	10-64
Figure 10-15	Plan de renforcement du 3e niveau.....	10-66
Figure 10-16	Plan de renforcement du 4e niveau.....	10-68
Figure 10-17	Élévation de pose des isolateurs parasismiques.....	10-70
Figure 10-18	Implantation des isolateurs parasismiques.....	10-71
Figure 10-19	Indice parasismique de la structure, $I_s$ , et $C_{TSD}$ après renforcement .....	10-80
Figure 10-20	Indice de ductilité et indice d'effort en direction X du 1er niveau .....	10-80
Figure 10-21	Disposition des murs en BA de renforcement du 1er au 4e niveau .....	10-81
Figure 10-22	Murs en béton armé de renforcement .....	10-81
Figure 10-23	Détails typiques du mur en béton armé de renforcement .....	10-82
Figure 10-24	Indice parasismique de la structure et l'indice d'effort en direction X du 1er niveau .....	10-85
Figure 10-25	Indice de ductilité et indice d'effort en direction X du 1er niveau .....	10-85
Figure 10-26	Élévation du cadre aux murs en aile de renforcement (Case 2).....	10-86
Figure 10-27	Détails typiques des murs en aile en béton armé .....	10-86
Figure 10-28	Indice parasismique de la structure, $I_s$ , et $C_{TSD}$ après le renforcement utilisant le chemisage des poteaux.....	10-88
Figure 10-29	Relation de l'indice d'effort avec l'indice de ductilité en direction x du 1er niveau .....	10-89
Figure 10-30	Détail standard du chemisage des poteaux .....	10-89
Figure 10-31	Plan de renforcement au 1er niveau utilisant 3 différentes méthodes.....	10-90
Figure 10-A1	Comparaison entre EMS (MSK) et JMA.....	10-92
Figure 10-A2	Indice parasismique de la structure, $I_s$ , et dommage sismique au Japon.....	10-92
Figure 10-A3	Indice parasismique de la structure, $I_s$ , et dommage sismique .....	10-93
Figure 10-A4	Indice parasismique de la structure, $I_s$ (2e niveau), et rapport des dommages des bâtiments causés par le séisme de Kobe 1995.....	10-93
Figure 10-A5	Indice parasismique de la structure (2e niveau), $I_s$ , et $C_{TSD}$ et bâtiments endommagés par le séisme de Kobe 1995 .....	10-93
Figure 10-32	Caractéristiques des dommages sur la route causés par un séisme.....	10-95
Figure 10-33	Relation entre le dommage sur la route et l'accélération au sol .....	10-96
Figure 10-34	Méthodes d'amélioration de la résistance parasismique de la structure de pont.....	10-98
Figure 10-35	Exemple typique du «Système de prévention du délogement d'assise ».....	10-99
Figure 10-36	Effets de mesures en accord avec les différents degrés de l'intensité sismique .....	10-100
Figure 10-37	Exemple de contrôle par amortisseur du déplacement .....	10-101
Figure 10-38	Un dispositif d'isolement (Palier en élastique plombé).....	10-101
Figure 10-39	Comportement du dispositif d'isolement sismique .....	10-102
Figure 10-40	Méthode de chemisage en BA .....	10-102



Figure 10-41	Méthode de chemisage d'acier .....	10-103
Figure 10-42	Méthode de chemisage à fibres.....	10-103
Figure 10-43	Résumé des mesures de réduction ou prévention de la liquéfaction .....	10-104
Figure 11-1	Diagramme conceptuel pour la base de données de la gestion des catastrophes urbaines .....	11- 3
Figure 11-2	Schéma de principe du système d'appui à la saisie de données .....	11- 5
Figure 11-3	Fonctions de base et schéma de principe du système d'appui à la saisie de données .....	11- 6
Figure 11-4	Image du système d'appui à la saisie de données et du système navigateur des cartes.....	11- 7
Figure 11-5	Schéma du principe conceptuel de l'exploitation et de la maintenance .....	11- 8
Figure 12-1	Exemples de surestimation et sous estimation du rapport de glissement à long terme (ligne droite) extrapolées d'un nombre limité d'événements sismiques (ligne échelonnée).....	12- 3
Figure 12-2	Estimations préliminaires du rapport de glissement à partir de l'élévation des terrasses marines corrigée pour les variations du niveau de la mer. Deux hypothèses ont été considérées en matière d'âges des terrasses. ....	12- 4
Figure 12-3	Schéma du principe des informations pour la création de base de données SIG.....	12-20

## Liste des tableaux

	<u>Page</u>
Tableau 1-1	Activités principales de l'Étude..... 1 - 9
Tableau 2-1	Résumé des charges de calcul de bâtiments à Alger selon les règles parasismiques ..... 2 -15
Tableau 2-2	Exemple de résumé des attributs du réseau d'assainissement ..... 2 -21
Tableau 2-3	Population estimée de la Wilaya d'Alger à partir du 31 décembre 2002..... 2 -25
Tableau 2-4	Activités de travail des habitants de la Wilaya d'Alger..... 2 -28
Tableau 2-5	Population et nombre de ménage par commune de la zone d'étude..... 2 -29
Tableau 2-6	Classes de couverture des sols généralisée..... 2 -30
Tableau 2-7	Comparaison de la couverture des sols entre 1987 et 2000/2001 ..... 2 -30
Tableau 2-8	Rapport (%) selon les périodes de construction par commune..... 2 -39
Tableau 2-9	Densité de la route (km/km <sup>2</sup> ) par commune ..... 2 -41
Tableau 2-10	Ressources de gestion des catastrophes dans la zone d'étude ..... 2 -47
Tableau 2-11	Résumé des ressources de gestion des catastrophes par secteur dans la zone de microzonage ..... 2 -48
Tableau 3-1	Azimut et vitesse de l'Afrique par rapport à l'Eurasie, calculés à la localisation d'Alger (36.75° lat.N, 3.05° long. E) des différents modèles cinématiques de plaques ..... 3 - 5
Tableau 3-2	Évolution et chronologie des régimes de tension de la chaîne tellienne pendant les périodes du Néogène post-nappes et du Quaternaire (Meghraoui, 1982)..... 3 - 9
Tableau 3-3	Grands séismes historiques et instrumentaux enregistrés dans l'Algérie du nord ..... 3 -11
Tableau 3-4	Précipitations à Alger (Code de station : 020607) fournies par l'ANRH ..... 3 -15
Tableau 3-5	Niveaux d'eau souterraine observés ..... 3 -17
Tableau 3-6	Chronologie géologique de la Méditerranée; Néocène et Quaternaire (Maouche, 2000) : Les nombres figurant dans ce tableau sont les âges géologiques en Ma..... 3 -22
Tableau 3-7	Données de forages..... 3 -25
Tableau 3-8	Classification des unités géologiques de l'ingénieur..... 3 -27
Tableau 3-9	Résumé des essais de laboratoire effectués dans l'Étude ..... 3 -28
Tableau 3-10	Résumé des données des essais de laboratoire existantes..... 3 -33
Tableau 3-11	Densité estimée..... 3 -36
Tableau 3-12	D50 Fc et Ip estimés ..... 3 -38
Tableau 3-13	c et φ estimés ..... 3 -39
Tableau 3-14	Enregistrement des ondes PS (PS Logging) ..... 3 -39
Tableau 3-15	Vitesses de l'onde S des couches géologiques (1)..... 3 -42
Tableau 3-16	Vitesses de l'onde S des couches géologiques (2)..... 3 -43
Tableau 3-17	Propriétés de la géologie de l'ingénieur ..... 3 -44

Tableau 4-1	Résultat de l'enquête d'inventaire des bâtiments .....	4 - 7
Tableau 4-2	Comparaison des résultats d'enquête d'inventaires : Bâtiments et Équipements .....	4 - 9
Tableau 4-3	Nombre d'équipements importants et dangereux enquêtés dans chaque commune .....	4 -10
Tableau 4-4	Résultat de l'enquête d'inventaire des équipements importants et dangereux .....	4 -11
Tableau 4-5	Rapport des catastrophes du séisme d'El Asnam du 10 octobre 1980 du CTC .....	4 -13
Tableau 4-6	Nombre des bâtiments enquêtés de la Wilaya d'Alger lors du séisme de Boumerdes .....	4 -16
Tableau 4-7	Nombre des bâtiments enquêtés de la Wilaya de Boumerdes (située hors de la zone d'étude) lors du séisme de Boumerdes .....	4 -17
Tableau 4-8	Résumé des dommages des logements des communes de la zone d'étude occasionnés par le séisme de Boumerdes 2003 .....	4 -21
Tableau 4-9	Classification des dommages des logements d'Alger occasionnés par le séisme de Boumerdes 2003 .....	4 -22
Tableau 4-10	Longueurs des routes par catégorie de chaque commune.....	4 -26
Tableau 4-11	Longueurs des routes par largeur de voie de chaque commune .....	4 -28
Tableau 4-12	Nombres et types de ponts par commune .....	4 -29
Tableau 4-13	Équipements dans la zone d'aéroport d'Alger .....	4 -33
Tableau 4-14	Résumé des matériaux du réseau AEP.....	4 -34
Tableau 4-15	Tableau à double entrée Matériaux et Diamètres.....	4 -35
Tableau 4-16	Résumé du dommage au système AEP.....	4 -37
Tableau 4-17	Longueur du réseau d'assainissement par situation.....	4 -37
Tableau 4-18	Tableau à double entrée Tensions et Types de distribution des câbles .....	4 -39
Tableau 4-19	Longueurs des canalisations de gaz par pression d'alimentation .....	4 -41
Tableau 4-20	Nombre des bâtiments et des logements de chaque commune.....	4 -45
Tableau 5-1	Capacité sismique (Magnitude du MCE) des failles actives régionales .....	5 -14
Tableau 5-2	Valeurs b régionales proposes dans les brochures de l'Algérie du nord.....	5 -16
Tableau 5-3	Magnitudes associées avec la période de retour de 475 ans pour les sources sismogènes critiques de la zone d'Alger .....	5 -18
Tableau 5-4	Classification des sols pour la géologie.....	5 -23
Tableau 5-5	Modèle du sol pour l'analyse de la réponse à l'Observatoire de mouvements importants.....	5 -31
Tableau 5-6	Résumé des propriétés géotechniques pour l'analyse de liquéfaction.....	5 -43
Tableau 5-7	Critères d'évaluation du potentiel de liquéfaction.....	5 -45
Tableau 5-8	c et $\phi$ des propriétés géotechniques .....	5 -52
Tableau 5-9	Considération de la correction des angles de pente .....	5 -55
Tableau 5-10	Angles de pente du MNT et angles de pente du MNT corrigés.....	5 -56
Tableau 5-11	Fiche technique d'inspection de terrains en pente.....	5 -60
Tableau 5-12	Exemple de procédures d'inspection des terrains en pente au Japon .....	5 -61
Tableau 5-13	Résumé de l'inspection des terrains en pente .....	5 -62

Tableau 6-1	Catégories de bâtiments pour l'estimation des dommages.....	6 - 1
Tableau 6-2	Rapport de types de structure des bâtiments de chaque commune.....	6 - 2
Tableau 6-3	Intensité sismique estimée causée par le séisme de Boumerdes.....	6 - 7
Tableau 6-4	Rapports de dommage estimé et enquêté des ouvrages en béton armé à portique de Avant le RPA81 et de avec le RPA81 .....	6 -10
Tableau 6-5	Rapports de dommage estimé et enquêté de chaque type de structure.....	6 -13
Tableau 6-6	Données des dommages des bâtiments en dehors de la zone d'étude occasionnés par le séisme de Boumerdes.....	6 -16
Tableau 6-7	Dommages de bâtiments.....	6 -21
Tableau 6-8	Victimes et dommages de bâtiments occasionnés par les séismes du passé en Algérie .....	6 -26
Tableau 6-9	Victimes humaines.....	6 -28
Tableau 6-10	Tableau d'appréciation de l'analyse de la stabilité de ponts.....	6 -32
Tableau 6-11	Définition des degrés de dommage des ponts.....	6 -33
Tableau 6-12	Résumé de la vérification de la méthode de Katayama.....	6 -34
Tableau 6-13	Structures du pont de SEBAO pour la méthode de Katayama .....	6 -35
Tableau 6-14	Conditions géologiques et sismiques du pont de SEBAO pour la méthode de Katayama .....	6 -36
Tableau 6-15	Structures du pont d'EL HARRACH pour la méthode de Katayama.....	6 -38
Tableau 6-16	Conditions géologiques et sismique du pont d'EL HARRACH pour la méthode de Katayama .....	6 -38
Tableau 6-17	Résumé de l'estimation des dommages de ponts .....	6 -39
Tableau 6-18	Résumé de l'appréciation totale des classes "A" et "B".....	6 -40
Tableau 6-19	Dommages sur les ports causés par les séismes du passé.....	6 -47
Tableau 6-20	Enregistrements des dommages des aéroports causés par les séismes .....	6 -50
Tableau 6-21	Relation entre degré de dommage et accélération de pic au sol .....	6 -51
Tableau 6-22	Résumé des points de dommage du réseau AEP par commune.....	6 -57
Tableau 6-23	Résumé des points de dommage du réseau AEP par matériau et diamètre de conduite.....	6 -59
Tableau 6-24	Points d'appréciation de la PGA et nombre de mailles de chacun de ces points ....	6 -61
Tableau 6-25	Définition des niveaux par PGA et résumé du nombre de mailles de chaque niveau /point d'appréciation.....	6 -62
Tableau 6-26	Définition des niveaux de risque par combinaison PGA et Potentiel de liquéfaction / Aléa de rupture de terrains en pente .....	6 -63
Tableau 6-27	Résumé du nombre des mailles classifiées par niveau de risque.....	6 -63
Tableau 6-28	Zones évaluées à risque relativement élevé et risque élevé pour le réseau d'assainissement de Khair al Din .....	6 -68
Tableau 6-29	Zones évaluées à risque relativement élevé et élevé du réseau d'assainissement: Zemmouri .....	6 -68
Tableau 6-30	Résumé de la longueur endommagée du câble à moyenne tension par commune .....	6 -74
Tableau 6-31	Zones évaluées à risque relativement élevé et élevé des câbles à haute tension y compris les pylônes: Khair al Din.....	6 -75

