

# LE SÉISME DU 21 MAI 2003 EN ALGÉRIE

## Rapport préliminaire de la mission AFPS

Organisée avec le concours du Ministère de l'Ecologie  
et du Développement Durable (MEDD/DPPR/SDPRM)



Siège social et secrétariat : 28, rue des Saints-Pères – 75343 PARIS Cedex 07  
Tél. 01 44 58 28 40 – Fax 01 44 58 28 41 – E-Mail : [afps@mail.enpc.fr](mailto:afps@mail.enpc.fr)

## PREAMBULE

Afin de pouvoir présenter ce document dans le cadre du 6<sup>ème</sup> Colloque National AFPS 2003, et ceci contrairement aux autres rapports de mission post-sismiques de l'AFPS, les contraintes en temps ont été très fortes. En particulier, il n'a pas été possible pour chaque membre de la mission, de revoir le document final et d'essayer d'harmoniser les différents paragraphes, lors d'une réunion de concertation qui n'a pu avoir lieu, faute de temps. De même la numérotation des photos n'est pas optimale.

Ce document doit donc être considéré essentiellement comme un « Rapport préliminaire », qui sera disponible sur le site nouveau de l'AFPS ([www.afps-seisme.org](http://www.afps-seisme.org)).

Nous espérons que les lecteurs comprendront toutes ces difficultés.

Par ailleurs, ce document sera suivi, par la suite d'un document plus complet, sous la forme d'un cahier spécial, qui intégrera des contributions de nos collègues algériens du CGS, en particulier, et que l'AFPS espère pouvoir publier à l'automne.

Enfin, la contribution de Victor Davidovici a fait l'objet d'un rapport plus complet, pour le compte du Ministère algérien de l'Habitat. Ce rapport sera disponible sur le site internet de l'AFPS, dans le courant des mois de juillet et d'août.

Version du 8 juillet 2003

## SOMMAIRE

<b>PREAMBULE .....</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUCTION – PRESENTATION DE LA MISSION.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 L’Algérie actuelle.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Généralités sur le séisme .....</b>	<b>6</b>
1.2.1 L’événement du 21 mai 2003 .....	6
1.2.2 Les victimes et les dommages.....	8
<b>1.3. Organisation de la mission .....</b>	<b>10</b>
1.3.1 Les partenaires du C.G.S. ....	10
1.3.2 Relation avec l’ambassade de France .....	10
1.3.3 Logistique et organisation.....	10
<b>1.4 PROGRAMME ET DEROULEMENT DE LA MISSION.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5 INVENTAIRE DES SITES VISITES D’ALGER A DELLYS .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6. Eléments de comparaison aVEC d’autres seismes.....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 Remerciements.....</b>	<b>12</b>
<b>2. GEODYNAMIQUE, SISMOTECTONIQUE ET GEOLOGIE DE L’ALGEROIS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1. CONTEXTE GEODYNAMIQUE.....</b>	<b>13</b>
2.1.1. Généralités .....	13
2.1.2. Géodynamique .....	13
<b>2.2. SISMOTECTONIQUE .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Tectonique régionale et failles actives .....	15
2.2.2. Activité sismique historique et instrumentale .....	16
<b>2.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE DE L’ALGEROIS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>19</b>
<b>3. LE SEISME.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. CARACTERISTIQUES.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2. REPLIQUES .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3. LES MOUVEMENTS FORTS .....</b>	<b>24</b>
<b>3.4. L’ACTION SISMIQUE DANS LE REGLEMENT ALGERIEN : R.P.A. 99 .....</b>	<b>27</b>
3.4.1. Le mouvement sismique de dimensionnement .....	27
3.4.2. Comparaison avec quelques enregistrements.....	29
<b>3.5. BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>29</b>

<b>4. ALEA SISMIQUE LOCAL : EFFETS DE SITE ET EFFETS INDUITS.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1. INTRODUCTION .....</b>	<b>30</b>
<b>4.2. EFFETS DE SITE GEOLOGIQUES ET TOPOGRAPHIQUES .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3. EFFETS INDUITS.....</b>	<b>30</b>
4.3.1. Liquéfaction.....	30
4.3.2. Mouvements de Terrain .....	32
4.3.3. Soulèvement visible du littoral et tsunami .....	32
<b>5. LES EFFETS SUR LES CONTRUCTIONS .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Contexte.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Comportements des bâtiments.....</b>	<b>34</b>
5.2.1 Maçonneries.....	34
5.2.2 Voiles en béton armé .....	34
5.2.3 Portiques en béton armé.....	34
5.2.4 Bâtiments d'habitation.....	35
5.2.5 Etablissement scolaire.....	42
5.2.6 Etablissement hospitalier .....	44
5.2.7 Etablissement religieux .....	46
5.2.8 Hôtels.....	47
<b>5.3 Conclusions : .....</b>	<b>48</b>
<b>5.4 Bâtiments industriels.....</b>	<b>50</b>
<b>5.5 Caserne de pompier.....</b>	<b>54</b>
<b>5.6 COMPORTEMENT DES OUVRAGES D'ART .....</b>	<b>55</b>
5.6.1 Ponts .....	55
5.6.2 Le silo du CORSO : Stockage de grains .....	59
5.6.3 Barrages .....	60
5.6.4 Voie ferrée .....	60
5.6.5 Château d'eau .....	60
5.6.6 Conclusions.....	61
<b>5.7 COMPORTEMENT DES EQUIPEMENTS.....</b>	<b>61</b>
5.7.1 Stockage de pièces détachées.....	61
5.7.2 Machine – outils.....	62
5.7.3 Matériel hospitalier .....	63
5.7.4 Clôtures.....	64
5.7.5 Equipements de la centrale à gaz .....	64
5.7.6 CONCLUSION.....	65
<b>5.8 COMMENTAIRES DE VICTOR DAVIDOVICI ISSUS DU RAPPORT PRELIMINAIRE FOURNI AU MINISTERE ALGERIEN DE L'HABITAT .....</b>	<b>66</b>
5.8.1 Evénement sismique .....	66
5.8.2 Implication des bureaux d'études .....	66
5.8.3 Qualité de la construction .....	66
5.8.4 Propositions d'évolution de la réglementation.....	67
5.8.5 Mode de fonctionnement des bâtiments avec voiles en béton armé .....	68
5.8.6 Mode de fonctionnement des bâtiments de type portique avec un remplissage en maçonnerie .....	68
5.8.7 Comportement des bâtiments avec portiques en béton armé et murs de remplissage.....	70

5.8.8	Endommagement des écoles .....	71
5.8.9	Interrogations sur la conception des bâtiments .....	71
5.8.10	Conclusions de Victor DAVIDOVICI .....	72
<b>6.</b>	<b>OBSERVATIONS RELATIVES AUX RESEAUX .....</b>	<b>73</b>
<b>6.1.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>73</b>
6.1.1.	LA VOIRIE ET LES TRANSPORTS TERRESTRES .....	73
6.1.2.	PORTS ET AEROPORT .....	74
6.1.3.	LES RESEAUX DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE ET DE COLLECTE DES EAUX USEES .....	74
6.1.4.	LA PRODUCTION ET LA DISTRIBUTION D'ENERGIE .....	75
6.1.5.	LES RESEAUX DE TELECOMMUNICATION .....	75
6.1.6.	ENSEIGNEMENTS A TIRER .....	76
<b>7.</b>	<b>GESTION DE CRISE, PROCESSUS SOCIAUX ET RECONSTRUCTION .....</b>	<b>77</b>
<b>7.1.</b>	<b>ASPECTS INSTITUTIONNELS .....</b>	<b>77</b>
7.1.1.	Contexte politique et social .....	77
7.1.2.	Informations préventives .....	78
<b>7.2.</b>	<b>ORGANISATION DE LA SECURITE CIVILE .....</b>	<b>80</b>
<b>7.3.</b>	<b>LE SEISME ET SES CONSEQUENCES SUR L'ORGANISATION SOCIALE.....</b>	<b>80</b>
7.3.1.	Impact du séisme .....	80
7.3.2.	Mise en place de la cellule de crise .....	81
7.3.3.	La mobilisation sociale .....	82
7.3.4.	Gestion des secours .....	83
<b>7.4.</b>	<b>AIDE INTERNATIONALE.....</b>	<b>84</b>
7.4.1.	Aide dans les secours (Louis Coste) .....	84
7.4.2.	Organisation des camps de sinistrés .....	84
<b>7.5.</b>	<b>PROCESSUS DE RECUPERATION-RECONSTRUCTION.....</b>	<b>84</b>
7.5.1.	Conséquences économiques.....	84
7.5.2.	Enjeux administratifs .....	86
7.5.3.	Enjeux techniques et décisionnels.....	87
7.5.4.	Enjeux politiques et sociaux .....	88
<b>7.6.</b>	<b>ROLE DES MEDIAS .....</b>	<b>89</b>
<b>8.</b>	<b>SYNTHESE ET CONCLUSIONS - COLLABORATIONS POSSIBLES.....</b>	<b>90</b>

# 1. INTRODUCTION – PRESENTATION DE LA MISSION

Pierre MOUROUX <sup>1</sup>, Mohamed BELAZOUGUI <sup>2</sup>

## 1.1 L'ALGERIE ACTUELLE

Avec une superficie de près de 2.400.000 km<sup>2</sup>, l'Algérie est le 2<sup>e</sup> pays le plus vaste d'Afrique et le 10<sup>e</sup> au monde.

Sa population est de 32 millions d'habitants dont 3.7 millions à Alger et son taux de croissance démographique est de 1.68% (juillet 2002) les autres villes principales sont Oran, Constantine, Annaba.

70% de la population ont moins de 30 ans et l'espérance de vie à la naissance est de 71 ans.

La plus grande partie de la population est concentrée au nord du pays, le long des côtes. La population a triplé entre 1962 et 2000.

La couverture médicale est d'un médecin pour 1100 habitants. Le nombre de ménage est de 4.5 millions environ.

L'Algérie comprend 175 hôpitaux, 450 polycliniques et 1250 centres de santé.

Alors que la majorité des Algériens sont propriétaires de leur logement (plus de 70%), le taux d'occupation est très élevé : 7 personnes par logement. Depuis environ 5 ans, 150 000 logements sont mis en chantier annuellement.

Le climat est considéré comme semi-aride à aride ; il est de type méditerranéen, le long des 1 000 km de côtes et devient désertique au Sahara.

La Constitution de 1996 dispose que le Président de la République est élu au suffrage universel pour un mandat de 5 ans et rééligible. Le Président actuel est M. Adelaziz Bouteflika. Le chef du gouvernement (M. Ahmed OUYAHIA depuis mai 2003) est nommé par le Président de la République. Le parlement est composé de 2 chambres :

- L'Assemblée Populaire Nationale où siègent 350 députés élus au suffrage universel pour 5 ans.
- Le Conseil de la Nation : 144 membres dont un tiers est désigné par le Président de la République.

L'Algérie essaie actuellement de sortir d'une période trouble d'une douzaine d'années, après les élections de décembre 1991 qui avaient conduit à l'époque à l'intervention de l'armée. Le Groupe islamique armé s'est en partie démantelé en janvier 2000 après la proposition d'un programme d'amnistie, avec le but d'une réconciliation nationale. La situation reste néanmoins difficile en dehors d'Alger, et dès les abords immédiats de cette ville.

Les principaux indicateurs économiques sont les suivants :

- PIB fin 2000 : 53.4 milliards d'euros ;
- PIB par habitant : 1700 euros ;
- Croissance du PIB en 2001 : 3.8% ;
- Population active : 9.4 millions (chômage : 34%).

Le secteur des hydrocarbures est le plus florissant de l'économie de l'Algérie. Il représente 60% des revenus du budget, 30% du PIB et plus de 95% des gains à l'exportation. L'Algérie est le 5<sup>ème</sup> pays au monde pour ses réserves de gaz et le 14<sup>ème</sup> pour le pétrole. Elle est le 2<sup>ème</sup> pays exportateur de gaz.

## 1.2. GENERALITES SUR LE SEISME

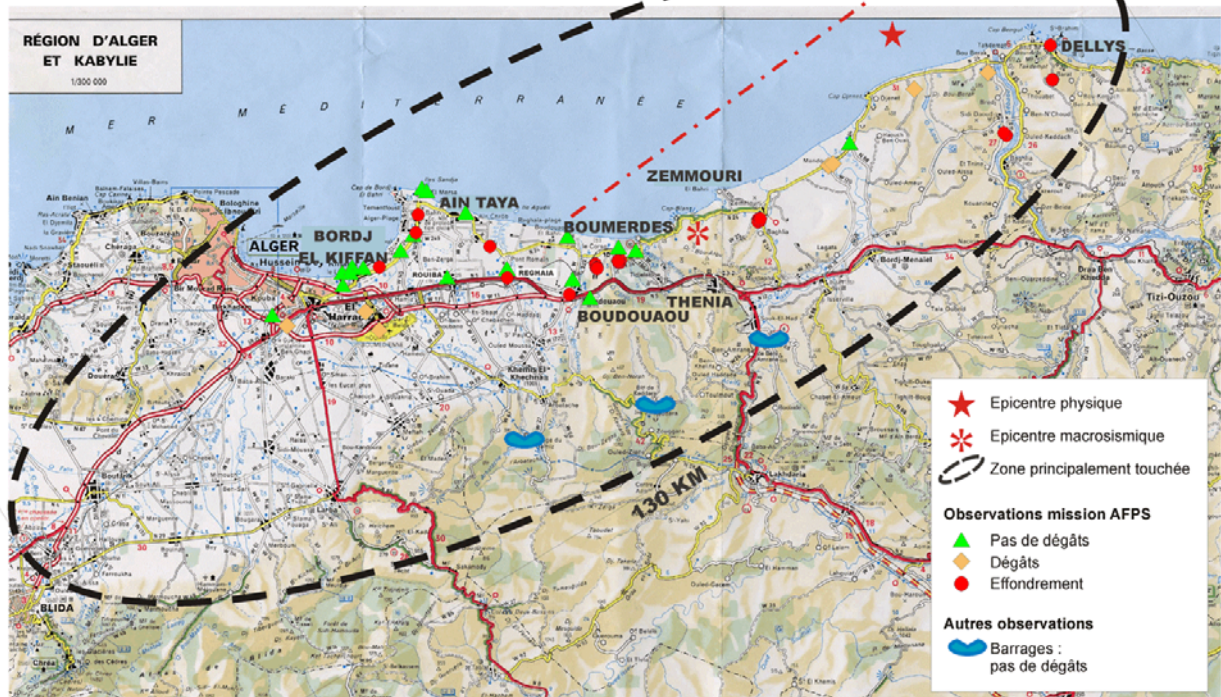
### 1.2.1 L'événement du 21 mai 2003

A 19h 44 (heure locale), le mercredi 21 mai, un fort séisme de magnitude Mw 6.8 a touché les régions de Boumerdès et d'Alger, dans une zone allant principalement de Blida à Dellys, de dimension approximative 150 km x 80 km (voir carte ci-dessous). Son épicerne physique a été situé en mer, en face des villes de Zemmouri et Boumerdès. La zone touchée comprend 3 à 4 millions d'habitants. Cette population a été fortement traumatisée par la secousse principale et les répliques dont la composante verticale était importante. L'une d'entre elle a été à l'origine de l'effondrement d'une tour de 15 niveaux, à Reghaia, déjà fortement ébranlée par le séisme principal, entraînant la mort supplémentaire de 3 personnes.

1 BRGM - ARN – Conseiller scientifique

2 CGS- Alger - Directeur

## SEISME DU 21 MAI 2003 - Mw=6.8 ALGER - BOUMERDES - DELLYS



Région d'Alger – Boumerdes - Dellys

### 1.2.2 Les victimes et les dommages

Le bilan officiel, encore provisoire, des victimes est le suivant (au 17 juin 2003) :

Villes	Personnes décédées	Personnes blessées
Boumerdès	1381	3442
Alger	883	6787
Tizi-Ouzou	7	261
Bouira	2	127
Bejaia	2	3
Blida	2	709
Médea	0	121
Total	2277	11450

Pour les dommages, à la date du 28 juin, environ 190 000 unités d'habitation (dont à peu près 160 000 logements) ont été expertisées sur l'ensembles des willayate (préfectures) touchées, et principalement celle d'Alger et de Boumerdès. Cela correspond à la quasi totalité du parc de constructions et constitue la phase A de l'évaluation des dommages.

Pour cette phase A, les spécialistes ont recours à l'utilisation de degrés de dommages semblables à ceux définis dans les EMS 98 (European Macroseismic Scale), à savoir :

Degrés 1 et 2 : couleur verte

Degrés 3 et 4 : couleur orange

Degré 5 : couleur rouge

La répartition des dommages s'établit selon le tableau suivant (chiffres officiels donnés par Mr BELAZOUGUI, le 28 juin) ; ces chiffres correspondent aux évaluations du CTC, organisme officiel de contrôle des constructions en Algérie :

Degrés d'Endommagement (~EMS 98)	Nombre de logements endommagés			Pourcentage
	Alger	Boumerdès	Total	
Degrés 1 et 2	40147	33195	73342	# 50 %
Degrés 3 et 4	42452	16731	59183	# 40 %
Degré 5	7497	6475	13972	# 10 %
Total	90096	56401	146497	# 100 %

Au cours de la Phase B (en cours actuellement), de nouvelles évaluations sont effectuées, concernant les bâtiments classés en orange (degrés 3 et 4) : des premiers résultats obtenus dans la willaya de Boumerdès ont donné une répartition de 45% pour le degré 4 (non récupérable), et de 55% pour le degré 3 (récupérable), pour cette couleur orange.

Cela donne un pourcentage de l'ordre de 30% pour les bâtiments non récupérables, au total.

Par ailleurs, Monsieur Farsi du CGS nous a fait parvenir le dernier tableau concernant la Wilaya de Boumerdès avec des résultats valable au 24 juin 2003.



## WILAYA DE BOUMERDES: BILAN DES DOMMAGES ARRETE AU 24.06.2003

USAGE	VERT		ORANGE		ROUGE	Total
	NIVEAU 1	NIVEAU 2	NIVEAU 3	NIVEAU 4	NIVEAU 5	
Habitations	12646	20591	10818	5940	6449	<b>56444</b>
Bat. Admin.	119	142	82	48	40	<b>431</b>
Equip. Scolaires	295	449	244	178	82	<b>1248</b>
Equip. Hospitaliers	72	58	23	14	8	<b>175</b>
Equip. Sportifs ou Culturels	81	57	54	53	20	<b>265</b>
Commerces	148	124	100	71	108	<b>551</b>
Equip. Industriels et Hangars	50	99	49	43	42	<b>283</b>
Autres	20	41	16	22	29	<b>128</b>
<b>TOTAL</b>	<b>13431</b>	<b>21561</b>	<b>11386</b>	<b>6369</b>	<b>6778</b>	<b>59525</b>
%	22.58	36.22	19.12	10.70	11.38	100.00

### 1.3. ORGANISATION DE LA MISSION

La mission a été décidée et organisée dans la semaine qui a suivi le séisme, en particulier lors de la réunion du conseil de l'AFPS, le 27 mai 2003, sous la coordination de J.F. HEITZ.

Les membres de l'équipe AFPS et la mission spécifique de Victor DAVIDOVICI

Les membres de l'équipe AFPS sont les suivants, avec les abréviations correspondantes :

Etienne BERTRAND (EB).....	BRGM – ARN - Sismologue
Guy BESACIER (GB).....	ATOLL – Ingénieur structure
Stéphane CARTIER (SC).....	CNRS/LGIT Grenoble – Gestion du risque
Ludvina COLBEAU JUSTIN (LCJ).....	CNRS/LPE- Paris – Gestion du risque
Djamel LAGAB (DL).....	SYSTRA – Ingénieur structures
Pierre MOUROUX, chef de mission (PM).....	BRGM – ARN - Géotechnicien
Maher Georges RAMZI (GR).....	Ingénieur structures

L'AFPS a pris en charge essentiellement Pierre MOUROUX, Stéphane CARTIER et, en partie, Georges RAMZI. Les autres membres ont été couverts financièrement par leurs organismes respectifs.

Par ailleurs, Victor DAVIDOVICI, Président d'honneur de l'AFPS, est intervenu à la demande du Ministère de l'Habitat algérien, du mercredi 28 mai au dimanche 1<sup>er</sup> juin. Il s'est joint à la mission de l'AFPS.

#### 1.3.1 Les partenaires du C.G.S.

Dès le lancement de la mission, l'AFPS a été en relation constante avec M. BELAZOUGUI, Directeur du C.G.S., Centre national de recherche appliquée en génie parasismique, situé à Alger, ainsi qu'avec d'autres membres de cet organisme, en particulier Messieurs FARSI, REMAS et AMEUR (Ingénieurs de structures) et LAOUAMI, SLIMANI, BOUHADAD, NOUR et MACHANE (sismologues et géologues).

Une réunion avec les équipes du C.G.S. a été tenue en fin de mission, le 3 juin, à Alger.

#### 1.3.2 Relation avec l'ambassade de France

Des contacts ont été rapidement pris avec M. Richard ROUQUET, Attaché de coopération technique, qui a reçu M. BELAZOUGUI, RAMZI et MOUROUX, en présence de M. Michel PIERRE, Conseiller de Coopération et d'Action culturelle, le 3 juin, dans la soirée.

#### 1.3.3 Logistique et organisation

La mission AFPS a pu être organisée rapidement, grâce à tous les contacts cités ci-dessus et en particulier M. BELAZOUGUI, ainsi qu'à la délégation algérienne concernant l'organisation des secours et la communication, située au sein même de l'aéroport Houari Boumediene, qui a fourni tous les moyens en particulier véhicules et escortes nécessaires pendant cette mission.

### 1.4 PROGRAMME ET DEROULEMENT DE LA MISSION

La mission AFPS est restée sur le territoire algérien du samedi 31 mai au mercredi 4 juin, pour la plupart de ses membres. Stéphane CARTIER a pu rester jusqu'au vendredi 6 juin. Il doit également y retourner à partir du samedi 21 juin. Victor DAVIDOVICI a accompli sa mission du mercredi 28 mai au dimanche 1<sup>er</sup> juin.

Compte tenu des difficultés d'accès dans la zone épicertrale en particulier, l'équipe a fait une première visite au complet, le dimanche 1<sup>er</sup> juin jusqu'à Boumerdès et Zemmouri. Puis, le lendemain, elle s'est séparée en 2 ensembles. Le premier groupe, composé du sismologue du géotechnicien et des ingénieurs de structures, est allé jusqu'à la ville de Dellys au nord-est de la zone touchée. La deuxième équipe, composée des spécialistes de la gestion de crise, a effectué plusieurs entretiens au ministère de la santé, à la cellule de crise et au SAMU de Boumerdès puis a pu visiter des camps de sinistrés au Corso.

Le 3 juin, l'équipe s'est encore séparée en 2 ensembles après une visite commune du viaduc autoroutier de la rocade sud sur l'Oued El Harrach, le premier dans la zone allant de Bordj El Kiffan à Boudouaou, le

deuxième dans la zone de Rouiba, avec le site industriel de la SNVI. Le 4 juin, Stéphane CARTIER et Pierre MOUROUX sont retournés dans la zone de bordj El Kiffan (Verte Rive) et Bordj El Bahri, où des dommages importants ont été observés.

Par ailleurs, une réunion commune de toute la mission, hormis Victor Davidovici, avec les représentants du CGS s'est tenue le mardi 3 juin, à 15h, dans les locaux du C.G.S.

Enfin, une réunion avec Monsieur ROUQUET, Conseiller de Coopération et d'Action culturelle, a eu lieu dans l'enceinte de l'Ambassade de France, le 3 juin, à partir de 19 heures.

## 1.5 INVENTAIRE DES SITES VISITES D'ALGER A DELLYS

Membres AFPS	Lieu	Objets de la visite	Date, heure
Tous	Boumerdès Le Corso  Zemmouri	Dommmages – Gestion de crise Silos – Dommmages – Gestion des problèmes Dommmages généralisés	01/06 – 10h-14h 01/06 – 14h-17h  01/06 – 17h-19h
EB, GB, DL, PM, GR	Boumerdès Oued Isser  Cap Djinet Oued Sebaou Dellys  Sidi Daoud Thenia	Ponts Ponts – Peu de dommmages – Liquéfaction généralisée avec glissements latéraux Centrale électrique– SONELGAZ Pont – Peu de dommmages Dommmages – Casbah Ville nouvelle – Ecole – Hôpital Dommmages majeurs Dommmages – Centre hospitalier	02/06 – 9h 02/06 – 10h  02/06 – 11h 02/06 – 13h 02/06 – 14h  02/06 – 16h 02/06 – 19h
LCJ, SC	Alger ; Boumerdès ; Le Corso	Gestion de crise : ministère de la santé, camps du Corso ; willaya de Boumerdès.	02/06
Tous	Pont sur Oued El Harrach	Tablier déplacé de 60 cm latéralement, avec travaux de réparation en cours	03/06 – 9h
EB, LCJ, PM	Bordj et Kiffan Aïn Taya – Boudouaou El Corso Reghaia	Dommmages Réactions population Dommmages Emplacement tour de 15 niveaux effondrée pendant réplique	03/06 – 11h  03/06 – 13h
GB, DL, GR, SC	Rouiba et alentours	Dommmages – Equipement – Réactions population	03/06 – 15h à 18h
SC, PM	Bordj El Kiffan – Bordj El Bahri	Dommmages – Réaction population	04/06 – 9h à 13h

## 1.6. ELEMENTS DE COMPARAISON AVEC D'AUTRES SEISMES

Le séisme du 21 mai 2003, dans la région d'Alger, est l'expression du séisme type qui peut affecter une grande partie de l'Afrique du Nord, compte tenu du contexte géodynamique en compression nord-sud, et en particulier l'Algérie.

Les séismes de la région d'Ech Cheliff (El Asnam en 1980 et Orléansville en 1954), qui ont marqué profondément la mémoire, font partie de ce type.

Mais l'Algérie a été touchée par d'autres séismes historiques importants, comme à Alger en 1716 (plus de 20 000 morts) et à Oran en 1790 : voir le paragraphe suivant.

## 1.7 REMERCIEMENTS

La mission en Algérie a pu avoir lieu très rapidement grâce aux volontaires bénévoles de l'association qui ont consacré une semaine de leur temps pour la visite du site et plus, pour la préparation de ce rapport préliminaire. Elle a été possible grâce au concours du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable et de la Délégation aux Risques Majeurs.

Nos remerciements vont également à tous nos collègues algériens du C.G.S. et en particulier Messieurs BELAZOUGUI et FARSI qui sont venus nous accueillir dès le premier jour, Monsieur REMAS qui nous a guidés dans la région de Boumerdès, ainsi que tous les collègues présents lors de la réunion du 3 juin.

D'autre part, l'accueil des équipes du CRAAG et de l'Université Houari Boumediene a facilité largement le travail de Stéphane Cartier, lors des missions complémentaires.

Nous remercions aussi beaucoup tous les responsables de la Délégation d'accueil à l'aéroport Houari Boumediene, sans lesquels nous aurions été au-devant de nombreuses difficultés d'accès et de communication et en particulier son chauffeur permanent et infatigable Abdelkader BENDJEDID.

Nous remercions enfin les représentants de l'Ambassade de France, en particulier Monsieur ROUQUET, ainsi que Monsieur ROUHBAN, de l'UNESCO, pour son soutien dès le départ de la mission.

