

carono solo nella zona di sovrapposizione fra arenarie e argilloscisti. La mancanza di analoghi fenomeni sul versante occidentale dei Monti Chuska starebbe ad indicare che il piccolo angolo di inclinazione (10°-12°) della superficie di discordanza è un angolo critico.

Tuttavia, questo slittamento della formazione arenacea, nel suo insieme, su quella argillosa, può giustificare lo spostamento orizzontale dei blocchi ma non l'abbassamento, che dovrebbe interessare le sabbie per molte centinaia di metri di spessore. Perciò i movimenti devono essersi verificati anche lungo distinti piani di slittamento paralleli fra loro e sub-orizzontali, localizzati entro le stesse sabbie e variamente distanziati l'uno dall'altro (v. fig. 2).

b) Condizioni climatiche

Le tre aree di frana corrispondono a tre distinti periodi caratterizzati da condizioni climatiche diverse dalle attuali e che si possono ricondurre a quelle caratterizzanti il Pleistocene alpino e subalpino.

Attualmente le precipitazioni medie annue nella regione sono dell'ordine di 500 mm e la temperatura media annua si aggira intorno ai 4,5°C.

Le condizioni climatiche del Pleistocene dovevano invece essere profondamente diverse dall'attuale. Infatti con l'analisi pollinica e con lo studio del rapporto C_{14}/C_{12} , eseguito su sedimenti raccolti nei laghetti posti sul pianoro sommitale della catena, si è stabilito che il limite della vegetazione sempreverde subì, in un certo momento del tardo Pleistocene, un brusco abbassamento fin verso la quota dell'attuale cima e precisamente verso i 2600 m.

Le condizioni climatiche dovevano essere cioè caratterizzate da temperatura annua media più bassa e da precipitazioni, soprattutto nevose, più intense delle attuali. Inoltre, la copertura vegetale capace di ostacolare l'infiltrazione dell'acqua doveva essere molto ridotta. In conseguenza, il livello della falda contenuta nella formazione arenacea doveva essere molto più alto dell'attuale.

c) Condizioni idrauliche e meccanica del movimento

La maggior altezza della falda freatica durante il Pleistocene deve avere avuto, quindi, effetto determinante sulla stabilità della parete orientale e sulla meccanica del movimento.

Con livello freatico alto si sarebbero avute più elevate pressioni dell'acqua interstiziale e, di conseguenza, una riduzione della resistenza al taglio del terreno. Le parti meno cementate sarebbero pertanto rifluite verso l'esterno.

Secondo gli AA., le frane verificatesi sarebbero da attribuire anche a fenomeni di sifonamento localizzati entro le parti parzialmente sciolte della formazione arenacea ed in cui il movimento acqua-solido, invece di procedere dal basso verso l'alto, procedette lungo l'orizzontale.

Poiché il livello freatico sembra regolato dagli argilloscisti mesozoici sottostanti al complesso are-

naceo-sabbioso, come dimostrano le numerose sorgenti ubicate al contatto tra le due formazioni, l'attuale assenza di frane è probabilmente dovuta all'abbassarsi di detto livello e, conseguentemente, al basso valore della pressione neutra.

Un nuovo innalzamento del livello freatico potrebbe però provocare altri movimenti franosi, sia lungo la superficie di separazione arenarie-argilloscisti, che all'interno delle arenarie stesse.

A. Polimanti

Il terremoto di Agadir del 29 febbraio 1960

(*Le seisme d'Agadir du 29 fevrier 1960 - Note e Memorie del Servizio Geologico del Marocco*, n. 154; Ed. del Servizio Geologico, 1962).

Monografia edita nel 1962 dal Ministero del Commercio, Industria, Miniere, Artigianato e della Marina Mercantile (Direzione delle Miniere e della Geologia - Divisione della Geologia) del Marocco redatta da F. DUFFAUD, J. P. ROTHE', J. DEBRACH, P. ERIMESCO, G. CHOUBERT e A. FAURE-MURET e facente parte delle edizioni del Servizio Geologico del Marocco (Note e Memorie n. 154).

La monografia si compone di 5 parti, trattata ciascuna da uno o due autori e riguardanti rispettivamente:

- 1) il quadro geologico della regione di Agadir a cura di F. DUFFAUD;
- 2) il sisma di Agadir e la sismicità del Marocco a cura di J. P. ROTHE';
- 3) il rapporto preliminare sul terremoto del 29 febbraio 1960 steso da J. DEBRACH, Capo del Servizio di Fisica Terrestre e di Meteorologia di Casablanca;
- 4) il terremoto nella baia di Agadir a cura di P. ERIMESCO;
- 5) gli effetti e l'interpretazione geologica di quel terremoto a cura di G. CHOUBERT e A. FAURE-MURET.

La monografia di 68 pagine di testo è corredata di 14 figure, 6 tabelle, 4 tavole fuori testo e 23 tavole di fotografie.

Le 14 figure si riferiscono a 4 sezioni geologiche a scale varie, due cartine delle isosisme di Agadir e dintorni, una in scala maggiore di Agadir e periferia, una fotografia e una pianta delle crepe apertes di Agadir, una cartina della "zonizzazione", sismica (con le zone di sismicità probabile) della regione di Agadir in scala circa 1 a 5 milioni, mareogramma in occasione del sisma del 29-2-1960, sezione geologica e tettonica relativa alla localizzazione dell'ipocentro, cartina della tettonica e sismicità della costa atlantica (fra Marocco e Spagna).