Tableau 6-32	Zones évaluées à risque relativement élevé et élevé du câble à haute tension y compris les pylônes: Zemmouri .....	6 -76
Tableau 6-33	Résumé des conditions de dommages sur les équipements électriques relevant du séisme de Boumerdes .....	6 -77
Tableau 6-34	Résumé des points de dommage des canalisations de gaz par commune .....	6 -80
Tableau 6-35	Résumé des points de dommage des canalisations de gaz par matériau de conduite.....	6 -81
Tableau 6-36	Zones évaluées de la canalisation à haute pression et des sous-stations à risque relativement élevé et élevé: Khair al Din.....	6 -83
Tableau 6-37	Zones évaluées de la canalisation à haute pression et des sous-stations à risque relativement élevé et élevé: Zemmouri .....	6 -83
Tableau 6-38	Résumé des conditions de dommage sur les équipements de télécommunications .....	6 -86
Tableau 6-39 (a)	Résumé de dommages par commune .....	6 -87
Tableau 6-39 (b)	Résumé de dommages par commune .....	6 -88
Tableau 6-39 (c)	Résumé de dommages par commune .....	6 -89
Tableau 6-39 (d)	Résumé de dommages par commune .....	6 -90
Tableau 7-1	Estimation de la population de la Wilaya d'Alger au 31 décembre 2002.....	7 - 2
Tableau 7-2	Répartition de la population d'Alger par tranches d'âge.....	7 - 5
Tableau 7-3	Quelques chiffres relatifs à l'activité des habitants de la Wilaya d'Alger.....	7 - 6
Tableau 7-4	Répartition des personnes handicapées dans la Wilaya d'Alger (Recensement de 1998) .....	7 - 7
Tableau 7-5	Nature des inquiétudes des ménages .....	7 -10
Tableau 7-6	Ordre d'importance des équipements pour les ménages enquêtés .....	7 -11
Tableau 7-7	Principaux médias utilisés par les ménages enquêtés.....	7 -12
Tableau 7-8	Moyens d'amélioration des connaissances souhaités .....	7 -12
Tableau 7-9	Réactions évoquées en cas de tremblement de terre.....	7 -12
Tableau 7-10	Partage possible de nourriture, d'eau ou d'abri avec d'autres.....	7 -13
Tableau 7-11	Evolution des règles de planification urbaine et de prévention .....	7 -16
Tableau 7-12	Circonscriptions et communes de la Wilaya d'Alger .....	7 -18
Tableau 7-13	Responsables des unités territoriales de la Wilaya d'Alger.....	7 -18
Tableau 7-14	Synthèse des résultats des interviews par catégories d'acteurs.....	7 -23
Tableau 8-1	Séismes importants historiques et dangereux en Algérie.....	8 - 2
Tableau 8-2	Trois pouvoirs du gouvernement algérien .....	8 -13
Tableau 8-3	Autorités et Missions des Modules du Plan ORSEC de la Wilaya d'Alger .....	8 -42
Tableau 8-4	Résumé de la gestion des risques lors du séisme de Boumerdes.....	8 -52
Tableau 9-1	Données détaillées collectées pour l'évaluation sismique des bâtiments.....	9 - 1
Tableau 9-2	Charges totales de l'ancien palais et du nouveau palais .....	9 - 6
Tableau 9-3	Surfaces en coupe de l'ancien palais et du nouveau palais.....	9 - 6
Tableau 9-4	Évaluation sismique du PALAIS .....	9 - 8
Tableau 9-5	Charge totale du SENAT .....	9 -13
Tableau 9-6	Surface en coupe de mur du SENAT .....	9 -13
Tableau 9-7	Évaluation sismique du SENAT .....	9 -14

Tableau 9-8	Indice parasismique de la structure, Is, (directions X, Y).....	9 -18
Tableau 9-9	Résumé de l'évaluation sismique .....	9 -21
Tableau 9-10	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD (2e niveau).....	9 -24
Tableau 9-A1	List d'errata de l'évaluation sismique standard (version anglaise).....	9 -29
Tableau 9-11	Densité de population relative .....	9 -33
Tableau 9-12	Pourcentage des bâtiments construits avant 1981 .....	9 -34
Tableau 9-13	Pourcentage de la surface des zones économiquement actives de chaque commune .....	9 -36
Tableau 9-14	Facteur d'amplification du sol moyen des zones à masse construite de chaque commune .....	9 -38
Tableau 9-15	Gradients moyens de pente dans les zones à masse construite de chaque commune .....	9 -39
Tableau 9-16	Valeur d'accessibilité de chaque commune .....	9 -47
Tableau 9-17	Critères de vulnérabilité et leur appréciation.....	9 -48
Tableau 9-18	Nouvelle classification de l'appréciation de chacun des six (6) critères de vulnérabilité .....	9 -51
Tableau 9-19	Catégories de vulnérabilité à l'exposition des communes.....	9 -51
Tableau 9-20	Catégories de risque sismique des communes.....	9 -53
Tableau 9-21	Catégories de difficulté d'évacuation/secours des communes.....	9 -54
Tableau 9-22	Comparaison de la vulnérabilité urbaine actuelle avec le dommage estimé.....	9 -60
Tableau 9-23	Groupes de communes par caractéristiques vulnérables urbaines.....	9 -61
Tableau 9-24	Capacité des points d'évacuation en cas de victimes sans abri .....	9 -66
Tableau 9-25	Bilan des capacités des points d'évacuation en cas de victimes sans abri.....	9 -67
Tableau 9-26	Communes ayant recours aux points d'évacuation dans les communes adjacentes .....	9 -69
Tableau 9-27	Communes ayant recours aux points d'évacuation dans le voisinage .....	9 -69
Tableau 9-28	Surface potentielle disponible pour l'urbanisation future par commune.....	9 -70
Tableau 9-29	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -83
Tableau 9-30	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -84
Tableau 9-31	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -85
Tableau 9-32	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -86
Tableau 9-33	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -87
Tableau 9-34	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -88

Tableau 9-35	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -89
Tableau 9-36	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -90
Tableau 9-37	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -91
Tableau 9-38	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -92
Tableau 9-39	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -93
Tableau 9-40	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -94
Tableau 9-41	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -95
Tableau 9-42	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -96
Tableau 9-43	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -97
Tableau 9-44	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -98
Tableau 9-45	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9 -99
Tableau 9-46	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9-100
Tableau 9-47	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9-101
Tableau 9-48	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9-102
Tableau 9-49	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9-103

Tableau 9-50	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9-104
Tableau 9-51	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9-105
Tableau 9-52	Conséquences de scénario (situation la plus grave, situation améliorée, mesures nécessaires) du au tremblement de terre de scénario type Khair al Din, à 8 heures du soir .....	9-106
Tableau 9-53	Sélection des rubriques à promouvoir pour la réponse d'urgence selon le scénario conséquent.....	9-108
Tableau 10-1	Principaux enjeux ressortant de l'analyse des activités préventives actuelles .....	10- 4
Tableau 10-2	Évaluation des activités préventives actuelles (1) Citoyens .....	10- 5
Tableau 10-3	Évaluation des activités préventives actuelles (2) Politique et planification .....	10- 6
Tableau 10-4	Évaluation des activités préventives actuelles (3) Institutions et organisations (1/3).....	10- 7
Tableau 10-5	Évaluation des activités préventives actuelles (3) Institutions et organisations (2/3).....	10- 8
Tableau 10-6	Évaluation des activités préventives actuelles (3) Institutions et organisations (3/3).....	10- 9
Tableau 10-7	Évaluation des activités préventives actuelles (4) Ressources pour la gestion des catastrophes.....	10- 9
Tableau 10-8	Évaluation des activités préventives actuelles (5) Information et communication.....	10-10
Tableau 10-9	Évaluation des activités préventives actuelles (6) Sensibilisation.....	10-11
Tableau 10-10	Évaluation des activités préventives actuelles (7) Education et formation.....	10-12
Tableau 10-11	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (1) Préparation (1/2).....	10-13
Tableau 10-12	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (1) Préparation (2/2).....	10-14
Tableau 10-13	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (2) Prévention (1/2).....	10-15
Tableau 10-14	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (2) Prévention (2/2).....	10-16
Tableau 10-15	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (3) Réponse d'urgence (1/2).....	10-17
Tableau 10-16	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (3) Réponse d'urgence (2/2).....	10-18
Tableau 10-17	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (4) Réhabilitation et reconstruction (1/2).....	10-19



Tableau 10-18	Identification des principaux enjeux, basée sur le cycle et les acteurs de la gestion des catastrophes (4) Réhabilitation et reconstruction (2/2).....	10-20
Tableau 10-19a	Résumé du cadre légal courant de gestion des catastrophes en Algérie .....	10-36
Tableau 10-19b	Résumé de l'état actuel des champs d'action prévus dans le cadre légal .....	10-37
Tableau 10-20	Composition du Conseil central pour la prévention des catastrophes au Japon.....	10-38
Tableau 10-21	Méthodes de renforcement recommandées pour les bâtiments en maçonnerie .....	10-47
Tableau 10-22	Isolateur à paliers en élastique plombé .....	10-55
Tableau 10-23	Charge de calcul supportée par les isolateurs et nombre d'isolateurs requis .....	10-55
Tableau 10-24	Surface requise en coupe du nouveau mortier injecté .....	10-57
Tableau 10-25	Surface requise en coupe des murs de cisaillement.....	10-75
Tableau 10-26	Isolateurs de paliers en élastique plombé .....	10-75
Tableau 10-27	Charges calculées à supporter par isolateur et isolateur conceptuel .....	10-75
Tableau 10-28	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD après renforcement .....	10-79
Tableau 10-29	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD après renforcement .....	10-83
Tableau 10-30	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD après renforcement .....	10-84
Tableau 10-31	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD après renforcement (Cas 2) .....	10-88
Tableau 10-32	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD après renforcement (Cas 3) .....	10-88
Tableau 10-33	Résumé de l'estimation des dommages sur les ponts.....	10-96
Tableau 10-34	Effets des dommages sismiques sur les équipements AEP.....	10-110
Tableau 10-35	Résumé de l'estimation des dommages sur le système AEP .....	10-110
Tableau 10-36	Effets des dommages sismiques sur le système d'assainissement.....	10-111
Tableau 10-37	Effets des dommages sismiques sur le système d'alimentation en électricité .....	10-112
Tableau 10-38	Effets des dommages sur les équipements d'alimentation en gaz .....	10-113
Tableau 10-39	Effets des dommages sismiques sur les télécommunications .....	10-114
Tableau 11-1	Ressources de gestion des catastrophes .....	11- 1
Tableau 12-1	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour les séismes de scénario .....	12- 1
Tableau 12-2	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour la modélisation du sol et les aléas naturels.....	12- 5
Tableau 12-3	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour la fonction de vulnérabilité de bâtiment .....	12- 9
Tableau 12-4	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour les infrastructures et les réseaux vitaux.....	12-10
Tableau 12-5	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour l'évaluation sismique et le renforcement des bâtiments en maçonnerie.....	12-13
Tableau 12-6	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour l'évaluation sismique et le renforcement des bâtiments en BA.....	12-15
Tableau 12-7	Liste des documents techniques fournis au côté algérien .....	12-17
Tableau 12-8	Liste des documents techniques fournis par le côté algérien.....	12-18
Tableau 12-9	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour le développement des données du SIG .....	12-18
Tableau 12-10	Liste des homologues .....	12-19

## Liste des photos

	<u>Page</u>
Photo 4-1	Vue générale de la CASBAH ..... 4 - 8
Photo 5-1	Glissement superficiel ..... 5 -47
Photo 5-2	Maisons au bord découpé ..... 5 -47
Photo 5-3	Pente au mur de roches ..... 5 -47
Photo 5-4	Pente avec pendage..... 5 -47
Photo 5-5	Faibles Faible couche en 2 m..... 5 -47
Photo 5-6	Faible couche en 2m ..... 5 -47
Photo 5-7	Fenêtre détruite par glissement..... 5 -47
Photo 5-8	Mur détruit par glissement de terrain..... 5 -47
Photo 5-9	Mur détruit par glissement de terrain..... 5 -48
Photo 5-10	Faible pente typique..... 5 -48
Photo 5-11	Maisons sur une faible pente ..... 5 -48
Photo 5-12	Faible pente, terrasse marine ..... 5 -48
Photo 5-13	Sol instable le long du fleuve..... 5 -48
Photo 5-14	Flux d-e débris en 2001 (fournie par Assia) ..... 5 -48
Photo 5-15	Pente le long des grandes routes ..... 5 -48
Photo 5-16	Trace de flux avec des roches non écrasées..... 5 -48
Photo 9-1	Entrée de l'ancien et du nouveau palais..... 9 - 4
Photo 9-2	Nouveau palais: Vue derrière..... 9 - 4
Photo 9-3	Ancien palais: Espace patio dans le hall..... 9 - 4
Photo 9-4	Nouveau palais: Salle principale au 1er étage ..... 9 - 4
Photo 9-5	Ancien palais: Couloir d'entrée au 1er étage..... 9 - 4
Photo 9-6	Nouveau palais: Toiture d'amiante de la salle principale ..... 9 - 4
Photo 9-7	Vue de face et route en face ..... 9 -10
Photo 9-8	Façade derrière (ouest) ..... 9 -10
Photo 9-9	Lucarne et toiture de la salle de l'assemblée ..... 9 -10
Photo 9-10	Salon du 1er étage et peinture murale..... 9 -10
Photo 9-11	Espace galerie à la salle de l'assemblée..... 9 -10
Photo 9-12	Cour centrale avec peinture murale ..... 9 -10
Photo 9-13	Vue générale de l'Hôpital Mustapha ..... 9 -17
Photo-10-1	Pont aérien endommagé par un mouvement très fort ..... 10-97
Photo 10-2	Affaissement derrière la paroi du quai..... 10-105
Photo 10-3	Grues portiques effondrée..... 10-106
Photo 10-4	Extrémité nord-ouest de la piste d'atterrissage (bas) principale et la piste de décollage adjacente (bas) à l'aéroport international d'Oakland..... 10-108

## Abréviation

### Organisations

ADE	Algérienne des Eaux
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
APC	Assemblée Populaire Communale
ASAL	Agence Spatiale Algérienne
ATC	Comité de technologie appliqué
ATM	Algérie Télécom
CCO	Centre de Coordination Opérationnelle
CDMG	Division de Californie des Mines et de la Géologie
CENEAC	Centre National de Coordination
CGS	Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique
CNAD	Centre National Opérationnel d'Appui et d'Aide à la Décision
CNERU	Centre National des Étude et de Recherches appliqués en Urbanisme
CNIG	Conseil National de l'Information Géographique
CNSPR	Centre National de Sécurité et de la Prévention Routière
CNTS	Centre National des Techniques Spatiales
COM.EN.A	Commissariat à l'Energie Atomique
COMEDOR	Comité permanent d'études d'aménagement et d'organisation de l'agglomération d'Alger
CRA	Croissant Rouge Algérien
CRAAG	Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique
CTC	Contrôle Technique des Constructions
CTTP	Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics
DGF	Direction Générale des Forêts
DGPC	Direction Générale de la Protection Civile
DHW	Direction de l'Hydraulique de la Wilaya
DL	Direction du Logement
DNRM	Délégation Nationale aux Risques Majeurs
DOCS	Direction de l'Organisation et de la Coordination des Secours
DPAT	Direction de la Planification et de l'Aménagement Territoire
DPC	Direction de la Protection Civile
DRAG	Directeur de la Réglementation et des Affaires Générales
DT	Direction du Transport
DTP	Direction des Travaux Publics
DTPW	Direction des Travaux Publics de la Wilaya
DU Alger	Direction de l'Urbanisme de la Wilaya d'Alger
DUC	Direction de l'Urbanisme et de la Construction
EGSA	Établissement de la Gestion des Services d'Aéroport
EPAL	Entreprise du Port d'Alger

FEMA	Agence fédérale de la gestion d'urgence
INCT	Institut National de Géographie et de Télédétection
INPV	Institut National de la Protection des Végétaux
ISSMGE	International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
JICA	Agence Japonaise de Coopération Internationale
JMA	Agence Japonaise de Météorologie
LCTP	Laboratoire Central des Travaux Publics
LEM	Maritimes Studies Laboratory
LNHC	Laboratoire National de L'Habitat et de la Construction
MATE	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement
MHU	Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme
MICL	Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales
MPT	Ministère de la Poste et des Télécommunications
MPTIC	Ministère de la Poste et des Technologies d'Information de de Communication
MRE	Ministère des Ressources en eau
MT	Ministère du Transport
MTP	Ministère des Travaux Publics
ONG/NGO	Organisation Non Gouvernementales
ONM	Office National de Météorologie
ONS	Office Nationale de la Statistique
ONU	Organisation des Nations Unies (UNO)
ORGM	Office de Recherche Géologique et Minière
PC	Protection Civile
PCF	Poste de Commandement Fixe
PCO	Poste de Commandement Opérationnel
SNTF	Société Nationale de Chemin de Fer
SONATRACH	Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbures
SONELGAZ	Société Nationale de l'Electricité et du Gaz
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture
UNII	Unité Nationale d'Instruction et d'Intervention
UPPC	Unité Principale de la Protection Civile
URBANIS	Agence d'Aménagement et d'Urbanisme de la Wilaya d'Alger
USGS	Étude géologique des États-unis

### **Termes techniques**

CA	Circonscription Administrative
CPT	Essai de pénétration à cône
DEM	Digital Elevation Model
GPS	Système de positionnement global
MMI	Intensité sismique Mercalli

MNT	Modèle Numérique de Terrain (DEM)
MSK	Intensité sismique MSK
ORSEC	Plan d'Organisation de Secours
PDAU	Plan Directeur d'Aménagement Urbain
PGA	Accélération de pic au sol
PGV	Vitesse de pic au sol
POI	Plan d'Organisation d'Intervention
POS	Plan d'occupation des Sols
PPI	Plan Particulier d'Intervention
RC	Béton armé
Sa	Accélération spectrale
SAR (MDN)	Search and Rescue (air/mer)
SPT	Essai de pénétration standard
SRTM	Mission topographique à radar par navette
SIG	Système d'Information Géographique (GIS)
UTM	Universal Transvers Mercator
Vs	Vitesse de l'onde S

**CHAPITRE 1.**  
**INTRODUCTION**

## Chapitre 1. Introduction

### 1-1 Arrière-plan

Un grand séisme de magnitude de 6,8 a frappé l'Algérie le 21 mai 2003 à 19h44 heure locale. L'épicentre se situait au-dessous du fond de la mer à sept kilomètres au nord de la commune de Zemmouri dans la Wilaya de Boumerdes. Les secousses ont détruit plus de 20 000 bâtiments alors que le nombre de victimes mortelles et blessées a atteint 2 278 et 10 000, respectivement. Quelques 180 000 personnes se sont retrouvées sans abri.

