

RAPPORT SUR LE SÉISME DE L'ALGÉRIE

Présenté par

L'ÉQUIPE DES EXPERTS ENVOYÉE

PAR

LE GOUVERNEMENT DU JAPON

OCTOBRE 1981

AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE

E X S

J R

82 - 12

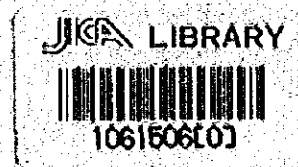
RAPPORT SUR LE SÉISME DE L'ALGÉRIE

Présenté par

L'EQUIPE DES EXPERTS ENVOYÉE

PAR

LE GOUVERNEMENT DU JAPON



OCTOBRE 1981

AGENCE JAPONAISE DE COOPÉRATION INTERNATIONALE

| | |
|---------------------|-----|
| 国際協力事業団 | |
| 受入 月日 '84. 5. 14 | 401 |
| 登録No. 04333 | 555 |
| | EXS |

Avant-propos

Répondant à la demande du gouvernement de l'Algérie, le gouvernement du Japon a envoyé une équipe d'experts pour y effectuer, du 1^{er} au 12 décembre 1980, des recherches et former un projet de reconstruction d'EL-ASNAM qui avait subi un tremblement de terre dont l'hypocentre était situé au-dessous de la ville.

L'équipe a effectué pendant 12 jours des recherches sur les lieux et diverses délibérations avec les intéressés du gouvernement de l'Algérie, puis après son retour au Japon, a formé le rapport présent en se basant sur les données des recherches effectuées.

Nous espérons bien que ce rapport, fruit des efforts de tous les intéressés d'Algérie et du Japon, puisse contribuer à la restauration des lieux sinistrés par le séisme survenu en Algérie et favoriser l'accroissement des rapports amicaux des 2 nations.

Pour terminer, nous remercions infiniment le gouvernement de l'Algérie pour son appui fourni si généreusement durant la réalisation des recherches.

Octobre 1981



KAZUTO NAKAZAWA

UN Administrateur

de l'Agence Japonaise de Coopération Internationale

Préface

Le renforcement des mesures à prendre contre les séismes constitue un problème commun à l'Algérie et au Japon, pays sujets aux tremblements de terre. Ainsi, l'équipe d'experts envoyée par le gouvernement du Japon pour la coopération technique sur le tremblement de terre de l'Algérie a effectué, durant 12 jours à partir du 1^{er} décembre 1980, avec le concours du gouvernement de l'Algérie, toutes sortes de recherches, surtout sur les lieux sinistrés d'EL-ASNAM.

Les recherches ont été poursuivies en 4 domaines, soit l'observation sismiques, les bâtiments résistants aux tremblements de terre, les constructions para-sismiques et les organisations préventives des sinistres. L'objectif visé a pu être atteint, malgré une durée de recherches relativement courte, grâce au concours de M. BREBHI, Ministre de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique, de M. GHAZALI, Ministre de l'Habitat et de la Construction, de M. GHOUZERIL, Commandant en Chef de l'Armée du District d'EL-ASNAM, ainsi que de tous les collaborateurs algériens, et nous saisissons l'occasion de la présentation de ce rapport pour exprimer notre gratitude pour l'appui qu'ils nous ont accordé.

Nous serions bien heureux si ce rapport serait utile, d'une façon ou d'une autre, au développement des mesures de restauration des lieux sinistrés et de celles préventives pour l'avenir. Notre équipe de collaboration technique souhaite également du fond du coeur la réussite de la reconstruction d'EL-ASNAM.

Octobre 1981

Yûji OTSUKA, Sous-Directeur de l'Agence de l'Aménagement du Territoire,
Chef de l'Equipe de Coopération technique envoyée par le
Gouvernement du Japon

Kiyoshi NAKANO, Ex-Directeur de l'Institut des Bâtiments, Ministère de
la Construction, Représentant de l'Equipe des envoyée
par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale

Shigeji SUEHIRO, Directeur du Service des Observations, Agence de la
Météorologie du Japon, Représentant de l'Equipe des
envoyée par l'Agence Japonaise de Coopération Inter-
nationale

TABLE DES MATIÈRES

| | | |
|------------|--|----|
| Chapitre 1 | Introduction | 1 |
| 1-1 | Objet d'expédition de l'équipe de collaboration technique | 1 |
| 1-2 | Organisation de l'équipe de collaboration technique | 1 |
| 1-3 | Programme et activités de recherches | 3 |
| Chapitre 2 | Séismes de l'Algérie | 9 |
| 2-1 | Sismicité de l'Algérie | 9 |
| 2-2 | Séisme du 10 Octobre 1980 | 12 |
| 2-3 | Observations sismiques de l'Algérie | 16 |
| 2-4 | Proposition | 16 |
| Chapitre 3 | Caractéristiques sismiques du sol ainsi que dégâts et restauration des ouvrages de génie | 19 |
| 3-1 | Généralités | 19 |
| 3-2 | Estimation de l'accélération à la base | 19 |
| 3-3 | Structure du sol d'EL-ASNAM | 26 |
| 3-4 | Caractéristiques de réponse du sol | 34 |
| 3-5 | Dégâts sismiques et troubles fonctionnels des équipements | 42 |
| 3-6 | Rétablissement des troubles fonctionnels et restauration des équipements | 55 |
| 3-7 | Exemples et analyse des dégâts sismiques des ponts pour routes | 56 |
| 3-8 | Proposition | 59 |
| | Suppléments Questionnaires relatifs au séisme du 10 Octobre 1980 d'EL-ASNAM | 61 |
| | 1) Questionnaire sur les dégâts survenus aux équipements vitaux | 61 |
| | 2) Questionnaire sur les lieux des mesures d'urgence d'urgence pour les séismes | 65 |

| | | |
|------------|--|-----|
| Chapitre 4 | Etat actuel de l'administration des bâtiments de l'Algérie | 69 |
| 4-1 | Aperçu de l'administration des bâtiments de l'Algérie ... | 69 |
| 4-2 | Textes relatifs aux mesures para-sismiques de Algérie | 71 |
| Chapitre 5 | Dégâts des constructions et leurs particularités | 95 |
| 5-1 | Aperçu des dégâts des constructions par le séisme d'Octobre | 95 |
| 5-2 | Dégâts des constructions par genre de structure ainsi que leurs particularités | 100 |
| 5-3 | Caractéristiques des dégâts | 101 |
| 5-4 | Exemples de dégâts des constructions de la ville d'EL-ASNAM, etc. | 101 |
| 5-5 | Qualité du béton | 109 |
| 5-6 | Caractéristiques sismiques du sol et des bâtiments | 119 |
| 5-7 | Etudes sur la résistance de l'usine de meunerie SEMPAC | 120 |
| 5-8 | Etudes sur la résistance des habitations de la partie est | 127 |
| 5-9 | Proposition | 132 |
| Chapitre 6 | Tremblement de terre du 10 Octobre 1980 et aperçu des mesures d'urgence pour le séisme | 135 |
| 6-1 | Etat des dégâts sismiques | 135 |
| 6-2 | Circonstances des mesures d'urgence pour les sinistres | 136 |
| 6-3 | Organisation de la prévention des sinistres | 138 |
| Chapitre 7 | Coopération internationale de technologie pour les séismes | 141 |
| Chapitre 8 | Repport préliminaire présenté à la Commission Nationale de Coordination de l'Algérie | 143 |

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

1-1 Objet d'expédition de l'équipe de collaboration technique

Le grand séisme de 7,3 en magnitude (GS) survenu le 10 Octobre 1980, vers 12 heures 25 (UT) à la partie nord-ouest de l'Algérie a causé des dégâts importants à la région d'EL-ASNAM, surtout à son centre, la ville au même nom.

Le gouvernement du Japon, ayant considéré les circonstances catastrophiques de l'Algérie, a fourni, par sentiment humanitaire et eu égard aux relations amicales avec celle-ci, une aide d'urgence de 300 millions de yen au total. D'autre part, vu qu'il est nécessaire pour les pays sujets aux sinistres dûs aux tremblements de terre de s'entraider pour développer les technologies anti-sismiques, le gouvernement du Japon a communiqué au gouvernement de l'Algérie qu'il était disposé d'envoyer des experts et une équipe d'enquête.

A cet égard, le gouvernement de l'Algérie a exprimé son désir de voir se réaliser un travail en commun des spécialistes japonais en sismologie, en sismotechnique, en bâtiments parasismiques, etc avec les experts algériens.

A la suite d'études effectuées principalement par le Ministère des Affaires Etrangères et de l'Agence de l'Aménagement du Territoire à partir de l'intention du gouvernement de l'Algérie, le gouvernement du Japon a décidé d'envoyer une "équipe de collaboration technique pour le séisme d'Algérie" composée de M. Yûji OTSUKA, Sous-Directeur de l'Agence de l'Aménagement du Territoire et d'un groupe de 8 techniciens spécialistes des séismes, envoyé par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale, soit 9 personnes au total, à partir du 30 novembre jusqu'au 14 décembre.

1-2 Organisation de l'équipe de collaboration technique

L'équipe de collaboration technique sur le séisme de l'Algérie se compose des membres ci-dessous. Parmi ceux-ci, M. Kiyoshi NAKANO, Directeur de l'Institut des Bâtiments du Ministère de la Construction ainsi que M. Shigeji SUEHIRO, Directeur du Service des Observations de l'Agence de la Météorologie du Japon ont été nommés du groupe d'experts sismiques envoyée par l'Agence Japonaise de Coopération Internationale.

| Noms et prénoms | Dépendances et titres | Spécialités |
|--------------------------------|--|------------------------------------|
| (Chef) Yûji OTSUKA | Sous-Directeur de l'Agence de l'Aménagement du Territoire, Directeur de Bureau de Conseil Central de la Prévention des Sinistres | |
| (Sous-Chef) Kiyoshi NAKANO | Directeur de l'Institut des Bâtiments du Ministère de la Construction | Bâtiments parasismiques |
| (Sous-Chef) Shigeji SUJHIRO | Directeur du Service des Observations de l'Agence de la Météorologie du Japon | Observation des séismes |
| Kenzo TOKI | Professeur à l'Institut de la Prévention des Sinistres de l'Université de Kyoto | Technologie parasismique |
| Koji UEDA | Chef du Bureau du Conseil des Bâtiments, Département des Habitations, Ministère de la Construction | Critères de construction |
| Eiichi KURIBAYASHI | Chef du Service de la Prévention des Sinistres sismiques, Institut des Ouvrages de Génie, Ministère de la Construction | Constructions parasismiques |
| Tomeo NAGAMUNE | Chef du Cabinet des Prévisions et des Informations des Séismes, Service des Observations, Agence de la Météorologie du Japon | Prévision des séismes |
| Kazuo HAMADA" | Investigateur Principal du Centre National de Technologie de la Prévention des Sinistres, Agence de la Technologie du Japon | Sismologie |
| Hirotaka FUJITA | Planificateur de la Prévention des Sinistres, Secrétariat de l'Agence de l'Aménagement du Territoire | Prévention des sinistres sismiques |

1-3 Programme et activités de recherches

L'aperçu des programmes et des activités de recherches de l'équipe de collaboration technique sur le séisme de l'Algérie est comme suit:

| Date (moment) | Sujets des recherches, etc. |
|--|---|
| 30 novembre (soir) | Départ du nouvel aéroport international de Tokyo (Narita) |
| 1 ^{er} décembre (après-midi) | Arrivée à l'aéroport d'Alger. Echange d'avis sur la conception fondamentales des recherches prévues avec M. BOUKARI, Vice-Ministre de l'Education Supérieure, M. BENHALLOU, Directeur du Centre National de l'Astronomie, de l'Astrophysique et de la Géophysique. |
| 2 décembre (matin) | Al'Agence de la Normalisation des Habitations, renseignements fournis par des spécialistes, sur l'état des dégâts des bâtiments, les circonstances d'examens parasismiques des bâtiments sinistrés, les fègles de constructions parasismiques de l'Algérie, etc. et échanges d'avis. (Présence de M. l'Inspecteur CHAKER et de 5 autres personnes de l'Agence de la Normalisation des Habitations) |
| (après-midi) | Renseignements fournis par des spécialistes du Centre National de l'Astronomie, de l'Astrophys et de la Géophysique, de l'Institut Supérieur de la Construction, du Ministère des Ressources en Eau, etc. et échange d'avis (Présence de M. le Directeur BENHALLOU, de M. IKENE, Professeur à l'Institut Supérieur de la Construction ainsi que de plus de 10 autres personnes. |

| Date (moment) | Sujets des recherches, etc. |
|--------------------|--|
| 3 décembre (matin) | Visite à M. Abdelhak BRERHI, Ministre de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique. |
| (après-midi) | Visite à M. Ahmed GHAZALI, Ministre de l'Habitat de la Construction. |
| 4 décembre (matin) | Déplacement à EL-ASNAM. |
| (après-midi) | Renseignements fournis par M. Abbas GHOUZERIL, Commandant en Chef de l'Armée du District d'EL-ASNAM, M. MAGHRAOUI, Préfet d'EL-ASNAM, M. MOULFI, Président du Conseil Général d'EL-ASNAM, sur les circonstances d'EL-ASNAM après le sinistre et concertation sur le mode d'exécution des recherches sur les lieux. La concertation terminée, inspection des états des dégâts dans la ville d'EL-ASNAM. |
| 5 décembre (matin) | <p>(1) Recherches effectuées par le groupe Prévention des Sinistres et par le groupe Séisme, sur les circonstances de la naissance de la faille, etc.</p> <p>(2) Mesurage par le groupe Bâtiment, à l'usine de meunerie dans la ville, des bâtiments et du cicle particulier du sol.</p> <p>(3) Recherches effectuées par le groupe Génie civil, sur l'état des dégâts des environs d'EL-ASNAM.</p> |
| (après-midi) | <p>(1) Recherches effectuées par le groupe Séisme, à la station d'observation sur les lieux de BENI-RACHED, sur le mécanisme de la naissance du tremblement de terre, les circonstances de la naissance des secousses secondaires, etc.</p> <p>(2) Continuation par le groupe Bâtiment, des opérations du matin.</p> <p>(3) Mesurage par le groupe Génie civil, des caractéristiques du sol, etc., à l'usine de meunerie, aux ruines de l'hôtel Sheliff, etc. Accompagnement du groupe Prévention des Sinistres.</p> |

