

## La carta della unità geomorfologiche della regione di Medenine (Tunisia meridionale)

### *The geomorphic units map of the Medenine Region (southern Tunisia)*

MARINI A. (\*), MELIS M.T. (\*), PITZALIS A. (\*),  
TALBI M. (\*\*), GASMI N. (\*\*\*)

**RIASSUNTO** - Questa carta rappresenta una proposta di metodologia di analisi di dati telerilevati per la definizione di un sistema di interpretazione delle forme del paesaggio. In questo lavoro viene studiato un settore della Tunisia meridionale nella regione di Medenine, dove un progetto di ricerca ha coinvolto il Laboratorio TeleGIS dell'Università di Cagliari, l'Università di Tunisi ed il Centro di studi sulla desertificazione dell'IRA (Institut des Régions Arides) di Medenine. La creazione delle chiavi di interpretazione delle immagini telerilevate si è svolta attraverso una serie di campagne sul terreno per la creazione di un sistema di classificazione mirato all'analisi delle dinamiche morfologiche.

L'area in studio copre una settore della piattaforma sahariana, divisa in unità geomorfologiche differenziate in base all'evoluzione morfo-tettonica e climatica. La definizione di queste unità in un sistema di classificazione multispettrale è stata svolta anche mediante l'integrazione di un modello digitale dell'elevazione sul quale sono state cartografate le principali discontinuità strutturali. Questa interpretazione ha permesso di confermare l'interazione tra la tettonica recente legata alle ultime fasi dell'orogenesi dell'Atlas ed il cambio climatico del settore.

Il carattere morfologico dominante è rappresentato dalle strutture monoclinali che costituiscono una serie di rilievi a *cuesta* controllati dal sistema tettonico distensivo della faglia di Gafsa-Medenine. Questa unità morfologica costituisce un limite non solo morfo-strutturale ma anche morfo-climatico tra la Piana di Medenine ed i rilievi marnoso-calcarei mesozoici, con differenze di quota di circa 500 metri. La Piana di Medenine è costituita da una superficie debolmente inclinata limitata verso ovest dai versanti evolutisi per arretramento parallelo. Sono evidenti intensi fenomeni di erosione lineare e localmente

crolli per erosione differenziale; la fascia pedemontana e la base dei versanti è ondulata per la presenza di conoidi coalescenti inattive. Il *glacis* è coperto quasi totalmente da crostoni carbonatici e gessosi ben differenziabili dall'analisi spettrale e la dinamica eolica, con importanti aspersioni sabbiose, condiziona fortemente l'uso agricolo del suolo.

**PAROLE CHIAVE:** telerilevamento, cartografia geomorfologica, Tunisia meridionale, Sahara.

**ABSTRACT** - This map is a methodological purpose of remote sensing application for a new definition of a system of landform interpretation. In this paper a satellite study is proposed on an area that covers the south western side of Medenine (southern Tunisia), where a research project involves the Italian TeleGIS Lab of University of Cagliari, Tunisian IRA Centre on desertification and degradation problem and the University of Tunis.

The Saharan platform in southern Tunisia is divided into different geomorphologic units connected to recent structural neotectonic evidence and climate evolution. The remote sensing over a DTM model approach has been applied to study geomorphologic analysis and morpho-dynamic evolution by photo interpretation, field work and digital processes on Landsat TM data. This interpretation confirms the interaction between the most recent tectonics of the Atlas orogeny and the rapid drying of the climate.

The main morphological feature is represented by monoclin structures which constitute a *cuesta* system controlled by the Gafsa-Medenine distensive fault trend. This monocline system is a morpho-structural and morpho-climatic limit between the plain of Medenine and the Mesozoic carbonate landform with differences of al-

(\*) Laboratorio TeleGIS - Università di Cagliari, telegis@unica.it

(\*\*) Institut des Régions Arides, Medenine, Tunisia, Mohamed.Talbi@ira.rnrt.tn

(\*\*\*) Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Université de Tunis, Nabil.Gasmi@fshst.rnu.tn

titude of 500 metres. The plain of Medenine constitutes the evolution of the parallel retreat of slopes with intense phenomena of sheet and gully erosion and locally a slope replacement; the piedmont zone and the knick along the scarp is undulated because of coalescing of adjacent alluvial fans. The *glacis* area mainly is covered by gypsum and calcareous crust; the aeolian dynamics and the lack of soil limit the agricultural use and the vegetation growth. These processes are causing prohibitive conditions for agricultural use and grazing is the principal economical resource. The Morpho-unit of Mesozoic carbonate is constituted by a series of structural surfaces of the monoclin system that disappears beneath the dunes of the *Grand Erg Oriental*. The aeolian dynamics is actually active and visible on satellite image like crescent shaped sand-dunes (barchans) with direction of prevailing wind from south-west. The tectonic control is well exposed along the rivers as meandering valleys and terraces with different degree of deepness developed in different climatic regime and correlated to other base level. Interesting information was been carried out from the integration with DTM model in terms of landform classification.

**KEYWORDS:** remote sensing, geo-morphological mapping, southern Tunisia, Sahara.

## 1. - INTRODUZIONE

Il lavoro propone, attraverso l'applicazione di metodologie di remote sensing, l'elaborazione di modelli tridimensionali del terreno e rilevamenti in sito, un'interpretazione geomorfologica della regione di Medenine, la cui sintesi cartografica si realizza attraverso l'identificazione di specifiche unità geomorfologiche, espressione dei caratteri morfostrutturali del rilievo e dei processi morfo-evolutivi esogeni che all'interno di esse si manifestano. Tale approccio metodologico consente l'analisi a media e piccola scala, in un contesto di studio regionale e sub-regionale, di vaste porzioni di territorio, fornendo valutazioni circa le dinamiche ed i processi che regolano l'evoluzione dei grandi sistemi fisiografici.

La ricerca nasce dalla necessità di approfondimento tematico in relazione al progetto di ricerca "*Comparative monitoring and managing of desertification indicators in southern Tunisia and Sardinia*" coordinato dal Laboratorio TeleGIS del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari (Italia) e l'IRA, *Institut des Régions Arides* - Medenine (Tunisia), e dall'importanza di determinare nuovi strumenti e metodi di acquisizione di informazioni e di restituzione cartografica a media e piccola scala finalizzati alla conoscenza dei fenomeni di degrado del territorio ed alla pianificazione territoriale di area vasta.

L'analisi geomorfologica è stata pertanto finalizzata alla realizzazione di un prodotto cartografico che da un lato identificasse le grandi unità morfologiche e morfostrutturali dell'area in esame, dall'altro definisse le più significative dinamiche geomorfologiche attuali ed il riconoscimento dei sistemi morfoclimatici. In questo senso sono state discriminate le forme ed i processi attivi, riferibili alle attuali condizioni morfoclimatiche, da quelli non attivi, testimoni di differenti condizioni climatiche e relazionabili prevalentemente con fasi umide riconducibili alle pulsazioni climatiche pleistoceniche ed oloceniche ed a fasi di evoluzione morfostrutturale pregressa. In questi termini si è voluto quindi riprendere il significato di forme di erosione e di deposizione fortemente influenzate dall'assetto geologico-strutturale (MARINI *et alii*, 1999a).

## 2. - AREA DI STUDIO

La regione di Medenine si trova nella Tunisia centro meridionale e comprende il settore più occidentale della Piana di Jeffara e parte dell'estremo orientale del *Plateau du Dahar* (fig. 1).

Dal punto di vista geologico-strutturale il territorio appartiene al settore settentrionale della piattaforma sahariana, ed è caratterizzato



Fig. 1 - Localizzazione geografica.  
- Location of the study area.

da una sequenza sedimentaria di età compresa tra il Trias inf. ed il Cretaceo sup.. La serie sedimentaria costituisce, nel complesso, una vasta struttura monoclinale, immergente verso ovest, controllata dal sistema tettonico distensivo di Gafsa-Medenine ed ampiamente incisa dall'azione dei corsi d'acqua e dai conseguenti processi di erosione selettiva sulle unità litostratigrafiche, che hanno definito un assetto morfostrutturale a *cuesta*.

Si riconoscono due principali sistemi fisiografici disposti lungo la direttrice tettonica della faglia di Jeffara dominante NO-SE: uno occidentale, rappresentato dal sistema dei rilievi a *cuesta*, con quote intorno ai 5-600 metri s.l.m.; l'altro, più ad oriente, riferibile alla Piana di Jeffara-Medenine, costituita da materiali coluvio-detritici, provenienti dall'arretramento progressivo della dorsale, che assumono le caratteristiche di *glacis* (COQUE *et alii*, 1976; MARINI *et alii*, 1999b).