La Nord de l'Algérie borde la Méditerranée. Dans cette région, les plaques africaine et eurasienne poussent l'une contre l'autre et engendrent des activités sismiques croissantes. Par conséquent, la région a historiquement souffert de séismes répétés. Par exemple, plus de 20 000 morts ont été enregistrés suite à un séisme important à Alger en 1716. Des séismes plus récents ont provoqué des dommages importants :

- Le 9 septembre 1954, magnitude 6.7, 1,200 morts avec 20 000 maisons détruites.
- Le 10 octobre 1980, magnitude 7.3, 2,640 morts avec plus de 20 000 maisons et bâtiments détruits.

Ces séismes ont résulté des activités des deux plaques susmentionnées. Il est estimé que, dans le futur, de similaires ou de plus grands séismes auront lieu dans cette région.

Plus de soixante-dix pourcent de la population algérienne est concentrée dans la partie nord de ce pays et dans les grandes villes comme Alger, ce qui engendre un environnement urbain surpeuplé. De plus, les anciennes villes développées avant l'indépendance de la République Algérienne Démocratique et Populaire sont caractérisées par les conditions vulnérables urbaines dues à un bâti vétuste, une topographie escarpée locale et des systèmes des rues étroites. Les fonctions politiques, les activités économiques et sociales sont concentrées dans la Wilaya d'Alger. Si un grand séisme aura lieu juste au-dessous de la Wilaya d'Alger, les zones centrales de la ville seraient sérieusement endommagées et la fonction nationale serait gravement affectée pour une longue durée. Par conséquent, il faudrait prendre en considération et réaliser l'ensemble des mesures de prévention des éventuels dommages sismiques.

En de pareilles circonstances et en réponse à la requête du gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire, le gouvernement du Japon a décidé à conduire une « Étude de microzonage sismique dans la Wilaya d'Alger, République Algérienne Démocratique et Populaire » (ci-après désignée l'« Étude »).

L'Agence Japonaise de Coopération Internationale (ci-après désigné la « JICA »), agence officielle responsable de l'exécution des programmes de coopération internationale du gouvernement du Japon, s'occupera de la réalisation de l'Étude conformément aux lois et règlements concernés en vigueur au Japon.

## 1-2 Étendue de l'Étude

### 1-2-1 Objectifs de l'Étude

Les objectifs de l'Étude consistent à :

- Préparer les cartes de microzonage sismique de la Wilaya d'Alger qui seront utilisées pour l'évaluation des victimes humaines et pertes de propriétés éventuelles à cause de séismes ;
- Suggérer un système de gestion des catastrophes sismiques de la Wilaya d'Alger; et
- Poursuivre le transfert de technologie auprès du personnel homologue tout au cours de l'Étude.

### 1-2-2 Concepts de l'Étude

#### (1) Microzonage

Les résultats de l'étude de microzonage incluant l'estimation de la distribution détaillée du mouvement de sol (aléas) et des dommages prévisibles causés par les aléas devraient être utilisés pour l'amélioration de la planification et de la consolidation de la capacité de gestion des catastrophes sismiques. L'étude consiste donc en les six (6) étapes suivantes :

Étape 1: Collecte, analyse et évaluation des données existantes sur les conditions topographiques, géologiques et des sols, la population, les bâtiments, les équipements ayant trait aux catastrophes, etc.

Étape 2: Investigations des conditions de sol et de bâtiment.

Étape 3: Développement de base de données et analyse basée sur le SIG.

Étape 4: Analyse du mouvement sismique pour l'estimation du mouvement du sol de chaque cellule de maille après avoir établi les modèles et les paramètres sismiques à travers l'examen des activités sismiques historiques, données enregistrées des activités sismiques récentes et localisations des failles actives.

Étape 5: Estimation des catastrophes sismiques (mouvement sismique du sol) et des dommages (dommages de bâtiments, victimes, liquéfaction, rupture de terrains en pente, etc.) de chaque cellule de maille.

Étape 6: Compilation des cartes des aléas et des dommages.

#### (2) Propositions pour l'analyse de la vulnérabilité et le renforcement des bâtiments stratégiques

L'équipe d'étude et le personnel homologue, avec le soutien des agences concernées, tiendront une série de discussions et compileront une proposition pour le renforcement parasismique des bâtiments sur la base des cinq (5) étapes suivantes :

Étape 1: Collecte et analyse des données existantes et des réalisations

Les réalisations existantes du Centre national de recherche appliquée en génie parasismique (CGS) seront collectées et étudiées. Les résultats de l'étude de performance parasismique des bâtiments existants seront pleinement utilisés.



Étape 2: Enquête d'inventaire des bâtiments

Les résultats seront appliqués directement à pour l'estimation des dommages de bâtiments.

Les types de bâtiments typiques seront classifiés dans les zones modèles.

Étape 3: Sélection des bâtiments pour l'évaluation sismique

Les types de bâtiments typiques seront sélectionnés pour l'évaluation sismique et les informations ayant trait à leur structure seront collectées et analysées ensemble.

Étape 4: Évaluation sismique, conception de renforcement

Les procédures de renforcement des bâtiments vulnérables seront examinées selon les résultats de l'évaluation sismique. L'équipe d'étude appuiera les initiatives du CGS au cours de ce processus.

Étape 5: Proposition pour le renforcement parasismique de bâtiment

Les procédures d'amélioration de la performance parasismique de bâtiments qui sont applicables à de différents types et grandeurs de bâtiments dans la Wilaya d'Alger seront proposées. Finalement, ces procédures seront compilées en tant que recommandations pour réaliser les conditions sûres et résistantes au risque sismique.

(3) Propositions pour le plan de gestion des catastrophes

Les problèmes clefs pour la réalisation de l'amélioration de la capacité de gestion des catastrophes aboutiront à :

- Construire un cadre de système de gestion des catastrophes. Ceci consistera en un système inter-administratif vertical (gouvernement, autorité de la Wilaya d'Alger, communes, communautés et autres) et un système inter-organisationnel horizontal (départements et agences nationaux concernés, organisations et instituts de recherche et autres).
- Définir leurs fonctions et responsabilités

La Figure 1-1 montre le cadre d'activités de gestion du risque sismique avec le cycle de gestion des catastrophes. Il y a trois (3) composantes, à savoir : 1) réponse et secours d'urgence ; 2) réhabilitation et reconstruction ; et 3) réduction et résilience. Elles seront examinées en détail et équilibrées afin de définir un plan de gestion des catastrophes fonctionnel. Particulièrement, les caractéristiques régionales de la Wilaya d'Alger seront considérées dans le plan.

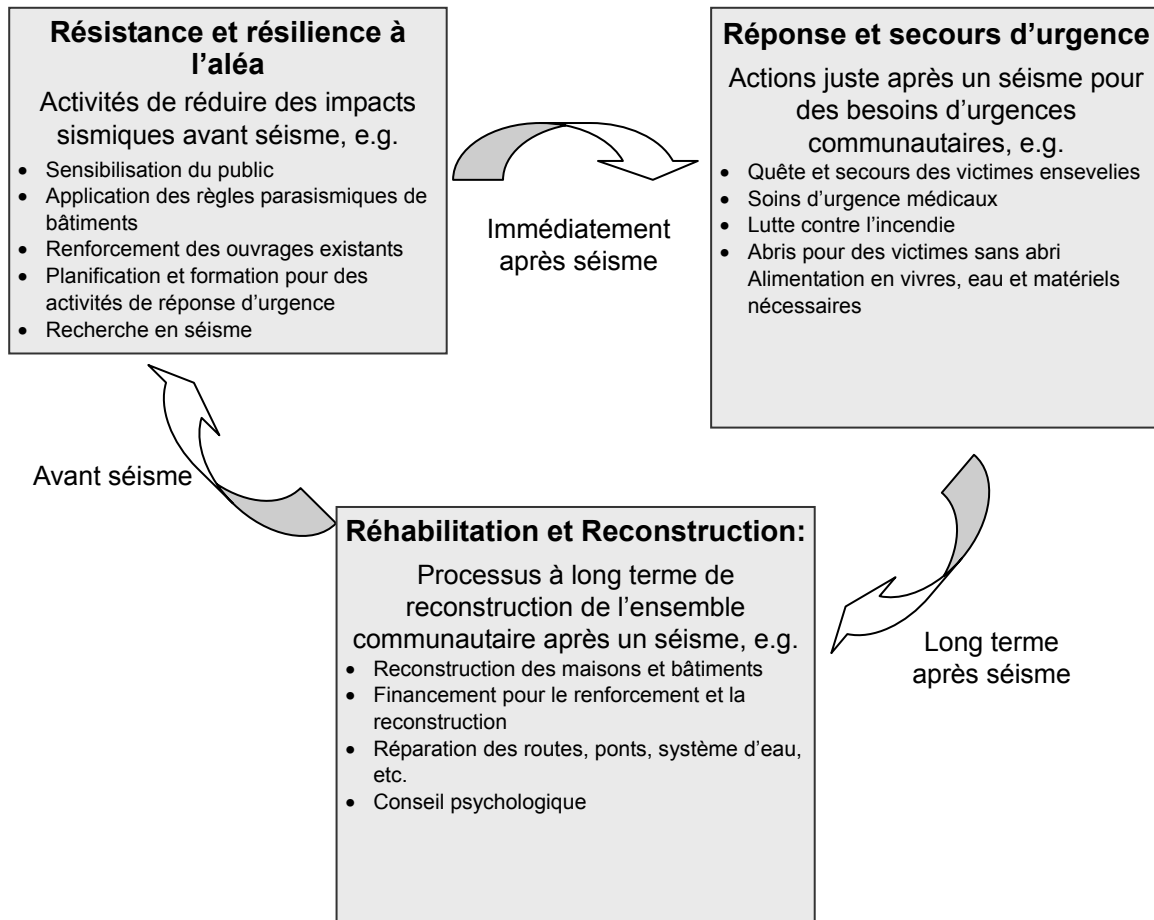


Figure 1-1 Cadre d'activités de gestion du risque sismique

Par conséquent, la présente étude consiste en deux (2) composantes. L'une consiste à étudier la capacité actuelle de la gestion des catastrophes et l'autre vise à préparer une proposition de renforcement de la capacité de gestion des catastrophes. La première inclut l'évaluation des ressources de gestion, stratégies, cadres législatifs et institutionnels, plans existants, matériels et activités précédentes au niveau du gouvernement et des autorités locales et communautaires. Le cycle de gestion des catastrophes et la coopération entre tous ces niveaux doivent être pris en considération en tant qu'éléments clefs inscrits dans cette proposition.

### 1-2-3 Zone de l'Étude

La zone de l'Étude concerne la Wilaya d'Alger et la cartographie de microzonage couvre une superficie totale d'environ 225 km<sup>2</sup> incluant les zones urbanisées environnantes telle que montrée à la Figure 1-2.

