

LÁSZLÓ KÁDÁR

LA MORFOLOGIA DELL'ALTIPIANO DEL GILF KEBIR

Nella parte centrale del Deserto Libico tra la longitudine orientale di 25° - 26° $30'$ e la latitudine settentrionale di 22° $45'$ - 25° sorge alto in media 600 metri, con delle pareti oltrepassanti 1000 metri, l'altipiano del Gilf Kebir. La maggior parte di esso si trova in territorio egiziano ma il lembo nord-occidentale rientra nella Libia italiana, dato che il meridiano 25° che segna la frontiera, taglia l'altipiano.

Il primo che ha dato notizie di questa montagna è stato Harding King (1909), poi il dott. J. Ball (1917), ma entrambi la videro da lontano. Per primo è stato il principe Kemal ed Din che è giunto alle sue pendici orientali (1925). Egli diede all'altipiano il nome di Gilf Kebir, che significa «Grande Parete». A lui si deve una carta della parte orientale dell'altipiano. Nel 1930 la regione è stata visitata anche da R. A. Bagnold. Negli anni 1931-33 P. A. Clayton e nel 1932-33 L. de Almásy hanno compiuto una serie di ricerche nella parte occidentale. Alla spedizione della primavera 1933, che è stata la prima che ha potuto traversare da oriente ad occidente una valle dell'altipiano, ha potuto partecipare anche l'autore di questa nota. Poi nel 1935 la stessa valle è stata percorsa anche dalla spedizione di W. B. K. Shaw.

Le spedizioni sono state durante questi ultimi anni più numerose perchè si è cercato nelle valli del Gilf Kebir l'oasi leggendaria di Zarzura, sopra tutto negli *uidian* Abd el Melik, Hamra e Talh che si trovano nella parte occidentale. Essi sono di tanto in tanto visitati dai Tebbu di Cufra che vi conducono a pascolo i loro cammelli.

Questo studio ha lo scopo di dare del Gilf Kebir un quadro morfologico sulla scorta dei dati raccolti durante un breve studio di tre settimane.

COSTITUZIONE GEOLOGICA DELL'ALTIPIANO. — L'altipiano del Gilf Kebir è formato quasi interamente da arenarie nubiane. Esse



si presentano assai povere di fossili; vi si sono trovate soltanto delle radici silicificate di filicine, ninfee e altre dicotiledoni, dei denti di coccodrillo, dei gusci di cheloniani (1). Appunto per questo le opinioni intorno all'età della serie nubiana sono controverse. Secondo K. S. Sandford (2) la serie nubiana è nella sua totalità mesozoica, la parte superiore spettando al Cretaceo superiore (senoniano) e la parte inferiore probabilmente al carbonico (3). Per mio conto non ho potuto ritrovare che un piccolo numero di piante fossilizzate e soltanto nella parte meridionale dell'altipiano (fig. 1). Ivi esse si trovano in grande quantità sia nei detriti, sia nelle arenarie, tra le quali emergevano pure alcune di queste pietrificazioni. La loro posizione verticale prova che esse si sono fossilizzate sul posto, escludendo quindi l'ipotesi di un'origine detritica. Depositi simili devono probabilmente ritrovarsi in numerose zone dell'altipiano. Ma non ho avuto l'occasione di scoprirle. In nessun luogo ad ogni modo ho trovato alberi pietrificati in situazione secondaria, che abbondano invece nella serie nubiana della Libia.

In vicinanza della parte orientale ed occidentale del Gilf si trovano spesso, come del resto anche nelle arenarie nubiane, dei gruppi di tubi cilindrici più o meno grandi d'una lunghezza che varia da 5 a 15 cm.; il loro diametro interno è di mezzo centimetro con un massimo di un centimetro, l'esterno varia da uno a due centimetri. Essi sono sempre in posizione verticale. Si tratta in realtà di concrezioni d'arenaria cementate dalle radici di piante dell'età cretacea (fig. 2). La radice stessa manca a tutti gli esemplari della mia collezione. Ho potuto osservare la formazione di tubi cilindrici simili a questi su delle piccole ciperacee che erano cresciute nelle sabbie mobili vicino al limite orientale del Gilf Kebir. La piccola radice della pianta era cinta da un tubo di sabbia di circa mezzo centimetro di diametro. I tubi fossili si sono potuti formare nello stesso modo. Il Walther ritiene che questi tubi sommersi tra la sabbia possono sovente venir confusi con delle fulgoriti (4), ma le fulgoriti si presentano in modo molto diverso. Ne ho infatti potuto trovare alcuni campioni tra le sabbie. Il fulmine

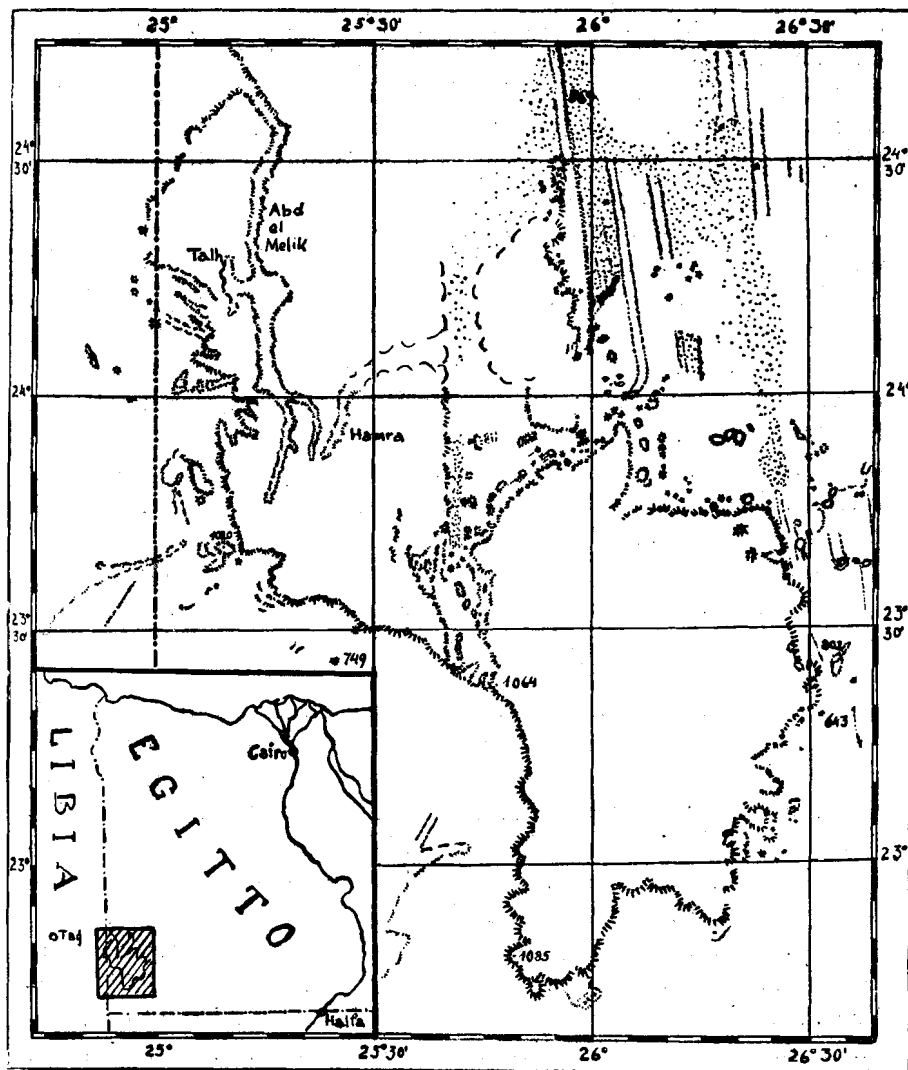
(1) M. BLANCKENHORN, *Aegypten*. Handbuch der Regionalen Geologie. Heidelberg, 1921, p. 57.