Delle 6 tabelle la prima contiene le caratteristiche del terremoto del 29-2-1960 e le relative registra-

zioni nelle varie stazioni sismologiche del mondo; la tab. 2 l'elenco degli epicentri dei terremoti nel Marocco dal 1919 al 1960 con l'ora, le coordinate, la classe, numero di stazioni che li hanno registrati ed avvertenze; la tab. 3 i risultati delle registrazioni all'osservatorio Averroës (Berrechid) dei terremoti del 1960 avvertiti nella regione di Agadir; la tab. 4 i tempi di registrazione del terremoto d'Agadir in alcune stazioni sismologiche del mondo; la tab. 5 i risultati preliminari delle determinazioni macrosismiche nella regione di Agadir (prov. di Agadir e di Marrakech); la tab. 6 le date, le intensità e gli epicentri dei terremoti del Marocco dal 1934 al 1951.

Le 4 tavole fuori testo comprendono: carta geologica della regione di Agadir 1:50.000; cartina della sismicità del Marocco e regioni limitrofe; cartina di Agadir e dintorni con le curve di livello della superficie limite superiore del Maghrebiano (Calabriano) che lascia vedere la flessura e ramificazioni passanti per il sottosuolo di Agadir; carta 1:100.000 con le isosisme della regione che mostra il rapporto del sisma con le faglie e la flessura passanti per Agadir e dintorni.

Le 23 tavole contenenti le fotografie delle località colpite dal terremoto molte volte riportano lo stato precedente, quello immediatamente posteriore al terremoto e talora anche quello dopo la ricostruzione; in qualche fotografia, come per es. in quelle della tav. 11, dallo stato di completa disgregazione delle strutture in c.a. sorge il dubbio sulla bontà dei calcestruzzi; in genere, però, dalle fotografie risulta che il crollo delle opere in c.a. non può addebitarsi alla confezione dei relativi calcestruzzi. Molto istruttive sono anche le fotografie mostranti come antiche mura di cinta con le loro porte e torri (relativamente basse) siano crollate, disgregandosi integralmente.

Nel capitolo del quadro geologico della regione di Agadir, tratto dai risultati delle ricerche geologiche condotte precedentemente dalla *Société cheifienne des pétroles* (Rabat), F. DUFFAUD, geologo di questa società, deduce che il sisma di Agadir non è che la conseguenza di una ripresa (riattivazione) attuale dell'orogenesi della catena dell'Atlante di cui un particolare è il cosiddetto « *accidente d'Agadir* ». Tale accidente, uno dei più importanti delle dislocazioni tettoniche dell'Atlante occidentale, è costituito dalla flessura della piega raddrizzata di stile atlasico (per cui gli strati del Cretacico con il sovrastante terziario nella piana del Souss si trovano abbassati di un paio di migliaia di metri rispetto alla loro continuazione nell'Atlante) alla quale si aggiunge un sistema di faglie (*faille des sources d'Agadir*) piuttosto complicato nei particolari. Il tutto è esaurientemente illustrato dai profili e dalle carte geologiche nonché da qualche figura di dettaglio annessa (sia a questo, che alle parti trattate dagli altri AA.). Interessante è che parte di queste dislocazioni è postcalabriana e ricade appunto sotto l'area epicentrale del terremoto in esame.

La trattazione di J. P. ROTHE' è sviluppata in tre capitoli: il sisma di Agadir con le conclusioni gene-

rali relative alla ricostruzione di quelle città; la sismicità del Marocco; la sismicità della regione nella quale era prevista la costruzione di una diga di sbarramento. Segue la bibliografia. Si riassume qui di seguito il contenuto dei due primi capitoli, si rimanda al testo originale per la trattazione dell'argomento speciale della sismicità del territorio in cui ricade il progettato lago artificiale di Mechra Kila.

Epicentro

30° 27' N, 9° 37' W, un punto situato, cioè, a circa 1 km a nord del sobborgo di Yachech. L'approssimazione è dell'ordine del chilometro. L'epicentro ricade fra la isosisma di grado IX e quella pleisosismica di grado X e non entro l'area del grado X.

Andamento delle isosisme

Le isosisme delle maggiori intensità si allungano approssimativamente in direzione SW - NE; le altre deviano di molto (e diversamente, secondo gli altri Autori delle monografie) da tale direzione.

Il raggio dell'area delimitata dall'isosisma VII è di appena 5 chilometri circa, un settimo quasi di quello del terremoto d'Orléansville del 9 settembre 1954.

Come intensità X è stata assunta quella delle aree nelle quali si sono avute distruzioni totali, crepe nelle strade e franamenti. Per intensità di grado IX è stata assunta quella per cui si sono avute distruzioni totali o parziali di edifici solidi e così via fino al grado VII attribuito ai quartieri nei quali si sono avute lesioni e cadute di intonaco.

Per lo studio macrosismico nelle zone montagnose a N ed a NE di Agadir, ROTHE' rimanda allo studio di CHOUBERT e FAURE-MURET.

Effetti sul terreno

Salvo qualche crepa del suolo dettagliatamente descritta (di cui qualcuna ricadente in riporti, ma altre su terreno naturale in corrispondenza di linee tettoniche regionali) e qualche franamento piuttosto localizzato, ROTHE' non cita altro; ricorda però i vulcanetti di sabbia (*craterléts*) descritti da AMBROGGI, i « minuscoli crateri di sabbia » — all'imbocco del Souss, a 6 km a S della città — provocati dallo sgorgo di sorgenti temporanee, lungo le crepe entro i terrazzi fluviali delle sponde del fiume. Quivi la falda sotterranea del Souss, che giace a 1 o 2 metri soltanto di profondità, sotto l'effetto delle pressioni create dalla scossa, è risalita attraverso le fessure, trascinando in superficie grandi quantità di sabbia e dando luogo a manifestazioni sorgentizie.