| Date (moment) | Sujets des recherches, etc. |
|---|--|
| <p>6 décembre (matin)</p> <p>(après-midi)</p> | <p>(1) Inspection aérienne à bord d'hélicoptère militaire, par le groupe Prévention des Sinistres, le groupe Séisme et le groupe Génie civil, grâce à la collaboration de l'Armée, de l'état des lieux sinistrés.</p> <p>(2) Mesurage par le groupe Bâtiment, à un grand ensemble en construction dans la ville, des cycles particulier du sol et des bâtiments.</p> <hr/> <p>(1) Continuation par le groupe Bâtiment, des opérations du matin.</p> <p>(2) Mesurage par le groupe Génie civil, au grand ensemble en construction dans la ville, des caractéristiques du sol, etc. Accompagnement du groupe Prévention des Sinistre et du groupe Séisme.</p> |
| <p>7 décembre (matin)</p> | <p>(1) Rapport effectué par M. le Chef OTSUKA et par M. le sous-Chef NAKANO, au Commandant en Chef de l'Armée, sur les recherches sur les lieux et des points essentiels des vues obtenues par l'analyse des données.</p> <p>(2) Recherches effectuées par le groupe Prévention des Sinistres et par le groupe Génie civil, à la préfecture d'EL-ASNAM, des caractéristiques des dommages corporels et matériels causés par le séisme d'octobre, des circonstances de réalisation des mesures d'urgence pour le séisme, etc.</p> <p>(3) Recherches effectuées par le groupe Séisme, à la station d'observation sur les lieux de BENI-RACHED, etc., sur le mécanisme de la naissance du tremblement de terre, etc.</p> <p>(4) Rapport effectué par le groupe Bâtiment, sur l'état des dégâts des bâtiments des environs d'EL-ASNAM.</p> |

| Date (moment) | Sujets des recherches, etc. |
|---------------------|--|
| (après-midi) | <p>(1) Continuation par le groupe Séisme et par le groupe Bâtiment des opérations du matin.</p> <p>(2) Recherches effectuées par le groupe Génie civil, sur l'état des dégâts des ouvrages de génie des environs d'EL-ASNAM.</p> |
| 8 décembre (matin) | Déplacement à Alger. |
| (après-midi) | Echanges d'avis effectués respectivement avec les spécialistes de l'Agence de la Normalisation des Habitations, du Centre National de l'Astronomie, de l'Astrophysique et de la Géophysique. |
| 9 décembre (matin) | <p>Explications, au Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique, envers les spécialistes des autorités intéressées, du point de vue de l'équipe de collaboration technique, résultant des recherches sur les lieux et échange d'avis.</p> <p>(Présence de M. TEBBAL, Directeur Général de l'Agence de la Normalisation des Habitations, de M. BENHALLOU, Directeur du CNAAG et de plus de 10 autres personnes)</p> |
| 10 décembre (matin) | Présentation par M. OTSUKA, Chef de l'équipe, du rapport provisoire à M. BEN BLIDIA, Président du Comité de Régularisation de l'Etat. |
| (après-midi) | Départ d'Alger de M. OTSUKA. |
| 11 décembre (matin) | Départ d'Alger du sous-Chef, et des autres membres de l'équipe. |

(nota) Les activités de recherches ont été effectuées sur les lieux par les groupes suivants:

Group Prévention des Sinistres: M. Yûji OTSUKA (Chef) et M. Hirotaka FUJITA,

Groupe Séisme: M. Shigeji SUHIRO (sous-Chef), M. Tomeo NAGAMUNE et M. Kazuo HAMADA.

Groupe Bâtiment: M. Kiyoshi NAKANO (sous-Chef) et M. Koji UEDA.

Groupe Génie civil: M. Kenzo TOKI et M. Eiichi KURIBAYASHI.

D'autre part, les 10 personnes du groupe de recherches envoyé par la Société Japonaise des Bâtiments ont agi de concert et contribué à la réalisation de toutes sortes d'expérimentations.

CHAPITRE 2 SÉISMES DE L'ALGÉRIE

2-1 Sismicité de l'Algérie

La partie nord de l'Algérie en bordure de la mer Méditerranée est une zone sismique très active qui a subi de nombreux sinistres dus à des tremblements de terre.

Selon la théorie récente des plaques tectoniques, la partie nord de l'Afrique, c'est-à-dire les régions septentrionales du Maroc et de l'Algérie, est une zone où la plaque africaine et la plaque eurasiennne sont en contact. A cet endroit, les plaques se poussent mutuellement, et c'est ce fait qui engendre la force motrice de la naissance des séismes de cette zone.

Cette zone ne connaît pas de tremblements de terre d'une envergure de 8 en magnitude qui surviennent au Japon et dont la cause doit être la subduction d'une plaque, mais ceux de 7 ou de moins de magnitude naissent souvent. La Fig. 1 présente les séismes survenus en 27 années, soit de 1951 à 1977 et indiqués suivant leurs magnitudes. Les données de 1970 et des années précédentes se basent sur les documents de Roussel (1973) et ceux des années suivantes, sur les documents du CIS (Centre International Sismologique).

Comme on le voit sur la Fig. 1, la plupart des tremblements de terre se produisent sur terre. Cependant, les hypocentres de ces séismes sont peu profonds: de 5 à 10 km. de profondeur pour la plupart. Ainsi, en cas de tremblement de terre dont l'hypocentre est situé au-dessous d'une agglomération ou à proximité, de grands dommages peuvent être causés localement, même s'il s'agit d'une magnitude peu forte.

La Fig. 1 indique aussi que les séismes ne se répartissent pas uniformément dans cette zone et qu'il existe des endroits dont la sismicité est relativement grande et d'autres où celle-ci ne l'est guère. Cependant, il faut noter que la détermination des hypocentres se base sur les données obtenues par des observatoires éloignés, et leur précision n'est guère appréciable. Comme on le verra plus loin, l'amélioration de leur précision est très importante pour la prévention des sinistres dus aux tremblements de terre.

La région d'EL-ASNAM est une des régions aux activités sismiques actives. Elle a connu, le 9 septembre 1954, un tremblement de terre de 6,7 en magnitude qui a fait 1400 morts, 14000 blessés et endommagé 18000 immeubles d'habitation ainsi que 35000 bâtiments de non-habitation.

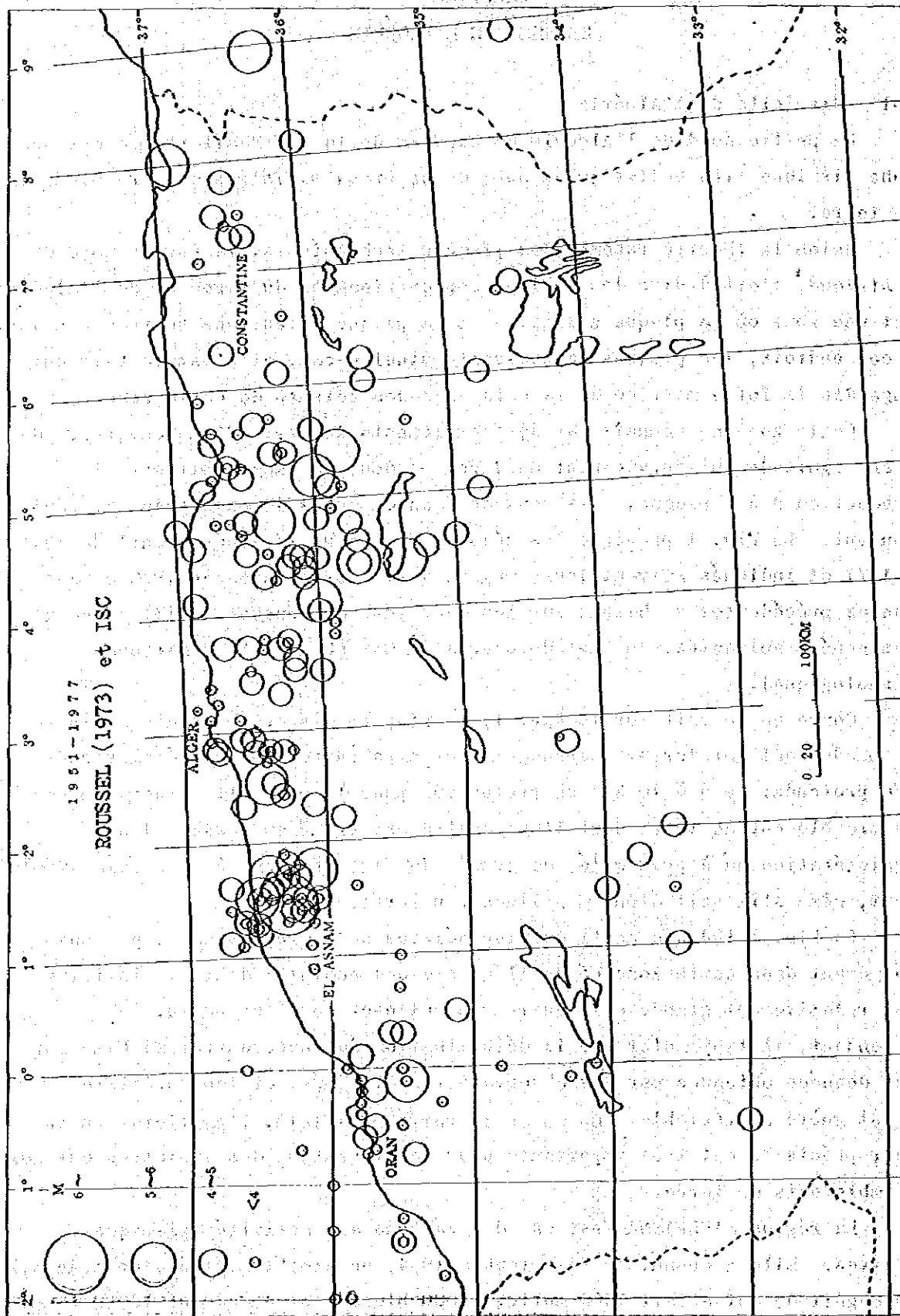


Fig. 1 Répartition des épicentres en Algérie

Parmi les séismes indiqués à la Fig. 1, la répartition par magnitude de ceux qui se sont produits de 1951 à 1970 donne la Fig. 2. Ceci provient de la conversion des valeurs des données de Roussel (1973) en magnitude de moins de 3,9, de 4,0 à 4,9, de 5,0 à 5,9 et de 6,0 à 6,9. L'axe vertical indique le nombre totalisé de chaque degré.

La valeur b de la formule de Gutenberg-Richtner qui en résulte est d'environ 0,9.

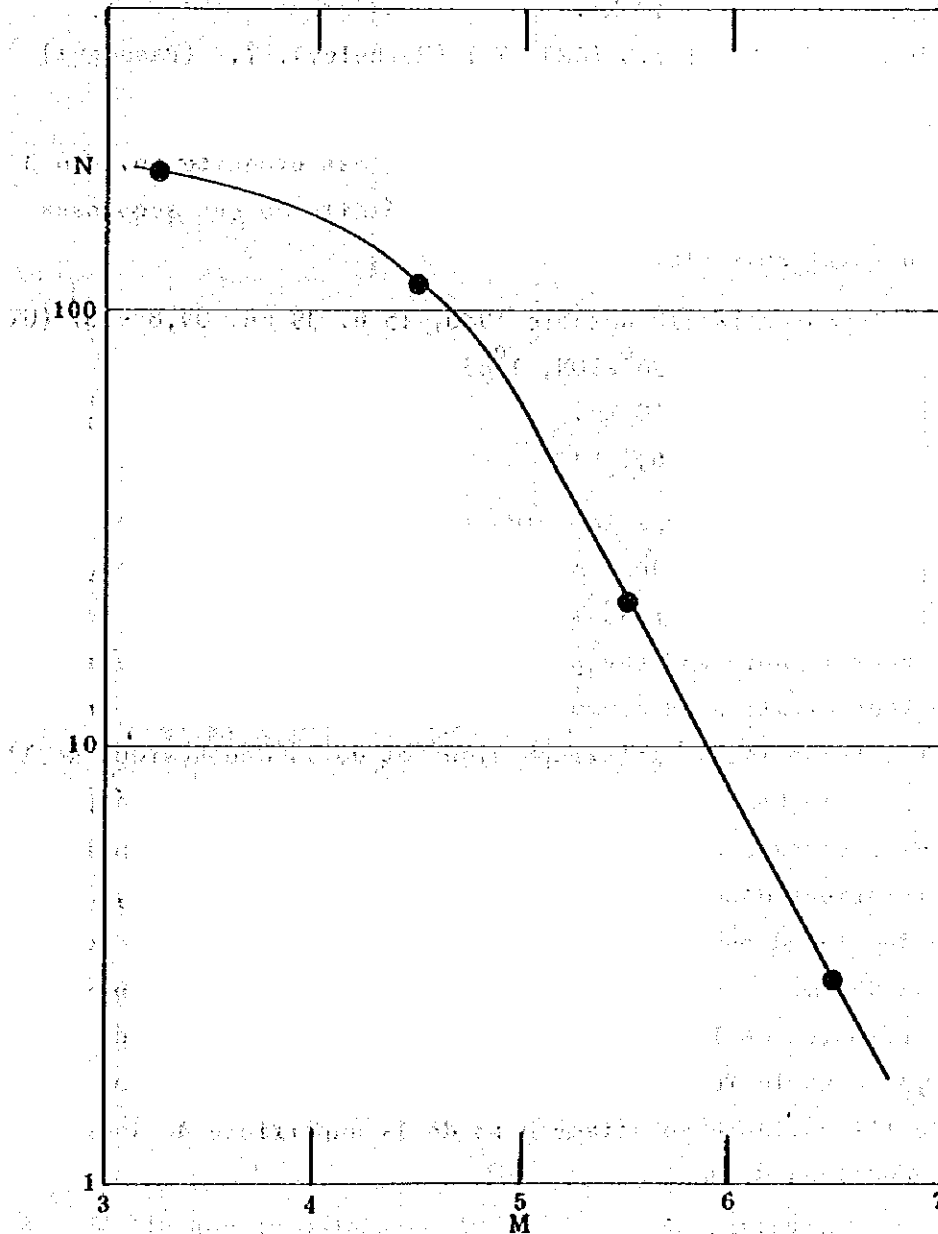


Fig. 2. Nombre par magnitude des séismes survenus en Algérie.
Source : Documents de Roussel (1973)

2-2 Séisme du 10 octobre 1980.

