

**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 III
Rapport Résumé**

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>
Grandes lignes de l'Étude.....	i
Chapitre 1. Introduction.....	1 - 1
1-1 Arrière-plan	1 - 1
1-2 Étendue de l'Étude	1 - 1
1-2-1 Objectifs de l'Étude	1 - 1
1-2-2 Concepts de l'Étude	1 - 1
1-2-3 Zone de l'Étude	1 - 2
1-2-4 Calendrier de l'Étude	1 - 2
1-2-5 Organisation de l'équipe d'exécution	1 - 4
Chapitre 2. Collecte des données et développement de la base de données SIG	2 - 1
2-1 Conception de la base de données du SIG.....	2 - 1
2-2 Collecte et entrée des données.....	2 - 3
2-2-1 Topographie et géologie.....	2 - 3
2-2-2 Bâtiments et équipements importants et dangereux.....	2 - 3
2-2-3 Infrastructures et réseaux vitaux	2 - 6
2-2-4 Population et ménages	2 - 7
2-2-5 Occupation des sols et développement urbain	2 - 9
2-2-6 Ressources de gestion des catastrophes	2 - 12
Chapitre 3. Conditions naturelles pour le microzonage	3 - 1
3-1 Sismotectoniques et sismicité de la région	3 - 1
3-1-1 Contexte géodynamique.....	3 - 1
3-1-2 Cadre structurel et tectonique de la région d'Alger	3 - 2
3-1-3 Distribution de la sismicité	3 - 2
3-1-4 Séismes historiques de l'Algérie du nord.....	3 - 3
3-2 Caractéristiques géomorphologiques et géologiques de la zone d'étude	3 - 4
3-2-1 Géomorphologie.....	3 - 4
3-2-2 Météorologie et hydrologie	3 - 4
3-2-3 Structure géologique principale	3 - 5
3-3 Investigation supplémentaire.....	3 - 8
3-3-1 Forage	3 - 8

3-3-2	Essais au laboratoire.....	3 - 9
3-3-3	Investigation géophysique.....	3 - 9
3-4	Propriétés de la géologie de l'ingénieur	3 -11
Chapitre 4. Situation urbaine pour le microzonage.....		4 - 1
4-1	Bâtiments.....	4 - 1
4-1-1	Enquête d'inventaire	4 - 1
4-1-2	Dommmages des bâtiments occasionnés par les séismes passés	4 - 3
4-2	Infrastructures et réseaux vitaux.....	4 - 7
4-2-1	Routes	4 - 7
4-2-2	Ponts.....	4 - 8
4-2-3	Port.....	4 - 9
4-2-4	Aéroport	4 -10
4-2-5	Alimentation en eau potable	4 -11
4-2-6	Système d'assainissement	4 -12
4-2-7	Alimentation en électricité	4 -12
4-2-8	Alimentation en gaz	4 -13
4-2-9	Télécommunications	4 -13
4-3	Population et logements	4 -14
4-3-1	Population	4 -14
4-3-2	Nombre de bâtiments	4 -14
4-3-3	Logements.....	4 -14
4-3-4	Résumé.....	4 -14
Chapitre 5. Évaluation des aléas sismiques		5 - 1
5-1	Séismes de scénario.....	5 - 1
5-1-1	Modélisation des failles actives et du sismotectonique.....	5 - 1
5-1-2	Modélisation de magnitude.....	5 - 2
5-2	Modélisation des sols	5 - 4
5-3	Estimation du mouvement du sol	5 - 6
5-3-1	Analyse de mouvement du substratum	5 - 6
5-3-2	Analyse de l'amplification des couches de sols.....	5 - 7
5-3-3	Élévation du mouvement sismique du sol.....	5 - 7
5-4	Estimation du potentiel de liquéfaction	5 - 9
5-4-1	Méthodologie	5 - 9
5-4-2	Conditions préalables pour l'analyse	5 -10
5-4-3	Potentiel de liquéfaction.....	5 -10
5-5	Estimation de la stabilité de terrains en pente	5 -12
5-5-1	Méthodologie	5 -12
5-5-2	Conditions préalables d'analyse.....	5 -12
5-5-3	Évaluation de la stabilité de terrains en pente	5 -12
5-5-4	Inspection des terrains en pente sur le terrain	5 -13

Chapitre 6. Estimation des dommages.....	6 - 1
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 - 2
6-1-4 Dommages estimés	6 - 5
6-2 Victimes humaines.....	6 - 7
6-2-1 Méthodologie	6 - 7
6-2-2 Estimation de dommages	6 - 8
6-3 Infrastructure et réseaux vitaux	6 -10
6-3-1 Ponts.....	6 -10
6-3-2 Ports	6 -13
6-3-3 Aéroports.....	6 -15
6-3-4 Alimentation en eau potable	6 -17
6-3-5 Réseau d'assainissement	6 -21
6-3-6 Câble d'alimentation en électricité.....	6 -23
6-3-7 Canalisations de gaz.....	6 -26
6-3-8 Télécommunications	6 -28
6-4 Résumé des dommages se produisant immédiatement après les séismes de scénario	6 -29
Chapitre 7. Les conditions sociales actuelles	7 - 1
7-1 Population et ménages.....	7 - 1
7-1-1 La démographie d'Alger	7 - 1
7-1-2 Profils de la population et des ménages	7 - 1
7-1-3 Les ménages face au risque sismique à Alger.....	7 - 1
7-2 Utilisation du terrain et situation du développement urbain.....	7 - 2
7-2-1 Considérations générales sur la métropole d'Alger.....	7 - 2
7-2-2 Situation actuelle de la planification urbaine et de l'organisation administrative	7 - 2
7-2-3 Aménagement du territoire et plans de développement durable	7 - 2
7-3 Perception et culture du risque à Alger - Facteurs sociaux de vulnérabilité et de résilience	7 - 3
7-3-1 Considérations générales.....	7 - 3
7-3-2 Points de vue exprimés par les parties prenantes	7 - 3
7-3-3 Prise de conscience du risque de désastre à Alger	7 - 5
Chapitre 8. Le système de gestion de crise existant	8 - 1
8-1 Cadre Légal en matière de Gestion des Catastrophes.....	8 - 1
8-2 Système Institutionnel et Organisationnel	8 - 3
8-2-1 Niveau National	8 - 3
8-2-2 Niveau Local.....	8 - 3
8-2-3 Associations communautaires et ONG	8 - 4
8-3 Plan de gestion des catastrophes.....	8 - 4
8-4 Leçons tirées des Catastrophes passées	8 - 4

8-4-1	Tremblement de terre d'El Asnam (10 Octobre 1980).....	8 - 4
8-4-2	Inondations de Bab El Oued (10 Novembre 2001).....	8 - 5
8-4-3	Tremblement de terre de Boumerdes (21 mai 2003).....	8 - 5
Chapitre 9. Évaluation de la vulnérabilité urbaine		9 - 1
9-1	Évaluation sismique des bâtiments existants.....	9 - 1
9-1-1	Bâtiments en maçonnerie	9 - 1
9-1-2	Bâtiments en BA	9 - 7
9-2	Vulnérabilité urbaine au risque sismique.....	9 -10
9-2-1	Vulnérabilité urbaine au risque sismique	9 -10
9-2-2	Vulnérabilité sismique par secteur	9 -13
9-2-3	Évaluation compréhensive de la vulnérabilité urbaine	9 -17
9-2-4	Résultats des études de cas de vulnérabilité au risqué sismique	9 -19
9-3	Scénario de risque sismique	9 -20
Chapitre 10. Recommandation pour la réduction de l'impact sismique		10- 1
10-1	Mise en ordre des problèmes à résoudre	10- 1
10-2	Recommandations concernant le système organisationnel et institutionnel ainsi que le plan de gestion des catastrophes	10-12
10-2-1	Gestion globale des catastrophes	10-12
10-2-2	Recommandations pour la prévention des catastrophes dans le domaine social et humain.....	10-14
10-2-3	Recommandations relatives à l'aspect organisationnel et institutionnel et pour la planification de la prévention des risques	10-18
10-3	Bâtiments.....	10-23
10-3-1	Concept de renforcement parasismique	10-23
10-3-2	Bâtiments en maçonnerie	10-24
10-3-3	Bâtiments BA.....	10-31
10-4	Infrastructure et réseaux vitaux	10-35
10-4-1	Infrastructure.....	10-35
10-4-2	Réseaux vitaux	10-39
Chapitre 11. Banque de données de la gestion des catastrophes urbaines		11- 1
11-1	Base de données de la gestion des catastrophes urbaines.....	11- 1
11-2	Développement du système d'interface d'usagers	11- 3
11-3	Plan d'exploitation et de maintenance.....	11- 4
Chapitre 12. Transfert de technologie du microzonage sismique.....		12- 1

Liste des figures

	<u>Page</u>
Figure 1-1	Carte de la zone d'étude..... 1 - 2
Figure 1-2	Calendrier général..... 1 - 2
Figure 1-3	Calendrier d'exécution du travail..... 1 - 3
Figure 1-4	Organisation de l'Étude 1 - 4
Figure 2-1	Base de données conceptuelle schématisée..... 2 - 2
Figure 2-2	Modèle numérique de terrain 2 - 3
Figure 2-3	Comparaison entre les zones urbanisées en 1987 et 2000/2001 2 -10
Figure 3-1	Déplacement relatif Afrique/Eurasie et ellipse d'incertitude (2σ), 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 - 1
Figure 3-2	Distribution des sismicités historique et instrumentale dans la région d'Alger..... 3 - 2
Figure 3-3	Récents séismes significatifs dans la région d'Alger (Saadi, 2005) 3 - 3
Figure 3-4	Carte de niveau d'eau souterraine 3 - 4
Figure 3-5	Stratigraphie pliocène de la région d'Alger (Djediat, 1996)..... 3 - 6
Figure 3-6	Carte géologique de la zone d'étude 3 - 7
Figure 3-7	Localisations des forages 3 - 8
Figure 3-8	Distribution des fréquences de la vitesse de l'onde S 3 -10
Figure 3-9	Corrélation entre la vitesse de l'onde S et la valeur N 3 -11
Figure 4-1	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 - 6
Figure 4-2	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 - 6
Figure 4-3	Caractéristiques des structures de ponts..... 4 - 8
Figure 4-4	Localisations des ponts et caractéristiques géologiques 4 - 9
Figure 4-5	Développement historique du port..... 4 - 9
Figure 5-1	Localisations et traces des surfaces inférées des failles 5 - 2
Figure 5-2	Schéma du principe de la modélisation des sols 5 - 5
Figure 5-3	Sol de surface 5 - 6
Figure 5-4	Modèles de faille des séismes de scénario 5 - 7
Figure 5-5	Distribution de l'accélération de pic au sol à la surface de sol 5 - 8
Figure 5-6	Distribution de l'intensité sismique sur l'échelle MSK 5 - 9
Figure 5-7	Distribution du potentiel de liquéfaction 5 -11
Figure 5-8	Distribution du potentiel de rupture de pente..... 5 -13
Figure 5-9	Localisations des terrains en pente inspectés 5 -14

Figure 6-1	Indice parasismique de la structure, intensité sismique et rapport de dommage grave	6 - 3
Figure 6-2	Indice parasismique de la structure par type de structure	6 - 3
Figure 6-3	Fonction de vulnérabilité de bâtiment.....	6 - 4
Figure 6-4	Rapports moyens de dommage enquêtés, rangée estimée d'intensité sismique lors de séisme de Boumerdes et fonction de vulnérabilité.....	6 - 4
Figure 6-5	Nombre des bâtiments gravement endommagés.....	6 - 6
Figure 6-6	Fonction de vulnérabilité pour l'estimation du nombre de tués.....	6 - 7
Figure 6-7	Nombre de victimes mortelles	6 - 9
Figure 6-8	Schéma du principe de l'analyse de la stabilité de ponts	6 -10
Figure 6-9	Carte des localisations de probabilités des ponts en relation avec la chute de poutres: Khair al Din	6 -12
Figure 6-10	Carte des localisations de probabilités des ponts en relation avec la chute de poutres: Zemmouri	6 -13
Figure 6-11	Vérification de la fonction de vulnérabilité du port	6 -14
Figure 6-12	Résultat de l'estimation des dommages du port.....	6 -15
Figure 6-13	Relation entre le degré de dommage de l'aéroport et la PGA.....	6 -16
Figure 6-14	Résultat de l'estimation des dommages sur l'aéroport	6 -17
Figure 6-15	Relation entre PGA et Rapport de dommage standard du réseau enseveli sur la base du séisme d'An Fernando (1971).....	6 -18
Figure 6-16	Points de dommage du réseau AEP: Khair al Din.....	6 -20
Figure 6-17	Points de dommage du réseau AEP: Zemmouri.....	6 -20
Figure 6-18	Courbes de fonction de vulnérabilité du câble à moyen tension.....	6 -23
Figure 6-19	Longueur endommagée du câble à moyenne tension: Khair al Din	6 -24
Figure 6-20	Longueur endommagée du câble à moyenne tension: Zemmouri.....	6 -24
Figure 6-21	Points de dommage des canalisations de gaz: Khair al Din.....	6 -27
Figure 6-22	Points de dommage des canalisations de gaz: Zemmouri	6 -27
Figure 6-23	Distribution du rapport de dommage de l'estimation des dommages sur les câbles à fibres optiques : Khair al Din	6 -29
Figure 6-24	Distribution du rapport de dommage de l'estimation des dommages sur les câbles à fibres optiques : Zemmouri	6 -29
Figure 9-1	Plan de planchers typiques.....	9 - 8
Figure 9-2	Plan d'ossature du 2e niveau de la maille A	9 - 9
Figure 9-3	Communes situées dans la zone d'étude.....	9 -11
Figure 9-4	Graphique de vulnérabilité sismique d'une commune.....	9 -12
Figure 9-5	Distribution de la vulnérabilité urbaine relative de la zone d'étude	9 -14
Figure 9-6	Distribution de la vulnérabilité à l'exposition.....	9 -16
Figure 9-7	Distribution du risque sismique	9 -16
Figure 9-8	Distribution de la difficulté d'évacuation/secours	9 -16
Figure 9-9	Distribution des groupes de communes selon les caractéristiques vulnérables urbaines.....	9 -18
Figure 10-1	Concept du renforcement parasismique des bâtiments exist.....	10-23
Figure 10-2	Classification des méthodes de mise à jour parasismique	10-24

Figure 10-3	Élévation montrant la pose des isolateurs parasismiques	10-26
Figure 10-4	Renforcement de la toiture avec treillis d'acier supplémentaires aux arches d'acier existants	10-27
Figure 10-5	Détails typiques des nouvelles poutres de raccordement en BA et des nouveaux murs de cisaillement en BA.....	10-28
Figure 10-6	Plan de renforcement du 1er niveau.....	10-29
Figure 10-7	Disposition des murs en BA pour le renforcement	10-32
Figure 10-8	Renforcement par le chemisage des poteaux au 1er niveau.....	10-34
Figure 10-9	Détail standard du chemisage des poteaux.....	10-35
Figure 10-10	Méthodes d'amélioration de la résistance parasismique de la structure de pont	10-36
Figure 10-11	Résumé des mesures de réduction ou prévention de la liquéfaction.....	10-37
Figure 11-1	Diagramme conceptuel pour la base de données de la gestion des catastrophes urbaines	11- 2
Figure 11-2	Image du système d'appui au saisi de données et du système navigateur des cartes	11- 3
Figure 11-3	Schéma du principe conceptuel de l'exploitation et de la maintenance.....	11- 4

Liste des tableaux

	<u>Page</u>
Tableau 2-1	Activités de travail des habitants de la Wilaya d'Alger..... 2 - 8
Tableau 2-2	Population et nombre de ménage par commune de la zone d'étude..... 2 - 9
Tableau 2-3	Comparaison de la couverture des sols entre 1987 et 2000/2001..... 2 - 9
Tableau 2-4	Ressources de gestion des catastrophes dans la zone d'étude 2 -12
Tableau 2-5	Résumé des ressources de gestion des catastrophes par secteur dans la zone de microzonage 2 -13
Tableau 3-1	Les données géodésiques et structurelles qui donnent les résultats similaires permettent de considérer comme suit un déplacement relatif afro-eurasien à la localisation d'Alger de 5 à 6 mm/an vers le NNO. 3 - 1
Tableau 3-2	Classification des unités géologiques de l'ingénieur..... 3 - 9
Tableau 3-3	Propriétés de la géologie de l'ingénieur 3 -11
Tableau 4-1	Comparaison des résultats d'enquête d'inventaires : Bâtiments et Équipements..... 4 - 3
Tableau 4-2	Rapport des catastrophes du séisme d'El Asnam du 10 octobre 1980 du CTC 4 - 4
Tableau 4-3	Nombre des bâtiments endommagés enquêtés de la Wilaya d'Alger lors du séisme de Boumerdes 4 - 5
Tableau 4-4	Nombre des bâtiments endommagés enquêtés de la Wilaya d'Alger lors du séisme de Boumerdes (un extrait)..... 4 - 5
Tableau 4-5	Équipements dans la zone d'aéroport d'Alger..... 4 -10
Tableau 4-6	Résumé des matériaux du réseau AEP..... 4 -11
Tableau 4-7	Tableau à double entrée Matériaux et Diamètres..... 4 -11
Tableau 4-8	Longueur du réseau d'assainissement par situation..... 4 -12
Tableau 4-9	Tableau à double entrée Tensions et Types de distribution des câbles 4 -13
Tableau 4-10	Longueurs des canalisations de gaz par pression d'alimentation 4 -13
Tableau 4-11	Nombre des bâtiments et des logements de chaque commune 4 -15
Tableau 5-1	Magnitudes associées avec la période de retour de 475 ans pour les sources sismogènes critiques de la zone d'Alger 5 - 3
Tableau 5-2	Critères d'évaluation du potentiel de liquéfaction..... 5 -10
Tableau 5-3	Résumé de l'inspection des terrains en pente 5 -15
Tableau 6-1	Rapport de types de bâtiments par chaque commune..... 6 - 1
Tableau 6-2	Intensité sismique estimée causée par le séisme de Boumerdes..... 6 - 2
Tableau 6-3	Dommmages de bâtiments..... 6 - 5
Tableau 6-4	Victimes humaines..... 6 - 8
Tableau 6-5	Définition des degrés de dommage des ponts..... 6 -11
Tableau 6-6	Résumé de la vérification de la méthode de Katayama 6 -11
Tableau 6-7	Résumé de l'estimation des dommages de ponts 6 -12
Tableau 6-8	Dommmages sur les ports causés par les séismes du passé..... 6 -14
Tableau 6-9	Relation entre degré de dommage et accélération de pic au sol 6 -15

Tableau 6-10	Zones évaluées à risque relativement élevé et risque élevé pour le réseau d'assainissement de Khair al Din	6 -22
Tableau 6-11	Zones évaluées à risque relativement élevé et élevé du réseau d'assainissement: Zemmouri	6 -22
Tableau 6-12	Zones évaluées à risque relativement élevé et élevé des câbles à haute tension y compris les pôles: Khair al Din.....	6 -25
Tableau 6-13	Zones évaluées à risque relativement élevé et élevé du câble à haute tension y compris les pôles: Zemmouri.....	6 -25
Tableau 6-14	Zones évaluées de la canalisation à haute pression et des sous-stations à risque relativement élevé et élevé: Khair al Din.....	6 -28
Tableau 6-15	Zones évaluées de la canalisation à haute pression et des sous-stations à risque relativement élevé et élevé: Zemmouri.....	6 -28
Tableau 6-16 (a)	Résumé de dommages par commune	6 -30
Tableau 6-16 (b)	Résumé de dommages par commune	6 -31
Tableau 6-16 (c)	Résumé de dommages par commune	6 -32
Tableau 6-16 (d)	Résumé de dommages par commune	6 -33
Tableau 9-1	Charges totales de l'ancien palais et du nouveau palais	9 - 2
Tableau 9-2	Surfaces en coupe de l'ancien palais et du nouveau palais.....	9 - 3
Tableau 9-3	Jugement de l'évaluation sismique du PALACE.....	9 - 4
Tableau 9-4	Charge totale du SENAT	9 - 5
Tableau 9-5	Surface en coupe de mur du SENAT	9 - 5
Tableau 9-6	Jugement de l'évaluation sismique du SENAT	9 - 6
Tableau 9-7	Indice parasismique de la structure, Is, (directions X, Y).....	9 - 7
Tableau 9-8	Résumé de l'évaluation sismique	9 - 9
Tableau 9-9	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD.....	9 -10
Tableau 9-10	Critères de vulnérabilité et leur appréciation.....	9 -12
Tableau 9-11	Nouvelle classification de l'appréciation de chacun des six (6) critères de vulnérabilité	9 -13
Tableau 9-12	Catégories de vulnérabilité à l'exposition des communes.....	9 -13
Tableau 9-13	Catégories de risque sismique des communes.....	9 -15
Tableau 9-14	Catégories de difficulté d'évacuation/secours des communes.....	9 -15
Tableau 9-15	Groupes de communes par caractéristiques vulnérables urbaines.....	9 -17
Tableau 9-16	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 -22
Tableau 9-17	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 -23
Tableau 9-18	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 -24
Tableau 9-19	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 -25