Magnitudo del sisma ed energia liberata all'ipocentro

ROTHE' si è basato sulle determinazioni di Strasburgo, Roma, Mosca, Ken, Zagabria, Praga e Collberg;

fra i valori oscillanti da 6 a 5,75 ha prescelto 5,75 utilizzando la formula di RICHTER ($\log E = 11,4 + 1,5 M$) ha tratto per l'energia il valore di 10^{20} ergs (1/33 di quella di Orléansville, 1950; 1/450 di quella di Messina, 1908 e 1/80.000 di quella di Lisbona, 1755).

Profondità dell'ipocentro

Applicando le formule di SHEBALIN, KARNIK, GUTENBERG, l'A. trova valori delle profondità (h) dell'ipocentro variabili fra 1,3 e 2,6 km; assume il valore di 2 - 3 km.

Scosse premonitrici e repliche

Due scosse premonitrici (23 febbraio a 12^h e 16' debolmente avvertita, 29 febbraio 11^h 45', 12 ore cioè prima della scossa principale, molto forte, ma non sufficiente da far allontanare la gente dalle case). Una prima scossa, piuttosto forte (da far cadere qualche muro e tramezzo), si ebbe 1 ora e 21 minuti dopo la catastrofe. Nel mese di marzo si avvertì un centinaio di repliche non forti; non si sa se gli ipocentri di queste repliche si siano spostati rispetto a quello del terremoto principale.

Fenomeni accessori

Di qualche bassofondo marino accusato da alcuni non si sono avuti elementi obbiettivi sicuri; non si sono riscontrati segni di maremoto; i bagliori rilevati da alcuni sembrano da attribuirsi a corti circuiti; si parlò di forte odore solforoso o forse meglio di ozono, sec. l'A.

Interpretazione geologica

L'A. concorda con le idee di AMBROGGI (vedi rec. a parte) e con quelle di DUFFAUD. Lo stesso A. constatò che, contrariamente a ciò che avviene di frequente, le coltri alluvionali non hanno esaltato la scossa nella pianura del Souss; soltanto localmente si sono aperte fessure e formati i vulcanetti già ricordati.

ROTHE' concorda con AMBROGGI nel riconoscere che, mentre la faglia del Tildi ha frenato le onde distruttive, la faglia del Lahonar le ha fermate.

ROTHE' conclude infine col dire che il sisma in esame si dovette ad un movimento prodottosi a 2-3 km di profondità nell'elemento (tettonico) preatlasico; il movimento innescò una rottura lungo la fessura sud-atlasica che funziona da cerniera fra l'Atlante piegato e la fossa di subsidenza (geologica) della pianura del Souss.

Le distruzioni nella città

L'A. riporta le notizie più importanti relative ai danni sofferti nei diversi quartieri di Agadir nel modo che qui si schematizza.

Quartieri	% delle distruzioni	caratteristiche del suolo e sottosuolo	tipi di costruzioni e tipi di danni
Casba	100	nelle vicinanze o sulla fessura sud-atlasica	— costruzioni berbere antiche in terra pigiata — costruzioni più recenti in pietra
Yachech	»	»	»
Founti	»	direttamente attaccato al pendio sul fianco dell'anticlinale in una zona pericolosissima	costruito nel 1920-30: principalmente case a 1-3 piani con muri in muratura e solai in calcestruzzo
Talborj	90	fondazioni su una serie di strati radrizzati costituenti una alternanza di arenarie, calcari e marne (di caratteristiche meccaniche molto diverse)	costruito nel 1935-50: per il resto come il Founti
Quartiere amministrativo	70	probabilmente lo effetto fu dovuto alla funzione di piastra vibrante assunta dalla coltre quaternaria orizzontale, poggiante sulla pila di strati molto inclinati sottostanti	vari: vedi descrizione di molti edifici nel testo

Tipi di danni

L'A considera:

- 1) distribuzione topografica dei danni;
- 2) orientamenti dei dissesti in rapporto alla posizione dell'epicentro;
- 3) comportamento mostrato dagli edifici pubblici o destinati ai servizi pubblici;
- 4) opere portuali.

Si riassumono qui di seguito le notizie fondamentali.

Distribuzione dei danni

La ripartizione dei danni è stata tanto « irregolare » che taluni hanno pensato alla formazione di nodi e di ventri nelle onde sismiche arrivate sotto quei centri.

Orientamento dei dissesti in rapporto alla posizione dell'epicentro

L'A. descrive gli orientamenti delle lesioni, distacchi, crolli ecc. di molti grandi edifici nei vari quartieri e relativi annessi; tali orientamenti confermano grossolanamente la posizione dell'epicentro, individuato per altre vie.

Comportamento di edifici pubblici o di servizi pubblici

L'A. riferisce sul comportamento di vari edifici di cui: alcuni di uno o due piani, ma ben eseguiti e ben fondati (qualcuno con pali profondi una decina di metri) hanno risposto bene, salvo lesioni, distacchi di pannelli e cadute di tramezzi, aperture di giunti (d'altronde previsti, questi ultimi); altri hanno risposto male a causa di cattiva malta, difetto di attacchi dei pannelli e dei tramezzi (questi dissesti si sono rilevati decrescenti, procedendo dal piano terra verso i piani superiori: talora il 3° piano è risultato quasi indenne; secondo qualche tecnico, tale differenza di effetto è dovuto allo smorzamento della scossa lungo l'ossatura); in molti edifici sembra che abbiano ceduto i piani inferiori in seguito alle sollecitazioni trasmesse da quelli superiori per effetto delle componenti verticali delle scosse (che debbono essere state importantissime); talvolta però sono crollati soltanto i piani superiori male legati a quelli inferiori.