Dal punto di vista morfoclimatico l'area in esame si inserisce nella fascia di transizione tra il sistema arido e quello desertico; più in particolare la Piana di Jeffara manifesta caratteri climatici da aridi a semiaridi, man mano che ci si spinge verso est e verso il settore costiero maggiormente influenzato da masse d'aria umida; nel *Plateau du Dahar*, procedendo da est verso ovest, si ha il rapido passaggio dal sistema arido a quello predesertico e desertico. Il sistema orografico rappresenta evidentemente un limite fisico all'influenza delle masse umide costiere verso l'interno, contribuendo, in tal modo, alla drastica riduzione delle precipitazioni. Ne conseguono importanti variazioni morfoclimatiche riconoscibili all'interno di una fascia di circa 100 km di ampiezza, le principali delle quali relazionate con lo sviluppo più o meno significativo di forme e processi eolici nelle zone desertiche e predesertiche, in contrapposizione con la presenza dominante di dinamiche geomorfologiche legate allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche nei settori aridi e semiaridi.

### 3. - ASSETTO GEOLOGICO

La struttura del margine nord africano in Tunisia è il risultato di una complessa evoluzione tettonica originatasi nel tardo Permiano con l'inizio dell'apertura della Tetide e terminata con l'orogenesi alpina della catena maghrebina (BOUAZIZ, 1995; PIQUET *et alii*, 2002). La Tunisia occupa, nel margine africano, una posizione

particolare contenendo il limite dei due maggiori domini: il margine continentale passivo che si estende verso est nella Libia settentrionale verso l'Egitto almeno dal tardo Cretaceo ed il complesso orogenetico alpino che orla la piattaforma sahariana stabile dalla Tunisia al Marocco. Così in Tunisia si assiste all'evoluzione dei due domini del margine nord africano (fig. 2).

L'assetto strutturale della Tunisia è conseguenza della riattivazione cenozoica dei sistemi tettonici paleozoici (faglie del basamento) e mesozoici (fig. 3).

Procedendo da sud verso nord si trovano i principali domini: la piattaforma sahariana, il dominio delle pieghe atlasiche e la catena alpina (anche chiamata dominio del Tell). L'area di studio fa parte della piattaforma sahariana.

#### 3.1. - LA PIATTAFORMA SAHARIANA: IL PLATEAU DI DAHAR E LA PIANA DI JEFFARA

A sud del complesso atlasico, il *Plateau du Dahar* appartiene alla stabile piattaforma sahariana. Si tratta di una struttura monoclinale, debolmente inclinata (1-2°) verso sud-ovest, limitata a nord dalla piana costiera subsidente di Jeffara. Il lungo versante che separa il *Plateau du Dahar* dalla Piana di Jeffara taglia la sequenza completa tardo-permiano-mesozoica (circa 3000 m di potenza) permettendo un'eccellente esposizione. Le sequenze clastiche marine paleozoiche pre-Carbonifero coprono in discontinuità il basamento metamorfico precambrico. Durante il Paleozoico si svilupparono in questo dominio diversi bacini sedimentari che si estendevano dalla Libia all'Algeria (bacini di Ghadamez e Illizi). L'assetto dominante è un vasto sistema anticlinale orientato est-ovest, risultante da un sollevamento nel medio-tardo Paleozoico e dalle successive fasi erosive. I soli affioramenti paleozoici esposti nella regione di Dahar-Jeffara appartengono alla sequenza neritica tardo-permiana del *Jebel Tebaga* di Medenine (NEWELL *et alii*, 1976).

La sequenza mesozoica è divisa in tre cicli sedimentari separati da due principali discontinuità, riferite rispettivamente al Norico e all'inizio dell'Albiano. Le sequenze inizio-medio triassiche sono costituite principalmente da arenarie continentali, argille e conglomerati, mentre il tardo Triassico è presente con carbonati di origine marina che si estendono nella maggior parte della piattaforma sahariana nella Tunisia meridionale, in Algeria e nella Libia occidentale. La parte alta della sequenza che comprende dolomie, argilliti e gesso è parzialmente erosa al di sotto della discontinuità norica di Sidi Stout.



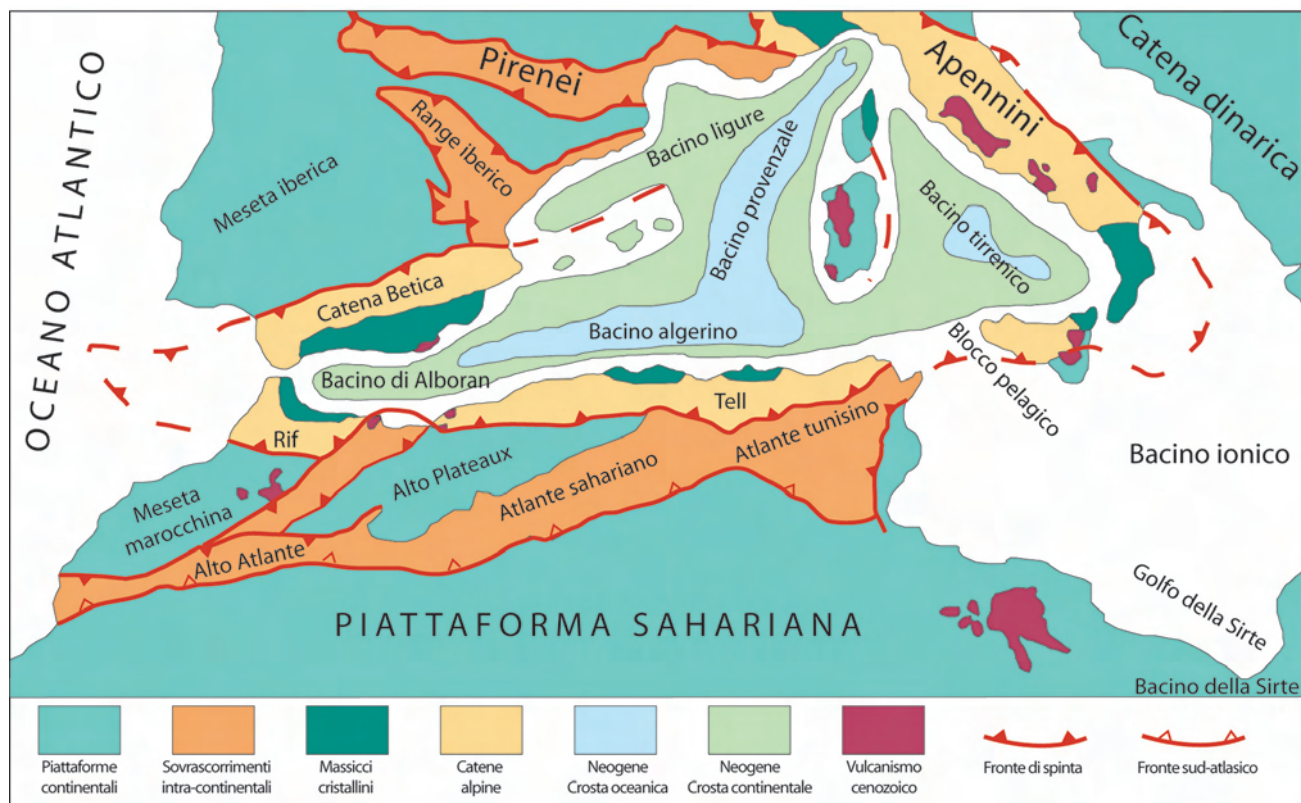


Fig. 2 - Evoluzione tettonica del dominio mediterraneo occidentale (ridisegnata da BOUAZIZ *et alii*, 2002).  
- Tectonic evolution of the western Mediterranean domain (modified from BOUAZIZ *et alii*, 2002).

Sopra questa discontinuità il secondo ciclo di sedimentazione mesozoica inizia con la trasgressione retica e finisce durante l'intero Giurassico sino al Neocomiano. Durante questo lungo periodo la sedimentazione è caratterizzata da spessori di sequenze evaporitiche liassiche, carbonati marini del Dogger e facies con predominanze continentali del tardo Giurassico, Neocomiano. I bacini di Tataouine e le depressioni in cui attualmente sono impostati gli *chott* sono le forme più evidenti della tettonica della Tunisia meridionale in questo periodo.

Il terzo ciclo, di età cretacea, si sviluppò sopra la discontinuità dell'Albiano iniziale. Prevalsa un ambiente generalmente di piattaforma litorale con fluttuazioni di salinità e caratterizzato da sedimentazione carbonatica marina.