(2) K. S. SANDFORD, *Geological Observations on the Northwest Frontiers of the Anglo-Egyptian Sudan and the adjoining part of the Libyan Desert*. The Quarterly Journal of the Geol. Soc. of London, vol. XCI, part 3, p. 354.

(3) A. DESIO, *Schizzo Geologico della Libia alla scala di 1:4,000,000*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Firenze, 1933.

(4) *Das Gesetz der Wüstenbildung*, p. 99.

ha fuso i granelli di sabbia e li ha trasformati in vetro; esse sono lunghe da dieci a venti centimetri, sono larghe un centimetro e percosse danno un suono chiaro; inoltre esse non hanno la forma di un tubo e la loro superficie è ineguale. Ho osservato una formazione molto simile come aspetto alle concrezioni di radici fossili su una roccia



Cartina schematica del Gilf Kebir.

di arenaria nella parte orientale del Gilf (fig. 3). La roccia era costituita da sabbia tenuta assieme da un cemento calcareo. Ai lati di essa pendevano, come stalattiti, dei piccoli tubi d'arenaria aventi lo spessore di un dito. La loro struttura non era tubolare. La loro formazione può venire spiegata nel modo seguente: dalla superficie dell'arenaria, molto friabile, l'acqua di pioggia stacca delle particelle che essa trascina e deposita; ma l'acqua evapora molto presto e la sostanza calcarea cementa di nuovo i grani di sabbia. È così che nascono questi piccoli tubi d'arenaria che ricordano le stalattiti senza averne la struttura interna. Appunto per questo le ho chiamate « False stalattiti ». In seguito ho potuto trovare delle formazioni simili anche nei terreni a sabbie mobili d'Europa.

Le arenarie nubiane presentano ovunque una stratificazione quasi orizzontale. Esse constano quasi esclusivamente di grani di sabbie quarzose, riuniti da un cemento siliceo, calcareo o ferruginoso. Esse presentano generalmente una colorazione rossa o più sovente rosso-bruna. Talora le arenarie sono agglutinate da un cemento calcareo di color bianco, da un ematite nera o da manganese, che le colora in lilla. Il volume dei grani che le compongono varia assai e va da una dimensione microscopica ad un diametro di 2-3 centimetri; talvolta si trovano perfino dei conglomerati che constano di elementi che hanno la grossezza d'un uovo.

Sandford suddivide la serie nubiana nel modo seguente:

1. Arenarie silicificate e conglomerati (Paleozoico?).
2. Argille ed arenarie bianche, purpuree e multicolori (Clima secco. Età e tipo del Karroo?).
3. Arenaria giallo chiara o bruno-chiara (Cretaceo, Senoniano).

Sandford ha probabilmente ragione quando ritiene gli scisti superiori contenenti alberi pietrificati come sedimenti d'acqua corrente, senza che occorresse un clima desertico. Ciò è provato anche dall'associazione di piante fossili d'origine palustre trovata *in situ* all'angolo meridionale del Gilf Kebir. Io sarei d'avviso che le arenarie nubiane si siano depositate sotto forma di sedimenti litoranei deltizi.

I granelli di arenarie nubiane più profondi sono completamente arrotondati, ciò che prova che provengono da sabbie mobili desertiche. Sandford suppone che lo strato inferiore sia formato da arenarie paleozoiche, che effettivamente si ritrovano a O. del Gilf Kebir. La loro devastazione potrebbe poi aver fornito la materia per la formazione delle arenarie nubiane.

TETTONICA DEL GILF KEBIR. — Il breve tempo a mia disposizione non mi ha permesso di fare delle ricerche approfondite e dettagliate sulla struttura del Gilf Kebir. Per quanto io l'abbia traversato da oriente ad occidente le mie osservazioni presentano delle lacune. Pur tuttavia esse bastano a darci, a grandi linee, un'idea generale della struttura e dell'aspetto dell'altipiano.

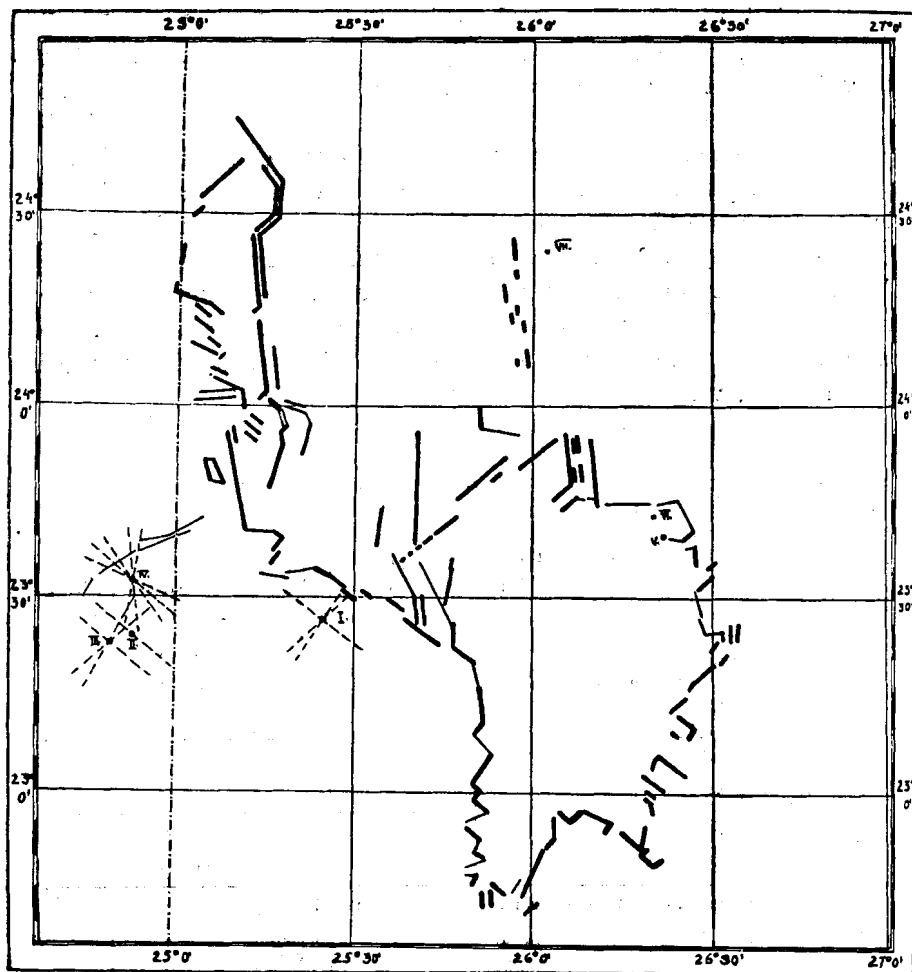
Le arenarie nubiane presentano nei dintorni del Gilf Kebir, come del resto altrove, un grande numero di fratture verticali incrociate (fig. 4). Queste fratture lineari sono ben distinte, soprattutto sul versante occidentale, più elevato, dell'altipiano.