Tableau 9-20	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 -26
Tableau 9-21	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 -27
Tableau 9-22	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 -28
Tableau 9-23	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 -29
Tableau 9-24	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 -30
Tableau 9-25	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 -31
Tableau 9-26	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 -32
Tableau 9-27	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 -33
Tableau 9-28	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 -34
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 -35
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 -36
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 -37
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 -38
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 -39
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 -40

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 -41
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 -42
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 -43
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 -44
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 -45
Tableau 9-40	Sélection des rubriques à promouvoir pour la réponse d'urgence selon le scénario conséquent	9 -47
Tableau 10-1	Principaux enjeux ressortant de l'analyse des activités préventives actuelles	10- 3
Tableau 10-2	Extrait des problèmes à résoudre par référence au cycle de prévention et aux entités d'exécution des activités préventives	10- 4
Tableau 10-3	Extrait des problèmes à résoudre par référence au cycle de prévention et aux entités d'exécution des activités préventives	10- 6
Tableau 10-4	Extrait des problèmes à résoudre par référence au cycle de prévention et aux entités d'exécution des activités préventives	10- 8
Tableau 10-5	Extrait des problèmes à résoudre par référence au cycle de prévention et aux entités d'exécution des activités préventives	10-10
Tableau 10-6	Méthodes de renforcement recommandées pour les bâtiments en maçonnerie	10-25
Tableau 10-7	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD après renforcement	10-32
Tableau 10-8	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD après renforcement	10-33
Tableau 10-9	Indice parasismique de la structure, Is, et CTSD	10-34
Tableau 10-10	Résumé de l'estimation des dommages sur les ponts	10-36
Tableau 10-11	Effets des dommages sismiques sur les équipements AEP	10-39
Tableau 10-12	Effets des dommages sismiques sur le système d'assainissement	10-40
Tableau 10-13	Effets des dommages sismiques sur le système d'alimentation en électricité	10-41
Tableau 10-14	Effets des dommages sur les équipements d'alimentation en gaz	10-42
Tableau 10-15	Effets des dommages sismiques sur les télécommunications	10-43
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- 1
Tableau 12-3	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour la fonction de vulnérabilité de bâtiment	12- 2

Tableau 12-4	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour les infrastructures et les réseaux vitaux.....	12- 2
Tableau 12-5	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour l'évaluation sismique et le renforcement des bâtiments en maçonnerie.....	12- 3
Tableau 12-6	Calendrier et contenu du transfert de technologie pour l'évaluation sismique et le renforcement des bâtiments en BA.....	12- 4
Tableau 12-7	Liste des documents techniques fournis au côté algérien.....	12- 5

Liste des photos

	<u>Page</u>
Photo 9-1	Entrée de l'ancien et du nouveau palais..... 9 - 2
Photo 9-2	Nouveau palais: Vue derrière..... 9 - 2
Photo 9-3	Vue sur Bd ZIGHOUT youcef..... 9 - 5
Photo 9-4	Espace galerie à la salle de l'assemblée..... 9 - 5
Photo 9-5	Vue générale de l'hôpital Mustapha 9 -10

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
EMS	Échelle microsismique européenne
GPS	Système de positionnement global
MMI	Intensité sismique Mercalli

MNE	Modèle Numérique d'Élévation (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

Grandes lignes de l'Étude

1. Généralités de l'Étude

Les généralités de la présente étude sont les suivantes:

Nom de l'Étude:

Étude de microzonage sismique de la Wilaya d'Alger,
République Algérienne Démocratique et Populaire

Organisme responsable de l'exécution de l'Étude:

Agence Japonaise de Coopération Internationale (JICA)

Organisme concerné du pays bénéficiaire:

Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme (MHU) et
Centre National de Recherche Appliquée en Génie Parasismique (CGS)

Période d'exécution de l'Étude:

de mars 2005 à décembre 2006, 23 mois

La présente étude a pour objets les trois points suivants pour une superficie totale d'environ 225 km² incluant les zones urbanisées environnantes :

- 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 dues aux séismes ;
- Suggérer un système de gestion du risque sismique de la Wilaya d'Alger; et
- Poursuivre le transfert de technologie auprès du personnel homologue durant l'Étude.

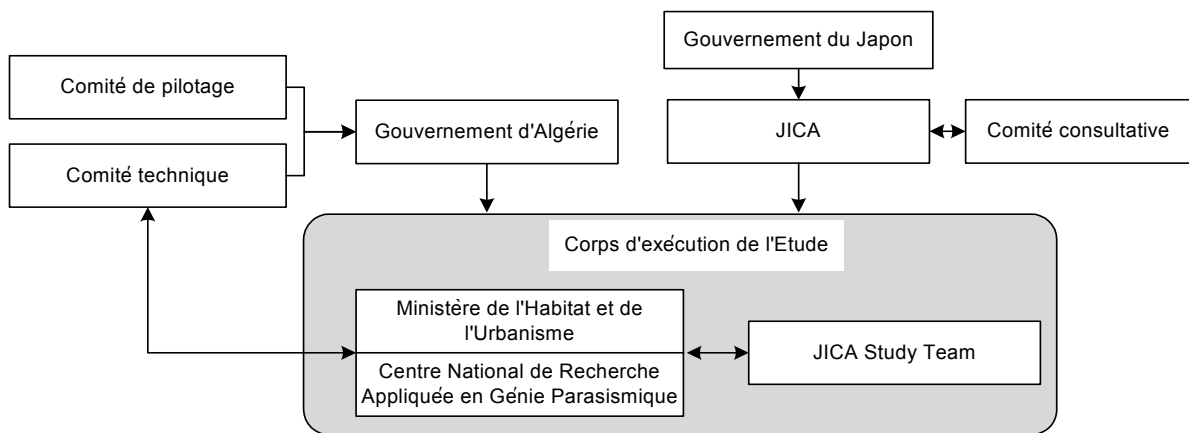


Figure-1 Organisation d'exécution de l'Étude

2. Collecte de données et développement de la base de données du SIG

Il a été d'abord construit une base de données d'appui à partir des informations et des données relevant des cartes topographiques à l'échelle de 1) 1:7 500, 2) 1:10 000, 3) 1:25 000 et des données satellitaires LANDSAT. A suivi par la suite la collecte des informations existantes concernant les conditions naturelles et sociales en effectuant parallèlement les investigations géologiques, les enquêtes d'inventaires des bâtiments, équipements et ressources de gestion des catastrophes. S'appuyant sur toutes ces informations recueillies, une base de donnée du SIG a été mise en place et est composée des rubriques suivantes :

1) Géologie, 2) Ressources de gestion des catastrophes, 3) Terrains en pente, 4) Bâtiments, 5) Réseau des routes, 6) Voies ferrées, 7) Réseau d'alimentation en électricité, 8) Canalisations de gaz, 9) Réseau d'alimentation en eau potable, 10) Réseau d'assainissement

Pour l'exploitation future par la partie algérienne de la présente base de donnée, il a été créée une équipe de travail spécifique mixte composée des organismes impliqués qui sont le CGS (MHU), la GDPC (MICAL), l'INCT (MDN) et URBANIS (Wilaya d'Alger).

3. Estimation de l'aléa sismique

Mises en évidence dans les environs de la zone d'étude, six (6) failles principales ont été modélisées pour estimer les magnitudes en relation avec la période de retour. La Figure-2 et le Tableau-1 montrent la localisation et la magnitude d'un séisme survenant dans une période de retour de 475 ans pour chaque faille.

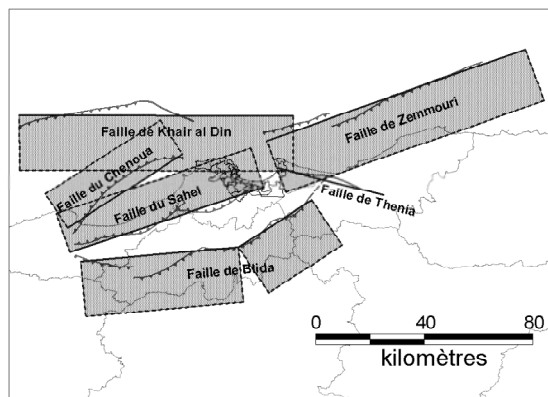


Figure-2 Modèles de failles des séismes de scénario

Tableau-1 Magnitudes des séismes de scénario

Sources sismiques	Magnitude dans la période de retour de 475 ans (Mw)
Faille de Sahel	5,9 ± 0,3
Faille de Chenoua	5,8 ± 0,3
Faille de Blida	6,8 ± 0,2
Faille de Khair al Din	6,8 ± 0,2
Faille de Zemmouri	7,0 ± 0,1
Faille de Thenia	5,9 ± 0,2

Sur la base de ces modèles des séismes de scénario, il a été calculé le mouvement sismique du sol, l'accélération de pic au sol (PGA) et l'intensité sur l'échelle MSK dans un maillage à 250 m de côté. Le mouvement sismique du sol a été calculé en utilisant une loi d'atténuation de l'intensité sismique sélectionnée et censée être appropriée à Alger. La PGA a été définie par le calcul de réponse unidimensionnelle et l'intensité sur l'échelle MSK par le PGA. Le mouvement sismique du sol s'est avéré le plus important quand il s'agit du modèle Khair al Din et dont l'intensité est estimée entre 8 et 9.

La PGA ainsi obtenue a été utilisée pour évaluer le potentiel de liquéfaction avant d'établir un plan de distribution des zones à risque de liquéfaction. Cette estimation indique que le risque de liquéfaction est accentué surtout dans les zones côtières de la partie centrale de la baie d'Alger et dans les zones riveraines le long de l'Oued HARRACH.

Il a été aussi effectué une inspection de terrains en pente dans la zone d'étude. Les terrains en pente sont répartis en deux types: l'un en pente raide à risque d'effondrement et l'autre en pente légère à risque de glissement. Chacun de ces deux types a été inspecté sur le plan de la stabilité de terrains en pente avant d'établir un plan de distribution des risques de rupture de terrains en pente. Cette inspection indique que le risque de rupture de terrains en pente est accentué surtout dans les zones collinaires de la moitié ouest de la zone d'étude pour les modèles Khair al Din et Sahel. Il a été alors sélectionné 30 sites à pente dans ces zones qui ont fait l'objet d'une inspection

4. Estimation de dommage

L'estimation de dommage a été effectuée par référence aux dommages de bâtiments de « degrés 4 (dommage grave) + 5 (effondrement) » déterminés par l'échelle EMS-98. Selon les résultats de l'enquête d'inventaire, des règles parasismiques algériennes, de l'étude des rapports de dommage dans la zone d'étude, etc., les bâtiments ont été classés en 8 catégories avant de déterminer leur fonction de vulnérabilité en relation avec les données des dommages de bâtiments occasionnés par les séismes d'El Asnam de 1980 et de Boumerdes de 2003.

Le nombre de bâtiments existants a été estimé à partir des données du SIG et des résultats de l'enquête d'inventaire des bâtiments, et a été utilisé pour estimer les dommages de bâtiments dans les deux modèles Khair al Dion et Zemmouri.

Les rapports étudiés qui donnent les dommages de bâtiment et les victimes humaines à travers les enregistrements des séismes du passé en Algérie ont servi à définir une formule d'estimation des victimes humaines. Elle donne les résultats de calcul comme suit :

Tableau-2 Dommages de bâtiments et nombre de victimes mortelles

Séismes de scénario	Nombre de bâtiments gravement endommagés/effondrés	Rapport	Nombre de victimes mortelles	Rapport
Khair al Din	56 000	36,2 %	12 000	0,67 %
Zemmouri	29 000	18,9 %	4 600	0,25 %

L'estimation de dommage a été également effectuée pour les infrastructures qui sont les ponts, le port et l'aéroport. Quant aux ponts, il a été utilisé la méthode d'estimation de Katayama et pour les port et aéroport, les dommages du passé vécus par certaines zones sismiques dans le monde ont servi de référence de base.

Tableau-3 Dommages sur les infrastructures

Séismes de scénario	Nombre de ponts à risque de tomber de leurs appuis	Dommages portuaires	Dommages aéroportuaires
Khair al Din	22	Graves dommages sur la plupart des ouvrages structurels principaux au point qu'ils perdent leurs fonctions	Dommages modérés généralisés sur toute zone aéroportuaire causant plusieurs jours d'arrêt de fonctionnement
Zemmouri	11	La moitié sud gravement endommagée causant de graves dommages des ouvrages structurels principaux au point qu'ils perdent leurs fonctions.	Dommages modérés généralisés sur toute zone aéroportuaire causant plusieurs jours d'arrêt de fonctionnement

L'estimation des dommages sur le réseau AEP, les câbles électriques à haute et moyenne tensions et les canalisations de gaz à moyenne pression a été effectuée selon les méthodes japonaises vérifiées par les dommages réels occasionnés par le séisme de Boumerdes. Quant aux réseaux d'assainissement et téléphonique, leur vulnérabilité seule a été examinée.

Tableau-4 Dommages sur les infrastructures

Séismes de scénario	Nombre de points de dommage AEP	Longueur de dommage du réseau électrique à moyenne tension	Nombre de points de dommage de la canalisation de gaz
Khair al Din	3 965 points	1 664 m	78 points
Zemmouri	1 636 points	546 m	42 points

5. Estimation sismique de bâtiments existants

Considérés stratégiques au point de vue de la gestion des catastrophes, trois bâtiments (Palais du peuple, Sénat et Hôpital Mustapha) et deux bâtiments types (maison d'habitation à 5 niveaux et école fondamentale à 2 niveaux) ont été sélectionnés pour faire l'objet d'une estimation sismique. Les bâtiments du Palais du peuple et du Sénat sont en maçonnerie. L'estimation a donné les résultats suivants qui montrent une insuffisance de la capacité parasismique :

- Palais du peuple : Insuffisance de capacité parasismique généralisés sur tout le bâtiment;
- Sénat : Idem;
- Hôpital Mustapha : Insuffisance de capacité parasismique au premier niveau;
- Maison d'habitation à 5 niveaux : Insuffisance de capacité parasismique du 1er au 4e niveau;
- École fondamentale à 2 niveaux : Insuffisance de capacité parasismique généralisés sur tout le bâtiment;

6. Évaluation de la vulnérabilité urbaine

L'analyse des données du SIG a permis d'évaluer la vulnérabilité urbaine au risque sismique des 34 communes de la zone d'étude. L'évaluation est basée sur 6 facteurs qui sont la densité démographique, l'âge du bâtiment, la valeur économique, le mouvement potentiel de la surface de sol, le risque de rupture de terrains en pente et la facilité d'évaluation et de secours. Il en résulte que les communes ont été classées en 5 groupes selon leurs caractéristiques vulnérables qui sont les suivantes :

Tableau-5 Groupes de communes répartis par leurs caractéristiques vulnérables

Groupe	Caractéristiques
I	Existence d'un grand nombre de vieux bâtiments construits avant 1981 sans considération parasismique qui sont donc relativement vulnérables et susceptibles d'être facilement endommagés par des secousses sismiques;
II	Comme le cas du groupe I, il existe les zones dont la valeur économique est très élevée. La densité démographique est relativement plus élevée que le groupe I et les activités d'évacuation et de secours seront difficiles ;
III	Il s'agit des communes situées sur les zones collinaires du Sahel à risque élevé de rupture de terrains en pente. Il leur est difficile de se raccorder avec le réseau routier régional et les activités d'évacuation et de secours seront donc difficiles
IV	Le potentiel de fortes secousses sismiques est élevé dans la zone d'étude. Le risque économique est aussi relativement élevé.
V	La vulnérabilité au risque sismique est relativement faible par rapport aux autres communes.

Sur la base de l'évaluation de la vulnérabilité urbaine et des résultats du microzonage, il a été effectué les 3 études de cas suivants :

- (1) Cas 1: Capacité des points d'évacuation et autres sites d'abri potentiels;
- (2) Cas 2: Sécurité du réseau routier d'évacuation/secours régional en cas d'urgence;
- (3) Cas 3: Méthodes permettant aux villes de réduire les effets du risque sismique.

Les mesures à prendre pour la réduction du risque sismique sur le plan d'urbanisation et d'occupation des sols des 34 communes sont les suivantes :

- Rénovation des bâtiments à faible résistance contre le séisme;
- Restriction de la construction de bâtiments sur les sites près de terrains en pente raide et les structures de protection des pentes par bâtiments;
- Augmentation des espaces de stationnement et diminution des véhicules stationnés dans les rues étroites;
- Élargissement des rues étroites
- Maintien et aménagement de la facilité de raccordement avec le réseau routier régional (surtout en cas de communes du groupe III);
- Maintien des espaces libres (jardins et autres);
- Déménagement ou dispersion des fonctions du centre ville (surtout dans le cas des communes des groupes I et II);
- Préparation à d'éventuels grands séismes (anti-renversement et autre) (surtout dans le cas des communes du groupe IV).

7. Scénario du risque sismique

Sur la base des dommages estimés dans la présente étude, un scénario sismique a été envisagé en tenant compte de la situation actuelle et de l'expérience du passé de l'Algérie dans les conditions suivantes :

- Séisme de scénario : Séisme de scénario de Khair al Din, survenu à 20 heures
- Articles du scénario : 24 articles liés à la réponse d'urgence ; (1) Quartier général d'urgence, (2) Base d'appui, (3) Recasement et accommodation, (4) Secours et lutte contre l'incendie, (5) Sécurité publique, (6) Soins médicaux des blessés, (7) Système sanitaire, (8) Personnes disparues, (9) Traitement à la morgue, (10) Fausses rumeurs et panique, (11) Soin psychologique, (12) Éducation, (13) Accueil des aides, (14) Alimentations, (15) Eau potable, (16) Electricité, (17) Gaz, (18) Télécommunications, (19) Média, (20) Transport aérien, (21) Transport maritime, (22) Transport terrestre – Ponts, (23) Transport terrestre – Routes et (24) Décharges de débris.
- Scénarii par article : Le scénario le pire et le scénario d'amélioration accompagnés des rubriques à promouvoir pour la réalisation du scénario d'amélioration
- Axe de temps : 5 étapes sur l'axe de temps, (1) immédiatement après le séisme jusqu'à une heure plus tard, (2) d'une heure jusqu'à vingt-quatre heures après, (3) d'un jour jusqu'à trois jours après, (4) de trois jours jusqu'à sept jours après et (5) de sept jours et plus tard

Dans le but de compiler des éléments pour l'ensemble des recommandations concernant la réponse d'urgence, et sur la base du scénario du risque sismique, une série de rubriques à promouvoir a été compilée en relation avec les rubriques largement partagées par chaque article et les rubriques individuelles. De ce travail les 6 rubriques suivantes ont été extraites:

- Évaluation sismique et mise en valeur des équipements principaux;
- Éducation et information préalable auprès du public;
- Formulation de plan de formation pour la réponse d'urgence dans chaque secteur et exercice pratique;
- Stockage de provisions et de matériels de secours ;
- Clarification de la procédure de formulation de plans de réhabilitation/reconstruction
- Préparation et tenue des enregistrements des activités accompagnés de résumés et de clarifications des plans d'amélioration.