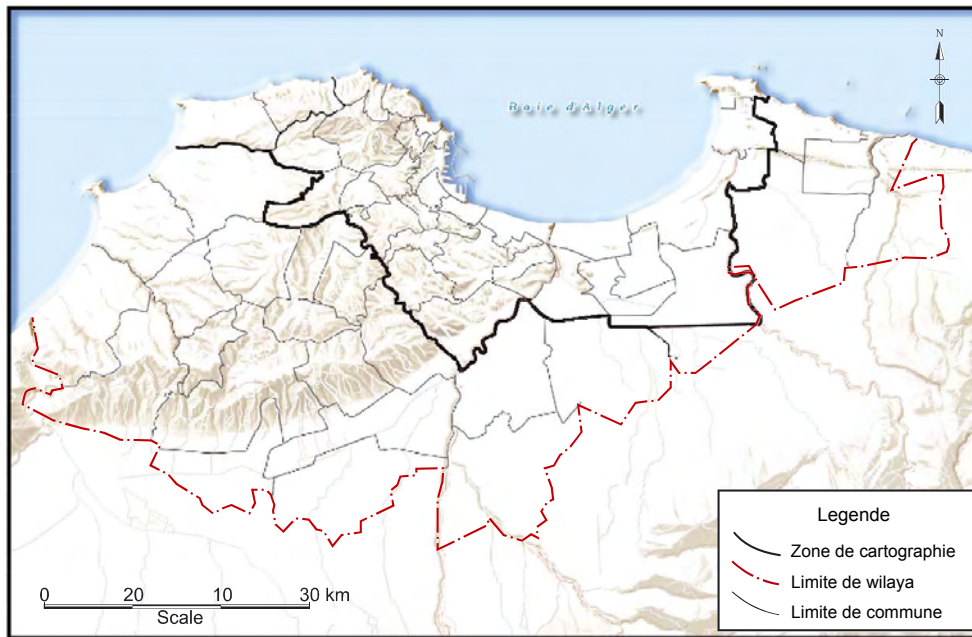


Figure 1-2 Carte de la zone d'étude

### 1-2-4 Calendrier de l'Étude

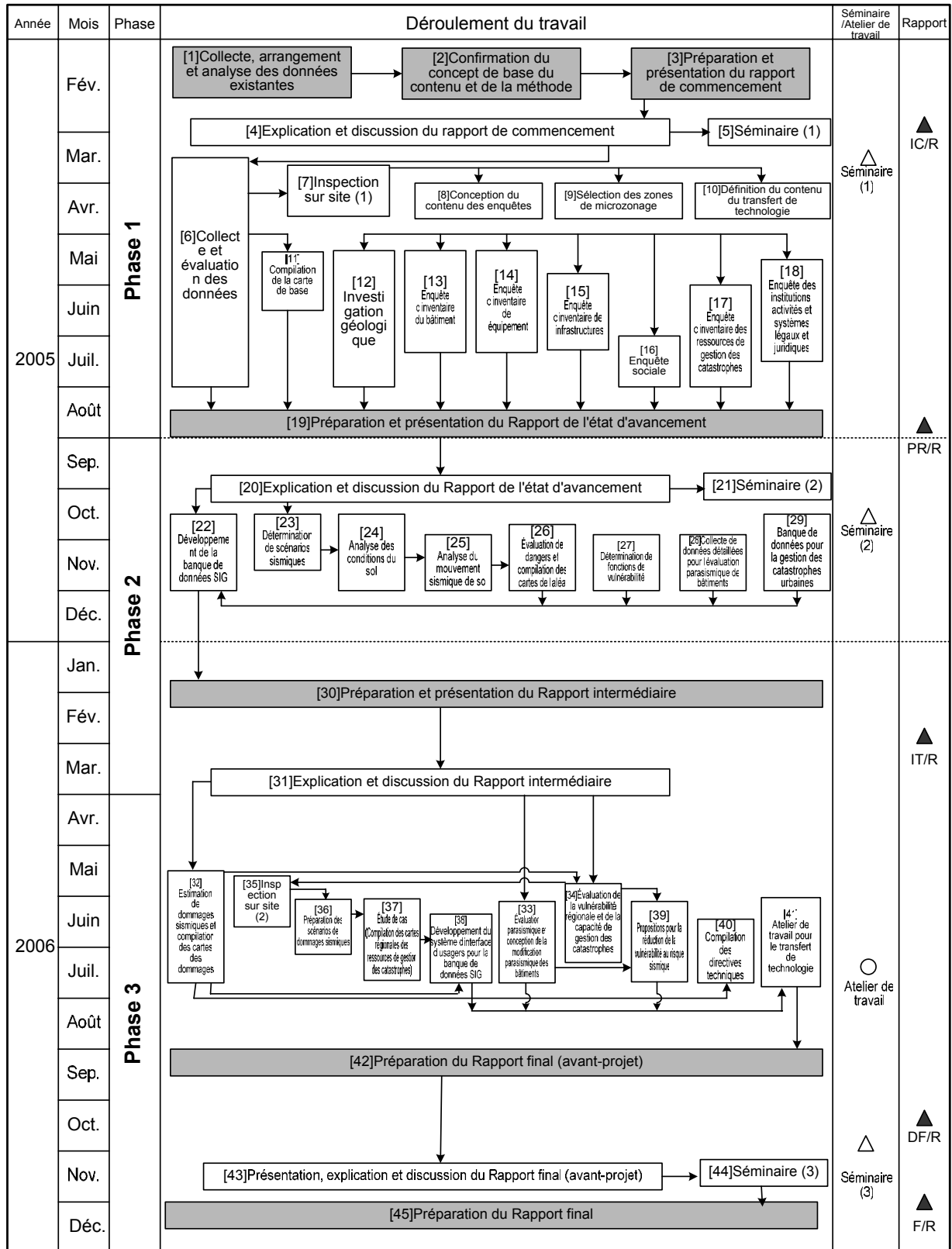
L'Étude consiste en trois phases comme suit : le calendrier global est montré à la Figure 1-3.

- 1<sup>ère</sup> Phase: Collecte de données (Février 2005 à Août 2005, 7 mois)
- 2<sup>ème</sup> Phase: Analyse de données (Septembre 2005 à Mars 2006)
- 3<sup>ème</sup> Phase: Préparation des cartes de microzonage et évaluation de la vulnérabilité (Avril 2006 à Décembre 2006)

Année	2005												2006												2007
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	
Phase	1 <sup>ère</sup> Phase							2 <sup>ème</sup> Phase					3 <sup>ème</sup> Phase												
Travail	en Algérie	■			■	■	■	■	■	■	■			■		■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	au Japon	□	□				□			□	□								□			□	□		
Rapport	△						△							△							△		△		
Atelier de travail et séminaire	△							△								△					△		△		
	1 <sup>er</sup> séminaire							2 <sup>e</sup> séminaire								Atelier de travail					3 <sup>e</sup> séminaire				
	Rapport de commencement							Rapport de l'état d'avancement						Rapport intermédiaire							Avant-projet de rapport			Rapport final	

Figure 1-3 Calendrier général

La Figure 1-4 montre les grandes lignes des rubriques de travail (tâches) dans les trois phases. En août 2005, le rapport de l'état d'avancement de travail décrivant les tâches réalisées dans la 1<sup>ère</sup> phase a été remis. En mars 2006, le rapport intermédiaire résumant le travail réalisé dans la 2<sup>ème</sup> phase a été soumis tel que planifié.



□ Travail en Algérie    ■ Travail au Japon

IC/R : Rapport de commencement,  
 PR/R : Rapport de l'état d'avancement  
 IT/R : Rapport intermédiaire,    DF/R : Avant-projet du Rapport final  
 F/R : Rapport final

Figure 1-4 Calendrier d'exécution du travail

### 1-2-5 Organisations de l'équipe d'exécution

L'équipe d'étude est composée par des spécialistes de la JICA et des spécialistes algériens qui forment ensemble un corps d'exécution tel que montré à la Figure 1-5.

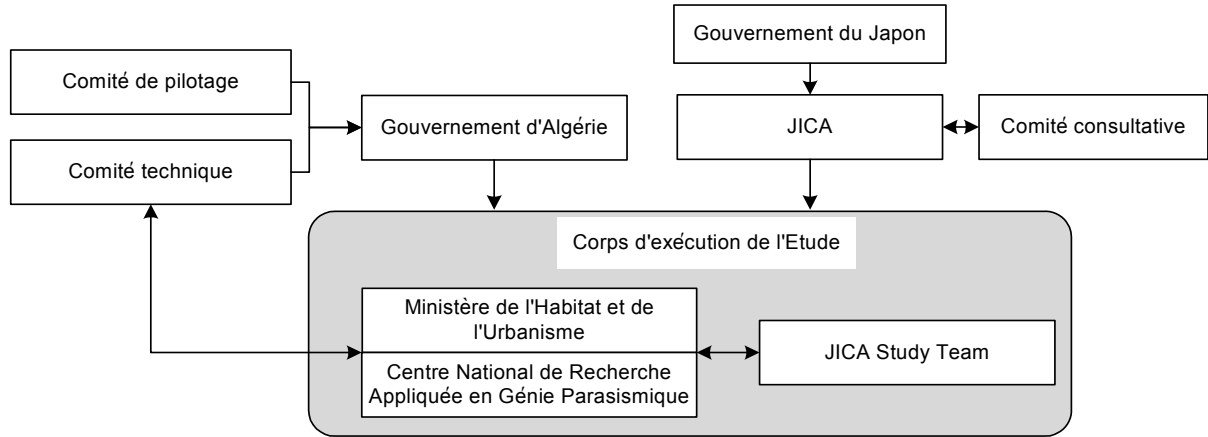


Figure 1-5 Organisation de l'Étude

Les membres du corps d'exécution de l'Étude sont comme suit :

#### Équipe d'étude JICA

Nom	Spécialité
Mr. Osamu NISHII	Chef d'équipe / Estimation des dommages
Mr. Kenji YANO	Chef d'équipe adjoint / Administration de la prévention des catastrophes
Dr. Pierre MOUROUX	Organisation / Institution
Dr. Thierry WINTER	Sismologie 1
Dr. Guillaume BERTRAND	Sismologie 2
Mr. Jun MATSUO	Géologie
Mr. Shukyo SEGAWA	Géotechnique
Mr. Hideo KAGAWA	Évaluation des bâtiments 1 (Résistance sismique / Renforcement)
Mr. Akira INOUE	Évaluation des bâtiments 2
Mr. Ryo MIYAZAKI	Évaluation des infrastructures
Mr. Kenichi TANAKA	Sécurité urbaine / Planification régionale
Dr. Philippe MASURE	Sécurité urbaine / Aspect social
Mr. Daisaku KIYOTA	SIG / Base de données
Mr. Norihiko IGUCHI	Interprète (Franco-japonais)
Mr. Chihiro NISHIWAKI	Coordinateur / Analyse économique

Équipe d'étude CGS

Nom	Spécialité	Organisme
Dr. Mohamed FARSI	Chef d'équipe/ évaluation des bâtiments	CGS
Mr. Djamel MACHANE	Géologie	CGS
Mr. Youcef BOUHADAD	Sismologie	CGS
Mr Hammou DJELLIT	Sismologie	CRAAG
Mr. Noureddine MEZOUER	Géotechnique	CGS
Mr. Mourad AIT AMER	Géotechnique	CGS
Mr. Abderrahmane KIBBOUA	Évaluation des infrastructures	CGS
Mr. Mehdi HADAD	SIG / Base de données	INCT
Ms. Samira SAADI	SIG / Base de données	CGS
Mr. Mehdi BOUKRI	SIG / Base de données	CGS
Mr. M'Rizek KEFFOUS	SIG / Base de données	DGPC
Ms. Rachida DOUAR	SIG / Base de données	URBANIS
Mr. Youcef MEHANI	Évaluation des bâtiments	CGS
Mr. Abdelkader REMAS	Évaluation des bâtiments	CGS

Pour donner conseil à l'Étude, la JICA a mis en place un comité consultatif composé de trois membres. En Algérie, un comité technique de pilotage (Steering Committee) est organisé en vue de donner conseil, assister l'équipe pour la collecte de données et discuter la gestion du risque sismique.

Comité consultatif de la JICA

Nom	Fonction
Dr. Kimiro MEGURO	Université de Tokyo, Institut de science industrielle du centre international pour le génie en sécurité urbaine
Mr. Mizuo INUKAI	Directeur de la division du système d'évaluation, centre de recherche pour l'aménagement du sol et de la construction, institut national pour l'aménagement du sol et de l'infrastructure, ministère de l'aménagement du territoire, de l'infrastructure et du transport
Dr. Kenji KOSHIYAMA	Institution de la réduction des risques et de la rénovation humaine

Comité technique de pilotage

Mme Saliha AIT MESBAH	Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme (MHU)	Présidente
Mr Rabah OUELD AMEUR	Ministère de l'Intérieur et des Collectivités Locales	Membre
Melle Karima BETTAYEB	Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement	Membre
Dr Mohamed BELAZOUGUI	Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS)	Membre
Dr Karim YELLES	Centre de Recherche en Astronomie Astrophysique et Géophysique (CRAAG)	Membre
Mme Khadra FALLEK	URBANIS Wilaya d'Alger	Membre
Mr Kamel NASRI	Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme (MHU)	Membre
Mr Mohamed AMRANE	Autorités locales de la Wilaya d'Alger (DUC)	Membre
Lt M'Rizek KEFFOUS	Direction Générale de la Protection Civile (DGPC)	Membre
Mr Mehdi HADDAD	Institut National de Cartographie et de Télédétection (INCT)	Membre

### 1-3 Activités principales de l'Étude

Les thèmes principaux inclus dans l'Étude sont résumés au Tableau 1-1.

Tableau 1-1 Activités principales de l'Étude

Date	Activités
Le 26 février 2005	Démarrage de l'Étude en Algérie
Les 26 et 27 février 2005	1er comité technique de pilotage sur le Rapport de commencement
1er mars 2005	Signature du PV de la discussion sur le Rapport de commencement
Début mars	Commencement de la collecte de données
Le 15 mars 2005	Détermination de la zone d'étude
Le 17 mars 2005	1er séminaire à la grande salle du MHU Objectifs: Introduction de la technologie de microzonage, procédure d'analyse et son application Contenu: Explication des concepts de base de microzonage Introduction des études de microzonage effectuées dans les autres villes
Le 25 mars 2005	Accomplissement de la 1 <sup>ère</sup> étape du travail en Algérie
Le 22 mai 2005	Commencement du 2 <sup>ème</sup> travail en Algérie
Début juin 2005	Commencement des différentes investigations sur le terrain Investigation géologique Enquête d'inventaire des bâtiments Enquête d'inventaire des équipements Enquête d'inventaire des infrastructures Enquête sociale Enquête d'inventaire des ressources de gestion des catastrophes Systèmes institutionnels et législatifs
Le 27 juillet 2005	2 <sup>ème</sup> comité technique de pilotage sur l'état d'avancement de l'Étude
Le 29 juillet 2005	Accomplissement de la 2 <sup>ème</sup> étape du travail en Algérie
Le 17 septembre 2005	Commencement de la 3 <sup>ème</sup> étape du travail en Algérie
Le 3 octobre 2005	2 <sup>ème</sup> séminaire à l'hôtel El Aurassi Objectifs: Développer la compréhension de la technologie de microzonage, procédure d'analyse et son application Contenu: Explication des résultats des enquêtes de la première phase Objectifs et procédures de l'étude de microzonage
Début novembre	Accomplissement des différentes investigations sur le terrain
Le 13 novembre 2005	Accomplissement de la 3 <sup>ème</sup> étape du travail en Algérie
Le 18 mars 2006	Commencement de la 4 <sup>ème</sup> étape du travail en Algérie
Le 19 mars 2006	3 <sup>ème</sup> comité technique de pilotage sur le Rapport intermédiaire de l'Étude
Le 22 mars 2006	Accomplissement de la 4 <sup>ème</sup> étape du travail en Algérie
Le 12 mai 2006	Commencement de la 5 <sup>ème</sup> étape du travail en Algérie
Le 4 juin 2006	4 <sup>ème</sup> comité technique de pilotage sur le transfert de technologie
Le 12 juin 2006	1er atelier de travail (DIG)
Le 20 juin 2006	2 <sup>ème</sup> atelier de travail (DIG)
Le 8 juillet 2006	Remise du rapport intermédiaire révisé
Le 9 juillet 2006	Accomplissement de la 5 <sup>ème</sup> étape du travail en Algérie

## **CHAPITRE 2**

# **COLLECTE DE DONNÉES ET DÉVELOPPEMENT DE LA BASE DE DONNÉES SIG**



## **Chapitre 2. Collecte de données et développement de la base de données SIG**

### **2-1 Conception de la base de données du SIG**

Le séisme est un risque naturel imprévisible qui détruit des bâtiments, des routes et des autres infrastructures. Il paralyse la fonction urbaine et cause la perte en vie humaine en l'espace d'un temps très court. Bien qu'il soit virtuellement impossible de prédire le temps exact où se produira cette catastrophe, il est possible de déterminer la probabilité relative de l'occurrence d'un séisme. Il est donc essentiel de se préparer au risque si l'on est dans une zone sismique comme l'Algérie ou le Japon.

Pour réduire le risque sismique, il est très important de se faire des images réalistes sur cet aléa de manière à mieux se préparer à l'avance et à se comporter correctement en cas de séisme.

Consciente des conséquences éventuelles du risque sismique, la population pourrait être conduite à une bonne prévention contre ce risque.

Dans ce cadre le SIG peut être considéré comme l'un des outils les plus appropriés pour la réalisation d'étude d'évaluation du risque sismique et la conception du contenu de la base de données du SIG est essentielle pour le système lui-même.

#### **2-1-1 Conception de la base de données géographiques**

Le système d'information géographique (SIG) est une sorte de système de base de données lié aux différents types d'informations utilisant les cartes numériques géographiquement référencées en tant qu'interface clef. Il permet de comprendre ce qui se passe réellement dans ce monde par compilation des informations à la fois dispersées et dissemblées, ce qui demanderait sans cet outil beaucoup de temps et de compétences.

Une base de données du SIG dispose d'une grande quantité de données et nécessite une structure spécifique ; donc, l'architecture et la modélisation des données ont une influence énorme sur ses performance, manoeuvrabilité et fonctionnalité.