Opere portuali

Buona parte dei danni da esse subiti sono da attribuire ai cedimenti differenziali (sotto lo scuotimento sismico) dei riempimenti e delle gettate.

Suggerimenti relativi alla ricostruzione di Agadir

L'A. si pone tre domande:

- 1) è probabile che si ripeta un nuovo sisma col medesimo epicentro?
- 2) vi sono esempi di città o paesi spostati in seguito a terremoti del passato e che in occasione di successivi terremoti hanno dimostrato la bontà dei criteri seguiti?
- 3) quale è il valore da assumere per l'accelerazione massima nella zona in esame, quali zone possono ricostruirsi e quali precauzioni debbono essere prese?

Previsioni

Alla prima domanda l'A. risponde che tale probabilità sussiste, se ci si riferisce a periodi di tempo abbastanza lunghi; ritiene perciò doveroso prevedere un terremoto della stessa intensità e con epicentro vicino a quello del 1960.

Esempi di spostamenti di abitati

In merito alla seconda domanda, l'A. cita i casi di buona riuscita descritti da ILHAN per la Turchia: un centro abitato fu spostato da aree costituite dalle ma-

cerie di precedenti terremoti col pelo libero della falda freatica a 3-4 m di profondità su alluvioni antiche ben consolidate col pelo libero della falda freatica a circa 30 m di profondità; un altro centro ubicato su un pendio in calcari lacustri poggianti su marne argillose fu spostato in terreni pianeggianti; la creazione di fasce verdi (di 120 m di larghezza) lungo faglie attive.

Coefficienti sismici consigliabili

L'A. si riferisce ad una tabella di HOUSNER che espone i dati fondamentali (D, h, M e accelerazione massima con i periodi predominanti 0,3" - 0,5") di alcuni forti terremoti recenti (1934-1957, M da 5,3 a 7,7 ed acc. Max da 0,10 a 0,33 g). Rimandando per la giustificazione, ad un successivo paragrafo (*coefficienti sismici consigliati*), ROTHE' suggerisce di assumere per le nuove costruzioni un'accelerazione sismica massima di circa 0,10 g.

Suddivisione della zona in aree presentanti caratteristiche sismiche diverse in rapporto alla ricostruzione

Nel definire le aree più pericolose e nell'indicare quelle riedificabili o edificabili ROTHE' consiglia alcuni accorgimenti di carattere generale. Indica, perciò, le zone da destinare al verde, le precauzioni da seguire nella ricostruzione delle opere portuali e nelle costruzioni lungo la fascia delle dune; segnala le aree più idonee per la ricostruzione con le relative misure precauzionali e rileva il pericolo di maremoti, per cui vedi appresso (*regolamentazione antisismica*).

Sismicità del Marocco

Sulla base delle notizie storiche e dei dati sismologici relativi ai terremoti più recenti (dei quali dà un elenco dettagliato in un'apposita appendice), l'A. ha tracciato una cartina (1:2milioni) della sismicità del Marocco e delle regioni limitrofe (compresa la Spagna meridionale) nonché una zonizzazione del paese (1:5 milioni circa). Dallo studio eseguito l'A. deduce che numerosi centri abitati del Marocco hanno subito terremoti distruttivi; questi, anche se meno frequenti che in Algeria, sono però da prevedere così frequenti che occorre predisporre le precauzioni antisismiche per tutto il territorio Marocchino. L'A. esamina, quindi, il problema della *regolamentazione antisismica*.

Regolamentazione antisismica

In analogia a quanto era stato fatto per l'Algeria, l'A. ha proposto la divisione del territorio Marocchino in tre zone (non sismica; debolmente sismica, A; fortemente sismica, B) secondo una cartina annessa in scala di circa 1:5 milioni. Era stata anche ventilata l'idea di prevedere una zona C di elevatissima sismicità alla quale si sarebbe dovuto assegnare un coefficiente sismico di 0,15 g. L'A. ha proposto anche di aggiungere una fascia costiera nella quale sono da prevedere gli effetti di importanti maremoti provenienti dall'Atlantico.

Coefficienti sismici orizzontali

ROTHE', basandosi parzialmente sui criteri delle norme sismiche per l'Algeria, suggerisce i coefficienti sismici che si riportano nell'acclusa tabella.

Coefficients sismici orizzontali ($K = \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_3$) proposti da J. P. ROTHE' (1960) per il Marocco, tenendo conto anche delle raccomandazioni A.S. 55 (1) per la Algeria.			
Zone	coefficienti sismici		
	coefficienti di zona (σ_1)	coefficienti di terreno (σ_2)	coefficienti di profondità di fondazione (σ_3) (2)
zona non sismica	—	—	—
zona a debole sismicità (A)	0,05	da 0,75 a 1,25 passando da rocce a terreni mobili con acqua	da 1 a 1,25 passando da fondazioni a platea generale o continue (massicce) a fondazioni sommarie
zona a forte sismicità (B)	0,10		

(1) MINIST. LOGEMENT ET RECONSTRUCTION - *Recommandations relatives aux constructions à édifier dans les régions sujettes aux séismes* (recommandations A.S. 55).

(2) Per maggiori particolari, vedi J. P. ROTHE' - *Le séisme d'Orléansville et la réglementation sismique en France* (Conv. Ing. Sism. a Messina, 1959) e A. BREMIER - *French regulations for civil engineering in regions broken by seismicity* (Atti 2° Congr. Int. Ing. Sism., pp. 2113-26; Tokyo-Kyoto, 1960).