8. Recommandations

8.1 Recommandations concernant l'organisation, l'institution et le plan de prévention des risques

L'ensemble des problèmes à résoudre pour la prévention du risque sismique ont été extraits à partir des trois matrices préparées comme suit :

- (1) Scénario de catastrophes (voir Chapitre 8) : Évaluation des fonctions des 24 articles de réponse d'urgence sur l'axe de temps;
- (2) Niveaux de prévention des risques : Évaluation sur le plan des points faibles, forts et recommandables des 62 rubriques détaillées constituant 7 articles principaux (population, organisation et institution, ressources de prévention des risques, information et communication, sensibilisation, formation et entraînement);
- (3) Rôles dans la prévention des risques : Mise en ordre et évaluation des priorités des conditions actuelles et des problèmes à résoudre relevant des 72 rubriques au total en fonction de 3 facteurs qui sont l'assistance publique, l'assistance mutuelle et l'auto-assistance dans le cadre des 4 articles principaux (préparation, réduction, réponse d'urgence, réhabilitation et reconstruction) qui ont abouti à extraire les problèmes à résoudre les plus prioritaires :
 - Création de la Délégation nationale aux risques majeurs (DNRM) (Publication des décrets conformément à la loi 04-20)
 - Élaboration des stratégies et du plan nationaux de prévention des risques sur la base de la DNRM;
 - Élaboration des plans de prévention régionaux (individuels) sur la base du plan national de prévention.

Il est souligné qu'il est important d'englober dans les stratégies et le plan nationaux de prévention tout cycle de prévention (avant, au pendant et après catastrophes) ainsi que toute entité d'activités de prévention (État, collectivités locales, communautés, population). De plus, l'ensemble des points à considérer lors de l'élaboration des plans de prévention ont été synthétisés selon les problèmes à résoudre extraits du résultat d'analyse.

8.2 Recommandations concernant le renforcement parasismique des bâtiments, infrastructures et réseaux vitaux

Pour 5 bâtiments évalués pour la résistance parasismique, les méthodes de renforcement parasismique ont été recommandées en effectuant le calcul parasismique approximatif. Pour les infrastructures et les réseaux vitaux ont été présentées les recommandations concernant le renforcement parasismique.

9. Transfert de technologie de microzonage sismique

Le transfert de technologie a été réalisé comme suit suivant le déroulement de la présente étude. Le contenu et le calendrier du transfert de technologie sont résumés au Tableau-6.

Tableau-6 Transfert de technologie

Contenu	Homologue	JICA	Date
Définition des séismes de scénario	Y. Bouhadad	Mouroux, Bertrand	14/05/06~6/05/06
Modèle du sol et analyse des aléas	N. Mezouer, L. Haderbache, N. Guessoum, D. Ait Benameur, M. Ait Ameur	Segawa, Nishii	21/05/06~8/06/06
Fonction de vulnérabilité de bâtiments	Y. Mehani, A. Remas	Inoue	16/05/06~19/06/06
Estimation de dommage sur infrastructures et réseau vitaux	A. Kibboua	Miyazaki	13/05/06~09/06/06
Évaluation sismique et renforcement parasismique des ouvrages en maçonnerie	Y. Mehani, A. Remas	Kagawa	11/10/05~08/06/06
Estimation sismique et renforcement parasismique des ouvrages en BA	Y. Mehani, A. Remas	Inoue	16/05/06~08/07/06
Création de données SIG	S. Saadi (CGS) M. Boukri (CGS) R Douar (URBANIS) A. Gharbi (URBANIS) A. Allouane (URBANIS) H. Metref (URBANIS) F. Sahraoui (DGPC) R. Aliouat (DGPC) T. Benattou (INCT)	Kiyota, Tanak	05/06/06~18/06/06

Chapitre 1. Introduction

1-1 Arrière-plan

Un grand séisme de magnitude de 6,8 a frappé l'Algérie le 21 mai 2003. Les secousses ont détruit plus de 20 000 bâtiments alors que le nombre de morts et blessés a atteint, respectivement, 2 278 et 10 000, dans les Wilayas de Boumerdes et d'Alger.

Le Nord de l'Algérie borde la Méditerranée. Dans cette région, les plaques africaines et eurasiennes poussent l'une contre l'autre en engendrant des activités sismiques croissantes. Par conséquent, la région a historiquement souffert de plusieurs séismes sévères.

Pour un tel contexte et en réponse à la requête du gouvernement de la République Algérienne Démocratique et Populaire, le gouvernement du Japon a décidé de conduire une étude de réduction du risque sismique: « Étude de microzonage sismique de la Wilaya d'Alger, République Algérienne Démocratique et Populaire » (ci-après désignée l' « Étude »).

1-2 Étendue de l'Étude

1-2-1 Objectifs de l'Étude

Les objectifs de l'Étude sont les suivants:

- Préparer les cartes de microzonage sismique de la Wilaya d'Alger qui seront utilisées pour l'évaluation des victimes humaines et pertes de biens éventuels 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 long de l'Étude.

1-2-2 Concepts de l'Étude

L'Étude est composée des 3 volets suivants:

(1) Microzonage

L'étude de microzonage a pour but d'estimer les aléas et les dommages par les séismes de scénario. Les résultats seront utilisés pour l'amélioration de la planification et de la consolidation de la capacité de gestion des catastrophes sismiques. L'équipe d'étude JICA a réalisé un transfert de technologie au personnel homologue.

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

L'équipe mixte d'étude, avec le soutien des agences concernées, a discuté et compilé une proposition pour le renforcement parasismique des bâtiments.

(3) Propositions pour le plan de gestion des catastrophes

L'équipe d'étude conjointe a préparé une série de propositions pour construire un cadre pour un système de gestion des catastrophes en définissant les fonctions et les responsabilités.

L'Étude consiste à étudier la capacité actuelle de gestion des catastrophes et de préparer les propositions pour le renforcement des capacités de gestion des catastrophes.

1-2-3 Zone de l'Étude

La zone concernée par l'Étude s'étend sur 34 communes de la Wilaya d'Alger couvrant une superficie totale d'environ 225 km² incluant toutes les zones urbanisées telle que montrée sur la Figure 1-1.

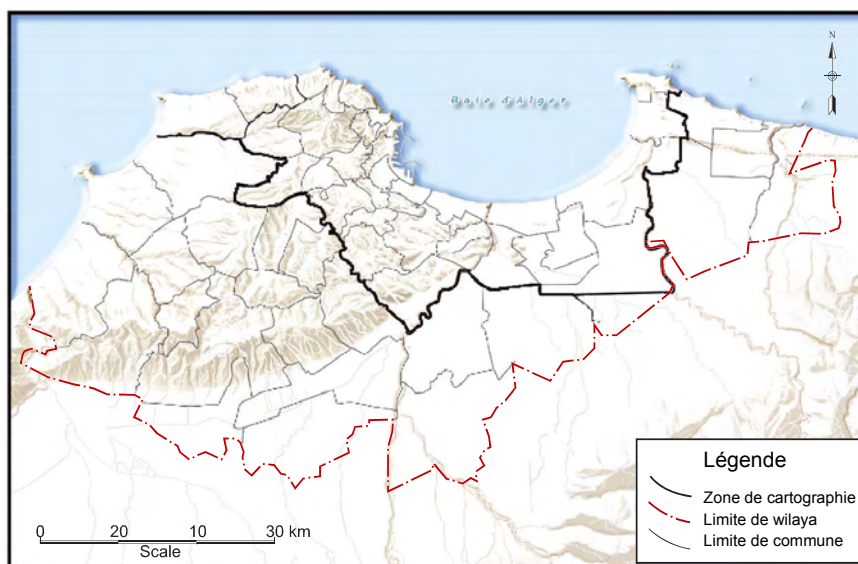


Figure 1-1 Carte de la zone d'étude

1-2-4 Calendrier de l'Étude

L'Étude consiste en trois phases comme suit : le calendrier global est montré à la Figure 1-2.

1ère Phase : Collecte de données (Février 2005 à Août 2005, 7 mois)

2ème Phase : Analyse de données (Septembre 2005 à Mars 2006)

3ème 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	1ère Phase							2ème Phase					3ème Phase												
Travail	en Algérie							au Japon					Rapport												
Atelier de travail et séminaire	1er séminaire							2e séminaire					Atelier de travail												
	1er	2e						3e					4e												
	1er	2e						3e					4e												
	△							△					△											△	
	Rapport de commencement		Rapport de l'état d'avancement					Rapport intermédiaire					Avant-projet de rapport					Rapport final							
	1er	2e						3e					4e											6e	
	△							△					△											△	
	1er séminaire		2e séminaire					Atelier de travail					3e séminaire												

Figure 1-2 Calendrier général

La Figure 1-3 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^{ère}

phase a été remis. En mars 2006, le rapport intermédiaire résumant le travail réalisé dans la 2^{ème} phase a été remis à la date prévue.

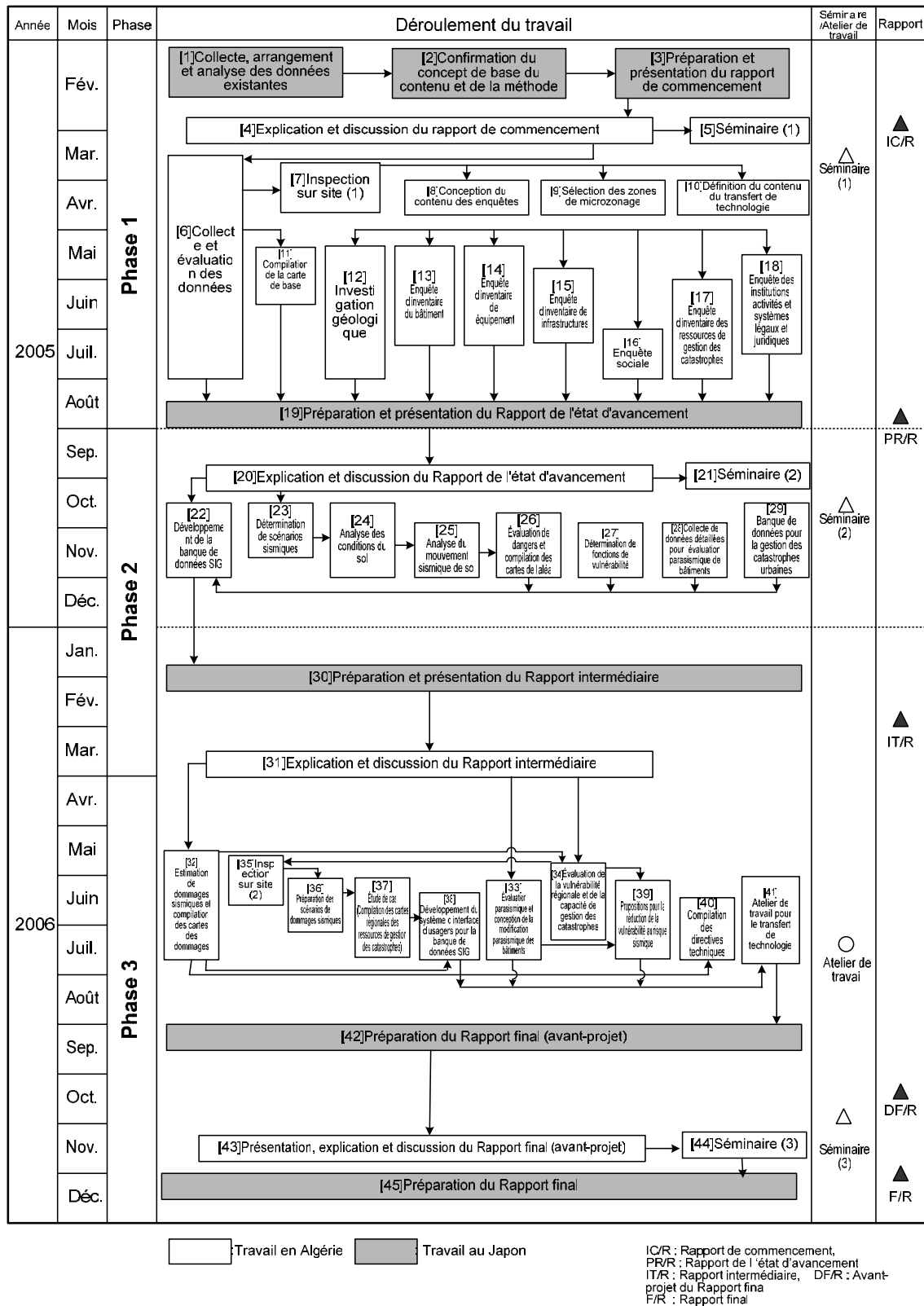


Figure 1-3 Calendrier d'exécution du travail

1-2-5 Organisation 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 1-4.

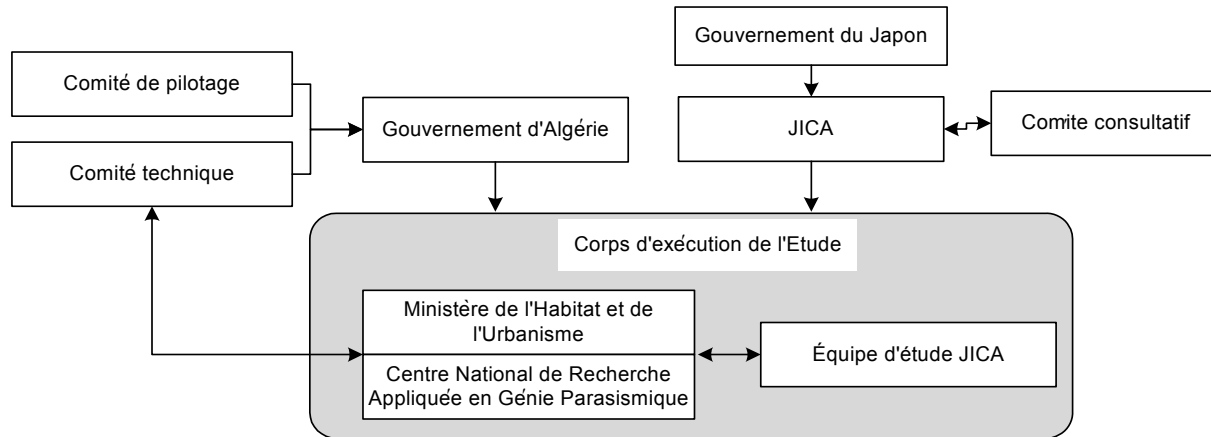


Figure 1-4 Organisation de l'Étude

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

Chapitre 2. Collecte des données et développement de la base de données SIG

2-1 Conception de la base de données du SIG

Pour réduire le risque sismique, il est très important de se faire des images réalistes sur cet aléa. Le SIG aide à comprendre ce qui se passe dans le monde réel par compilation des informations à la fois dispersées et dissemblées.

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, ce qui demanderait sans cet outil beaucoup de temps et de compétences.

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

Les informations topographiques servant de base à la présente étude proviennent des ressources 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 un travail de correction et de 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 la « 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.

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 ressources 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) Canalisations de gaz
- 10) Système d'alimentation en eau
- 11) Système d'assainissement
- 12) Téléphones (fixes, mobiles)

La base de données du SIG de la présente étude vise à servir de plate-forme de différents types d'informations grâce à sa capacité de compiler, de mettre à jour et de mieux utiliser des informations.

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

L'architecture conceptuelle de la présente base de données est décrite comme suit :



Figure 2-1 Base de données conceptuelle schématisée

2-2 Collecte et entrée des données

2-2-1 Topographie et géologie

(1) Topographie

L'équipe d'étude a acheté les cartes à l'échelle de 1:10 000 et 1:25 000 publiées par l'INCT. L'équipe d'étude a digitalisé les lignes de contour des cartes à l'échelle 1 :10 000 et créé les données du MNT (modèle numérique de terrain).

(2) Élévations

Les données MNT à 5 m d'intervalle (Figure 2-2) ont été fournies par l'INCT. Les élévations obtenues des cartes topographiques à 1 : 10 000 sont utilisées avec le MNT de l'INCT dans l'analyse des aléas.

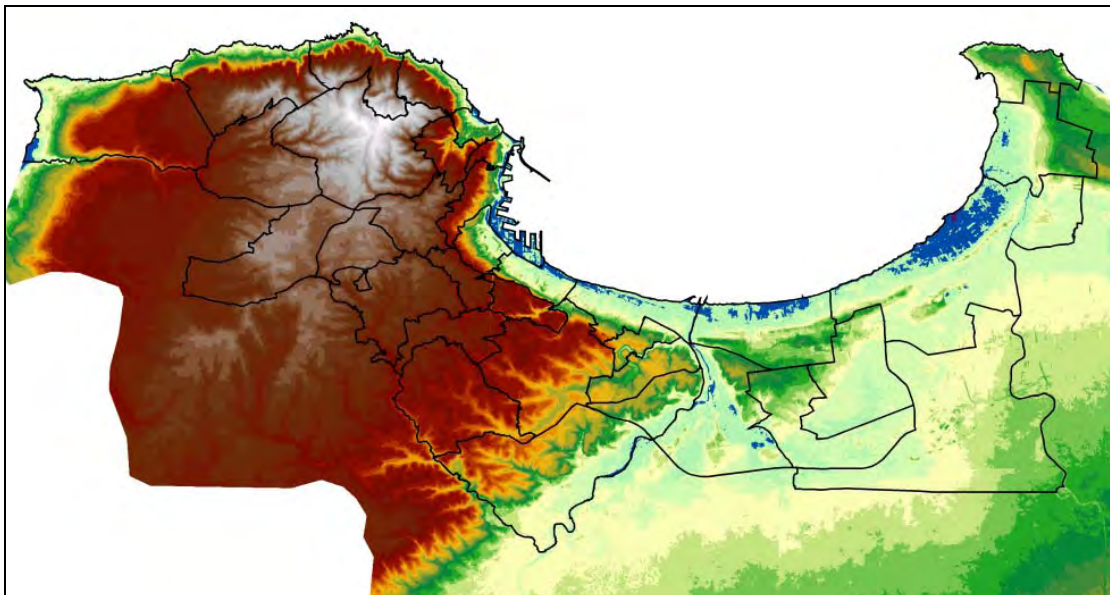


Figure 2-2 Modèle numérique de terrain

(3) Géologie

Les cartes imprimées à l'échelle de 1 :50 000 couvrent la zone d'étude; dont plusieurs sont très anciennes. L'équipe d'étude a interprété ces cartes et créé l'ensemble des classifications géologiques et des distributions dans la zone d'étude.

2-2-2 Bâtiments et équipements importants et dangereux

(1) Bâtiments

1) Classification des bâtiments

(A) Type structurel

Les bâtiments en maçonnerie sont dominants à ALGER CENTRE, CASBAH et autres zones adjacentes et datent de la première moitié du 20ème siècle. La

structure en béton armé avec murs de briques creuses sans armature s'est développée après 1960 à Alger.

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

Les types de structure typiques sont les suivants;

- a) Béton armé (BA) – Portique auto stables
- b) Béton armé (BA) - Portiques et murs de cisaillement
- c) Béton armé (BA) - Murs de cisaillement sans portiques
- d) Charpente métallique
- e) Charpente métallique avec contreventement
- f) Structure en maçonnerie

(B) Années de construction

Les bâtiments sont classés suivant l'année de leur construction en 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 sur 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) Application des règles parasismiques

Les règles parasismiques n'étaient pas obligatoires pour les maisons individuelles. Tous les bâtiments construits avant 1981 et la plupart des maisons individuelles construites avant 2003 ne sont pas basés sur une conception résistante contre le séisme. Les règles parasismiques algériennes (RPA2003) ne sont obligatoirement pour les maisons individuelles que depuis 2003. Ces constructions de propriété privée dépassant 2 niveaux sont principalement renforcées par une structure en voiles en béton armé.

(2) Règles parasismiques pour les bâtiments

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

Les règles AS55 ont été introduites en 1955 après le séisme d'Orléanville (El-Asnam) de septembre 1954 et les règles PS62 en 1962 et les PS69 en 1969. Ces règles PS n'étaient que des directives et des recommandations seulement ; elles n'étaient pas obligatoires pour le calcul d'un bâtiment.