Enfin, et comme pour chaque mission, les membres du bureau de l'AFPS, Jean-François HEITZ, responsable des missions, ainsi que Mesdames Colette GLAIZE et Béatrice PEREZ-LEROUGE se sont dévoués pour permettre la réalisation de la mission dans les délais optimum et ce, malgré leurs obligations personnelles.

## 2. GEODYNAMIQUE, SISMOTECTONIQUE ET GEOLOGIE DE L'ALGEROIS

Etienne BERTRAND <sup>1</sup>

### 2.1. CONTEXTE GEODYNAMIQUE

#### 2.1.1. Généralités

Les limites naturelles de l'Algérie sont la Mer Méditerranée au Nord (1200 km de côtes), le Maroc à l'Ouest, la Tunisie et la Libye à l'Est, la Mauritanie et le Sahara Occidental au Sud-Ouest et finalement le Mali et le Niger au Sud. Par sa superficie (2 381 741 km<sup>2</sup>), l'Algérie est après le Soudan, le deuxième plus grand pays d'Afrique et du monde arabe.

Le pays comprend quatre grands domaines du Nord au Sud (Askri et al.) :

l'Atlas Tellien, constitué de reliefs escarpés et de plaines littorales dont les plus riches d'Algérie sont la Mitidja au centre, le Chelif à l'Ouest et le Seybouse à l'Est ;

les Hauts Plateaux

l'Atlas saharien forme une longue suite de reliefs orientés NE-SO s'étendant du Maroc à la Tunisie ;

le Sahara est un désert formé de grandes étendues de dunes, de plaines caillouteuses et parsemé d'oasis.

L'Algérie est divisée en deux unités tectoniques majeures séparées par la faille sud-atlasique : le Nord du pays porte l'empreinte de la tectonique alpine tandis que le Sud formé par la plate-forme saharienne est relativement stable et la tectonique y est moins prononcée.

#### 2.1.2. Géodynamique

L'Algérie est située sur une limite majeure entre deux plaques tectoniques : la plaque Eurasienne et la plaque Africaine. Le séisme du 21 mai 2003 est lié à un contexte tectonique compressif créé par la remontée nord-ouest de la plaque Africaine contre la plaque Eurasienne. D'après le modèle global « Nuvel 1 » (Argus *et al.*, 1991), la vitesse de raccourcissement entre les deux plaques est estimée entre 5 et 6 mm/an dans la région d'Alger (Fig. 2.1).

L'affrontement entre les deux plaques a donné naissance notamment à la chaîne de l'Atlas Tellien. Ce massif forme une zone complexe constituée de nappes mises en place au Miocène inférieur (Fig. 2.2).

---

<sup>1</sup> BRGM - ARN Sismologue

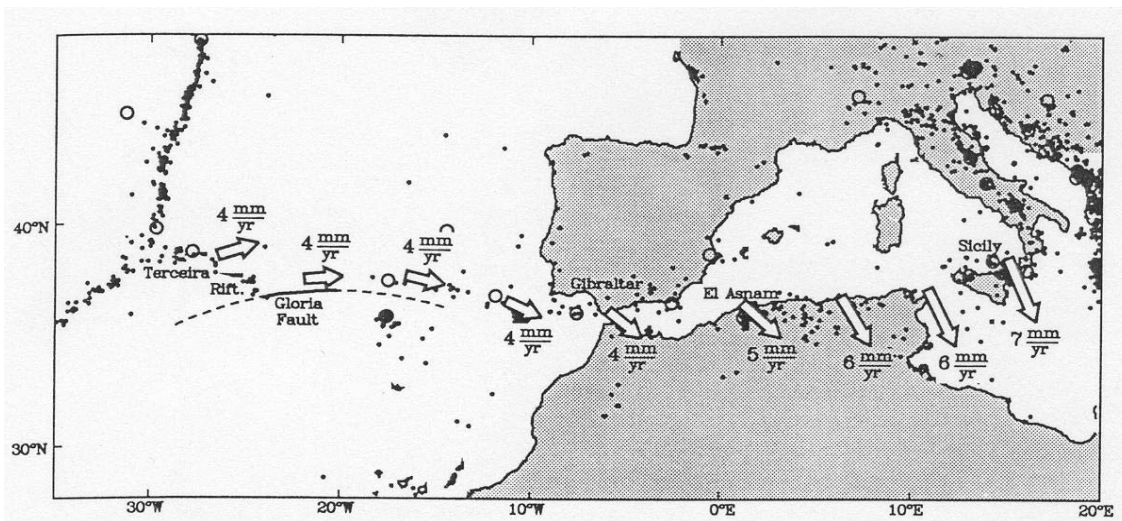


Fig.2.1 – Contexte géodynamique de la marge Nord Africaine. Modèle Nuvel 1 (Argus et. Al., 1991 Issu de east.u-strasbg.fr, M. Megrahoui)

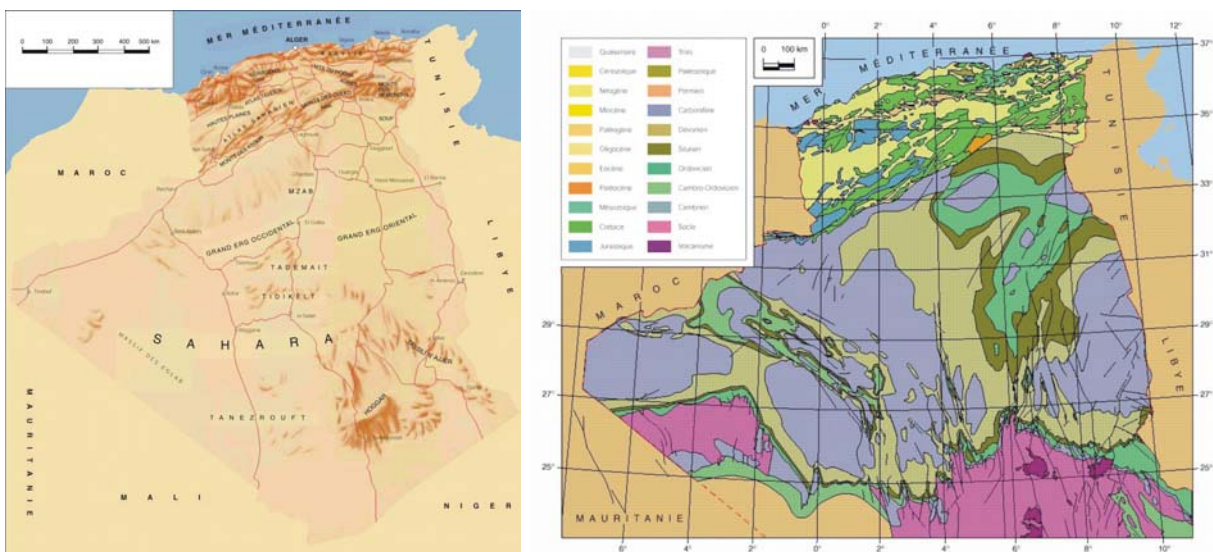


Fig.2.2 – Géographie et Géologie de l'Algérie. L'étoile indique l'épicentre du séisme du 21 Mai 2003. (Ministère de l'énergie et des mines algérien : [www.mem-algeria.org](http://www.mem-algeria.org))

2.2. SISMOTECTONIQUE

2.2.1. Tectonique régionale et failles actives

La tectonique est celle de la collision Afrique-Europe et l'Algérie du Nord a été victime de nombreux séismes qui sont majoritairement des séismes en faille inverse en accord avec le mouvement général de compression à la frontière des plaques tectoniques Eurasie et Afrique.

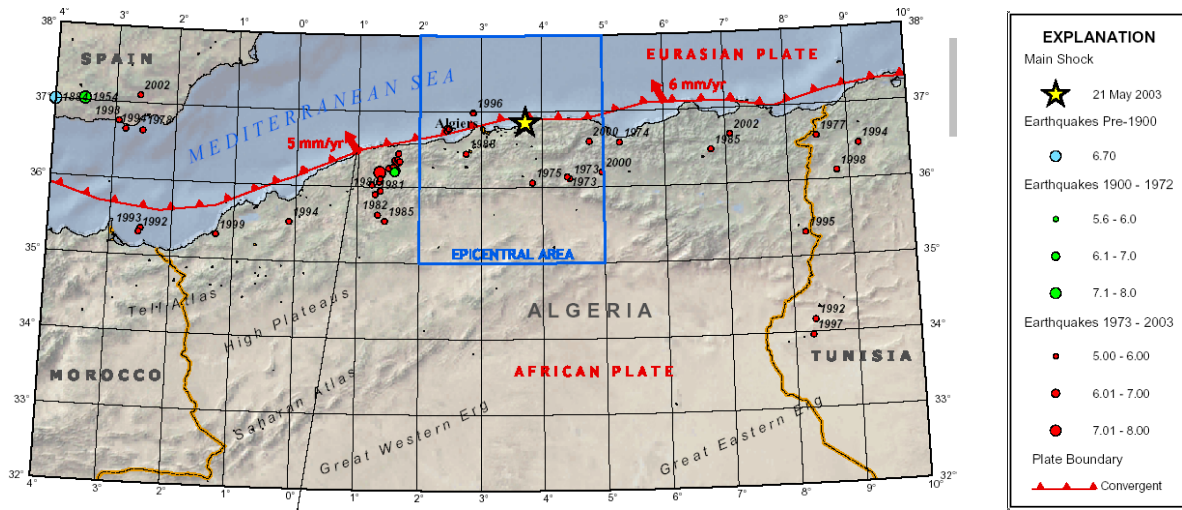


Fig.2.3 – Carte sismotectonique de l'Algérie du Nord (NEIC)

Les cartes sismo-tectoniques disponibles pour l'Algérie du Nord font état de deux types de failles. D'une part des failles décrochantes dont la faille de Thénia (Fig. 2.4) et d'autre part des failles en compression avec des prolongements marins probables. Ainsi les failles bordant la Mitidja et le Sahel se continueraient en mer au large de la côte entre Boumerdès et Dellys.

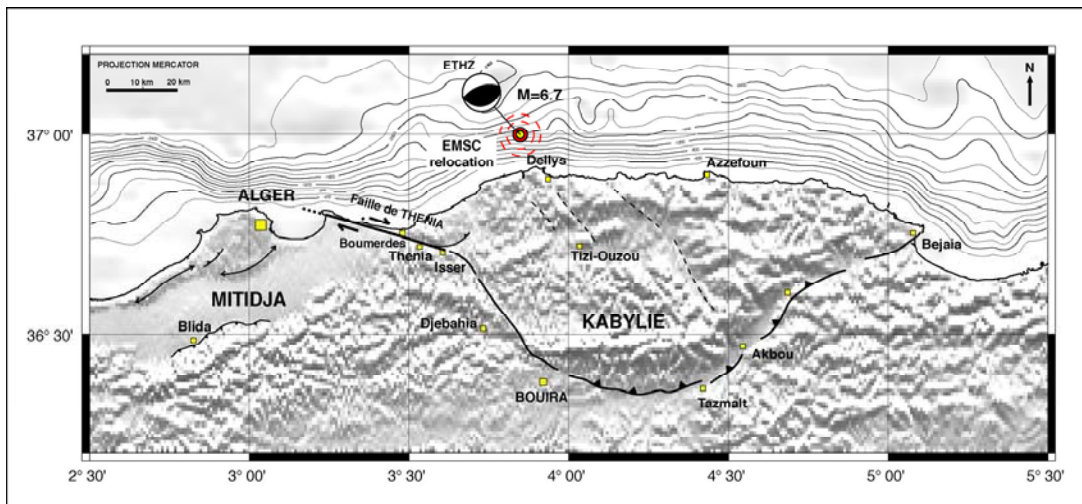


Fig.2.4 – Faille de Thénia et localisation du séisme du 21 mai 2003

(M. Meghraoui, d'après Boudiaf, <http://leost.u-strasbg.fr>)

Ces cartes sont en bon accord avec les mécanismes au foyer obtenus ces dernières années (Fig 2.5).

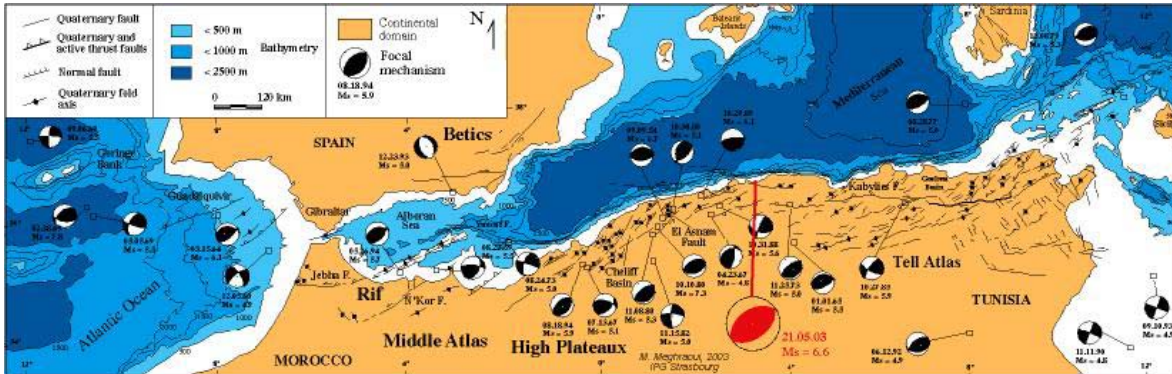


Fig.2.5 – Mécanismes au foyer de séismes Nord Algériens (M. Meghraoui, <http://leost.u-strasbg.fr>)

### 2.2.2. Activité sismique historique et instrumentale

Le dernier tremblement de terre majeur en Algérie date du 10 octobre 1980. De magnitude 7,1, celui-ci avait frappé la région d'El Asnam (anciennement Orléansville et désormais appelée Ech-Cheliff). La ville avait été sévèrement touchée et comptait près de 5000 morts. En 1954 la même ville avait été meurtrie par un séisme de magnitude 6,4 qui avait fait plus de 1000 morts.

D'autre part, la région Ouest d'Alger jusqu'à Cherchell a connu de nombreux séismes destructeurs par le passé : en 1365 (importants dégâts à Alger, une partie de la ville inondée), en 1716 d'intensité épiscopale X MMI (destructions de la plupart des maisons traditionnelles d'Alger – 20 000 morts), en 1722. Aux alentours immédiats, on peut citer les séismes de Cherchell (1735 et 1847), Hadjout (1756), Koléa (1802) et Mitidja (1867). A 80 km au sud-est d'Alger, le séisme de 1910, a atteint une magnitude  $M_s$  de 6,4.

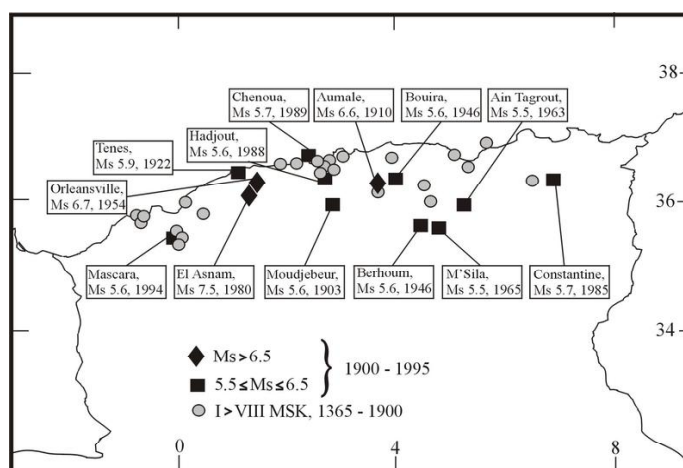


Fig.2.6 – Sismicité au XX<sup>ème</sup> siècle en Algérie (NEIC)

Enfin, plus récemment, plusieurs séismes de magnitude comprise entre 5 et 6 se sont produits à l'Ouest d'Alger dans les régions de Cherchell, Tipaza et Medea en 1988, 1989 (70 morts-150 000 sans abris), 1990 et 1996. Tous ces séismes ont été largement ressentis à Alger.



A l'Est d'Alger, les cartes de sismicité historique et instrumentale montrent une zone de faible sismicité s'étendant au delà de Tizi Ouzou, à toute la Kabylie (Boudiaf et Philip, 1996; Ayadi *et al.*, 2002) (Fig. 2.7)). C'est dans cette région qu'est localisé le séisme du 21 Mai.

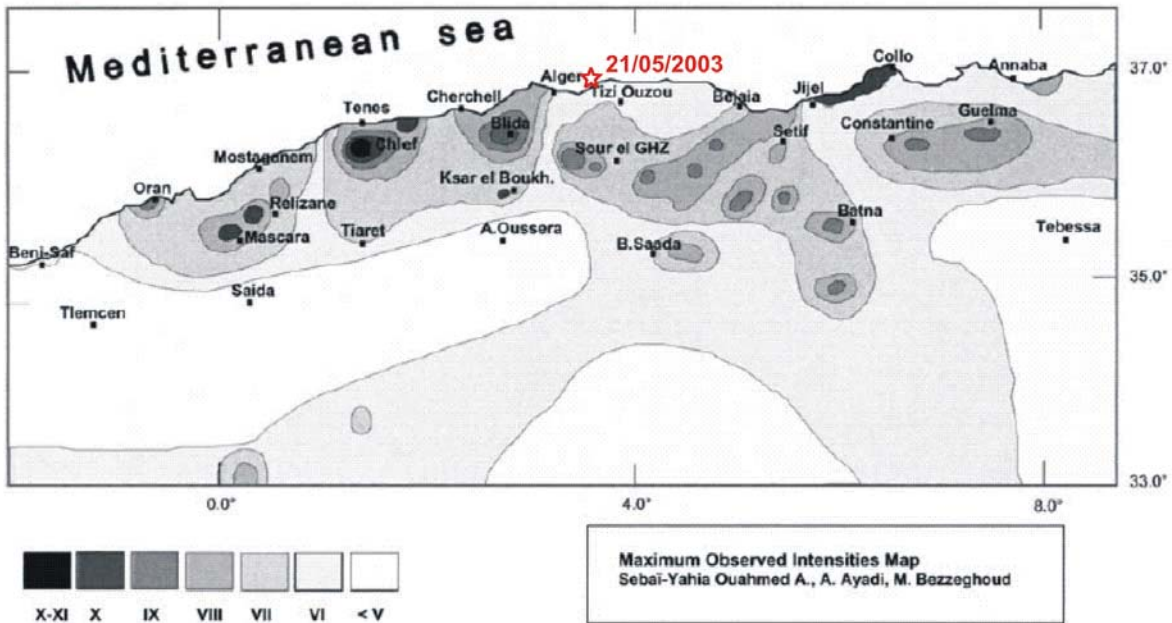


Fig.2.7 – Intensités maximales observées en Algérie du Nord (Bezzeghoud *et al.*, 1996)

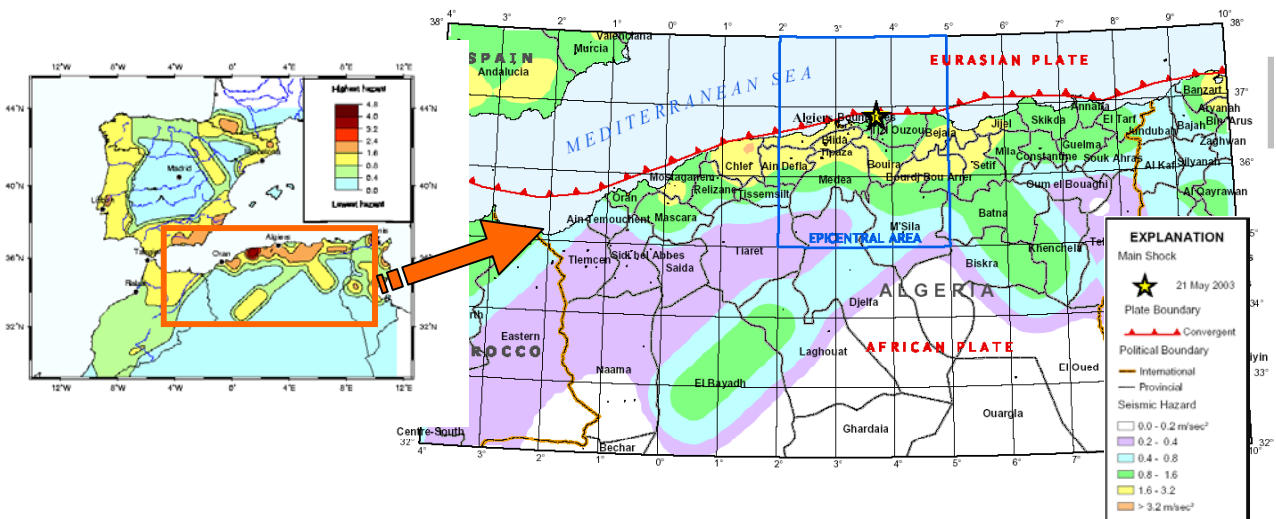


Fig.2.8 – Cartes d'aléa sismique (NEIC)

A partir des intensités maximales on peut établir des cartes d'aléa sismique. Celle présentée ici (Fig. 2.8) provient du site internet de NEIC. On y retrouve une zone d'aléa plus faible entre Alger et la Kabylie, lieux d'occurrence du séisme du 21 mai 2003. Une mise à jour de ces cartes est donc à prévoir.

### 2.3. CONTEXTE GEOLOGIQUE DE L'ALGEROIS

L'histoire géologique des bassins sédimentaires algériens s'inscrit dans le processus de géodynamique globale de la tectonique des plaques qui a structuré l'Algérie en deux domaines :

au Nord, l'Algérie alpine ;

au Sud, la plate-forme saharienne.

L'algerois est intégré dans l'Algérie alpine et est essentiellement structuré par la plaine de la Mitidja qui est un bassin de type intramontagneux, bordé au sud par le domaine des nappes formant l'Atlas Tellien. La série sédimentaire du bassin de la Mitidja s'étend du Jurassique au Miocène. Au pliocène, la mer y dépose des marnes bleues à intercalations gréseuses d'une épaisseur pouvant atteindre 1000 m (Askri *et al.*). A l'est la Mitidja est bordée par des affleurements de socle de type granitoïde apparaissant à Boumerdès et le long de la faille de Thénia.

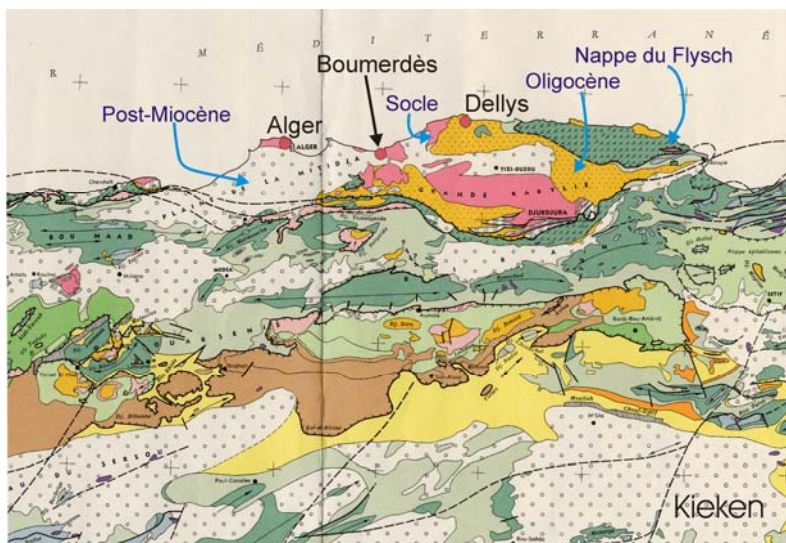


Fig.2.9 – Extrait de l'esquisse tectonique de l'Algérie de M. Kieken (1962).

Le remplissage sédimentaire quaternaire de la Mitidja représente localement une épaisseur de 120 m. Proche des côtes se sont des sables rouges du Pliocène supérieur très compacts qui affleurent et recouvrent les marnes plaisanciennes. C'est sur ce type de terrain que s'est construit notamment la ville de Boumerdès.

## 2.4. BIBLIOGRAPHIE

- Askri H., Belmecheri A., Benrabah B., Boudjema A., Boumendjel K., Daoudi M., Drid M., Ghalem T., Docca A.M., Ghandriche A., Ghomari A., Guellati N., Khennous M., Lounici R., Naili H., Takherist D., Terkmani M., Géologie de l'Algérie.
- Ayadi A., Ousadou-Ayadi F., Bourouis S., Benhallou H. (2002). Seismotectonics and seismic quietness of the Oranie region (Western Algeria): The Mascara earthquake of August 18<sup>th</sup> 1994, Mw=5.7, Ms=6.0. *J. Seismology*, 6, 13-23.
- Bezzeghoud, M; Ayadi A., Sebaï A., Aït Messaoud A., Mokrane A., Benhallou H. (1996). *Seismicity of Algeria between 1365 and 1989: Map of Maximum Observed Intensities (MOI)*, Avances en Geofisica y Geodesia, I(1), Ministerio de Obras Publicas, Transportes y Medio Ambiente, Instituto Geografico National Espagna, pp 107-114.
- Boudiaf A., Philip H (1996). Tectonique active et risque sismique dans le bassin de la Soummam, Kabylie, Algérie. 1<sup>er</sup> colloque National de Génie Parasismique, Alger, 4-6 Juin.
- Kieken M., 1962. Esquisse tectonique de l'Algérie. Service de la carte géologique de l'Algérie.

### 3. LE SEISME

Etienne BERTRAND <sup>1</sup> et Pierre MOUROUX <sup>2</sup>

#### 3.1. CARACTERISTIQUES

Le séisme de magnitude 6,8 qui a durement frappé l'Algérie le 21 mai 2003 s'est produit à 19h44m (18h44 TU) à une dizaine de kilomètres au Nord des côtes Algérienne et 60 km à l'est d'Alger. Le tableau 3.1 donne les paramètres du séisme, calculés par différents organismes scientifiques. L'évènement a été très largement ressenti jusqu'aux côtes de la Méditerranée Nord, notamment dans les régions Niçoise et Ligure. Les solutions focales du choc principal déterminées par les agences internationales sont très similaires. Le mécanisme au foyer, compatible avec l'orientation du champ de contrainte régional, témoigne d'un mouvement de type inverse, sur un plan nodal préférentiel d'azimut N70° à pendage 45° vers le Sud-Est.

	ETH	NEIC	CSEM	ReNaSS	CGS	CRAAG
Latitude (Nord)	37.04	36.893	36.99	36.94	36.81	36.91
Longitude (Est)	3.74	3.78	3.66	3.75	3.53	3.58
Profondeur	10	9	10	10		
Magnitude	6.78	6.7	6.6	6.7	7.0	6.8
Moment sismique N.M	1,8 10 <sup>19</sup>	1,3 10 <sup>19</sup>				

Tabl. 3.1 –Caractéristiques du séisme du 21 mai 2003 données par différentes agences

Aucune rupture en surface n'a pu clairement être observée. Ainsi, soit la faille est située entièrement en mer, comme le laisse suggérer la localisation épiscopale, soit la rupture ne s'est pas propagée en surface. A ce stade, il est difficile de trancher bien que la première hypothèse soit la plus vraisemblable au vu des données sismologiques. Des études à venir concernant la relocalisation des épiscopales et la distribution spatiale des répliques permettront peut être de lever cette incertitude. D'autre part des analyses d'images spatiales d'interférométrie radar pourront étayer ces études.

Une première inversion de données télésismiques (Fig. 3.2) a permis de modéliser la rupture sur la faille (Yagi, 2003; <http://iisee.kenken.go.jp>) et d'estimer notamment la longueur de la rupture ainsi que le déplacement maximum. A partir des ondes P enregistrées à 14 stations du réseau IRIS, sélectionnées pour une bonne couverture azimutale, Yagi obtient les résultats suivants :

- Moment sismique :  $M_0 = 2,4 \cdot 10^{19}$  Nm ;
- Durée de la source :  $T = 18$  s ;
- Longueur de la faille : 50 km.