Il problema delle costruzioni rurali

L'A. giustamente richiama l'attenzione sulla necessità di provvedere anche a tutelare le popolazioni rurali, suggerendo tipi e modalità costruttivi idonei ad eliminare i pericoli dei sismi e cercando di curare l'educazione in tema di pericoli di terremoti mediante un'efficace propaganda e seguendo in un certo qual modo i criteri (schede ecc.) introdotti in Turchia. Intanto nota che nella regione di Agadir un moderno villaggio di operai ha ben risposto.

Sismicità della regione Mechra Kila

L'A. esamina lo studio condotto da F. MORTIER in vista della creazione di un lago artificiale; speciale attenzione rivolge alla faglia della Moulouya che non esclude possa riattivarsi, segnalandola ai tecnici perchè ne tengano il dovuto conto; consiglia di assumere come coefficiente sismico 0,10.

Tavole fuori testo

In tre appendici l'A. riporta:

1) l'elenco dei dati (relativi al terremoto in esame) delle varie stazioni sismologiche del mondo dopo una premessa con le notizie riassuntive (« bollettino di scambio del Bur. Centr. Int. de Séism »);

2) l'elenco degli epicentri dei terremoti del Marocco e regioni vicine (dal 1919 al 1960);

3) la cartina della suddivisione in zone di differente sismicità (1:5 milioni circa) con gli epicentri dei terremoti di intensità superiore al VI grado dal 1932 al 1960. Fuori testo (rispetto all'intera monografia) è riportata la tavola (1:2 milioni) con gli epicentri dei terremoti del Marocco e regioni limitrofe.

Il rapporto preliminare di J. DEBRACH, capo del Servizio di Fisica Terrestre di Casablanca, fu redatto entro un mese dal terremoto e corredato di una cartina delle isosisme e della stessa cartina della zonizzazione sismica del Marocco riportata poi da ROTHE'. E' stato completato con tre allegati (elenco delle repliche registrate all'Osservatorio di Averroës; revisione delle osservazioni di vari osservatori sul terremoto del 1960; elenco dei gradi di intensità di questo terremoto in una sessantina di centri abitati e precisamente nelle provincie di Agadir, Marrakech, Quarzazate, Casablanca, Meknès e Chaouia).

Dopo una breve introduzione sul carattere disastroso e non comune (nel Marocco) del terremoto in esame, l'A. presenta un quadro riassuntivo della sismicità del Marocco in rapporto alle linee geologiche fondamentali generali ed a quelle delle aree di Agadir, in particolare; rapporti questi che già sono stati riassunti schematicamente nell'esame delle monografie di AMBROGGI, di DUFFAUD e di ROTHE' (per questi due ultimi vedi la presente recensione).

Nella descrizione riassuntiva del terremoto, della scossa precedente e delle repliche l'A. fornisce le notizie sulla *magnitudo* e sulle *coordinate dell'epicentro* (nelle vicinanze dei villaggi sinistrati sull'Atlante); a tal proposito l'A. parla anche di un altro epicentro a mare non lontano da Agadir. L'A. constatò che la componente verticale della scossa è stata molto considerevole e che ad Averroës le onde S propagate in direzione N-S si sono mostrate di particolare ampiezza. Assicura che non v'è stato maremoto e che non sono state confermate le presunte modifiche del fondo marino.

Nel capitolo dedicato all'estensione del terremoto l'A. illustra gli andamenti delle isosisme, quali potettero essere tracciate nel primo momento, e nota che la posizione dell'epicentro, stabilita per via macrosismica, si discosta di poco da quella determinata per via strumentale. L'A. insiste sul carattere preliminare che bisogna attribuire al suo rapporto.

Il rapporto di P. ERIMESCO, ingegnere geofisico dell'Istituto della pesca marina del Marocco (Casablanca), inizia con un'introduzione, nella quale mette in vista come il carattere sismico piuttosto importante del Marocco sia stato riconosciuto soltanto dopo la creazione dell'Osservatorio di Averroës, nei pressi di Casablanca; nella stessa introduzione fornisce varie notizie preliminari sulle caratteristiche del sisma del 29 febbraio 1960, delle scosse preminenti e delle repliche, come pure è precisato che la scossa disastrosa, quella delle ore 23,40 circa, ebbe la durata di 12 secondi.

Sono forniti alcuni elementi relativi ad altri terremoti per spiegare l'importanza ed il carattere di quello di Agadir in esame.

Nel Capitolo descrittivo del sisma, ERIMESCO ritorna sulla questione dei bassifondi denunciati da alcuni e sui bagliori notati da parecchi sia a mare, che a terra; ritorna pure sulla posizione dell'epicentro e parla di una profondità dell'epicentro di 3-7 km. Descrive poi gli effetti del terremoto nel porto, sulla costa (nella piscina della base aereo-navale di Agadir un'onda stazionaria di ampiezza considerevole è stata attribuita a risonanza con le onde trasversali superficiali) e sul fondo marino al largo (compresi i risentimenti della fauna in rapporto anche alla questione dei bagliori).

Nelle conclusioni l'A. giustifica le sue idee sulle posizioni dell'ipocentro sensibilmente lontano dalla verticale passante per l'epicentro e sulla esistenza di un pseudo-epicentro e di un pseudo-ipocentro.

Per la trattazione di questo argomento basato su molti particolari di fatti e su elementi di Sismologia, si rimanda al testo originale.