La trasgressione si espanse verso l'area meridionale della piattaforma sahariana durante il Cenomaniano, prima di raggiungere un massimo nel Turoniano. Gli ultimi depositi marini sul *Plateau du Dahar* sono di età campaniana. A partire da questo periodo, la piattaforma rimase emersa in risposta al *tilting* verso sud-ovest dell'intero *Plateau du Dahar* lungo un sistema di faglie dirette orientate NO-SE che bordano

i bacini di Jeffara e di Gabes, dove potenti sequenze di facies di mare profondo si depositarono dal tardo-Cretaceo all'inizio del Cenozoico. (BOUAZIZ *et alii*, 2002;2003).

Dal punto di vista litologico il *Plateau du Dahar* è costituito da una sequenza marino-sedimentaria dello spessore complessivo di circa 700 metri caratterizzata dall'alternanza di arenarie, argille, marne e calcari.

A partire dal Cretaceo superiore la regione in esame registra una prolungata lacuna sedimentaria interrotta nel Mio-Pliocene dalla presenza di depositi continentali costituiti da argille rosse gessose, affioranti nel settore di Medenine.

Dal punto di vista strutturale si è già parlato dell'importante sistema tettonico di direzione NO-SE che definisce l'impostazione strutturale della monoclinale di Dahar, all'interno della quale sono state riconosciute, oltre a lineazioni minori sempre di direzione NO-SE, ulteriori lineazioni tettoniche secondarie, pressoché normali alla precedente. Ad una di queste lineazioni NE-SO, si deve il basculamento differenziale che ha determinato la diversa inclinazione del settore sud rispetto a quello nord, della monoclinale del *Plateau du Dahar*.



Fig. 3 - Schema strutturale della Tunisia meridionale (ridisegnata da BOUAZIZ et alii, 2002).  
- Schematic structural map of southern Tunisia (modified from BOUAZIZ et alii, 2002).

#### 4. - ANALISI GEOMORFOLOGICA

##### 4.1. - DATI UTILIZZATI

Per la realizzazione della carta è stata utilizzata un'immagine *Landsat TM* acquisita nel dicembre 1999. La data di ripresa è stata scelta come rappresentativa di un particolare stato vegetativo sia delle coperture naturali che delle coltivazioni. In questo periodo dell'anno la vegetazione naturale, estremamente scarsa in quest'area e limitata alle aree ripariali lungo gli *oued* presenta una buona risposta nell'infrarosso vicino e così anche le limitate coltivazioni annuali e i palmeti intorno all'area di Medenine, mentre i seminativi, presenti ampiamente nel settore meridionale non sono ancora evidenti e nell'immagine viene letta la risposta del suolo. Queste condizioni di esposizione delle superfici permettono di discriminare con maggiore dettaglio le morfologie e favoriscono l'evidenziazione dei processi. (HELLDEN et alii, 1980).

I dati telerilevati sono stati corretti geometricamente e georiferiti secondo cartografia di base disponibile e sulla base di punti di campionamento GPS rilevati durante le campagne sul terreno.

I dati multispettrali sono stati integrati in

un modello di elevazione del terreno derivato dai dati SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). La missione SRTM, realizzata in collaborazione tra la NASA, il Dipartimento della Difesa americano (DoD), la National Imaging and Mapping Agency (NIMA), l'agenzia Spaziale tedesca (DLR) e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), è stata progettata con l'obiettivo di usare versioni modificate delle antenne SIR-C e X-SAR (oggetto di due precedenti missioni SRL-1 e SRL-2 a bordo rispettivamente di STS-59 e STS-68) per mappare la topografia della superficie terrestre. Il progetto ha permesso di produrre, durante gli 11 giorni di missione, una mappa topografica digitale dell'80% delle terre emerse (tutte quelle comprese tra 60° N e 56° S) e con una spaziatura dei dati ogni arco-secondo di latitudine e di longitudine, cioè approssimativamente 30 metri. Le risoluzioni, orizzontale e verticale, saranno rispettivamente di 20 metri e di 16 metri. Sono stati resi disponibili i dati con una risoluzione a terra di 90 metri. L'utilizzo di queste informazioni come base morfologica delle immagini spettrali permette di aumentarne considerevolmente il contenuto informativo principalmente nelle fasi di interpretazione.

E' stata inoltre utilizzata la serie di carte geologiche pubblicate a cura del Servizio Geologico (*Département de la Géologie de l'Office National des Mines*) entrambe in scala 1:100.000.

##### 4.2. - STUDIO DELLA LEGENDA

La legenda (fig. 4) è stata strutturata secondo due ordini di voci: *le unità* e *le forme/processi*. Le unità rappresentano areali definiti secondo l'interpretazione spettrale dell'immagine *Landsat* riconoscendo variazioni tonali e tessiture sia in piano che nel modello tridimensionale sul quale l'immagine multispettrale è stata integrata con l'elevazione. Sono state distinte due serie di unità:

- unità morfostrutturali
- unità morfologiche fluviali e di versante.

Le unità morfostrutturali definite come insiemi di forme del rilievo dove la struttura geologica svolge un ruolo attivo nel controllo della morfologia, ovvero forme litostrutturali di dimensione decametrica o superiore. (BARTOLINI & PECCERILLO, 2002).

La classificazione del territorio è quindi mirata, attraverso la lettura delle forme, anche



Fig. 4 - Legenda della carta delle unità geomorfologiche.  
- Legend of geomorphological units map.



alla ricostruzione degli eventi tettonici che hanno interessato in tempi recenti ed attuali la regione di Medenine. Sono state riconosciute, secondo la definizione riportata sopra, le seguenti unità:

- *Superficie strutturale*
- *Superficie sub-strutturale*
- *Superficie sub-strutturale con coperture eoliche*
- *Rilievo residuale, mesa*
- *Esplanade, depressione ortoclinale*
- *Versante di erosione regressiva*
- *Versante e rilievo residuali*
- *Versante di testata di cuesta*
- *Versante di faccia di cuesta*

Le unità morfologiche fluviali e di versante sono state distinte in forme di accumulo e forme di erosione. Rappresentano le unità morfologiche legate ai processi di dilavamento operati dai corsi d'acqua (*oued*) e quindi attive nella Piana di Jeffara sino ai versanti in arretramento per erosione regressiva lungo la scarpata del *Plateau du Dahar*. Le unità definite come forme di accumulo si riferiscono a processi non più attivi, con la sola eccezione dei “*depositi caotici ed eterometrici degli oued*”, legati alle dinamiche morfoevolutive attuali.

#### 4.2.1. – Forme di accumulo

- *Sistema di conoidi*
- *Sistema di conoidi coalescenti inattive*
- *Glacis con croste calcaree e gessose*
- *Glacis con croste calcaree e gessose e depositi eolici*
- *Depositi detritici caotici ed eterometrici degli oued*
- *Paleo-aree di esondazione degli oued*

#### 4.2.2. – Forme di erosione

- *Valli di testata di erosione regressiva*
- *Valli in evoluzione regressiva su superfici strutturali*
- *Valli interne di erosione regressiva*

L'interpretazione delle forme, che nel loro insieme costituiscono le unità morfologiche litostutturali e di versante, mira ad evidenziare quei caratteri del paesaggio che si esprimono come macroforme, quindi cartografabili su base *Landsat*. Sono state distinte tre serie di voci di legenda:

- *forme e processi fluviali*

- *forme strutturali e di versante*
- *forme, processi e depositi eolici*

Le forme inattive, presenti nel *Plateau du Dahar*, sono particolarmente evidenti sia in forma di meandri incassati, principalmente nel settore settentrionale, che come ampie incisioni vallive attualmente segnate da coperture sabbiose o evolutesi in corridoi eolici dove è ancora visibile l'andamento meandriforme.

Lo spartiacque principale, che si snoda da nord verso sud, segna l'attuale limite di arretramento dei versanti della successione mesozoica in seguito al sistema tettonico di Gafsa-Medenine.

Il suo andamento guida l'interpretazione delle forme legate alle fasi di *tilting* dell'intero *plateau*, che ha subito un'evoluzione differente nel settore settentrionale rispetto all'area di Tataouine, per la presenza di dislocamenti riferibili ad un sistema orientato SO-NE.