#### **2-1-2 Carte de base ; mise en ordre des données topographiques**

Les informations topographiques servant de base à la présente étude proviennent des données suivantes :

- 1) cartes topographiques à 1:7,500 couvrant une partie de la zone d'étude (7 feuilles)
- 2) cartes topographiques à 1:10,000 couvrant une partie de la zone d'étude (14 feuilles)
- 3) cartes topographiques à 1:25,000 couvrant la zone d'étude (13 feuilles)
- 4) Informations d'élévation de la SRTM (Shuttle Radar Topography Mission; NASA) couvrant la zone d'étude
- 5) images du LANDSAT (NASA; fournies par l'USGS) couvrant la zone d'étude
- 6) informations de découpage administrative (format de donnée MapInfo) fournies par l'INCT et URBANIS

Pour mettre en place la carte de base de la présente étude, il a été effectué la rectification et la géoréférenciation des cartes topographiques scannées, la digitalisation des limites administratives

avec interprétation ainsi que la compilation des informations supplémentaires. Les images SRTM et LANDSAT ont été également géoréférencées et transformées en « Donnée Sahara du Nord » adoptée en Algérie. Pour les informations de pente et d'élévation, le modèle numérique de terrain (MNT) couvrant la zone d'étude fourni par l'INCET a été utilisé.

(1) Rubriques construites pour la présente étude

Pour cette étude, l'équipe d'étude a envisagé de construire les rubriques suivantes destinées à la base de données du SIG en tant que base d'analyse en considération de la nécessité et de la disponibilité des données existantes :

Rubriques :

- 1) Municipalité (limites des communes)
- 2) Géologie
- 3) Ressources de prévention des risques
- 4) Pente (élévation et terrains en pente de la surface)
- 5) Bâtiments
- 6) Réseau des routes
- 7) Voies ferrées
- 8) Câbles d'alimentation en électricité
- 9) Canalisation de gaz
- 10) Système d'alimentation en eau
- 11) Système d'assainissement
- 12) Téléphones (fixes, mobiles)

(2) Problèmes résolus

La conception de la base de données du SIG nécessitait la compréhension correcte de la différence entre l'être humain et le SIG qui interprète les éléments cartographiques comme objets géographiques. Les informations collectées ont été évaluées de ce point de vue et les mesures suivantes ont été prises pour les utiliser au maximum :

1) Manquement des informations

La fonction la plus importante et avantageuse du SIG relève de son aptitude à mettre en place une plate-forme de différents types d'informations permettant de comprendre des informations dispersées et différemment développées. Pour disposer de cette fonctionnalité, il est essentiel d'avoir des informations descriptives de base telles que les conditions de projection géographique, les critères d'acquisition des objets géographiques, etc.

Bien qu'elles soient essentielles, les informations obtenues des matériels existants de la présente étude n'ont pas pu être suffisantes. Après avoir précisément évalué les informations fournies, l'équipe d'étude a décidé d'utiliser les données ortho photos fournies par l'INCT en tant que carte clef de la présente étude en considérant leur consistance avec les autres informations fournies. Les coordonnées absolues ne peuvent pas en être déduites à cause du manque d'information décrit ci-dessus et il existe certaines déviations inconsistantes de ces coordonnées et celles des images LANDSAT ETM (mosaic, 2002) fournies par l'USGS.

2) Topologie

Le problème commun pour la conception et la construction d'une base de données du SIG est la nécessité d'un modèle particulier des données « Topologie », alors que l'être humain peut interpréter correctement les éléments cartographiques par raisonnement analogique sur la base de sa propre expérience.

(A) Reconnaissance des connexions

Dans les cas tels qu'indiqués ci-après, on peut reconnaître que deux lignes sont connectées, alors que l'ordinateur ne peut pas réaliser cette interprétation si les nœuds et les arcs ne sont pas correctement attachés.

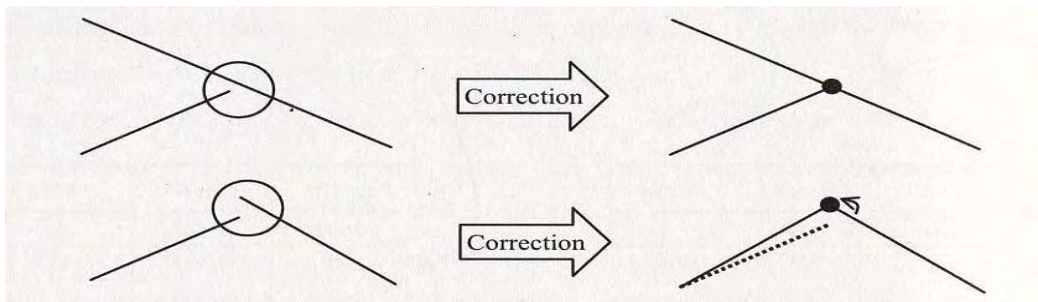


Figure 2-1 Connexions

(B) Reconnaissance des croisements

Dans les cas tels qu'indiqués ci-après, on peut reconnaître que deux lignes s'entrecroisent l'une avec l'autre, alors que l'ordinateur ne peut pas réaliser cette interprétation si les nœuds et les arcs ne sont pas correctement attachés.

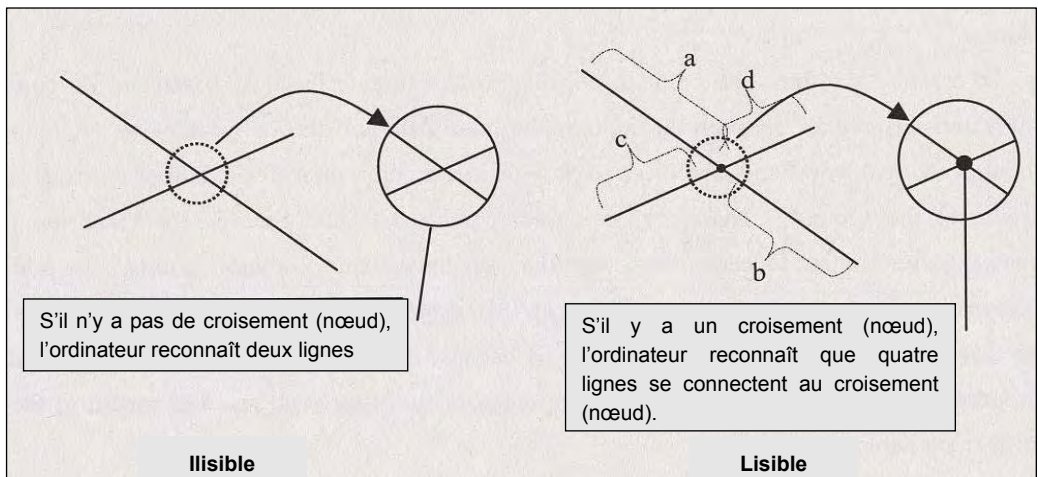


Figure 2-2 Croisements

(C) Reconnaissance des zones

Dans les cas tels qu'indiqués ci-après, on peut reconnaître que la figure représente une zone, alors que l'ordinateur ne peut pas réaliser cette interprétation si les nœuds et les arcs ne sont pas correctement attachés.

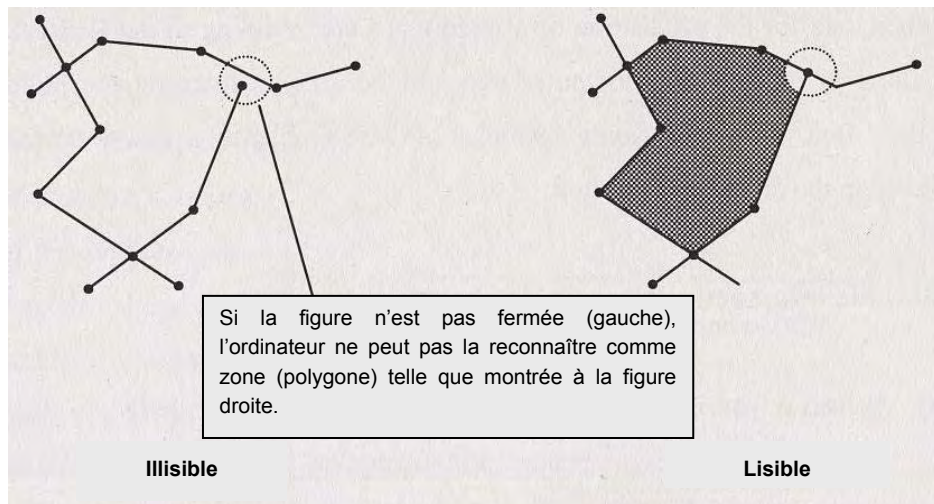


Figure 2-3 Zones

### 3) Différents critères

L'interprétation des objets géographiques impose certains critères tels que les types des objets géographiques acquis y compris leur format pour chaque projet. Cependant, aucun matériel descriptif n'a été obtenu et une irrégularité significative entre les communes a été observée dans les matériels collectés.

### (3) Collecte et création de données

#### 1) Bâtiments

La zone d'étude se caractérise particulièrement par des bâtiments possédant des murs communs et donc liés les uns aux autres. Premièrement, la limite d'un ensemble de bâtiments a été déterminée par les informations fournies et les lignes ont été ajoutées par la suite pour délimiter chaque bâtiment tel que montré à la figure suivante sans aucune information topologique. Par conséquent, l'équipe d'étude a dû faire les corrections suivantes :

- Fermer les zones en ajustant les points de départ et finaux et ajouter les nœuds.
- Ajouter les nœuds des lignes qui représentent les limites des unités de bâtiments.

#### 2) Réseau des routes

Le bord de la limite d'une route est composé des bords des plusieurs objets géographiques. Leur combinaison est irrégulière et aucune documentation n'en a été obtenue. Il a été effectué l'extraction et la modification manuelle des bords concernés pour créer les polygones des routes qui permettent de construire les axes des routes. L'axe d'une route a été calculé là où la déviation de la route était relativement réduite. Dans les zones où la déviation ne peut pas être ignorée ou en section transversale, la largeur de la route a été calculée par la modification manuelle.

#### 3) Appariement des bords

La digitalisation a été effectuée de bloc en bloc dans la plupart des cas. La consistance parfaite entre les blocs n'a pas pu être assurée. Par conséquent,

l'appariement des bords a été effectué en vue d'assurer la consistance de la base de données du SIG tel que décrit comme suit. La topologie a été alors reconfigurée pour mettre à jour les relations de connexion des figures adjacentes, alors que leurs données d'attribut ont été également mises à jour automatiquement.

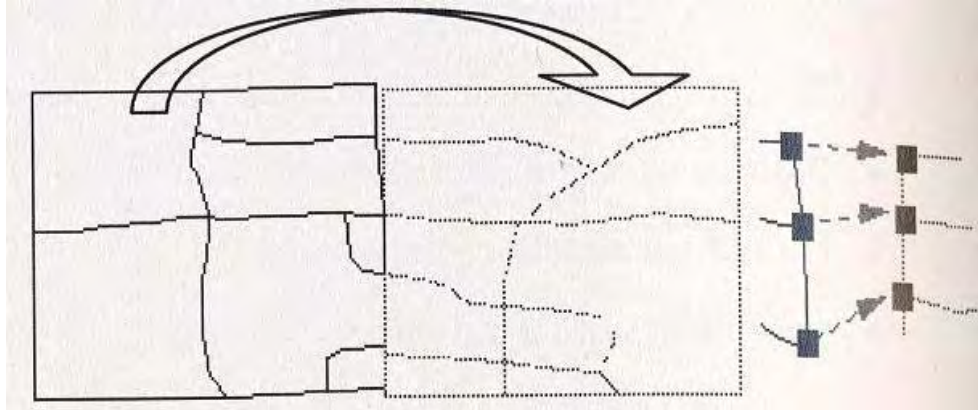


Figure 2-4 Appariement des bords

### 2-1-3 Base de données pour la gestion des catastrophes urbaines

La base de données du SIG de la présente étude vise à servir de plate-forme à de différents types d'informations grâce à sa capacité de compiler, de mettre à jour et de mieux utiliser les informations. Pour la présente étape d'étude, on effectue la géoréférenciation et la transformation des données corrigées pour unifier les informations séparément créées. La création d'une base solide de cette plate-forme relève des paramètres suivants :

Sahara du nord 1959 UTM zone 31N  
Projection: Mercator transversal  
False Easting: 500000.000000  
False Northing: 0.000000  
Méridien Central: 3.000000  
Facteur de balance: 0.999600  
Latitude d'origine: 0.000000  
Unité angulaire: Degré (0.017453292519943299)  
Méridien principal: Greenwich (0.000000000000000000)  
Donnée: Sahara du nord 1959  
Sphéroïde: Clarke 1880 RGS  
Axe de semimajor: 6378249.144999999600000000  
Axe de semiminor: 6356514.869549775500000000  
Aplatissement inverse: 293.46499999999970000

Les grandes lignes de la création des détails de la base de données du SIG sont décrites comme suit :

Découpage administratif  
Microzonage (données des mailles)  
Terrains en pente  
Géologie

Bâtiments  
Réseau des routes  
Voies ferrées  
Réseaux des infrastructures (câbles électriques, alimentation en eau, assainissement, canalisation de gaz et lignes téléphoniques)  
Aquifère

De plus, l'architecture conceptuelle de la présente base de données est décrite comme suit :

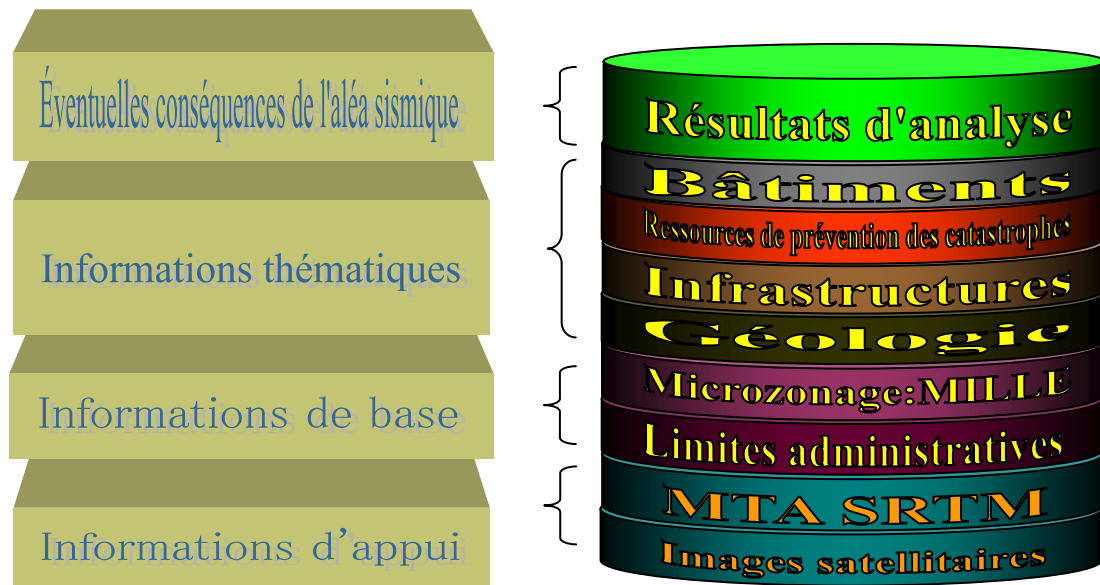


Figure 2-5 Base de données conceptuelle schématisée

## 2-2 Collecte et entrée des données

### 2-2-1 Topographie et géologie

#### (1) Topographie

L'INCT publie les cartes topographiques dans plusieurs échelles. L'équipe d'étude a utilisé les cartes aux échelles de 1 :10 000 et de 1 :25 000 :

##### 1) Échelle 1:10 000

- année de publication inconnue (probablement plus ancienne que la carte à l'échelle de 1:25 000)
- intervalle des courbes de niveau : 5 m ou 2.5 m
- surface : 4 cartes couvrant environ 70 % de la zone d'étude

##### 2) Échelle 1:25 000

- année de publication : 1986, 1987
- intervalle des courbes de niveau : 5 m
- surface : 8 cartes couvrant toute la zone d'étude



La Figure 2-6 montre l'index de ces cartes.