G. CHOUBERT e A. FAURE-MURET nella loro memoria (*il sisma di Agadir, i suoi effetti e la sua interpretazione*) forniscono un quadro, sotto alcuni aspetti, più completo dei fenomeni e della loro interpretazione; il loro lavoro ha anche carattere critico e di coordinamento delle pubblicazioni contenute nello stesso volume e di precedenti lavori quali, per es., quello di AMBROGGI. Riesaminano la questione degli effetti secondari (fra cui alcuni da chiamare piuttosto impressioni): bassifondi, bagliori, emanazioni di odore solforoso, rumori o rombi che hanno preceduto e accompagnato il terremoto, franamenti, abbassamenti del suolo, rigetti di faglia, vulcanetti di sabbia con crepaccio aperto nei limi della terrazza fluviale (non sono state registrate, ma possono essersi verificate pulsazioni del pelo libero della falda freatica), variazioni di portate di sorgenti; presunte eruzioni vulcaniche ecc.

Riportano i dati sulla durata (10" - 12"), magnitudo, profondità dell'ipocentro (su cui discutono alquanto); riesaminano la questione dell'epicentro o dei due epicentri, discutendo le idee espresse dagli altri studiosi; presentano una cartina delle isosisme un po' diversa dalle altre (per aver tenuto conto di un maggior numero di dati); al proposito giustamente osservano che nelle ricostruzioni delle isosisme non è agevole paragonare le distruzioni in una città, come Agadir (con le sue costruzioni in c.a.) con le distruzioni dei piccoli paesi di montagna: per cui le curve (proposte da altri) che rappresentano le isosisme nell'area cittadina e quelle della vicina regione montuosa non hanno lo stesso significato. Gli A. pongono i fenomeni tutti in rapporto con la geologia della regione e con la geodinamica attuale.

Descrivono più dettagliatamente i danni subiti dalle costruzioni, nel centro di Agadir e frazioni e fuori di Agadir; per i centri diversi da Agadir, riferendosi alla carta fuori testo, indicano il numero dei morti — oltre 500 in totale — e le caratteristiche geologiche del sottosuolo nella ricerca dei rapporti di causa ad effetti.

Nel capitolo dedicato alle distruzioni (II Capitolo della parte relativa agli effetti del sisma ed alla in-

terpretazione geologica) G. CHOUBERT e A. FAURE-MURET espongono quanto segue.

1) *Descrizione delle distruzioni nei settori della città di Agadir*

L'entità dei danni di Agadir è ben nota. Gli AA. in una rapida scorsa indicano, seguendo i dati forniti dai Lavori Pubblici, per ogni quartiere, la gravità delle distruzioni e il grado di intensità sismica secondo la più recente valutazione effettuata, in occasione della sua visita, dal Prof. J. P. ROTHE' (3).

Kasba

Distruzione totale di tutte le abitazioni (100%): intensità dal X a XI grado. Soltanto una cabina di trasformazione è rimasta in piedi; il muro di cinta è crollato nella sua parte superiore. Le case sono ridotte ad un ammasso di macerie.

La Kasba ricade su una formazione sub-orizzontale del Maghrebiano (Calabrian), ricoprente, in discordanza, i calcari turoniani raddrizzati e orientati in direzione WSW-ENE, come le marne cenomaniane sottostanti. Queste formazioni verticali fanno parte della fessura meridionale dell'Atlante.

Adouar (villaggio situato sul colle ad ovest della Kasba)

Distruzione totale (100%): intensità X; il colle è delimitato da una faglia obliqua SW-NE.

Talborj

Distruzioni 90%; intensità dal IX al X grado. Questo quartiere è costruito sui calcari e marne raddrizzati del Senoniano (facenti anch'essi parte della fessura del Sud Atlante) ricoperti dal Quaternario. Si nota che una serie di case rimane ancora in piedi. Essa segue la strada principale che si affianca alla cresta del Talborj, costituita da una barriera calcarea orientata in direzione SW-NE e circondata da marne. Su queste ultime la distruzione è quasi totale. Le volte di due cinema hanno resistito come anche il minareto, che però ha perduto la sua parte superiore; la moschea, viceversa, è stata per tre quarti distrutta.

Yachech

Distruzione totale (100%): intensità X grado. Questo villaggio si trova sulle marne del Maestrichtiano, addossate alla faglia obliqua del Tildi (SW-NE) che attraversa gli strati verticali del Senoniano del Talborj e si collega in qualche modo all'accidente (tettonico) del Sud Atlante.

Founti

Distruzione al 95%: intensità X grado. Questo quartiere, come pure il campo militare situato un po'

(3) Gli AA. avvertono che le prime valutazioni dell'intensità delle distruzioni indicate nel loro rapporto preliminare del 14 marzo 1960, sono leggermente esagerate (dell'ordine di 1 grado) in rapporto alle cifre stabilite poi con J. P. ROTHE'.

più in alto, si trovano sul fianco meridionale della collina della Kasba. Essi sono costruiti su placche di arenarie derivanti dalle dune del Quaternario, soprastanti allo stesso Senoniano marnoso-calcareo del Talborj, raddrizzato ed orientato WSW-ENE (flessura Sud Atlasica).

Il campo militare che si trova sul fianco Ovest della collina della Kasba ha subito una distruzione minore. Anche lì esiste un terrazzo quaternario, ma questo è situato sui calcari verticali del Turoniano.