#### *Forme e processi fluviali*

- *Scarpata di erosione fluviale inattiva*
- *Tracciato fluviale meandriforme ereditato*
- *Paleo-direzioni di deflusso degli oued*
- *Solco di ruscellamento concentrato*
- *Ruscellamento diffuso*
- *Valle a fondo piatto in colmata ed erosione laterale*
- *Valle a V in incisione lineare sul substrato*
- *Oued*
- *Paleoidrografia*
- *Spartiacque principale*

#### *Forme strutturali e di versante*

- *Orlo di superficie sub-strutturale monoclinale*
  - *Orlo di cuesta*
  - *Bordo di erosione selettiva*
  - *Lineazioni principali*
  - *Lineazioni secondarie*
  - *Rottura di pendio concava*
- Forme, processi e depositi eolici*

- *Depositi di ostacolo non attuali (loess di Matmata)*
- *Campi di dune mobili (nebka et barkane)*
- *Depositi eolici di ostacolo attuali*
- *Corridoi eolici*

#### 4.3. - LINEAMENTI FISIOGRAFICI

In relazione ai caratteri geomorfologici e ai processi in atto che definiscono il contesto morfoclimatico d'appartenenza, nel territorio

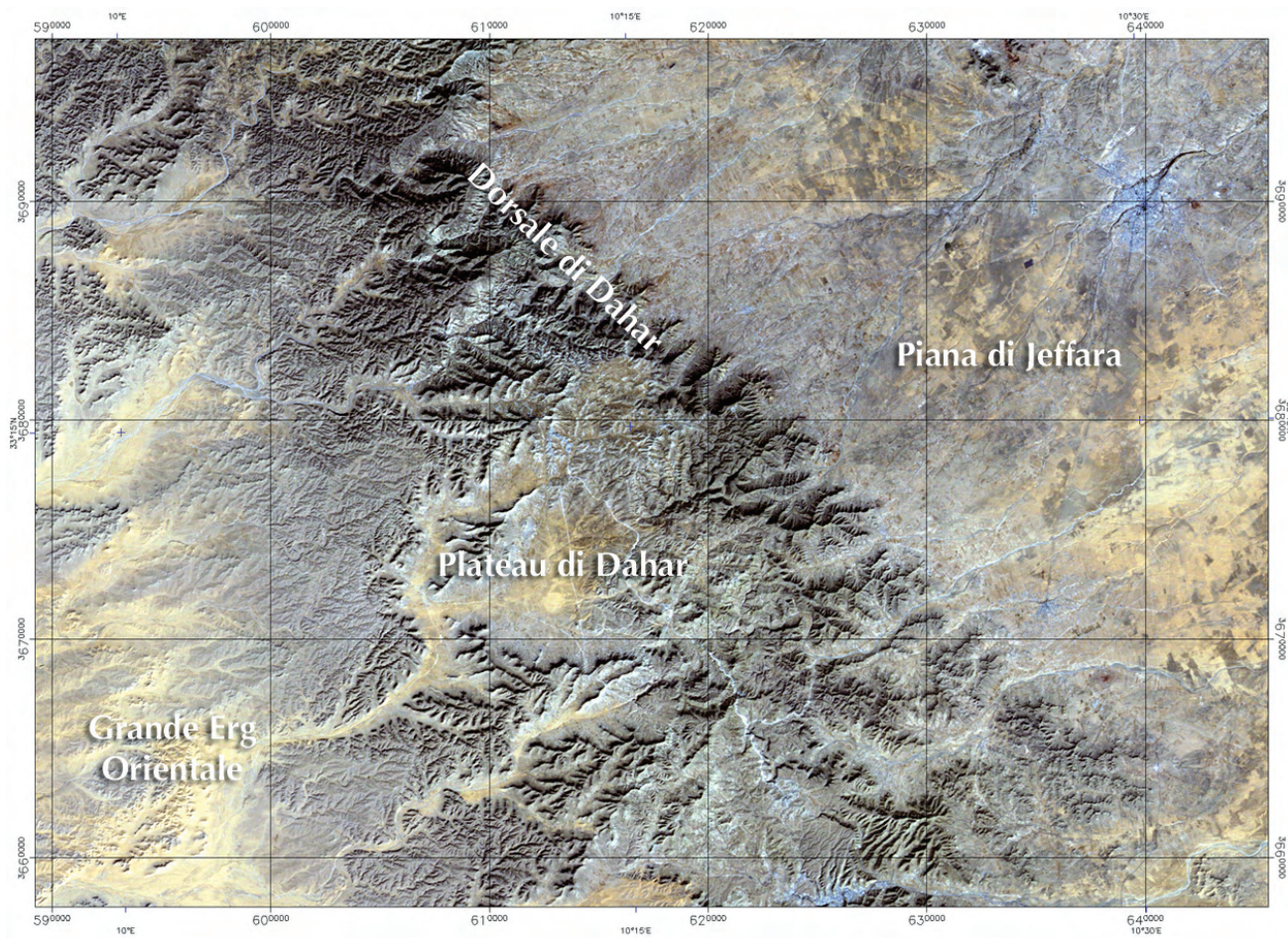


Fig. 5 - Le grandi regioni morfoclimatiche.  
- The main morpho-climatic regions.

in esame si possono riconoscere tre grandi regioni disposte approssimativamente lungo una direttrice NO-SE (fig. 5):

- 1 - Il settore della Piana di Jeffara – Medenine (sistema morfoclimatico semiarido).
- 2 - Il settore orientale della dorsale monoclinale di Dahar (sistema morfoclimatico arido).
- 3 - Il settore occidentale della dorsale monoclinale di Dahar (sistema morfoclimatico pre-desertico e desertico).

Le due grandi regioni evidenziate all'interno della dorsale monoclinale di Dahar sottolineano un'importante variazione climatica e morfoclimatica, identificabile dall'incremento significativo delle forme e dei processi eolici man mano che si procede verso ovest. Questo limite, fisico e climatico allo stesso tempo, appare individuabile approssimativamente in corrispondenza della linea di spartiacque che separa la rete idrografica con drenaggio verso est, dal reticolo idrografico ereditato occidentale, e nella cornice della *cuesta* superiore che

delimita un'ampia superficie substrutturale. Secondariamente, tale distinzione assume significato morfostrutturale, rappresentando i due ambiti con due dorsali a *cuesta* di differente impostazione litologica, evolute a partire dalla stessa monoclinale, e attualmente a quote topografiche differenti (fig. 6).

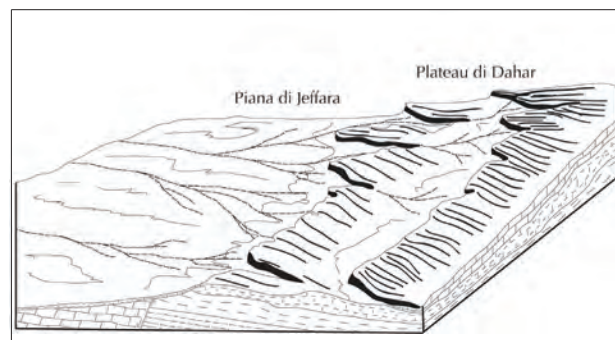


Fig. 6 - Schema delle forme strutturali nella regione in studio.  
- Sketch of structural landforms in the study area.



#### 4.4. - LA PIANA DI JEFFARA - MEDENINE

Dal punto di vista fisiografico il settore rappresenta una vasta superficie debolmente inclinata verso est, costituita dalla sovrapposizione di diversi ordini di *glacis* d'accumulo, la cui genesi ed evoluzione è relazionata con il progressivo arretramento del fronte della dorsale monoclinale di Dahar. I rapporti morfostrutturali tra piana e dorsale monoclinale sono definiti da una estesa faglia diretta disposta NO-SE, i cui caratteri morfologici appaiono ormai obliterati dall'avanzata fase di smantellamento della scarpata di faglia originaria (fig. 7).

Ampi alvei fluviali di numerosi *oued* attraversano, con direzione SO-NE, la piatta superficie della piana, individuando un ben evidente ed attivo sistema idrografico drenante verso oriente le acque provenienti dalla porzione orientale del sistema orografico (fig. 8)

Nel settore centrale ed orientale della piana si riconosce una vasta fascia occupata da potenti coperture detritiche-sedimentarie legate ad antiche fasi erosive continentali, attribuibili ad un'età tardo terziaria e pliocenica, caratterizzate dalla presenza di croste calcaree e gessose, riferibili a fasi climatiche pregresse aride e desertiche. Sull'attuale superficie sono in evoluzione morfologie eoliche corrispondenti ad aspersioni sabbiose ed a modesti accumuli eolici, da ostacolo, di materiale prelevato dalle ampie superfici esposte all'azione del vento, prive di una significativa copertura

vegetale, qui limitata a steppe cespugliose. Associate alle morfologie eoliche si evidenziano significative forme e processi erosivi legati allo scorrimento superficiale delle acque che determinano, attraverso l'attivazione di fenomeni di *sheet*, *rill* e *gully erosion*, continue asportazioni di materiale detritico. Questi processi evidenziano un ambiente resistasico, in cui la componente pedo-vegetazionale appare esigua e fortemente limitata nello sviluppo.