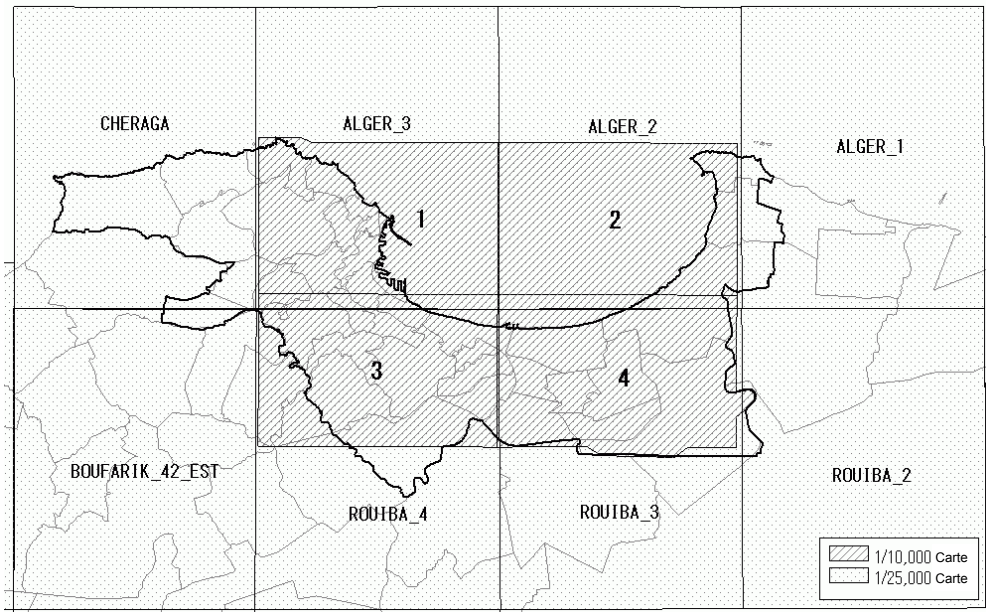


Figure 2-6 Index des cartes topographiques

L'équipe d'étude a digitalisé les lignes de contour des cartes à l'échelle de 1 : 10 000 avant de créer les données MNT (Modèle numérique de terrain).

## (2) Élévations

Les données MNT à 5 m d'intervalle (Figure 2-7) ont été fournies par l'INCT à la mi-mai 2006. Puisque plusieurs erreurs ont été trouvées dans les données telles que les bruits artificiels, les élévations des bâtiments au lieu des élévations des sols, les élévations négatives dans les zones côtières, etc., il a été utilisé pour l'analyse de l'aléa les élévations obtenues des cartes topographiques à 1 : 10 000 et non celles fournies par l'INCT.

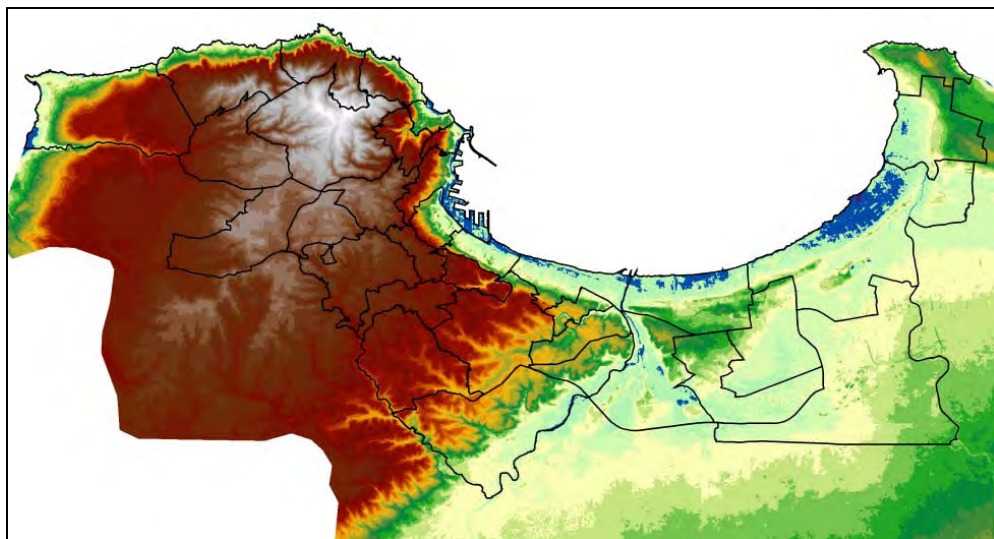


Figure 2-7 Modèle numérique de terrain

### (3) Géologie

Les cartes imprimées à l'échelle de 1 : 50 000 suivantes couvrent la zone d'étude. Cependant, plusieurs d'entre elles sont très anciennes :

- No.20 CHERAGA, publiée en 1963
- No.21 ALGER, publiée en 1964
- No.22 MENERVILLE, publiée en 1895
- No.40 KOLEA, publiée en 1901
- No.41 ARBA, publiée en 1935
- No.42 PALESTRO, publiée en 1895

Parmi elles, les cartes imprimées de « CHERAGA » et de « ALGER » sont disponibles et pour les autres très anciennes il n'y a que de copies de basse résolution. Les définitions des classifications géologiques ne sont pas uniformes dans ces cartes dont les limites ne correspondent pas aux nombreuses limites géologiques. En se basant sur la littérature et les discussions avec les géologues du CGS, l'équipe d'étude a interprété ces cartes et créé l'ensemble des classifications géologiques et des distributions dans la zone d'étude. Une carte géologique ainsi unifiée a été digitalisée et les données du SIG ont été créées. La carte géologique définitive est montrée à la Figure 3-19.

## 2-2-2 Bâtiments et équipements importants et dangereux

### (1) Bâtiments

#### 1) Classification des bâtiments

Les bâtiments de la ville d'Alger sont classés par type structurel, année de construction et autres aspects tels que décrits en grandes lignes comme suit :

#### (A) Type structurel

Les bâtiments en maçonnerie sont dominants à ALGER CENTRE, CASBAH et autres zones adjacentes et datent de la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle. La structure en béton armé avec murs de briques creuses sans armature s'est répandue après 1960 à Alger.

Les plus nombreux des bâtiments existants à Alger sont du type béton armé ou maçonnerie et la charpente métallique est moins fréquente. Il est toutefois noté que quelques complexes d'habitation à multi-niveaux (environ 15 niveaux) ont été construits dans les années 1950.

#### a) Béton armé (BA) – Portique auto stable

La structure à portique auto stable en béton armé est l'une des structures typiques. Les ouvrages en briques creuses sans armature sont habituellement pratiqués à la construction des murs intérieurs et extérieurs. Cette structure se limite à 6 niveaux ou à 20 m de haut à Alger après 1999, et ensuite à 2 niveaux ou à 8 m de haut depuis 2003.



b) Béton armé (BA) – Portiques et murs de cisaillement

La structure à voiles porteuses en béton armé est combinée avec portiques en béton armé. Il est recommandé que le portique en BA soit limité aux bâtiments à 3 niveaux ou 8 m de haut à Alger à partir de 2003. Les types à noyau en béton, système double et système à caisson sont inclus dans ce type de structure.

c) Béton armé – Murs de cisaillement sans portiques

Ceci est l'une des structures typiques adaptée aux bâtiments de hauteur moyenne.

d) Charpente métallique

La structure en charpente métallique consiste en des poteaux et poutres en acier. Plusieurs bâtiments sont construits avec ce système structurel. Quelques maisons de hauteur moyenne à multi-niveaux sont construites en utilisant ce système structurel mais avec des poteaux et des poutres couverts de gaines en béton sans barres d'armature en vue de la résistance au feu et de la durabilité.

e) Charpente métallique avec contreventement

La structure en charpente métallique avec contreventement (en X, en V, etc) se réalise pour supporter des charges horizontales.

f) Structure en maçonnerie

La structure en maçonnerie est faite en pierre ou en brique constituant les murs avec des poteaux intermédiaires. Des poutres en acier ou en bois sont généralement utilisées pour supporter le plancher. Ce type de structure est très ancien et a été typique avant l'introduction des règles parasismiques en 1955. Les bâtiments en maçonnerie existants servent encore communément d'espace d'utilité comme bureaux, logements privés ou autres usages. La construction en maçonnerie chaînée se limitait à 4 niveaux à Alger avant 2003, et 3 niveaux après 2003.

g) Autres (Bloc de béton creux et poteau en bois)

Quelques bâtiments sont construits avec des blocs de béton creux ou des poteaux en bois; aucune conception parasismique n'a été appliquée générale.

Chaque structure est présentée dans les exemples montrés aux Figures 2-8 à 2-11.



(1) Maisons avec vide sanitaire



(2) Maisons et commerces



(3) École

Figure 2-8 Structure en béton armé



(1) Maisons



(2) Bureaux



(3) En construction

Figure 2-9 Charpente métallique



(1) Maisons et commerces



(2) Maisons



(3) Maisons

Figure 2-10 Structure en maçonnerie



(1) Baraques

Figure 2-11 Structure en blocs de béton creux

(B) Années de construction

Les bâtiments sont classifiés par leur année de construction selon plusieurs périodes particulières marquées par l'introduction et l'application des règles parasismiques et des autres règlements y afférents en Algérie.

Les années de construction des bâtiments existants sont réparties dans cinq périodes, à savoir, pendant et avant 1955, 1956 ~1980, 1981 ~ 1999, 2000 ~ 2002 et pendant et après 2003. Cette répartition a été encore simplifiée dans trois périodes, pendant et avant 1980, 1981 ~2002 et pendant et après 2003.

(C) Autres aspects

Les bâtiments existants dans la ville d'Alger ne sont pas nécessairement parasismiques par rapport à l'application des règles parasismiques ou du contrôle de la qualité pendant la construction. Il a été constaté que la plupart des bâtiments privés ne sont pas parasismiques et que la capacité parasismique s'estime relativement inférieure même s'il s'agit des bâtiments construits pendant ou après 1981.

a) Application des règles parasismiques

L'application des règles parasismiques n'a pas été toujours faciles, particulièrement dans le cas de bâtiments de propriété privée. Tous les bâtiments construits avant 1981 et la plupart des bâtiments de propriété privée après 1980 ne sont pas basés sur la conception résistante contre le séisme. Les règles parasismiques algériennes (RPA) ne sont obligatoirement appliquées aux bâtiments de propriété privée que depuis 2003. Ces bâtiments de propriété privée sont principalement renforcés par la structure en béton armé et ceux construits avant 2003 sont généralement estimés non parasismiques.

b) Contrôle de la qualité pendant la construction

Il est entendu, en règle générale, que la qualité parasismique d'un bâtiment dépend de la conception parasismique, des matériaux de structure et de l'exécution. Généralement, un bâtiment est estimé non parasismique quand il n'est pas soumis au contrôle de la qualité pendant sa construction. Il est à noter que l'enquête sur le terrain à la suite du séisme de Boumerdes en 2003 a conclu à la faible résistance du béton et l'arrangement inadéquat des barres d'armature. Le contrôle du dossier technique et l'inspection pendant la construction par le CTC ont commencé à s'appliquer pour maintenir la qualité structurelle d'un bâtiment public construit pendant et après 1981 et d'un bâtiment de propriété privée depuis début 2003.

c) Irrégularités

La capacité parasismique d'un bâtiment est réduite quand il a des irrégularités. Par exemple, on observe quelques bâtiments équipés d'un vide sanitaire d'environ 1 m de haut au-dessous du rez-de-chaussée, destiné à la maintenance de la plomberie (tuyaux mécaniques et électriques). Ces

bâtiments se caractérisent par l'existence des poteaux courts en béton armé dans cet espace de vide sanitaire et leur capacité parasismique est estimée faible à cause de l'effet de la rupture par cisaillement.

## 2) Règles parasismiques de bâtiments

Une brève description de l'historique et du contenu des règles parasismiques a été obtenue à travers les interviews des homologues algériens:

Aucune règle parasismique officielle n'existait en Algérie avant 1955.

Les règles AS55 ont été introduites en 1955 et les PS62 et PS69 en 1962 et 1969 respectivement. Elles étaient seulement des directives et des recommandations ; elles n'étaient pas obligatoires pour le calcul d'un bâtiment.

La première version des règles parasismiques algériennes (RPA) est apparue en 1981 sous le titre de RPA81 à la suite de la catastrophe du séisme d'El Asnam du 10 octobre 1980. La révision de la première version effectuée en 1983 a engendré les RPA81 version 83. Les RPA81 et RPA81/version83 étaient obligatoires pour les bâtiments publics et non pour les bâtiments de propriété privée.

Les RPA99 ont été introduites en 1999. Les règles rappellent en grandes lignes un double objectifs : « Le comportement élastique d'une structure sous l'effet d'un séisme modéré et plus fréquent » et « aucun effondrement ni perte en stabilité sous l'effet d'un séisme majeur et rare ». Cette version a été révisée en 2003 et publiée sous le titre RPA99 version2003 avec la nouvelle classification des zones sismiques et les valeurs du coefficient d'accélération plus élevées de la zone d'Alger à la suite de la catastrophe du séisme de Boumerdes du 21 mai 2003.

~1955 : Aucune conception parasismique n'existait en Algérie.

Quelques bâtiments étaient construits selon les normes sismiques françaises.

1956~1980 : L'AS55 a été introduit en 1955. La charge sismique était indiquée en tant que charge statique horizontale (charge morte x coefficient). Le PS69 a été introduit en 1969 : cependant, celui-ci n'était pas obligatoire ni appliqué aux bâtiments ordinaires. La plupart des bâtiments étaient construits sans aucune conception parasismique.

1981~1999 : Séisme d'El Asnam du 10 octobre 1980.

A la suite du séisme, les RPA81 (révisées en 1983) et 88 ont été introduites. Elles ont énoncé trois zones sismiques, à savoir, zone I (faible sismicité), zone II (sismicité modérée) et zone III (sismicité élevée). La Wilaya d'Alger se situait dans la zone II.

Elles ont prescrit aussi trois groupes de valeurs de coefficient d'accélération, groupe 3 (0,10, faible importance), groupe 2 (0,15, importance modérée) et groupe 1 (0,25, importance élevée) dans la zone II; le facteur d'importance était inclus dans le coefficient d'accélération de la zone.

Ces normes de calcul étaient obligatoires pour tous les bâtiments publics et non pour les bâtiments privés. L'inspection de la conception des bâtiments publics commençait à s'effectuer par l'organisme CTC (Contrôle Technique de la Construction) fondé en 1971.

2000~2002 : Les RPA99 ont été introduites. La charge sismique a augmenté.

Le nombre de groupes d'usage a augmenté de trois à quatre auxquels correspondent des valeurs de coefficient d'accélération: groupe 3 (0.10, faible importance), groupe 2 (0,15, importance modérée), groupe 1B (0.20, importance élevée) et groupe 1A (0.25, importance vitale). Le coefficient d'accélération de la zone d'Alger était de 0.15 en cas de bâtiments d'importance modérée.