<sup>1</sup> BRGM - ARN Sismologue

<sup>2</sup> BRGM - ARN Conseiller scientifique

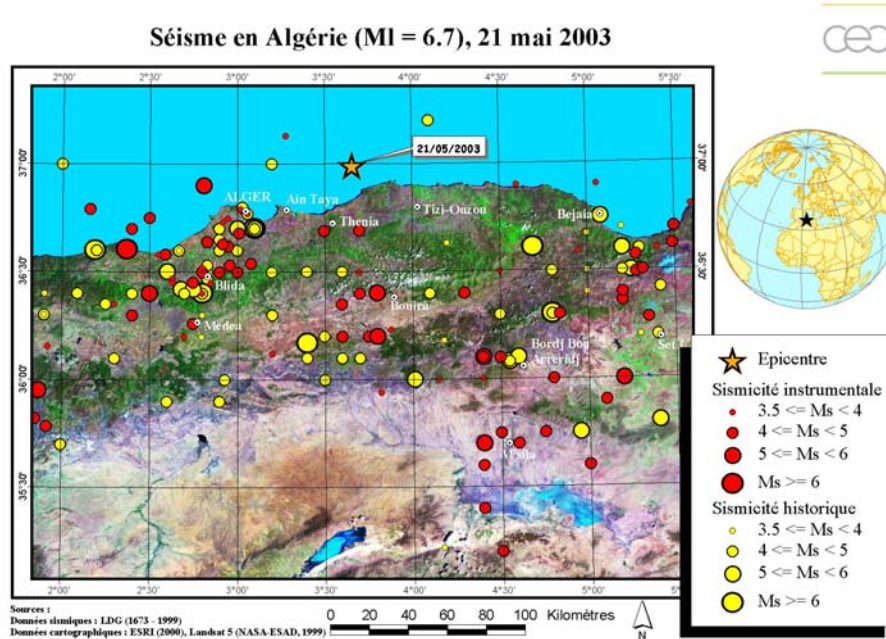


Fig.3.1 – Localisation de l'épicentre du séisme du 21 mai 2003 par le CEA/LDG

Le model est caractérisé par une rupture bilatérale se propageant depuis l'épicentre de 30 km vers le Sud-Ouest et de 20 km vers le Nord-Est. D'après celui-ci, la rupture s'est propagée jusqu'à la surface et le mouvement sur la faille se concentre en deux endroits où le glissement atteint près de 2,3 m. Dans cette inversion, la faille est orientée N54° et son pendage est de 47° vers le SE.

Des analyses indépendantes arrivent à un résultat similaire. Citons notamment les travaux de B. Delouis du laboratoire Géosciences Azur de Nice (<http://geoazur.unice.fr>) et de M; Vallée (LDG, inversion disponible sur le site du CSEM : <http://www.emsc-csem.org>).

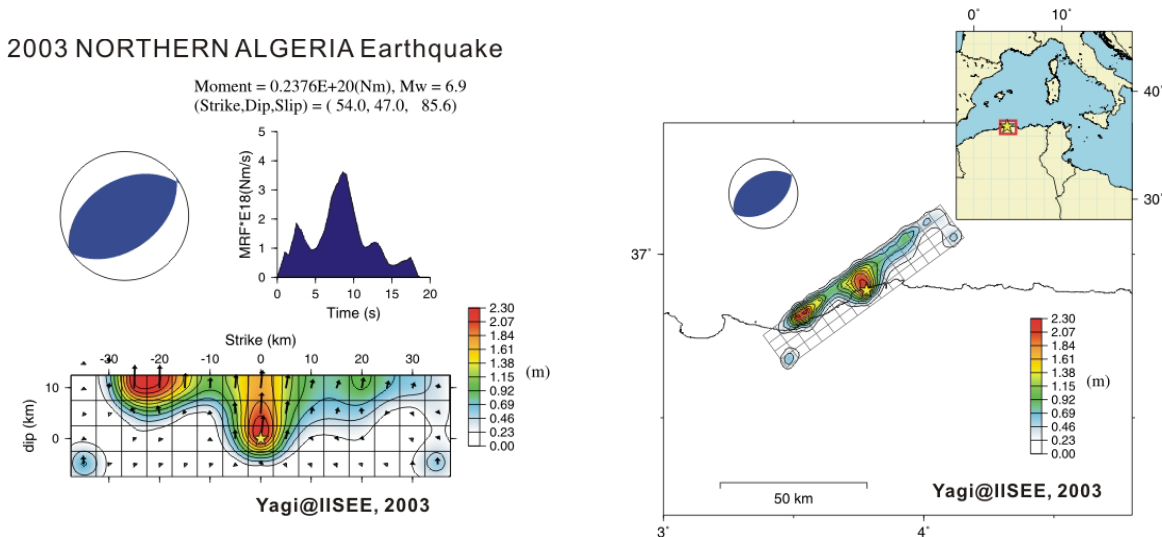


Fig.3.2 – Modélisation de la faille par inversion de données télésismiques, Yagi, 2003

### 3.2. REPLIQUES

Le séisme du 21 mai 2003 a été suivi durant le premier mois de plus de 240 répliques, la plus forte atteignant une magnitude de 5.8. Les mécanismes au foyer de ces répliques sont cohérents avec celui déterminé pour le choc principal : faille de type inverse d'orientation NNE-SSW.

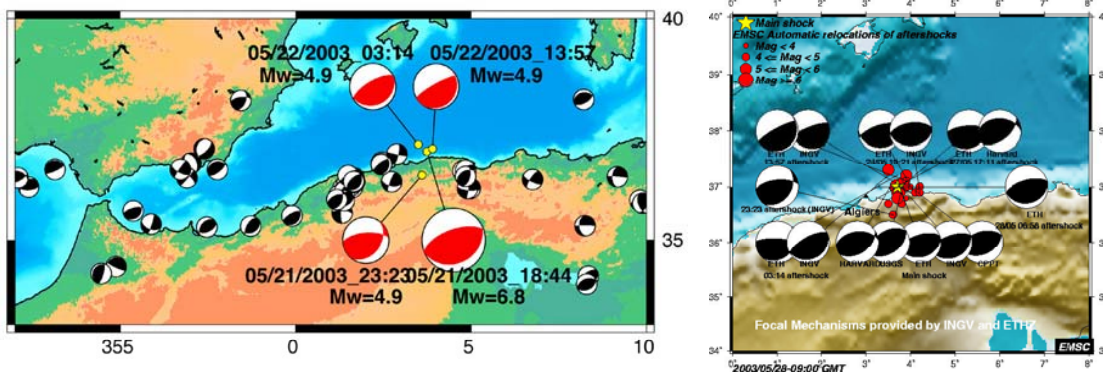


Fig.3.3 – Localisation des premières répliques du séisme du 21 mai 2003 (NEIC à gauche, EMSC à droite)

La localisation préliminaire des répliques n'est pas assez précise à l'heure actuelle pour permettre une analyse de leur distribution sur un plan de faille. Cependant, les répliques les plus fortes semblent se situer en mer et s'aligner selon une direction NNE-SSW, cohérente avec la direction des plans nodaux déterminés pour le choc principal (Fig 3.4).

Selon le CRAAG, 5 répliques de magnitude supérieure à 5,0 ont été ressenties dans l'Algérois dans la semaine qui a suivie le choc principal (Tableau 3.2). Ces répliques ont maintenu un état de panique parmi la population et ont provoqué la destruction de bâtiments, notamment à Rouiba. Ces batiments, fragilisés par le séisme du 21 mai 2003 ont fait des victimes supplémentaire.

Date	Magnitude MI	Latitude	Longitude	origine GMT
21 mai 2003	5,7	36,97 N	03,85 E	18:51:10
21 mai 2003	5,2	36,80 N	03,76 E	19:02:06
22 mai 2003	5	36,91 N	03,68 E	03:14:04
27 mai 2003	5,8	36,88 N	03,65 E	17:11:29
28 mai 2003	5	36,74 N	03,45 E	06:58:37

Tabl. 3.2 –Répliques de magnitude supérieure à 5

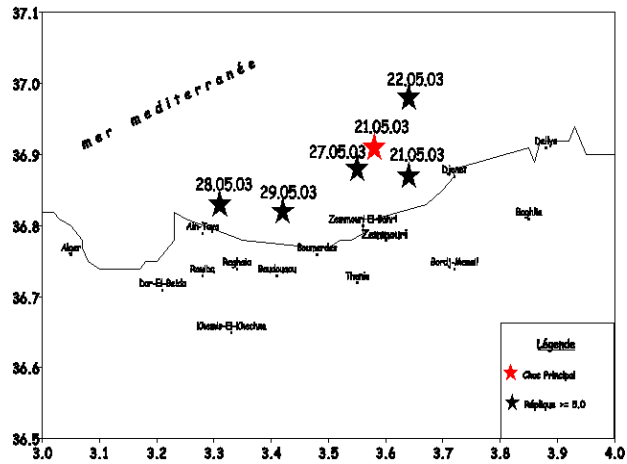


Fig.3.4 – Localisation des plus fortes répliques donnée par le CRAAG.

La quantité de répliques décroît rapidement avec le temps (Fig. 3.5). Le CEA/LDG a détecté 239 d'entre elles jusqu'au 17 juin 2003. Plus de la moitié de ces répliques ont eu lieu les trois jours qui ont suivi le choc principal.

Les magnitudes déterminées par le CEA/LDG sont comprises entre 2.4 et 5.6, la majeure partie des répliques ayant une magnitude comprise entre 3,0 et 3,6 (Fig. 3.6).

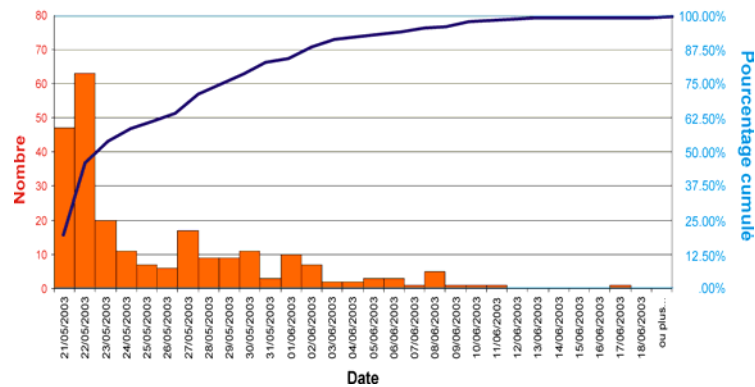


Fig.3.5 – Distribution des répliques avec le temps jusqu'au 17 juin 2003

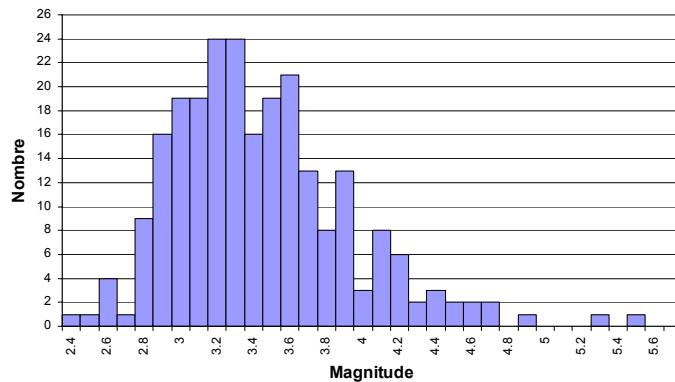


Fig.3.6 – Distribution des répliques par intervalle de magnitude jusqu'au 17 juin 2003

### 3.3. LES MOUVEMENTS FORTS

Une note préliminaire du CGS (Centre National de Recherche en Génie Parasismique) d'Alger nous a été remise lors de notre mission. Celle-ci fournit des premiers résultats concernant l'analyse de l'enregistrement de mouvements forts par le réseau accélérométrique géré par le CGS. Seule une partie des données est disponible immédiatement après le séisme. En effet, le réseau est composé majoritairement de stations SMA1 nécessitant un dépouillement qui ne se fait pas par le CGS. Cependant quelques données numériques existent et nous fournissent quelques informations sur les mouvements forts.

Les premiers enregistrements présentent ainsi une durée de phase forte d'environ 10 secondes. Les valeurs des accélérations maximales relevées par le CGS sont rassemblées dans le tableau 3.2.

	Distance (km)	Est-Ouest (g)	Nord-Sud (g)	Verticale (g)	Fréquence dominante
Keddara 1	20	0.34	0.24	0.26	4 Hz
Keddara 2	20	0.58	0.22	0.35	
Houssein Dey	36	0.27	0.23	0.09	
Dar El Beida	29	0.52	0.46	0.16	
El Afroun	86	0.16	0.09	0.03	
Blida	72	0.046	0.038	0.028	

Tabl. 3.3 – Valeurs des accélérations maximales enregistrées par le CGS

Juste après le choc principal, une station numérique a été installée au niveau de Boumerdès, à 7 Km de l'épicentre déterminé par le CGS. Il est important de noter que lors de la réplique du 27/05/2003 (M = 5.8, CRAAG), cette station a enregistré les accélérations suivantes :

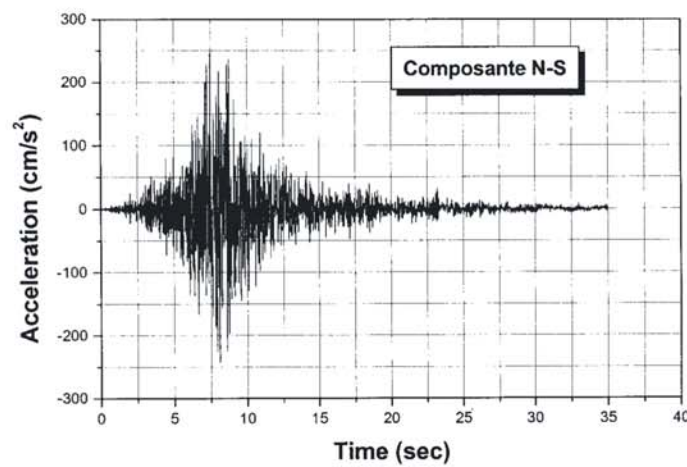
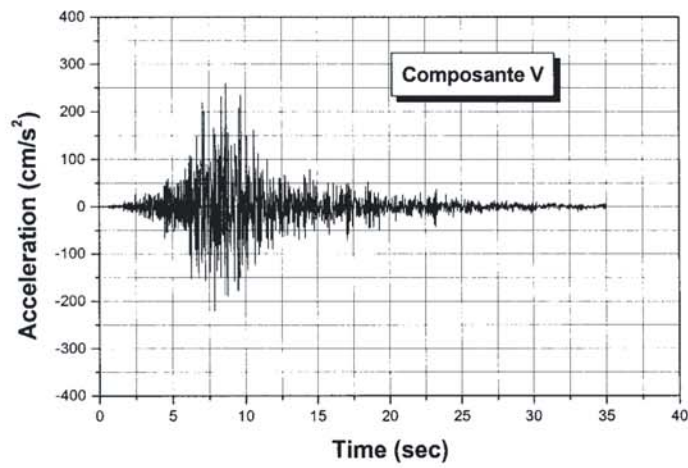
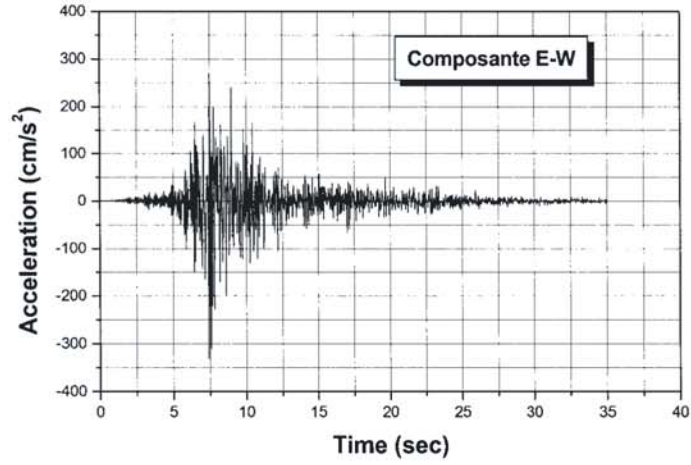
- Composante Est-Ouest : 0.29 g
- Composante Verticale : 0.4 g
- Composante Nord-Sud : 0.13 g

Il ressort une composante verticale extrêmement importante et largement supérieure aux composantes horizontales. Cette dernière observation peut être expliquée par le fait que la station se trouve en champ proche où il est admis qu'à ce niveau la verticale peut être supérieure aux autres, dans un contexte de faille inverse.

La figure 3.7 donne les premiers enregistrements accélérométriques disponibles dans la région. Il s'agit de station n°1 à Keddara. Elle est gérée par le CGS.

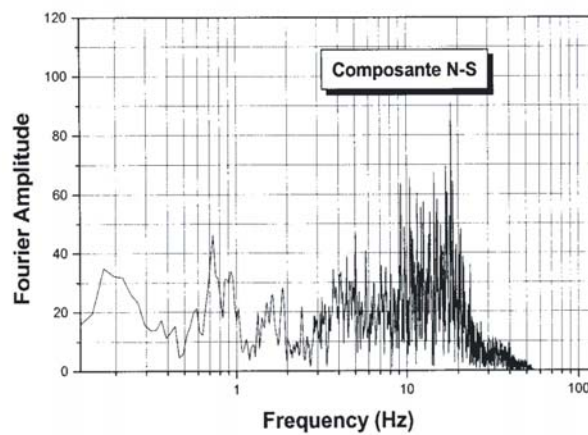
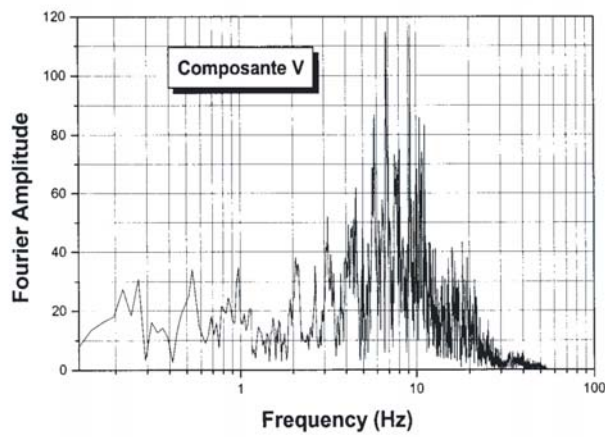
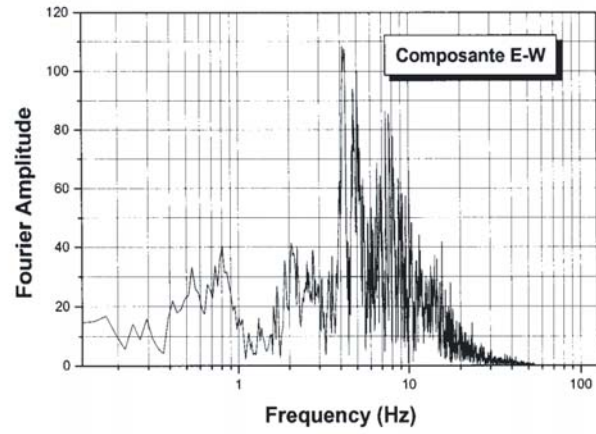


**CHOC PRINCIPAL : Mw=6.8 – 21/05/2003, 19:44:40 (GMT+1)**



**STATION EN CHAMP LIBRE N°1 : KEDDARA (Boudouaou)**

**CHOC PRINCIPAL : Mw=6.8 – 21/05/2003, 19:44:40 (GMT+1)**



**STATION EN CHAMP LIBRE N°1 : KEDDARA (Boudouaou)**

Fig.3.7 – Accélérogramme 3 composantes (page précédente) et spectres de Fourier associés à Keddara (CGS)

### 3.4. L'ACTION SISMIQUE DANS LE REGLEMENT ALGERIEN : R.P.A. 99

La catastrophe d'Orléansville (1954) ont conduit les autorités de l'époque à préconiser dès 1955 des recommandations techniques provisoires dans le but d'atténuer les effets des séismes sur la stabilité des constructions. Ces recommandations sont connues sous le nom AS. 55. A cette époque deux zones avaient été définies pour l'Algérie :

- Zone A : faible sismicité
- Zone B : forte simicité.

Le nord de l'Algérie de la frontière Marocaine à frontière Tunisienne était considérée en zone B.

Après le séisme d'El Asnam (1980) de nouvelles règles ont été établies sur le modèle américain. Il s'agit du règlement RPA. 99.

#### 3.4.1. Le mouvement sismique de dimensionnement

##### Classification des zones sismiques :

Le territoire algérien est divisé en 4 zones de sismicité croissante :

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

Les wilaya de Boumerdès et d'Alger sont classées en zone II.

##### Classification des sites ;

Les sites sont classés en 4 catégories en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent :

- S1 : Site rocheux ( $V_s > 800$  m/s);
- S2 : Site ferme : sol raide formé par des dépôts de sables et de graviers très denses et/ou d'argile surconsolidée sur 10 à 20 m d'épaisseur ( $V_s > 400$  m/s, à partir de 10 m de profondeur);
- S3 : Site meuble : dépôts épais de sables et graviers moyennement denses ou d'argile moyennement raide ( $V_s > 200$  m/s, à partir de 10 m de profondeur);
- S4 : Site très meuble : + dépôts de sables lâches avec ou sans présence de couche d'argile molle ( $V_s < 200$  m/s, dans les 20 premiers mètres)  
+ Ou dépôts d'argile molle à moyennement raide ( $V_s < 200$  m/s, dans les 20 premiers mètres);

##### Classification des ouvrages :

Quatre groupes de construction sont définis en fonction de leur usage avant, pendant et après un fort séisme :

- Groupe 1A : ouvrages d'importance vitale devant demeurer opérationnels après une séisme majeur (centres de décision, hôpitaux, police, gendarmerie, installations militaires, de télécommunication, de stockage d'eau .....);
- Groupe 1B : ouvrage de grande importance (bâtiments publics, scolaires, universitaires, ....);
- Groupe 2 : ouvrage courant ou d'importance moyenne (habitation, bureaux ...);
- Groupe 3 : ouvrages de faible importance

Le coefficient d'accélération, A, est fonction du groupe de bâtiments concerné et de la zone sismique correspondante :

Groupe	Zone		
	I	II	III
1A	0,12	<b>0,25</b>	0,35
1B	0,10	<b>0,20</b>	0,30
2	0,08	<b>0,15</b>	0,25
3	0,05	<b>0,10</b>	0,15

Tabl. 3.4 – Coefficient d'accélération, en rouge les valeurs pour Alger et Boumerdès

A chaque type de site est associé un spectre de réponse en accélération en considérant les périodes caractéristiques suivantes :

Site	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
T <sub>1</sub> (sec)	0,15	0,15	0,15	0,15
T <sub>2</sub> (sec)	0,30	0,40	0,50	0,70

Tabl. 3.5 – Paramètres des spectres de réponse en accélération

La forme du spectre élastique normalisé en accélération en fonction de la période T, pour un amortissement critique de 5 % et sans tenir compte ni du type ni de la qualité de l'ouvrage, se calcule à l'aide des relations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{ll} 1.25 * A * \left( 1 + \frac{1.5 * T}{T_1} \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5 * (1.25 * A) & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 1.25 * A * \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \end{array} \right.$$

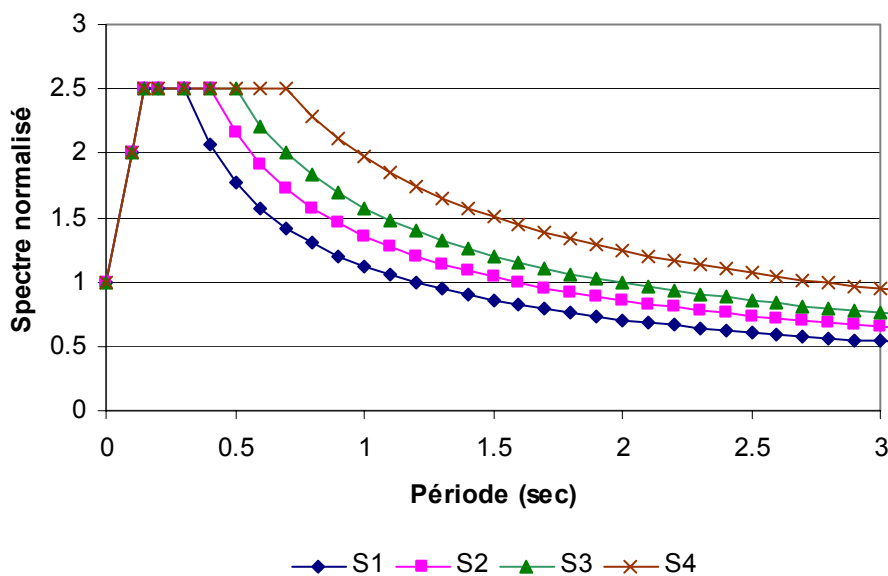


Fig.3.8 – Spectres de réponse élastiques normalisé pour les 4 types de sites

définis dans la norme algérienne.

#### **3.4.2. Comparaison avec quelques enregistrements**

Ce comparatif pourra être effectué dès que les enregistrements du CGS seront disponibles.

### **3.5. BIBLIOGRAPHIE**

Earthquake Resistant Regulations. A world list - IAEE - 1984.

Règles Parasismiques Algériennes RPA 99, Centre National de Recherche Appliquée en Génie-Parasismique, Alger.

## 4. ALEA SISMIQUE LOCAL : EFFETS DE SITE ET EFFETS INDUITS

Etienne BERTRAND <sup>1</sup> et Pierre MOUROUX <sup>2</sup>

### 4.1. INTRODUCTION

Les effets de sites sont des effets directs souvent responsables de dégâts majeurs lors de tremblement de Terre. Ceux-ci sont de deux types. On distingue les effets géologiques, liés à la nature des sols, des effets topographiques, liés à la géométrie de la géographie locale.

Au-delà des effets directs, les séismes peuvent induire des mouvements de terrain et des phénomènes de liquéfaction, dont les conséquences peuvent s'avérer particulièrement dommageables. Ces effets induits ont été relativement limités lors du séisme de Boumerdès du 21 mai 2003. En effet, aucun dommage particulier n'a pu être directement mis en relation avec ce type d'effet.

### 4.2. EFFETS DE SITE GEOLOGIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

Les données accélérométriques du CGS (Centre de Génie parasismique d'Algérie) n'étant pas encore disponibles à l'heure de la rédaction de ce rapport, nous ne pouvons nous baser sur ceux-ci pour étudier les effets de site. Seules les observations de dommages survenus lors du séisme du 21 mai 2003 pourraient servir à l'attestation de tels effets.

Si certains dommages sont localisés au sommet de collines, comme à Boumerdès notamment, aux mêmes endroits de nombreux édifices ont su résister. Dans ces conditions il est difficile de repérer des effets topographiques avérés.

Bien qu'il devrait sans doute exister des effets de site dus à la lithologie des sols de la plaine de la Mitidja, nous n'avons pas pu en observer lors de cette mission.

### 4.3. EFFETS INDUITS

#### 4.3.1. Liquéfaction

Lors de tremblement de terre majeur, des dommages importants sont liés au phénomène de liquéfaction des sols sableux, de faible cohésion et saturés en eau. Les glissements latéraux de sols légèrement inclinés entraînant des déplacements horizontaux pouvant atteindre plusieurs mètres est un phénomène courant.