Suivant les résultats arrêtés d'urgence à base des valeurs des observations effectuées sur une envergure mondiale par l'United States Geological Survey (USGS), le moment, l'épicentre, la profondeur et l'amplitude du séisme du 10 octobre sont comme suit:

Moment à l'hypocentre : 10 octobre 1980, 12 h. 25 mn. 23,7 sec. (UT)
Épicentre : $36^{\circ}14'N$, $1^{\circ}41'E$
Profondeur : 10 km.
Magnitude : 7,3 (GS), 7,7 (Berkeley), 7,2 (Pasadena)

L'épicentre est à environ 7km. à l'est-sud-est d'EL-ASNAM.

La plus grande des secousses secondaires s'est produite environ 3 heures après les secousses principales. Les détails de ces secousses secondaires sont les suivants:

Moment à l'hypocentre : 10 octobre 1980, 15 h. 39 mn. 09,8 sec. (UT)
Épicentre : $36^{\circ}21'N$, $1^{\circ}63'E$
Profondeur : 10 km.
Magnitude : 6,0

(Les secousses secondaires les plus fortes se sont produites à plus de 20 km. à l'est-nord-est de l'hypocentre des secousses principales)

Il a été observé à partir du sud-ouest de l'épicentre, une faille s'allongeant vers le nord-est sur plus de 30 km. D'autre part, suivant les résultats de l'observation en commun des secousses secondaires par le Centre National de l'Astronomie, de l'Astrophysique et de la Géophysique de l'Algérie (CNAAG) avec le Centre National de l'Astronomie et de la Géophysique de France, les secousses secondaires se répartissent, comme l'indique la Fig. 3, à l'intérieur d'un ovale allongé où se trouve la faille, dans la direction nord-est-sud-ouest. Les diamètres long et court sont respectivement d'environ 55 km. et de 20 km., la superficie, d'environ $8,6 \times 10^2 \text{ km}^2$.

Par substitution de la valeur en magnitude du tremblement de terre d'octobre (7,3) dans la formule d'Uzu-Seki (Uzu & Seki, 1955) qui exprime le rapport de l'importance du séisme M et de la superficie de la zone des secousses secondaires S (km^2)

$$\text{Log } S = 1,02 M - 4,0$$

on obtient $S \approx 28 \times 10^{-2} \text{ km}^2$

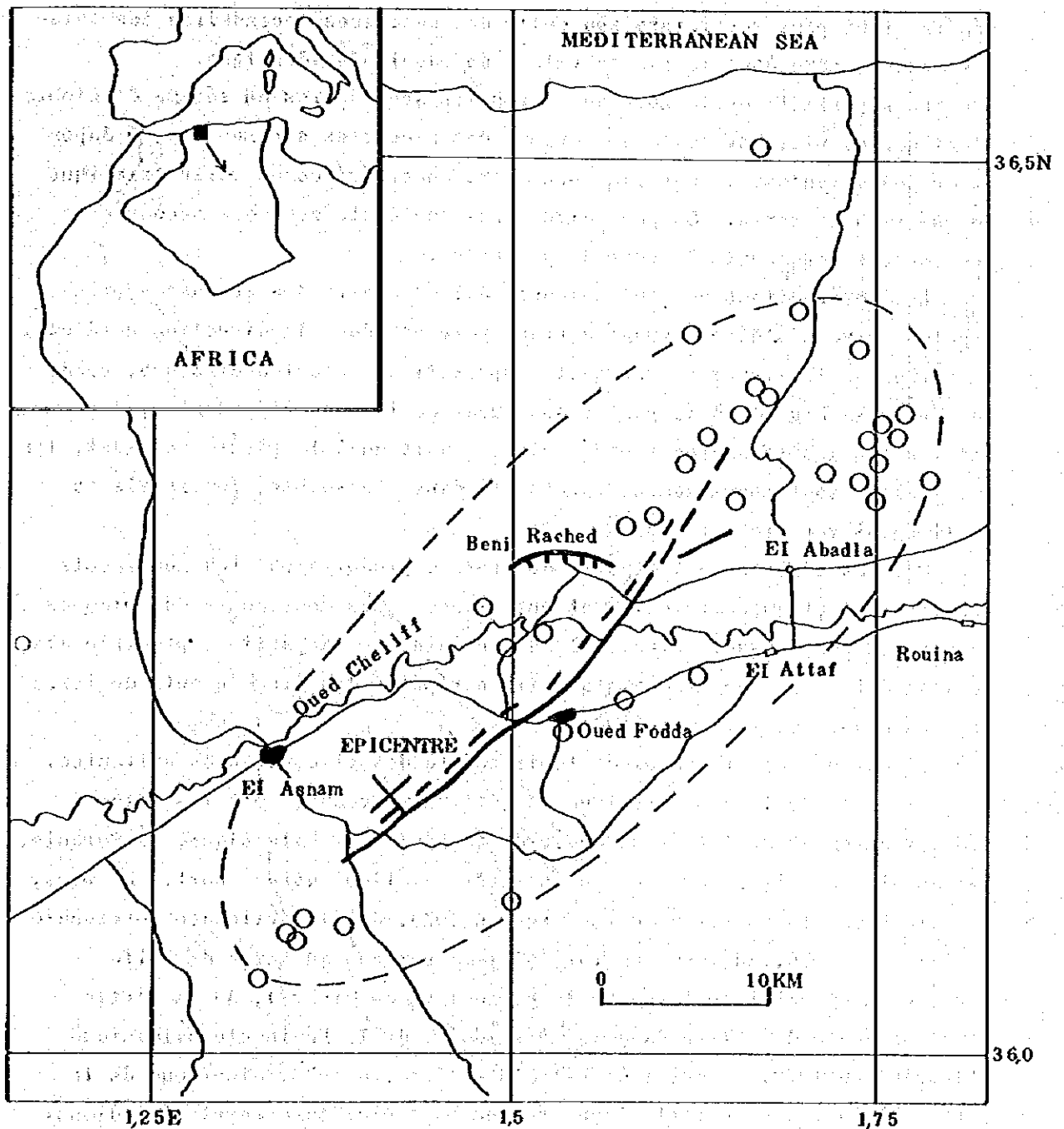


Fig. 3 Faille due au séisme du 10 octobre 1980 (grosse ligne) et répartition des épacentres des secousses secondaires (ronds blancs).

Source : Documents du Gouvernement d'Algérie.

La formule d'Uzu-Seki est une formule statistique des tremblements de terre survenus au Japon et dans ses mers environnantes. Les statistiques indiquent que l'étendue des secousses secondaires des séismes de terre est généralement plus restreinte que celle des secousses secondaires des séismes de mer, même dans le cas de valeur en magnitude identique.

La superficie de la zone des secousses secondaires du séisme d'octobre n'est que du tiers de celle en moyenne des secousses secondaires du Japon et de ses alentours. Cet état peut être considéré comme caractéristique des séismes de terre. On peut dire aussi que cette zone des secousses secondaires représente la zone d'hypocentre.

Les destructions qui ont commencé à l'épicentre des secousses principales doivent s'être propagées principalement dans la direction nord-est. La forme des isosistes permet cette supposition. C'est-à-dire que, comme le montre la Fig. 4, à la partie sud-ouest de la zone d'épicentre, les intervalles des isosistes sont étroits, tandis qu'à la partie nord-est, les intervalles sont anormalement larges et, dans l'ensemble, les isosistes s'allongent vers le nord-est.

Or, les séismes de l'Algérie doivent se produire par les mouvements relatifs des plaques africaine et eurasienne. Les mouvements des plaques continuent sans cesse. Ainsi, il est certain que la partie septentrionale de l'Algérie verra de même à l'avenir se répéter des tremblements de terre de l'envergure de 7 en magnitude.

Il est nécessaire aussi de tenir compte des circonstances suivantes. Les activités de la zone sismique de latitude moyenne, soit les côtes méditerranéennes de l'Afrique du Nord, la Péninsule balkanique, la Turquie, l'Iran et l'Himalaya revêtent un caractère cyclique assez court. De plus, les tremblements de terre de la Chine en 1973, de la partie septentrionale de l'Italie en 1976, du Japon en 1978 (Séisme survenu au large de l'île Izu-Ôshima et celui au large de la préfecture de Miyagi), de la partie septentrionale de l'Iran dans la même année, de la Péninsule balkanique (Albanie) en 1979, et aussi d'EL-ASNAM en octobre 1980, ainsi que de la partie méridionale de l'Italie environ un mois plus tard semblent indiquer que la zone sismique de latitude moyenne est dans sa période d'activité.

La période de l'activité sismique de cette zone est d'environ 15 ans, à laquelle succède une période calme d'environ 15 ans aussi. C'est-à-dire que les périodes d'activité se répètent tous les 30 ans. Le fait que le grand séisme précédent de celui de la région d'EL-ASNAM était survenu il y a 26 ans, en 1954, souligne cette interprétation.

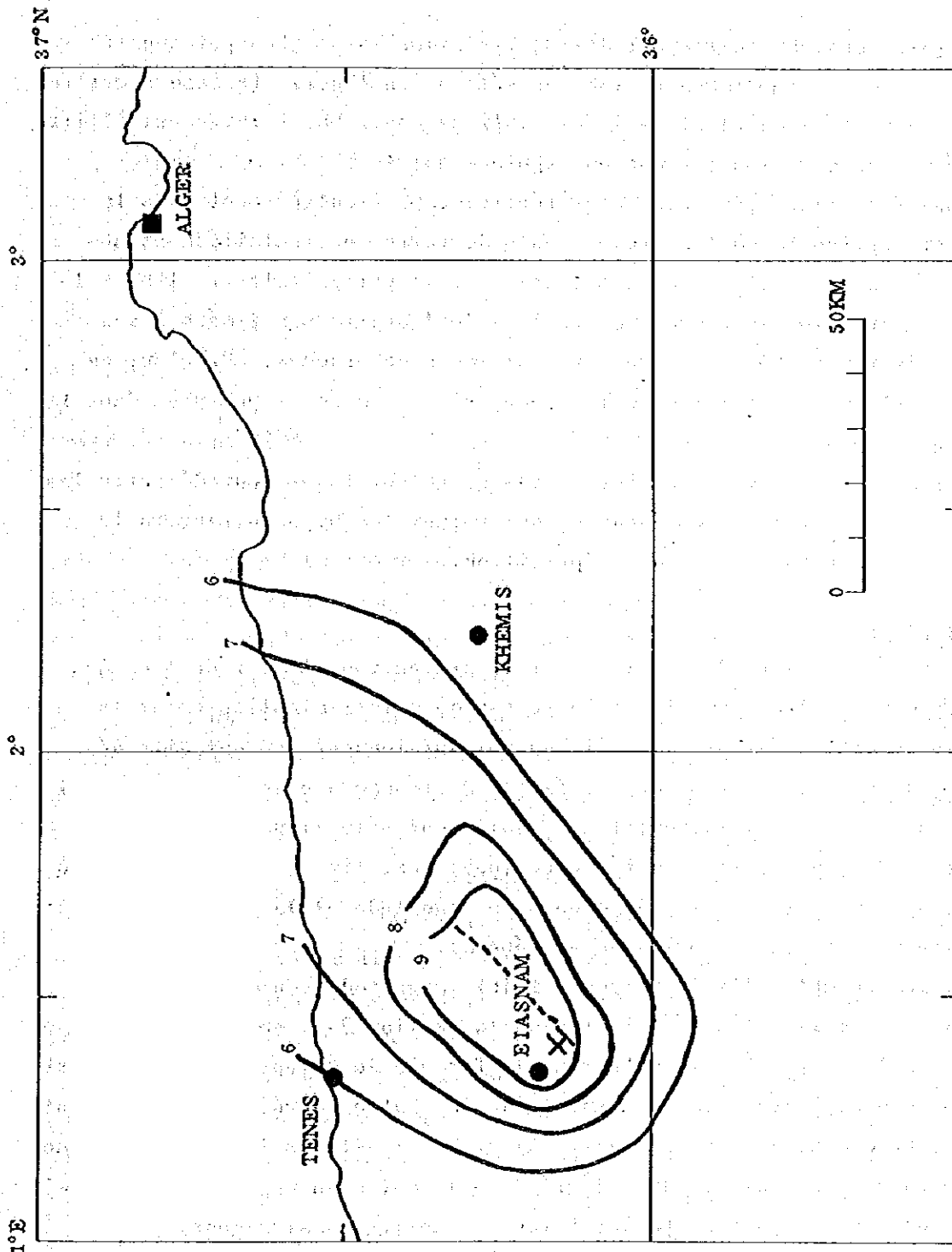


Fig. 4 Répartition des degrés de sismicité du séisme du 10 octobre 1980. Le signe X indique l'épicentre des secousses principales et la ligne pointillée, la faille.

Source : Documents du Gouvernement d'Algérie. Les degrés de sismicité sont ceux du classement modifié Mercari.

2-3 Observations sismiques de l'Algérie

Comme nous l'avons dit auparavant, la partie septentrionale de l'Algérie est une des zones actives où surviennent de nombreux tremblements de terre. D'autre part, suivant le rapport d'ISC, 7 stations sismiques permanentes constituent le réseau d'observation des séismes en Algérie (second semestre 1977). Les données recueillies à ces stations contribuent largement à titre de données d'observation sur une envergure mondiale.

5 des 7 stations sismiques sont réparties particulièrement dans la partie septentrionale où les tremblements de terre sont relativement nombreux, et 2 de ces stations sont situées dans la ville d'Alger. Ainsi, le réseau d'observation se compose en réalité de 4 stations, situées à des distances de 170 ~ 180 km. entre eux pour les plus proches. De plus, ces stations reflétant la forme de cette zone, sont alignées à peu près dans la direction est-ouest.

Ce réseau d'observation actuel n'est guère suffisant pour détecter les tremblements de terre de la région et déterminer les hypocentres, vu le nombre des observatoires et leur répartition.

2-4 Proposition

Une des mesures fondamentales pour la prévention et la réduction des sinistres dûs aux tremblements de terre est de saisir minutieusement la sismicité de cette région. Les séismes qui surviennent peuvent être détectés et leurs hypocentres déterminés par un réseau d'observation réparti sur une envergure mondiale, quelle que soit leur situation sur le globe terrestre. Cependant, la faculté de ce réseau est limitée, et la détection parfaite des séismes de moins de 4 ou 5 en magnitude et la détermination de leurs hypocentres sont impossibles en général.