Il Gilf domina la pianura desertica situata a 600 m. circa sul livello del mare come una muraglia quasi a picco e s'innalza fino ad un'altezza di 1000-1050 m. Sembra che esso sia stato sollevato a tale altezza sotto la spinta di forze tettoniche. Sul declivio dell'altipiano la direzione delle fratture si può difficilmente determinare, sia a causa della sua grande altezza, sia per la massa enorme dei detriti depositi ai suoi piedi. Ma tale studio può farsi assai più facilmente su alcune colline antistanti al Gilf, a occidente dell'altipiano e che s'innalzano al disopra del deserto ad intervalli di 10-40 km. Su queste alture le linee di frattura sono ben visibili e possono essere facilmente misurate. Nella tabella qui sotto riprodotta sono segnati i risultati del mio rilevamento:

	Situazione geografica	NW — SE		N — S		NE — SW	
		Dati della bussola	Numero delle misure	Dati della bussola	Numero delle misure	Dati della bussola	Numero delle misure
I.	$\varphi = 23^{\circ} 26'$	20h 40s	6	—	—	15h 20s	2
	$\lambda = 25^{\circ} 24'$	20h 56s	1			14h 40s	1
		19h 45s	1				
II.	$\varphi = 23^{\circ} 24'$	21h 0s	1	—	—	—	—
	$\lambda = 24^{\circ} 52'$						
III.	$\varphi = 23^{\circ} 22'$	21h 0s	1	—	—	15h 40s	1
	$\lambda = 24^{\circ} 49'$					14h 20s	1
IV.	$\varphi = 23^{\circ} 32'$	20h — 21h — 22h	Numero rose misure di valore diverso	24h — 1h — 2h	Numero rose misure di valore diverso	—	—
	$\lambda = 24^{\circ} 52'$						

Nel primo e nel terzo luogo dove ho compiuto le misure si trovano due sistemi di fratture perpendicolari l'una all'altra, orientale la prima da NO. a SE. e la seconda da NE. a SO., le quali segnano sulla roccia dei quadrilateri simili a quelli d'una scacchiera, distanti da uno a due metri e talvolta ancora più accostati. Queste fratture perpendicolari si possono vedere segnate nei numeri 1-3 dello schizzo qui accluso.

I dati del quarto punto presentano una certa differenza rispetto a quelli del primo e del terzo. In luogo delle fratture che vanno da



Principali linee di frattura del Gilf Kebir.

NE. a SO, se ne trovano altre che vanno da N. a S., mentre le fratture occidentali hanno una direzione quasi invariabile, con la sola differenza che qui questa direzione è meno rettilinea. Ciò dipende probabilmente dal fatto che la collina sulla quale ho fatto i miei rilievi era già molto erosa in modo che le sue fratture avevano potuto allargarsi e quindi scostarsi un poco dalla loro direzione primitiva. In ogni modo è molto importante di sapere che queste divergenze si trovano sulla latitudine presso la quale il limite occidentale dell'altipiano del Gilf passa dalla direzione di N.-S. L'apparizione delle linee di frattura nel N. è un riflesso di questo cambiamento di direzione.

Ottenuti questi risultati ho cercato di applicarli all'altipiano del Gilf Kebir, procedendo nel modo seguente: ho segnato sullo schizzo con dei tratti di penna più grossi le parti di contorno dell'altipiano la cui direzione era del tutto identica a quella d'una delle linee di frattura già rilevate. Ho poi rappresentato con dei tratti più sottili quelle parti del contorno che la direzione nettamente marcata ci autorizza a considerare come linee di frattura, benchè tale direzione non concordi con alcun'altra direzione tettonica già rilevata. Tutto questo ci fa supporre l'esistenza di un sistema di fratture aventi un'importanza secondaria da occidente a oriente e un'altro orientato da NO. a SE.

Questo procedimento ha avuto buon risultato, come risulta dallo schizzo. Tuttavia è impossibile di ricondurre ad una sola linea di frattura i contorni del Gilf Kebir e invece ciascuno dei suoi lati deve essere considerato come il risultato di direzioni tettoniche diverse. Ciò spiega bene la discontinuità dei contorni dalla parte di NO. e di SE.

Esattamente lungo il tropico, l'altipiano è tagliato nella parte mediana in due parti, Gilf nord e Gilf sud, da una vallata che comincia a oriente a 845 m. s. m., allo stesso livello del deserto, mentre a occidente essa ha termine a 200 m. d'altezza. Un *uadi* lungo 10 km. nasce da questa vallata e conduce nella pianura benchè la sua profondità in rapporto alla sommità dell'altipiano sia uniforme in quasi tutta la sua lunghezza. Su due terzi del suo percorso la direzione dell'*uadi* tende in maniera pronunciata verso SO. in modo da costituire una linea tettonica distinta, continuazione diretta della direzione 15 h. 20 s. riscontrata nel primo punto. La larghezza di questa sezione è in media di 10 km. Essa è ricoperta da collinette isolate che sono frammenti staccati nella massa dell'altipiano disposti come le quinte

di un teatro. Sul suo lato settentrionale la valle è più largamente aperta mentre sul versante meridionale s'innalza come una massa nera e dirupata la parete del Gilf Kebir. Quest'ultima è smembrata da valli laterali che la attraversano in gran numero.

D'altronde io non sono del tutto sicuro che la estrema fascia dell'altipiano si trovi proprio là dove è stata rappresentata sullo schizzo; è possibile che il suo limite non sia altro che uno schermo dietro al quale seguono forse, degli altri schermi, e in questo caso l'altipiano del Gilf S. non costituirebbe che in una sua piccola porzione o forse nemmeno in questa un segmento dell'altipiano del tutto omogeneo. Questa supposizione s'appoggia sull'esistenza di numerose aperture di valli che si vedono nella parte SE. dell'altipiano. Ciò è avvalorato anche dal fatto che degli aviatori che hanno sorvolato l'altipiano vi hanno visto delle valli. Nel 1935 la spedizione di W. B. K. Shaw è penetrata in esse, ma non ha allegato delle carte al rapporto della spedizione, per cui non è possibile avere maggiori dati.

L'ultima sezione della valle volge bruscamente verso S.-SE. e annuncia la direzione ipotetica della frattura di cui ho già fatto cenno. Nel luogo dove si nota questo cambiamento di direzione è possibile osservare gran numero di segmenti dell'altipiano fessurati.