Des preuves de liquéfaction ont été observées lors de cette mission. Elles se localisent dans les oueds et affectent principalement les abords de l'oued Isser, situé à une cinquantaine de kilomètres à l'est d'Alger. Il s'agit pour la plupart de phénomènes de glissement latéral. Ce phénomène se traduit par un déplacement horizontal des terrains avec apparition de larges fractures émissives, plurimétriques et parallèles au cours d'eau. Ces fractures affectent une zone large de plusieurs dizaines de mètres et le déplacement total devrait atteindre plus de 3 mètres. On observe au fond des ouvertures de la boue.

Des éjections de matière au travers de fissuration ont également été observées dans un champ en labour au voisinage immédiat de l'oued.

<sup>1</sup> BRGM - ARN Sismologue

<sup>2</sup> BRGM - ARN Conseiller scientifique



Fig.4.1 – Liquéfaction du sol aux abords de l'oued Isser.

Des manifestations similaires ont été rapportées par le CGS au niveau de l'oued Sebaou situé entre l'oued Isser et la ville de Dellys.

#### **4.3.2. Mouvements de Terrain**

Aucun mouvements de terrain significatif n'a été ni observé ni rapporté dans la bande côtière que nous avons visitée. Seules quelques instabilités minimales ont été relevées par endroit aux abords des routes entre Boumerdès et Dellys. Cependant, il a été rapporté que des mouvements de terrain importants se sont produits en particulier à l'aval immédiat du barrage de Keddara qui par ailleurs n'a subi aucun dommage.

#### **4.3.3. Soulèvement visible du littoral et tsunami**

De nombreux témoignages rapportent un soulèvement de la côte se traduisant par le retrait de la mer sur près de 200 m simultanément au séisme. Le retour de la mer se serait fait progressivement pendant près de 5 heures. Cependant, le niveau de la mer n'aurait pas retrouvé son niveau initial laissant des rochers hors de l'eau.

D'autre part un tsunami a affecté les ports situés au sud des îles des Baléares, à 200 km au Nord de l'Algérie, coulant des navires de pêches modestes et quelques yacht de plus grande envergure. Des témoins ont rapporté avoir vu des vagues de près de 2 m déferlées dans les ports de Majorque, Minorque et Ibiza. La période de ces vagues serait de l'ordre d'une dizaine de minutes. Des données de marégraphie sont disponibles à Palma de Majorque (H. Hébert, CEA/LDG) montrant une amplitude maximale de 1.2 m (H. Hébert, CEA/LDG).

Cet événement a directement suivi le choc principal et pourrait être lié à un glissement de terrain de grande ampleur mobilisant des dépôts sédimentaires très récents de la marge algérienne. Ce glissement aurait pu ainsi sectionner les câbles de télécommunication reliant l'Afrique du nord à l'Europe.



## 5. LES EFFETS SUR LES CONSTRUCTIONS

Guy BESACIER <sup>1</sup>, Djamel LAGAB <sup>2</sup>, Maher Georges RAMZI <sup>3</sup>,  
et la contribution de Victor DAVIDOVICI<sup>4</sup>

### 5.1 CONTEXTE

Les bâtiments expertisés sont situés principalement à Boumerdès, Corso, Zemouri, Sidi Daoud et Dellys.

Notre visite ayant eu lieu après les répliques, nous n'avons pas pu constater les désordres après la première secousse, néanmoins certains témoins (les habitants de ZEMOURI en particulier) nous ont rapporté que beaucoup de bâtiments de type portique en béton armé ont résisté à la première secousse ce qui a permis aux occupants d'évacuer les lieux ; ensuite ils se sont effondrés lors des violentes répliques.

Certaines constructions ont donc rempli partiellement leur rôle, la réglementation en vigueur à l'époque de leur construction a donc été suivie dans une certaine mesure.

Dans chaque ville, certains quartiers ont été fortement touchés tandis que d'autres ont été pratiquement épargnés (effet de site), et dans ces quartiers touchés, certaines constructions se sont bien comportées tandis que d'autres de même type se sont effondrés en mille-feuilles. Il est donc important d'identifier les causes multiples des dommages pour l'avenir (Cf photo1).



Photo 1

La majorité des bâtiments qui ont été expertisés présentent 3 typologies :

- constructions anciennes en maçonnerie non armée et non chaînée.
- voiles en béton armé.
- portiques en béton armé avec murs de remplissage en maçonnerie généralement de briques qui représentent 80% des constructions.
- Ossature métallique avec murs de remplissage en maçonnerie

---

<sup>1</sup>Bureau d'études ATOLLING, PARIS

<sup>2</sup>Systra, PARIS

<sup>3</sup>Bureau d'étude TAAA, PARIS

## 5.2 COMPORTEMENTS DES BATIMENTS

### 5.2.1 Maçonneries

Les constructions en maçonnerie ne conviennent pas en zone sismique, elles ont engendré beaucoup de victimes notamment dans la CASBA de DELLYS, à ZEMOURI et à SIDI DAOUD.

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

### 5.2.2 Voiles en béton armé

Les constructions en voile en béton armé conviennent bien aux zones sismiques, elles se sont bien comportées.

Par rapport à d'autres systèmes constructifs tels que les portiques, les structures à voiles en béton armé présentent, particulièrement en zone sismique, plusieurs avantages :

- LEUR PRESENCE LIMITE LES DEFORMATIONS LATERALES,
- LEUR RIGIDITE PERMET DE PROTEGER LES ELEMENTS NON-STRUCTURAUX ET QUELQUES POTEAUX EXISTANTS,
- LEUR PRESENCE PERMET DE S'AFFRANCHIR DU DIFFICILE PROBLEME POSE PAR LA REALISATION DU FERRAILLAGE DES NŒUDS DES PORTIQUES,
- ELLES PERMETTENT DE NE PAS ETRE PENALISEES DANS LE CHOIX DU COEFFICIENT DE COMPORTEMENT EN CAS DE PANNEAUX DE REMPLISSAGE.

### 5.2.3 Portiques en béton armé

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



Photo 2



Photo 3

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

## 5.2.4 Bâtiments d'habitation

### 5.2.4.1 Types ossature poteaux-poutres récents en béton armé

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

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



Photo 4



Photo 5

La section des poteaux étant souvent équivalente à celle des poutres, la plastification des nœuds s'est produit en tête ou en pied de poteau (Cf photo 4)

Le ferrailage des poteaux est généralement réalisé par 8 armatures filantes en diamètre 14 mm avec des cadres espacés tous les 15 cm en partie courante et 10 cm dans la zone nodale conformément au RPA 99. (Cf photo 5) sauf parfois où l'espacement est constant (Cf photo 6)

**Néanmoins les cadres sont souvent absents au cœur du nœud (Cf photo 7) à l'intersection poteau-poutre.**



Photo 6



Photo 7

Les constructions dépassant 5 niveaux se sont généralement mieux comportées du fait de leur souplesse et des sections plus importantes de poteaux.

Les immeubles les plus touchés présentent un caractère commun : R+3 ou R+4 dont le rez de chaussée transparent étaient destinés à des commerces comme à BOUMERDES (Cf photo 2) ou à des parkings comme à DELLYS et donc ne possédait pas de contreventement (Cf photo 9) . La rupture s'est produite généralement dans la zone critique des poteaux de section insuffisante ou à cause du non-respect de dispositions constructives.

Le principe de base "poteau fort - poutre faible" était rarement respecté comme on a pu le constater à l'école TOBAL. (Cf photos 8&9)



Photo 8



Photo 9

#### A BOUMERDES

Quelques bâtiments rectangulaires R+3 et R+4 se sont effondrés en mille feuilles (Cf photos 10&11) d'autres ont basculé (Cf photos 7&8) .



Photo 10



Photo 11

Il est à noter que parfois le mode de ruine des bâtiments rectangulaires dépendait de l'orientation du bâtiment par rapport à la faille.

Le basculement total d'un bâtiment R+4 de BOUMERDES s'était produit quand la plus grande dimension était parallèle à la faille.

Un effondrement de type mille-feuilles s'est produit à proximité quand c'était la petite dimension qui était parallèle à la faille (Cf photo 10)

Lorsque les armatures transversales sont rapprochées dans la zone critique, le béton est bien confiné et la résistance du bâtiment est fortement améliorée. Un ouvrage présentant ces performances a résisté à la fois aux secousses et au choc d'un bâtiment voisin venu le percuter. (Cf photo 1 )

Les occupants de bâtiment ayant un rez de chaussée aménagé pour des petits commerces ont été souvent victimes de la première secousse.

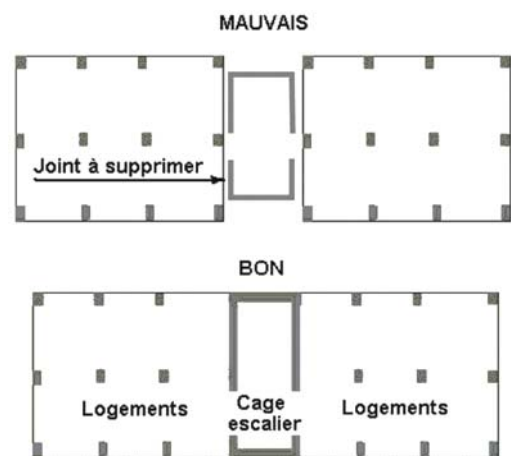
#### A DELLYS

L'immeuble R+4 (Cf photo 12 ) qui a perdu son rez de chaussée et deux étages présentait un défaut grave de conception : les blocs d'habitation en poteaux-poutres n'étaient pas solidaires du bloc d'escalier en voile et son rez de chaussée était transparente.

Les dommages auraient pu être évités s'ils avaient été solidarisés par un voile commun (Cf croquis1)



Photo 12



Croquis 1

#### A ZEMMOURI

Les immeubles équipés de panneaux préfabriqués se sont relativement bien comportés mais de nombreux panneaux se sont décrochés de la façade et certains sont tombés au pied de l'immeuble laissant apparaître la paroi d'isolation.(Cf photo 13). Leur mode de fixation devra impérativement être renforcé.



Photo 13

Certains pavillons R+2 affaiblis lors de la secousse principale, ont perdu le rez de chaussée ou le 1<sup>er</sup> étage lors de la première réplique (Cf photos 14 & 15) qui était de magnitude importante.



Photo 14



Photo 15

DISPOSITION ARCHITECTURALE REMARQUABLE : le vide sanitaire

Les poteaux courts dus au vide sanitaire ont servi de fusibles et ont évité ainsi une destruction totale du bâtiment (Cf photo 16) sauvant ainsi leurs occupants. Cette disposition est très intéressante car elle a l'avantage de laisser pratiquement intacte le reste de la structure ; cela permettrait éventuellement de réintégrer le bâtiment après vérinage et réparation de poteaux, conduites d'alimentation et de l'escalier.



Photo 16

CONCLUSIONS :

- Le système constructif poteaux-poutres avec un remplissage en briques peut fonctionner correctement notamment quand les sections de poteaux sont largement dimensionnées et bien réalisés cependant quand la qualité d'exécution est médiocre, il devient très vulnérable car vu sa forte rigidité il encaisse plus d'effort et ne possède pas de réserves suffisantes pour stocker l'énergie.
- L'inconvénient majeur du remplissage en brique réside dans sa fragilité, de ce fait il s'effondre sur les occupants et encombre les cages d'escalier pénalisant les évacuations après la secousse et pénalisant l'accès des secours par la suite.
- Les bâtiments construits sur vide sanitaire devraient être ceinturés par des voiles périphérique comme c'est exigé dans le RPA 99.

**5.2.4.2 Type maçonnerie très ancienne sans liant du 18<sup>ème</sup> siècle**

A DELLYS

La casbah construite vers 1840 par les Turcs (Cf photo 17) a énormément souffert, beaucoup de victimes sont à déplorer à cause des effondrements de murs qui ne sont que des empilements de pierres.(Cf photo 21)



Photo 17

Les planchers de faible intégrité sont constitués de poutres en tronc d'arbre avec des branches par-dessus recouvertes de terre sur environ 10 cm d'épaisseur. (Cf photo 18)

Les arcs de faible portée ont mieux résisté que les linteaux droits. (Cf photo 19)



Photo 18

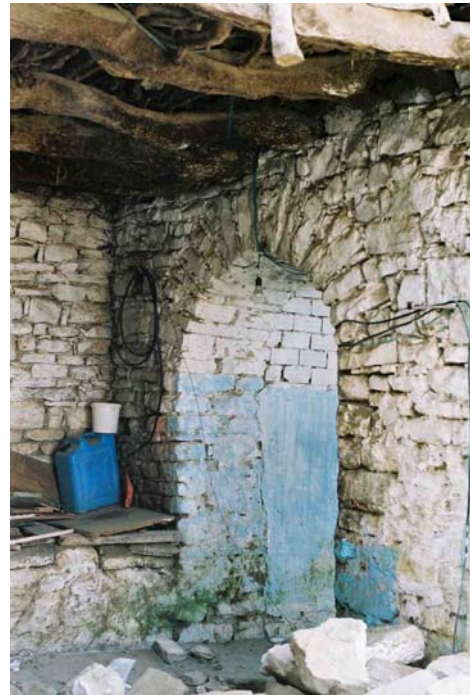


Photo 19

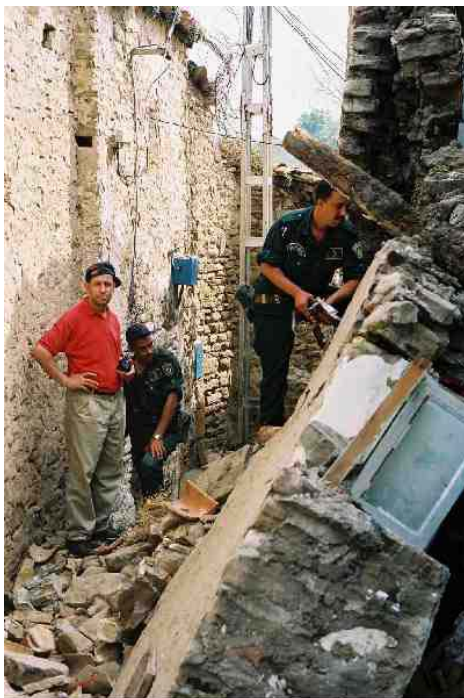


Photo 20



Photo 21

Les pièces sont généralement petites 3 m x 3m et basse sous plafond environ 2 m



Les murs sont constitués à l'origine de moellons de forme arrondie qui sont empilées les unes sur les autres pour former une épaisseur pouvant atteindre quelquefois jusqu'à 60cm sur plusieurs mètres de hauteur. (Cf photos 20&21)

**Ce système constructif est particulièrement fragile et ne devrait pas être destiné à des logements d'habitation dans une zone de sismicité 2 ou 3.**

Bien que cette casbah représente un témoignage historique important, la vulnérabilité de ce quartier est très élevée et il devrait être évacué de tout logement d'habitation.

Malgré les nombreux effondrements et les répliques fréquentes, certains propriétaires occupent encore les lieux.

Les secours ont eu beaucoup de mal à atteindre les victimes car les accès sont étroits et en cas de réplique, les risques sont très élevés. (Cf photos 20&21).

#### **5.2.4.3 Type maçonnerie liée au mortier fin 19 ème et début 20 ème siècle**

Ces ouvrages étaient réalisés avec des moellons taillés et hourdés avec un mortier de chaux ou à la terre.

##### A DELLYS

Les angles des ouvrages en maçonnerie sont très vulnérables et s'effondrent par accumulation de contraintes (Cf photo 22)



Photo 22

##### A ZEMMOURI

Beaucoup de constructions datant du début du siècle jusqu'en 1950 ont été détruites (Cf photo 23).

Quelques bâtiments en rez de chaussée sont très endommagés mais encore debout alors que la plupart des R+1 se sont totalement effondrés.

Les murs de 40 à 60 cm d'épaisseur sont en maçonnerie à base de moellons bâtis avec un mortier de chaux très friable.

La charpente était généralement en bois massif avec une couverture lourde en tuile mécanique de terre cuite.



Photo 23

#### A SIDI DAOUD

Beaucoup de constructions en maçonnerie se sont aussi effondrées, les charpentes en bois en mauvais état n'ont pas résistées aux secousses, ce mauvais état était principalement du à des dégradations d'insectes xylophages.



Photo 24

Quelques constructions datant des années 1950 sont complètement détruites. Elles étaient réalisées à partir de poteau en béton avec un remplissage à base de blocs pleins en béton très résistant mais très lourd peu solidarisé par le mortier de pose. Le poids important de l'ensemble de la structure a joué un rôle destructeur dans leur comportement.

#### 5.2.5 Etablissement scolaire

Ecole de TOBAL

Les salles de classe se situent dans un bâtiment construit sur de grands poteaux à inertie variable Le rez de chaussée est donc transparent et il permet de servir de préau. (Cf photo 25). Les poteaux à inertie variable de forte section ont cependant permis de reprendre les efforts de contreventement importants.



Photo 25



Photo 26

Ce bâtiment pourra être réoccupé après quelques travaux de réparation notamment au niveau des joints de dilatation et des proximités avec d'autres ouvrages :

- Malgré la mauvaise qualité du béton en pied de poteau, les dommages à ce niveau sont très faibles et réparables. (Cf photo 22).
- Le bâtiment a percuté pendant les secousses les ouvrages annexes en rez de chaussée qui se situent aux bords. (Cf photo 26).
- La protection des joints de dilatation a été endommagée car les conditions aux limites des blocs étaient différentes, ils ont donc oscillé différemment provoquant ces légers dommages.

Par contre un autre corps de bâtiment R+3 (Cf photo 27) dans la même école a été entièrement détruit : le bloc des cuisines et des ateliers.



Photo 27

En règle générale ce sont les bâtiments d'extrémité d'un quartier qui sont les plus endommagés or celui-ci se situait entre les dortoirs. Ceci laisse supposer un vice caché au niveau de l'exécution ou un défaut de conception (entaille au centre du bloc).

Après examen des poutres, nous avons remarqué tout de même que la qualité du béton était très médiocre à cause des ségrégations dues à un manque de compacité lors du coulage et à des mauvaises reprises de bétonnage (Cf photos 28&29).

Mais la raison exacte de cet effondrement reste à déterminer.



Photo 28



Photo 29

### 5.2.6 Etablissement hospitalier

Ville de DELLYS

L'hôpital qui date du début des années 1950 n'a eu à déplorer que des fissures dans les remplissages en maçonnerie (Cf photo 30) typique de l'interaction panneaux-poteaux et des effondrement de parois de remplissage en briques fines (Cf photo 31) qui se sont désolidarisées de l'ossature poteau-poutre dans des ouvrages plus récents.



Photo 30



Photo 31

Ville de THENIA

Les ouvrages en maçonnerie de l'hôpital datant de la fin 19<sup>ème</sup> (vers 1890) se sont mieux comportés que ceux de la casbah de DELLYS grâce à l'utilisation d'un mortier de pose à base de chaux qui leur confère une certaine intégrité.

Néanmoins en fonction de la position du mur par rapport à la faille des pignons se sont effondrés. Quelques angles de bâtiments ont subi aussi des dommages graves (Cf photo 32 ).



Photo 32

En ce qui concerne l'hôpital plus récent construit dans les années 1970 avec une ossature de type poteaux-poutres, le niveau d'endommagement ne dépasse pas 2 selon l'échelle EMS.

L'extension mixte R+1 et R en cours de chantier n'a pas subi de dommages graves. Il faut cependant noter que des habillages en briques sont tombés d'une bande les supportant en dehors de l'acrotère. Ces éléments purement décoratifs sont instables devraient être supprimés.

Quelques désordres apparaissent au niveau d'un joint de dilatation (Cf photo 33) où l'habillage des poteaux a cédé par endroit.



Photo 33

Malheureusement nous n'avons pas pu avoir accès à l'intérieur pour évaluer les dégâts sur le reste de la structure et sur le matériel comme ce fut le cas à ZEMOURI.

### 5.2.7 Etablissement religieux

Les minarets de la plupart des mosquées ont été endommagés, il s'agit d'un défaut de conception. Le changement de rigidité est trop brutal, Il faudrait séparer ces blocs par un joint parasismique adapté aux déplacements possibles.

Ville de CAP GINET

Cet édifice en cours de construction ne suit pas la réglementation, il a donc été endommagé (Cf photos 34&35).



Photo 34



Photo 35

Ville de ZEMMOURI

La mosquée a été complètement détruite, la secousse s'étant heureusement produite en dehors des heures de prière, peu de victimes sont à déplorer.

Nous n'avons pas pu analyser le mode de ruine ni les dommages car tout avait été déblayé.

Ville de SIDI DAOUD

Cette mosquée possède deux minarets indépendants du reste de la structure raison pour laquelle ils sont intacts, La base n'a été que partiellement endommagée surtout au niveau des remplissages en briques mais l'ensemble pourra être réparé.(Cf photos 36&37)



Photo 36



Photo 37

## 5.2.8 Hôtels

### 5.2.8.1 Hôtel HILTON

Cet établissement "parasismique" n'a subi que quelques dommages minimes au niveau des plafonds suspendus extérieurs.

### 5.2.8.2 Hôtel MERCURE

Cet établissement de 15 étages relativement symétrique n'a pas subi de dommages importants. Seuls les trumeaux coté sud laissent apparaître des fissures de rupture en croix à 45° du à des efforts de cisaillement localisés ( Cf photo 35).



Photo 38

### 5.3 CONCLUSIONS :

#### *Au niveau du choix du système porteur*

- Les ouvrages en maçonnerie sont à proscrire notamment ceux ultra-vulnérables de type "casbah", quant aux autres ils pourraient être renforcés mais le cout des travaux pourrait être dissuasif.
- Les ouvrages en voiles de béton armé coulés en place sont bien adaptés aux fortes sollicitations et bien que d'un cout relativement plus élevé que les portiques, ils devraient être plus souvent utilisés. Ils se sont bien comportés structurellement ; seuls quelques ouvrages à DELLYS ont subi une rotation et sont donc restés avec une inclinaison non négligeable pour être réoccupé. Le choix du sol d'implantation devra donc être plus rigoureux.
- Les ouvrages qui ont été construits avec un système de portique en béton armé devraient être consolidés par des voiles de contreventement ou des murs en maçonnerie armée avec des parpaings de bonne qualité en remplacement des murs en briques à réserver aux remplissages non porteurs.

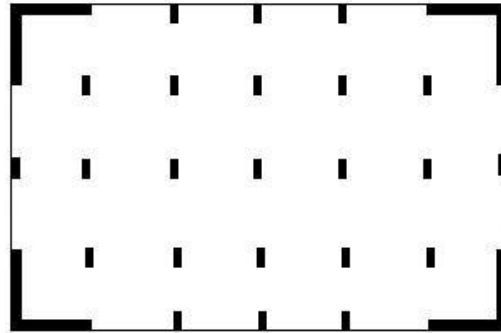


- Une solution intermédiaire plus économique que tout voile, serait de construire des ouvrages avec une ossature en béton armé contreventé avec des voiles en béton armé dans les angles (Cf croquis 2 ).



Photo 39

Solution ossature béton armé contreventée avec des voiles dans les angles



Croquis 2

- Le système porteur le plus fiable reste toujours à base de structure métallique que ce soit en portiques autostables (Cf photo 39) ou en ossatures contreventées. C'est surtout une solution facile à mettre en œuvre qui permet une qualité d'assemblage supérieure au béton armé. Toutefois sa souplesse peut créer des désordres importants aux éléments de second œuvre.

#### Au niveau du matériau

- Le contrôle de la qualité de fabrication du béton armé et de la mise en œuvre des armatures serait à renforcer afin d'obtenir un matériau plus performant.
- En particulier, le respect des dispositions constructives notamment vis à vis des armatures de freinage du béton dans les zones critiques est primordial.
- L'acier reste le matériau le plus performant à utiliser grâce à son homogénéité, sa résistance élevée et sa ductilité.

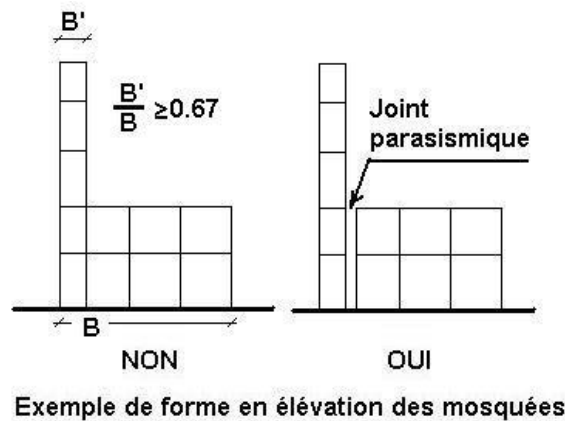
#### Au niveau du dimensionnement

- Respecter le principe de base du poteau fort et de la poutre faible afin que les nœuds de plastification se produisent dans les poutres au lieu de se produire dans les poteaux.

#### Au niveau des formes en élévation

- Un des principes de base de la conception architecturale parasismique impose de dissocier les blocs des bâtiments de rigidité différente (Cf croquis 3)
- La réglementation algérienne prévoit de limiter les dimensions des blocs dans le paragraphe des "Critères de classification" ( §3.5.1"Classification des ouvrages selon leur configuration" b) Régularité en élévation)

- Dans le cas des mosquées, le ou les minarets sont des éléments de grand élancement, il faut donc prévoir de dissocier cet élément du reste du bâtiment par un joint suffisamment important pour ne pas gêner leurs oscillations.



Croquis 3

*Au niveau des formes en plan*

- Il faudrait éviter de créer des entailles dans les bâtiments qui conduisent à une vulnérabilité accrue.

Pour progresser il ne suffit pas de vouloir agir,  
il faut d'abord savoir dans quel sens agir.

Guillaume Le BON

## 5.4 BATIMENTS INDUSTRIELS

+ *USINE SNVI*

Nous avons été reçus par le directeur de l'usine et du directeur du contrôle de gestion et de l'organisation. Cette usine fabrique des camions, elle a été construite initialement par l'entreprise Berliet. Elle emploie actuellement environ 6000 personnes dont une majeure partie est aujourd'hui en congés anticipés en attendant que les équipements soient remis en service.

Les dommages les plus importants se situent au niveau de la fonderie, de l'usinage et du magasin de pièces détachées. Il est à noter que le réseau d'incendie est complètement hors service ce qui aurait pu être catastrophique en cas d'incendie.

La visite à l'usine SONACOME nous a permis de constater que le système des poutres isostatiques posées sur corbeaux de poteaux a subi des déplacements au droit des appuis mais pas d'effondrement grâce à un diaphragme qui a tenu l'ensemble du plancher solidaire. (Cf. photos 40 & 41 ).



Photo 40



Photo 41

Par contre dans le bâtiment désaffecté qui avait été victime d'un incendie en 1985, les poutres sur appui simple sont tombées du corbeau ou des poteaux.



Photo 42



Photo 43

Ce système trouve rapidement ses limites par manque d'hyperstaticité. Si le bâtiment avait été encore en exploitation, il est probable que du personnel aurait été victime des chutes de poutres.(cf. photo 42 & 43 )

*-CENTRALE THERMIQUE DE RAS DJINET – BOUMERDES*

Le directeur de la centrale M. Cherif MESSAD nous a reçu et nous avons effectué une visite complète de ses installations.

Cette centrale se situe à environ 10 km de l'épicentre ; elle est équipée de 4 turbines à vapeur d'une puissance de 156 MW chacune.