Il settore della piana più prossimo al versante orientale della dorsale presenta caratteri morfologici e sedimentari differenti. Qui, infatti, si riconosce un evidente sistema di conoidi di deiezione per la gran parte incise ed inattive, la cui coalescenza determina, nel complesso, la formazione di una superficie debolmente inclinata, identificante una vasta fascia pedemontana ampiamente solcata da un sistema idrico sub-parallelo, convergente verso la parte distale del sistema delle conoidi, che si innesta in ampi alvei di *oued* a sviluppo lineare (fig. 9).

In queste superfici sono attive intense dinamiche di ruscellamento diffuso ed incanalato, ma appaiono poco significative le forme ed i processi eolici, aspetto che può essere relazionato con l'effetto barriera operato dalla dorsale di Dahar rispetto ai venti provenienti dai quadranti occidentali. Ne deriva una meno significativa estremizzazione dell'ambiente resistasico, che consente un seppur limitato sviluppo pedo-vegetazionale e l'impianto di una modesta ma importante attività agricola.

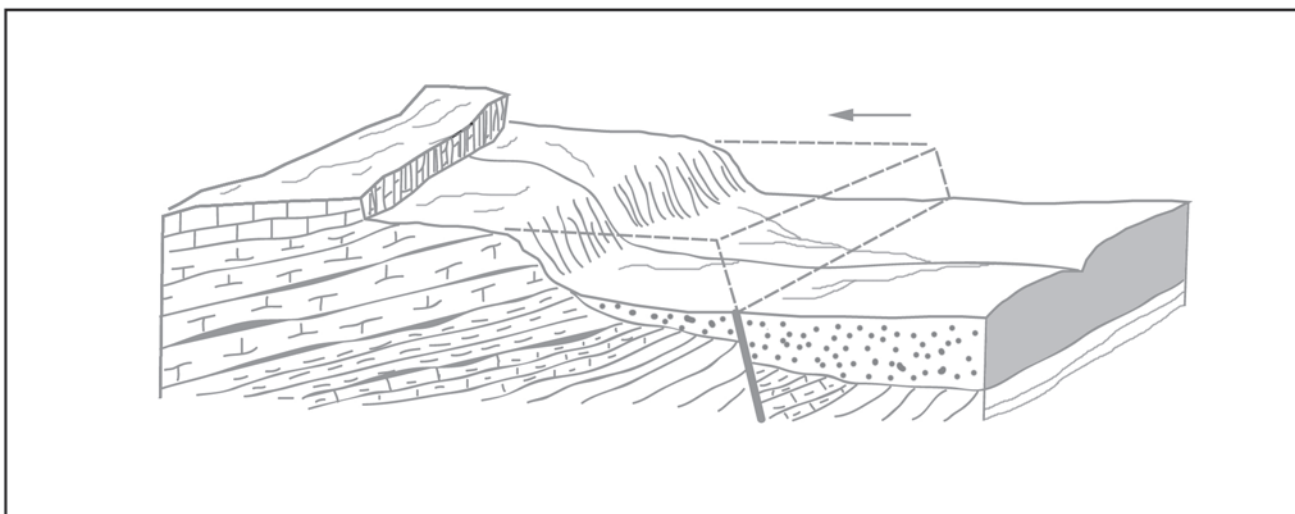


Fig. 7 - Evoluzione della scarpata di faglia che segna il fronte della dorsale monoclinale di Dahar  
- Evolution of the fault-line scarp along the Dahar monoclininal ridge.

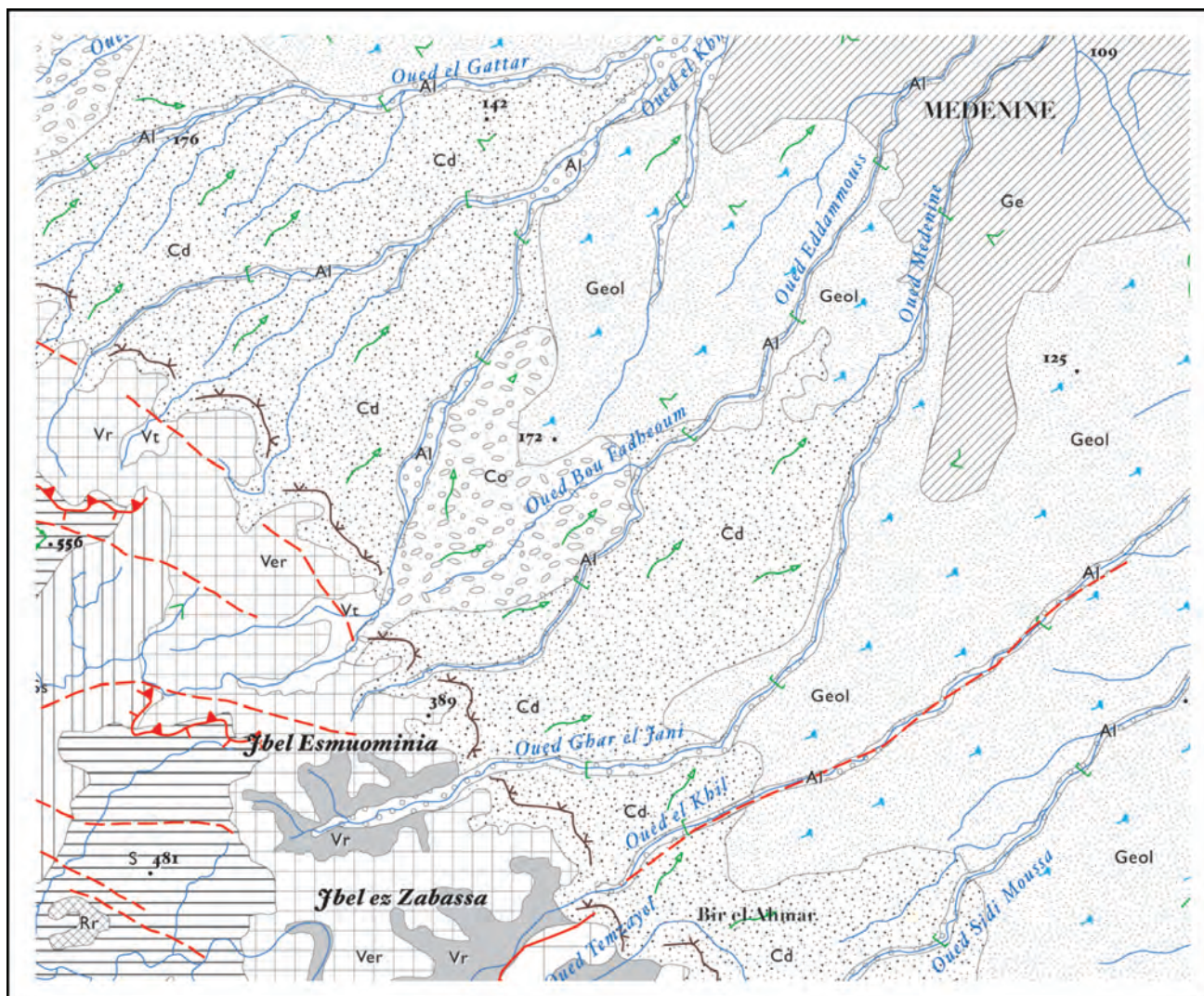


Fig. 8 - Settore settentrionale della Piana di Jeffara- Medenine.  
- The northern sector of Jeffara- Medenine plain.

#### 4.5. - SETTORE ORIENTALE DELLA DORSALE MONOCLINALE DI DAHAR

Il settore ad oriente rispetto alla linea di spartiacque principale, costituisce un interessante e ben esposto esempio di evoluzione di un rilievo monoclinale. L'aspetto maggiormente significativo costituito dalla presenza di due ambiti morfostrutturali distinti, uno identificabile nel settore nord, esteso a partire dal *Jbel Moggor* fino al *Jbel ez Zabassa*, l'altro, ben più ampio del precedente, che racchiude le vaste depressioni strutturali e i rilievi a *cuesta* di Tataouine e di Ghomrassen.

La dorsale monoclinale di Dahar, come precedentemente accennato, è caratterizzata da una significativa variazione di inclinazione delle sequenze litostratigrafiche procedendo da sud verso nord. Infatti a giaciture orizzontali e suborizzontali dell'ordine di  $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$ ,

del settore di Tataouine e di Ghomrassen, si contrappone un incremento dell'inclinazione degli strati, fino a raggiungere i  $10^{\circ}$  circa, nell'estremo settentrionale. L'inclinazione degli strati, come noto, rappresenta uno dei parametri che maggiormente controllano e guidano l'evoluzione dei rilievi monoclinali; da qui la profonda differenziazione morfologica ed orografica dei due settori individuati. La linea di demarcazione tra i due ambiti è identificabile nell'importante lineazione tettonica che, con andamento NE-SO, taglia ortogonalmente la monoclinale (METTE, 1997). La struttura è ben visibile nell'immagine telerilevata ed è segnata nel settore occidentale della carta dal corso del *Oued el Khil*, mentre il suo proseguimento ideale sembra possa essere identificato nel bordo nord dei rilievi di *Jebel Zaghraya*.