Il Gilf N. è esso pure traversato nel senso N.-S. da valli tettoniche, o per meglio dire da fosse di sprofondamento, con la differenza che esse sono forse più dirupate che nella regione meridionale. Questa linea di frattura che tende verso N. costituisce egualmente l'orlo NE. dell'altipiano in modo analogo agli *uidian* che ne intagliano la parte di NO.: l'uadi Abd el Melik, l'uadi Talha e l'uadi Hamra, che sembrano seguire la stessa linea tettonica.

Anche lungo le linee di frattura si sono prodotte sovente delle dislocazioni. Forse è ad esse che bisogna attribuire l'inclinazione dell'altipiano verso NE., per quanto gli strati non presentino in nessun luogo delle deviazioni dalla linea orizzontale che possano venire in qualche modo misurate. In ultima analisi si può dunque dire che gli strati di arenaria che formano il Gilf Kebir subirono quasi ovunque delle fratture in forma di griglia e degli affondamenti lineari. A questi stessi fattori è dovuto l'emergere dell'altipiano stesso.

A SO. del Gilf Kebir alcuni crateri trachitici si sono formati nell'epoca terziaria. Vi sono poi presso l'orlo orientale del Gilf Kebir (punti V-VI-VII dello schizzo) alcuni con vulcanici, ben riconoscibili anche da lontano per la loro forma di cupola.

La loro presenza mostra che le fratture tettoniche hanno avuto una grande importanza nella formazione del Gilf Kebir. Hume mette l'epoca dei movimenti tettonici tra il postoligocene e il prepliocene, ma per la massima parte nel miocene (1).

MORFOLOGIA DELL'ALTIPIANO. — Il rilievo primario così formato è stato modificato dagli agenti dell'erosione desertica. Tra questi un ruolo preponderante deve essere attribuito al vento ed all'acqua. Queste due forze immense agiscono molto spesso collegate e la loro azione relativa non può venir che difficilmente separata.

1) *Azione del vento.* — Le arenarie nubiane sono ricoperte d'uno strato siliceo desertico dello spessore di alcuni decimetri (*Schutzrinde*). Con l'aiuto dei granelli di sabbia che esso trasporta, il vento strofina e pulisce i ciottoli senza tuttavia poterli troppo alterare. Partendo da questo fatto Walther afferma che la sabbia del deserto libico non può provenire dal disgregamento delle arenarie nubiane e d'altronde le dune, che vengono da nord, superano su una larghezza di 600 km. circa la copertura calcarea eocenica finchè giungono nella zona delle arenarie. Questo è perfettamente vero. Ma il Walther spinge oltre le sue affermazioni. Considerando che le statue dei re scolpite nella arenaria di Nubia a Abu-Simbel e i templi di Karnak e di Luxor non mostrano alcuna traccia di disgregazione dell'arenaria, afferma che questa anche sulle superfici esposte agli agenti atmosferici non subisce che una disgregazione assai debole. Come prova di quanto afferma, egli cita il fatto che sulla riva destra del Nilo in Nubia, dove le arenarie coprono un territorio immenso, non si trova nessuna duna. È probabile che gli architetti dei faraoni abbiano scelto per la loro costruzione una pietra specialmente dura e resistente, che è ancora oggi intatta dopo 3200 anni, poichè le mie osservazioni contraddicono quelle di Walther: non soltanto nel Gilf Kebir, ma ovunque a SO. di Kharga nell'area delle arenarie nubiane del deserto libico, si può osservare che laddove le arenarie sono esposte liberamente agli elementi atmosferici offrono il più bell'esempio dell'azione del vento che distrugge e corrode le rocce. Sulle pendici dei testimoni d'erosione si distinguono molto nettamente i diversi strati che compongono questa arenaria. Gli strati più resistenti s'innal-

(1) W. F. HUME, *The Surface dislocations in Egypt and Sinai, their nature and significance*. C. R. Intern. Geogr. Congress, Cambridge, 1928.

zano di alcuni decimetri, per quanto non abbiano uno spessore che di alcuni centimetri (figg. 3,5). Queste pendici sono molto pericolose a superare poichè gli strati rilevati si staccano sotto il peso del corpo e sdruciolano lungo il pendio, mentre quelli post' dove il rilievo è più accentuato si rompono sotto l'azione del loro proprio peso e ricoprono d'uno spesso strato il piede delle pendici. Ho visto diverse volte dei dirupi intagliati ad angolo retto incisi alla loro base dal vento, in modo che gli strati superiori d'arenaria incombevano sugli altri. Presso l'orlo occidentale del Gilf Kebir (lat. N. = $23^{\circ} 26'$; long. E. = $25^{\circ} 24'$) questo dirupo era così accentuato che i nostri letti da campo potevano esservi posti senza difficoltà al di sotto (fig. 6). Non lontano da questo punto (lat. N. = $23^{\circ} 34'$; long. E. = $25^{\circ} 7'$) ai piedi d'una collina il vento aveva inciso dei veri solchi nelle arenarie. La larghezza di queste scanalature era all'incirca di un metro e mezzo (fig. 7). In questo luogo l'arenaria conteneva dei ciottoli aventi la forma di un uovo di piccione o di gallina, che costituivano una netta sporgenza sulla superficie della roccia. Per terra giacevano i ciottoli che diventati liberi vi erano caduti. Nel paragrafo geologico di questo articolo ho segnalato che delle pietrificazioni di piante e delle concrezioni di radici, un tempo incluse nell'arenaria denudata del mantello sedimentario, formano ora delle grandi masse poste all'aria aperta. Isolate dalla roccia esse finiscono per andare in disfacimento. Io posseggo nella mia collezione un campione che offre un bell'esempio della liberazione di un ciottolo dalla roccia arenaria che lo contornava. Nel corso dell'erosione gli strati d'arenaria i cui granelli sono di maggior dimensione e quindi più resistenti, proteggono egualmente gli strati sottostanti e producono così delle protuberanze a forma di fungo, in modo da rendere ineguale la superficie. In alcuni luoghi questo fenomeno si ripete su grande scala e, viste di lontano, queste rocce dalle forme bizzarre, che si disegnano sull'orizzonte davanti alle carovane, danno l'illusione d'un'oasi.

Le dune non mancano del resto nelle arenarie nubiane del deserto libico. La duna si trova ai piedi di quasi tutte le formazioni arenacee sotto forma di coda (fig. 8), per non dire delle lunghe e numerose catene che solcano la zona delle arenarie. Questi fatti provano a sufficienza, contrariamente alle asserzioni del Walther, il processo d'erosione che subiscono i materiali dell'arenaria nubiana sotto l'azione del vento. I granelli di sabbia che provengono dalla disaggregazione di queste arenarie si mescolano ai loro congeneri discesi dal lontano



(Fot. Casparius)

Fig. 1. — LA PARTE PIÙ MERIDIONALE DELL'ALTIPIANO DEL GILF KEBIR. — Risulta evidente l'orlo dell'altipiano orizzontale con la copertura più resistente, silificata. Al di sotto il pendio è meno ripido, con grande abbondanza di detriti.