Photo 44

La centrale a parfaitement résisté aux secousses et a pu être remise en service seulement quelques jours après le séisme le temps de vérifier les installations et de remettre en place quelques tuyauteries qui s'étaient désolidarisées sans effet important pour l'exploitation (cf. photo 44 ).



Photo 45



Photo 46

Quelques désordres se situent au niveau du carrelage près du joint entre la zone verte supportant les turbines et la zone bleue constituée par l'ossature générale supportant le reste des équipements. Ce joint a malgré tout joué un rôle parasismique( cf. photo 45 & 46 ).

La structure du bâtiment abritant la centrale thermique est constituée d'une charpente métallique qui supporte les installations et le pont roulant de 72 t.(cf. photo 47). Elle n'a pas souffert grâce sa souplesse.



Photo 47



Photo 48

Les turbines à vapeur sont fixées sur une structure métallique indépendante qui repose sur des massifs en béton équipés d'isolateurs antivibratiles.(cf. § équipements)

Le joint de 20 cm (cf. photo 48 )entre la zone verte supportant la charpente principale et la salle des commandes a joué parfaitement son rôle, il a évité un entrechoquement entre les deux structures de rigidités différentes.

Les gros réservoirs métalliques cylindriques de stockage d'eau pour l'incendie se sont légèrement déplacés sur leur base en enrobé sans entraîner de fuite au niveau des raccords aux canalisations.(cf. photo 49).



Photo 49



*-SOCIETE NATIONALE DE TRANSPORT ROUTIER*

La SNTR possédait un ancien hangar abritant des engins et les services de maintenance. Il avait été construit avec des murs porteurs en maçonnerie et une couverture en coque béton armé en forme de SHED.(Cf. photo 50).

Ce bâtiment a été entièrement détruit, la ruine a causé des pertes de matériels et d'exploitation énormes. Il abritait en effet des camions mais aussi des équipements onéreux destinés à l'entretien du parc. (cf. photo 51)



Photo 50



Photo 51

*-AEROPORT*

La Tour de contrôle de l'aéroport HOUARI BOUMEDIENE

Elle serait hors service ; de nombreux vitrages ont été cassés. Des boutiques sont fermées au public.

**5.5 CASERNE DE POMPIER**

La caserne de Pompier de BOUMERDES n'a pas souffert du séisme.

Seule une conduite évacuation s'est décrochée des poteaux par rupture des chevilles de fixation.



Photo 52

## 5.6 COMPORTEMENT DES OUVRAGES D'ART

### 5.6.1 Ponts

Il faut noter qu'à ce jour, il n'existe, officiellement, aucun règlement parasismique algérien concernant les ponts. Il est donc nécessaire de savoir quelles règles parasismiques particulières sont appliquées par les ingénieurs en Algérie.



Photo 53

Concernant les dommages, ils sont de quatre types :

- Affaissements des chaussées par rapport à l'entrée ou à la sortie du pont (cf. photo 53)
- Ouvertures des joints de chaussées.(cf. photos 54 & 55)
- Endommagement des bloqueurs de déplacements latéraux (cf. photos 56 & 57)
- Déplacements et translations des poutres de tabliers, (cf. photos 58 & 59)
- Endommagement des appareils d'appuis (cf. photo 60)

Ces endommagements sont causés par des mouvements transversaux importants des tabliers et du sol.

#### 5.6.1.1 Pont sur l'oued ISSER

C'est un ouvrage en béton armé datant de 1974 dont les deux extrémités ont été remplacées en 1992 suite à des destructions par charges explosives selon les autorités.

Le nombre de poutres passe de 4 en partie courante à 7 en travée d'extrémité.  
Il est constitué de travée de 30 mètres environ.

Les poutres en I supportant le tablier sont en béton précontraint par pré tension.

Les principaux désordres sont dus à des déplacements transversaux du tablier, ils apparaissent nettement au niveau des joints de dilatation.(cf. photos 54 & 55)

Les poutres des travées centrales ont échappé à leurs appareils d'appui.



Photo 54

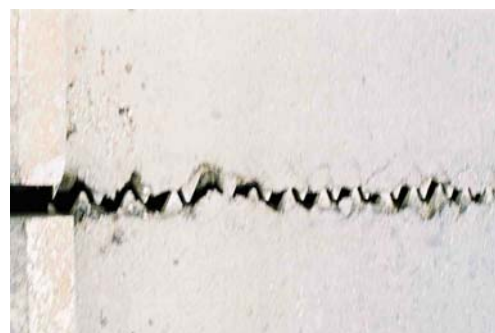


Photo 55

#### **5.6.1.2 Pont sur l'oued SEBAOU**

C'est un ouvrage en béton armé similaire à celui qui enjambe l'oued ISSER

Un déplacement latéral maximal de 55 cm a aussi entraîné les poutres de cette zone en dehors de leurs appareils d'appui.

Les désordres se situent au niveau des appareils d'appui et des joints de dilatation.

Les blocs anti-sismiques ont été cisailés (cf. photos 56 & 57). Il faut préciser que tous les chevêtres n'étaient pas équipés de ces blocs en béton de 30 x 30 armé avec 4 ronds lisses de 14mm munis de cadres de 4mm espacés de 8 cm.



Photo 56



Photo 57

Ils ont servi de fusibles et n'ont pas endommagé les poutres contrairement au pont EL HARACH où les dispositifs sont plus longs et ont tordu les poutres.

Les appareils d'appui seront à remplacer, certaines poutres repose actuellement directement sur le bord du chevêtre ! (cf. photos 58 et 59).





Photo 58



Photo 59

### 5.6.1.3 Pont EL HARRACH

Il s'agit d'un ouvrage mixte de 900m de longueur, poutres acier en I et tablier en béton armé. Les poutres métalliques ont une portée de 35m et le tablier en béton armé rend solidaires les poutres sur 3 travées, un joint de dilatation apparaît donc tous les 105 m. C'est un pont à trois fois deux voies.

Le chevêtre repose sur des pieux flottants de 40 m de longueur.

Dans la zone où les piles sont les plus hautes, le déplacement d'une travée de 105 m supportant la circulation vers l'Est a subi une rotation engendrant un déplacement latéral à une extrémité de 52 cm. (cf. photos 60 & 61) suite à la secousse principale et de 8 cm supplémentaire après les répliques consécutives.



Photo 60



Photo 61

Les équipes de la société SAPTA doivent procéder au vérinage de cette travée avant de la faire glisser pour la remettre en place (cf. photo 62) Ils sont équipés de rouleaux et d'un tire-fort pour effectuer cette manœuvre.



Photo 62



Photo 63

Afin de limiter la masse à déplacer, ils ont découpé le tablier au droit de chaque chevêtre, en prenant soin de ne pas altérer les armatures. (Cf. photo 63).

Les dommages les plus graves se situent au niveau des poutres en I dont âme a été voilée. à cause du blocage en pied constitué par des massifs important en béton armé. Elles seront découpées puis remplacées.

La plupart des appareils d'appui seront à remplacer (cf. photo 64)



Photo 64

Le montant des travaux de réparation devrait s'élever à 2 millions d'euros pour 6 semaines de travaux.

### 5.6.2 Le silo du CORSO : Stockage de grains



Photo 65

Notre mission nous a mené à l'expertise du silo à blé de la société ERIAD de Corso. Celui-ci a été sérieusement endommagé. Ce qui a nécessité l'arrêt de fonctionnement de l'unité avec la mise en congé temporaire de plus de six cents employés.



Photo 66



Photo 67

La hauteur de l'ouvrage est de 40 mètres environ. (Cf. photo 65). Plusieurs cellules ont été fissurées horizontalement sur le pourtour. La fissuration visible s'est produite principalement dans la partie inférieure (3 à 6 mètres) au-dessus du sol.

Ces dommages sont dus à la flexion de l'ouvrage lors de ses oscillations et à la poussée verticale descendante des grains sur la paroi. L'accélération verticale a pu aussi jouer un rôle non négligeable dans la rupture en compression du béton des cellules.

Ceci expliquerait l'écrasement du béton et le flambement des armatures verticales (cf. photo 68 & 69).



Photo 68



Photo 69

Lors de notre visite, l'urgence affichée par les responsables de l'unité était d'évacuer le blé et le maïs contenus dans les cellules car la forte chaleur actuelle entraîne la fermentation du blé avec risque de dégagement de gaz et la création d'une forte pression interne. Ce qui pourrait provoquer l'explosion des cellules déjà endommagées.

Une proposition de reconnaissance des désordres, de diagnostic et de préconisation de réparation et de renforcement a été faite aux autorités locales et nationales pour les aider à résoudre ce sinistre.

### 5.6.3 Barrages

Les barrages de la région ( Hamiz, Keddara, Beni Amrane, en particulier) n'ont subi aucun dommage, de source sûre. Par contre, des conduites d'amenée d'eau provenant du barrage de Keddara, auraient été endommagées, mais réparées assez rapidement.

N'ayant pas pu nous rendre sur le site, nous n'avons pas d'informations précises sur ces dommages.

### 5.6.4 Voie ferrée

Le réseau ferroviaire fonctionnait apparemment normalement après une interruption initiale de quelques jours.

Nous n'avons pas non plus accédé aux ouvrages mais il est pensable que certains ponts notamment ceux en maçonnerie aient soufferts étant donné leur état de vétusté et les dommages subis par les ponts routiers dans le même secteur.

### 5.6.5 Château d'eau

Les châteaux d'eau que nous avons vus se sont bien comportés.



### 5.6.6 Conclusions

En ce qui concerne les ponts :

- Un renforcement prévoyant des dispositions constructives au niveau des dispositifs bloqueurs anti-déplacements latéraux serait souhaitable à mettre en place afin de limiter les désordres dans les ponts existants de moyenne et de haute importance. Aussi des solutions techniques faisant intervenir des systèmes tels que des amortisseurs-ressorts permettant de dissiper l'énergie et garantissant un faible déplacement compatible avec les appareils d'appui seraient très efficaces pour équiper les ponts futurs et renforcer les ponts existants.
- L'établissement d'un règlement parasismique algérien pour la conception des ponts est à court terme fortement souhaitable. Il devra tenir compte des données locales de sismicité, des expériences tirées dans d'autres pays ainsi que du type de structures et des techniques couramment adoptées en Algérie.

En ce qui concerne les ouvrages stratégiques en règle générale (hôpitaux, barrages, silos, ponts, aéroports, centre de communications etc.), une organisation non gouvernementale internationale devrait être disponible rapidement pour intervenir en urgence afin de réaliser des diagnostics comme c'est le cas pour les victimes (Action d'Urgence Internationale).

Des équipes d'experts pourraient être envoyés sur place dans l'urgence afin d'évaluer le niveau de gravité des dommages et de prendre des mesures conservatoires puis conseiller les acteurs locaux dans les décisions à prendre que ce soit pour la démolition, les solutions de réparation et de renforcement.

## 5.7 COMPORTEMENT DES EQUIPEMENTS

### 5.7.1 Stockage de pièces détachées

Usine SNVI Spa

Les rayonnages qui permettent de stocker des pièces détachées dans des paniers sur plusieurs niveaux se sont déversés dans l'allée centrale.



Photo 70



Photo 71

Le personnel qui venait d'arrêter son activité à l'heure où la secousse a eu lieu a été épargné. Malgré tout, des mesures préventives sont à prendre pour éviter un tel désastre qui a tout de même endommagé beaucoup de pièces détachées. La perte économique sera très lourde.

### 5.7.2 Machine – outils

Usine SNVI Spa :

L'atelier de machines outils a subi quelques dommages.

Certaines machines de type tour, fraiseuse, qui étaient posées sur la dalle en béton et à l'aide de cales se sont déplacées et inclinées. (cf. photo )



Photo 72



Photo 73



Photo 74

Une machine qui était sur isolateur anti-vibratile à base de ressorts n'a pas basculé (cf. photo 74). Ces machines étant très lourdes, il est souhaitable dans l'avenir de les disposer toutes sur des isolateurs anti-vibratiles qui pourraient aussi jouer le rôle d'isolateur parasismique bien que les fréquences ne soient pas du même ordre. Avant de reprendre l'activité, ces équipements devront être remis en place, recalés et reconnectés aux fluides.

### 5.7.3 Matériel hospitalier

Hôpital de DELLYS

Tous les équipements y compris la radiographie étaient opérationnels.

Hôpital de THENIA

Nous n'avons malheureusement pas pu pénétrer dans le bâtiment, fermé à clef, pour constater les désordres.

#### 5.7.4 Clôtures

Ces ouvrages ont généralement beaucoup souffert notamment ceux qui étaient parallèles à la faille (cf. photo 75). Il serait judicieux de les réaliser avec des matériaux le plus léger possible pour réduire leur vulnérabilité.



Photo 75

#### 5.7.5 Equipements de la centrale à gaz

Des réservoirs de 5 mètres de haut et de 1.50 m de diamètre sont simplement posés sur des plots en béton à l'aide d'une tige d'ancrage par platine (cf. photo 76 & 77 ).



Photo 76



Photo 77

Les oscillations ont descellé ces tiges d'ancrage et endommagé le mortier de calage. Une isolation parasismique par plot néoprène fretté aurait pu éviter ces désordres mineurs mais qui auraient pu entraîner un basculement.



Les turbines à gaz par contre, elles, étaient fixées sur des massifs en béton à l'aide de dispositifs anti-vibratiles (cf. photo 78) qui ont joué parfaitement leur rôle.



Photo 78

Le pont roulant de 72 tonnes a légèrement souffert au niveau des axes supportant les roues. Mais il n'est heureusement pas sorti de ses rails.



Photo 80



Photo 79

### 5.7.6 CONCLUSION

- Des dispositifs d'isolation parasismique seraient à prévoir pour tous les équipements lourds et hauts qui risquent de basculer.
- 
- Des dispositifs anti-basculements seraient à prévoir pour le stockage de pièces en rayonnage ; cette solution devrait aussi être appliquée pour tout type de rayonnage en hauteur.

## 5.8 COMMENTAIRES DE VICTOR DAVIDOVICI ISSUS DU RAPPORT PRELIMINAIRE FOURNI AU MINISTERE ALGERIEN DE L'HABITAT

Ces commentaires sont issus d'un rapport beaucoup plus complet, contenant de nombreuses photos, que nous n'avons pas insérer dans celui-ci, pour ne pas trop l'alourdir. Il sera disponible sur le site internet de l'AFPS, dès que possible.

### 5.8.1 Evénement sismique

Le séisme de Boumerdes s'est produit le mercredi 21 mai 2003 à 19h44 d'une magnitude de 6,7 à 6,9 et à une profondeur de 10 km.

A partir de 19h00, la majeure partie de la population était à la maison, d'autant plus qu'un match de football devait être transmis à la télévision.

Au moment de la rédaction du présent rapport, les valeurs des accélérations enregistrées ne sont pas encore connues.

Toutefois les indications fournies permettent d'avancer l'hypothèse que les accélérations prises en compte par les Règles RPA 99 pour la zone II en fonction de l'importance du bâtiment devront être augmentées :

RPA 99, valeurs actuellement en vigueur + 1,0 à 2,5 m/s<sup>2</sup>  
 Proposition d'augmentation du niveau d'accélération + 3,0 à 3,5 m/s<sup>2</sup>

Bien entendu des effets de site géologiques et/ou topographiques peuvent modifier ces valeurs.

### 5.8.2 Implication des bureaux d'études

Pendant la mission, j'ai rencontré beaucoup d'architectes et des représentants du bureau de contrôle C.T.C. et du C.G.S., mais aucun ingénieur de bureau d'études ou d'entreprise.

J'ai gardé l'impression (à modifier éventuellement dans le rapport définitif) qu'entre la maîtrise d'œuvre (architecte) et le bureau de contrôle, il manque dans le processus de construction, l'ingénieur d'études pour faire le projet et l'ingénieur d'entreprise pour réaliser le projet. On constate a priori un fonctionnement « raccourci » :

Architecte Ø Bureau de Contrôle Ø Entreprise (ouvriers)

Le processus de la construction exige de mettre en place des nouvelles relations pour obtenir le fonctionnement suivant :

Architecte Ø Bureau de Contrôle Ø Bureau d'Etudes (ingénieurs et techniciens) Ø

Ø Entreprise (ingénieur et techniciens pour lancer et suivre l'exécution, ouvriers)

### 5.8.3 Qualité de la construction

L'objectif final est l'obtention d'un bâtiment résistant à l'action sismique.

**L'agression sismique n'accepte aucun compromis par rapport à la réglementation en vigueur.**

**L'agression sismique constitue un essai en vraie grandeur qui met un bâtiment à l'épreuve.**

**On a donc dépassé les phases de conception, de modélisation ou de simulation.**

**On est dans la réalité.**

La qualité d'un bâtiment, qui est jugée par son bon comportement à l'action sismique, est obtenue à partir d'un travail en équipe par la prise en compte de cette réalité :

Conception architecturale (voir plus loin) : collaboration étroite entre l'architecte et l'ingénieur

Analyse par calcul du comportement du bâtiment : hypothèse de base de génie civil, notes de calculs et plans d'exécution ; collaboration étroite entre l'ingénieur d'études et celui du bureau de contrôle.

Vérification et approbation par le bureau de contrôle des hypothèses, des notes de calculs et des plans d'exécution avant le début des travaux,

Examen de la possibilité de la mise en œuvre du ferrailage ; collaboration étroite entre l'ingénieur d'études et l'entreprise

Nous avons eu accès à des plans de détails d'exécution sans que les armatures au droit des nœuds soient prévues.

Préparation de la fourniture d'un béton de qualité avant le début des travaux,

Globalement pour les chantiers visités ou les bâtiments examinés, on a constaté une médiocre qualité du béton utilisé.

Approbation par le bureau de contrôle de la bonne disposition des armatures avant bétonnage ; collaboration étroite entre le bureau d'études, de contrôle et de l'entreprise

Mise en oeuvre d'armatures et du béton ; autocontrôle de l'entreprise et contrôle continu de l'organisme de contrôle externe.

#### **5.8.4 Propositions d'évolution de la réglementation**

Le constat de la réalité de la construction (conception architecturale, études, exécution...) et surtout celui du comportement des bâtiments dans la zone touchée par le séisme de Boumerdes du 21 mai 2003, nous permet d'avancer les remarques suivantes concernant les Règles Parasismiques Algérienne RPA 99 :

La rédaction est claire et facile d'accès aux bureaux d'études,

Les méthodes de calcul avec leur limite d'utilisation sont parfaitement explicitées,

Le domaine d'utilisation des méthodes de calcul simplifiées est assez étendu, ce qui facilite le travail des bureaux d'études,

La valeur du coefficient de comportement R (tableau 4.3) est de  $R = 3,5$ , dans le cas du contreventement par portiques avec remplissage en maçonnerie rigide est aussi dans le cas du contreventement par voiles en béton armé.

Le comportement et la sécurité des deux systèmes de contreventement ne sont certainement pas les mêmes.

Une fois de plus le système du contreventement par portiques et remplissage en maçonnerie s'est avéré très vulnérable, entre autre à cause d'une difficulté importante de réalisation.

**Il est donc proposé de réduire le coefficient de comportement pour les portiques avec murs de remplissage à la valeur de  $R = 1,5$ .**

De plus, deux calculs avec deux modélisations différentes sont à faire et un calcul spécifique pour les poteaux :

- Calcul des portiques sans la présence des murs, mais en prenant en compte leur masse,
- Calcul des portiques avec la modélisation des murs dans leur position définitive.
- Pour le calcul des poteaux d'angle, de façade et centraux, des coefficients de sécurité spécifiques devront être envisagés,

Il est important de noter que contrairement à la définition du règlement qui prévoit que la maçonnerie rigide soit composée par deux murs en brique creuse de respectivement 10 cm et 5 cm (Règles RPA 99 3.4, 1.b) on a relevé en réalité toutes les combinaisons envisageables (Fig. 3.1 à 3.12) :

- 10 cm (briques) + 10 cm (vide) + 10 cm (briques)
- 10 cm (briques) + 20 cm (vide) + 10 cm (briques)
- 15 cm (briques) + 10 cm (vide) + 15 cm (briques)
- 10 cm (briques) + 5 cm (vide) + 10 cm (briques)

La largeur minimale des joints parasismiques doit passer de 40 mm à 60 mm

#### **5.8.5 Mode de fonctionnement des bâtiments avec voiles en béton armé**

Par rapport à d'autres systèmes constructifs tels que les portiques, les structures à voiles en béton armé présentent, particulièrement en zone sismique, plusieurs avantages :

Leur présence limite les déformations latérales,

Leur rigidité permet de protéger les éléments non-structuraux et quelques poteaux existants,

Leur présence permet de s'affranchir du difficile problème posé par la réalisation des nœuds des portiques,

Elles permettent de ne pas être pénalisé dans le choix du coefficient de comportement en cas de panneaux de remplissage.

En conclusion, de multiples raisons d'ordre structural et économique poussent à promouvoir l'utilisation de ces structures en zone sismique.

Les images suivantes montrent l'excellent comportement des bâtiments comportant des voiles en béton armé dans la zone sinistrée suite au séisme de Boumerdes du 21 mai 2003

#### **5.8.6 Mode de fonctionnement des bâtiments de type portique avec un remplissage en maçonnerie**

Qu'ils soient pris en compte ou non dans les justifications de résistance aux efforts sismiques, les panneaux de remplissage en maçonnerie développent, suivant leurs diagonales dans un sens puis dans l'autre, des bielles actives fonctionnant en compression et constituant avec l'ossature un système triangulé

Les conséquences de la présence de panneaux de remplissage dans un bâtiment comportant des portiques en béton armé peuvent se résumer sous deux aspects :

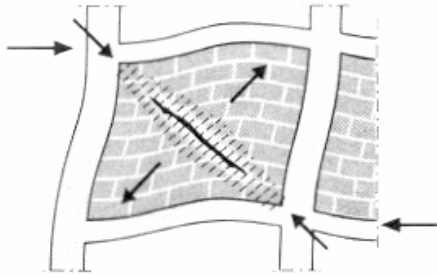


Fig. 1 - Sous l'action sismique formation d'une diagonale comprimée et d'une diagonale tendue

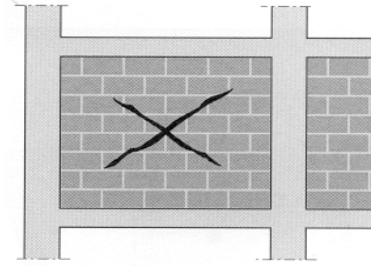


Fig. 2 - Après séisme, si le portique (poteaux et poutres) a été calculé et réalisé suivant les règles parasismiques, le panneau en maçonnerie se trouve avec une fissuration en X

#### 5.8.6.1. Interaction panneau - poteaux dans le plan du portique

Si l'on considère un panneau soumis à des forces agissant parallèlement à son plan, ce panneau a tendance à se déformer en parallélogramme. Il se découpe alors dans la maçonnerie une diagonale active comprimée et une diagonale active tendue ; cette dernière cède en donnant lieu à une fissure oblique. Lorsque les effets s'inversent, c'est au tour de l'autre diagonale de céder et on retrouve la classique fissuration en X .

#### 5.8.6.2. Sollicitation des poteaux d'angle

Formation concomitante des bielles de compression dans la façade et dans le pignon situés de part et d'autre de l'angle du bâtiment qui a pour conséquence un délestage plus important du poteau. La simplification consistant à supposer que l'action sismique s'exerce seulement dans une direction horizontale, puis dans la direction perpendiculaire n'est pas acceptable, surtout pour la vérification à l'effort tranchant des poteaux situés à l'intersection de deux panneaux rectangulaires.

Les poteaux d'angle sont les plus vulnérables :

- ⇒ parce qu'ils reçoivent le cisaillement dans les deux directions horizontales, même si les deux efforts tranchants n'atteignent pas en même temps leur valeur maximale,
- ⇒ parce qu'ils ne reçoivent comme charge verticale que le poids d'un quart de travée, alors que la poussée de la bielle qu'ils ont à équilibrer est celle qui correspond à une travée complète.

La destruction des poteaux d'angle entraîne celle des poteaux des pignons, les étages supérieurs viennent « s'asseoir » entre les poteaux de pignons après avoir broyé le rez-de-chaussée.

Dans bon nombre de situations, les jonctions (noeuds) poteaux-poutre sont restées pratiquement indemnes, ce qui démontre que le portique n'a pas eu l'occasion de fonctionner en tant que tel.

En fait, l'effondrement s'est produit sous l'effet initial, bien avant que les oscillations latérales aient atteint l'amplitude voulue, et il correspond à la rupture fragile des poteaux encadrant les panneaux de maçonnerie.

Dans d'autres cas, les panneaux en maçonnerie au rez-de-chaussée, ont agi comme des « fusibles » avec un relatif bon comportement des étages.

Enfin, il est important de souligner que la destruction d'un panneau se traduit inévitablement par la « surcharge » des panneaux restant, avec le risque de rupture en « chaîne ». Il est donc raisonnable d'envisager la situation créée dans ce type de structures par la disparition d'un ou plusieurs panneaux. Ce concept a été introduit dans la réglementation PS 92, article 12.2.3.4.

**Par ailleurs, le modèle de calcul doit tenir compte, de façon aussi fidèle que possible, des éléments de remplissage, même lorsque la résistance de ces derniers n'est pas prise en compte dans les calculs.**

**Les poteaux de béton armé bordant les panneaux de maçonnerie négligés doivent être vérifiés dans les mêmes conditions que si ces panneaux étaient actifs.**

- Dispositions constructives **conformes aux règles PS** :

Armatures transversales dans les zones critiques d'extrémité des poteaux et des poutres, environ tous les 5 cm,  
Armatures transversales dans les nœuds au croisement poteau – poutre,  
Seulement deux surfaces de reprise de bétonnage en pied et en tête du poteau,  
Mise en œuvre très difficile ; exige des plans avec les détails des nœuds à l'échelle 1:1 et des ferrailleurs hautement spécialisés.

- Dispositions constructives **NON - CONFORMES aux règles PS**

Absence des armatures transversales dans les zones critiques d'extrémité des poteaux et des poutres,  
Absence des armatures transversales dans les nœuds au croisement poteau – poutre,  
Mise en place d'une talonnette en pied de poteau d'environ 5 à 10 cm en mortier de mauvaise qualité  
Quatre surfaces de reprise de bétonnage en pied et en tête du poteau à cause de la présence des deux talonnettes,  
Structure sans résistance à l'action sismique.

Dans le cas de bâtiments avec ossature en portiques (poteaux + poutres) sans joints sismiques suffisamment larges, ce sont toujours les bâtiments situés aux extrémités qui subissent les dégâts les plus importants.

### **5.8.7 Comportement des bâtiments avec portiques en béton armé et murs de remplissage**

Ils représentent 80 % à 90 % de la construction dans la zone sinistrée

On a explicité le mécanisme de ruine du système de structures à portiques (poteaux + poutre) et murs de remplissage.

Ainsi, on a pu mettre en évidence leur comportement parfaitement aléatoire qui peut entraîner des dégâts allant de la destruction des panneaux en maçonnerie jusqu'à l'effondrement total du bâtiment, en passant par tous les cas intermédiaires.

La vulnérabilité de ce système de structures (poteaux + poutres + murs de remplissage) a été mise en évidence à travers le monde Turquie, Chili, Roumanie, Japon, Italie, Mexique....

La solution adoptée a été le renforcement des structures existantes ou le remplacement dans les bâtiments en cours de construction par des voiles en béton armé.

Les photos qui suivent illustrent bien le mauvais comportement des bâtiments à portiques (poteaux + poutres) comportant des murs de remplissage suite au séisme de Boumerdes du 21 mai 2003 et aux répliques qui ont suivi.