La première version des règles parasismiques algériennes (RPA) a apparu en 1981 sous le titre RPA81 à la suite de la catastrophe du séisme d'El Asnam du 10 octobre 1980. Une première révision a été effectuée en 1983. Les RPA81 et RPA81 version83 étaient obligatoires pour les bâtiments publics et non pour les maisons individuelles.

Les RPA99 ont été introduites en 2000. Les règles rappellent dans leurs 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 après le séisme de Boumerdes de 2003 et donné les RPA99 version 2003 avec la nouvelle classification des zones sismiques et les valeurs du coefficient d'accélération plus élevées de la zone d'Alger.

(3) Équipement importants et dangereux

Les équipements importants sont les bâtiments stratégiques qui doivent rester fonctionnels pour les actions d'aides et de secours en cas d'événement sismique. Ces équipements ne devraient pas être vulnérables aux feux ou aux accidents à la suite d'un tel événement. Il doit être donc effectué une enquête de ces équipements pour fournir une banque de données de base 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 une méthode d'enquête d'inventaire des équipements importants et dangereux. Les résultats sont décrits en grandes lignes dans la section 1) et la procédure de distribution est décrite à la section 2).

1) Méthode 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 pour lesquels sur un total de 476 échantillons (équipements) visités. Le contenu des rubriques enquêtées est le même que celui de l'enquête d'inventaire des bâtiments avec les rubriques supplémentaires incluant les matériels dangereux y compris leurs volumes et stockages. Il convient de se référer au Chapitre 2-2-2 (1) pour le détail du présent contenu.

(B) Équipements particuliers (importants et dangereux)

Quelques 54 équipements importants et dangereux dans des communes particulières ont une fonction de gestion stratégique des catastrophes et ne sont pas vulnérables à des feux et à des accidents en cas de séisme éventuel. Comme indiqué dans la section 1), le contenu des détails de l'enquête sont essentiellement les mêmes que ceux de l'enquête d'inventaire des bâtiments.

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). Ces discussions ont abouti à ce qui suit:

- 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 noté dans 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 à usage de bureaux gouvernementaux, bureaux d'affaires, hôpitaux, écoles et ainsi de suite, est inconnu. Par conséquent, la distribution des bâtiments a été déterminée par rapport au nombre de la population de chaque commune.

2-2-3 Infrastructures et réseaux vitaux

(1) Infrastructure

1) Routes

Les informations sur le réseau des routes ont été compilées en utilisant les données de URBANIS, les cartes topographiques 1:10 000 et 1:25 000 publiées par l'INCT et la carte routière schématique fournie par la DTP. Les informations sur la largeur et la longueur des routes nationales et de wilaya ont été fournies par le Ministère des Travaux Publics. La carte digitalisée est montrée au Chapitre 6.

Les données sur les ponts ont été compilées en utilisant les résultats 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 est constitué en doubles voies avec des railles renforcés du type UIC 54.

Les dommages sur le réseau ferroviaire causés par le séisme de Boumerdes selon la SNTF sont légers.

3) Port et aéroport

L'implantation du port et de l'aéroport d'Alger est fournie 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 et une copie imprimée des localisations des réservoirs sur piliers.

2) Assainissement

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

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 (220 000 V ou 60 000 V) et les copies imprimées du réseau à moyenne tension (30 000V pour les zones rurales ou 10 000 V pour les zones urbaines).

4) Gaz

La direction du gaz de la SONELGAZ a fourni à l'équipe d'étude les copies imprimées du réseau de gaz à haute pression (20 bars à 70 bars) et celui à moyenne pression (4 bars à 5 bars).

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.

2-2-4 Population et ménages

(1) Population de la Wilaya d'Alger

La population totale de la Wilaya d'Alger a été estimée à 2 562 424 en 1998 quand le recensement général de la population et de l'habitat a été effectué. Avant le 31 décembre 2002, la population était estimée avoir atteint 2 700 449^{*1} avec une densité démographique de 3 337 habitants par kilomètre carré.

Pendant la période entre deux recensements précédents (1987-1998), la croissance moyenne annuelle était de 1,6% à Alger, moins élevé que le taux national de 2,5%. Il y a un mouvement général de la population vers la périphérie de la Wilaya d'Alger.

(2) Population par genre

La population féminine de la Wilaya d'Alger représentait 49,7% et celle masculine de 50,3% en 1998

*¹ Source: Annuaire statistique de la Wilaya d'Alger (2003)

(3) Population par âge

Les données du recensement de 1998 montrent aussi une diminution de la population active. Ceux qui sont âgés de 15 à 59 ans représentaient 27% de la population totale en 1998 par rapport à 34% en 1987. La population âgée de 60 ans et plus a augmenté dans la même période de 5,8% à 8%.

(4) Population d'âge scolaire

La scolarité en Algérie est obligatoire pour les enfants de 6 à 15 ans. Le nombre total d'enfants d'âge scolaire de 6 à 15 ans est de 449 788 lors du dernier recensement (1998). Cela implique que le taux de scolarisation est d'environ 91% dans la Wilaya d'Alger par rapport au taux national de 83%.

(5) Population active

Le Tableau 2-1 présente le résultat du recensement de 1998 concernant les activités de travail dans la Wilaya d'Alger.

Tableau 2-1 Activités de travail des habitants de la Wilaya d'Alger

Rubrique	Nombre d'habitants	Pourcentage de la population totale	Pourcentage de la population active
Population totale	2 562 428	-	-
Population à l'âge de travail	1 632 584	63,71%	-
Population active	909 780	35,50%	55,73%
Population avec emploi	524 852	20,48%	32,15%
Sans emploi	384 928	15,02%	23,58%

Source: RGPH 1998

En 1998, la population totale d'âge de travail (15-59) était de 1 632 584 qui correspondent à 63,7% de la population totale. Le taux de chômage en 1998 était élevé (23,58% de la population d'âge de travail).

(6) Personnes physiquement handicapées

Dans la Wilaya d'Alger, le nombre de personnes handicapées était estimé à 18 799 en 1998.

(7) Population et ménages dans la zone d'étude

La zone d'étude concerne 34 communes dont la population totale est de 1 803 258 en 1998. Il y avait 300 438 ménages dans ces 34 communes en 1998.

Le Tableau 2-2 montre la population et le nombre de ménage de la zone d'étude en 1998.

Tableau 2-2 Population et nombre de ménage par commune de la zone d'étude

Code	Commune	Population	Ménage	Code	Commune	Population	Ménage
1601	ALGER CENTRE	96 330	17 888	1619	BACH DJERAH	90 073	14 408
1602	SIDI M'HAMED	90 454	15 469	1620	DAR EL BEIDA	44 752	7 025
1603	EL MADANIA	51 405	8 283	1621	BAB EZZOUAR	92 158	15 370
1604	HAMMA EL ANNASSER	59 248	9 807	1622	BEN AKNOUN	19 406	3 371
1605	BAB EL OUED	87 557	14 160	1623	DELY BRAHIM	30 577	4 992
1606	BOLOGHINE	43 284	7 341	1624	HAMMAMET	19 650	3 406
1607	CASBAH	50 453	9 326	1625	RAIS HAMIDOU	21 517	3 556
1608	OUED KORICHE	53 378	9 138	1626	D. KACENTINA	82 730	13 446
1609	BIR MOURAD RAIS	43 255	7 296	1627	EL MOURADIA	29 503	5 176
1610	EL BIAR	52 584	9 182	1628	HYDRA	35 727	6 429
1611	BOUZAREAH	69 152	11 362	1629	MOHAMMADIA	42 079	6 928
1612	BIRKHADEM	55 083	8 833	1630	BORDJ EL KIFFAN	103 690	16 136
1613	EL HARRACH	48 167	7 645	1631	EL MAGHARIA	30 459	5 055
1615	OUED SMAR	21 396	3 309	1632	BENI MESSOUS	17 489	2 895
1616	BOUROUBA	77 496	12 291	1639	BORDJ EL BAHRI	27 905	4 465
1617	HUSSEIN DEY	49 921	8 139	1640	EL MARSA	8 782	1 470
1618	KOUBA	105 253	18 095	1644	AIN BENIAN	52 345	8 746

Source: RGPH 1998

2-2-5 Occupation des sols et développement urbain

(1) Situation de couverture /occupation des soles

Afin de déterminer de manière crédible la couverture des sols de la Wilaya d'Alger, les cartes de couverture des deux saisons (1987 et 2000/2001) ont été préparées par interprétation des images satellitaires LANDSAT. La couverture des sols de la Wilaya d'Alger en 1987 et 2000/2001 est résumée au Tableau 2-3.

Tableau 2-3 Comparaison de la couverture des sols entre 1987 et 2000/2001

Classe de couverture des sols	Superficie	(Pourcent,)	Superficie (ha)	(Pourcent,)
1 : Terrain dénudé	1 353	(1,8%)	876	(1,1%)
2 : Récoltes	23 139	(30,1%)	20 613	(26,8%)
3 : Forêt	4 675	6,1%	4 344	(5,6%)
4 : Prairie	23 044	29,9%	20 071	(26,1%)
5 : Industrie	2 093	2,7%	2 776	(3,6%)
6 : Infrastructure	639	0,8%	643	(0,8%)
7 : Mélange urbain	5 313	6,9%	5 237	(6,8%)
8 : Arbuste	4 863	6,3%	1 846	(2,4%)
9 : Urbain	11 685	15,2%	20 420	(26,5%)
10: Eau	167	0,2%	132	(0,2%)
(Erreur inconnue)	(13)	-	(13)	-
Total (excepté erreur)	76 971	(100%)	76 958	(100%)

Source: Équipe d'étude

La classe « Urbain » représente le plus grand changement de la couverture de la Wilaya d'Alger durant la période entre 1987 et 2000/2001. La proportion de la surface totale des sols occupés par la classe « Urbain » a augmenté jusqu'à 11,3% entre 1987 et 2000/2001.

Trois (3) sur dix (10) classes de couverture des sols (« Urbain », « Industrie » et « Infrastructure ») identifiées sur les images LANDSAT sont considérées comme représentant les zones développées correspondant aux zones réelles « urbanisées » de la Wilaya d'Alger. La Figure 2-3 montre la distribution des zones « urbanisées » de la Wilaya d'Alger en 1987 et 2000/2001.

Il y avait huit (8) communes en 1987 et treize (13) en 2000/2001 dont plus de 80% de la surface a été urbanisée.

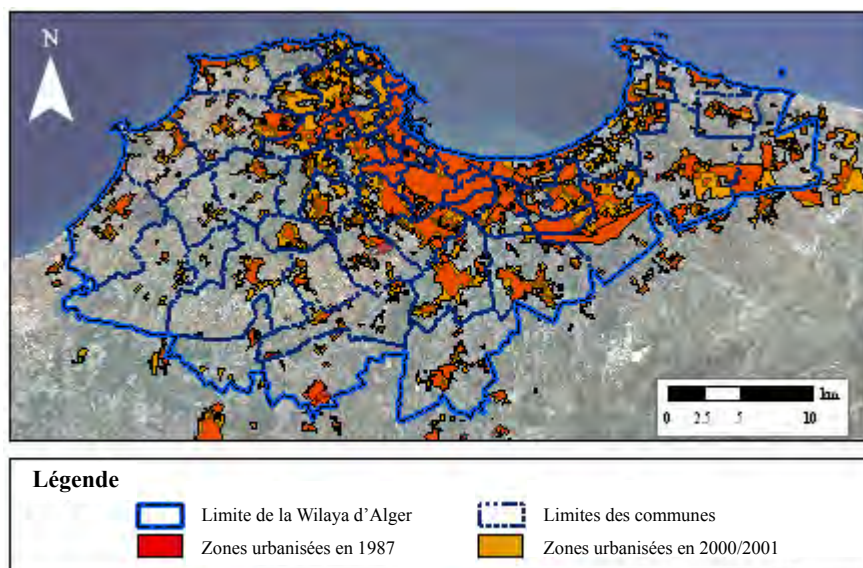
Dans les communes situées à plus de 10 km au sud de la côte de la baie d'Alger, le taux d'urbanisation entre 1987 et 2000/2001 n'était pas aussi remarquable que dans les communes situées dans la zone côtière.

(2) Développement urbain

1) Arrière-plan

Immédiatement après l'indépendance, l'Algérie a été divisée en 15 wilayas. Au fil des années, le nombre de wilayas en Algérie a augmenté jusqu'à 48 en 1984.

En 1997, l'« ordonnance 97-14 » a été introduite pour étendre la Wilaya d'Alger par intégration des 24 communes qui appartenaient avant aux autres wilayas adjacentes à la Wilaya d'Alger.



Source: Équipe d'étude

Figure 2-3 Comparaison entre les zones urbanisées en 1987 et 2000/2001

Le « Gouvernorat de Grand Alger (GGA) » a été créé conformément à l'« ordonnance 97-15 ». Cette nouvelle circonscription administrative inclut 57 communes réparties dans

13 districts. Parmi ces 57 communes, 28 communes étaient considérées comme arrondissement urbain, alors que le reste s'est vu donner le statut de commune périphérique. Le GGA a mis en place un « Grand Projet Urbain, Alger, capital du 21^e siècle ».

2) Législation concernée

Les instruments législatifs principaux qui contrôlent l'occupation des sols et l'aménagement urbain sont le « Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme » (PDAU) et le Plan d'occupation des sols (POS).

Le PDAU est préparé en tant que plan directeur de développement pour l'aménagement urbain et l'urbanisation. Le PDAU est utilisé au niveau communal et inter communal sur la base d'échelles cartographiques nominales de 1:5000 et de 1:10000

Le PDAU détermine, pour une commune ou une association de commune, quatre (4) secteurs : urbanisé (U), à urbaniser (c'est-à-dire zone à urbaniser réellement ou prochainement, zone en développement ; AU), d'urbanisation future (UF) et non urbanisable (c'est-à-dire zone à ne pas être soumis au développement urbain ; NU).

Le POS se réalise sous forme de plans détaillés pour l'occupation des sols (5 à 10 POS par commune) sur l'échelle cartographique nominale de 1:500.

Les POS fixent en détail les droits à l'occupation des sols et à la construction. Le règlement est accompagné de documents graphiques de référence.

La période de révision des paramètres des unités des POS est de 5 ans pour la Zone U, 10 ans pour la Zone AU et 10 ans pour la Zone UF. Les PDAU et les POS sont définis dans le cadre de diverses lois et décrets d'application (règlements) et de la « loi 90-29 (1/12/1990) », en particulier. Cette loi a été modifiée et complétée par la « loi 04-05 (14/08/2004) » à la suite du séisme de Boumerdes du 21 mai 2003.

En 2004, il a été modifié l'approche générale par introduction de la participation des citoyens au processus de réalisation des PDAU.

Quatre décrets (règlements) relatifs à l'application de la loi 90-29 (28/05/1991) disposent précisément les procédures à suivre :

- 91-175: RGA (Règles générales d'Urbanisme).
- 91-176: Procédures d'instruction et de distribution des lois et ordonnances
- 91-177: Procédures d'élaboration et d'approbation des PDAU.
- 91-178: Procédures d'élaboration et d'approbation des POS.

Les modifications principales apportées par la loi 04-05 concernent :

- Permis de construire: les études de génie civil sont nécessaires.
- Étude de planification de l'occupation des sols: Les aléas naturels et technologiques sont à considérer; et
- L'occupation des sols et la construction doivent être adaptées à ces menaces.

La loi 04-05 ajoute les dispositions pour la démolition des structures non conformes aux règles et procédures de la planification urbaine et de la construction.

Un nouveau PDAU pour la Wilaya d'Alger (57 communes) a démarré en 2005, vu que 20 PDAU communaux n'étaient pas cohérents puisqu'ils ne tenaient pas compte des rubriques principales imposées par les lois de 2004 :

- Approche globale;
- Critères d'environnement;
- Développement durable;
- Risques naturels et technologiques.

2-2-6 Ressources de gestion des catastrophes

(1) Ressources cibles

Les ressources de gestion des catastrophes pour le risque sismique ont été vérifiées à travers l'« Enquête de ressources de gestion des catastrophes » effectuée par l'équipe d'étude en 2005. Les ressources de gestion des catastrophes qui pourraient être utilisées incluent les centres d'aides et de secours, les logements temporaires, les sites de recasement, les hôpitaux provisoires et les bureaux provisoires qui pourraient être fournis en cas d'urgence. Les équipements existants qui pourraient être utilisés en tant que ressources de gestion des catastrophes sont listés au Tableau 2-4.

Tableau 2-4 Ressources de gestion des catastrophes dans la zone d'étude

Ressources	Type	Objets cibles
Parcs	Air libre	Parcs publics (tous parcs)
Terrain vacant	Air libre	Terrain libre (au moins 1 ha par zone)
Terrain de sports	Air libre	Terrain de sports à l'air libre (terrains athlétiques, cours de tennis, etc.)
Aéroports	Air libre	Piste d'aviation
Ports	Air libre	Ports
Eau	Air libre	Eau à l'intérieur du pays (aquifère, comme éventuelles sources d'eau potable)
Police	Bâtiment/Équipement	Commissariat de police
Armée	Bâtiment/Équipement	Bâtiments militaires et bâtiments/équipements connexes
Civil Protection	Bâtiment/Équipement	Stations de Protection civile
Education	Bâtiment/Équipement	Sites d'enseignement: écoles, collèges, université
Administration	Bâtiment/Équipement	Sites gouvernementaux/administratifs incluant bâtiments/équipements
Public	Bâtiment/Équipement	Auditoriums municipaux, halls publics
Sports en sale	Bâtiment/Équipement	Gymnases (excepté ceux des écoles, collèges, universités)
Médical/Santé	Bâtiment/Équipement	Hôpitaux, cliniques, centres de soins de santé
Religion	Bâtiment/Équipement	Mosquées, églises, temples
Sanitaire	Bâtiment/Équipement	Sites sanitaires
Décharges	Bâtiment/Équipement	Sites d'élimination de déchets

Source: Équipe d'étude

Les données relatives aux localisations et divers attributs des ressources de gestion des catastrophes vérifiées ont été digitalisées et intégrées dans une « Base de données de la gestion des catastrophes urbaines » du SIG. Les résultats de l'étude de microzonage et l'évaluation de la vulnérabilité urbaine, décrits aux sections suivantes, ont été aussi incorporés dans la base de données des ressources de gestion des catastrophes.

(2) Ressources de gestion des catastrophes existantes (données de base)

Le Tableau 2-5 montre le nombre et l'étendue (ha) des ressources de gestion des catastrophes existantes par secteur dans la zone de microzonage consistant dans 34 communes.

Tableau 2-5 Résumé des ressources de gestion des catastrophes par secteur dans la zone de microzonage

Code	Ressources	Type	Nombre	Surface brute (ha)
01	Parcs	Air libre	118	175
02	Terrains vacants	Air libre	28	49
03	Terrains de sports	Air libre	132	181
04	Aéroports	Air libre	1	-
06	Ports	Air libre	3	-
07	Eau	Air libre	49	38
08	Police	Bâtiment/Équipement	122	-
09	Armée	Bâtiment/Équipement	8	-
10	Protection civile	Bâtiment/Équipement	24	-
11	Éducation	Bâtiment/Équipement	770	661
12	Administration	Bâtiment/Équipement	107	53
13	Public	Bâtiment/Équipement	163	460
14	Sports en sale	Bâtiment/Équipement	21	15
15	Médical/Santé	Bâtiment/Équipement	162	-
16	Religion	Bâtiment/Équipement	207	-
18	Décharges	Bâtiment/Équipement	1	7.2

Source: Équipe d'étude

Chapitre 3. Conditions naturelles pour le microzonage

3-1 Sismotectoniques et sismicité de la région

3-1-1 Contexte géodynamique

La région d’Alger donnant sur la mer méditerranéenne se situe à proximité de l’interface entre la plaque Eurasie dans le nord et la plaque Afrique dans le sud (Figure 3-1). Dans la ville d’Alger se situant à environ 36.75° N de latitude et 3.05°E de longitude, le mouvement relatif des plaques afro-eurasiennes dans les données géodésiques est résumé au Tableau 3-1. Les données géodésiques et structurales qui donnent les résultats similaires permettent de considérer comme suit un déplacement relatif afro-eurasien à la localisation d’Alger de 5 à 6 mm/an vers le NNO.