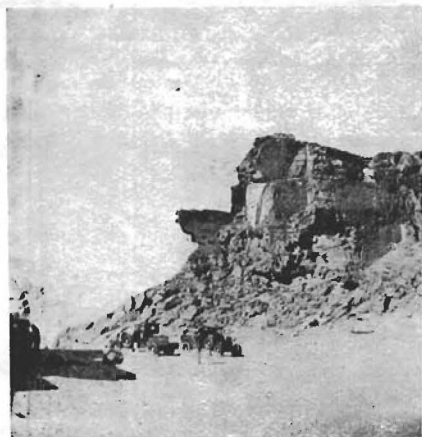
(Fot. Casparius)

Fig. 2. — CONCREZIONI DI RADICI DI PIANTE FOS-
SILI. — La posizione verticale prova che esse
si trovano nel loro posto originario.



(Fot. Kádár)

Fig. 3. — FALSE STALATTITI. — Le stalattiti si vedono a destra ed a sinistra della testa del martello nei luoghi indicati dalle frecce. Al di sotto si trova uno strato fortemente demolito dall'erosione eolica. In basso e sul davanti cumuli di sabbie mobili.



(Fot. Casparius)

Fig. 4. — TESTIMONIO A OVEST DEL GILF KEBIR. — Il testimonia è quello stesso che è indicato sulla cartina con IV. Nella parte superiore della collina, maggiormente dirupata, sono ben visibili le linee di frattura, fra loro perpendicolari. Ci si può formare un'idea dell'entità dei detriti che si raccolgono in basso confrontandoli con le automobili che sono al loro fianco.



(Fot. Casparius)

Fig. 5. — EROSIONE EOLICA SU UNA MURAGLIA DI ARENARIE NUBIANE.



(Fot. Casparius)

Fig. 6. — PARETE A STRAPIOMBO NELLA MURAGLIA DELLE ARENARIE NUBIANE, PRODOTTA DALL'EROSIONE EOLICA. — Sul fondo una roccia già completamente demolita.



(Fot. Casparius)

Fig. 7. — UNA VALLE SCAVATA DAL VENTO TRA DUE TESTIMONI D'ARENARIA NUBIANA. — Questo luogo è indicato nella cartina con II. Seguendo le fratture tettoniche il vento di Nord aveva scalfito dei solchi nell'altipiano d'arenarie, approfondendo sempre più i solchi a spese dei testimoni. A N. dove maggiore è la sua veemenza e dove è obbligato a ramificarsi, si è formato un solco laterale, profondo 1 m., largo 1,5 m., dove abbiamo posto il nostro letto.



(Fot. Kádár)

Fig. 8. — DUNA A FORMA DI CODA FORMATASI SOTTOVENTO D'UN TESTIMONIO ALL'ESTREMITÀ N. E. DEL GULF KEBIR. — Essa è lunga circa 7 km, e l'altezza in vicinanza del monte è di circa 100 m., per diminuire poi gradatamente. A sinistra in fondo si vede la linea ininterrotta dell'altipiano. A destra e più avanti un testimonio.



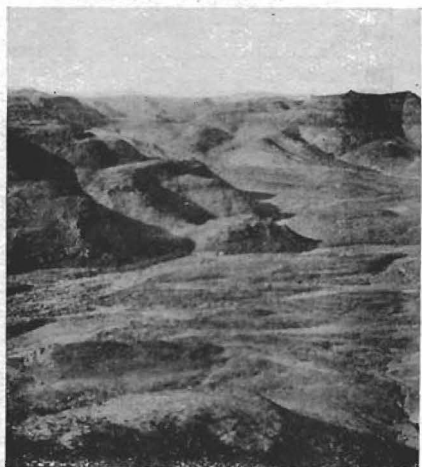
(Fot. Kádár)

Fig. 9. — TESTIMONIO DI FORMA CONICA NEL LATO ORIENTALE DELL'ALTIPIANO DEL GULF KEBIR.



(Fot. Casparius)

Fig. 10. — BACINO DOVUTO ALL'EROSIONE SULLA SOMMITÀ DELL'ALTIPIANO.



(Fot. Casparius)

Fig. 11. — SBocco d'un piccolo uadi e suo cono di caduta presso l'orlo occidentale del GILF KEBIR. — Il cono ci permette di ricostruire il lavoro delle acque.



(Fot. Almásy)

Fig. 12. — SGUARDO D'ASSIEME SULL'UADI HAMRA. — La veduta mostra assai bene il carattere dell'altipiano e della valle. In fondo si intravedono le sabbie mobili.



nord e divengono parte costituente della sabbia mobile desertica. Lo strato siliceo, resistente all'azione del vento, protegge le arenarie del Gilf Kebir contro l'erosione ed è innanzitutto a questo strato siliceo che il Gilf Kebir deve il suo carattere di altipiano.

Abbiamo visto già che le arenarie s'erano frammentate in seguito ad abbassamenti lineari. Di conseguenza queste arenarie sono apparse alla superficie e talora sono state anche ridotte in polvere sotto la pressione delle forze tettoniche. L'arenaria si trova da allora liberamente esposta all'azione del vento. Quest'ultimo trascina dapprima i materiali disaggregati dalla frattura; poi comincia ad approfondire. Se, nel corso della sua azione, esso trova uno strato più friabile, vi insiste e l'incide sui due lati della frattura; ne risulta che gli strati superiori, perdendo il loro sostegno, presto o tardi s'affondano e che così l'incisione s'allarga sempre più. Approfondimento ed allargamento si fanno parallelamente e senza interruzione. Il solco diventa un fossato; il fossato s'allarga e s'approfondisce una valle. A questa azione partecipano tutti i venti da qualsiasi direzione essi provengono. L'azione maggiore l'ha tuttavia di gran lunga il vento di nord. In seguito al progresso dell'erosione il solco diventa sempre più indipendente dalla direzione delle linee di frattura.

Ben presto i solchi si toccano e da allora le valli si orientano, nella maggior parte dei casi, nel senso nord-sud. Questo fenomeno si osserva molto bene nel punto n° 1, dove io ho potuto riscontrare che la direzione del pendio è $22^{\circ} 30'$. Si vede quindi che essa è indipendente dalle linee tettoniche, ma perpendicolare a queste linee e parallela alla direzione del vento. Un'eccezione a questa regola si presenta nella grande valle trasversale del Gilf. In questo caso la linea di frattura è così nettamente segnata e il solco d'affondamento così profondo che il vento si trova distolto dalla sua direzione. Soffiando così parallelamente al senso tettonico, il vento sviluppa le piccole valli, cioè l'insieme della grande valle nello stesso senso. Ne risulta che l'altipiano si frammenta in montagne testimonio, separate da numerose valli incise dal vento.