Certes il existe un nombre important de bâtiments restés debout, apparemment sans aucun dommage visible. Mais c'est uniquement dû à la présence d'un ensemble des facteurs favorables tels que :

action sismique assez faible,  
sol plutôt ferme en couches horizontales sans effet de site d'origine géologique,  
qualité du béton correcte,  
présence d'armatures en plus grand nombre que d'habitude,  
présence de murs en nombre suffisant et disposés assez régulièrement,  
maçonnerie de bonne qualité,  
position du bâtiment au milieu d'un îlot ; effet de groupe

Enfin, parmi les désordres identifiés, on note le fonctionnement de certains poteaux comme « poteaux courts ».

Ce comportement a été mis évidence lors du séisme d'El Asnam de 1980

#### **5.8.8 Endommagement des écoles**

Il semblerait qu'environ 240 écoles aient subi des dégâts.

Les écoles sont généralement composées de blocs rectangulaires de 2 à 3 niveaux, avec des fenêtres situées à la partie supérieure du niveau.

Les dégâts peuvent être résumés comme suit :

Cisaillement des poteaux courts sur la hauteur des fenêtres,  
Endommagement des poteaux intérieurs,  
Dégradation des cloisons  
Léger entrechoquement au droit des joints de dilatation

#### **5.8.9 Interrogations sur la conception des bâtiments**

Lors des diverses visites, nous nous sommes interrogés sur des choix qui, a priori ne sont pas compatibles avec la construction en zone sismique :

- a. Faire des « entailles » dans le bâtiment, à chaque niveau, droit de la cage d'escalier ne peut qu'affaiblir le bâtiment. La présence d'une poutre qui prolonge le plancher au droit du vide améliore le comportement d'ensemble, tout en restant insuffisant.
- b. D'après la réglementation parasismique, les joints doivent avoir une largeur minimale de 4 cm vide de tous matériaux. Aucun bâtiment existant ou en cours de construction ne respecte cette exigence.
- c. Les porte-à-faux ne sont pas interdits en zone sismique.  
Cependant, nous nous interrogeons sur le bien fondé de ce choix pour les bâtiments où la façade aurait pu descendre directement sur les fondations. Solution plus économique et plus sûre en cas d'action sismique.
- d. On a constaté une forte densité de constructions avec des rues très étroites qui ne peuvent que ralentir ou même empêcher l'arrivée de secours en situation de crise.

#### **5.8.10 Conclusions de Victor DAVIDOVICI**

Le séisme est l'épreuve de la vérité pour l'ensemble du bâti et surtout pour tous les acteurs participant à l'acte de construire.

Il s'agit maintenant de transformer cette douloureuse épreuve par la mise en œuvre d'une démarche réfléchie, devant aboutir en priorité au renforcement des bâtiments existants et ensuite à la mise en place systématique d'un système de construction par voiles en béton armé.

**Ainsi la vie pourra être sauvegardée lors des séismes à venir.**

**SAVOIR POUR PREVOIR**

**PREVOIR POUR AGIR**

**Auguste Conte**



## 6. OBSERVATIONS RELATIVES AUX RESEAUX

Stéphane CARTIER <sup>1</sup>

### 6.1. INTRODUCTION

Globalement, peu d'effets domino sont signalés. Si à J+14 l'incendie d'un stock d'huile persiste violemment dans les ruines d'un atelier de Bab Ezzouar, aucun incendie majeur ne semble s'être déclenché lors du séisme. Les réseaux de gaz et d'électricité semblent avoir été interrompus à temps pour éviter les conséquences néfastes. Les barrages semblent s'être bien comportés. La catastrophe est principalement constituée par les écroulements massifs d'habitations ou de lieux de travail et les mouvements de panique lors des répliques.

La plupart des fonctions vitales ont pu être maintenues, au moins partiellement, de manière à organiser et acheminer les secours, en particulier grâce au maintien du tissu routier.

L'interconnexion entre centres de production d'énergie a permis de suppléer rapidement aux conséquences directes du séisme. La plupart des fuites de canalisation (eau et égouts) ne seront détectées que progressivement lors de la remise en fonctionnement, ce qui devrait générer des perturbations longtemps.

#### 6.1.1. LA VOIRIE ET LES TRANSPORTS TERRESTRES

##### 6.1.1.1. Réseau routier

Le réseau routier de la zone urbaine et périurbaine est orienté par le littoral. Cette disposition est-ouest a peut-être réduit l'impact des secousses sur les chaussées et ouvrages d'art.

La simplicité du réseau a certainement favorisé sa robustesse. Peu d'interruptions ont été relevées. Certaines déformations ponctuelles de chaussée ont pu être réparées rapidement pour assurer la continuité du trafic, en particulier celui des secours. Comme évoqué plus haut, certains ponts ont été affectés et nécessitent des réparations importantes et coûteuses. Ceci s'est traduit par une forte diminution des capacités de trafic, et donc des encombrements préjudiciables aux secours, comme dans le cas du pont d'El Harrach sur la Rocade Sud d'Alger. Ponctuellement des ponts ont été fermés, durant quelques jours, remplacés par des déviations locales. La réparation rapide du pont d'El Harrach est fortement favorisée par la disponibilité de l'entreprise algérienne chargée initialement de sa construction. Elle dispose des plans techniques, des outils de levage et des compétences nécessaires sans attente d'une intervention d'une entreprise étrangère. Une première estimation faisait état d'un coût de 1.5 milliard de dinars pour la réparation des routes nationales 24 et 05. Une estimation évoque un coût de réparation de 2.6 milliards de dinars.

Globalement, la stabilité du réseau routier semble avoir favorisé la continuité des secours. La matérialisation d'un couloir réservé aux urgences sur l'autoroute a permis de diminuer efficacement l'engluement des secours dans les ralentissements. Le déploiement massif des forces de police a permis de juguler l'anarchie routière. Certains sites sont évoqués comme des endroits « isolés ». Sans cependant avoir pu vérifier pour les villages de colline, il semble que cet isolement ait été très temporaire et soit moins physique que social. En effet, certains sites « isolés » appartiennent aux faubourgs d'Alger et sont directement accessibles par les quidams.

Il est à remarquer que sur la plupart des sites, la largeur des voies a permis de contourner facilement les amas d'écroulement sans obstruction totale. Ce constat plaide pour le maintien d'un maillage routier simple sans superposition d'ouvrages d'art.

##### 6.1.1.2. Réseau ferroviaire

Très simple, le linéaire ferroviaire, lui aussi orienté est-ouest, a globalement bien supporté les chocs sismiques. Après des réparations ponctuelles rapides, les trains ont pu circuler régulièrement, y compris sur des ouvrages d'art comme le pont à l'ouest de Boumerdès. En période ordinaire, ce mode de transport semble cependant mineur par rapport à la circulation routière.

<sup>1</sup> Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique - Université Joseph Fourier - Grenoble

Certains bâtiments à proximité des voies, dont, semble-t-il, certains équipements de la SNTF à Corso se sont écroulés. Cette situation peut provoquer des interruptions de trafic, mais aussi des dysfonctionnements importants pour la compagnie.

### **6.1.2. PORTS ET AEROPORT**

L'aéroport international d'Alger a subi le séisme. Le trafic aérien a été interrompu durant la nuit après le séisme. Un avion en réparation a été affecté. Surtout, la tour de contrôle est marquée par des désordres. La continuité du fonctionnement a été permise par l'installation immédiate d'une station de contrôle mobile suffisamment efficace pour réguler le trafic accru par l'aide internationale.

L'accueil de l'aide internationale a été facilité par la disponibilité immédiate d'Air Algérie. La mise en place d'une cellule d'accueil internationale dotée de moyens de communication, de véhicules, de chauffeurs et d'escortes a favorisé une réduction des démarches et une projection rapide des secours et des équipes d'expertise sur les zones sinistrées.

Loin de la zone épicentrale, le port d'Alger semble avoir été affecté à la marge par le séisme. Aucune observation directe n'a eu lieu mais certains quais ont été perturbés et peut-être des installations.

### **6.1.3. LES RESEAUX DE DISTRIBUTION D'EAU POTABLE ET DE COLLECTE DES EAUX USEES**

L'analyse des effets du séisme sur les réseaux d'adduction peut se révéler longue car certaines fuites seront détectées lors de la remise en fonctionnement. L'agglomération d'Alger connaît depuis plusieurs années d'énormes problèmes d'alimentation en eau, dont une des causes est l'importance des fuites dans les canalisations. Depuis quelques mois, une situation climatique plus généreuse en pluie a permis la reconstitution des réserves et la reprise d'une alimentation constante. Obsession des familles algéroises, la disponibilité de l'eau ne semble pas avoir été fortement affectée par ce séisme. Les réserves urbaines ont permis de fournir de l'eau régulièrement durant la coupure. Cette coupure est liée à la rupture de deux canalisations entre le barrage de Keddara et la station de Boudouaou. Plusieurs châteaux d'eau sont affectés, au moins par des fissures. Selon nos interlocuteurs, le barrage n'aurait pas subi de dégâts directs, alors que d'importants affaissements de terrain sont signalés en aval. Les canalisations brisées étaient réparées à J+11, ce qui a permis une adduction estimée à 70% de sa capacité. Une estimation chiffre à 3 milliards de dinars le coût de la réparation des réseaux d'eau potable.

Dès J+2, la station de traitement des eaux produisait 14000 sachets d'eau par jour et fournissait les camions-citernes. Dans la zone épicentrale, l'alimentation des camps en eau est un immense problème. Si certaines installations urbaines en fonctionnement (PHOTO) ont pu être prolongées jusqu'aux tentes à proximité, le principal de l'alimentation s'effectue par la distribution de bouteilles et surtout l'acheminement par citernes. Parfois stockées dans des vaches à eau, l'eau est plus souvent stockée dans des bidons (dont l'usage précédent peu engendrer des problèmes sanitaires). Progressivement la compagnie des eaux laisse à disposition des tonnes à eau mobiles, équipées de robinets. Certains camions citernes et les tonnes à eau sont produits en urgence par la compagnie SNVI (Société Nationale Véhicules Industriels) à partir de ses stocks, malgré l'arrêt total de l'usine suite au séisme.

L'assainissement pose autant de problèmes de vérification progressive des installations et des canalisations. Sur certains sites, les gens, regroupés sous les tentes, continuent d'utiliser les sanitaires de leur domicile. Les camps sont progressivement équipés de latrines collectives, afin de réduire les risques d'épidémie. Cependant, le problème majeur semble posé par l'arrêt de la station d'assainissement de Rouiba, qui canalise les égouts de nombreuses villes alentour. A J+15, des réparations et de nombreuses vérifications doivent être effectuées pour autoriser la remise en fonctionnement. Comme sur d'autres sites, les soucis d'expertise et de responsabilité devraient fortement retarder le fonctionnement normal.

Il est à noter que la faible importance des effets domino représente une chance, car, par exemple, l'usine de la SNVI à Rouiba aurait difficilement pu faire face à un incendie. En effet, cette importante installation est dotée d'une caserne de pompiers, mais les réseaux d'eau ont été fracturés, ce qui engendre des fuites fatales.

#### 6.1.4. LA PRODUCTION ET LA DISTRIBUTION D'ENERGIE

Il semble que l'Algérie ne compte comme centrale nucléaire, qu'un centre de recherche atomique, ce qui a limité les conséquences du séisme. L'essentiel de l'électricité est produit thermiquement par combustion des ressources fossiles dont le pays est riche.

L'oléoduc de la raffinerie de Sidi R'zine a été partiellement endommagé, mais remplacé une semaine après le séisme. La raffinerie a été plus longue à redémarrer, même si sa construction parasismique selon les normes de 1962 semble lui avoir évité des dégâts massifs.

La principale centrale touchée est celle de Cap Djinet, située sur le littoral au milieu de la zone affectée. Les premières visites effectuées par Sonelgaz indiquent que la structure n'aurait pas été fondamentalement ébranlée. Par contre des désordres dans l'équipement interne ont, semble-t-il, nécessité une interruption de production pour réparations et vérifications. A J+8, la centrale a pu fonctionner à nouveau. Le réseau de distribution haute tension semble peu affecté, ce qui a permis la mise en interconnexion et donc le relais des autres centrales.

L'interruption sur Alger a été partielle car elle n'a pas affecté tous les quartiers et n'a duré que quelques heures. Tous les lieux équipés de générateurs ont bénéficié de courant constamment, en particulier les ministères (mais aussi les poulaillers industriels de Corso qui n'ont pas subi de pertes) et la majorité des hôpitaux. Dans les zones sinistrées, la remise en état du réseau de distribution était en cours à J+10, facilitée par le maintien des poteaux électriques. Une première estimation évaluait à 5 milliards de dinars les pertes pour Sonelgaz, compensées à hauteur de 1 million de dollars par les dons des compagnies pétrolières étrangères.

#### 6.1.5. LES RESEAUX DE TELECOMMUNICATION

Il semble que deux phénomènes majeurs aient réduit les capacités de communication. D'abord les ruptures totales des équipements, en particulier après l'écroulement du central téléphonique d'El Harrach, où 25000 lignes sont irrécupérables, et la rupture des câbles sous-marins au large. Ces ruptures ont désorganisé experts et secours puisqu'une des wilayas semble avoir été affectée dans un premier temps et les scientifiques n'ont pas pu communiquer avec leurs collègues étrangers via internet. La mise en place de connexions internationales détournées via les pays voisins, puis la réparation des câbles sous-marins a permis après plusieurs jours une reconnexion. De même, l'aide internationale s'est fortement mobilisée en fournissant des valises satellites mises à disposition des sinistrés.

Pour pallier l'effondrement du central téléphonique, un centre de télécommunication mobile a été installé près de El Harrach, capable de fournir 6000 lignes.

Ensuite, la saturation des réseaux fixes et mobiles n'a pas permis aux familles d'avoir rapidement des nouvelles de leurs proches. Elle a aussi perturbé les communications entre experts, en particulier sur le terrain. Elle ralentit la réorganisation.

La transmission ordinaire des données relevées par les stations sismiques ne semble pas avoir été perturbée, car elle s'opère par canal hertzien (en accord avec la télévision).

Par contre, la polémique sur la magnitude du séisme a été accentuée par la différence de traitement entre la chaîne de télévision algérienne et les chaînes étrangères captées par paraboles dans la plupart des foyers urbains.

#### Réseau postal

La poste a fortement subi le séisme, puisque certaines infrastructures locales ont été rasées (au moins 10, dont Sidi Daoud, Boumerdès, Thénia, Zemmouri) et 64 bureaux ont été touchés pour la seule Wilaya de Boumerdès. De plus, 4 membres du personnels sont décédés dans leur logement de fonction et 40 familles de postiers sont sans abri. Pour la Wilaya d'Alger, se sont 80 % des 145 bureaux qui sont touchés et des destructions totales sont à déplorer, par exemple à Khraicia, Réghaia, Belouizdad. La région de Tizi Ozou compte 10 bureaux endommagés, celle de Tipaza 4, celle de Blida 2 et celle de Bouira 1.

Des bureaux de poste mobiles sont installés avec connexion au réseau CCP (comptes chèques postaux) par téléphone pour sécuriser les transferts financiers.

#### **6.1.6. ENSEIGNEMENTS A TIRER**

- Conserver un maillage routier simple sans enchevêtrement d'ouvrages d'art.
- Renforcer les dispositifs d'urgence susceptible de pallier les défaillances comme la tour de contrôle mobile, les générateurs électriques.
- Prendre modèle sur l'interconnexion électrique pour développer une interconnexion téléphonique.
- Favoriser rapidement les missions d'expertise pour évaluer les réparations nécessaires à la remise en fonctionnement des réseaux (eaux, égouts, télécommunications) afin de ne pas prolonger artificiellement la crise.

## 7. GESTION DE CRISE, PROCESSUS SOCIAUX ET RECONSTRUCTION

Ludvina COLBEAU-JUSTIN <sup>2</sup> et Stéphane CARTIER <sup>3</sup>

### INTRODUCTION

L'Algérie dispose de capacités financières, technologiques, scientifiques, administratives et entrepreneuriales. Des contextes politiques et économiques les empêchent de fonctionner en synergie : l'époque socialiste a déresponsabilisé la population ; la transition libérale a fortement diminué les services publics et favorisé le développement d'une économie de gains rapides sans responsabilités.

La transition économique est actuellement défavorable à l'exercice du contrôle public, particulièrement en matière de développement immobilier. L'Algérie souffre d'une pénurie structurelle du logement et d'une spéculation immobilière frénétique. On observe à travers toute la région d'Alger de vastes programmes de construction de lotissements et d'habitats collectifs. Ce pays, riche en ressources et à la main-d'œuvre pléthorique, ne tire pas encore au mieux partie de ses richesses. Par exemple, certaines tours d'habitation sont désormais construites in extenso par des travailleurs immigrés chinois importés par les entreprises de construction, alors que le taux de chômage est très élevé.

La crise politique que traverse l'Algérie se traduit par des dysfonctionnements institutionnels et une méfiance populaire envers les pouvoirs publics. Les tensions sécuritaires provoquent des blocages, y compris en matière de secours et ralentissent la gestion de la crise. Cependant, l'expérience des situations catastrophiques précédentes (El Asnam, Bab-el-Oued, terrorisme, etc.) a permis une approche systématisée lors de la phase de stabilisation, par exemple en matière de soutien psychologique des populations et surtout des enfants.

Du fait de la période troublée de la dernière décennie, la cellule familiale est devenue un espace de vie privilégié et un refuge. Les destructions massives du séisme ont remis en cause la stabilité de ce noyau. La réaction sociale a donc été très vive. Vitale, la solidarité familiale et populaire, locale ou outremer, a favorisé la prise en charge des victimes : sauvetage, alimentation, vêtements et relogement.

### 7.1. ASPECTS INSTITUTIONNELS

#### 7.1.1. Contexte politique et social

Fondée sur des principes démocratiques, la jeune République algérienne fait actuellement face à de graves troubles politiques. Le terrorisme politique, les émeutes et les réponses sécuritaires ont provoqué des situations de blocage social. Ce contexte politique est marqué par une très grande liberté d'expression, mais aussi par de très nombreuses difficultés de communication entre groupes sociaux, entre institutions et entre services publics. Les multiples fractures sociales ont conduit à une quasi dislocation de l'autorité publique. Les problèmes de sûreté de certaines parties du territoire national ont rendu difficile l'exercice des missions de contrôle public, par exemple en matière de surveillance in situ de la réalisation des constructions. Ils ont aussi gêné l'acheminement des secours aux victimes du séisme, puisqu'une partie importante des forces publiques a été mobilisée sur la sécurisation policière des zones affectées.

Le climat de méfiance réciproque entre pouvoirs publics et population contribue aux difficultés de coordination, d'évaluation des besoins et d'octroi des secours. La méfiance est accentuée par la confusion entre services de secours de l'Etat et services de police et de surveillance du territoire.

Plus globalement, le climat de méfiance réciproque entre groupes sociaux est compensé par la cohésion familiale. Durant les troubles politiques, la famille a servi de refuge social face aux difficultés de circulation. Ce repli sur le foyer a été fortement ébranlé par le séisme, dont les principales conséquences portent sur la destruction dramatique des lieux d'habitation. Ce qui était considéré comme un espace sûr s'est transformé en piège de béton, y compris pour les enfants rentrés au domicile familial. Economiquement, dans un

<sup>2</sup> Laboratoire de Psychologie Environnementale CNRS UMR 8069 - Université René Descartes – Paris.

<sup>3</sup> Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique - Université Joseph Fourier - Grenoble.

contexte de grave pénurie de logement, l'investissement dans l'immobilier individuel ou coopératif représentait le fruit d'années de travail, ruinées avec les destructions. La concentration urbaine a été accélérée par la crainte du terrorisme dans les campagnes et les autres villes.

Le développement d'une économie de transition entre modèle étatique planifié et modèle libéral a favorisé une spéculation immobilière, d'autant plus marquée que le manque était structurel. Ce développement s'est souvent effectué au détriment des règles essentielles de la construction. Faute de contrôles suffisants, une architecture anarchique a transformé le paysage de l'algérois. Le photocopie des plans, le défaut d'étude des sols, la construction sur remblais, l'inadaptation des types d'habitat, les vices de construction se sont additionnés pour faire de l'habitat un vaste cimetière. La négligence de la sécurité architecturale est générale, partagée par les propriétaires et les corps professionnels concernés, alors même qu'une réflexion poussée sur les normes parasismiques existe depuis El Asnam.

Nombreux sont les interlocuteurs qui soulignent l'effet nocif de la dérégularisation récente, marquée par le collapse de nombreuses constructions neuves en dépit de l'existence d'une réglementation parasismique. La transition économique semble avoir brouillé les repères. La réduction des services publics a défavorisé un contrôle rigoureux dans une période d'explosion de la spéculation immobilière. L'opportunisme professionnel était devenu la norme dominante, au détriment de la qualité.

Renforcée par l'expérience des inondations de Bab-el-Oued, cette situation politique troublée a permis aux autorités publiques de développer des réflexes de gestion de crise et de renforcer les procédures, comme en témoigne le remplacement rapide de certains équipements affectés et l'importance de la prise en charge psychologique des victimes du séisme. Mais il semble cependant que ce réflexe soit avant tout tourné vers le contrôle



policier de la sécurité. La crainte de l'anarchie constitue une référence dominante pour l'action. L'éventualité de l'anarchie routière, des pillages, des faux-sinistrés, de la distribution des aides, de l'intervention d'organismes illégitimes, politique et terroriste pèse sur les interventions publiques. L'efficacité suppose la réorganisation administrative, qui prime parfois sur le pragmatisme en matière de secours et de distribution des aides.

## 7.1.2. Informations préventives

### 7.1.2.1. Urbanisation frénétique et architecture anarchique

Une agitation tellurique fréquente caractérise l'ensemble du nord du pays. Suite à l'importance de la tragédie d'El Asnam en 1980, le zonage sismique est constitué à partir de 1985 comme la réglementation parasismique des constructions. Pourtant, l'Algérie semble avoir progressivement oublié l'importance des conditions naturelles pour le développement d'un urbanisme durable.

La population n'a pas spécifiquement reçu d'instructions sur les conduites de survie en cas de séisme. Elle ne semble pas non plus particulièrement sensibilisée aux exigences de construction parasismique. Dans le développement frénétique de l'habitat, cette question est négligée comme le reste de l'examen des constructions. Les procédures obligatoires sont ignorées et font l'objet de corruption. La faiblesse des moyens de contrôle et l'insécurité interdisent des vérifications in situ des conditions de construction. L'examen des dossiers est essentiellement scriptural. Seule la rareté du logement face à l'accroissement démographique et la frénésie immobilière engagée durant les années 90 expliquent une urbanisation aussi amnésique de ses conditions naturelles.

Outre certaines malversations scandaleuses, la dilution des responsabilités durant la période de transition économique et de terreur politique a conduit à un quasi abandon des contrôles de qualité in situ en matière de construction. De nombreux témoignages, tant parmi les universitaires, que parmi la population et les professionnels du bâtiment, attestent de l'absence de contrôle effectif, en particulier par difficulté d'accès sûr aux zones exposées aux violences. Les déclarations de constructions soumises à permis ont fait l'objet d'une complaisance voire d'un trafic où les photocopies de plans ont largement fait office de documents de construction et de déclaration administrative. Instituée en facilité collective, la corruption sur les déclarations et les contrôles semble concerner la majeure partie du secteur du bâtiment. Cette absence de contrôle a

laissé le champ libre à de pseudo-entrepreneurs encouragés par le développement exponentiel de l'immobilier et les perspectives insatiables d'un marché en demande constante. Cette demande immobilière connaît deux effets nocifs. Le premier tient au blocage administratif du prix du mètre carré. Selon plusieurs professionnels et experts, ce tarif imposé est inférieur au coût de revient et conduit forcément à la multiplication des malversations. La plus courante semble être très simple : la vente de sac de ciment de 50 kg ne comportant que 35 kg effectifs... Le second effet nocif est social. Il correspond à la distorsion de moyens financiers entre « immigrés » retraités et travailleurs locaux. Au terme d'une vie d'exil et de privation, les premiers ont tendance à surinvestir dans de vastes villas ostentatoires. Trop lourdes, trop hautes et mal proportionnées, celles-ci ont été particulièrement touchées par la dévastation.

Le marché des villas à proximité de la mer constitue une aubaine pour un secteur de la construction très peu professionnalisé. Les promoteurs ne sont pas des hommes du métier. Les maçons construisent des habitations copiées mais en pratiquant des modifications fatales à la demande des propriétaires. Ils n'ont aucune connaissance réelle des sols. D'ailleurs les études de sol semblent totalement ignorées du domaine de la construction privée. A cet égard, les villas de Verte Rives à Bordj el Kiffan constituent un exemple démonstratif : les habitants et les maçons sont persuadés d'avoir ancré les fondations au rocher sans réaliser qu'il ne s'agit que d'une couche de gré profonde de seulement 50 cm posée sur un sous-sol très spongieux, donc propice aux amplifications des ondes sismiques.

Outre de réelles malfaçons, outre des pseudo-bétons friables à la moindre prise, les défauts architecturaux s'expliquent en partie par des motivations sociales. La plupart des maisons sont construites par étapes. Les rez-de-chaussée sont destinés aux activités professionnelles ou à la location de garages donc dépourvus de murs-voiles, souvent ajourés jusqu'à présenter de véritables transparences, trop hauts par rapport au poids des dalles de béton posées sur les poteaux poutres. Certaines maisons comportent au troisième étage un studio destiné à la location.

Le cas de deux frères de Bordj El Kiffan est significatif de ces étapes de construction. Sur deux parcelles voisines, ces professionnels des travaux publics construisent deux maisons très solides. Les rez-de-chaussée sont hauts de quatre mètres, c'est-à-dire suffisamment pour garer des engins afin d'éviter les vols. Ensuite la maison de droite est complétée par trois étages sur le modèle poteaux poutres et dalles de béton. Lors du séisme, elle s'écrase totalement. La maison de gauche n'est pas terminée et ne comporte que deux étages dont le dernier inachevée. Celle-ci ne perd que des cloisons sans danger majeur pour la réoccupation ultérieure.

La construction des maisons témoigne parfois de l'addition de contraintes sociales. Construite pour un couple « d'immigrés » retraités, elle comporte trois étages, donc quatre niveaux, de manière à pouvoir accueillir toute la famille durant les vacances. Avec leurs économies, ces personnes risquent de voir disparaître leurs illusions, puisque leurs enfants en France ne viendront certainement pas tous simultanément durant l'été occuper une demeure trop vaste.

Ces observations ponctuelles amènent à conclure, en dépit des réglementations officielles, à une quasi disparition de la prévention parasismique. Au contraire, les modèles de construction et la pauvreté des techniques récemment adoptées ont dramatiquement accentué une fragilité structurelle des habitations.

L'analyse des constructions qui ont résisté aux secousses tend à souligner l'efficacité des constructions simples peu surchargées et des structures construites selon les règles de l'art : petites villas individuelles limitées à R+1, y compris à Zemmouri au milieu de champs de ruines ; grosses villas, dont les étages supérieurs prévus non pas encore été construits ; structures légères avec charpentes métalliques, comme les immeubles préfabriqués « canadiens » de Dergana, qui voisinent les immeubles effondrés construits en 2002 où (à part le problème d'isolations en amiante) les seuls problèmes concernent les cloisons ; immeubles et villas en construction, encore dépourvus de cloisons, qui semblent avoir moins souffert du passage des ondes sismiques ; petites structures en dalles de béton préfabriquées (dont la qualité de production est peut être plus fiable ?) et agencées avec des joints (parasismiques ?) comme le lycée de Dellys (de conception hollandaise), encore entier alors que le reste de la ville est rasé ; bâtiments institutionnels des années 1950 à 1980 soumis à un contrôle étatique (brigade de pompiers et wilaya de Boumerdès), parties anciennes des écoles primaires (Verte Rive), quoique les universités posent questions comme à Boumerdès et Bab Ezzouar où des dégâts importants existent ; grandes structures de conception récente (et souvent de fabrication étrangère) : tours d'habitations « chinoises » de Bab Ezzouar, futur ministère des finances, ensembles de logement « Sarahoui », etc.