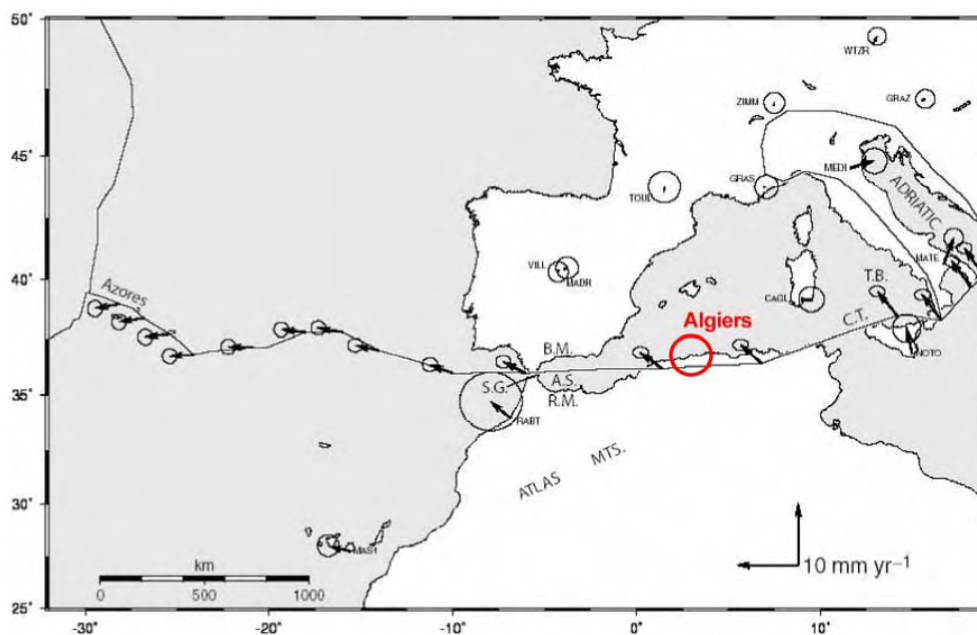


Figure 3-1 Déplacement relatif Afrique/Eurasie et ellipse d’incertitude (2σ), sur une interface des plaques schématisées entre la jonction triple des îles d’Açores et l’Italie, basée sur le pôle de rotation de McClusky et al (2003). SG : Détroit de Gibraltar; BM: Massif de Betic; AS: Mer d’Alboran; RM: Massif du Rif; CT: Fossé calabrien; TB: Bassin tyrrhénien

Tableau 3-1 Les données géodésiques et structurales qui donnent les résultats similaires permettent de considérer comme suit un déplacement relatif afro-eurasien à la localisation d’Alger de 5 à 6 mm/an vers le NNO.

Référence	Pôle de rotation				Déplacement	
	Mouvement relatif	Lat (°N)	Référence	Mouvement relatif	Lat (°N)	Référence
DeMets et al, 1994	Afr/Eur	21,0±4,2	-20,6±0,6	0,12±0,015	-30,9	5,8
Sella et al, 2002	Nubia/Eur	-18,23±9,5	-20,0 ±3,7	0,062±0,005	-64,3	5,9
McClusky et al, 2003	Nubia/Eur	-0,95±4,8	-21,8±4,3	0,06±0,005	-52,9	4,7
Albarelo et al, 2003	Afr/Iberia	22,7	-20,6	0,119	-28,0	5,5

3-1-2 Cadre structurel et tectonique de la région d'Alger

Du Trias jusqu'à présent, l'histoire géologique de l'Algérie du nord est étroitement liée aux déplacements relatifs des plaques Afrique et Eurasie. Il en résulte de cette histoire tectonique que la chaîne tellienne est formée par des plis, des plis défaits et des failles inverses tendant de E-O à NE-SO, le long de la zone d'accommodation de la convergence Afrique et Eurasie. Les structures sensibles principales relevant de cette évolution sont :

- Failles normales héritées de l'élévation mésozoïque, réactivée avec le mouvement inverse;
- Failles inverse nouvellement formées, orientées de NE-SO à E-O.

Il est identifié six régimes de tension affectant la chaîne tellienne pendant les périodes du Néogène et du Quaternaire. Dans la région d'Alger, le résultat de cette évolution tectonique de la région d'Alger est un cadre structurel dominé par les structures de compression (plis et failles inverses) le long de la direction de NE-SO à ENE-OSO. Ces structures sont affectées par une compression perpendiculaire au niveau de leur direction, qui est susceptible d'accommoder ces contraintes par des déplacements de compression avec d'éventuels composants de glissement orienté.

3-1-3 Distribution de la sismicité

Les catalogues sismiques présentent à la fois : 1) les informations macrosismiques relatives aux grands séismes historiques (c-à-d avant 1900) et 2) les informations plus détaillées de la période de sismicité instrumentale. La montre la distribution des séismes aux alentours d'Alger entre 1365 et 1995.

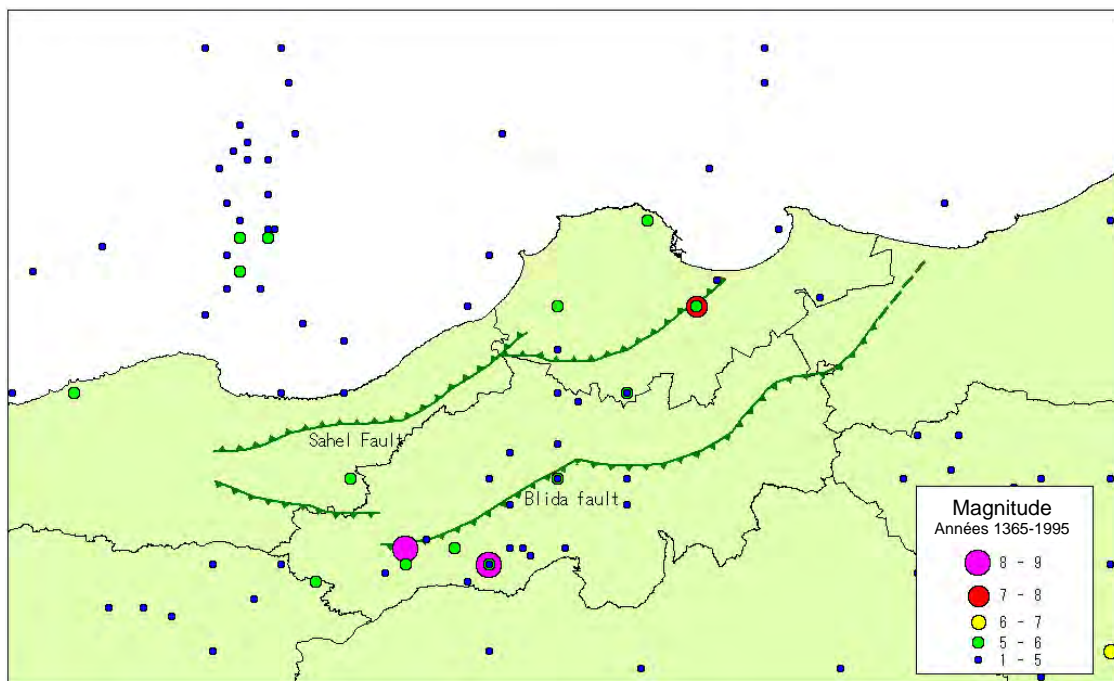


Figure 3-2 Distribution des sismicités historique et instrumentale dans la région d'Alger

3-1-4 Séismes historiques de l'Algérie du nord

La région d'Alger a vécu plusieurs séismes sérieux à travers son histoire. Le cas le plus ancien enregistré est le séisme d'Alger de 1365 qui a détruit la ville entière et provoqué un tsunami. Le dernier cas enregistré est le séisme de Boumerdes (Zemmouri) du 21 mai 2003 ($M_s=6,8$) qui a tué 2 278 habitants et blessé plusieurs milliers de personnes. Ce récent séisme a eu lieu sur une faille où presque aucune sismicité n'avait été enregistrée auparavant. Ceci souligne que les données historiques du séisme sont trop rares pour permettre des approches d'estimation sismique fiables et déterministes.

Les autres cas significatifs dans la régions d'Alger sont les séismes d'Oued Djer (31/10/1988, $M_s=5,4$), du Mont Chenoua (29/10/1989, $M_s=6,0$) et d'Ain Benian (04/09/1996, $M_s=5,7$) (voir la Figure 3-3). En plus, il est à noter que l'Algérie du nord a été aussi victime des plusieurs séismes plus forts comme par exemple celui d'El Asnam (10/10/1980, $M_s=7,2$).

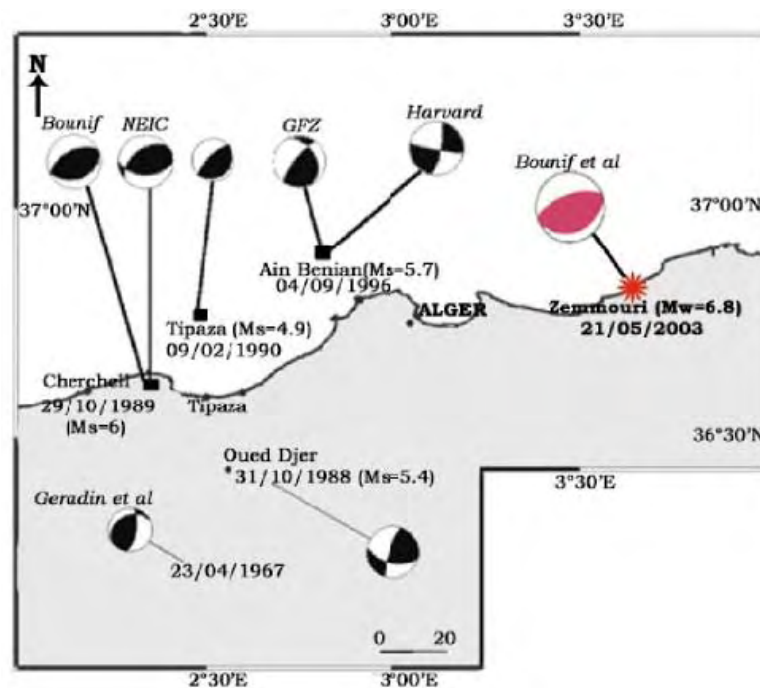


Figure 3-3 Récents séismes significatifs dans la région d'Alger (Saadi, 2005)

[Référence]

- DeMets C., Gordon R.G., Argus D.F., and Stein S., 1994, Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimates of current plate motions. *Geophysical Research Letters*, 21, p. 2191-2194.
- McClusky S., Reilinger R., Mahmoud S., Ben Sari D., and Tealeb A., 2003, GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. *Geophysical Journal International*, 155, p. 126-138.
- Saadi N., 2005, Etude sismotectonique de la région est-algéroise; Boumerdes, Zemmouri, Cap Djinet, Bordj Menaël. Mémoire de projet de fin d'études d'Ingénieur, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumédiène, 109 pages, 68 figures, 1 annexe.

3-2 Caractéristiques géomorphologiques et géologiques de la zone d'étude

3-2-1 Géomorphologie

Dans la zone d'étude, trois particularité morphologiques principales existent comme :

(1) Plaine de la Mitidja

La plaine de la Mitidja s'étend sur la partie orientale de la zone d'étude. Cette plaine a une étendue de formations très récentes. Elle est formée par le remplissage quaternaire principal d'un vaste structure synclinale. Son étendue longitudinale dépasse 120 km avec une largeur maximum de 20 km.

(2) Massif de Bouzareah

Le massif de Bouzareah se situe sur une partie occidentale de la zone d'étude. Le massif métamorphique solide de Bouzareah se développe, atteignant 407 m d'altitude. Le massif a un axe anticlinal dans une direction SE-NO.

(3) Terrasse marine

La terrasse marine est une unité d'affleurement entre 50 et 200 m d'altitude, séparant la plaine de la Mitidja de la mer.

3-2-2 Météorologie et hydrologie

(1) Météorologie

En générale, la zone côtière en Algérie exhibe un climat typiquement « méditerranéen ». Les précipitations annuelles sont faibles de l'ordre de 600 mm. La température moyenne mensuelle à Alger est de 12 °C en hiver et de 25 °C en été.

(2) Niveau d'eau souterraine

La Figure 3-4 montrent les niveaux d'eau souterraine observés pendant la présente étude avec les données enregistrées existantes.

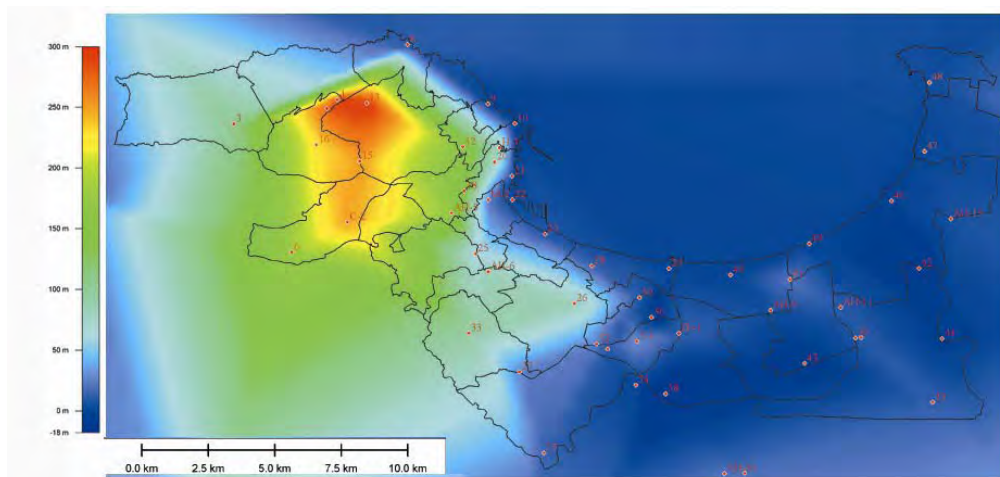


Figure 3-4 Carte de niveau d'eau souterraine

3-2-3 Structure géologique principale

Dans la structure géologique de la chaîne Maghrébine sont formés deux champs structurels principaux du nord au sud comme suit :

(1) Zones internes

Les zones internes forment une bande discontinue le long de la côte méditerranéenne du Maghreb. Dans le nord de l'Algérie, elles forment un massif côtier de l'ouest à l'est, par exemple, le Mont Chenoua, les collines de Bouzareah et ainsi de suite. Ces anciennes roches massives sont pourtant paléozoïques.

(2) Zones externes

Les zones externes se composent principalement de marnes calcaires et grès des ères mésozoïque et cénozoïque. Ces unités sont distribuées dans les couches successives débordant vers le sud.

1) Miocène

(A) Burdigalien (Début du Miocène)

Les dépôts burdigaliens apparaissent sur la surface du bassin de la Mitidja à la fois sur l'anticlinal de Sahel sur la côte entre EL MARSA et AIN TAYA et sur la périphérie de la base de Thenia du sud.

(B) Serravalien (Miocène moyen)

Les dépôts serravalliens apparaissent sur la surface de la région de Thenia avec une épaisseur atteignant 1 000 m, diminuant jusqu'à 50 m près d'Alger (Glangeaud, et al 1932).

2) Pliocène

Le Pliocène manque de continuité avec les dépôts serravalliens. Il est largement étendu sur la partie méridionale de la Mitidja (Glangeaud et al; 1952). Ce dépôt est essentiellement classifié en deux unités, l'une plaisancienne et l'autre astienne. Ils sont parfois séparés par les épaisseurs variant entre plusieurs centimètres et mètres (Ayme, 1952, Yassini, Figure 3-5).

(A) Plaisancien (Première période du Pliocène)

Le dépôt plaisancien consiste en marnes bleues atteignant 1 000 m d'épais (Glangeaud et al; 1952). Il manque de continuité avec les couches couvertes.

(B) Astien (Dernière période du Pliocène)

Selon Glangeaud et al (1952), ceci inclut quatre unités (de la base à la surface) en marnes jaunâtres, calcaire sableux riches en bivalves et molasses, ensuite grès suivis par sables (Glangeaud et al 1952) (Figure 3-5).

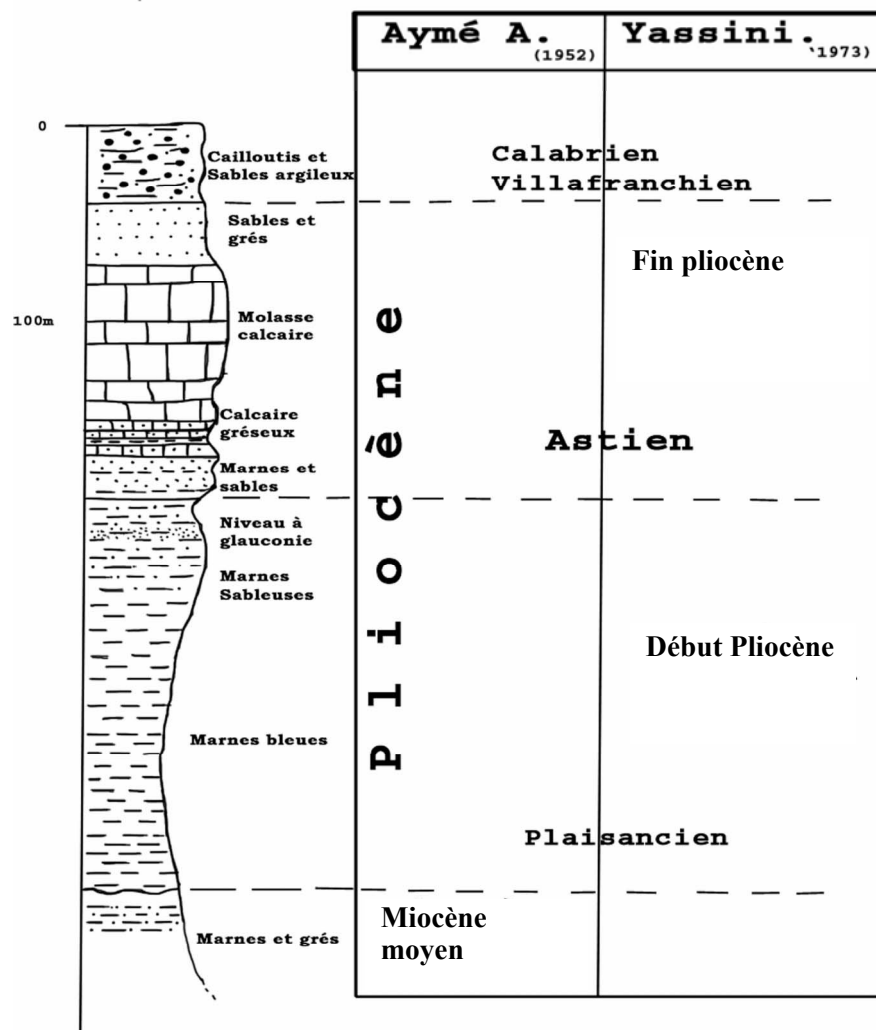


Figure 3-5 Stratigraphie pliocène de la région d'Alger (Djediati, 1996)

3) Quaternaire

Les formations quaternaires couvrent une large surface de la région côtière d'Alger. Elles peuvent être observées sous forme de terrasses incluant des sables, graviers et argiles sableuses. Les terrasses quaternaires sont subdivisées en quatre périodes correspondant aux transgressions quaternaires principales : Calabrien, Sicilien, Tyrrhénien et Versilien.

Les terrasses marines quaternaires se trouvent à 200 m d'altitude dans l'est d'Alger et à 325 m dans l'ouest (Djediati, 1996). Les terrasses marines relèvent des mouvements verticaux liés aux activités tectoniques pendant le Quaternaire. La première période du Pléistocène est représentée par des argiles rouges, alors que le Holocène se représente par des dunes des sables de plage. La Figure 3-6 montre une carte géologique de la zone d'étude.