Ville Nouvelle (e quartiere amministrativo)

Distruzione parziale (dal 50 al 70%): intensità variabile dal X all'XI grado e anche a meno del IX sul limite sud-orientale. E' molto difficile fare un confronto tra la distruzione della Ville Nouvelle con quella dei quartieri precedentemente trattati, giacchè la maggior parte degli edifici sono moderne costruzioni in c.a. E' probabile che l'intensità della scossa sia stata di poco minore di quella avutasi al Talborj, ma in media il c.a. ha resistito meglio delle vecchie costruzioni in pietrame e malta di calce.

L'aspetto generale è quello di una città bombardata. Un certo numero di edifici è crollato completamente, altri hanno subito distruzioni parziali. Essi si alternano con degli edifici rimasti in piedi. Tutti, però, hanno subito lesioni e parziali crolli, in misura maggiore nell'interno. Generalmente il pian terreno o il primo piano sono stati i più colpiti. Il loro crollo ha determinato la rovina dell'intero edificio.

I quartieri della Ville Nouvelle prossimi al Talborj e soprattutto il quartiere amministrativo sono costruiti su formazioni raddrizzate del Maestrichiano, del Miopliocene e del Maghrebiano, che fanno ancora parte della flessura Sud-Atlasica (WSW-ENE), ma sono quasi completamente ricoperte da un terrazzo quaternario orizzontale. I quartieri situati a SE (al di là del Oued Tildi) hanno per substrato depositi villafranchiani e quaternari, poco inclinati o sub-orizzontali.

Malgrado tali differenze non è possibile dedurre, in modo assoluto, alcuna regola sulla distribuzione del tipo e della gravità dei danni riscontrati sugli edifici o sulle altre costruzioni. Non è possibile precisare alcuna linea direttrice nè alcun nodo di massimo scuotimento, nè alcuna direzione geologica. Così, lungo il Viale della Repubblica che costeggia il mare (e la flessura), la maggior parte degli edifici ha resistito: ad es.: l'Hotel Mauritania e il Consolato di Francia; altri sono crollati, ad es. l'Hotel Saada; alcuni, infine, hanno subito distruzioni parziali o soltanto lesioni: ad es. l'edificio dei Lavori Pubblici e le costruzioni adiacenti. Si segnala, inoltre, che le condutture dell'acqua sono state danneggiate in più punti e l'acqua si è riversata lungo le strade.

Quartiere industriale

Distruzione parziale o debole (20-30%): intensità entro l'VIII o VII grado. Situata a 1,5-2 km dalle formazioni verticali della flessura Sud-Atlasica, il quartiere industriale è costruito sul Quaternario della

piana del Souss. In questa zona, le formazioni geologiche ricoperte dal Quaternario sono già orizzontali. Alcune costruzioni hanno subito danni più o meno considerevoli, altre non sono state che debolmente lesionate. Probabilmente un certo numero di edifici potrà essere riattivato. I danni considerevoli nella parte occidentale del quartiere divengono a mano a mano più lievi verso Est (intensità minore del grado VII). I danni diventano minimi nel quartiere chiamato « Extension X » a NE del quartiere industriale.

Tra il quartiere industriale e la base aero-navale di Ben Sergao, le ville isolate sono nella maggior parte lesionate. Tali danni sono evidenti fino al km 4 della via di Inezgane. Più deboli al di là: intensità di VI o VII grado.

Ben Sergao

Tuttavia la base aero-navale, situata a 7 km da Agadir, è stata fortemente scossa e le case di pietra fessurate. La torre di controllo in particolare è considerata inutilizzabile e pericolosa. Intensità dal VII al VI grado.

Inezgane

Alcune case leggermente lesionate. Intensità dell'ordine del VI grado.

Il porto

Danni importanti (studiati più particolarmente da P. ERIMESCO, che assistette al lavoro dei sommozzatori della Marina). Intensità dal X al IX grado. In alcuni punti i blocchi di calcestruzzo, con i quali sono costruiti le banchine e i lungomare, sono stati scossi e localmente hanno subito spostamenti finanche di 75 cm. Secondo le affermazioni dei sommozzatori alcuni blocchi sono stati fratturati, molti disgiunti. Tali spostamenti, spesso differenziali, si sono avuti principalmente verso Sud.

Il rilevato retrostante il lungomare, insufficientemente compattato si è abbassato a luoghi in maniera considerevole (sino ad 1 m). Gli impianti petroliferi presentano cedimenti e lesioni; gli oleodotti risultano danneggiati. La maggior parte delle gru sono cadute, ma sempre in senso opposto alle banchine, verso i terrapieni. Lungomare Nord: due gru cadute a Nord; Lungomare Sud: due gru cadute a Sud, verso gli « hangars »; grande argine: una o due piccole gru cadute verso Ovest. Tutte le gru sono uscite dalle loro guide; evidentemente esse sono state gettate in aria e alcune, ricadendo, si sono rovesciate. Il canale di passaggio si è approfondito da 3 a 4 m. Sembra, inoltre, che la lingua di sabbia all'entrata del porto si sia spostata verso Est.

Gli edifici del porto sono fortemente danneggiati (per esempio la Capitaneria) ad eccezione degli edifici della dogana, di moderna costruzione, fondati su pali profondi 10 m e raggiungenti il substrato roccioso.

I battelli da pesca che si trovano in carenaggio nella parte retrostante del porto hanno subito danni importanti.

Malgrado tutti questi danni, il bacino del porto e le banchine erano accessibili e l'approdo dei battelli poteva avvenire senza danno.