Or, les tremblements de terre de faible magnitude sont beaucoup plus nombreux. Comme il est noté à la fin de la section 2-1, en ce qui concerne les séismes de l'Algérie, la valeur de la formule de Gutenberg-Richtner est d'environ 0,9 et lorsque la magnitude s'abaisse d'un degré, les tremblements de terre deviennent 8 fois nombreux. Ainsi, s'il est possible de déterminer les hypocentres des séismes d'un degré de 3 au moins en magnitude, il serait possible de préparer une carte détaillée des activités sismiques. Pour déterminer plus précisément les hypocentres, il est nécessaire de situer dans la mesure du possible les stations sismiques à proximité des hypocentres et de les déterminer par les données observées. C'est-à-dire qu'il convient d'aménager un réseau de stations assez nombreuses bien disposées pour

déterminer avec une précision suffisante les hypocentres par les données du pays.

Comme il est mentionné plus haut, la Fig. 1 a été établie à base de données d'observatoires éloignés situés à l'étranger, n'ayant pour cela qu'une précision relativement inférieure en ce qui concerne la détermination des hypocentres. Elle indique cependant que les tremblements de terre ne se produisent point uniformément. Il existe des endroits à la sismicité relativement forte et d'autres lieux où celle-ci est faible. En déterminant mieux les hypocentres par un réseau de stations mieux aménagé, il est possible de tracer une carte plus minutieuse de sismicité qui permet de distinguer les endroits sujets aux séismes de ceux où les tremblements de terre ne se produisent pas.

Pour l'Algérie, il semble permis de dire que les séismes de grande envergure dont l'étendue de l'hypocentre (où les bâtiments subissent de grands effets) est de 100 km. ou d'une dimension supérieure ne se produisent pas et même les plus forts doivent être de 7 en magnitude. Comme on le voit par le tremblement de terre du 10 octobre, l'étendue de l'hypocentre d'un séisme du degré 7 en magnitude est d'environ 30 à 40 km. Si la zone sujette aux tremblements de terre peut être déterminée, il sera possible de refléter immédiatement ce fait dans la technologie parasismique.

Ainsi, une carte minutieuse de sismicité constitue un document fondamental important pour la prévention des sinistres sismiques.

Un autre avantage de l'aménagement du réseau de stations sismiques est la possibilité d'observation constante des évolutions des activités sismiques qui permet d'éclaircir le mécanisme de la naissance des tremblements de terre en Algérie. De plus, ce fait, en accord avec l'aménagement du système de communication et de transmission des renseignements, rend directement service à la prévention des sinistres et constitue la base des études de prévision des séismes futurs.

Comme nous l'avons déjà signalé, en ce que concerne les tremblements de terre de plus de 3 en magnitude survenant en Algérie, l'aménagement des équipements ayant la faculté de détecter et déterminer les hypocentres par le réseau national de stations sismiques est souhaitable. Lors de l'aménagement du réseau, il est nécessaire d'étudier synthétiquement le nombre de stations, leur disposition, la qualité des sismographes, la méthode d'arrangement des données d'observation, etc. pour former le plan. Concernant ces faits, les techniques et les expériences que possède le Japon seront sans doute utiles au gouvernement de l'Algérie. Nous espérons pouvoir collaborer

aussi à l'aménagement du réseau d'observation ainsi qu'à la formation des techniciens qui en assureront le bon fonctionnement.

Ouvrages de référence

Roussel, J. (1973) : L'Activité Sismique en Algérie de 1951 à 1970 inclus, Bull. de la Soc. Hist. Nat. d'Afr. du Nord, t.64, fasc. 3 et 4, 185 ~ 210.

Uzu, Tokuji et Oka, Aira (1955) : Rapport de la Superficie de la Zone des Secousses secondaires avec l'Energie des Secousses principales, Séisme, 2, 7, 233 ~ 240.

CHAPITRE 3

CARACTÉRISTIQUES SISMIQUES DU SOL AINSI QUE DÉGÂTS ET RESTAURATION DES OUVRAGES DE GÉNIE

3-1 Généralités

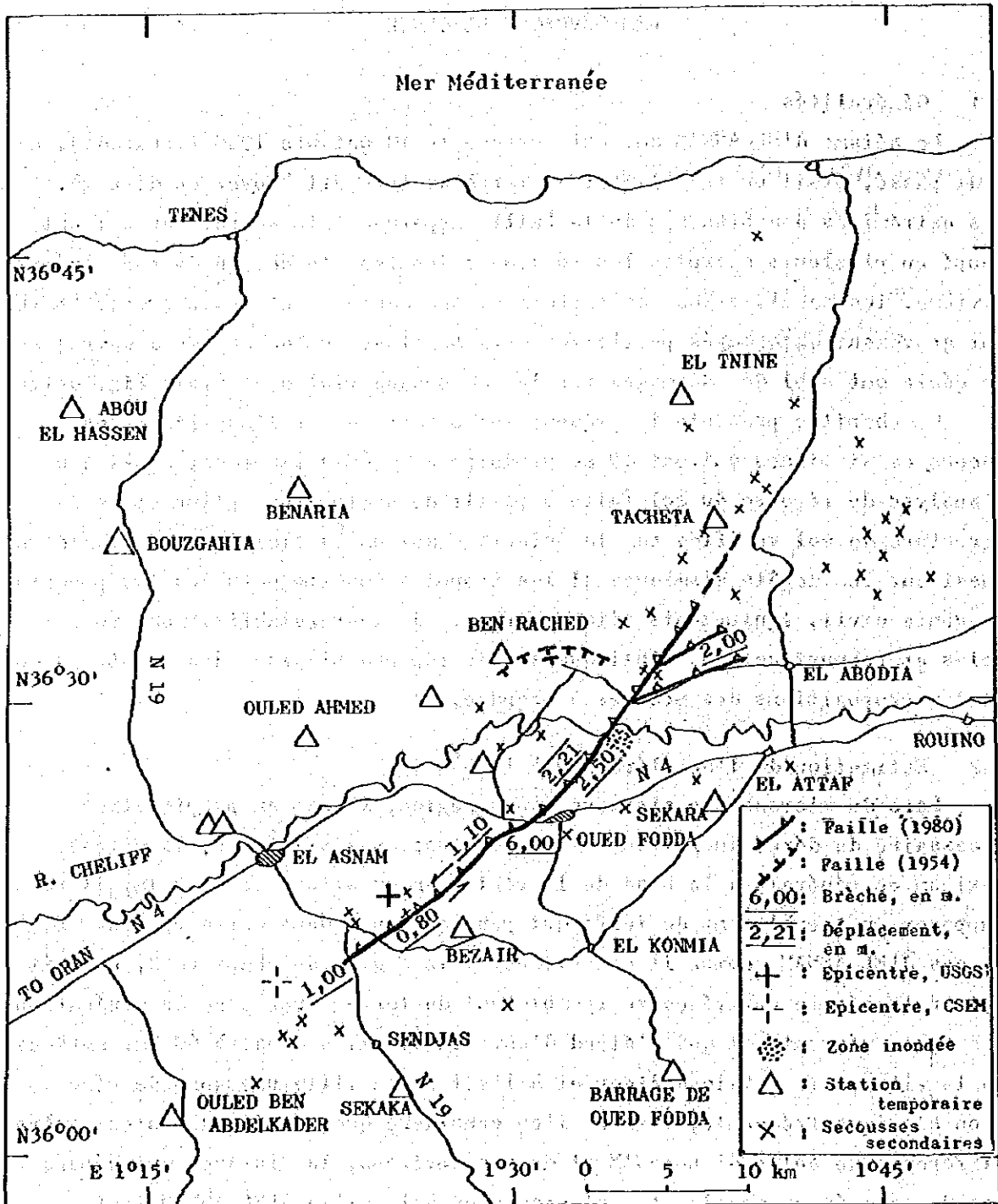
Le séisme d'EL-ASNAM qui est survenu le 10 octobre 1980 (vendredi), à midi passé, était un tremblement de terre du type dit "Foyer en direct". Les extrémités des branches de la faille apparues à la surface du sol ont coupé en plusieurs endroits les routes nationales, le chemin de fer, la rivière, les canalisations souterraines, les câbles souterrains, etc. et les ont gravement endommagés partiellement. De plus, toutes sortes d'ouvrages de génie ont subi des dommages par les secousses violentes (voir Fig. 3-1).

Ce chapitre présente la présomption effectuée sur l'amplitude des secousses sismiques qui ont dû se produire à la base sismique, ainsi que l'analyse de réponse du sol faite à partir de cette présomption et de la structure de sol vérifiée par la détection aux ondes élastiques. Il s'étend aussi sur les dégâts sismiques et les troubles fonctionnels des équipements du génie civil, équipements vitaux surtout, de leur rétablissement fonctionnels et reconstruction, ainsi que sur la réponse sismique des constructions et des propositions des mesures à prendre.

3-2 Estimation de l'accélération à la base

Lors du microzonage sismique d'une région, il est en premier lieu nécessaire de déterminer l'intensité des secousses sismiques, la vitesse maximum en général, à la base de la région en question. Pour cela, il faut supposer un tremblement de terre qui peut survenir dans cette région. Dans le cas d'EL-ASNAM, comme il est évident à la Fig. 1 du chapitre 2, on doit situer le séisme arrivé comme tremblement de terre d'une zone de génération sismique fréquente et qui s'étend d'environ 40 km. sud-est à 60 km. nord-est de la ville. Il existe à Alger et à l'est de la ville une zone de génération sismique fréquente, mais si l'on considère que son étendue n'est guère différente de celle d'EL-ASNAM et de ses environs, la distance qui sépare ces 2 zones étant grande, les répercussion à la ville d'EL-ASNAM sont insignifiantes.

Si l'épicentre et la faille qui doivent être considérés à l'occasion de l'élaboration du projet de prévention des sinistres sismiques pour l'avenir et de la présomption des dégâts seraient déterminés, la présomption de l'amplitude des secousses sismiques à cette ville pourrait être effectuée.



Séisme du 10 octobre 1980 d'EL-ASNAM, M = 7,5

Fig. 3-1 Rapport d'EL-ASNAM, des épicentres et des failles.

Dans ce cas, la méthode utilisée couramment est la supposition de l'amplitude de l'accélération maximum des secousses par le degré de magnitude du séisme et de la distance de l'épicentre. Ceci est une présomption à base d'une Courbe d'Atténuation dont il existe plusieurs formules proposées. Pour appliquer ces formules au cas d'EL-ASNAM, il importe surtout de déterminer la distance de l'épicentre. C'est-à-dire que la ville d'EL-ASNAM est, comme il est évident à la Fig. 1, située à l'intérieur d'une zone de génération sismique fréquente et que les distances des épicentres sont très courtes et ne sont qu'à 10 km. en moyenne les uns des autres. En ce qui concerne les cas de Courbes d'Atténuation ordinaires, la sismicité aux épicentres peu éloignés s'abaisse considérablement. En voici la raison:

Supposons maintenant un point S situé à une distance R d'un épicentre E d'une faille AB. Si la distance R est assez grande par rapport à la longueur de la faille AB, les distances SA et SE peuvent être d'une longueur à peu près égales. Dans ce cas, la condition de situation du séisme peut être représentée par la distance R seule, sans rapport à la direction de développement de la faille. Cela veut dire que tout est concentré sur le point E, sans tenir compte de l'étendue de la faille. Il est possible de dire aussi qu'on a substitué la faille par une autre circulaire à une même distance R. Le paramètre qui exprime à la Courbe d'Atténuation le rapport de la situation dans l'espace du séisme n'étant que la distance R, l'emploi de cette courbe ordinaire signifie que cette supposition a été adoptée en ce qui concerne l'hypocentre.

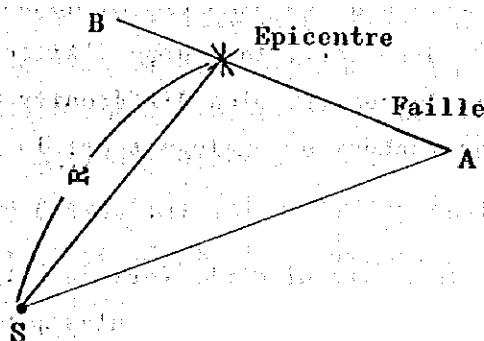


Fig. 3-2

L'application de la Courbe d'Atténuation obtenue par supposition tacite à des séismes ou failles à distance proche peut produire des inconvénients. La faille et l'épicentre du séisme d'EL-ASNAM (1980) ainsi que leurs rapports avec la ville peuvent être exprimés comme on le voit sur la Fig. 3-3 a). L'application de la Courbe d'Atténuation ordinaire signifierait que la faille serait disposée à une distance égale R autour d'EL-ASNAM (S), comme l'exprime la Fig. 3-3 b).

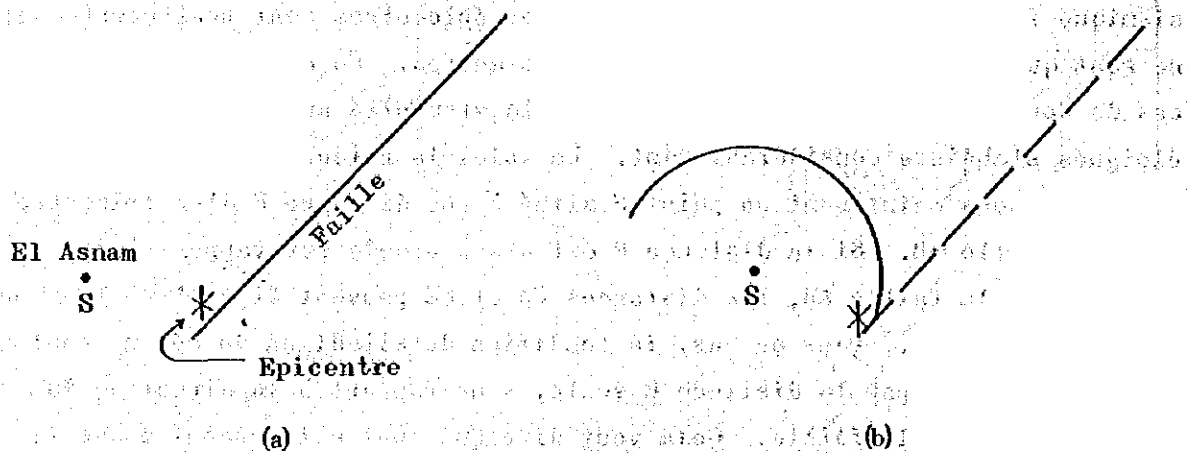


Fig. 3-3.