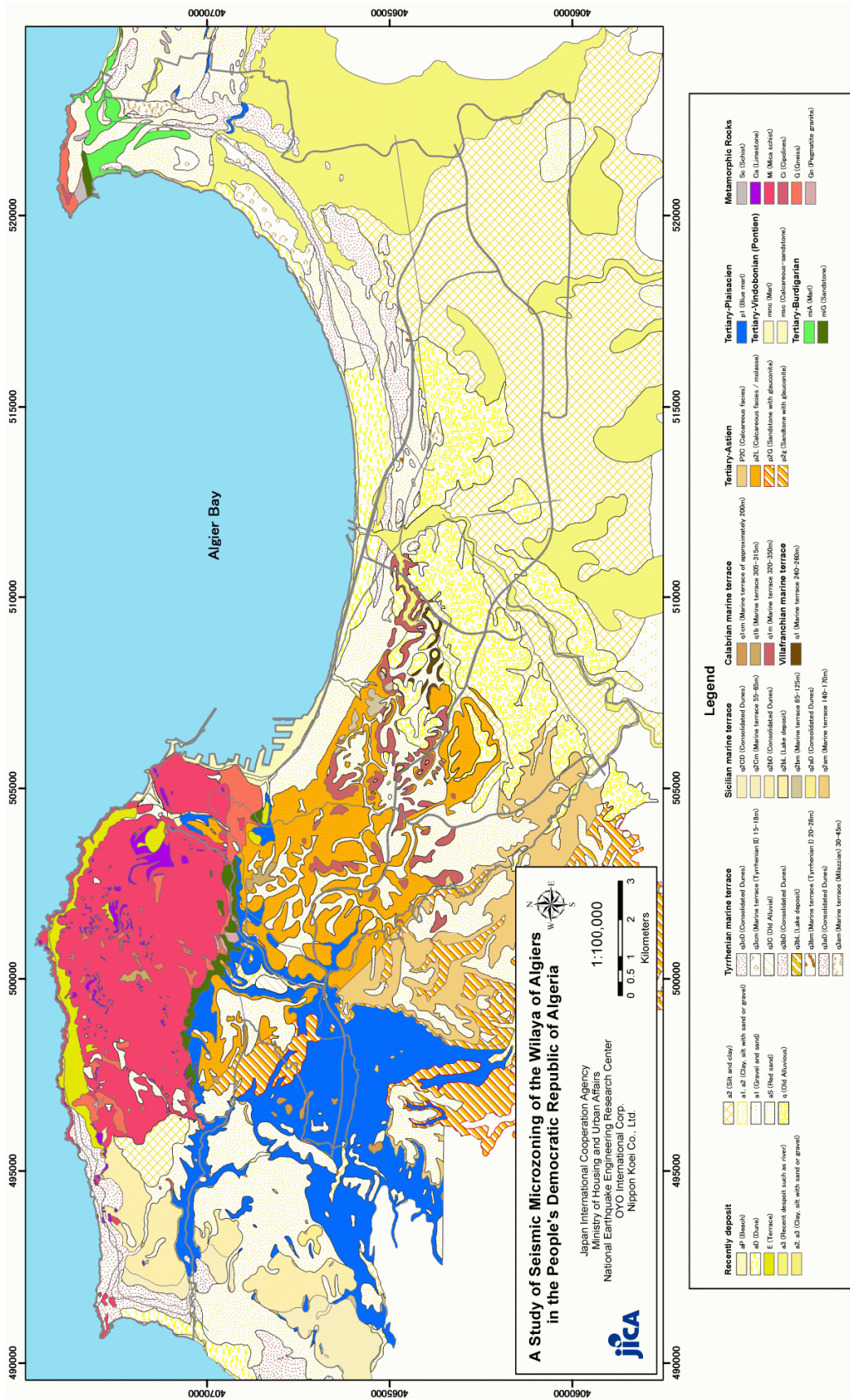


Figure 3-6 Carte géologique de la zone d'étude

3-3 Investigation supplémentaire

3-3-1 Forage

Pour évaluer la structure géologique de l'ingénieur, 50 nouveaux forages ont été réalisés pendant la présente étude afin de compléter les données existantes. Les localisations des forages nouveaux et existants sont montrées à la Figure 3-7. Les données de forages existants ont été fournies par l'LNHC (Laboratoire National de l'Habitat et la Construction) et l'ANRH (Agence Nationale des Ressources Hydriques). Les forages impliqués dans l'analyse sont au nombre de 179 au total.

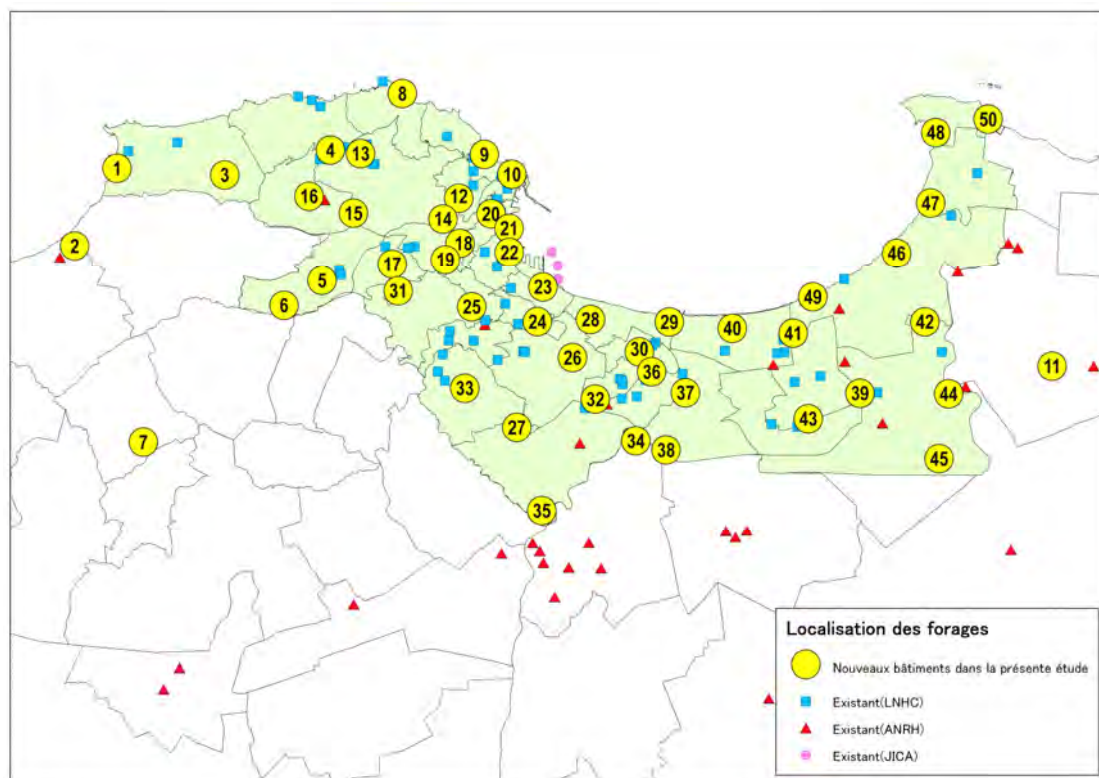


Figure 3-7 Localisations des forages

Sur la base des données de forages et des documents techniques, les stratum géologiques ont été classés du point de vue géologique de l'ingénieur tel qu'indiqué au Tableau 3-2. Les propriétés des matériaux, estimées sur la base des essais de laboratoire et les investigations géophysiques, ont été étudiées et compilées par référence à la présente classification.

Tableau 3-2 Classification des unités géologiques de l'ingénieur

Symbole	Explication
ap	Dépôt de plage et dépôt de sables
e	Dépôt de pentes
a3	Dépôt quaternaire (sables)
a2	Dépôt quaternaire (argiles)
q	Dépôt quaternaire ancien
qt	Terrasse marine
p2c	Couches Astienne (marnes, détériorées)
p2c-f	Couche Astienne (marnes, fraîches)
p2l	Couche calcaire Astienne (détériorée)
p2l-f	Couche calcaire Astien (fraîche)
p1	Couche Plaisancienne (marnes bleues, détériorées)
p1-f	Couche Plaisancienne (marnes bleues, fraîche)
mi	Roches métamorphiques (schiste, détériorés)
mi-f	Roches métamorphiques (schiste, fraîche)

3-3-2 Essais au laboratoire

Quelques échantillons en état satisfaisant ont été obtenus pendant les forages et soumis aux essais de laboratoire selon les paramètres suivants :

- Densité humide
- Teneur en eau
- Taux de saturation (Sr)
- Limites d'Atterberg (LL, LP)
- Granulométrie de 50% de criblage (D50)
- Contenu fin (FC)

3-3-3 Investigation géophysique

La valeur de V_s (vitesse de l'onde S) est le paramètre le plus important pour l'analyse de la réponse avant l'évaluation de l'amplification du mouvement sismique : cependant, il n'y avait dans la zone d'étude que très peu d'informations concernant la valeur de V_s . Le profil de la V_s de la surface au substratum du point de vue de l'ingénieur, à savoir, la couche de schiste ou de marnes bleues, est nécessaire pour évaluer le mouvement sismique. L'enregistrement des ondes PS a été donc effectué sur 34 points de la zone d'étude jusqu'à une profondeur maximale de 99 mètres. La méthode de tubage cimenté a été adoptée avec les ondes de cisaillement régénérées par marteau sur les deux côtés d'une plaque de bois placé sur la surface de terrain.

(1) Contrôle de la qualité de données

La qualité des données enregistrées des ondes PS a été examinée par deux moyens avant l'analyse de la vitesse de l'onde S. D'abord, la qualité de la forme d'onde S est vérifiée. Les phases de coup droit et de coup gauche sont inversées. Le rapport de Poisson est appliqué à la phase suivante. Le rapport de Poisson peut être calculé analytiquement à partir des vitesses des ondes P et S. Le rapport de Poisson de roche est de presque 0,25 et il

devient plus large si la roche/sol est meuble; il doit être toutefois inférieur à 0,5. Les vitesses sont considérées raisonnables puisque le rapport de Poisson se trouve généralement entre 0,3 et 0,49.

(2) Vs de sols

La distribution des fréquences de la Vs observées de chaque unité classifiée est présentée à la Figure 3-8. La vitesse montre quelques variations dans la même unité géologique, reflétant les conditions de sols locales. Dans l'analyse de la réponse pour évaluer les caractéristiques d'amplification des sols de surface, la Vs de chaque unité géologique classifiée est nécessaire. Il est idéal d'utiliser la valeur de Vs locale observée à chaque site ; pourtant, la disponibilité de données est limitée. Dans la présente étude, la valeur moyenne de Vs de chaque unité classifiée a été calculée comme le montre le Tableau 3-3.

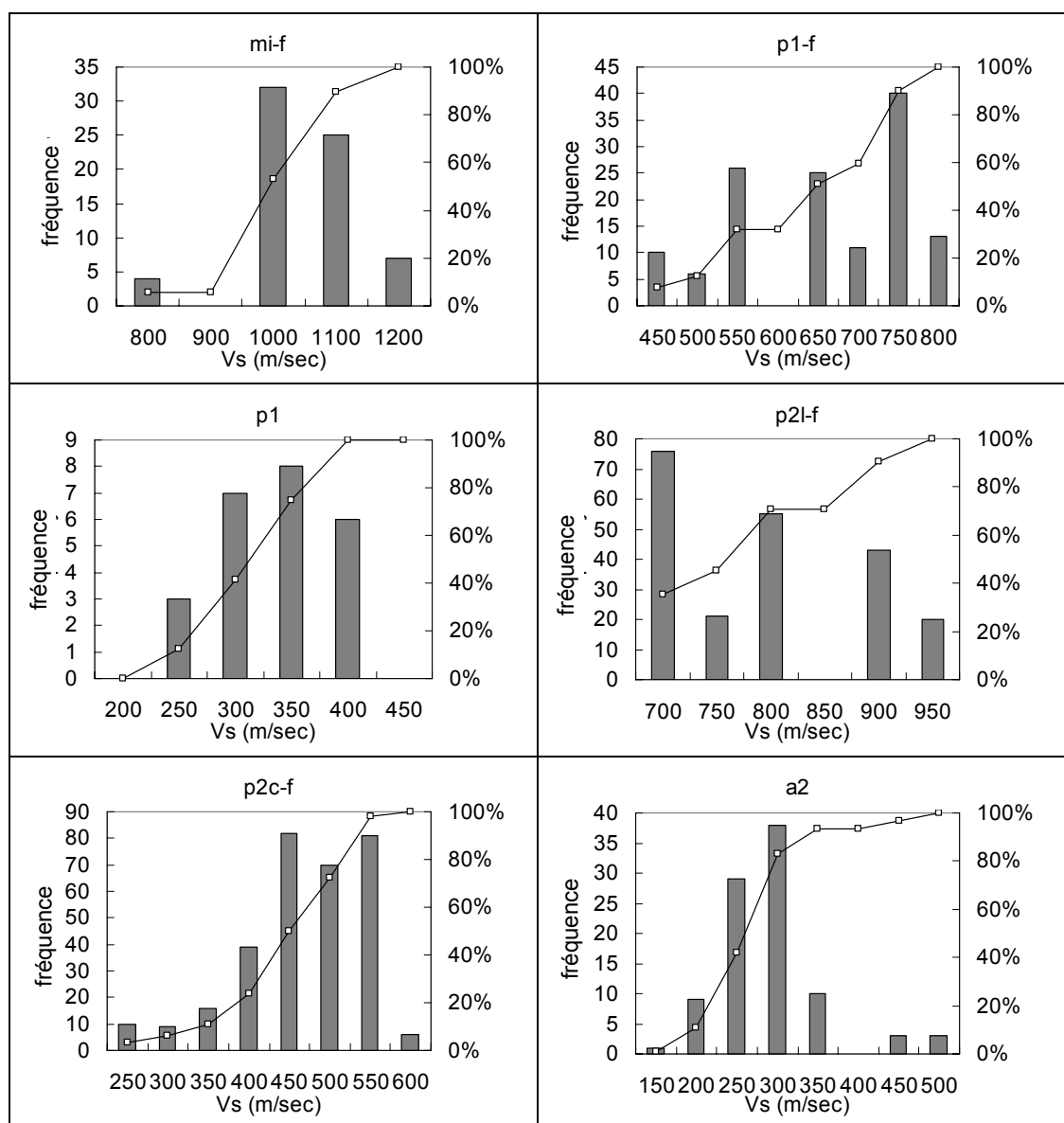


Figure 3-8 Distribution des fréquences de la vitesse de l'onde S

(3) Corrélation entre la Vs et la valeur N

Il est bien connu que la vitesse de l'onde S et la valeur N ont une bonne corrélation. La Figure 3-9 montre le rapport entre la vitesse de l'onde S observée dans l'enregistrement des ondes PS et la valeur N relevant de l'essai de pénétration standard sur le même point. La fonction de corrélation estimée et celle largement appliquée au Japon sont aussi montrées dans cette figure en montrant les rapports similaires.

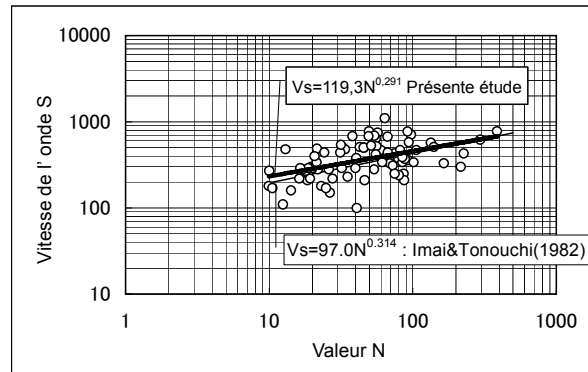


Figure 3-9
Corrélation entre la vitesse de l'onde S et la valeur N

Les couches pour lesquelles la vitesse de l'onde S n'a pas été déterminée dans les ondes PS enregistrées sont ap, e, a3, q, qt, p2c et p2l. La vitesse de l'onde de chacune de ces couches a été déterminée sur la base des valeurs N en utilisant ladite formule de corrélation.

[Référence]

Imai, T. and K. Tonouchi, 1982, Correlation of N value with S-wave velocity and shear modulus, Proc. 2nd European Symp. on Penetration Testing, Amsterdam.

3-4 Propriétés de la géologie de l'ingénieur

Le Tableau 3-3 montre les propriétés de la géologie de l'ingénieur relevant des investigations supplémentaires. Ces valeurs sont utilisées dans l'analyse du risque qui suit.

Tableau 3-3 Propriétés de la géologie de l'ingénieur

Symbole	Valeur N	Vitesse Onde S (m/sec)	Densité (g/cm ³)	D50 (mm)	Fc (%)	Ip	c (kgf/cm ²)	φ (degré)
ap	18	275	1,80	0,51	16	26	0,6	34
e	24	300	1,80	0,24	11	21	0,5	27
a3	10	240	1,80	0,20	23	24	0,9	27
a2		270	1,74	0,01	84	23	0,8	22
q	24	300	1,81	0,42	29	23	0,6	25
qt	33	330	1,90	0,15	32	24	0,7	28
p2c		310	1,92				0,7	23
p2c-f		450	2,02					
p2l	27	310	1,92				0,4	27
p2l-f		770	2,10					
p1		310	2,00				0,7	22
p1-f		630	2,09					
mi		490	1,89				0,4	28
mi-f		1030	2,55					

Chapitre 4. Situation urbaine pour le microzonage

4-1 Bâtiments

4-1-1 Enquête d'inventaire

(1) Enquête d'inventaire des bâtiments

1) Généralités

L'enquête d'inventaire destinée aux bâtiments existants de la Wilaya d'Alger a été effectuée. Cette enquête concerne 34 communes au total y compris la CASBAH. Elle a pour but d'obtenir les données relatives à la distribution des types de bâtiments par commune. Les rubriques principales de l'enquête incluent :

Localisation des bâtiments, usage, propriétaire (publics ou privés), types de structure, nombre de niveaux, année de construction, travaux d'extension, travaux de renforcement, irrégularités, conditions de terrain, parasismique ou non parasismique (règles parasismiques appliquées ou non) et autres rubriques structurelles

Une fiche a été utilisée pour l'enquête.

Le nombre total d'échantillons cibles a été fixé à 1 000. Ce nombre est optimal vu la surface sur laquelle s'est déroulée l'enquête (224 km²) avec environ 1,8 millions d'habitants. Ce nombre a été déterminé en considération de la durée, du coût et de la fiabilité de l'enquête.

Puisque le nombre de bâtiments dans chaque commune n'était pas recensé au moment de l'enquête, les bâtiments à recenser ont été sélectionnés au hasard dans chaque commune en proportion de l'importance de sa population. Leur nombre était finalement compris entre 11 et 59 par commune destinés à la présente enquête.

2) Résultats de l'enquête d'inventaire des bâtiments

1 003 bâtiments au total ont été concernés par l'enquête dans 34 communes par prélèvement au hasard. Leur nombre a été décidé sur la base de l'importance démographique par commune. L'enquête a été effectuée par URBANIS sous la direction de l'équipe d'étude.

Les résultats sont résumés comme suit :

(A) Type de structures

33,5% des bâtiments sont construits en maçonnerie. La plupart des constructions en maçonnerie sont en pierres avec peu de briques et 64,6% au total en béton armé dont la plus grande partie de la structure est en portiques autos tables.

Les structures à murs de cisaillement en béton armé et en systèmes mixtes portiques et murs en béton armé sont aussi utilisées. La charpente métallique ne représente que 0,9% de l'ensemble des structures.

(B) Année de construction

Quelques 41% des bâtiments sont construits avant 1955, 17,1% entre 1956 et 1980, 34,7% entre 1981 et 1999 et 5,7% après 2000. La construction en maçonnerie domine dans la première moitié des années 1900, alors que celle en béton armé est prédominante dans la moitié restante des années 1900.

Par exemple, les bâtiments en maçonnerie à Alger Centre sont construits entre 1880 et 1940 sur une période d'environ 60 ans.

(C) Nombre de niveaux

Quelques 59,8% des bâtiments sont de 1 à 3 niveaux, 35,4% de 4 à 8 et 3,6% de 9 et plus. (Note: La catégorie du nombre de niveaux a été révisée et changée dans une étape ultérieure en 1 à 2, 3 à 5 et, 6 et plus).

(D) Conception parasismique

Les bâtiments conçus de manière parasismique représentent 23% du total, alors que ceux sans conception parasismique comptent 77%. Les bâtiments sans conception parasismique sont ceux construits avant 1981 et la plupart des maisons privées réalisées avant 2003 sont aussi non parasismiques.