## 7.2. ORGANISATION DE LA SECURITE CIVILE

La Protection Civile relève essentiellement du Ministère de l'Intérieur, par ailleurs chargé de la lutte contre l'insécurité. Après les inondations de Bab el Oued en 2001, une évolution des procédures d'intervention est engagée. Par exemple, les pouvoirs publics ont décidé en 2003 d'acheter des hélicoptères spécifiquement dévolus aux secours.

Face à la crise, des Postes de Commandement Opérationnels ont été constitués dans les Wilaya d'Alger et Boumerdès. Une cellule de crise chargée de la coordination est mise en place au niveau gouvernemental. Chaque ministère concerné, par exemple celui de la santé, constitue sa propre cellule de crise sectorielle.

Selon plusieurs témoignages, la sous-estimation initiale du séisme a ralenti la mobilisation des secours. Lorsqu'ils n'ont pas été eux-mêmes écrasés, comme à Dellys, les premiers secours ont été locaux, favorisés par la bonne résistance sismique de certains établissements (caserne de pompiers de Boumerdès, wilaya de Boumerdès, SAMU de Boumerdès). Cependant, ces secours

locaux étaient démunis du matériel nécessaire à la désincarcération des victimes emprisonnées dans un enchevêtrement de béton, mais compensés par certaines réussites ponctuelles, comme l'intervention de la brigade de pompiers de Rouiba équipée de matériel de désincarcération. Les engins de levage font terriblement défaut, mais aussi, du moins durant les premières heures, les outils individuels nécessaires. Tous les témoignages soulignent l'efficacité limitée des sauveteurs démunis.

D'abord destinée à assurer la sécurité, l'intervention des forces armées a progressivement suppléé à ce manque d'équipement en fournissant des engins, mais aussi des hôpitaux mobiles, des tentes, etc.

De très nombreux problèmes de coordination sont signalés, accentués par la difficulté à comprendre l'étendue des dégâts. Ce n'est que lorsqu'elle dispose des images satellites (Spot), que la cellule de crise du ministère de la Santé prend conscience de l'existence d'une seconde ceinture de dégâts et envoie des équipes de secours sanitaire sur ces sites « isolés ». L'intérêt de l'utilisation de ces cartes est d'apporter une vision générale de l'étendue spatiale du séisme mais la fiabilité de ces images ne peut prétendre à la localisation exacte des dégâts car elles superposent deux sources différentes (SPOT 4 et 5).

Beaucoup d'interlocuteurs algériens estiment que la situation de crise initiale a été mieux gérée en 1980 lors du séisme de El Asnam-Chlef. Pour eux, l'exercice étatique du pouvoir qui prévaut en 1980 permet une intervention massive, avec des services de secours dotés de moyens, sans problèmes de coordination entre services.



## 7.3. LE SEISME ET SES CONSEQUENCES SUR L'ORGANISATION SOCIALE

### 7.3.1. Impact du séisme

Le séisme initial a frappé la population dans le cadre domestique et familial, ce qui explique le nombre important de victimes (plus de 2500 morts et plus de 10 000 blessés). Devenue durant les troubles politiques un espace sécurisé, la cellule domestique représentait une confiance mentale, très affectée par le séisme. A l'heure de la préparation du repas du soir, à l'heure de la retransmission télévisée du football, une large partie de la population est présente au foyer et s'est trouvée emprisonnée par le béton. Cet emprisonnement semble avoir été renforcé par le blocage des portes métalliques qui équipent chaque appartement.

La majeure partie de la population étant présente dans ou à proximité des foyers domestiques, elle ne se trouvait pas dans des établissements collectifs. Heureusement, car de nombreux sites de travail ont été très gravement frappés. Des écroulements de bâtiments n'ont pas fait de victimes uniquement car les travailleurs étaient déjà sortis (atelier SNTR à Bord el Kiffan) ou sur le point de sortir (travailleurs dans les vestiaires à l'usine SNVI de Rouiba). Cela n'a hélas pas été le cas pour les travailleurs du foyer de Bab Ezzouar, où la plupart de la cinquantaine de victimes est de nationalité chinoise. A Zemmouri et Dellys, l'écroulement des bâtiments publics a condamné les brigades de secours dont les membres sont décédés. Il en est de même pour certaines mosquées, en particulier celle de Zemmouri rasée à l'heure du culte.

De très nombreuses écoles ont été fortement endommagées, mais l'heure tardive a limité le nombre de victimes. Selon les premières estimations officielles, pour la région de Boumerdès, ce sont 154 écoles, 13 lycées, 10 CEM et 11 Maisons des jeunes et 4 salles des sports qui sont affectées. Pour celle d'Alger, ce sont 420 infrastructures scolaires, plus le siège de l'inspection d'académie de El Harrach et le centre



d'orientation scolaire de Réghaia, mais aussi 14 Maisons des jeunes et 40 équipements sportifs, qui sont touchés. A situation géographique équivalente (par exemple à Verte Rive), il semble que les bâtiments récents (2002) aient beaucoup plus soufferts que les bâtiments des années 1970. Outre des cas d'écrasement, ce sont surtout les cloisons qui se sont disloquées, provoquant des chutes préjudiciables sur les salles de classes. A Dellys, les écoles et le CEM ont été très gravement endommagées. Cependant le lycée, qui semble de conception parasismique hollandaise, a globalement bien résisté. La construction par dalles de béton préfabriquées et reliées par structures souples a résisté convenablement aux secousses de la zone épicerale. Les joints entre les dalles peuvent avoir amorti les chocs. Ce système a sauvé la coursive couverte de dalles posées sur des poteaux en béton. Le dortoir, plus massif a subi des chutes de cloisons et des fissures importantes sans cependant s'affaisser. Partis préparer leurs examens en famille, les élèves n'étaient pas présent au moment du séisme. Il est à noter que leur fuite du dortoir aurait été très fortement entravée par la soudure des portes métalliques des issues de secours... Les dégâts scolaires sont variables selon les sites, mais l'ampleur physique, organisationnelle et morale de la catastrophe a conduit le Ministère de l'Education à annuler les dernières semaines d'enseignement et reporter les examens en septembre dans les wilayas d'Alger et Boumerdès (mesure spécifique dont l'application est aussi réclamée pour les parties touchées des autres wilayas). Globalement, la peur des répliques et la vie sous la tente bouleverse totalement les habitudes et les émotions des enfants. L'objectif est de parvenir à rouvrir les écoles en septembre 2003.

L'impact psychologique des répliques est très déstabilisant. La population est terrorisée à la suite d'une forte réplique intervenue durant la nuit, d'autant plus marquante dans le silence et en position allongée. Chacun craint une réplique fatale aux constructions déjà fortement ébranlées. Les gens refusent de réintégrer leur logement et surtout craignent des relogements abusifs dans des constructions mal réparées. La crainte du séisme est telle que ceux qui en ont la possibilité partent dans la famille dans d'autres régions. Même les habitants de maisons non affectées préfèrent par prudence dormir à l'extérieur, dans leur jardin ou sous les tentes. Le climat à cette époque de l'année, plutôt sec, favorise cette délocalisation.

De plus, dans la région d'Alger, on compte 25 équipements hospitaliers hors d'usage, 15 détachements de garde communale et 15 mosquées touchés. Sur Boumerdès, ce sont 6 hôpitaux, 5 structures paramédicales, 5 polycliniques qui sont hors-service. Hormis sur Dellys, les bâtiments stratégiques des services d'intervention d'urgence ont plutôt bien résisté. 91 mosquées ont été détruites ou touchées, soit un coût estimé à 344.5 millions de dinars. Une des premières mesures de réorganisation sociale et spatiale des quartiers détruits a été la matérialisation d'un espace de prière avec un souci de personnalisation (tapis, espace clos avec des éléments de décoration intacts récupérés des bâtiments détruits).



### 7.3.2. Mise en place de la cellule de crise

Chargé de l'organisation des secours, le ministère de l'Intérieur souffre d'une image sécuritaire voire répressive qui contribue au climat de méfiance entre populations et services publics. Lors des premiers jours du séisme, les visites de compassion et d'organisation des secours du Président de la République et du Ministre de l'Intérieur ont été des occasions de manifestations, parfois violentes. Désorientée par la douleur de la catastrophe, la population proteste ainsi contre ce qu'elle estime être les causes de son malheur : d'abord contre la lenteur des secours et leur inefficacité, ensuite contre la présence sécuritaire de l'armée avant que celle-ci n'offre des moyens techniques de secours, puis contre les lacunes de contrôle préalable des constructions nouvelles, enfin pour exiger des aides supplémentaires. Les gens sont excédés par la facilité avec laquelle les pouvoirs publics actuels s'exonèrent de chaque crise en invoquant l'héritage colonial, par exemple sur l'application des codes parasismiques. Alors que le Président de la République est décrit comme un homme ne connaissant pas le pays (et ne parlant pas la langue du cru), nombreuses sont les personnes qui lui prêtent une réelle préoccupation pour le sort de la population. L'implication publique du Ministre de l'Intérieur est ressentie comme uniquement répressive, avant tout préoccupée par le contrôle de la situation. Les pouvoirs publics semblent obsédés par la crainte de l'anarchie. Ils tentent d'éviter les

récupérations politiques de la situation, en particulier de la part des opposants islamistes, promptes à se positionner en sauveur des corps et des âmes. La faiblesse initiale des dons étatiques a favorisé la prise en main de la charité par les associations islamiques (souvent paroissiales) et islamistes. Cette volonté de maintenir l'ordre se traduit par un déploiement massif des forces de sécurité (police, gendarmerie, armée). Cette intervention prolonge les tentatives de reprise de contrôle des axes routiers, des faubourgs d'Alger, des villages isolés et plus globalement de la Kabylie. Il s'agit aussi de protéger les sinistrés contre des tentatives avérées de pillage. Parfois liés à la misère, ces pillages, souvent horribles, donnent lieu à des réactions de vengeance de la population (évocation de lynchage) et à une volonté générale de repli sur le voisinage barricadé peu compatible avec la dispersion des tentes. Il est arrivé que des villageois refusent d'être regroupés dans un camp autant semble-t-il par défiance à l'égard de l'armée que par crainte des pillages dans les maisons désertées. L'installation des tentes à proximité immédiate des bâtiments endommagés constitue d'ailleurs une inquiétude.

Dans cette situation tendue, l'effort des forces de l'ordre est de maintenir le calme des populations apeurées par le séisme et ses répliques constantes, par les attaques terroristes, par la crainte du futur. Plusieurs fois, des manifestants bloquent l'autoroute ou les convois de denrées. La volonté de maintenir l'ordre et d'assurer la continuité des pouvoirs publics conduit les autorités centrales à renforcer la centralisation par exemple en exigeant que tous les dons soient concentrés sur la foire et sur l'aéroport. Une décision administrative (temporaire ?) exige aussi que tous les cadavres soient regroupés à la morgue centrale, dans un but d'identification, avant d'être retransportés et rendus aux familles (ce qui en outre s'oppose à la tradition musulmane d'inhumation le jour même et retarde le processus psychologique de deuil). Les interventions internationales des secours sont elles aussi canalisées à l'aéroport pour bénéficier de services pratiques (voitures, chauffeurs, interprètes, escortes) et être réparties selon les besoins les plus pressants. La constitution d'équipe mixtes sous autorité des spécialistes algériens a semblé convaincante et efficace. Pour les équipes françaises, la communauté de langue et d'organisation administrative paraît avoir été très favorable à la constitution d'équipes complémentaires.

A J+9, nous pouvons observer des situations très contrastées puisque des villages entiers sont reconstitués par les camps de tente de l'armée, mais par ailleurs, des quartiers sinistrés, rarement isolés, sont « livrés à eux-mêmes », quasiment sans secours ni organisation.

Malgré la démarche structurelle de concentration des aides et de redistribution par le Croissant Rouge et l'administration, le ministère de la Santé joue parfois la carte de la complémentarité avec les ONG pour envoyer une première assistance sur les sites « isolés » en attendant l'arrivée de secours étatiques. Cette complémentarité des secours repose sur des rapports de confiance entre personnes habituées à travailler efficacement préalablement, en particulier après les inondations de Bab el Oued. Dans le même esprit pragmatique, certains responsables constituent des lots de médicaments orientés directement en réponse à des besoins spécifiquement identifiés. Certains médicaments rares sont directement acheminés de France grâce aux relations étroites entre praticiens français et hôpitaux algériens par des voies informelles.

### 7.3.3. La mobilisation sociale

La mobilisation au niveau local a été très forte, tant dans la première phase de secours que dans la phase de réorganisation sociale. L'étendue de la zone affectée n'a pas permis un déploiement immédiat efficace des services d'intervention d'urgence. Les sauvetages de proximité ont donc été pris en charge, comme cela s'observe classiquement, par les sinistrés eux-mêmes. Participant d'une volonté de solidarité, les déblaiements de personnes ensevelies ont parfois conduit à des drames. Un nombre important, non recensé par les services sanitaires, de rescapés est décédé par suite du crush syndrome dans les hôpitaux. L'absence de formation aux gestes de premiers secours est unanimement considérée comme un manque voire une défaillance.

Localement, les sinistrés se sont organisés pour prendre en charge le relogement de fortune. Dès le soir du séisme, dans les quartiers détruits, les personnes peu affectées ont mis à disposition des couvertures et des vivres. Une réorganisation spontanée, prenant l'allure d'une cellule de crise s'est mise en place, avec la prise en charge du sauvetage des personnes, la surveillance des enfants, la collecte de vêtements et nourriture. Très rapidement, dès le lendemain, les quartiers sinistrés ont vu affluer des personnes venues aider leurs proches, se déplaçant spontanément pour offrir leur aide mais aussi des associations proposant de coordonner et



structurer la réorganisation des quartiers. Fédérant les forces, ces associations ont été bien accueillies, même si leur visée politique est identifiée. De fait, la réorganisation sociale informelle a bien fonctionné et s'est, d'une certaine manière, substituée à l'action des services de l'Etat, notamment grâce à la réactivité et l'énergie déployée par les sinistrés et leurs voisins. En revanche, il semble que cette prise en charge locale aie été favorisée par la mixité des dégâts. A Corso notamment, l'effondrement total d'immeuble contrastait avec des maisons qui n'avaient pratiquement pas souffert. Un dynamisme a pu ainsi être créé entre personnes sinistrées ou non. Les propriétaires des bâtiments encore debout mettaient à disposition des sinistrés leurs sanitaires. Dans les zones totalement détruites, comme à Zemmouri, où ne subsistent ni habitat, ni petit commerce de proximité, la vie sociale apparaît comme paralysée. Les perspectives temporelles semblent être bloquées. Les premières actions de restauration, à savoir le déblaiement des décombres ne peuvent être assumées par les sinistrés ; ils ne peuvent non plus s'investir dans leur activité professionnelle, elle-même aussi atteinte par le séisme. Après les tentatives de sauvetage, les sinistrés sont dans l'expectative et leur énergie n'a plus d'exutoire. Ainsi, après un réflexe de solidarité spontanée, la mobilisation pour le maintien du bien public est parfois faible, par exemple lorsque des bénévoles japonais ramassent les débris pour éviter l'occlusion d'un fossé et que cinquante personnes les regardent sans comprendre l'importance de leur geste.

#### 7.3.4. Gestion des secours

Plusieurs facteurs expliquent le type de gestion de crise mené. La minoration scientifique de la magnitude a conduit à la sous-estimation du séisme. Estimé à une magnitude de 5.2, le temps d'annonce officiel a été jugé trop long. Les cadres publics n'ont pas immédiatement pu prendre conscience de l'ampleur des dégâts et ne se sont que progressivement mobilisés dans la soirée. Une polémique sur la magnitude est apparue dans les jours qui ont suivi, du fait notamment de la diffusion d'informations scientifiques étrangères différentes facilitée par l'importance d'écoute des chaînes-satellite. Une autre conséquence négative de la sous-estimation du séisme est la lenteur du déclenchement du plan ORSEC qui, selon certains interlocuteurs, serait mobilisable à partir d'une magnitude de 5.5. Le déploiement nocturne des secours a été difficile et le sous-équipement technique des services de protection civile s'est rajouté au fait que les services publics de zone épiscopale (Zemmouri) soient détruits (en état à Boumerdès).

L'action sur le terrain est montée en puissance avec la prise de conscience de l'étendue de la zone sinistrée, notamment grâce à la multiplication des secours venus du pays entier et, au bout de quelques jours, des secours internationaux. Ce n'est qu'au bout du troisième jour que des sites « isolés » ont pu être identifiés. De grandes difficultés à organiser l'acheminement de matériel de secours et des tentes ont été notées, du fait aussi de la non disponibilité du matériel ou de son insuffisance numérique. Une surveillance policière et militaire très stricte a été organisée contre les pillages.

La convergence des secours vers les zones sinistrées a eu lieu immédiatement. La mobilisation de l'armée s'est faite le soir même. Elle a pris en charge les secours et l'aide aux sinistrés : installation d'hôpitaux, aménagement de camps. L'élan de solidarité populaire a concerné aussi bien des dons, que des actes de sauvetage ou l'implication dans le relogement des sinistrés. De même, l'activation des associations locales, nationales ou internationales n'a pas tardé.

L'existence préalable d'une réflexion sur la gestion de crise et de procédures pré-établies a conduit à l'adoption de stratégies particulières, notamment la recentralisation étatique des secours. L'Etat a procédé à la constitution de stocks et à une distribution progressive et organisée. Afin d'éviter la récupération politique de la distribution des dons, l'Etat a délégué cette tâche au Croissant rouge et aux scouts.

La prise en charge des traumatismes psychologiques a très rapidement été initiée et reconnue comme étant une priorité. Ce fait est à noter car il peut pratiquement être considéré comme une spécificité algérienne. Traditionnellement, cette gestion psychologique est prise en charge par des ONG internationales. En France, ce n'est que récemment que les services sanitaires se sont officiellement appropriés cette démarche après chaque catastrophe naturelle. L'expérience douloureuse des années de terrorisme a poussé les institutions gouvernementales à prendre en charge massivement le problème des adultes traumatisés et des enfants orphelins. La même procédure d'urgence, de multiples fois testée, a été déployée ici. Largement médiatisée et unanimement légitimée, cette action organisée par le Ministère de la Santé et relayée au niveau local par des équipes mobiles, basée sur des techniques simples mais efficaces (extériorisation verbale, dessins, animations permettant le recentrage des activités et préoccupations sur des objets ludiques) constitue un modèle d'organisation et d'efficacité dans la déstructuration sociale liée au séisme.

## 7.4. AIDE INTERNATIONALE

### 7.4.1. Aide dans les secours (Louis Coste)<sup>4</sup>

Le peuple algérien, qui n'était pas préparé à un séisme, s'est trouvé confronté en plus à la gestion des secours internationaux arrivés en masse de l'étranger. Certains jours, la cellule de coordination des équipes étrangères avait à gérer l'arrivée de 20 avions/ jour.

Sur de telles catastrophes, des ONG, comme le Comité de Secours Internationaux, l'Action d'Urgence Internationale ou de structures plus importantes comme Handicap International, la Croix Rouge, etc., interviennent rapidement et peuvent être efficaces à condition de gérer l'apport humain et matériel en terme quantitatif et qualitatif. Les secours venus de l'étranger sont, de part leur expérience internationale, plus efficaces que ceux du pays sinistré. C'est le fait de la désorganisation des secours territoriaux ayant subi eux-mêmes la catastrophe.

Une gestion de la coordination des ONG permettrait que chaque discipline soit au mieux gérée, mieux dispensée auprès des populations sinistrées. Une entité internationale neutre manifestant une volonté d'améliorer la gestion de la crise pourrait être créée, ce qui permettrait une meilleure efficacité des ONG et de l'ensemble des secours.

### 7.4.2. Organisation des camps de sinistrés

Un des premiers soucis dans l'installation des camps de tentes pour les sinistrés a été sanitaire. La mobilisation contre effets sanitaires secondaires du séisme s'est fait dans un premier temps par l'installation de sanitaires et de l'eau (rendue possible par l'endommagement limité des réseaux), l'implantation dans les camps de spécialistes de l'hygiène (algériens et étrangers), l'inclusion de femmes dans les équipes de secours pour communiquer facilement avec les femmes sinistrées. Dans un deuxième temps, se met en place la lutte contre les épidémies (y compris par vaccination préventive) ; de plus, le Ministère de la Santé organise un recensement d'urgence pour évaluer les besoins précis et assurer un suivi des sinistrés.

Spontanément organisés selon la provenance des sinistrés, les camps se sont peu à peu structurés. Ainsi, pour prendre l'exemple du camp Bellonis à Corso, installé sur le terrain généreusement mis à disposition par un propriétaire et regroupant 260 familles, un responsable de camp a été élu. Choisi pour son implication sur le terrain et ses capacités de médiation, il est le relais et l'interlocuteur avec l'ONG qui l'approvisionne. Il est chargé d'évaluer les besoins et de les transmettre. De façon générale, les ONG n'ont pas déploré d'abus mais, au contraire, ont pu observer un fort souci d'équité et de solidarité.

## 7.5. PROCESSUS DE RECUPERATION-RECONSTRUCTION

### 7.5.1. Conséquences économiques

#### 7.5.1.1. Centres de production

De nombreux centres de productions sont affectés, soit par écrasement, soit par des désordres des équipements. Certains exemples significatifs indiquent les dysfonctionnements économiques postérieurs, par exemple pour la Sonatrach qui a perdu une grande partie de ses banques de données avec un bâtiment administratif. Sans mentionner les difficultés liées à la disparition ou au deuil de nombreux collaborateurs, il est important de remarquer que l'heure tardive du séisme initial a évité des pertes importantes sur les sites de production. Il est aussi à signaler que tous les sites industriels représentent des cibles potentielles pour le terrorisme.

#### 7.5.1.2. Atelier SNTR : des pertes circonscrites

A Bord El Kiffan – Verte Rive, l'écrasement des ateliers de réparation de la compagnie de transport routier (SNTR) a directement provoqué des pertes importantes de matériel roulant (environ 50 véhicules, dont certains neufs, évalués à 12 millions de dinars) et de matériel d'entretien. Il n'y a pas eu d'effet domino, comme un incendie, car les bouteilles de gaz étaient protégées dans des conteneurs. Si le reste de la

<sup>4</sup> Comité de Secours Internationaux – COSI – Aubenas.

société nationale peut encore fonctionner, cette unité doit rapidement rouvrir pour entretenir les camions. Dans cette perspective, un atelier provisoire est installé dans l'attente d'une reconstruction. Très imposants (structures bétons), les débris sont dégagés à l'aide de bulldozers prêtés par une entreprise voisine. Apparemment géré comme un centre de profit autonome sous la responsabilité locale du directeur, l'atelier SNTR n'a pas les moyens de payer les engins de déblaiement (30kD/jour). Les dégâts liés aux séisme sont estimés provisoirement à 50 milliards de dinars. Le directeur espère toutefois bénéficier de l'aide de la compagnie pour assumer les conséquences du séisme. Afin d'éviter le chômage, l'essentiel du personnel est maintenu en activité, soit 105 hommes. Il est à noter que ce site comportait quelques années auparavant 260 personnes.

#### **7.5.1.3. La SNVI : un impact global sur l'économie locale**

Le site industriel de la SNVI (Société Nationale des Véhicules Industriels) à Rouiba est beaucoup plus vaste et a subi plusieurs sortes de dégâts allant du simple désordre à la mise en péril des bâtiments en passant par des problèmes de fiabilité des outils et pièces après avoir subi le séisme. La remise en route s'annonce difficile pour ce site qui compte plus de 6000 personnes, dont certaines travaillent en équipe 2/8. Lors du séisme, la seconde équipe se trouvait dans le vestiaire, ce qui a limité le nombre de victimes à 5 blessés légers. Comme il n'y a pas eu de déclenchement d'incendie, grâce au fonctionnement des coupures automatiques, la brigade de pompier intégrée au site a pu porter secours à l'extérieur. Les locaux du secteur Recherche et Développement sont dévastés, mais les archives et les données ont pu être sauvegardées. Malgré la perte du parc informatique, certaines copies de sauvegarde avait été faites en routine. Sans évoquer le détail, les principaux problèmes se posent pour la remise en service des installations. L'essentiel des bâtiments administratifs semble sauvé. Beaucoup de hangars ont subi des torsions dans les charpentes métalliques. Environ un quart des luminaires sont tombés. Les canalisations anti-incendies ont subi de nombreuses ruptures et les fuites inondent les galeries techniques souterraines, d'où un problème d'acheminement de l'énergie. Le château d'eau est fissuré et doit être vidangé. Le réseau d'air comprimé a aussi fuit. De nombreuses machines ont été perturbées à la suite de chutes, de déplacements ou de vibrations. L'estimation de leur capacité de travail est difficile avant redémarrage, par exemple pour les fonderies, les presses et les marteaux pilons des forges. Malgré une protection de beaucoup de machines montées sur ressorts anti-vibrations, 680 machines doivent être examinées. Les ponts roulants sont faussés et ne fonctionnent plus. De nombreuses déconnexions électriques et hydrauliques laissent les équipements hors-service. Les batteries des accumulateurs électriques se sont penchées sans cependant se renverser et créer des pollutions. Dans les magasins de stocks, de nombreuses chutes ont été enregistrées. Les grillages de protection contre le vol (voleurs) ont permis de limiter le vol (projection) des pièces à travers le hangar, mais de nombreuses pièces en stock risquent d'être faussées, source de pannes ultérieures des véhicules. Afin de déceler des défauts de qualité, leur examen unitaire étant certainement impossible, des échantillons seront expertisés en laboratoire. L'alimentation extérieure en énergie dépend des décisions de réouverture de Sonelgaz. L'accès des ouvriers à certaines parties du site (bâtiment RD, stocks) est périlleux, surtout en période de répliques, ce qui accentue la difficulté de remise en ordre. Le contrôle des installations se fait en collaboration avec les experts du CTC et ceux des assurances. La réhabilitation est effectuée par des équipes internes et par les sous-traitants.

La reprise des activités ne pourra qu'être progressive, si possible d'ici juillet. Par esprit de solidarité, à partir des stocks, une reprise partielle a eu lieu à partir du 24 mai pour permettre la livraison de camions citernes et de camions bennes indispensables au transport de l'eau et des gravats. Le chômage est évité en plaçant d'office les ouvriers en congé annuel. Mais la question reste en suspens sur les modalités de paiement du personnel. La reprise du travail exigera un travail au mois d'août, afin d'honorer au mieux le carnet de commandes. Principal actionnaire de la compagnie, l'Etat devrait amortir le choc financier. Cependant, pour des raisons de sécurité, la reprise de l'activité sera longue, ce qui affectera fournisseurs et clients. La reprise de la SNVI, très important employeur dans la région, conditionne fortement la dynamique économique locale.