La più accentuata inclinazione degli strati



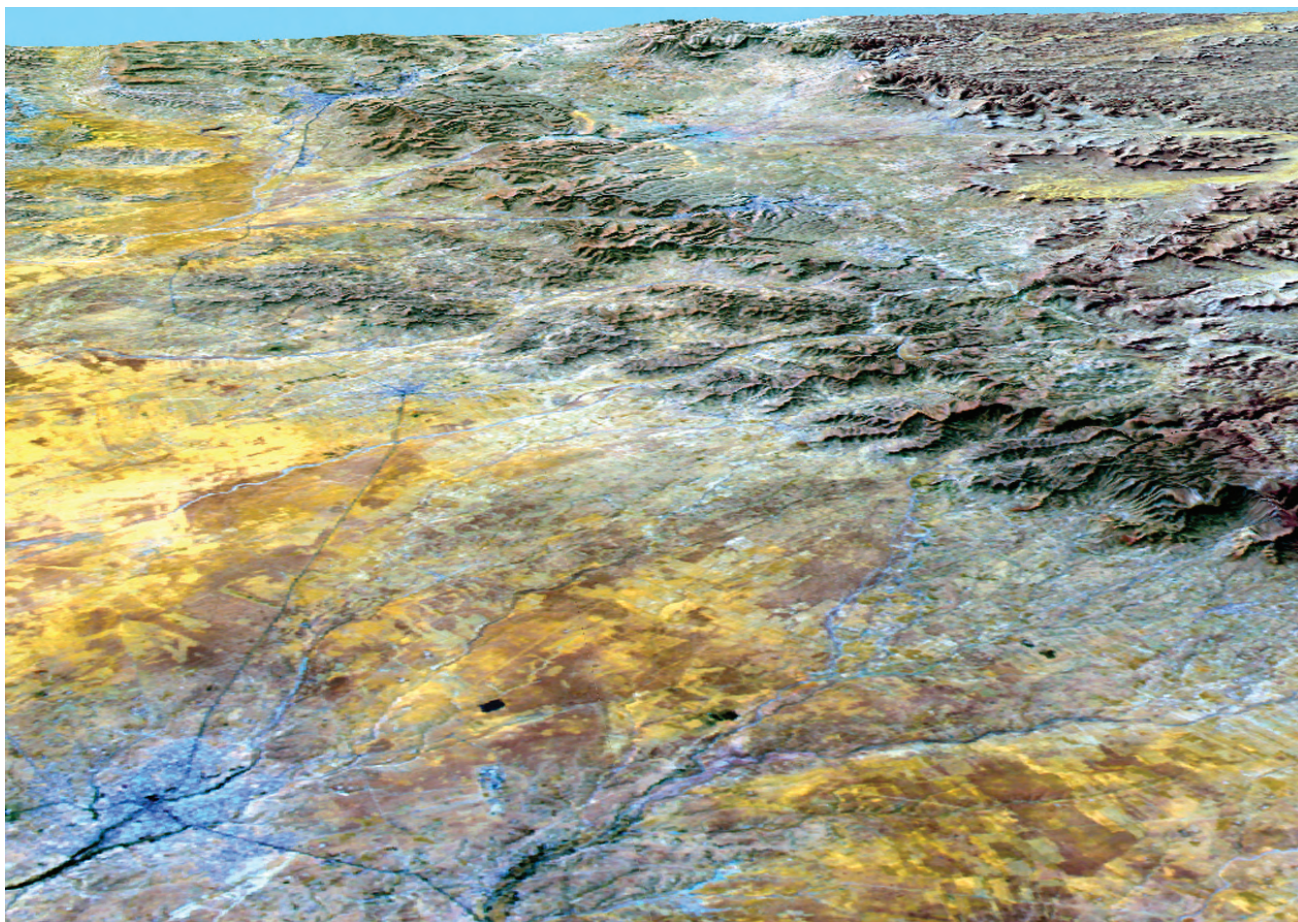


Fig. 9 - La Piana di Medenine e il Plateau du Dahar visti da nord-est.  
- The Medenine Plain and the Dahar Plateau from NE.

del settore nord ha guidato l'evoluzione del rilievo verso una stretta dorsale a *cuesta*, mai verso veri e propri *hogback*, con poco estesi versanti di faccia e strette depressioni ortoclinali, non cartografabili alla scala di restituzione adottata. Il bordo della dorsale in questo settore si presenta netto e frastagliato: si riconoscono unità morfologiche rappresentate da strette e corte incisioni vallive, con testate in erosione regressiva, che si aprono in corrispondenza della piana sottostante (Vt). Nel settore sommitale si identificano nel complesso ampie superfici strutturali (S) e substrutturali (Ss), che nella realtà manifestano più o meno intensi processi erosivi delle superfici di strato dando origine ad un paesaggio morfologico articolato, costituito da dorsali a *cuesta* e da rilievi residuali con superfici strutturali sommitali più o meno estese. (fig. 10)

Da un punto di vista morfoclimatico l'ambito individuato può essere ricondotto ad uno schema di tipo arido-semiarido, carat-

terizzato da scarse morfologie eoliche e significative dinamiche di ruscellamento superficiale, capaci di allontanare grandi quantità di materiale detritico scarsamente protetto dalla copertura vegetale arbustiva steppica (BEN OUEZDOU *et alii*, 1996).

La scarsa ed impercettibile inclinazione degli strati del settore meridionale ha generato, nel complesso, due grandi rilievi strutturali a *cuesta* continui, uno inferiore, scolpito su terreni calcarenitici ed argillosi del Trias, in evoluto stadio di smantellamento e ubicato nel settore ad est di Tataouine, l'altro, scolpito su litologie prevalentemente carbonatiche del Giurese, ubicato nel settore di Ghomrasen e ad ovest di Tataouine (fig. 11).

Nel complesso sono riconoscibili le forme classiche dei rilievi a *cuesta*, con superfici ortoclinali, estese *esplanade* relazionate alla giacitura pressoché orizzontale delle superfici di strato, e versanti del fronte della *cuesta* fortemente acclivi e con morfologie a gradini per erosione selettiva. Particolarmente signi-