Su ciascun segmento dell'altipiano, considerato separatamente, si può osservare in piccolo ciò che il Gilf Kebir intiero mostra su più grande scala (fig. 1, 8). Lo strato siliceo che lo protegge permette al testimonio di conservare la sua forma tabulare, almeno durante un certo tempo. Ma il vento che ne raschia continuamente le pareti causa lo scavo di nuovi frammenti dell'orlo. In seguito la superficie del manto

sedimentario siliceo che protegge gli strati sottogiacenti s'assottiglia sempre più. I ciottoli si raggruppano ai piedi della montagna in un deposito di forma conica. La grandezza del materiale di frana varia molto, da grandezze simili a quelle di un pugno a massi di due o tre metri. Dato che questo materiale è del tutto incoerente la pendenza è massima. Io ho trovato un'inclinazione sempre superiore a 33° , ma più sovente da $33^{\circ} 5'$ fino a 37° , e una volta l'angolo ha raggiunto anche 42° . È un pendio tipico coperto di ciottoli che franano facilmente sotto il piede e che quindi tendono a discendere verso il basso. Essi sono talmente mobili che una sola pietra caduta dall'alto basta per mettere in movimento tutto il pendio. Al di sopra di questo pendio s'innalza bruscamente la roccia nuda con una scarpata a picco. Il suo angolo misura raramente meno di 90° . Talora essa presenta anche degli strapiombi. Quest'orlo superiore a picco è una pendice in via di disgregamento la cui altezza è proporzionalmente inversa alla sua età ed alla rapidità del disgregamento. Tanto maggiore è la massa di ciottoli ammassati ai piedi della montagna, tanto minore è l'altezza della nuda roccia. La linea del pendio detritico si rompe alla base e, con un nuovo pendio più dolce (con un angolo di 5°), si perde nel livello del *serrira* o dell'*hammada* (1). Il pendio dei testimoni è egualmente rotto due volte, finché l'erosione sia giunta al punto che gli ultimi resti del mantello siliceo scompaiono egualmente. In questo momento la collina perde il suo carattere d'altipiano. Le pendici detritiche si ricongiungono allora da ogni parte e danno alla collina una forma conica che essa conserva definitivamente fino alla sua completa disparizione. Queste montagne di forma conica di diversa altezza sono molto caratteristiche della zona arenacea del deserto, dove il loro rilievo si disegna da lontano sull'orizzonte (fig.9).

La più importante azione del vento consiste dunque nel fatto che esso intaglia l'altipiano in segmenti seguendo esattamente le fratture. Questa dislocazione in monti testimoni è particolarmente netta alla superficie dell'orlo orientale del Gilf Kebir e nella valle che traversa l'altipiano da oriente ad occidente. In cima all'altipiano si osservano pure degli altri fenomeni d'erosione eolica.

(1) Gli arabi chiamano *serrira* un deserto la cui superficie è ricoperta da sabbia rada e ciottolosa, sulla quale si può fare un comodo pernottamento (letto-serrira).

L'*hammada* è al contrario un deserto coperto di grandi ciottoli, dove la viabilità è difficile.

In alcuni luoghi si nota su un tratto di alcune centinaia di metri quadrati l'esistenza di piccoli bacini interamente chiusi. Ne ho visti di simili nei dintorni dell'*uadi* Abd el-Melik sull'altipiano, come pure nella sezione NE. del Gilf. Sono tutti bacini tipici dovuti ad erosione (fig. 10). Non ho potuto tuttavia determinare la causa di questo fenomeno e scoprire come il vento poteva dall'alto demolire le arenarie. Forse in questi punti il mantello siliceo era poco coerente o faceva del tutto difetto.

Accanto all'erosione occorre attribuire un'importanza essenziale al lavoro costruttivo del vento nella trasformazione della superficie del Gilf Kebir. Ovunque in questa regione si ritrovano dune dalle forme più varie. Nella grande valle NS. dovuta alla frattura ed all'azione del vento si vedono pure delle dune longitudinali e tipiche penetrare nella direzione NS., provenienti dal deserto libico e dirette verso S. sotto la spinta del vento del N., dominante in questa zona. A Est pure esse sono immediatamente contigue all'orlo del Gilf e sono arrestate a N. da delle collinette che percorrono il Gilf.

Le formazioni di sabbia mobile più caratteristiche del mare di sabbia circostante sono le dune longitudinali da me chiamate dune libiche. Esse s'allungano parallelamente nella direzione del vento dominante da Nord a Sud. Nel loro sviluppo regolare esse hanno la forma di un tetto e raggiungono la loro maggiore altezza nei due terzi della loro lunghezza presa da N. a S. (1).

Nella grande valle, diretta da N. a S., che divide la parte settentrionale del Gilf Kebir in zona occidentale ed orientale e nella quale s'allungano le dune del mare di sabbia libico, noi non troviamo dune longitudinali, ma invece delle dune e delle barcane corte e trasversali, dirette verso S.

I testimoni arrestano una parte della sabbia trasportata dal vento sull'altipiano: sul versante sopravvento s'accumulano delle dune aventi forma di mezzaluna e sul versante sottovento delle dune longitudinali orientate nella direzione del vento. Quest'ultima forma di dune è quella che si osserva più frequentemente nella valle trasversale del Gilf. Ma qui la loro direzione non è quella di N. S., ma, confermente alla direzione della valle, quella di NO. SO., perchè questa valle

(1) Per la loro descrizione dettagliata, si veda: L. DI CAPORACCIO, *Osservazioni sul Deserto Libico*. L'Universo, XV, 1934, 9; L. KADAR, *Study of the Sand Sea in the Libyan Desert*. Geogr. Journal, LXXXIII, 1934, 470; U. MONTERIN, *Sulla trasformazione delle dune trasversali in longitudinali nel Sahara Libico*. Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino, vol. 70, 1934-35.

tettonica modifica localmente la direzione del vento. Lo stesso avviene più in alto sull'altipiano nel segmento NE. del Gilf. Nei dintorni dell'*uadi* Abd el Melik non esistono dune sull'altipiano, ma al contrario dall'orlo discendono numerose dune. La sommità del Gilf Sud non essendo stata raggiunta finora da nessuno, non vi è la possibilità di dare notizie in proposito. Oltre alle barcane e alle dune a forma di coda nelle valli del Gilf si ritrovano qua e là delle dune libiche longitudinali, ma esse hanno sempre un'importanza secondaria.

2) *Azione dell'acqua.* — Dopo aver parlato dell'azione distruttiva e del lavoro costruttivo del vento, vediamo ora l'altro grande agente erosivo: l'acqua.

Nel percorrere qualsiasi regione del Gilf Kebir, si ritrovano molto di frequente dei punti dove appare evidente l'azione dell'acqua che scende dalle montagne. Presso l'orlo orientale del Gilf le tracce dell'erosione causate dalle acque di pioggia, cadute forse molti anni fa, erano talmente visibili da venir riconosciute perfino dal nostro autista arabo (fig. 11). Si tratta di canaletti privi d'acqua, larghi da alcuni centimetri a qualche decimetro, profondi da uno a due cm., nei quali scorrono le acque di pioggia verso i bacini scavati dal vento. Si formano allora in questi punti dei piccoli laghi periodici che ben presto si prosciugano. Nel fondo rimangono delle alluvioni (*takir*) formate da sabbia e da fango. Per azione dell'umidità vi cresce un po' di vegetazione, ma questa scompare quando manca l'acqua. Noi abbiamo trovato un'oasi morta di questo tipo alla latitudine di $23^{\circ} 37'$ e alla longitudine di $25^{\circ} 44'$ E. Questa oasi morta misura all'incirca una lunghezza di m. 600 e una larghezza di m. 100; essa è coperta da arbusti alti quanto una spalla, disseccati sul posto assieme ai loro frutti. Abbiamo ritrovato pure oasi morte, ma meno grandi, alla latitudine di $23^{\circ} 32'$ e alla longitudine di $25^{\circ} 44'$. Queste oasi occupavano il fondo di valli longitudinali o meglio il fondo di una medesima valle divisa da una linea spartiacque, se mi è concesso di servirmi di questo termine, dato che si tratta di una località poco elevata rispetto al fondo della valle, con pendio ineguale, scavata dall'erosione eolica. È relativamente raro che le acque che scolano verso direzioni diverse si riuniscano poi nel fondo delle valli. Più spesso esse non giungono fino a quel punto, ma si perdono al loro arrivo nella valle, disperdendosi su larga superficie. Per questo non vi è la possibilità che si formi terreno *takir*. Ciò avviene nelle valli di grandi dimensioni e specialmente presso gli orli dell'altipiano del Gilf.