La Courbe d'Atténuation de Seed et autres⁽¹⁾ est exprimée par la formule suivante:

$$A = \frac{110 e^{0,3M}}{R^{1,6}} \quad (\text{pour site rocheux}) \quad (1)$$

M étant le degré de magnitude et R, la distance à l'épicentre, l'utilisation de $M = 7,5$ et $R = 7,5$ du séisme d'EL-ASNAM (1980) donnerait une accélération maximum A de 1766 gal. D'autre part, la Courbe d'Atténuation de l'Institut des Ouvrages de Génie demande des formules différentes suivant les sortes de sol. Celle pour les sites rocheux ou analogues est la suivante:

$$A = 28,5 \times 10^{0,207M} \times R^{-0,593} \quad (R: \text{en km}) \quad (2)$$

L'accélération maximum A suivant cette formule serait de 305 gal. Les amplitudes d'accélération maximum de ces 2 formules paraît trop grandes pour l'accélération à la base de la ville d'EL-ASNAM. L'utilisation de ces 2 Courbes d'Atténuation susdites suppose, comme le montre la Fig. 3-3, que la faille entoure la ville.

D'autre part, il existe des Courbes d'Atténuation rectifiant les inconvénients que présentent les tremblements de terre proches. Les principales sont les suivantes:

$$A = 46.0 \times 10^{0,203M} \times (R + 10)^{-0,633} \quad \text{(Institut des Ouvrages de Génie)} \quad (3)$$

$$A = 1080 \times e^{0,5M} \times (R + 25)^{-1,32} \quad \text{(Donovan)} \quad (4)$$

$$A = b^1 \times e^{b_1 M} \times (R + 25)^{-b_2} \quad \text{(Blumé)} \quad (5)$$

$b_1 \sim b_2$ de la formule (5) sont des constantes.

Ces formules sont conçues de façon à ce que l'accélération maximum ne devienne pas trop grande même si la distance R soit proche à 0, mais la formule de retour comportant l'addition de 10 ou de 25 km. à la distance R a été adoptée suivant la considération de l'agrandissement de l'écart constaté entre la valeur de ces formules et des valeurs réelles mesurées, et non par raison physique. En considérant que les failles ne sont pas des points, mais qu'elles ont des dimensions, il n'y a aucune nécessité d'utiliser des constantes de 10 ou de 25 km., et c'est plutôt une fonction qui devrait être adoptée.

Concernant une autre méthode d'éviter de tels problèmes en cas d'emploi d'une Courbe d'Atténuation, nous étudierons la conception suivante. En considérant que le mécanisme de l'atténuation des secousses sismiques ne varie pas, que la distance R soit grande ou non, nous utiliserons une Courbe d'Atténuation sans rectification de la distance R , comme pour la formule (1) ou (2). Nous avons déjà vu qu'il n'est pas convenable en général de considérer une faille comme un point, mais il est possible de partager la faille, comme celle de la Fig. 3-3 a) en plusieurs sections et de tenir compte de la distance du point principal de chaque section au point S . Dans ce cas, il faut tenir compte du moyen de déterminer le nombre de sections de la faille. La méthode suivante en est un. Pour une faille comme celle de la Fig. 3-3 a), lorsqu'il y a une distance R jusqu'à l'épicentre et que l'on considère comme sur la Fig. 3-3 b) que la faille se trouve sur la circonférence concentrique d'un cercle au rayon R , on détermine l'accélération maximum A au point S par la Courbe d'Atténuation des formules (1) ou (2). D'autre part, en tenant compte qu'une faille se produit par la propagation successive de la destruction due aux secousses sismiques nées à l'hypocentre, cette faille concentrique sera partagée en sections au nombre n avec une magnitude M' . Dans ce cas, M' sera

$$M > M' \quad (6)$$

dont la valeur sera supposée convenablement. L'accélération maximum née au point S par la $j^{\text{ième}}$ section est exprimée a_j . En considérant que ces sections

ne produisent pas leurs accélérations maxima au point S à un même instant, un modèle considérant que les secousses sismiques uniques de la faille concentrique ont une même valeur d'accélération maximum, que la valeur effective de l'accélération maximum des secousses des sections, peut être établi comme suit:

$$A = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left\{ a_j (M^j, R) \right\}^2} \quad (7)$$

Si M^j est fixé, la valeur de n peut résulter de la formule (7). Lorsque la valeur de n est indiquée, M^j peut être déterminé directement par cette même formule. Quand le nombre n des sections et leurs magnitudes M^j sont fixés, on les situe à leurs places originales comme sur la Fig. 3-2 a), et par la distance d_j de l'emplacement principal de chaque section jusqu'au point S, l'accélération maximum \bar{a}_j de chaque section sur le point S peut être déterminée par la Courbe d'Atténuation. Ces valeurs effectives permettent d'obtenir par la formule suivante l'accélération maximum \bar{A} au point S.

$$\bar{A} = \sqrt{\sum_{j=1}^n \left\{ \bar{a}_j (d_j) \right\}^2} \quad (8)$$

Citons le séisme d'EL-ASNAM (1980) pour supposer l'accélération maximum à la base de la ville par la méthode susdite. Les éléments de ce tremblement de terre sont les suivants:

| | |
|----------------------------|------------------|
| Magnitude M | : 7,5 |
| Distance de l'épicentre | : 7 ~ 8 km. |
| Profondeur de l'hypocentre | : 7 ~ 8 km. |
| Longueur de la faille | : environ 30 km. |

D'autre part, les rapports de la ville d'EL-ASNAM, de la faille et de la distance jusqu'à l'épicentre sont identiques à ceux de la Fig. 3-1. Dans le cas où M^j est de 5,5 et en utilisant la formule (2) comme Courbe d'Atténuation, on obtiendra

$$A = 305 \text{ gal} \quad , \quad a_j (M^j, R) = 118 \text{ gal}$$

En utilisant la formule (7), on aura

$$n = 7$$

Ensuite, en admettant que la profondeur de l'hypocentre est de 7,5 km. et que ce dernier se situe au centre de chaque section, on partage la faille d'environ 30 km. en 7 sections, comme sur la Fig. 3-4. Alors, la distance

Δ_j de l'épicentre de la $j^{\text{ème}}$ section jusqu'à la ville d'EL-ASNAM S se détermine aisément par la Fig. 3-4.

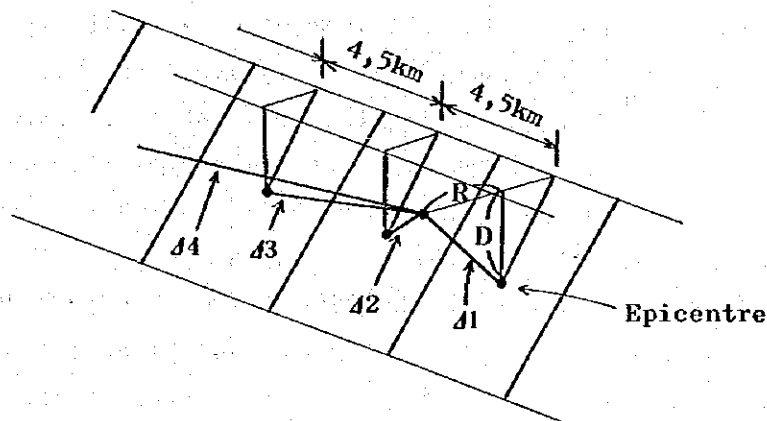


Fig. 3-4

Dans ce cas, l'angle d'inclinaison par rapport à la surface verticale de la section n'est pas pris en compte. Le résultat est le suivant:

$$\Delta_1 = 10,6 \text{ km.}$$

$$\Delta_2 = 11,5 \text{ km.}$$

$$\Delta_3 = 13,9 \text{ km.}$$

$$\Delta_4 = 17,2 \text{ km.}$$

$$\Delta_5 = 20,9 \text{ km.}$$

$$\Delta_6 = 24,9 \text{ km.}$$

$$\Delta_7 = 29,0 \text{ km.}$$

M' étant considéré 5,5, ces données déterminent a_j (M' , Δ_j) par la formule (2), et la formule (8) donne l'accélération maximum \bar{A} de la base de la ville d'EL-ASNAM.

$$\bar{A} = 198 \text{ gal}$$

Cette valeur est de 67% par comparaison à celle d' A_{max} susdite, ce qui indique que l'effet d'atténuation de l'accélération maximum par la différence de distance entre la section et ce point a été évalué.

En cas d'utilisation de la formule (1) de Seed et autres personnes comme Courbe d'Atténuation, nous avons déjà vu que A sera de 1766 gal. Si maintenant M' est de 5,5 n sera 25. Ces valeurs donneront $\bar{A} = 597 \text{ gal}$. D'autre part, en admettant $n = 7$ et en utilisant le même Δ_j , on aura $M' = 6,3$ et par conséquence, on obtiendra $\bar{A} = 629 \text{ gal}$. L'écart de ces 2 valeurs est de 5%,

ce qui prouve que la détermination de M' en premier lieu ou celle de n n'apporte pas de conséquence grave sur le résultat.

Si le sol est formé de diluvium, la formule suivante est recommandée à la place de la formule (2).

$$A = 13,2 \times 10^{0,330 M' - 0,806} \quad (9)$$

Par cette formule,

$$A = 777 \text{ gal}$$

D'autre part, dans le cas de $M' = 5,5$, on aura $n = 21$, et par conséquence,

$$\bar{A} = 432 \text{ gal}$$

Comme cela a été déterminé à base de données sur du diluvium, il faut considérer cette accélération maximum comme étant la valeur de la surface du diluvium de la ville d'EL-ASNAM. Dans ce cas, l'atténuation est de 56%.

3-3 Structure du sol d'EL-ASNAM

La ville d'EL-ASNAM s'étend sur les terrasses de la rive de la rivière Cheliff. Son sol est constitué de diluvium. Il existe aussi des terrains alluviaux aux parties basses le long de cette rivière, mais les maisons et les ouvrages d'art y sont rares. Les terrains au sud de la gare forment le prolongement des côteaux et il est permis de supposer l'existence au-dessous d'une couche mince de terre, des rochers ou des roches altérées qui composent les hauteurs. Aussi, il est possible d'estimer bon en général le sol de soutien de la ville d'EL-ASNAM. Cependant, suivant l'épaisseur du diluvium recouvrant les rochers, il se peut qu'il y ait des cas où l'action amplifiante dans le diluvium soit supérieure, et il est nécessaire, lors du Microzonage sismique, de vérifier la structure du sol recouvrant les rochers.

Voyons maintenant la méthode et les résultats de l'examen aux ondes élastiques du sol effectué dans quelques endroits de la ville d'EL-ASNAM et dans la cimenterie d'Aindefra.

1) Méthode d'examen aux ondes élastiques

Il a été utilisé pour l'examen un dispositif simplifié d'examen aux ondes élastiques de la Société de Recherches Appliquées Géologiques, S.A., composé de 6 pick-up, d'un amplificateur et d'un enregistreur. Les pick-up sont reliés à 5 m. d'intervalle par des fils de liaison, l'allongement maximum des lignes de mesures est de 30 m. Ainsi, la profondeur examinable est de quelques à une dizaine de mètres au-dessous de la surface du sol.

L'aperçu de la méthode par réfraction au moyen de frappements avec une planche est indiqué à la Fig. 3-5. Un choc appliqué au point S dans le sens horizontal et qui se croise à angle droit avec la ligne de mesure produit des ondes transversales. Dans ce cas, les ondes directes qui se propagent par la couche de surface arrivent en premier au point d'observation le plus proche du point S, et la vitesse de transmission des ondes de la couche supérieure est déterminée par la distance et l'écart de temps avec la naissance du choc. A un point éloigné du point S, les ondes qui se propagent par la deuxième couche arrivent d'abord, et l'écart de temps entre les points R_j et R_{j+1} permet d'estimer la vitesse de transmission de la deuxième couche. D'autre part, des ondes verticales se produisant aussi par le choc, il est possible de savoir la vitesse de transmission des ondes transversales et verticales en les distinguant par la forme des vagues enregistrées.

L'examen aux ondes élastiques a été effectué aux 4 sites indiqués sur la Fig. 3-6 ainsi qu'à la cimenterie d'Aindefra. L'aperçu des environs de ces sites et des lignes de mesure sont présentés sur les Fig. 3-7 ~ Fig. 3-11.

- Site 1: Derrière l'usine de meunerie, Chantier de construction d'un bâtiment. La couche supérieure du sol du terrain est enlevée à une épaisseur d'environ 2 m. Lignes de mesure N° 1 et N° 2.
- Site 2: Devant le perron de l'hôtel Cheliff. Ligne de mesure N° 3 seulement.
- Site 3: Dans l'enceinte du grand ensemble du sud de la gare. Lignes de mesure N° 4 et N° 5.
- Site 4: Sur les alluvions de la rivière Cheliff, derrière une ferme. Ligne de mesure N° 6.
- Site 5: Cimenterie. Ligne de mesure N° 7.

Nous avons effectué dans chaque site des mesures par chocs à plusieurs reprises sur chaque ligne de mesure. La Fig. 3-12 en présente un exemple.