(2) Enquête d'inventaire des équipements importants et dangereux

Les localisations et les conditions actuelles des équipements importants et dangereux sont utiles à intégrer dans la carte de l'aléa et du risque d'une « étude de microzonage sismique » comme le cas des données de l'enquête d'inventaire des bâtiments. Initialement, l'équipe d'étude CGS et JICA a eu une série de discussion pour sélectionner par prélèvement au hasard 530 équipements cibles. Ces 530 échantillons consistaient en quelques 14 équipements importants et dangereux tels que les écoles, stations de service, mosquées, hôpitaux, commissariats de police, etc. dans 34 commune, et 54 équipements particuliers tels que les bureaux du gouvernement, hôpitaux, universités, aéroport, gare centrale ferroviaire, etc. Cependant, certain nombre d'équipements cibles initialement affectés ont dû être réaffectés aux communes autres que celles initialement sélectionnées, en raison de l'inexistence de ces bâtiments dans ces dernières communes initialement sélectionnée. Ces équipements sont classifiés en 36 types de structures comme le cas de l'enquête d'inventaire des bâtiments. Cette classification est décrite dans le Chapitre 4-1-1 (1). Aucun équipement de stockage des matériaux dangereux n'a été trouvé excepté les stations de service. Les résultats d'enquête des types de structures dans 530 échantillons d'équipements importants et dangereux sont montrés dans le Tableau 4-1. Le type de structure d'équipement principal concerne le béton armé représentant 75% de toutes les structures. Ceci n'est pas important par rapport au résultat d'enquête d'inventaire des bâtiments (65%). Par ailleurs, les ouvrages en charpente métallique sont moins nombreux et représentent 8% comparé à l'inventaire des bâtiments (1%), dans lequel la structure en maçonnerie représente 34%, alors qu'elle compte 16% dans l'enquête d'équipements importants et dangereux comme le montre le Tableau 4-1.

Tableau 4-1 Comparaison des résultats d'enquête d'inventaires :
Bâtiments et Équipements

Type de structure			Enquête d'inventaire des bâtiments		Enquête d'inventaire des équipements importants et dangereux	
			Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
1	Maçonnerie	A la CASBAH	6	0,6%	11	2,1%
2		Pierre & brique	330	32,9%	75	14,1%
3	Béton armé	Pré-code	407	40,6%	184	34,7%
4		Bas-code	100	10,0%	142	26,8%
5		Mi-code	17	1,7%	20	3,8%
6		Haut-code	4	0,4%	5	0,9%
7		Voile & Mixte.	119	11,8%	47	8,9%
8	Acier	Acier	9	0,9%	43	8,1%
9	Autres	Autres	11	1,1%	3	0,6%
Total			1 003	100%	530	100%

4-1-2 Dommages des bâtiments occasionnés par les séismes passés

Il a été passé en revue les dommages des bâtiments causés par les grands séismes en Algérie, le séisme d'El Asnam de 1980, près d'Alger, et le séisme de Boumerdes de 2003.

(1) Séisme d'El Asnam de 1980

A 12 heures 25 (heures locales) le 10 octobre 1980, un grand séisme ($M_s = 7,3$) a frappé la ville d'Al Asnam située dans le nord de l'Algérie. La zone épiscopale a traversé la ville d'Al Asnam, à 180 km à l'ouest de la capitale Alger. Le rapport du gouvernement rapporte que le séisme a causé 2 633 morts, 8 396 blessés et 392 727 sans abri. Le CTC a enquêté environ 10 000 bâtiments endommagés. Parmi ces bâtiments, 40% sont effondrés ou gravement endommagés, 20% modérément endommagés et 40% soumis à l'évaluation de la sûreté de leurs structures. Le résumé du rapport de l'enquête du CTC est montré à la section 2). Cependant, le rapport n'indique pas le nombre total des bâtiments. Le taux de bâtiments endommagés ne peut être donc pas obtenu.

L'équipe d'étude du gouvernement japonais a effectué une étude des catastrophes et offert son support technique. Le rapport d'étude issue de l'équipe de l'Institut d'architecture du Japon décrit en détail des dommages des bâtiments de chaque type de structure et quelques usages typiques des bâtiments. L'enquête du CTC est incluse dans ce rapport d'étude. Ces données détaillées sont montrées au Chapitre 4-1-2 (2).

1) Résumé de l'enquête des dommages des bâtiments effectuée par le CTC

Le CTC a effectué une enquête d'urgence des niveaux des dommages de bâtiments occasionnés par le séisme d'El Asnam pendant un mois immédiatement après les catastrophes. Il a fallu 90 personnes pour 25 journées de travail pour enquêter environ 8 000 bâtiments dans la ville d'El Asnam, et 30 personnes pour 14 journées de travail pour 2 000 bâtiments des périphéries de la ville.

Cette enquête a pour but d'évaluer les niveaux de dommages des bâtiments, de juger leur sûreté et de la montrer par les marques en trois couleurs comme suit :

- Couleur verte : Utilisation des bâtiments autorisée ; aucun dommage ou faible dommage (Niveau 1 et 2)
- Couleur rouge : Utilisation des bâtiments interdite ; bâtiment condamné ou effondré (Niveau 5)
- Couleur orange : Enquête supplémentaire nécessaire pour la détermination de l'état des bâtiments (Niveaux 3 & 4)

Une partie dudit rapport des catastrophes du CTC Chlef est montrée au Tableau 4-2.

Tableau 4-2 Rapport des catastrophes du séisme d'El Asnam du 10 octobre 1980 du CTC

Magnitude (Ms) 7.3

Jugement de la sûreté de bâtiment

Couleur ^{*2}	Nombre	Pourcentage (%)
Vert	1 720	33,41
Orange	2 162	41,99
Rouge	1 200	23,31
Fiche non utilisée	66	1,28
Total ^{*1}	5 148	100,00

Note;

^{*1} : Nombre des bâtiments total concernant seulement les bâtiments enquêtés

^{*2} : Niveaux de dommages 1 et 2 : Vert, Niveaux de dommages 3 et 4 : Orange, Niveau des dommages 5 : Rouge

Source: CTC Chlef

(2) Séisme de Boumerdes 2003

A 19 heures 44 (heures locales) le 21 mai 2003, un grand séisme ($M_w=6,8$) a frappé la ville de Boumerdes. La zone épiscopale se situait au large de la côte, à 7 km au nord de Zemmouri de la Wilaya de Boumerdes, à 36 km à l'est de la capitale Alger. Le rapport du gouvernement rapporte que le séisme a causé 2 278 morts, plus de 10 000 blessés et 182 000 sans abris, 19 000 bâtiments effondrés et les dégâts valaient environ 4,3 milliards d'euros.

1) Enquête des dommages de bâtiments du CTC et CGS

Le CGS et le CTC ont effectué une étude pour le « jugement d'urgence des niveaux de sûreté des bâtiments » sur 400 000 logements à Alger et 16 000 logements à Boumerdes, comme le cas du séisme d'El Asnam de 1980. Le CGS a enquêté principalement dans la Wilaya de Boumerdes, et le CTC s'est occupé principalement de la Wilaya d'Alger. L'objet de l'enquête était tous les bâtiments et les tailles des blocs des zones limitées et non tous les bâtiments de chaque commune. Les types de structures incluant maçonnerie, béton armé à portiques, béton armé à voiles porteuses et charpente métallique (structure en bois classée en « autres »). Les rapports de l'enquête du CGS analysent en détail cinq types de structures et autres de chaque commune. L'enquête est juste sur le point d'accomplissement. En obtenant une partie desdites données du DGS en tant que rapport initial, l'équipe d'étude JICA les utilise pour la détermination de l'étendue des dommages des bâtiments. Le nombre des bâtiments enquêtés avec leurs

niveaux de dommages classés entre 1 à 5 tels que spécifiés par EMS-98 ainsi que les niveaux de dommages classés par 4+5 de chaque type de structure est montrés au Tableau 4-3 pour la Wilaya d'Alger et au Tableau 4-4 pour la Wilaya de Boumerdes.

Tableau 4-3 Nombre des bâtiments endommagés enquêtés de la Wilaya d'Alger lors du séisme de Boumerdes

No. Code Commune	Type de Structure	Niveaux de dommages structurels						Total
		1	2	3	4	5	4+5	
Bab Ezzouar 1621	Maçonnerie	9	25	22	18	30	48	104
	BA portiques	18	111	80	55	6	61	270
	BA voiles	144	118	135	36	0	36	433
	Acier	1	1	1	0	0	0	3
	Autres	0	0	1	0	13	13	14
Total		172	255	239	109	49	158	824
Bordj El Kiffan 1630	Maçonnerie	137	63	91	33	127	160	451
	BA portiques	995	257	189	144	250	394	1 835
	BA voiles	7	127	50	4	2	6	190
	Acier	2	42	3	1	2	3	50
	Autres	1	0	0	0	3	3	4
Total		1 142	489	333	182	384	566	2,530
Bordj El Bahri 1639	Maçonnerie	247	63	28	20	19	39	377
	BA portiques	567	75	47	68	143	211	900
	BA voiles	3	34	15	8	0	8	60
	Acier	3	1	0	1	1	2	6
	Autres	2	0	0	0	0	0	2
Total		822	173	90	97	163	260	1 345

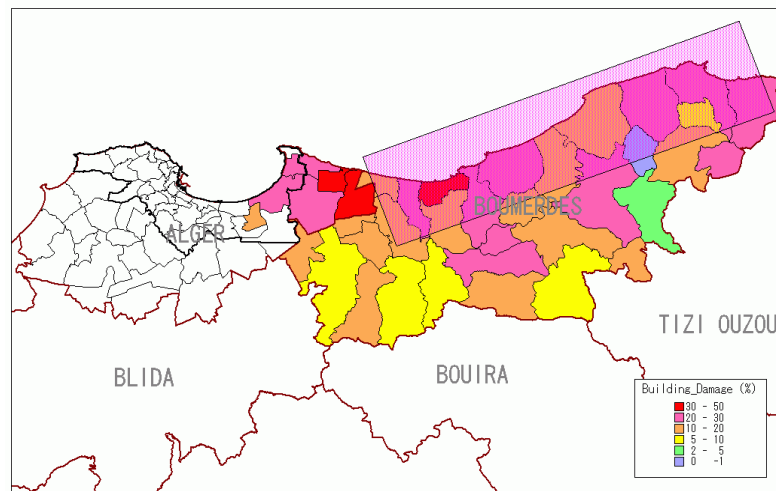
Source: CGS

Tableau 4-4 Nombre des bâtiments endommagés enquêtés de la Wilaya d'Alger lors du séisme de Boumerdes (un extrait)

No. Code Commune	Type de Structure	I Niveaux de dommages structurels						Total
		1	2	3	4	5	4+5	
Boumerdes	Maçonnerie	0	156	103	100	51	151	410
	BA portiques	1	214	200	257	107	364	779
	BA voiles	0	60	32	18	8	26	118
	Acier	0	0	2	3	5	8	10
	Autres	0	16	6	3	5	8	30
Total		1	446	343	381	176	557	1,347
Zemmouri	Maçonnerie	0	143	118	66	23	89	350
	BA portiques	2	380	140	63	22	85	607
	BA voiles	0	6	6	2	0	2	14
	Acier	0	0	1	0	0	0	1
	Autres	0	1	3	2	3	5	9
Total		2	530	268	133	48	181	981

Source: CGS

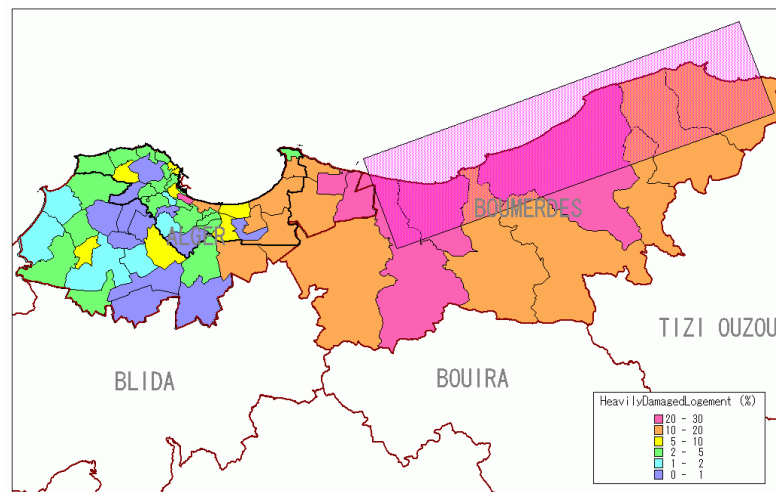
La carte des dommages des bâtiments de la Wilaya de Boumerdes contenant trois communes de l'est d'Alger basée sur les nombres des bâtiments est montrée à la Figure 4-1.



Source: CGS

Figure 4-1 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

La carte des dommages des bâtiments des Wilayat d'Alger et de Boumerdes sur la base des logements est montée à la Figure 4-2.



Source: CGS

Figure 4-2 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

2) Enquête de l'équipe d'experts du Japon

Selon le rapport d'enquête de l'équipe d'experts du Japon, le gouvernement japonais a reçu une requête du gouvernement algérien après le séisme et décidé d'envoyer immédiatement une unité d'aides d'urgence internationales. Le rapport de cette enquête décrit le séisme avec les accélérations de pic au sol aux points sismographiques et les grandes lignes des dommages de bâtiments des wilayat de Boumerdes et d'Alger avec les photos. Il résume aussi les caractéristiques des dommages des bâtiments. Il convient de se référer au Chapitre 4-1-2 (2) 2) pour plus d'informations détaillées e concernant.

4-2 Infrastructures et réseaux vitaux

4-2-1 Routes

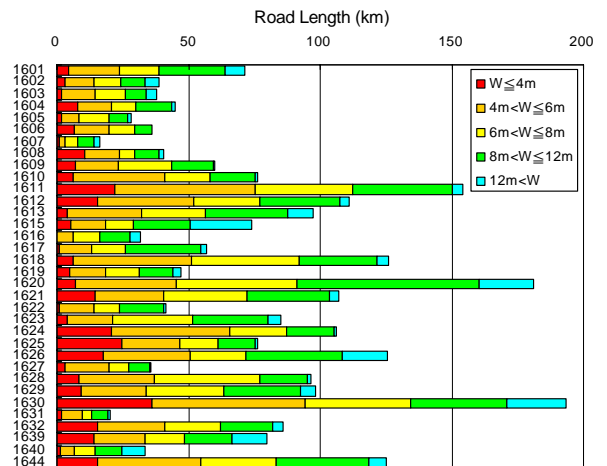
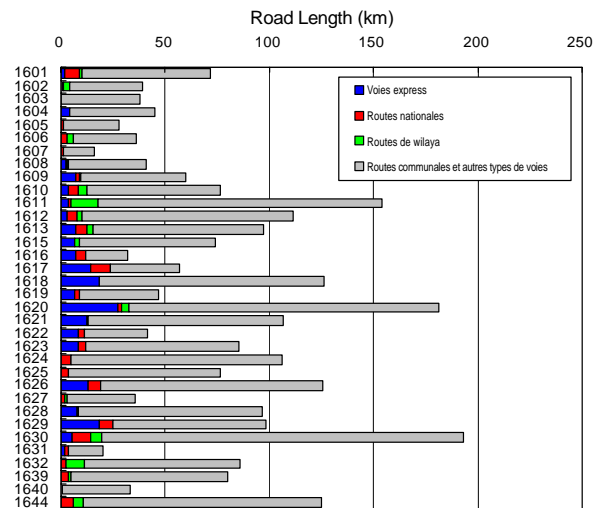
Les routes de la Wilaya d'Alger peuvent être classifiées en 5 catégories comme suit :

Voies express	Routes nationales	Routes de wilaya	Routes communales	Autres routes
---------------	-------------------	------------------	-------------------	---------------

Le réseau des routes classifié de la zone d'étude a été compilé par l'équipe d'étude. Il est noté que les routes communales ne pourraient pas se distinguer des autres voies étroites. Les routes sont donc classifiées en 4 catégories : voies express, routes nationales, routes de wilaya et routes communales y compris autres types de voies.

La commune dotée de la longueur totale la plus importante des voies express dans la zone d'étude est DAR EL BEIDA (26,97 km sur 190,03 km). La commune ayant la longueur totale la plus importante des routes nationales est HUSSEIN DEY (9,28 km sur 101,54 km). Celle qui a la longueur totale la plus importante des routes de wilaya est BOUZAREAH (12,76 km sur 58,84 km) et celle ayant la longueur totale la plus importante des routes communales et des autres types de voies BORDJ EL KIFFAN (173,67 km sur 2 289,79 km).

Le réseau des routes classifié par largeur de voie a été compilé par l'équipe d'étude La commune avec les voies étroites les plus longues ($L \leq 4$ m) est RAIS HAMIDOU et celle avec les voies larges les plus longues ($L > 12$ m) est OUED SMAR.



4-2-2 Ponts

Il existe 148 ponts dans la zone d'étude (y compris 1 pont situé à CHERAGA sur la limite de la commune de DELY BRAHIM) selon l'enquête d'inventaire des ponts

Il y a 103 ponts traversant les routes, 26 ponts passant sur les rivières, 17 sur les voies ferrées et 14 sur les autres. Il existe quelques ponts qui traversent plus d'un objet. Les ponts en travers de routes appartiennent donc au groupe de routes le plus important de la zone d'étude.

Les caractéristiques des structures de ponts sont résumées à la Figure 4-3. La largeur d'assise est de 70 cm ou plus dans la plupart des ponts (121 ponts). Ceci est une conception raisonnable pour la prévention de la rupture de pont.

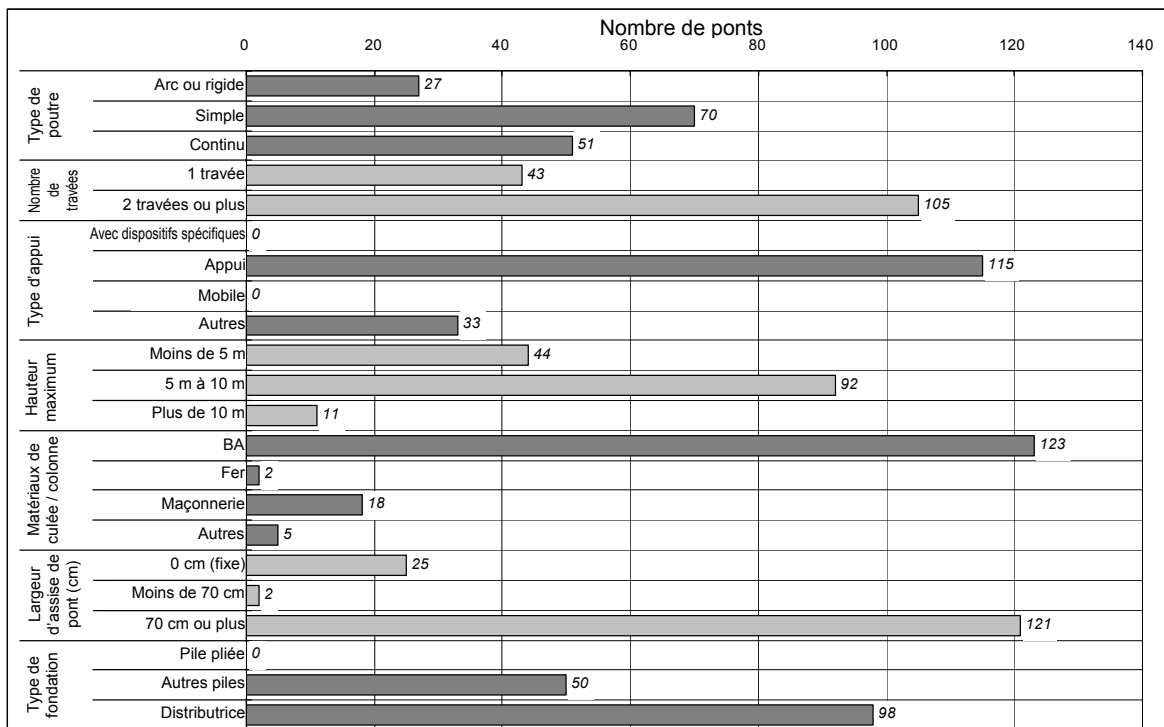


Figure 4-3 Caractéristiques des structures de ponts

Il existe 105 ponts (71%) aux bas-fonds et 43 (29%) aux zones montagneuses (se référer à la Figure 4-4). Les bas-fonds sont définis en tant que surfaces de codes géologiques q, qt, e, a2, a3, ou ap suivant la carte géologique, alors que les zones montagneuses sont définies en tant que surfaces de codes géologiques mi, p1, p2c ou p2l.