#### **7.5.1.4. Les silos de Corso : une dégradation progressive de la situation**

Fortement ébranlés les silos de grains de Corso, qualifiés de « silos stratégiques », posent des problèmes en chaîne. Importatrice de grains, l'ERAD, société nationale à capital mixte (imbrication public-privé), risque de perdre, ses stocks actuels en plus des tours. Outre les silos, le site industriel compte deux minoteries (farine et semoule) indispensables à la filière aval. Le site emploie 660 personnes actuellement placées d'office en congé annuel. La dégradation de la situation est provoquée par le risque d'explosion

catastrophique des silos lié à l'échauffement du grain stocké. Après le séisme, les systèmes de ventilation sont arrêtés et la vidange normale des silos est impossible. La remise en service des minoteries contiguës, mais peu endommagées, est inenvisageable à cause des risques d'explosion. Quelles que soient les décisions en matière de réparation ou destruction des silos, la question de la vidange des stocks (évaluée à 100 jours ?) reste incontournable, mais particulièrement délicate en période de répliques. Les décisions en la matière relèvent du directeur de la société, soumis individuellement à des pressions institutionnelles, mais le CTC a émis un avis de péril qui bloque la situation. Les décisions relèvent alors d'une coordination ministérielle (Ministère de l'Industrie), qui supervise la Société de Gestion des Participations et qui entreprend de consulter des experts (universitaires algériens, experts internationaux) en coordination avec le Wali (préfet) de Boumerdès. Les temps de décisions sont difficiles à concilier avec l'urgence technique du risque d'explosion et l'urgence économique de la reprise du travail. La pression sociale favorable à la reprise du travail aurait conduit à une opération d'évacuation des stocks de la minoterie à l'initiative d'ouvriers volontaires (qui auraient accepté d'assumer par écrit leur responsabilité en cas d'accident ?). L'imbrication financière entre privé et Etat ne facilite pas les prises de responsabilité claires.

La destruction ou la réhabilitation des silos sera d'un coût énorme. Les coûts de récupération des stocks sont d'autant plus importants que l'opération de chargement sera manuelle pour des raisons de sécurité. Le fonctionnement ultérieur des minoteries ne pourra plus s'appuyer sur les stocks de proximité. Outre les 660 emplois directs, ce fonctionnement est nécessaire à l'alimentation de base de la population de la région. L'assureur refusera peut-être de réassurer des silos déjà endommagés. En marge du dossier, les logements en immeubles de Corso appartenant à la société ont globalement bien résisté, mais de nombreux membres du personnels sont sinistrés.

#### **7.5.1.5. Les poulaillers industriels de Corso : une filière sauvegardée**

Les poulaillers industriels de Corso appartiennent à une société privée. La production ne semble pas avoir été affectée, car après la coupure de courant électrique, les générateurs locaux ont maintenu la ventilation indispensable à la survie des volatiles. Cette continuité permet de fournir une alimentation constante à la population, du moins celle qui en a les moyens. Ce secteur agro-alimentaire semble actuellement d'autant plus florissant que se développe à Alger une forte consommation de poulets rôtis, centrée sur un quartier animé.

#### **7.5.1.6. Micro-entreprises et commerces : une fragilité fatale**

Les micro-entreprises et commerces de proximité ont été d'autant plus fortement touchés par le séisme qu'ils étaient situés dans les rez-de-chaussée des immeubles et des villas. Plusieurs témoignages évoquent le cas de cette boulangerie industrielle de Régahia, qui pour s'installer au rez-de-chaussée de la tour d'habitation en a scié certains poteaux, ce qui a aggravé l'écrasement total de cette tour. De même, ce sont effectivement les transformations des rez-de-chaussée pour implanter garages et commerces qui ont déstabilisé villas et immeubles. Ce sont donc autant d'entreprises qui ont disparu. Parmi tant d'autres, citons l'exemple d'une villa de Zemouri, de construction très récente, qui accueillait les échoppes du coiffeur, du marchand de vêtements et une épicerie. Ce sont autant de cas de réouverture impossible, donc d'économies englouties, de personnes dans la détresse et de clients démunis. A travers cette multitude de commerces affectés, c'est l'ensemble de l'économie locale qui se trouve affectée, autant pour l'approvisionnement que pour la reprise d'une dynamique de développement économique.

### **7.5.2. Enjeux administratifs**

#### **7.5.2.1. Stabilisation : reconstitution des pouvoirs publics**

L'observation de la phase de stabilisation permet de constater une très forte implication centrale et locale des pouvoirs publics. Par exemple, le PCO de la Wilaya de Boumerdès fonctionne comme un cœur où arrivent des informations et s'organise la distribution des moyens de secours, techniques, alimentaires, sanitaires, etc. Cette irrigation des zones sinistrées s'opère par le canal des administrateurs locaux nommés dans les camps de sinistrés. L'arrivée de ces volontaires administratifs permet de constituer, au plus près des victimes, des bureaux uniques, qui opèrent des recensements, recueillent les besoins infinis, distribuent les moyens limités dont ils disposent.

Toute l'organisation est fondée sur la complémentarité entre volontaires au sein d'équipes mixtes. Les premiers secours ont été opérés par la population locale. Les premières aides ont été spontanément organisées par les populations des autres villes. Les associations pré-existantes ont tenté de répondre aux besoins pratiques et organisationnels en attendant le développement d'une prise en charge institutionnelle plus structurée. Les secours internationaux sont guidés par les services publics. Autant que faire se peut, des équipes binationales ont été constituées, par exemple au SAMU de Boumerdès où les soignants français se sont intégrés dans les équipes algériennes.

L'administration a su faire appel aux compétences associatives et privées pour favoriser des réponses rapides en matière d'alimentation et de secours (Croissant Rouge, Scouts, Handicap International, etc.) et d'expertise du bâti (brigades mixtes du CTC qui associent les ingénieurs de compagnies privées). Les compagnies d'assurances ont délégué des représentants communs pour répondre aux questions des gens et pratiquer des estimations. Malgré des conditions préalables de méfiance envers la société civile et les opposants politiques, sur le terrain, on constate une capacité des services administratifs à jouer la carte de la complémentarité des compétences, y compris entre associations d'obédiences différentes (Union Nationale de la Jeunesse Algérienne et association islamique ; forte implication du syndicat UGTA).

En revanche, globalement, le rôle des APC (Assemblées Populaires Communales) semble avoir été plus limité. Composées de représentants directement issus de la population locale, ces institutions pouvaient difficilement faire face aux événements dans des conditions d'implication personnelle directe. De plus, il semble que ces instances locales ne soient pourvues que de moyens limités, ce qui restreint leurs capacités d'intervention. Outre une participation aux premiers secours, elles ont pu ponctuellement participer à la distribution des aides, par exemple de tentes à Dergana, mais il leur était impossible de répondre aux besoins infinis de la population sinistrée. Compte tenu de la variété des situations locales, il est difficile de savoir si l'administration a pu progressivement s'appuyer sur les APC lors de la stabilisation. Il semble que dans certains cas, l'habituelle organisation des Comités de Quartier comme interlocuteur des APC ait été troublée par la constitution de camps qui regroupe les populations de plusieurs quartiers. Il en va de même pour les sous-préfectures, où le pouvoir central a dû nommer 9 walis pour renforcer les Daïras de Boumerdès.

#### **7.5.2.2. Réorganisation administrative mais quid des populations « isolées » ?**

Cette réorganisation administrative a permis de prendre le relais rapidement après une première phase d'intervention de l'ANP (Armée Nationale Populaire). Cette réorganisation a autant permis d'éviter une prise de contrôle par les groupes islamistes que le décret de la loi martiale sur certaines zones sinistrées. Elle semble cependant souffrir de lenteur dans les zones « isolées » où plus de 10 jours après le séisme, de nombreux sinistrés restent « livrés à eux mêmes », faiblement dotés en tentes et en ravitaillement, mais aussi en personnel médical. La concentration des aides sur les principales zones sinistrées semble avoir laissé de côté des villages moins accessibles, comme la « seconde ceinture » identifiée par le Ministère de la Santé, et, de manière plus étonnante, certains faubourgs d'Alger. Cette inégalité face à la catastrophe alimente de nombreuses récriminations et craintes parmi la population, d'autant plus prompt à manifester sa colère et sa hantise de l'avenir.

#### **7.5.3. Enjeux techniques et décisionnels**

Dans une telle situation de crise, à l'échelle d'une région entière, les décisions représentent un enjeu crucial d'abord pour la survie des victimes, puis pour la réorganisation. La perturbation majeure affecte directement tous les responsables, eux-mêmes touchés par la catastrophe, ce qui rend difficile la coordination et les décisions éclairées.

Un besoin particulier s'exprime en matière d'évaluation des capacités de résistance des bâtiments stratégiques aux répliques ultérieures. Le cas des hôpitaux indique la difficulté à assurer leur fonctionnalité, puisqu'il faut à la fois les évacuer et recevoir les très nombreuses victimes. A défaut d'expertise définitive, les responsables publics peuvent être amenés à prendre des décisions provisoires, comme la réouverture de certains secteurs hospitaliers, décidée par le Ministre de la Santé, pour éviter que les malades ne décèdent faute de soins appropriés.

Le besoin d'expertise spécialisée concerne aussi directement les centres de communication, de météo (touché par le séisme), de distribution de l'eau, d'assainissement, mais aussi de production de produits indispensables aux secours (camions de la SNVI) ou dont la situation risque de se dégrader (comme les silos éventuellement soumis à explosion).

Pour l'expertise des habitations, le protocole hérité des séismes précédents semble opérationnel et facilement adoptable par des ingénieurs non spécialisés. Cependant, le classement en orange, peut-être un recours pour éviter de classer en rouge, pose des problèmes ultérieurs. Malgré l'échelle de classement, les ambiguïtés postérieures accentuent les craintes des populations qui ont l'impression de rester dans l'indécision. Outil de première urgence fait pour interdire ou permettre l'accès aux habitations, moyen efficace de recensement, cette grille d'analyse comporte des enjeux financiers importants, puisque les décisions de démolition ou de renforcement sont suspendues à une expertise postérieure. En la matière, beaucoup d'habitants craignent un éventuel relogement dans des constructions fragilisées, car certains classements provisoires en orange sont étonnants (Dergana), à moins de moyens financiers et techniques extraordinaires pour maîtriser efficacement un renforcement sismique postérieur. De plus, à J+14, certains propriétaires ou investisseurs disposent de moyens pour nettoyer les terrains ou entamer les travaux, mais sont bloqués faute d'expertise définitive ou faute de clarification sur les conditions d'indemnisation.

Techniquement, la reconstruction pose un premier problème de dégagement des carcasses de béton, en particulier dans le cas des villas accolées, comme à Verte Rive, puisqu'il sera difficile d'opérer sur les ruines sans endommager plus les habitations voisines ébranlées.

L'indécision et le besoin de clarification entretiennent un climat morose peu favorable à une reprise en main directe par les populations. Le pessimisme est accentué par la lenteur des réponses institutionnelles aux crises précédentes (séismes, inondations de Bab el Oued), en particulier en matière de logement.

Ceci renvoie aux difficultés de distribution des responsabilités entre services administratifs, entre Etat et acteurs privés (propriétaires, assureurs), entre sociétaires des entreprises publiques en cours de privatisation. Chaque acteur peut attendre de l'autre l'initiative d'une remise en service.

A l'avenir, la reconstruction suppose l'application des règles parasismiques de base. La préservation du bâti existant suppose aussi un contrôle (et d'abord un auto-contrôle) sur la construction des étages supérieurs des villas qui alourdissent dangereusement des structures déjà bien fragiles. Les villas encore basses qui ont résistées doivent être stoppées pour résister au prochain séisme. Compte tenu de l'importance patrimoniale que représente la construction de ces villas familiales, le seul message à diffuser est celui de la prudence intergénérationnelles : ce n'est pas la peine que vos enfants héritent d'une villa-tombeau.

Sur un autre plan, l'identification des aberrations sismiques (type atelier de la SNTR) doit être initiée dans toutes les agglomérations d'Algérie afin de procéder à leur évacuation et destruction préventive le plus rapidement possible. Le coût de cette opération de suppression de vieux bâtiments inadaptés aux conditions modernes de travail est sans commune mesure avec celui provoqué par les écroulements (matériels, dysfonctionnements et surtout humains).

#### **7.5.4. Enjeux politiques et sociaux**

Le climat de terreur politique a conduit à des aberrations quotidiennes en matière de sécurité. Il est significatif que l'évacuation des habitations et les secours extérieurs soient rendus impossibles à cause du blocages de portes blindées et des doubles portes en acier lors du séisme. Dans le dortoir du lycée de Dellys, la soudure des portes de secours est dramatique mais perçue comme normale dans un pays aussi affecté par l'insécurité. Peut-être peut on équiper les sorties de secours de portes sécurisées qui ne s'ouvrent que de l'intérieur. Le contexte de terreur politique provoque une méfiance généralisée envers autrui, que seule la solidarité dans la catastrophe compense pour un temps. La méfiance réciproque marque les relations entre les institutions publiques et la population, particulièrement douteuse à l'égard du personnel politique. Synonymes de promesses non tenues, les services d'état sont souvent disqualifiés, y compris pour les services scientifiques associés à la sous-estimation initiale du séisme et à la polémique publique qui a suivi. Leur légitimité populaire est concurrencée par les associations islamistes, particulièrement actives en matière de charité voire de relogement.

La reconnaissance de la compétence des services publics suppose une amélioration constante du sort des sinistrés. L'efficacité de l'intervention de l'ANP pour accélérer les secours, mettre à disposition l'hôpital militaire, offrir des moyens techniques importants semble un facteur positif pour rassurer la population sur la capacité de l'Etat à lui venir en aide. L'enjeu de la phase de stabilisation semble être le relais des institutions civiles, en particulier celles moins associées au contrôle policier. L'investissement important du Ministère de la Santé et des différents services sanitaires semble favorable à cette requalification des services publics.

Dans un contexte social marqué par le désespoir, où l'émigration semble être une des seules voies d'avenir pour la jeunesse, le séisme est vécu comme une épreuve supplémentaire pour une population déjà fortement ébranlée par l'absurdité de la guerre civile et des massacres. Parfois ressentie comme une vengeance divine pour punir les algériens, cette nouvelle catastrophe naturelle renforce la terreur, en



particulier à cause de la hantise des répliques. Le repli domestique et familial (accompagné d'une boulimie télévisuelle), mais aussi un surcroît massif d'urbanisation, ont été provoqués par les troubles politiques. L'écroulement des foyers domestiques ruine le sentiment de sécurité qui se développait progressivement depuis l'accalmie du terrorisme. Pour une population qui a perdu l'habitude de sortir le soir et qui ne sait plus faire de camping, se retrouver brutalement dans les tentes représente une précarité éprouvante, seulement compensée par le déploiement massif des forces de l'ordre.

Outre la cohésion familiale, la dislocation de la société algérienne voire l'anomie face à l'absurdité de la situation, a été compensée par l'élan de solidarité spontanée au sein de la population. La mobilisation de la jeunesse a prouvé son implication dans la vie du pays. Autant en matière de campagne de dons que dans la constitution d'équipes d'aide directement implantées auprès des sinistrés, la jeunesse urbaine a gagné l'estime du reste de la population. Ses capacités d'organisation ont surpris les instances traditionnelles qui ont accepté ce leadership lié à une efficacité directe et évidente.

## 7.6. ROLE DES MEDIAS

La presse algérienne est très libre et n'hésite pas à adopter une tonalité virulente. En revanche, chaque édition défend un clan politique. La virulence de la presse stigmatise les difficultés du pouvoir sans toujours rendre compte des prouesses de l'administration de terrain. Des thématiques classiquement abordées après une systématique catastrophe apparaissent mais restent bipolarisés sur la glorification des actions individuelles et le discrédit de services. La valorisation de certains services (secours et ANP) est systématique. Les valeurs humanitaires telle la solidarité sont fortement encouragées, avec notamment la mise en exergue de comportements héroïques et actes de bravoure. La tendance à l'euphémisme et au catastrophisme caractérise les écrits des 15 premiers jours. La polémique scientifique sur le CRAAG est largement entretenue par certains journaux qui exploitent à des fins mercantiles l'anxiété face aux répliques. Ainsi un astronome continue de diffuser ses annonces sinistres de réplique apocalyptique malgré une mise en garde de la police, car les journaux trouvent là matière à vendre.

Contrairement à ce que l'on peut observer dans d'autres pays sismiques, par exemple en Amérique latine, il n'y a pas de prise en charge engagée des aspects préventifs (consignes de sécurité en cas de réplique, conseils sanitaires), pédagogiques (explications des mécanismes sismiques et des conséquences), etc.

La télévision publique, surnommée « l'unique », a fortement tardé à communiquer la nouvelle du séisme, pourtant ressenti par la majeure partie de la capitale. En parallèle, les chaînes étrangères ont communiqué rapidement sur l'événement en évoquant une magnitude supérieure à 6. La position des chaînes étrangères est très sensible en Algérie. Par exemple l'émission spéciale de solidarité organisée par FR3 a été jugée très positivement, mais, au contraire, les commentaires très négatifs diffusés par certaines autres chaînes françaises sont jugées sensationnalistes, exagérées (en particulier sur les pillages) et peu scrupuleuses de l'image réelle du pays.

En direct de Boumerdès, l'émission spéciale consacrée à la psychologie des enfants confrontés à la catastrophe a permis la diffusion de témoignages directs mais pudiques des troubles ressentis par les enfants, l'expression directe des questions des parents et des réponses des psychologues. A la question de savoir si l'adoption des orphelins était possible, une psychologue a répondu qu'il fallait privilégier l'accueil dans les familles proches, puis éventuellement l'adoption par l'Etat comme pupilles de la nation, plutôt que des adoptions qui déracineraient les enfants déjà victimes de situations traumatisantes. Au terme de la soirée, l'un des participants, directeur d'une radio, soulignait la situation politique exceptionnelle du moment, puisque une telle émission, fondée sur la liberté de parole et la proximité avec les victimes constitue une innovation majeur pour le pays.

Les trois radios nationales, qui diffusent chacune dans une langue, semblent avoir plus contribué à une gestion pratique de la crise en diffusant aussi des nouvelles personnelles et des recommandations et des explications scientifiques, en particulier pour dédramatiser les répliques. Plusieurs émissions sont consacrées aux aspects pratiques des indemnités, du partage des responsabilités entre assurances, professionnels de la construction et pouvoirs publics. D'autres sont fondées sur les questions directes des auditeurs.

On note de nombreuses interviews de spécialistes étrangers (francophones), y compris plus de deux semaines après, qui soulignent la perception très positive envers l'expertise étrangère.

## 8. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS - COLLABORATIONS POSSIBLES

### 8.1. ASPECTS SISMOLOGIQUES ET ALEAS

Les données accélérométriques n'étant pas encore complètement disponibles à l'heure des conclusions de ce rapport, il est difficile de conclure sur la répartition géographique des mouvements forts. Par contre, d'après les premières informations disponibles et en observant la dispersion des dégâts, il semblerait que le maximum d'accélération présente une très grande variabilité spatiale. Une partie de cette variabilité est sans doute liée aux effets de sites.

Pour juger de ces effets de site, il nous faudrait plus de renseignement sur les conditions de sol rencontrées dans la Mitidja.

Il faut remarquer également que très peu de dommages sont reliés à des phénomènes induits comme les glissements de terrain ou la liquéfaction. Ainsi, le pont sur l'oued Isser a été endommagé non pas par le glissement latéral des terrains aux abords du cours d'eau mais directement par les vibrations dus au séisme. Bien qu'exceptionnellement pourvue en eau en cette saison, la région a été assez peu propice aux phénomènes de liquéfaction, qui se sont limités aux oueds principalement.

Le nombre et l'intensité des répliques a rapidement chuté après le choc principal mais celles-ci ont contribué à maintenir un sentiment prononcé de panique au sein de la population.

Le zonage sismique de l'Algérie du nord est sans nul doute à revoir afin de considérer un niveau d'accélération plus élevé dans la région de Boumerdès-Zemmouri que ce qui est actuellement préconisé dans les règles RPA 99.

Des collaborations peuvent être envisagées entre les services algériens et français correspondants, dans les domaines de la géophysique et de la géotechnique, afin de mieux connaître la réponse des sols et la possibilité de phénomènes induits (liquéfaction, mouvements de terrain), sur toute l'Algérie du Nord.

### 8.2. EN MATIÈRE DE CONSTRUCTIONS, ÉQUIPEMENTS ET RESEAUX

**Pour les constructions et les équipements**, on peut tirer les premières conclusions suivantes :

#### + Pour les types récents en béton armé :

- Le système constructif poteaux – poutres avec remplissage en briques peut fonctionner correctement notamment lorsque les sections de poteaux sont largement dimensionnées. Mais il devient très vulnérable aux fréquences élevées, pour des bâtiments de faible hauteur, relativement rigides, pour ce type de séisme. Il nécessite par ailleurs un suivi de chantier excellent.
- Le système constructif par voiles en béton armé, bien que peu répandu, s'est toujours bien comporté et il convient d'en tirer les conséquences pour le futur.

Il serait en particulier logique d'envisager une réduction du coefficient de comportement pour les portiques avec murs de remplissage, dans les règles algériennes (V. DAVIDOVICI), mais jusqu'à quelle valeur ? Par ailleurs, des constructions par voiles en grand nombre nécessitent des formations spécifiques et une pratique différente dans l'acte de construire. L'Algérie est-elle prête à faire le pas ?

**+ Au niveau de la conception architecturale :**

- Le système constructif à base de poutres préfabriquées isostatiques ne devrait pas être utilisé dans les zones de moyenne à forte sismicité.
- Les structures qui reposent sur de la maçonnerie ancienne non chaînée et non-armée ne devraient être destinées qu'à abriter des matériaux ou du matériel de faible valeur économique.

**+ En ce qui concerne les ponts :**

- Un renforcement prévoyant des dispositions constructives au niveau des dispositifs bloqueurs anti-déplacements latéraux serait souhaitable à mettre en place afin de limiter les désordres dans les ponts existants de moyenne et de haute importance. Aussi des solutions techniques faisant intervenir des systèmes tels que des amortisseurs-ressorts permettant de dissiper l'énergie et garantissant un faible déplacement compatible avec les appareils d'appui seraient très efficaces pour équiper les ponts futurs et renforcer les ponts existants.
- L'établissement d'un règlement parasismique algérien pour la conception des ponts est à court terme fortement souhaitable. Il devra tenir compte des données locales de sismicité, des expériences tirées dans d'autres pays ainsi que du type de structures et des techniques couramment adoptées en Algérie.

**+ En ce qui concerne les équipements :**

Il faut noter que, pour ce type d'éléments, ce sont des dispositions constructives spécifiques qui font la différence et qui sont la clef de la réussite : la centrale électrique thermique du Cap Djinet en est un excellent exemple, avec en particulier tous ses systèmes amortissants sur toutes les canalisations importantes, ainsi que les joints systématiques entre parties rigides et parties souples.

Par ailleurs :

- Des dispositifs d'isolation parasismique seraient à prévoir pour tous les équipements lourds et hauts qui risquent de basculer.
- Des dispositifs anti-bascullements seraient à prévoir pour le stockage de pièces en rayonnage ; cette solution devrait aussi être appliquée pour tout type de rayonnage en hauteur.

**+ En ce qui concerne les ouvrages stratégiques :**

En règle générale et pour des ouvrages tels que hôpitaux, barrages, silos, ponts, aéroports, centre de communications etc., une organisation non gouvernementale internationale devrait être disponible rapidement pour intervenir en urgence afin de réaliser des diagnostics comme c'est le cas pour les victimes (Action d'Urgence Internationale).

Des équipes d'experts pourraient être envoyés sur place dans l'urgence afin d'évaluer le niveau de gravité des dommages et de prendre des mesures conservatoires puis conseiller les acteurs locaux dans les décisions à prendre que ce soit pour la démolition, les solutions de réparation et de renforcement.

**+ En définitive**, le séisme est l'épreuve de la vérité pour l'ensemble du bâti et des équipements, et surtout pour tous les acteurs participant à l'acte de construire.

Il s'agit maintenant de transformer cette douloureuse épreuve par la mise en œuvre d'une démarche réfléchie, devant aboutir en priorité au renforcement des bâtiments existants, ceci dans une grande partie de l'Algérie du Nord (Alger, Oran, Constantine, en particulier), et orienter les constructeurs vers des solutions qui ont toujours présenté de bons comportements sous séisme, à base de voiles en béton armé, soit en structures mixtes (cadres + voiles), soit en système complet.

**Ainsi la vie pourra être sauvegardée lors des séismes à venir.**

**Concernant les réseaux**, ils se sont généralement bien comportés, en particulier les réseaux électriques, de gaz et le réseau routier. Les réseaux d'eaux ont subi des dommages au niveau des grandes

canalisations d'aménage, qui ont été réparés assez rapidement (J+11). Les barrages (Hamiz, Keddara, Beni Amrane) n'ont par ailleurs subi aucun dommage. Pour ce réseau et le réseau d'assainissement, il faudra cependant une longue période, pour vérifier le niveau de fuites des installations.

Le réseau de télécommunication a, lui, souffert de la rupture de câbles sous-marins et de l'écroulement du central d'El Harrach, et les communications téléphoniques n'ont pu être rétablies, de façon plus fiable, que 3 à 4 semaines après le séisme, avec des solutions intermédiaires, via le Maroc et la Tunisie, et la mise en place de valises satellites.

### 8.3. GESTION DE CRISE ET RECUPERATION - RECONSTRUCTION

L'existence d'une réflexion et de procédures préalables au séisme a été un facteur dynamisant de la gestion de la crise. Les autorités publiques ont affirmé leur présence sur le terrain, en dépit d'un manque de ressources matérielles. De plus, elles ont mis à disposition des équipes venant de l'étranger une délégation très bien organisée facilitant grandement le travail de ces équipes et en particulier de celle de l'AFPS. Des polémiques existent, largement relayées par la presse. Elles portent sur la rapidité de réaction des autorités publiques, la fiabilité des évaluations scientifiques, le non-respect des normes parasismiques, les difficultés de relogement, etc., mais elles ne sont pas différentes de celles qui apparaissent classiquement dans des sociétés affectées par des catastrophes naturelles.

**Par ailleurs, la comparaison avec d'autres pays confrontés au même désastre, à J+30, est éloquent.**

Dix jours après le séisme, la société algérienne reprend un semblant d'organisation, en partie grâce à l'implication très forte de la population et des associations dans la gestion de l'urgence. Centrée sur la notion refuge de cellule familiale, la société civile a montré sa capacité très forte, en particulier avec l'investissement très fort de la jeunesse algérienne, à faire face collectivement et à trouver des solutions permettant de pallier les insuffisances des moyens face à l'ampleur des dégâts.

Le souci de capitaliser l'expérience issue des situations d'urgence passées (terrorisme ou autres catastrophes naturelles), montre l'intérêt de l'Algérie pour les retours d'expérience. Perplexe devant l'ampleur de la tâche, la demande vis-à-vis des expertises étrangères est très forte. Elle porte sur les aspects de la prévention (information préventive, sensibilisation des populations), de la gestion de crise (formations spécifiques en sauvetage déblaiement, médecine des catastrophes), et de la reconstruction (expertise pour l'évaluation de l'état de bâtiments spécifiques). La fenêtre d'opportunité dont peut bénéficier l'Algérie est brève car la reprise des routines (et les enjeux des élections prochaines) est un frein aux changements et prises de décisions novatrices. La mise en place rapide de collaborations internationales, notamment avec des homologues au sein de ministères (Environnement, Intérieur) et de centres de recherches permettra de relégitimer l'action des pouvoirs publics et soutenir une politique de prise en compte du risque sismique.