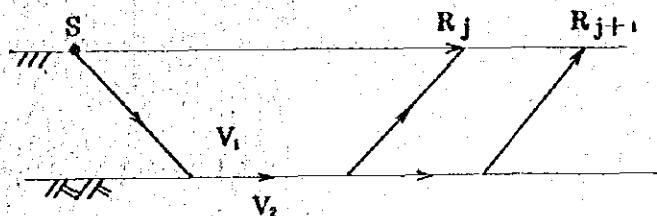
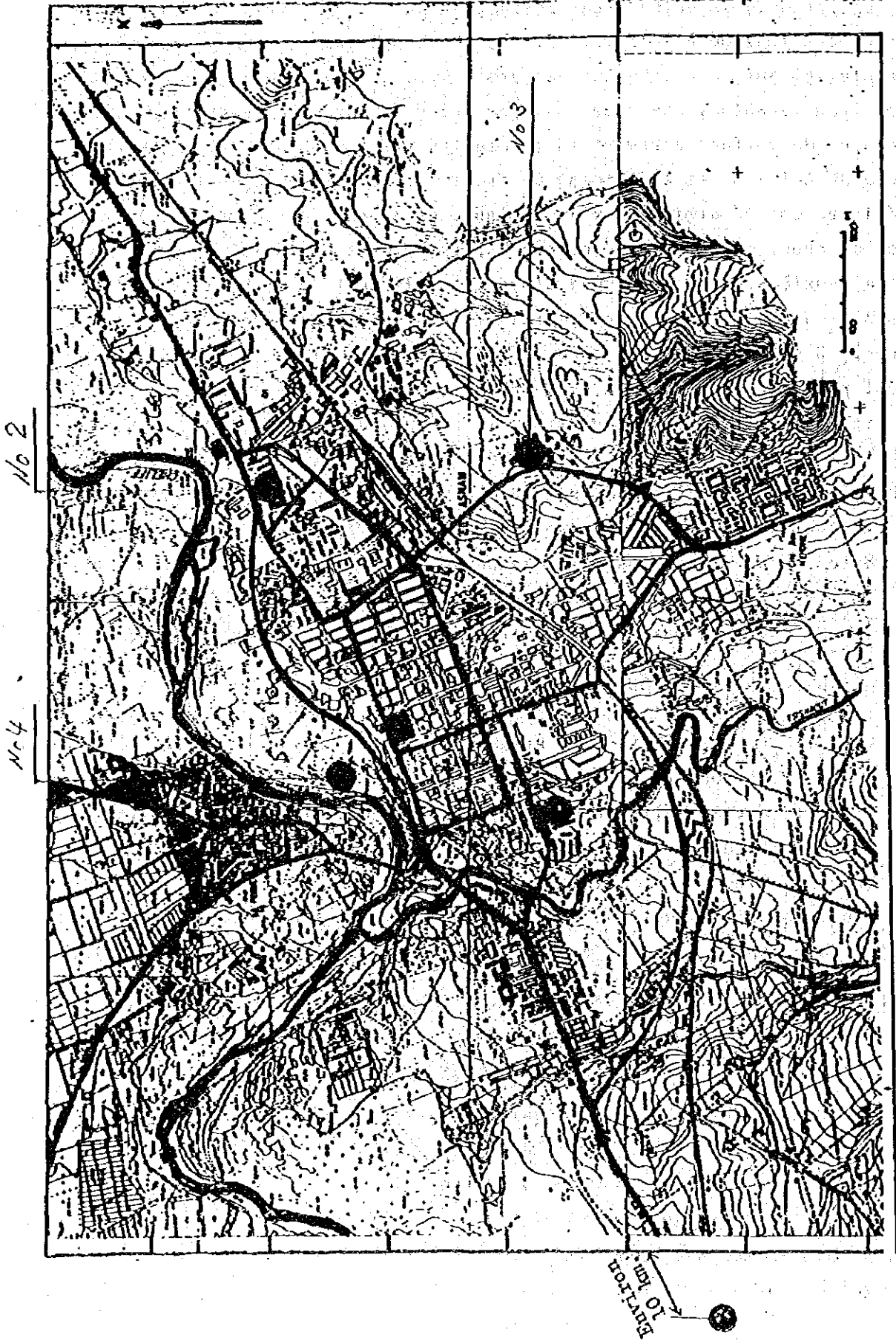


Fig. 3-5 Examen aux ondes élastiques.



No 1 Ville d'EU-ASNAM

Fig. 3-6 Sites d'examen aux ondes élastiques.

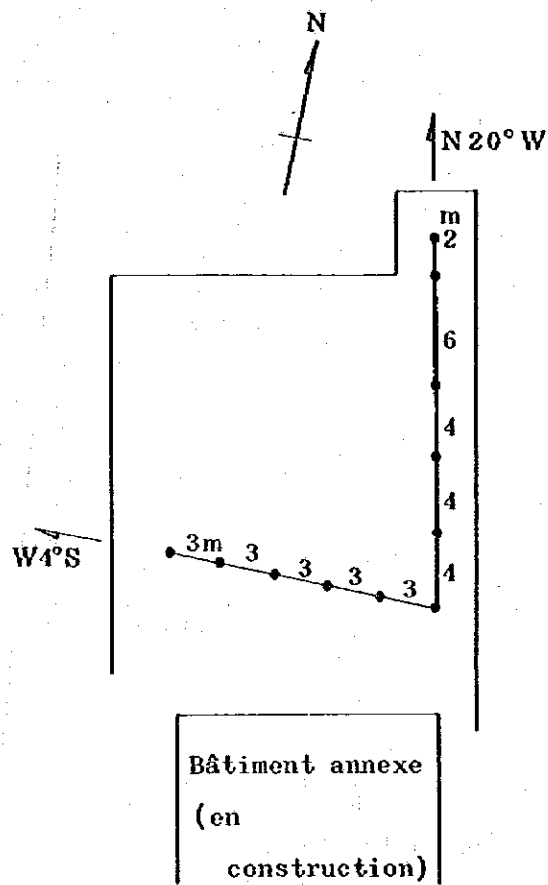


Fig. 3-7 Ligne de mesure à l'usine de meunerie SEMPAC (N° 1)

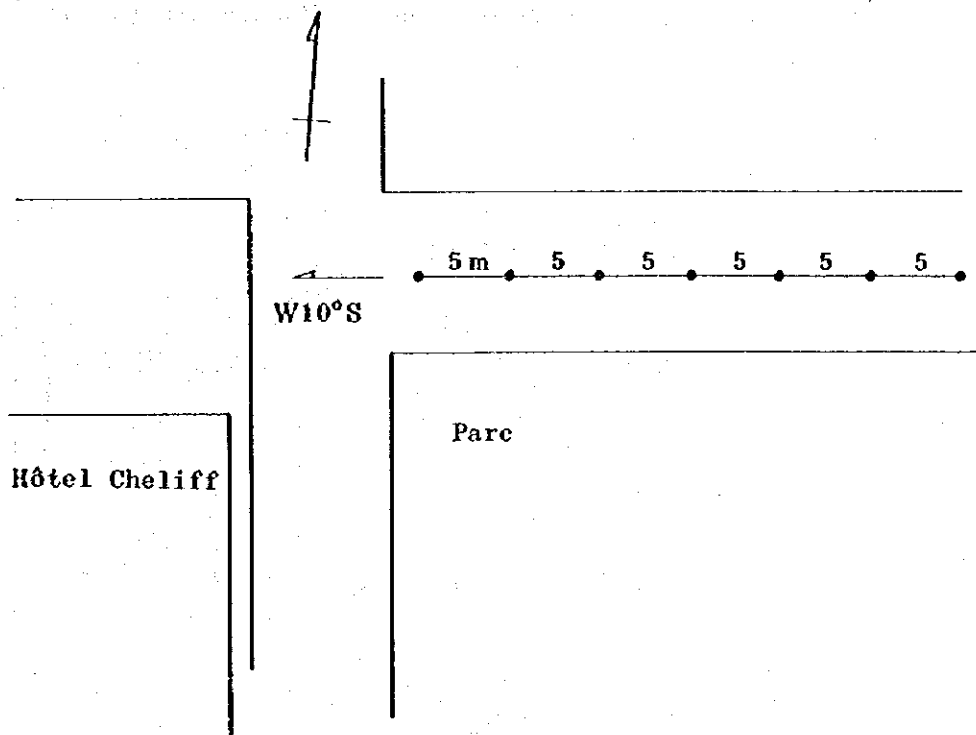


Fig. 3-8 Ligne de mesure de l'hôtel Cheliff (N° 2)

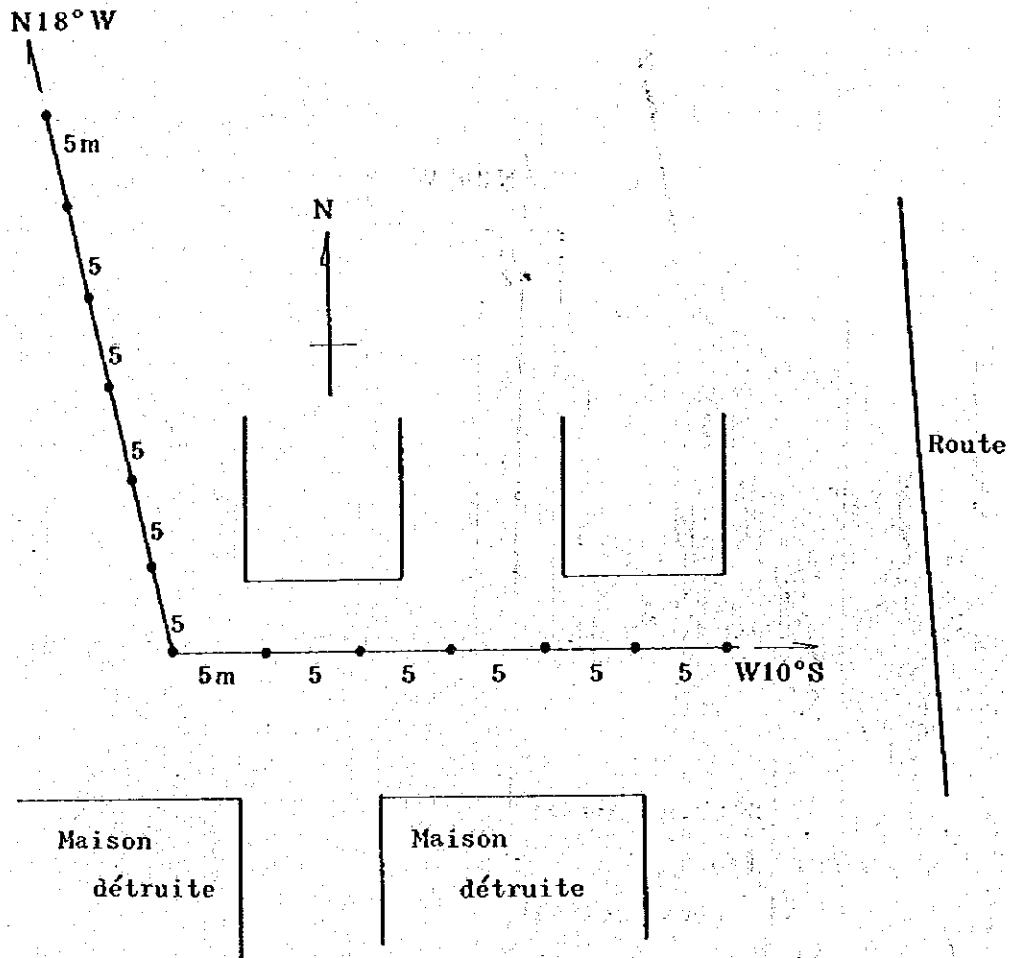


Fig. 3-9 Ligne de mesure du grand ensemble (N° 3)

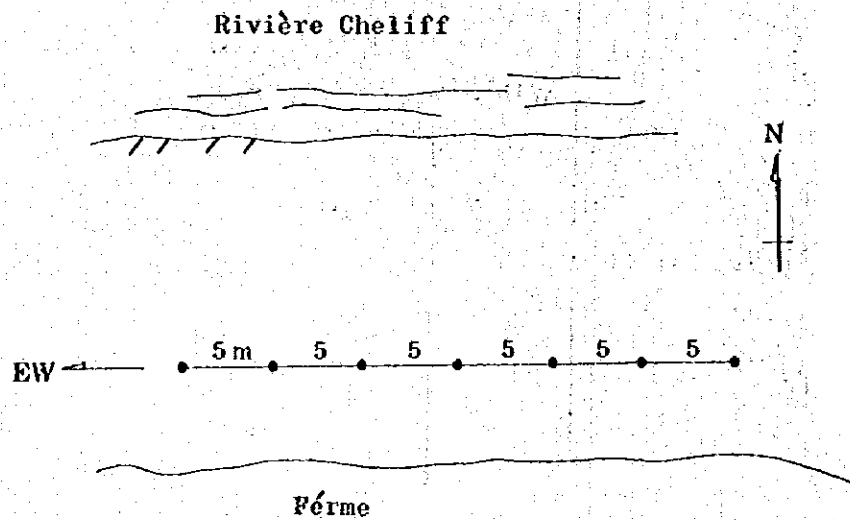


Fig. 3-10 Ligne de mesure de la rive de la rivière Cheliff (N° 4)

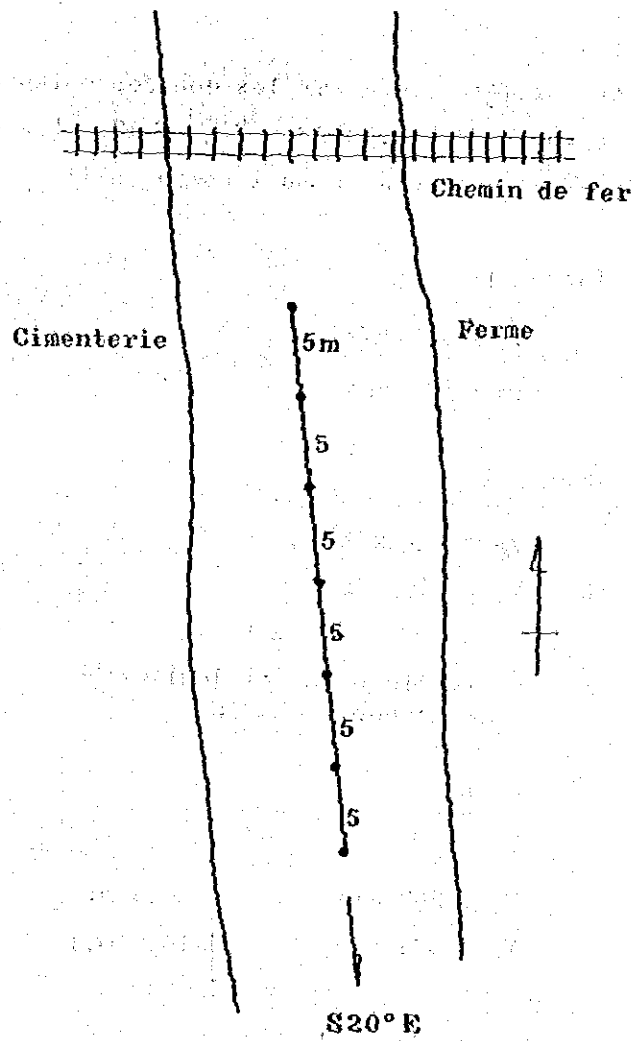


Fig. 3-11 Ligne de mesure de la Cimenterie (N° 5)