Le acque che scolano senza disperdersi si riuniscono sul fondo delle valli e vi formano degli *uidian*. Questi *uidian*, profondi da alcuni decimetri a un metro, sono ovunque molto diffusi nel Gilf. Son' essi che forniscono le vie più comode per la discesa in quanto la roccia, quando emerge dall'acqua, fa sempre parte del suolo e inoltre il letto dell'*uadi* è ricoperto da un tenue strato di sabbia molle. Non vi si notano quelle pietre in posizione instabile, quei blocchi rocciosi che rendono la discesa così penosa in altre zone. È attraverso rapide e cateratte alte da due a tre metri che l'acqua torrenziale di questi *uidian* si precipita verso il basso, sminuzzando e rompendo i materiali trascinati. Il compito dell'acqua è facile, poichè le arenarie nubiane alterate dal vento sono molto friabili. Giunte in basso esse sono ridotte a un fango molto fine che l'acqua deposita sotto forma di cono di deiezione molto espanso. Dato che molti piccoli *uidian* di questo tipo scendono dall'alto in tutte le direzioni, i loro coni di deiezione si riuniscono e cingono i monti testimoni d'una cintura circolare. Questo terreno conico ha un pendio di appena 5° e si raccorda dolcemente alla *serrira*. In alcune zone gli *uidian* stessi, urtandosi nei loro propri coni di deiezione, li hanno scalfiti. In questo caso il cono, in luogo d'aumentare, sembra piuttosto disgregarsi. La causa di questo può essere dovuta al fatto che la base dell'erosione, cioè il fondo della valle, oppure nel caso degli *uidian* posti presso l'orlo, il livello del deserto si sarebbe abbassato, oppure che una più grande abbondanza d'acqua avrebbe permesso all'*uadi* di trasportare più lontano i suoi detriti e di accumularli in un cono più esteso ma più piatto. Questo problema esigerebbe uno studio approfondito. Le nostre conoscenze attuali non ci permettono di formulare nessuna conclusione definitiva.

Ciò che noi abbiamo detto fino a questo punto sulla formazione del pendio del Gilf Kebir può venir riassunto così: si deve all'azione dell'erosione eolica la forma a scarpata delle rocce d'arenaria che formano l'orlo dell'altipiano in quanto essa produce la demolizione degli strati demoliti. È essa che dà vita ai coni di deiezione composti di blocchi staccati e la cui inclinazione, molto forte, misura da 33° 5' a 45°. Da parte sua l'azione periodica dell'erosione dovuta alle acque dà vita agli *uidian* che scendono dalla montagna verso i coni di deiezione depressi (5°) posti ai piedi del rilievo.

È dunque sulla superficie formata dall'erosione aerea che comincia a farsi sentire l'azione dell'erosione delle acque. I piccoli *uidian*

scorrono dall'alto dei testimoni si riuniscono nella valle dove il pendio prodotto dal vento dirige il loro corso. In vicinanza dell'orlo dell'altipiano si trovano numerose valli che scendono verso la pianura. L'acqua che scorre in queste valli si precipita con grande velocità dall'alto dell'orlo elevato m. 400. Essa acquista una potenza meccanica straordinaria, distacca dei blocchi enormi e li trasporta verso valle. L'acqua scava così una valle profonda (cañon) che nel corso della sua azione erosiva indietreggia con rapidità nell'altipiano e raccoglie l'acqua di nuovi piccoli *uidian*. Questo processo d'arretramento ed approfondimento è naturalmente discontinuo, ma ogni pioggia di temporale accresce la rete di concentramento dell'*uadi*. Sull'orlo occidentale del Gilf, nel punto dove sbocca la grande valle trasversale, esistono alcuni di questi *uidian* (cañons) profondamente incisi, ma il loro numero è sconosciuto. Essi contengono su una larghezza di 10 km. una quantità enorme di detriti con un pendio esso pure di 5°. Ai piedi dell'altipiano si trovano pure degli immensi blocchi erratici di forma tabulare. Mano mano che ci si allontana dall'altipiano la grossezza dei detriti diminuisce in proporzione con l'indebolimento dell'energia meccanica dell'acqua. Sarebbe errato credere che i ciottoli detritici siano altrettanto arrotondati che i materiali detritici dei fiumi. Essi hanno fatto una strada troppo corta e in un tempo troppo breve per essere puliti e plasmati dall'acqua nel corso del trasporto. Si tratta invece di pietre altrettanto angolose che tutti gli altri ciottoli del deserto. Esse rendono il cammino molto difficile; coll'automobile sarebbe forse impossibile avvicinarsi all'altipiano in altro modo che seguendo il letto dell'*uadi*, che diventa sempre meno profondo, solcato dal cono di deiezione. Nel letto dell'*uadi* si può continuare il cammino con una facilità relativa fino al livello delle valli superiori.

Il tipo più evoluto di *uadi* di questa forma è l'Abd el-Melik che supera i 100 km. di lunghezza e s'allunga da S. a N. nella sezione del Gilf Kebir. L'*uadi* Talh e l'*uadi* Hamra sono molto meno grandi, ma la loro struttura non differisce molto dal precedente. Il primo sbocca nell'*uadi* Abd el-Melik, mentre l'altro lascia il Gilf verso E. La sorgente di quest'ultimo si trova vicino alla sorgente della parte orientale dell'*uadi* Abd el-Melik. Si chiama così perchè il suo letto è riempito da dune di sabbia mobile (Fig. 12). Naturalmente la pendenza dell'*uadi* Abd el-Melik non può essere che molto debole data la così grande lunghezza, mentre invece la sua profondità e la sua larghezza sono considerevoli.

Esistono poi numerosi piccoli *uidian* secondari. Ho avuto occasione di osservare dall'alto dell'altipiano un *uadi* di questo genere, che presso la sua origine si apriva davanti a me con profondità vertiginosa tra muraglie a picco. Era impossibile di scendervi da qualsiasi parte trattandosi d'un vero *cañon*.