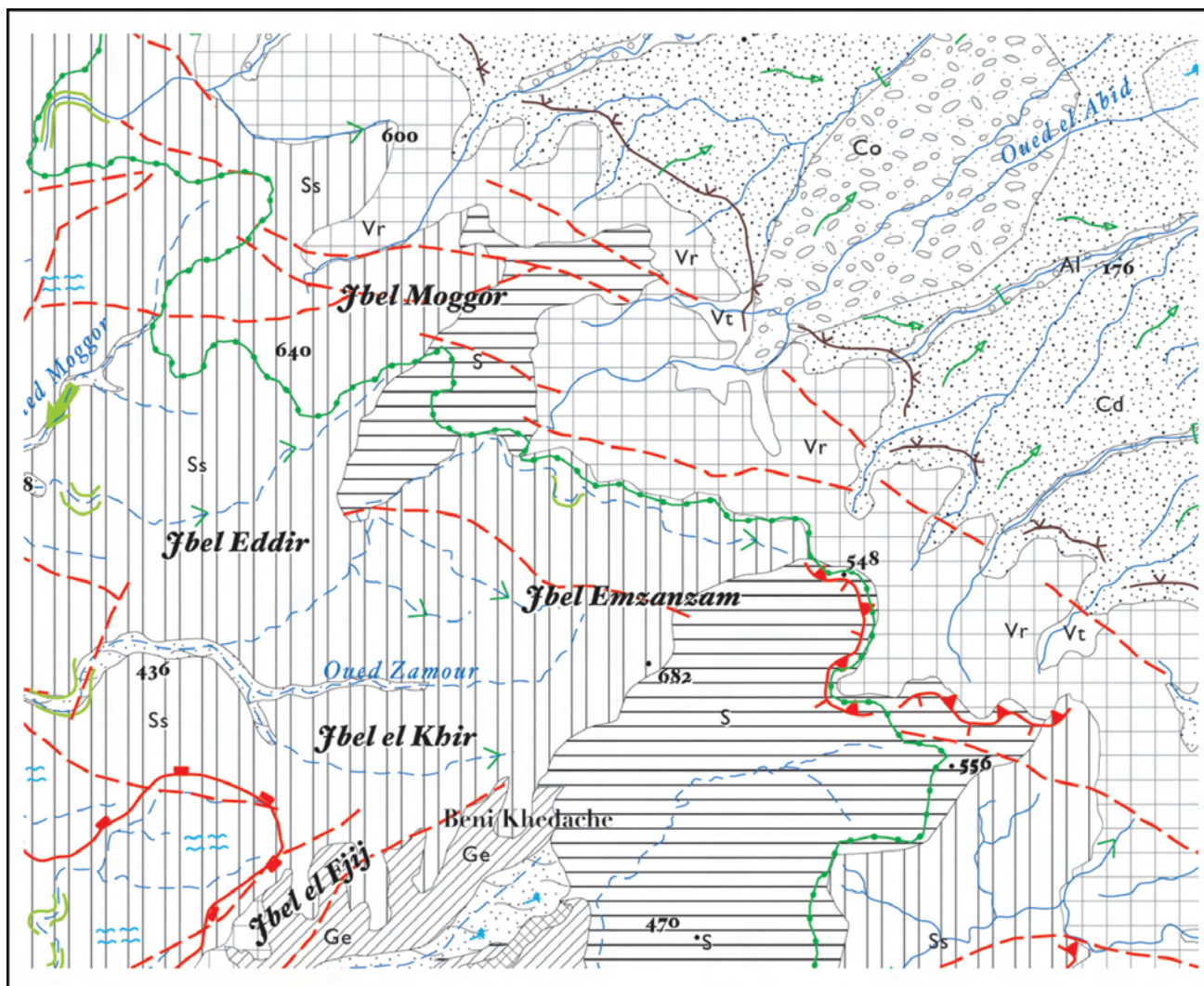


Fig. 10 - Superfici strutturali e sub-strutturali nel settore orientale del Plateau du Dahar  
- Structural and sub-structural surfaces on the eastern side of Dahar Plateau.

ficative sono le grandi depressioni ortoclinali dell'area di Guermessa, caratterizzata dalla esiguità delle coperture detritiche superficiali, in gran parte asportate dai fenomeni di ruscellamento, e quella di Tataouine, dove al contrario l'originaria superficie di strato appare mascherata da coltri detritiche provenienti dallo smantellamento della *cuesta* superiore.

L'osservazione dell'immagine da satellite evidenzia due grandi depressioni morfologiche, ed una minore, che definiscono la porzione superiore di altrettanti bacini idrografici di *oued* (*Oued el Khil*, *Oued Edhraa* e *Oued Bou Abib*). Si tratta di superfici di strato esumate dall'erosione selettiva che costituiscono dei bacini semichiusi, in cui confluiscono le acque provenienti dai rilievi circostanti a formare delle estese e spesse coperture colluvio-detritiche. Al centro delle depressioni sono

presenti caratteristici rilievi residuali in fase avanzata di smantellamento (*Jbel el Mongataa* e *Jbel om Eddh*), con sviluppo di limitati *glacis* ai piedi dei rilievi e superfici sommitali strutturali a *mesa*. La funzione di bacino di confluenza delle acque di ruscellamento di queste superfici appare attualmente fortemente limitata. Al contrario si riconosce un'interessante dinamica eolica che vede attribuire alle antiche valli fluviali degli *oued*, la funzione di corridoi eolici attraverso i quali i venti provenienti dai quadranti occidentali e dal *Grand Erg*, si incanalano e trasportano materiale sabbioso che si accumula, per ostacolo, all'interno delle depressioni e sui versanti sopravvento. I tracciati fluviali appaiono ormai estinti, e rappresentano pertanto la rete idrografica di un sistema morfoclimatico umido pregresso, anche se nei rari eventi meteorici si possono registrare significativi deflussi e



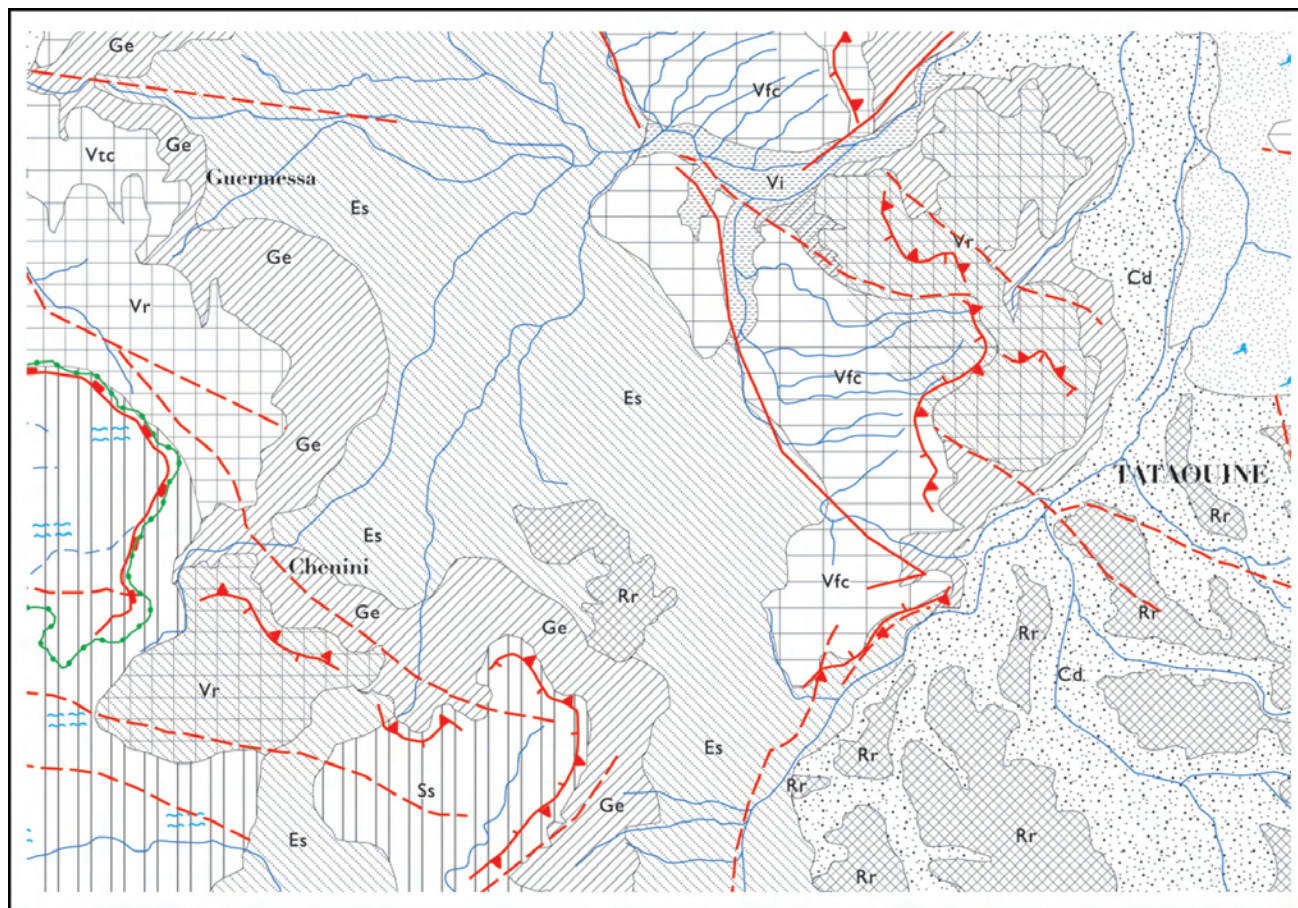


Fig. 11 - L'ampia esplanade a ovest di Tataouine.  
- The wide "esplanade" west of Tataouine.

rapide variazioni delle morfologie fluviali di letto.

I corridoi vallivi costituiscono, sia da un punto di vista fisico, sia in relazione al sistema delle vie di comunicazione, le porte d'accesso verso il *Grand Erg Orientale*.

#### 4.6. - SETTORE OCCIDENTALE DELLA DORSALE MONOCLINALE DI DAHAR

Il settore occidentale della dorsale di Dahar, procedendo da nord verso sud, mostra una sostanziale omogeneità morfologica legata alla pressoché costante giacitura delle unità stratigrafiche e dalla omogeneità delle sue componenti litologiche, che ha determinato un assetto morfologico classico a dorsali allungate a *cuesta*. Nonostante tale omogeneità, l'interesse geomorfologico del territorio appare oltremodo giustificato dalla presenza di importanti e significative morfologie fluviali relitte, che testimoniano periodi morfoclimatici umidi pregressi, relazionabili con le pulsazioni climatiche plio-quadernarie, e dalle evidenze fisiche e climatiche del passaggio verso un sistema morfoclimatico

predesertico e desertico.