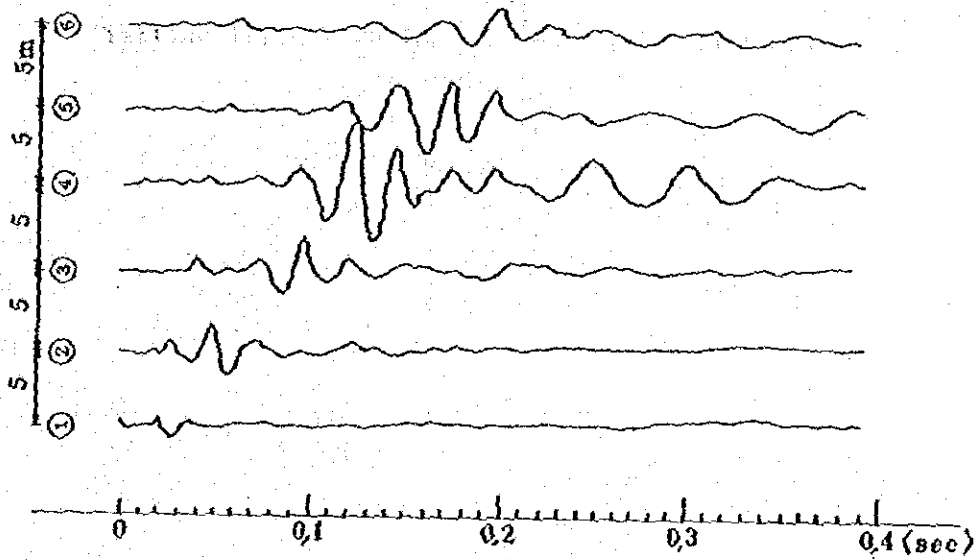


Fig. 3-12 Exemple d'examen aux ondes élastiques (Cimenterie)

2) Résultat des mesures

La structure du sol déterminée par les données obtenues dans chaque site est comme on le voit aux Fig. 3-13 ~ Fig. 3-17. Les commentaires concernant les mesures de chaque site sont comme suit:

| Examen 1 | |
|----------|-------------------------|
| /// | $V_s = 245 \text{ m/s}$ |
| | $V_p = 472 \text{ m/s}$ |
| Examen 2 | |
| /// | $V_s = 231 \text{ m/s}$ |
| | $V_p = 429 \text{ m/s}$ |

Fig. 3-13 Structure du sol de l'usine de meunerie SEMPAC

| | | |
|-----|---------------------------|------------------------------|
| /// | $V_s = 260 \text{ m/s}$ | ↑ 4,5 m. (4,6 m.) ↓ |
| | $V_p = 375 \text{ m/s}$ | |
| /// | $(V_s = 625 \text{ m/s})$ | |
| | $V_p = 830 \text{ m/s}$ | |

Fig. 3-14 Structure du sol de l'hôtel Cheliff

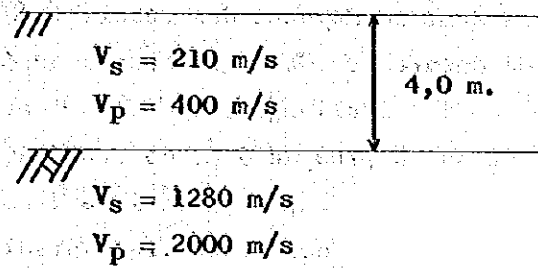


Fig. 3-15 Structure du sol du grand ensemble

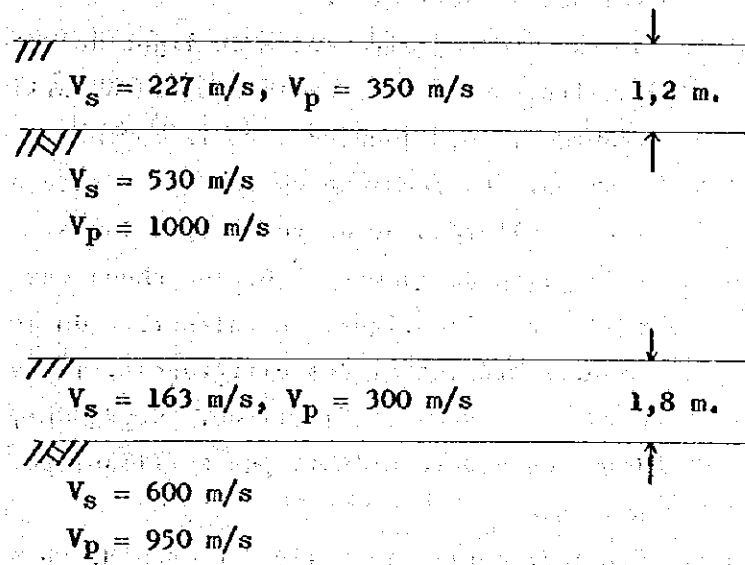


Fig. 3-16 Structure du sol de la rive de la rivière Cheliff

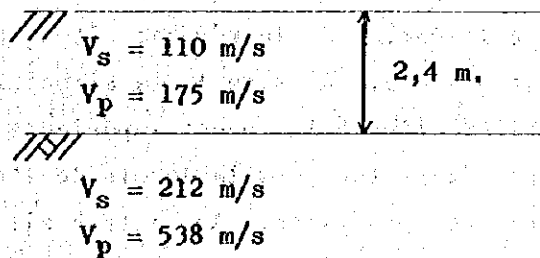


Fig. 3-17 Structure du sol de la Cimenterie

- Site 1: Les données sont la moyenne des résultats des 3 épreuves pour la ligne de mesure 2. Comme la couche supérieure était enlevée à ce point et que l'allongement était d'environ 20 m., la structure du sol à plus de 5 m. de profondeur n'est pas claire.
- Site 2: Comme il y avait beaucoup de parasites dans les enregistrements de mesure, la vitesse des ondes transversales de la deuxième couche indiquée entre parenthèses est d'une fiabilité inférieure. D'autre part, l'épaisseur de 4,6 m. de la couche supérieure indiquée entre parenthèses est le résultat obtenu par les ondes verticales.
- Site 3: L'état d'enregistrement à la ligne de mesure 5 n'étant pas bon, la structure du sol a été estimée à partir de la ligne de mesure 4. Les données sont la moyenne des résultats des 2 examens. La deuxième couche de ce site doit être composée de roches altérées ou de roches peu dures.
- Site 4: A la ligne de mesure N° 6, les choc ont été appliqués aux 2 côtés de cette ligne. La structure du sol déterminée par ces mesures présentant des différences, il est à supposer que la deuxième couche est inclinée. Cependant, l'allongement de la ligne de mesure n'était pas suffisant pour déterminer l'inclinaison.
- Site 5: Contrairement à la ville d'EL-ASNAM, ce site est situé dans une zone au sol bas et plane, avec une couche supérieure formée d'alluvions. La deuxième couche semble être composée de diluvium.

3-4 Caractéristiques de réponse du sol

Nous avons effectué l'analyse de la réponse sismique par rapport à la structure du sol des sites 2 à 5. Au site 1, la structure du sol étant inconnue, l'effet d'amplification à la couche supérieure ne se révèle pas. L'amplitude de la surface étant toujours le double de l'onde incidente, l'analyse de la réponse n'est pas faite. Aux autres sites, nous avons fait l'analyse par la méthode de réflexion double, en considérant comme base la deuxième couche. Vu que la constante du sol a été déterminée par les résultats des examens aux ondes élastiques et que ces constantes sont les valeurs des distorsions minuscules, nous avons pris compte de la dépendance des distorsions des constantes élastiques. Dans ce cas, nous avons considéré

la couche supérieure comme diluvium et utilisé la Fig. 3-18 y relative. Ces valeurs sont le résultat d'examen dynamiques effectués maintes fois sur de l'argile diluviale et expriment le taux de baisse de la constante élastique en cas de grande amplitude de distorsion contre le coefficient d'élasticité transversale en cas de distorsion de cisaillement minuscule.

La distorsion de cisaillement de la Fig. 3-18 est relative à la charge répétée du genre ondes sinusoïdales et comme la réponse à la puissance d'entrée des secousses sismiques présente des mouvements irréguliers, la provenance des distorsions de ces 2 est différente. Alors, il n'est pas convenable de placer ensemble l'amplitude maximum de distorsion des examens avec l'amplitude maximum de distorsion par l'analyse des réponses sismiques. Ainsi, pour mettre ces 2 en rapport, nous utiliserons un modèle admettant que leurs valeurs effectives (r m s) sont égales. En exprimant l'amplitude de distorsion maximum par a et sa valeur effective par Ps, le rapport sera le suivant:

$$P_s = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

D'autre part, lorsque des ondes irrégulières comme pour les réponses d'accélération des analyses des réponses sismiques apparaissent, le rapport de l'amplitude maximum b avec la valeur effective Ps est à peu près comme ci-dessous:

$$P_s = \frac{b}{3}$$

Ainsi, en réunissant ces 2, on aura:

$$\frac{a}{b} = 0,5$$

Cela veut dire qu'il suffit de prendre comme axe horizontal de la Fig. 3-18 l'amplitude de distorsion maximale de l'analyse de réponse multipliée par environ 0,5.

Nous avons choisi, au moment de l'analyse des réponses du sol, la composante S69°E de Taft (1952). Ces données ont été obtenues à l'intérieur d'un tunnel dans du diluvium solide, proche à du rocher, sans subir l'effet amplificateur de la couche supérieure. De plus, la régularité relative des spectres de réponse exprimant les caractéristiques des vagues est appropriée pour les choisir comme forme d'ondes de puissance d'entrée. L'accélération maximum de ces données est de 176 gal, mais en admettant 200 gal pour

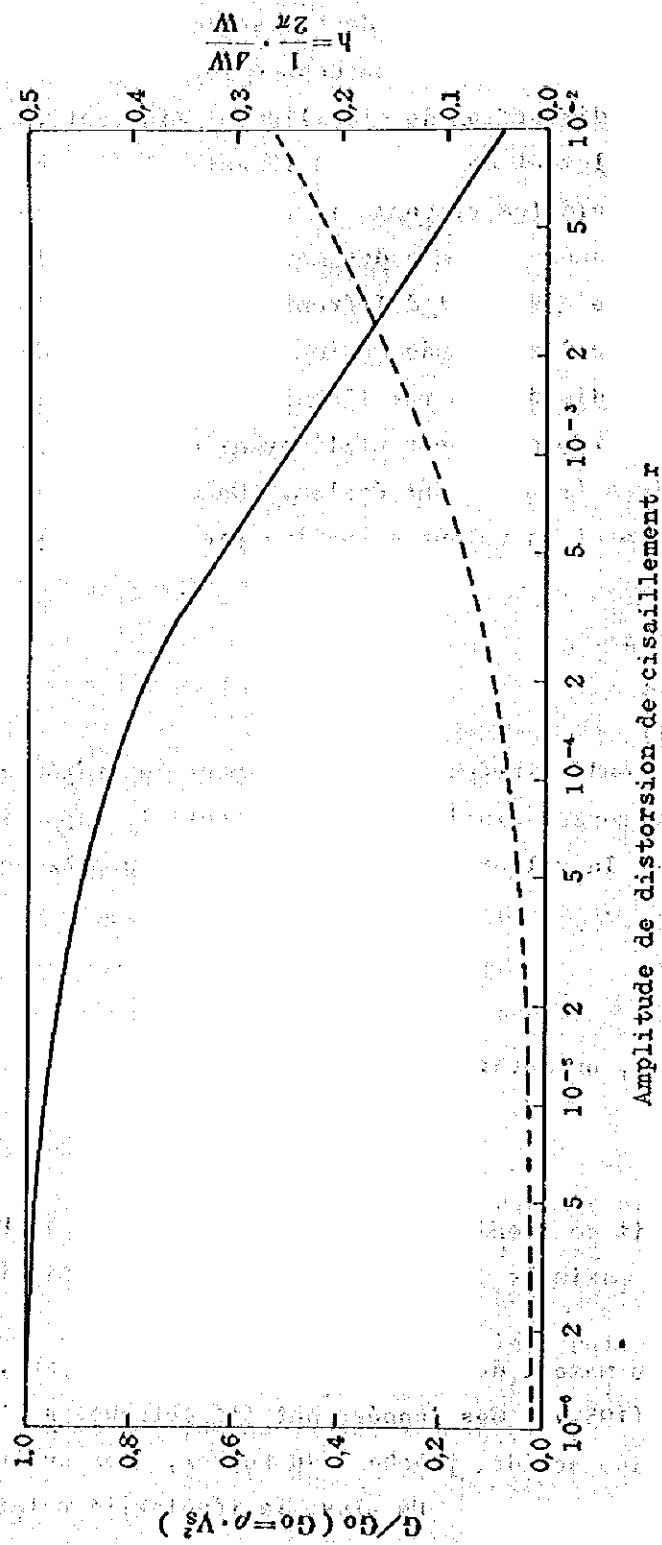
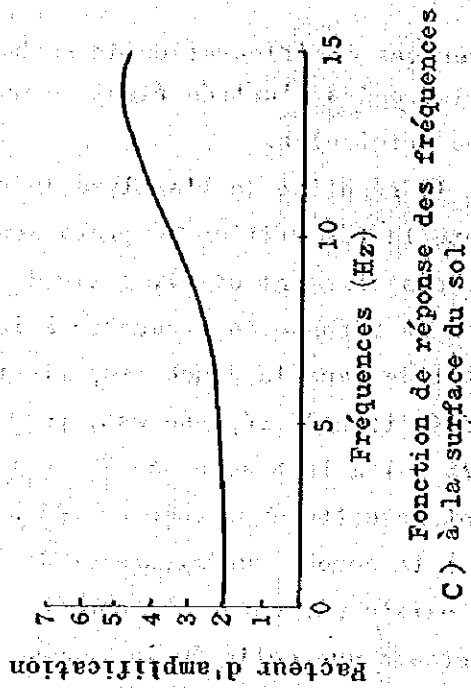
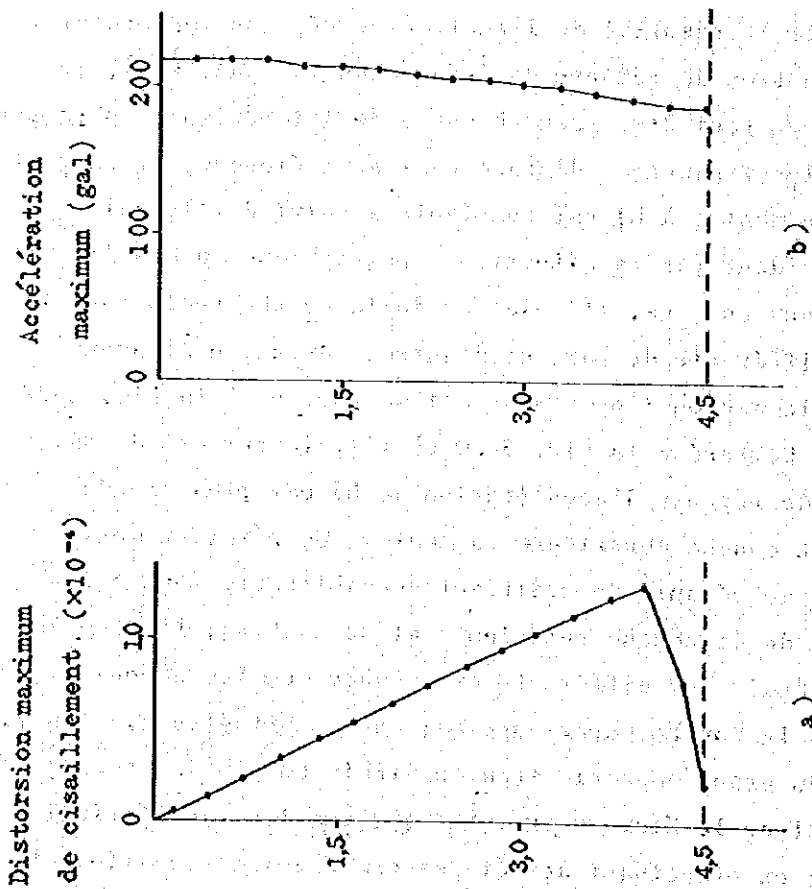