Quartieri a NW del porto

Danni più o meno rilevanti (dallo 0 al 20%). Le distruzioni che nella zona nord-occidentale del porto (edificio della Marina mercantile) sono considerevoli (intensità IX), si attenuano a mano a mano, allontanandosi lungo la costa. La centrale elettrica è stata danneggiata, ma le macchine sono state rimesse in funzione in pochi giorni. Gli edifici della « Moulins du Littorial » non presentano che qualche lesione poco appariscente. I serbatoi di idrocarburi sono rimasti intatti. Il cementificio è lievemente danneggiato. Invece le fabbriche di conserve, di costruzione leggera e già antica, hanno subito, in generale, dei danni piuttosto rilevanti (intensità dell'ordine dell'VIII grado, prossimo al VII al cementificio).

Un esempio evidente della diversità dei danni in funzione della qualità delle costruzioni è fornito dai villaggi operai di Anza, nelle vicinanze del cementificio: gli edifici in c.a. del villaggio di recente costruzione non presentano che qualche fessura; il villaggio meno recente, costruito in pietrame e malta di calce è fortemente danneggiato, ma resta abitabile. Il villaggio di capanne (di paglia, di fascine ecc., gourbis) è stato invece completamente distrutto.

In conclusione, le maggiori distruzioni si sono avute in una zona sensibilmente parallela alla fessura Sud-Atlasica: Kasba e Founti, Talborj, Yachech. Allontanandosi dalla fessura verso SE, i danni diminuiscono rapidamente e non raggiungono che il grado VII e VI a Ben Sergao a 7 km da Agadir.

Ancora più rapido è il decremento delle intensità distruttive verso NW lungo la costa ove il grado VII è raggiunto nella zona del cementificio. Alle grandi distanze il terremoto è stato più o meno avvertito in funzione dell'andamento delle principali linee tettoniche.

Nella ristretta zona di Agadir gli AA. hanno riscontrato qualche direzione preferenziale nelle lesioni in rapporto alle direttrici tettoniche regionali ed hanno riconosciuto: componenti verticali delle scosse che hanno generato accelerazioni verticali importanti e scosse in direzione sia parallela, che perpendicolare alla fessura sud-atlasica che hanno dato luogo a tagli orizzontali.

Bibliografia

Nella bibliografia gli AA. citano pochi lavori essenziali. Interessante è però anche la notizia che sono state già emesse dal Governo le norme sismiche provvisorie (« Norme d'Agadir », di 44 pagine a cura del Minist. dei LL.PP. del Marocco) e che nel 1962 erano già in corso quelle definitive:

Règles para-séismiques 1962 o P. S. 1962 (a cura dello stesso Ministero dei LL.PP.).

Francesco Penta e Paolo Ammassari

Il terremoto di Agadir (29 febbraio 1960) nel suo ambiente geologico

(R. AMBROGGI - *Le séisme d'Agadir (29 février, 1960) dans son cadre géologique* - Ministero dei Lavori Pubblici del Marocco - Rabat, marzo del 1960).

Nel fascicolo di 51 pagine con 13 figure (carte e sezioni geologiche, schemi tettonici, cartine delle isosisme e delle intensità dei danni in Agadir e dintorni) l'ingegnere geologo capo del Ministero dei LL.PP. del Marocco francese, R. AMBROGGI descrive la situazione geologica della regione colpita dal terremoto del 29 febbraio 1960 (ore 23 e 41') per spiegare sia il terremoto, che la distribuzione dei suoi effetti in superficie. Gli argomenti trattati sono: stratigrafia, tettonica, geomorfologia, morfotettonica e storia dell'orogenesi posterciniana, che ha conformato la struttura della regione; rapporti fra la geologia ed il sisma (detto di Agadir) per cui l'A. analizza le caratteristiche del sisma ($M = 6$; morti 20.000 o 10.000, secondo altri; massima intensità CANCANI-SIEBERG: modificata = IX-X; epicentro presso a poco nella Casba oppure circa 8 km a N-NW di questa); in riferimento alla tettonica, gli effetti del sisma nella regione tutta ed in Agadir in specie; l'influenza del terreno (rilievo, giacitura degli strati, natura dei terreni e loro posizione tettonica). L'A. conclude, definendo e delimitando le zone pericolose (dal punto di vista sismico) di Agadir e dintorni ed esprimendo qualche raccomandazione.

Come *conclusione*, l'A. sconsiglia di ricostruire la città di Agadir a Nord del Tildi; consiglia di ricostruirla a sud di questo e di procedere con particolari precauzioni per la Ville Nouvelle (se si vuole la sua ricostruzione) e precauzioni gradualmente decrescenti col procedere verso Sud. Esprime il principio che è preferibile spendere qualche miliardo in più oggi per ricostruire altrove « ex novo » (compresi tutti i servizi) frazioni e centri abitati, anziché correre il rischio che domani un altro terremoto di magnitudo maggiore nella stessa località produca scosse capaci di distruzioni totali e perdite di vite umane nelle aree che hanno subito soltanto minori effetti col sisma del febbraio 1960.

La bibliografia è limitata alle poche pubblicazioni fino allora (marzo 1960) comparse a proposito di quel terremoto.

Sembra utile riportare le parti riguardanti gli effetti del terremoto e i tentativi di interpretazione delle distruzioni.

Nel trattare gli effetti del terremoto, l'A. si basa sul rapporto di M. CHOUBERT, che li aveva analizzati con cura nel corso di una missione compiuta ad Agadir e nella sua regione otto giorni dopo l'evento, redigendo un documento al quale AMBROGGI rimanda, limitandosi a esporre semplici note che sembrano utili ad urbanisti e costruttori.

Effetti nella regione

Le faglie, nel loro insieme, non sembrano essersi riattivate. Tuttavia la faglia pre-atlasica sembra abbia ulteriormente accentuata la sua traccia sulla strada Agadir-Mogador nel punto in cui la strada principale