Le facteur d'amplification dynamique D a été révisé en adoptant un amortissement de 5% ce qui a fait augmenter la valeur maximale de 2.0 à 2.5. Cependant, les RPA99 n'étaient pas obligatoires pour les bâtiments privés qui n'étaient soumis en règle générale à aucune inspection de construction du CTC.

2003~ : Séisme de Boumerdes du 21 mai 2003.

La révision des RPA99 a engendré les RPA99 version2003 suite au séisme. Elles étaient pour la première fois obligatoires dans cas de constructions privées. La zone sismique d'Alger a été changé de II en III dont le coefficient d'accélération a été également révisé comme suit : groupe 3 (0,18), groupe 2 (0,25), groupe 1B (0,30) et groupe 1A (0,40). En cas de bâtiments d'importance modéré, le coefficient d'accélération de la zone d'Alger a augmenté de 0,15 (RPA99) à 0,25 (RPA99 version2003).

Toute unité d'habitat privée doit être conçue à partir du 1er septembre 2004 en appliquant les règles parasismiques en vue d'obtenir l'assurance de construction.

Les charges sismiques des bâtiments de la ville d'Alger relevant des RPA81 (révisées en 1983), RPA88, RPA99 et RPA99 version2003 sont résumées au Tableau 2-1. Les détails des AS55 et PS69 n'ont pas été fournis.

L'accélération de pic au sol (PGA) de calcul est de 0.15g dans les RPA83, 88 et 99, alors que dans les RPA99 version2003 elle est de 0.25g. Ce PGA de calcul n'est pas le même que le coefficient de charge sismique statique de calcul de bâtiments.

Par exemple, le coefficient de la limite inférieure de la charge sismique statique (cisaillement de base) en cas d'ouvrage en béton armé à portique auto stable d'importance modérée de 3 à 4 niveaux, qui paraît d'ailleurs un bâtiment typique, se calcule comme suit : 0,075 (RPA83), 0,075 (RPA88), 0,11 (RPA99) et 0,16 (RPA2003).

Le calcul de coefficient de charge sismique conceptuelle dans le PS69 des bâtiments similaires donne environ 0,08 à 0,12. Ces différences de calcul dépendent de types de fondation des bâtiments selon le rapport de l'équipe d'étude JICA pour le séisme d'El Asnam en date d'octobre 1980.

Il est noté que la ductilité prévue est relativement élevée pour le portique à poteaux poutres en béton armé, puisque le facteur de ductilité exigé  $\mu$  de plus de huit est nécessaire là où le facteur de comportement R de 4 (RPA99) ou le facteur de composante structurelle 1/4 (RPA83) est appliqué (calculé par la formule de Newmark  $R = \sqrt{2\mu - 1}$ ). En règle générale, il est estimé que le coefficient de charge sismique statique de calcul d'un bâtiment d'importance modérée dans chaque version est trop faible par rapport à la charge de calcul prévue correspondant à la valeur de PGA de calcul dans chaque version.

Dans les termes d'exigences des structures en béton armé, a) la dimension minimum d'un poteau à Alger dans les RPA83 était de 25 cm et de 30 cm dans les RPA99 version2003 après la révision de la classification des zones passant de II à III pour Alger, b) les RPA83 spécifiaient que les barres d'armature principales devaient être au minimum 1% de la surface totale en coupe transversale des poteaux. Ceci a été révisé et suivi par 0,8% dans les RPA88 et 0,9% dans les RPA99 version2003 à travers le changement de la classification des zones passant de II à III pour Alger, c) l'espacement maximum des armatures transversales spécifié en tête et en pieds d'un poteau était de 15 cm pour Alger dans les RPA83, il a été révisé et porté à 10 cm dans les RPA99 version2003 à travers le changement de la classification des zones passant de II à III pour Alger, d) le rapport de force axial de poteaux ne peut pas dépasser 0,30 par rapport à la charge sismique afin de s'assurer de la ductilité selon les RPA99.

En ce qui concerne la condition de joints sismiques, la largeur minimum des joints sismiques en cas de deux bâtiments adjacents était  $d \geq H1/300$  et 2 cm (H1: hauteur de bâtiment) dans les RPA83, et dans les RPA99 version2003 elle a été portée à  $d = 15 \text{ mm} + \delta_1 + \delta_2 \geq 40 \text{ mm}$  ( $\delta_1, \delta_2$ : déplacements maximum des deux blocs) en cas de structures en béton armé.

Les exigences concernant la structure en maçonnerie chaînée dans les RPA99 version2003 sont : a) les murs porteurs ne peuvent pas être inférieurs à 4% de la surface du sol dans les deux sens, b) les murs doivent avoir une largeur minimum de 20 cm avec une distance maximum de 6m dans la zone III (Alger), c) la force minimum de compression de mortier est de 5 Mpa (51 kgf/cm<sup>2</sup>), d) les chaînages horizontaux et verticaux des murs sont nécessaires.

Tableau 2-1 Résumé des charges de calcul de bâtiments à Alger selon les règles parasismiques

Version	Charge sismique statique: V	Coefficient d'accélération de la zone: A	Facteur d'amplification dynamique: D	Facteur de qualité: Q	Facteur de comportement: R Facteur de composant structurel: B	Application des règles
RPA2003	$V=(ADQ/R) \times W$	Zone III (Alger) groupee 1A: 0.40 groupee 1B: 0.30 groupee 2: 0.25 G3: 0.18	<b>2.5</b> en cas: $0 < T < 0.3$ (S1) : $0 < T < 0.4$ (S2) : $0 < T < 0.5$ (S3) : $0 < T < 0.7$ (S4)	1 ~ 1.35	Portique BA 1a: 5(2 niveaux ou 8m) Portique BA 1b: 3.5(2 niveaux or 8m) Voile porteuse BA, noyau: 3.5 Double système BA: 5 Port.BA/Voile: <b>4</b> (10 niveaux ou 33m) Acier: 6 ~ 4 ~ 2 Maçonnerie enchaînée: <b>2.5</b> (3 niveaux)	Bâtiments publics et privés
RPA99	$V=(ADQ/R) \times W$	Zone II (Alger) groupee 1A: 0.25 groupee 1B: 0.20 groupee 2: 0.15 groupee 3: 0.1	<b>2.5</b> en cas: $0 < T < 0.3$ (S1) : $0 < T < 0.4$ (S2) : $0 < T < 0.5$ (S3) : $0 < T < 0.7$ (S4)	1 ~ 1.35	Portique BA 1a: 5(6 niveaux ou 20m) Portique BA 1b: <b>3.5</b> (6 niveaux ou 20m) Voile porteuse BA, noyau 3.5 Double système BA 5 Port.BA/Voile 4(10 niveaux ou 33m) Acier: 6 ~ 4 ~ 2 Maçonnerie enchaînée: <b>2.5</b> (4 niveaux)	Bâtiments publics seuls
RPA88	V=ADBQW	Zone II (Alger) groupee 1: 0.25 groupee 2: 0.15 groupee 3: 0.10	<b>2.0</b> en cas: $0 < T < 0.3$ (Solide) : $0 < T < 0.5$ (Soft) formule révisée	1 ~ 1.35	Portique BA 1: 1/5,1/4 Charpente métal.: 1/5 Portique BA avec voile: 1/4 Mur BA : 1/3 Maçonnerie :2/3	Bâtiments publics seuls
RPA81 (ver83)	V=ADBQW	Zone II (Alger) groupee 1: 0.25 groupee 2: 0.15 groupee 3: 0.10	<b>2.0</b> en cas: $0 < T < 0.3$ (Solide) : $0 < T < 0.5$ (Soft)	1 ~ 1.35	Portique BA 1: 1/5,1/4 Charpente métal.: 1/5 Portique BA avec voile: 1/4 Mur BA : 1/3 Maçonnerie :2/3	Bâtiments publics seuls
PS69	$\sigma = \alpha \beta \gamma \delta$ Note 1					Recommandation seule
AS55						Recommandation seule
Où:	V : Charge sismique statique totale (coefficient) A : Coefficient d'accélération de la : groupe 1A (Importance vitale) groupe 1B (Grande importance) groupe 2 (Importance modérée) groupe 3 (Faible importance) D : Facteur d'amplification dynamique moyenne Q : Facteur de qualité $Q=1+\sum P$ (Pénalité) P1 Lignes d'aisielier : 0.05 P2. Redondance de plan : 0.05 P3 Régularité de plan : 0.05 P4. Régularité d'élévation : 0.05 P5 Qualité de matériel : 0.05 P6. Qualité de construction : 0.10 R : Facteur de comportement de BA, acier et maçonnerie B: Facteur de composant structurel W : Poids total de la structure				Classification de sols S1: Rocheux S2: Solide S3: Meuble S4: Très meuble T: Période naturelle en sec.	
Note 1:	Le coefficient de charge sismique (cisaillement de base) est d'environ 0.08 à 0.12, Rapport du séisme d'El Asnam de l'équipe d'é JICA 1980					
	$\alpha$ : coefficient de zone sismique $\beta$ : coefficient de réponse $\gamma$ : coefficient de distribution verticale $\delta$ : coefficient de sol					

(2) Équipements importants et dangereux

Les équipements importants sont les bâtiments stratégiques qui doivent rester fonctionnels après un séisme pour les activités d'aides et de secours en cas d'événement sismique. Ces équipements ne devraient pas être vulnérables à des feux ou à des accidents à la suite d'un tel événement. Il doit être donc effectué une enquête de ces équipements pour fournir une base de données statistique destinée à l'évaluation de la vulnérabilité dans l'étude de microzonage. A la suite de propositions émanant de trois bureaux d'étude, URBANIS a été sélectionné sur la base du coût et de la compétence pour mener une enquête sur ces ouvrages.

L'équipe d'étude CGS-JICA a discuté et défini un plan d'enquête d'inventaire des équipements importants et dangereux. Le résultat en est décrit en grandes lignes dans la section 1) suivante. La procédure de distribution est décrite à la section 2).

1) Plan d'enquête d'inventaire des équipements importants et dangereux

Sur la base des discussions CGS-JICA, 530 des équipements suivants, sélectionnés au hasard, ont fait l'objet d'une enquête comme faisant partie de l'enquête d'inventaire des bâtiments.

(A) Équipements importants et dangereux

Quelques 14 équipements importants et dangereux dans 34 communes ont une fonction de gestion stratégique des catastrophes. Le contenu des rubriques de l'enquête est le même que celui de l'enquête d'inventaire des bâtiments, pour lesquels ont été enquêtés 476 échantillons (équipements). Dans les équipements enquêtés sont inclus :

- Siège de l'APC « Assemblée Populaire Communale » : 1 no.
- Écoles primaires : 2 nos.
- École fondamentale : 1 no.
- Lycée : 1 no.
- Direction de la sûreté urbaine : 1 no.
- Boite de police : 1 no.
- Centre hospitalier : 1 no.
- Salle de sports : 1 no.
- Mosquée : 1 no.
- Centre culturel : 1 no.
- Station de service : 2 nos.
- Station de sapeurs pompiers : 1 no.

La fiche technique d'enquête est la même que celle de l'enquête d'inventaire des bâtiments. A se référer au Chapitre 2-2-2 (1).

(B) Équipements particuliers (importants et dangereux)

Quelques 54 équipements importants et dangereux des communes particulières ont une fonction de gestion stratégique des catastrophes. Ils ne doivent pas être vulnérables à des feux et à des accidents en cas de séisme éventuel. Quand à 1), le contenu des détails enquêtés est essentiellement le même que celui de l'enquête d'inventaire des bâtiments à quelques rubriques près comme les matériaux dangereux avec leurs quantités et stockages. Les équipements particuliers (importants et dangereux) des communes particulières incluent :

- Palais du Gouvernement : 1 no.
- Bureau de WILAYA D'ALGER : 1 no.
- Siège de DAIRA (chaque DAIRA) : 8 nos.
- Sûreté de DAIRA (chaque DAIRA) : 8 nos.
- Protection civile : 3 nos.  
PORT D'ALGER, ÉCOLE D' EL HAMIZ et SIÈGE DE HIDRA
- Hôpitaux : 10 nos.  
MUSTAPHA, MAILLOT, PARNET, BENI MASSOUS, BIRTRARIA,  
KOUBA, ZMIRLI, EL KETTAR, AIT IDIR et BAINEM
- Universités : 11 nos.  
BAB EZZOUAR, EPAU, INA, RNS, ENA, ENTP, ENP, BOUZAREAH,  
FAC CENTRALE, COMMERCE TAFOURA et ISLAMIC  
UNIVERSITY OF CARROUBIER
- Complexe Télécom AISSAT IDIR Place du 1<sup>er</sup> MAI : 1 no.
- Gare centrale du chemin de fer "SNTF" (société nationale de transport ferroviaire) Alger : 1 no.



- Aéroport « HOUARI BOUMEDIENE » : 1 no.
- Port d'Alger : 1 no.
- SENAT : 1 no.
- APN (Assemblée Nationale Populaire) : 1 no.
- Cour Suprême d'Alger : 1 no.
- Église de « NORTRE DAME D'AFRIQUE » : 1 no.
- Prison d' « EL HARRACH » : 1 no.
- Musée d'EL HAMMA : 1 no.
- SONATRACH de CARROUSIER (entreprise pétrolière) : 1 no.
- Mosquée « KETCHAOUA » à la CASBAH : 1 no.

## 2) Distribution des équipements importants et dangereux

La distribution des équipements importants et dangereux a été évaluée sur la base des discussions tenues au sein de l'équipe de travail (CGS, JICA et URBANIS). Ce processus implique que :

- a) 14 équipements importants et dangereux sont sélectionnés sur la base de leur fonction de gestion stratégique des catastrophes.
- b) Ces équipements sélectionnés sont distribués à travers toutes les (34) communes.
- c) Tous les équipements de chaque commune se font attribués un numéro chacun dans un système de cartographie numérique.
- d) Les équipements cibles sont déterminés au hasard.

## 3) Distribution des équipements particuliers (importants et dangereux)

Comme le note la section 1), 54 équipements importants et dangereux ont été sélectionnés sur la base de fonction de gestion stratégique des catastrophes.

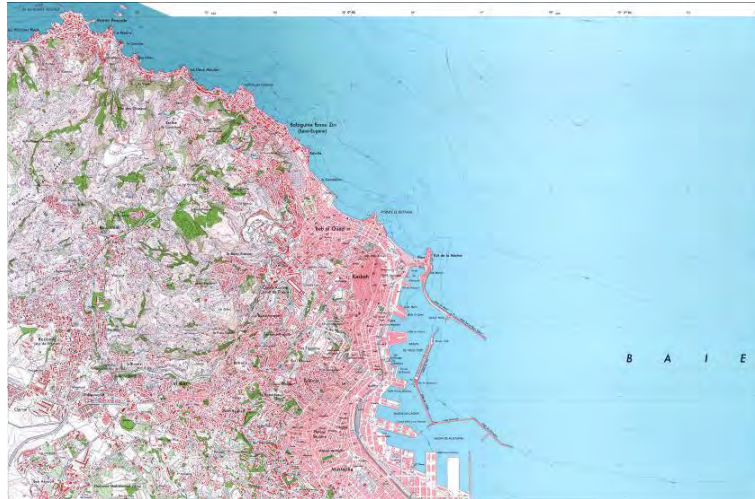
En dépit du fait que les données de recensement détaillées de la population et des bâtiments à usage d'habitation ont été obtenues, le nombre total de bâtiments sans usage d'habitation, c'est-à-dire, bureaux gouvernementaux, bureaux d'affaires, hôpitaux, écoles etc., est inconnu. Par conséquent, la distribution des bâtiments a été faite par rapport au coefficient de la population de chaque commune.