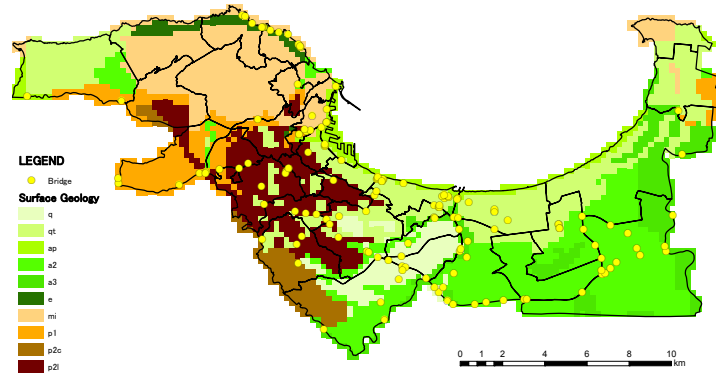
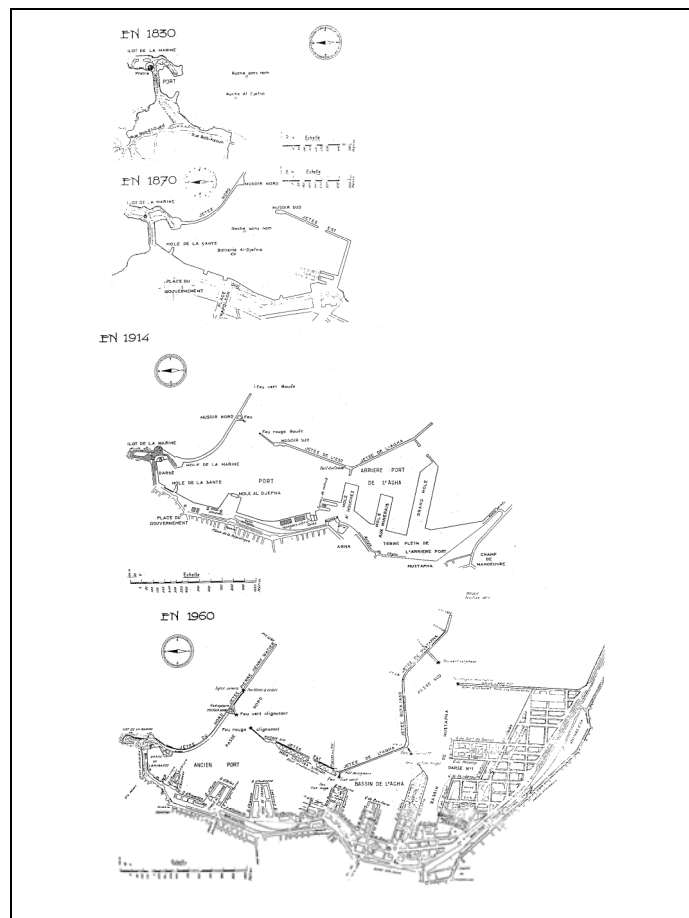


Figure 4-4 Localisations des ponts et caractéristiques géologiques

(Les caractéristiques géologiques sont classifiées en deux zones bas-fond et montagneuses)

4-2-3 Port

Les informations du développement historique du port sont fournies par le LEM. La forme actuelle du port a été réalisée en 1960 comme le montre la Figure 4-5.



Source: LEM

Figure 4-5 Développement historique du port

4-2-4 Aéroport

La zone de l'aéroport d'Alger est décrite en grandes lignes au Tableau 4-5 sur la base des données fournies par l'EGSA. Cet aéroport est daté d'environ 60 ans.

Tableau 4-5 Équipements dans la zone d'aéroport d'Alger

Désignation	Surface	Nature de bâtiments
Terminal des passagers Domestique : Rez-de-chaussée 1er étage International incluant l'extension : Rez-de-chaussée 1er étage	10 100 m ² 988,90 m ² 14 126 m ² 5 200 m ²	Maçonnerie (R+1 après démolition des 2e et 3e étages)
Terminal des cargos	10 966 m ²	03 hangars en charpente métallique
Tour de contrôle	1 077 m ²	Maçonnerie (R+7)
Zone de service	855 m ²	Maçonnerie
Station de prévision météorologique	2 400 m ² (ancienne) 3 591 m ² (nouvelle)	maçonnerie
Bloc SSIS	870 m ²	Maçonnerie (catégorie 8)
Centrale	960 m ²	Maçonnerie
Salle d'accueil VIP	796 m ²	Maçonnerie
Zone de stockage des carburants	51 700 m ²	Capacité de stockage: Jet : 2 500 m ³ Avgas: 150 m ³ Ravitaillement: camion citerne
Parc d'auto international	36 622 m ²	
Parc d'auto domestique	9 083 m ²	
H400 base parasismique	11 442 m ²	hangar/charpente métallique
Services Rotorcraft Hangar 01: Hangar 02:	4 735 m ² 790 m ²	02 hangars/charpente métallique
Nouveau terminal des passagers	85 000 m ²	Maçonnerie
Hangar AH nouvelle base parasismique	31 200 m ²	Hangar charpente métallique
Planning de l'ancienne station de carburants	2 198 m ²	Hangar charpente métallique
Aire technique: Hangar 01: Hangar 02:	9 161 m ² 9 161 m ²	02 hangars /charpente métallique
Nouvelle centrale	2 780 m ²	Maçonnerie

Source: EGSA

Le nouvel aéroport international de conception parasismique conforme aux RPA 99 (version révisée 2003) est en service à côté du bâtiment de l'ancien aéroport.

4-2-5 Alimentation en eau potable

Il existe dans la zone d'étude un réseau d'alimentation en eau potable d'environ 2 148,2 km de long au total et 23 réservoirs d'eau sur piliers.

Quant au réseau, il consiste en 8 types de matériaux dont la fonte d'acier (sur 979 km) en service le plus longtemps dans la zone d'étude comme le montre le Tableau 4-6.

Tableau 4-6 Résumé des matériaux du réseau AEP

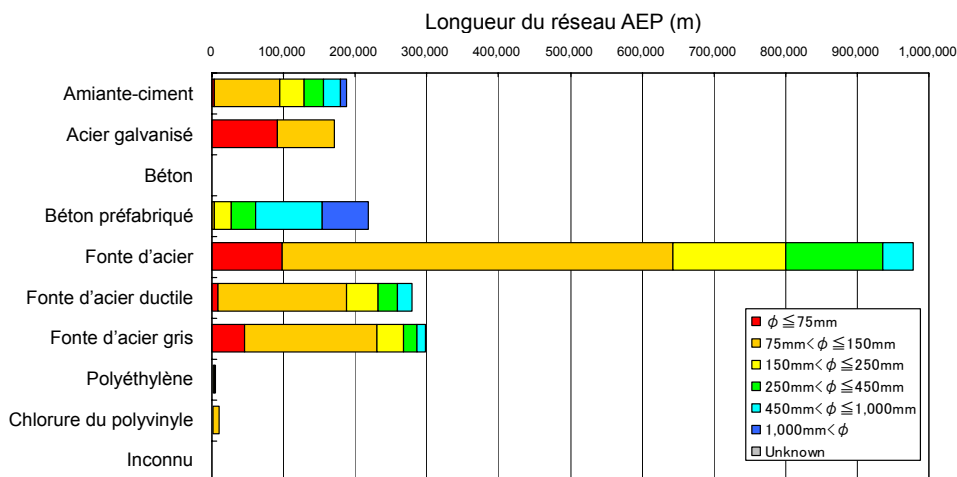
Matériaux	Longueur (m)	Rapport (%)
AC, AMC : Amiante ciment	187 817	8,74
AG : Acier galvanisé	171 470	7,98
B : Béton	8	0,00
BPAT : Béton préfabriqué	218 211	10,16
F : Fonte d'acier	978 598	45,55
FD : Fonte d'acier ductile	278 471	12,96
FG : Fonte d'acier gris	297 950	13,87
PEHD : Polyéthylène	4 433	0,21
PVC : Chlorure du polyvinyle	10 590	0,49
Inconnu	788	0,04
Total	2 148 336	100

Source: DHW

Le Tableau 4-7 montre une tabulation à double entrée, matériaux et diamètres. La fonte d'acier de 75 mm à 150 mm de diamètre est distribuée le plus fréquemment.

Tableau 4-7 Tableau à double entrée Matériaux et Diamètres

Matériaux \ Diamètre	$\phi \leq 75$ mm	75 mm < $\phi \leq 150$ mm	150 mm < $\phi \leq 250$ mm	250 mm < $\phi \leq 450$ mm	450 mm < $\phi \leq 1,000$ mm	1,000 mm < ϕ	Inconnu	Total
	AC, AMC : Amiante ciment	2 603	91 727	33 957	26 768	23 530	9 232	-
AG : Acier galvanisé	91 836	79 634	-	-	-	-	-	171 470
B : Béton	-	-	-	-	8	-	-	8
BPAT : Béton préfabriqué	-	2 772	23 954	34 940	91 807	64 738	-	218 211
F : Fonte d'acier	98 005	545 781	156 987	135 705	41 104	1 016	-	978 598
FD : Fonte d'acier ductile	7 907	179 370	44 122	28 032	19 040	-	-	278 471
FG : Fonte d'acier grise	46 166	183 861	36 647	19 740	11 536	-	-	297 950
PEHD : Polyéthylène	1 357	147	1 212	1 717	-	-	-	4 433
PVC : Chlorure du polyvinyle	2 191	8 337	62	-	-	-	-	10 590
Inconnu	-	521	-	-	-	-	267	788
Total	250 065	1 092 150	296 941	246 902	187 025	74 986	267	2 148 336



Source: DHW

4-2-6 Système d’assainissement

La longueur totale du réseau d’assainissement de la zone d’étude est d’environ 221 km par référence aux cartes digitalisées de l’équipe d’étude (se référer à la Tableau 4-8). L’ancien réseau d’assainissement (construit en période coloniale) se distribue dans ALGER CENTRE et ses environs. Dans les zones rurales, les réseaux anciens sont en train d’être remplacés et/ou les autres réseaux en train de s’installer nouvellement et encore d’autres en projet dans le but de la couverture adéquate de la Wilaya d’Alger.

Tableau 4-8 Longueur du réseau d’assainissement par situation

Situation	Longueur (km)
Ancien réseau	74
Réseau existant	78
Réseau en construction	41
Réseau en projet	28
Total	221

Source: DHW

4-2-7 Alimentation en électricité

Le réseau d’alimentation en électricité à haute tension de 220 KV ou de 60 KV est compilé et digitalisé par le service de l’électricité à haute tension du SONELGAZ. Les informations relatives à la moyenne tension (30 KV en zone rurale ou 10 KV en urbain) ont été compilées par l’équipe d’étude sur la base des données fournies par le service de l’électricité à moyenne tension du SONELGAZ.

La longueur des câbles à haute tension et celle à moyenne tension qui traversent la zone d’étude est approximativement de 98,9 km et de 795,2 km respectivement et ce relevant des cartes digitalisées (il est noté que le câblage est censé n’avoir qu’une seule ligne pour chacune des tensions). Les câbles aériens et souterrains sont tous les deux en service dans la zone. Les zones urbaines sont principalement desservies par la distribution souterraine, alors que les zones rurales par la distribution aérienne. Le Tableau 4-9 montre une tabulation à double entrée de tensions et de types de distribution des câbles.

Tableau 4-9 Tableau à double entrée Tensions et Types de distribution des câbles

Type de distribution	Tension		
	Haute tension	Moyenne tension	Total
Câble aérien	36,0	123,8	159,8
Câble souterrain	62,8	671,4	734,2
Total	98,8	795,2	894,0

Le réseau est essentiellement souterrain. Les câbles à haute tension sont protégés par des tuyaux / caniveaux, alors que ceux à moyenne tension peuvent être sans protection.

Le câble aérien est supporté par des pylônes. Les pôles électriques sont prévus pour deux types de câbles à haute et à moyenne tension.

4-2-8 Alimentation en gaz

Les informations relatives aux canalisations de gaz à haute pression (20 à 70 bar) et à moyenne pression (4 à 5 bar) ont été compilées/digitalisées par l'équipe d'étude sur la base des données fournies par le SONELGAZ.

Les longueurs des canalisations de gaz à haute pression et à moyenne pression dans la zone d'étude sont approximativement de 71,2 km et de 776,8 km respectivement et ce relevant des cartes digitalisées (se référer au Tableau 4-10). Les canalisations de gaz à haute pression et à moyenne pression sont construites en acier, polyéthylène ou cuivre conformément aux standards de l'API (American Petroleum Institute). Quand il s'agit de gaz à moyenne pression, presque toute la canalisation est faite en acier ou polyéthylène comme le montre le Tableau 4-10.

Tableau 4-10 Longueurs des canalisations de gaz par pression d'alimentation

Pression		Longueur (km)	
Haute pression		71,2	Rapport (%)
Moyenne pression	Acier	379,0	48.8
	Polyéthylène	372,3	47.9
	Cuivre	25,5	3.3
	Total	776,8	100

Source: SONELGAZ, Digitalisation: Équipe d'étude

4-2-9 Télécommunications

Quant au réseau de télécommunications (câbles à fibres optiques), aucune information détaillée n'a été obtenue. Il est toutefois informé que presque tous les câbles allant d'une station à l'autre sont souterrains sans aucune forme de protection.

4-3 Population et logements

4-3-1 Population

La population de chaque commune tire son origine des données statiques du « Recensement Générale de la Population et de l'Habitat en 1998 » telle que récapitulée au Tableau 4-11.

4-3-2 Nombre de bâtiments

Quant au nombre des bâtiments de chaque commune de la zone d'étude, aucune information statistique n'est disponible. Dans la présente étude, le nombre des bâtiments de chaque commune est donc basé sur les polygones de bâtiments inclus dans les données du SIG, achetées auprès d'URBANIS et révisées par l'équipe d'étude. La colonne de « Nombre de bâtiments/Dans limite Commune » du Tableau 4-11 montre le nombre des bâtiments comptés dans un polygone dont le centre se trouve à l'intérieur de la commune.

Le dommage de bâtiment est estimé par le maillage à 250 m dans la présente étude. Le nombre de bâtiments de chaque secteur de mailles de 250 m doit être estimé préalablement. Les bâtiments à l'intérieur du polygone dont le centre se trouve à l'intérieur de chaque secteur de 250 m de maille ont été comptés et utilisés en tant que base de toute estimation des dommages. On fait la somme du nombre estimé des bâtiments endommagés pour chaque commune et la soumet sous forme de tableau; chaque secteur de mailles est donc attribué à l'une des 34 communes. La colonne du « Nombre de bâtiments/Dans mailles attribuées Commune » du Tableau 4-11 montre le nombre total des bâtiments des mailles qui sont attribuées à cette commune.

4-3-3 Logements

Dans la présente étude, les victimes sont estimées sur la base du nombre des logements endommagés au lieu du nombre des bâtiments endommagés. Le nombre des logements existants et endommagés de chaque maille a été compté à partir du nombre des bâtiments sur la base du nombre moyen des logements dans un bâtiments de chaque commune.

4-3-4 Résumé

Les colonnes (a) et (b) du Tableau 4-11 montrent le nombre exact de chaque commune ; et les colonnes (c) et (d) sont les nombres correspondant à la commune basée sur les mailles. Dans l'estimation des dommages, le maillage à 250 m est utilisé en tant qu'unité de base. On fait la somme du nombre des dommages estimés de chaque maille pour la mise sous forme de tableau des dommages de chaque commune. Le nombre des logements existants dans le tableau des dommages estimés peut être donc différent par rapport à celui du recensement. Le taux de dommage de chaque commune a été compté sur la base des nombres des colonnes (c) et (d) au lieu de (a) et (b) du Tableau 4-11.

Tableau 4-11 Nombre des bâtiments et des logements de chaque commune

ID	Nom de commune	Recensement 1998 ¹⁾		Nombre de bâtiments ²⁾		Logements dans les mailles attribuées ³⁾	
		Population	Logements occupés	Dans la limite de commune	dans les mailles attribuées		
			(a)	(b)	(c)	(d)	
1601	ALGER CENTRE	96,329	18,320	3,836	3,396	16,219	4)
1602	SIDI M'HAMED	90,455	15,005	2,388	2,206	13,863	
1603	EL MADANIA	51,404	7,741	2,752	3,124	8,788	
1604	HAMMA EL ANNASSER	59,248	9,181	2,317	2,169	8,594	
1605	BAB EL OUED	87,557	13,297	1,900	1,884	13,184	
1606	BOLOGHINE	43,283	6,717	2,965	2,933	6,643	
1607	CASBAH	50,453	9,164	2,467	2,739	10,175	
1608	OUED KORICHE	53,378	8,629	2,528	2,585	8,823	
1609	BIR MOURAD RAIS	43,254	6,865	4,654	4,696	6,927	
1610	EL BIAR	52,582	8,846	7,606	7,408	8,616	
1611	BOUZAREAH	69,153	10,847	9,578	9,804	11,098	
1612	BIRKHADEM	55,084	8,312	6,348	6,459	8,455	
1613	EL HARRACH	48,167	7,109	4,442	4,560	7,296	
1615	OUED SMAR	21,397	2,858	3,193	3,455	3,092	
1616	BOUROUBA	77,498	10,192	5,222	4,808	9,385	
1617	HUSSEIN DEY	49,921	7,489	4,326	4,630	8,015	
1618	KOUBA	105,253	17,039	9,573	8,940	15,913	
1619	BACH DJERAH	90,073	13,294	5,337	6,041	15,048	
1620	DAR EL BEIDA	44,753	6,302	8,366	8,094	6,095	5)
1621	BAB EZZOJAR	92,157	14,549	5,519	5,138	13,544	
1622	BEN AKNOUN	19,404	3,223	3,136	3,299	3,391	
1623	DELY BRAHIM	30,576	4,603	3,877	3,813	4,526	
1624	HAMMAMET	19,651	3,219	2,179	2,223	3,283	
1625	RAIS HAMIDOU	21,518	3,211	3,410	3,364	3,169	
1626	DJASR KACENTINA	82,729	12,527	3,427	3,458	12,639	
1627	EL MOURADIA	29,503	4,981	3,253	3,277	5,017	
1628	HYDRA	35,727	6,215	7,135	6,980	6,080	
1629	MOHAMMADIA	42,079	6,481	4,148	4,321	6,749	
1630	BORDJ EL KIFFAN	103,690	14,501	11,010	10,915	14,375	
1631	EL MAGHARIA	30,457	4,704	2,727	2,643	4,559	
1632	BENI MESSOUS	17,490	2,668	2,286	2,254	2,630	
1639	BORDJ EL BAHRI	27,905	4,092	4,797	4,724	4,030	
1640	EL MARSA	8,784	1,308	1,273	1,330	1,366	
1644	AIN BENIAN	52,343	8,221	6,340	6,362	8,252	
	Total	1,803,255	281,710	154,315	154,032	279,838	6)

1) Le "Recensement Général de la Population et de l'Habitat en 1998" inclut la population et le nombre de logements occupés de chaque commune.

2) Le nombre des polygones de bâtiments inclus dans les données SIG achetées d'URBANIS.

3) $(d)=(c)*(a)/(b)$

4) "Dans mailles attribuées" n'incluant pas 16 bâtiments sur la digue maritime du port d'Alger.

5) "Dans mailles attribuées" n'incluant pas 267 bâtiments de DAR EL BEIDA se situant en dehors de la zone d'étude.

6) Les nombres de la colonne "Dans mailles attribuées" sont moins élevés de 283 que les données SIG et le nombre des logements est moins grand de 872 que le recensement à cause de 4) et 5).