Sul fondo di ciascuno dei tre grandi *uidian* si vede un po' di vegetazione e qualche acacia *Talha*. La medesima vegetazione si ritrova sull'orlo occidentale dell'altipiano, allo sbocco di ogni *uidian* (latitudine 22° 56', longitudine 25° 12'; lat. 24° 7', long. 25° 41"). La sua presenza sembra dimostrare che nell'epoca delle grandi piogge una parte dell'acqua s'infiltra attraverso le fessure dell'arenaria; ivi essa s'accumula e ritorna lentamente alla superficie lungo gli *uidian*. Quest'acqua che filtra basta a far vivere la vegetazione durante alcuni anni. Senza dubbio nell'età fluviale la formazione degli *uidian* era più rapida che nel presente ed è molto probabile che l'origine dei grandi *uidian* risalga a quell'epoca. Allora il clima era anche per la vita umana assai più favorevole. Ciò è documentato dalle pitture rupestri che sono state trovate nelle valli del Gilf che sboccano ad occidente ed a oriente. Le stesse pitture si trovano, come è noto, anche nei dintorni del Gilf Kebir. Tutte le pitture rappresentano dei bovini domestici e dei pastori. Se noi vogliamo da questo dedurre il clima, d'allora bisogna che nell'età fluviale la pioggia più abbondante abbia creato un clima di steppa e che la steppa coprisse con uno strato erboso le arenarie nubiane oggi del tutto nude. Io ritengo che si possa comparare il clima d'un tempo dei dintorni del Gilf Kebir al clima della steppa cirenaica o a quello del Turchestan occidentale. Quando la coltre glaciale copriva gran parte d'Europa, il Gilf si trovava nel clima mediterraneo, al di sopra del quale vi è d'estate alta pressione atmosferica e siccità, mentre i venti di O. portano l'inverno dal lato dell'Oceano delle precipitazioni. Si trattava dunque nel passato di piogge invernali, mentre ora le precipitazioni hanno carattere tropicale. La pioggia dell'età pluviale era causata dall'altezza relativa di m. 400 alla quale è dovuta ancor oggi la pioggia del Gilf Kebir. Il più basso deserto dei dintorni era dunque nell'età pluviale assai più arido dell'altipiano. A quest'epoca l'erosione delle acque era dunque più considerevole sia in senso assoluto, sia in rapporto alla erosione eolica. Qua e là si formavano probabilmente dei laghi senza scolo, come sono attualmente il lago Ciad, il mare d'Aral e il lago del Fayum, oppure i laghi salati di Cufra, perchè la superficie delle acque doveva essere più alta. Il nostro compagno di viaggio

dott. R. BERMANN (A. Höllriegel) ha creduto di scoprire le terrazze costiere di un lago simile presso l'orlo occidentale del Gilf Kebir, dove P. A. Clayton ha trovato dei disegni preistorici. Sei mesi dopo questa supposizione è fortemente avvalorata dalla scoperta della spedizione Frobenius-Almásy, che ha trovato in una grotta non lontano delle cosiddette terrazze delle pitture che rappresentano degli uomini che nuotano.

Conoscendo la natura e il regime dei fiumi nei terreni steppici prossimi al deserto, si può supporre che anche dei ruscelli e dei fiumi ad acqua costante ma di un regime diverso a quello dei fiumi avessero la loro origine nel Gilf. Questi fiumi non potevano venir ingrossati nelle pianure da affluenti ma la loro quantità d'acqua diminuiva al contrario sempre più ed infine scompariva completamente o alimentava un lago senza scolo. È dunque un errore supporre che l'*uadi* Abd el-Melik fosse la valle di un fiume enorme, simile al Nilo, come ha affermato Frobenius, affermazione che è basata sull'ignoranza della forza dei fattori che devastano il deserto. Ancora più ardita è l'idea di segnare il fiume sulle carte fino al Cairo su basi storico-culturali e di considerarlo il fiume primario al quale si devono i fiordi del Nilo. Quest'ipotesi non ha alcuna base geomorfologica e dal punto di vista climatico-storico non può essere sostenuta.

Bisogna dire che degli *uidian* si formano anche nel deserto. Per spiegare ciò non occorre supporre l'esistenza di grandi sistemi fluviali. Mentre altri fatti provano che una grande erosione fluviale operava un tempo nel Gilf Kebir, ci basta sapere che le rare piogge del clima odierno sviluppano l'eredità del passato. L'incisione delle valli non è cessata ma si continua anche ai giorni nostri.

Sembra certo che l'*uadi* Abd el-Melik è la più lunga valle del Gilf Kebir. Nella parte SE. dell'altipiano si vede pure, nella carta del Principe Kemal el-Din, numerose aperture di valli che lascerebbero indovinare un'*uadi* più lungo, mentre che nelle parti di SO. e di NE. gli *uidian* di grande estensione mancano; non se ne conoscono infatti che di piccoli.

Nella dislocazione del Gilf Kebir l'erosione delle acque, come abbiamo visto, ha un'importanza essenziale. Ma la sua azione è intermittente. Dopo un periodo di attività relativamente breve, essa s'arresta. Durante questo periodo di riposo il vento agisce sugli *uidian*; riempie il loro fondo di sabbia mobile e può anche talora operare lo scavo delle loro rive e sbarrare le valli. Tutto ciò non modifica

che in via transitoria l'aspetto di un *uadi*. La pioggia successiva trascina via tutti questi detriti e spazza il terreno.

In rapporto con l'erosione delle acque occorre ricordare anche il fenomeno carsico che si riscontra qua e là nelle arenarie. Ho già ricordato le false stalattiti. Qui voglio ancora aggiungere la formazione di alcune grotte. In qualche luogo l'arenaria che forma l'altipiano contiene del calcare, che viene disciolto dalla pioggia periodica che s'infiltra nel suolo. La pioggia causa in certe condizioni geologico-tettoniche dei fenomeni che ricordano la carsificazione. Così per esempio la grotta dell'*uadi* Sora situata nella parte occidentale dell'altipiano scoperta dalla spedizione Frobenius-Almásy (autunno 1933) le cui pareti sono ornate da pitture preistoriche. Il suo strato sottostante è, secondo la descrizione di Almásy, uno strato d'arenaria più dura e impermeabile. L'acqua che scola dalla arenaria produce dopo la dissoluzione del cemento calcareo i granelli dell'arenaria. È in questo modo che essa ha scavato la grotta. Questo fenomeno è piccolo, ma interessante e degno di essere ricordato in quanto la grotta è servita da ricovero umano, o forse come grotta — sorgente di un tempio.

Per riassumere si può dire che il Gilf Kebir è un altipiano di età senoniana (cretacea), formato da strati orizzontali d'arenaria nubiana. Esso deve il suo carattere d'altipiano al mantello sedimentario siliceo che protegge le arenarie dall'erosione. Esso ha la forma d'un quadrilatero irregolare che s'allunga da NO. a SE. Nella parte meridionale ed occidentale esso raggiunge un'altezza di 1085 e di 1050 m., ma ad oriente soltanto 800 m. L'arenaria è stata compressa da fratture incrociate per cui s'è trovata esposta agli attacchi dell'erosione eolica e normale. Agendo sulle valli e sugli *uidian* così scavati il vento e l'acqua hanno smembrato l'orlo dell'altipiano e l'altipiano stesso suddividendolo in montagne testimonio. Di conseguenza l'altipiano, in tutta la sua estensione, ha l'aspetto di un penepiano, che appare ancora più accidentato a causa delle sabbie mobili.

(Trad. dal francese di E. Migliorini).