### 2-2-3 Infrastructures et réseaux vitaux

#### (1) Infrastructures

##### 1) Routes

Les informations du réseau des routes ont été compilées en utilisant les données de URBANIS, les cartes topographiques aux échelles 1:10 000 et 1:25 000 (voir la Figure 2-12) publiées par l'INCT et la carte routière schématique fournie par la DTP (voir la Figure 2-13). Les informations de largeur et de longueur des routes nationales et de wilaya ont été fournies par le MTP. La carte digitalisée est montrée au Chapitre 6.



Source: INCT

Figure 2-12 Carte topographique, Échelle = 1:10,000



Source: DTP

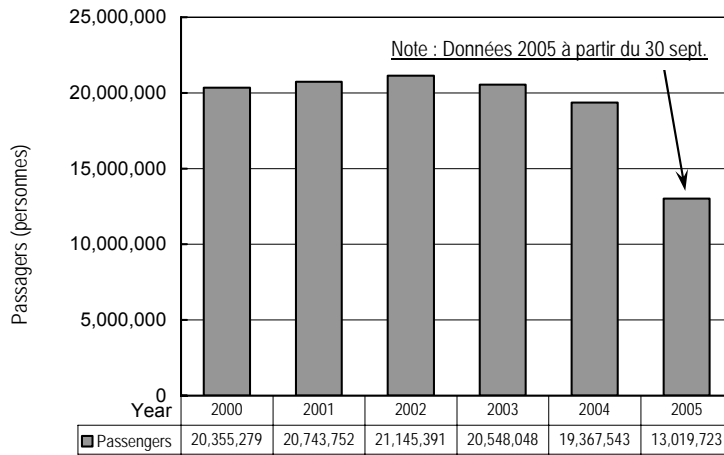
Figure 2-13 Carte routière schématique

Les données des ponts ont été compilées en utilisant le résultat de l'enquête d'inventaire des ponts menée par un contractant local sous le contrôle de l'équipe d'étude CGS et JICA.

## 2) Voies ferrées

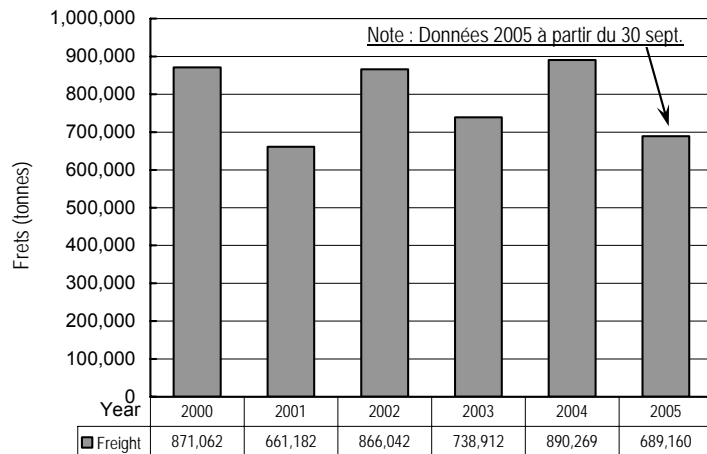
La longueur totale du réseau ferroviaire dans la Wilaya d'Alger est de 61 km. Il consiste en des doubles voies ferrées avec des rails renforcés du type UIC 54.

Le nombre de passagers transportés par an et la quantité de frets (grains, combustibles etc.) par train sont montrés aux Figure 2-14 et 2-15, respectivement.



Source: SNTF

Figure 2-14 Passagers transportés par an



Source: SNTF

Figure 2-15 Frets annuels

Les dommages sur le réseau ferroviaire causé par le séisme de Boumerdes selon la SNTF est résumé en grandes lignes comme suit :

- Le réseau ferroviaire et les ponts n'ont subi d'aucun dommage sérieux.
- Les abris des plates-formes et les passerelles de certaines gares ferroviaires ont été touchés quelques parts par des fêlures au niveau de colonnes d'appui etc. (OUED-SMAR, BAB-EZZOUAR, DAR-EL-BEIDA, ROUIBA, INDUSTRIAL ZONE OF ROUIBA, REGHAIA)
- Les travaux de réparation sur les voies ferrées ont été achevés en 8 heures.
- Les travaux d'urgence sur les ponts permettant le redémarrage du transport ferroviaire ont été commencés après 24 heures et achevés en 2 jours.
- Les travaux de renforcement définitifs ont été achevés en 6 mois.

- Les dommages sismiques n'ont pas paralysé le chemin de fer pour une longue durée, il y a eu seulement l'arrêt complet de transport pendant les nuits du 21 au 22 mai 2003 et ce pour permettre l'inspection du réseau ferroviaire et des ponts.

### 3) Port et aéroport

L'implantation du port et de l'aéroport d'Alger a été informée par les données de URBANIS.

## (2) Réseaux vitaux

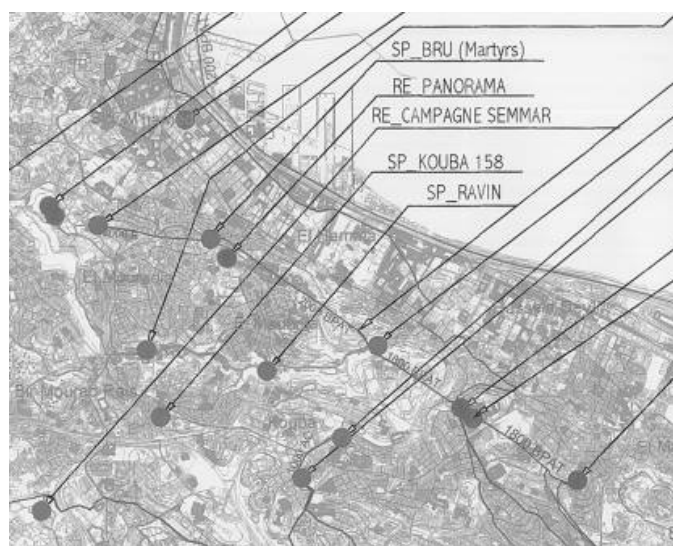
### 1) Alimentation en eau potable (AEP)

La DHW a fourni à l'équipe d'étude les données numériques du réseau AEP (voir la Figure 2-16) et une copie imprimée des localisations des réservoirs sur piliers (voir la Figure 2-17).



Source: DHW

Figure 2-16 Exemple de données numériques du réseau AEP

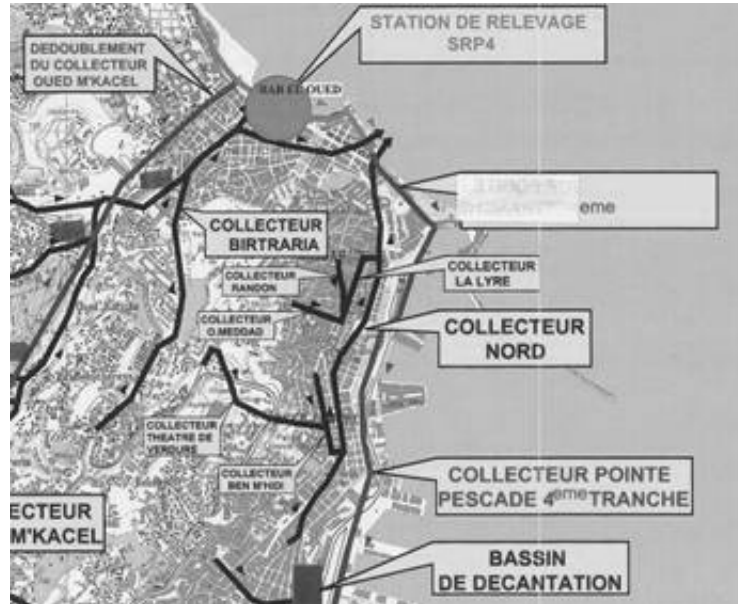


Source: DHW

Figure 2-17 Exemple de carte des localisations de réservoirs sur piliers

(2) Assainissement

La DHW a fourni à l'équipe d'étude les copies imprimées de l'implantation du réseau d'assainissement (voir la Figure 2-18) et un résumé de ses composantes (voir le Tableau 2-2). Cependant, la carte du réseau et le Tableau de composantes ne contiennent pas toutes les informations.



Source: DHW

Figure 2-18 Exemple de carte du réseau d'assainissement

Tableau 2-2 Exemple de résumé des attributs du réseau d'assainissement (Extrait de la liste)

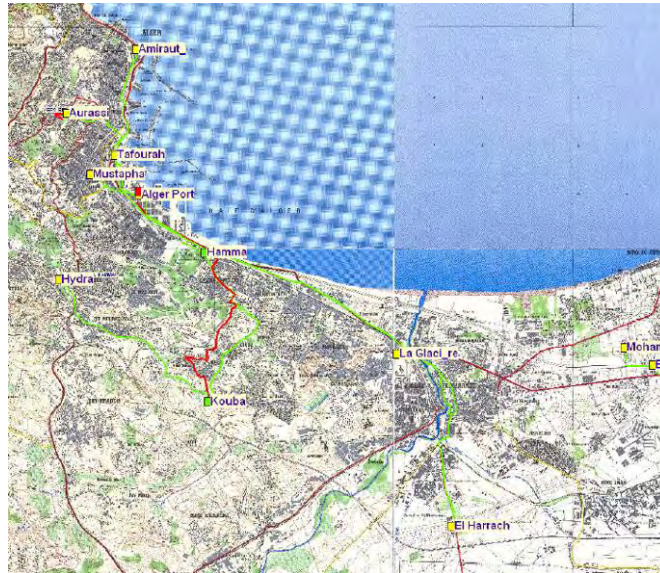
Zone	Réseau d'assainissement	Conduite		Année de mise en service
		Longueur (m)	Diamètre (mm)	
ZERALDA	Collecteur champs de tir (Zeralda)	3 200	800, 1000, 1 200	
	Collecteur Littoral Ouest (deuxième tranche)	5600	600 700 1 000	2004
	Collecteur Oued Laghar (Zeralda)	1 000	2 000	2005
STAOUELI	Collecteur Site El Djillalli	2 000	800	1990
	Collecteur Staoueli	1 000	1,2 x 0,8 m	Ancien
	Collecteur Oued Boukraa	3 000	800 1 000 2 000	2002 - 2003
CHÉRAGA	Collecteur Dely Brahim (Dely Brahim)	6 000	700 800	1997
	Collecteur Cheraga I (Cheraga)	5 000	1 000 1 500 2 000	Ancien
	Collecteur Bouchbouk (Cheraga)	1 200	800	2001

Source: DHW



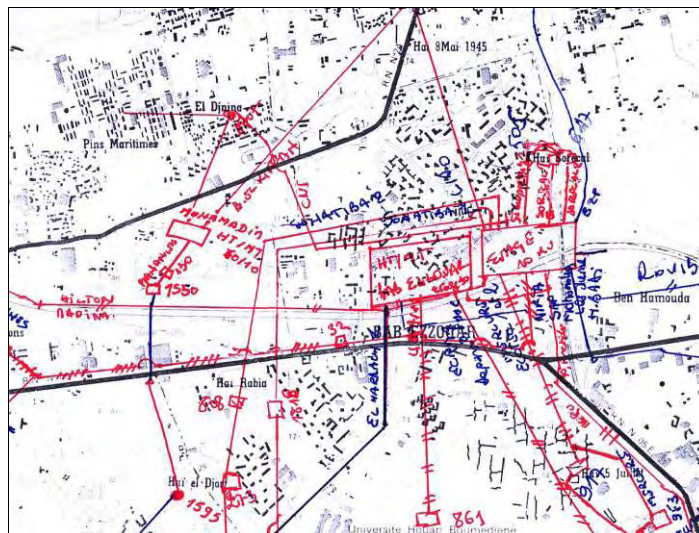
### 3) Électricité

La direction de la distribution de la SONELGAZ a fourni à l'équipe d'étude les données numériques du réseau à haute tension (220 000V ou 60 000V) (voir la Figure 2-19) et les copies imprimées du réseau à moyenne tension (30 000V pour les zones rurales ou 10 000V pour les zones urbaines) (voir la Figure 2-20).



Source: SONELGAZ

Figure 2-19 Exemple de carte du réseau à haute tension



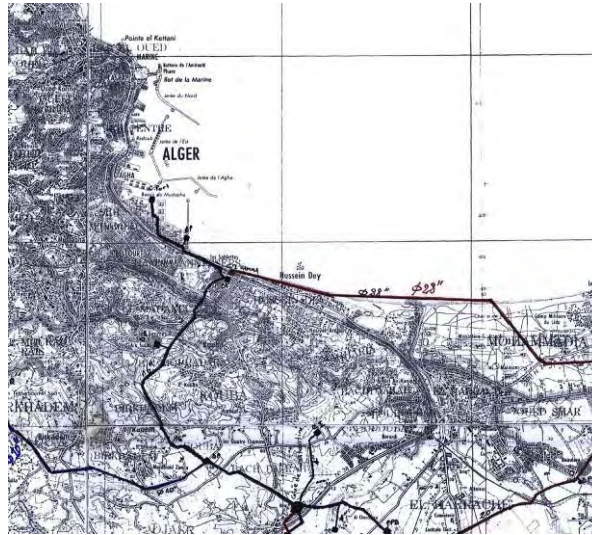
Ligne rouge: câbles souterrains, Ligne bleue: câbles aériens

Source: SONELGAZ

Figure 2-20 Exemple de carte du réseau à moyenne tension

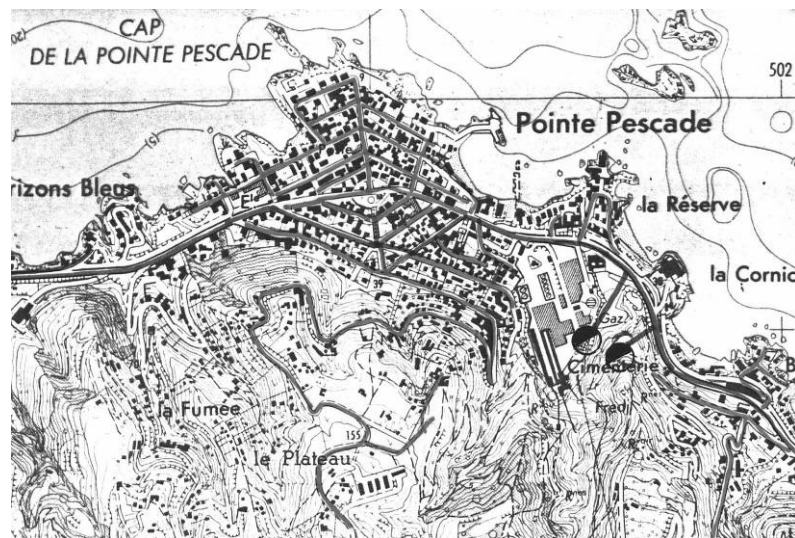
4) Gaz

La direction du gaz de la SONELGAZ a fourni à l'équipe d'étude les copies imprimées de la canalisation de gaz à haute pression (20 bars à 70 bars) (voir la Figure 2-21) et moyenne pression (4 bars à 5 bars) (voir la Figure 2-22).



Source: SONELGAZ

Figure 2-21 Exemple de carte de la canalisation de gaz à haute pression



Source: SONELGAZ

Figure 2-22 Exemple de carte de la canalisation de gaz à moyenne pression

5) Télécommunications

L'implantation du réseau de télécommunications (câble à fibres optiques) n'a pas été disponible sous forme de carte pour la zone d'étude.