Fig. 3-18 Relation $G/G_0 \sim r$ et relation $h \sim r$ utilisées dans le calcul de la réponse

accélération maximum en cas d'affleurement de rocher, suivant le résultat d'estimation de 3-2, les ondes d'entrée étant de moitié, nous avons adopté 100 gal pour les ondes originales.

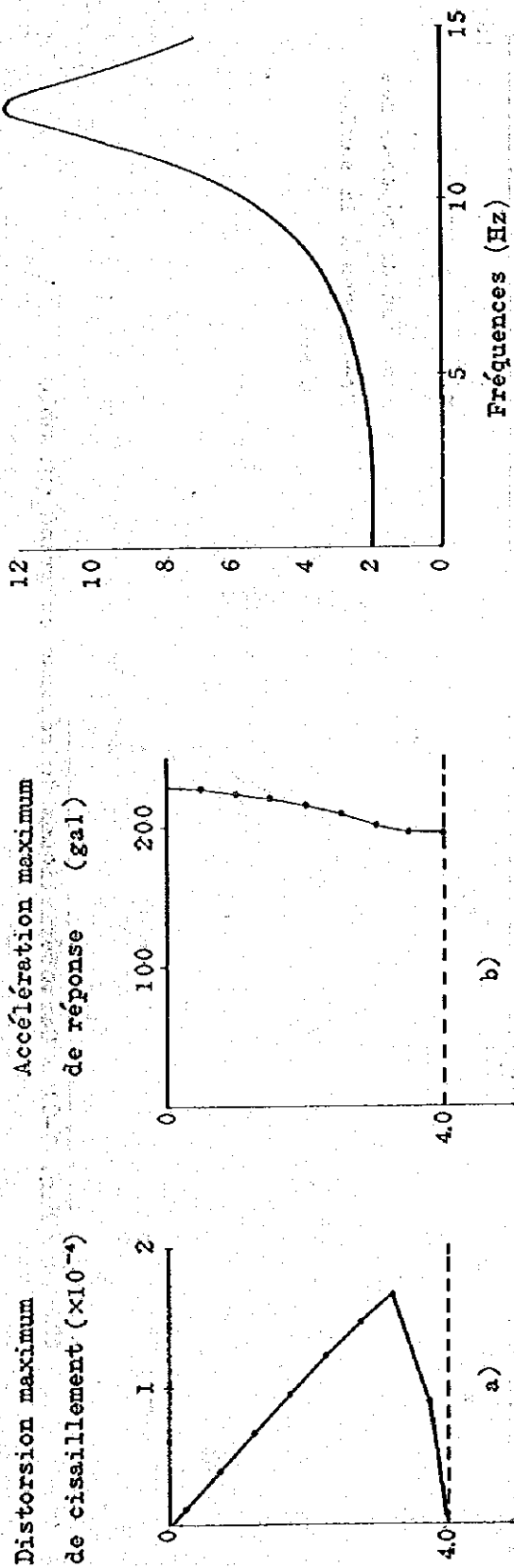
La Fig. 3-19 est le résultat de l'analyse de réponse au site de l'hôtel Cheliff. a) représente la répartition de profondeur et de direction de la distorsion maximum de cisaillement et b), celle de l'accélération maximum. c) indique la fonction de réponse de fréquence à la surface du sol. Suivant ces résultats, l'amplitude dans la couche supérieure à une profondeur de 4,5 m. est petite; l'accélération de réponse est, pour 100 gal d'amplitude des ondes d'entrée, de 175 gal à la base et de 235 gal à la surface du sol. Le degré peu important de cette amplitude est dû à la vitesse rapide des ondes transversales à la couche supérieure et de l'épaisseur mince de la couche. Ainsi, s'il existe une couche au contraste fort d'impédance à une profondeur plus importante que celle de la couche supposée de base, une pointe apparaîtrait dans la zone des secousses de la fonction de réponse des fréquences indiquée à la figure c), et le rapport de réponse d'accélération pourrait augmenter.

La Fig. 3-20 présente le résultat de l'analyse de réponse concernant le grand ensemble. A la fonction de réponse de fréquences indiquée à c), le rapport d'amplitude maximum peut être grand à cause de l'importance du rapport d'impédance, mais comme les fréquences d'ordre égal sont élevées, le rapport de vitesse d'accélération montré à b) est semblable à celui de l'hôtel Cheliff. Comme il est évident par la situation topographique du grand ensemble qui est adossé aux coteaux, l'épaisseur de la couche recouvrant le rocher doit être assez différente de part et d'autre. Aussi, nous avons présenté à la Fig. 3-21 le cas où l'épaisseur est de 2 m. et à la Fig. 3-22, lorsqu'elle est de 8 m. Comparé à la Fig. 3-20 où l'épaisseur est de 4m., on voit que l'amplitude de réponse d'accélération de b) est plus grande lorsque l'épaisseur de la couche supérieure augmente. Ce résultat montre que les caractéristiques de réponse se modifient sensiblement, même à une constante d'accélération de la couche supérieure et de la base, lorsque la couche supérieure a une épaisseur différente et suggère que les secousses du sol et l'épaisseur de la couche supérieure ont un rapport étroit. Ainsi, si la structure du sol du grand ensemble sera éclaircie en plusieurs endroits, il sera possible d'effectuer le Microzonage sismique sur les caractéristiques de réponse sismique en effectuant des études comme celles susdites et de vérifier son efficacité en faisant la comparaison avec les dégâts sismiques subis réellement. D'autre part, en réalisant un Microzonage et en



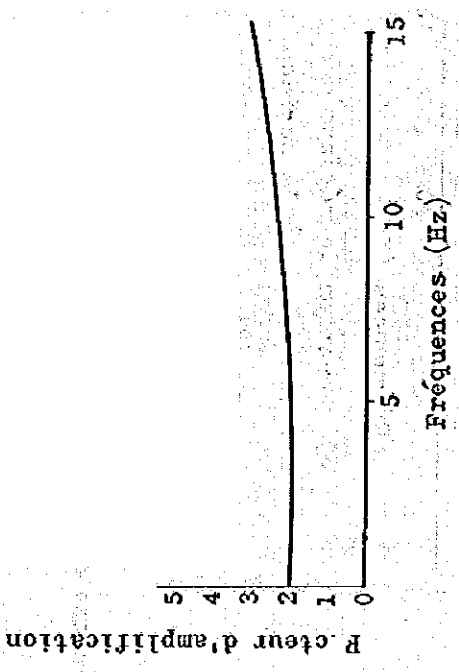
Fonction de réponse des fréquences
C) à la surface du sol

Fig. 3-19. Caractéristiques de réponse à l'hôtel Cheliff



c) Fonction de réponse des fréquences à la surface du sol

Fig. 3-20 Caractéristiques de réponse au grand ensemble



c) Fonction de réponse des fréquences à la surface du sol

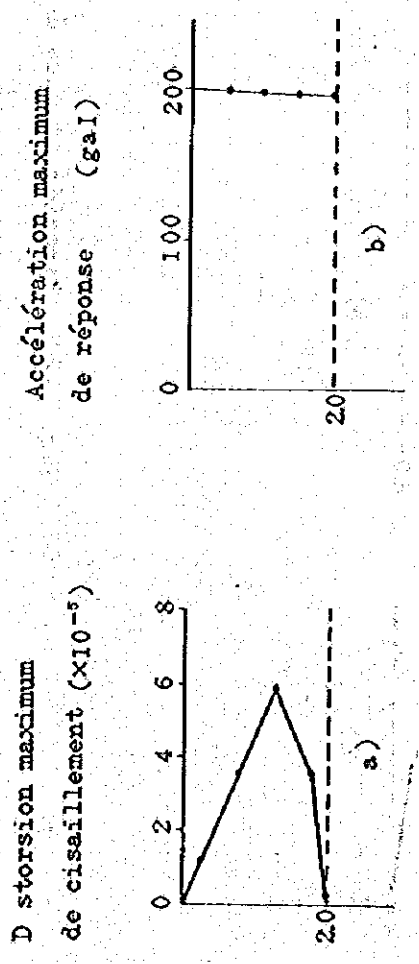
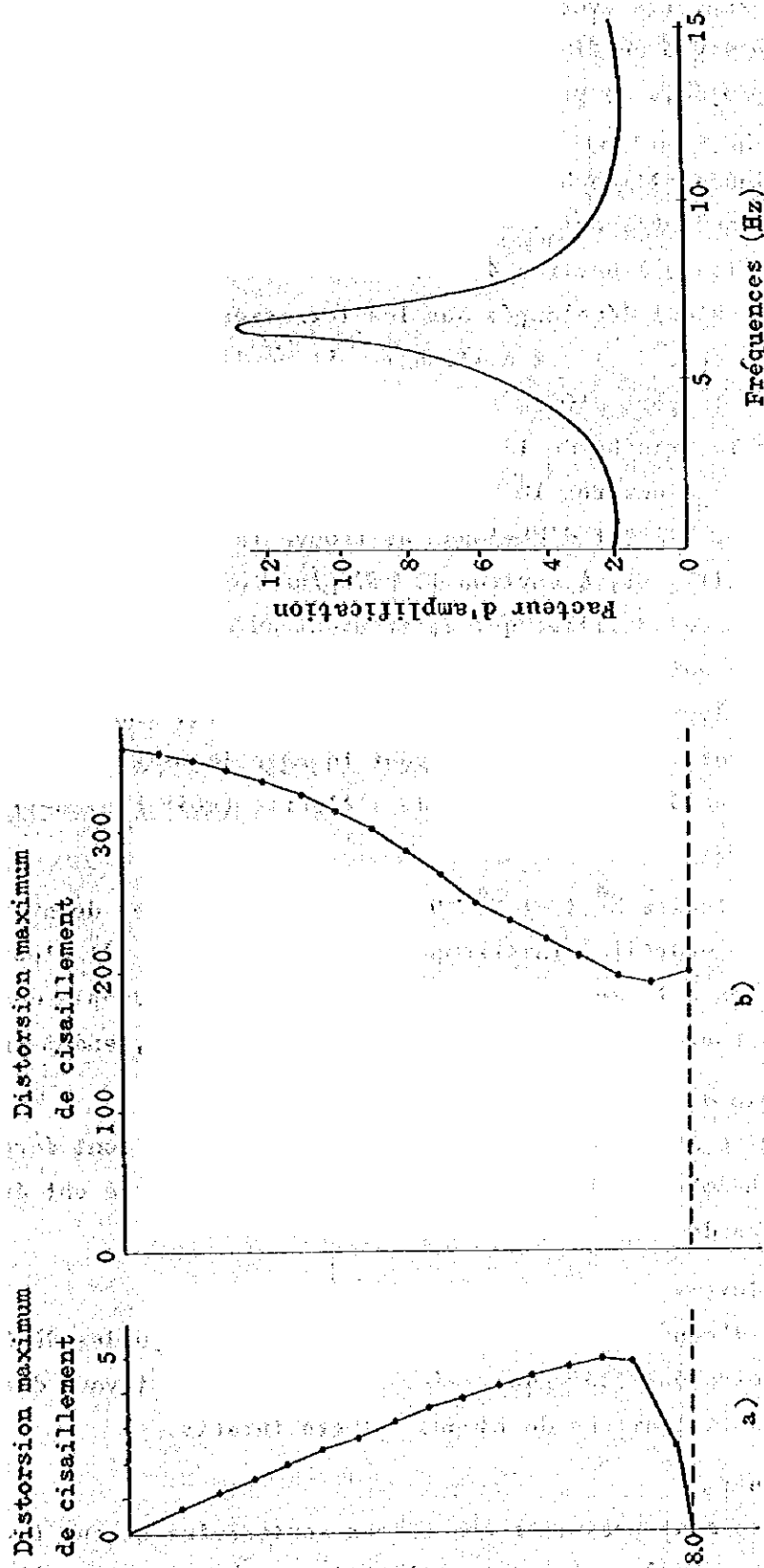


Fig. 3-21 Caractéristiques de réponse au grand ensemble



c) Fonction de réponse des fréquences à la surface du sol

Fig. 3-22 Caractéristiques de réponse au grand ensemble