Procedendo da est verso ovest, si individua una ben definita dorsale a *cuesta*, con quote intorno ai 700 metri s.l.m., caratterizzata superiormente da una superficie substrutturale che, ad una scala di maggior dettaglio, evidenzia, come detto precedentemente, un articolato sistema orografico fatto di strette incisioni fluviali, spesso ad andamento meandriforme, e di superfici sommitali di strato sub-orizzontali più o meno estese. La fitta rete di incisioni che tali superfici evidenziano sottolinea, ancora una volta, gli intensi fenomeni di erosione idrica superficiale e fluviale che questa regione ha attraversato. In questo senso i tracciati fluviali a meandri incassati appaiono la più rilevante testimonianza delle importanti dinamiche fluviali antiche, probabilmente policicliche, riferibili ad età da tardo terziarie a plio-quadernarie e riconducibili a fenomeni di sovrapposizione.

In corrispondenza di una riduzione di pendenza delle superfici di strato, nel settore occidentale della dorsale si aprono dei grandi ventagli di deposizione colluvio alluvionale, che rappresentano dei paleo settori di esondazione



fluviale e che attualmente assumono la duplice funzione di bacini idrici endoreici, per i rari ma pur sempre possibili eventi torrentizi degli *oued*, e di aree di accumulo e sviluppo di importanti morfologie dunari semplici e complesse, che annunciano l'incipienza del deserto sabbioso propriamente detto (fig. 12).

A corona di tali superfici morfologicamente depresse, si elevano lembi residuali di dorsali a *cuesta*, fortemente erose dall'azione idrica ed eolica, ricoperte da sottili aspersioni sabbiose, segni inequivocabili di appartenenza ad un ambiente desertico.

## 5. - CONCLUSIONI

Il lavoro propone metodologie di analisi, di interpretazione geomorfologica del territorio e di restituzione cartografica finalizzate alla conoscenza dei processi evolutivi nei sistemi aridi e semiaridi, attraverso elaborazioni ed interpre-

tazione di immagini satellitari e rilevamenti in sito. Le metodologie e gli strumenti adottati possono contribuire ad una migliore conoscenza dei fenomeni di desertificazione ed alla pianificazione territoriale regionale e subregionale in generale.

Il settore della Piana di Jeffara e di Medenine, appartiene ad un sistema morfoclimatico semiarido con spiccate tendenze all'arido, che vede nella dorsale di Dahar un importante elemento fisico di mitigazione delle fenomenologie climatiche estreme. I parametri geomorfologici e pedo-vegetazionali definiscono a tutt'oggi, nonostante la forte incidenza delle attività dell'uomo, potenziali, anche se limitati, caratteri di risorsa agricola e zootecnica. La forte predisposizione territoriale all'instaurarsi di condizioni di tipo resistasico suggerisce un'attenta pianificazione delle attività agricole e dell'allevamento.

L'interpretazione geomorfologica del territorio evidenzia la presenza di tre sistemi morfo-

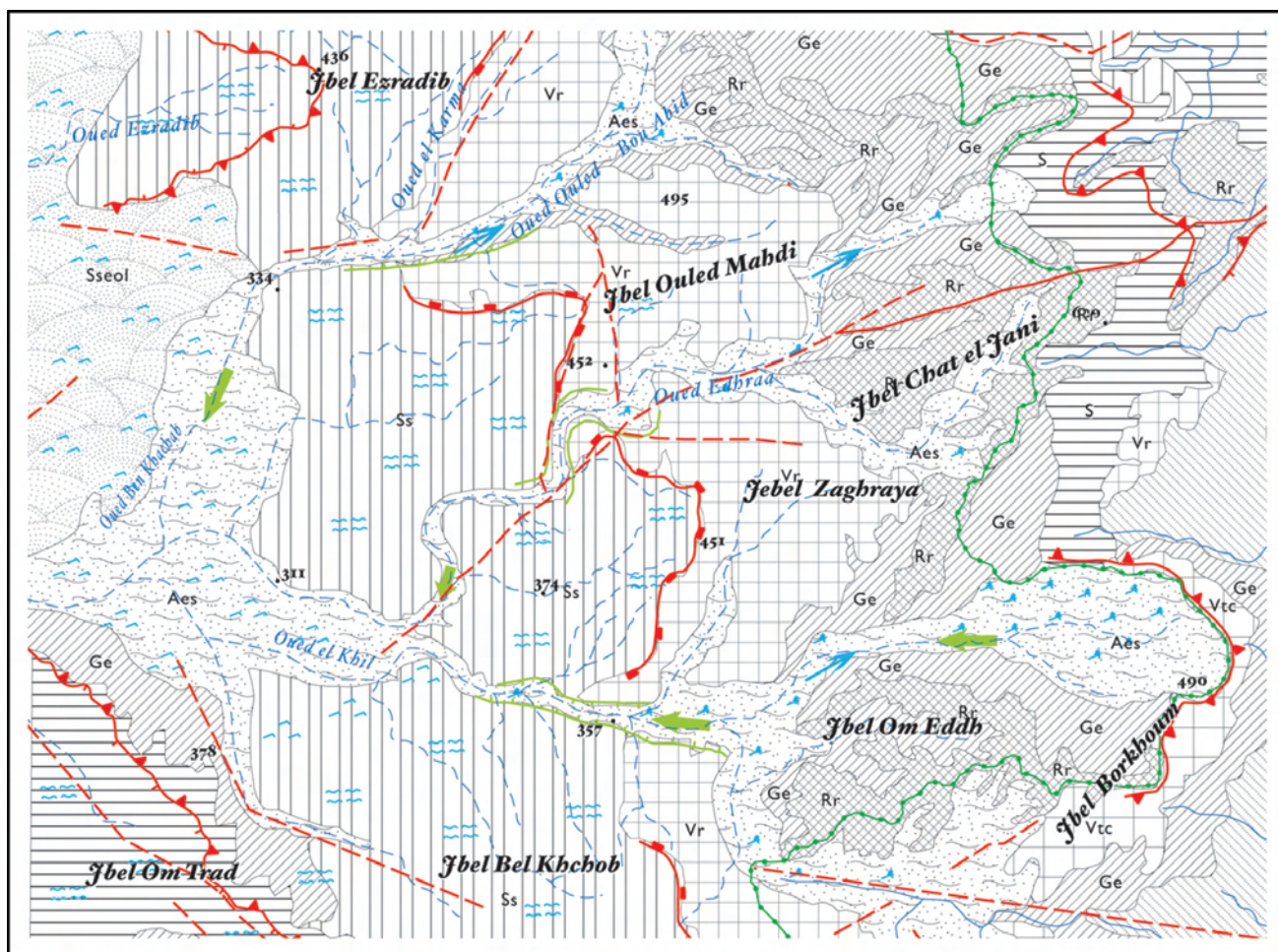


Fig. 12 - Settore occidentale della dorsale di Dahar, nel quale le forme e le dinamiche eoliche nascondono le paleo-morfologie fluviali (in verde).  
- The western side of the Dahar ridge; the eolian landforms hide the fluvial paleo-landforms (in green in the picture).



climatici distinti, semiarido, arido e desertico, all'interno di un territorio di circa 100 km di larghezza e con fasce di transizione molto limitate tra sistemi contigui. I rapidi passaggi da un sistema morfoclimatico ad un altro, sono da imputare prevalentemente a cause fisiografiche, cioè a controlli dell'orografia sulla distribuzione spaziale delle precipitazioni e sull'influenza del vento sulla genesi delle aspersioni sabbiose e delle morfologie dunari. Tale aspetto, oltre ad assumere un ruolo essenziale sull'evoluzione delle forme e dei processi superficiali, suggerisce valutazioni sulle tematiche inerenti il problema della desertificazione, fortemente contestualizzate all'assetto morfologico ed orografico.

La presenza di numerose e significative paleomorfologie pone l'accento sulle complesse fasi paleoclimatiche terziarie e plio-quadernarie, a cui gli studi e le ricerche in ambito arido e desertico, possono contribuire ad una migliore comprensione.

#### BIBLIOGRAFIA

- BARTOLINI C. & PECCERILLO A. (2002) - *I fattori geologici delle forme del rilievo*. Pitagora Editrice, Bologna.
- BEN OUEZDOU H., GUESMI N. & BOUASSIDA L. (1996) - *Contribution a l'étude géomorphologique du Jebel sidi Bouhlel et ses environs (Sud-Ouest Tunisia)*. Revue Tunisienne de Géographie, **30**: 53-79.
- BOUAZIZ S. (1995) - *Notice explicative de la Carte géologique de la Tunisie: F. 99, Ghomrassene*: pp. 15.
- BOUAZIZ S., BARRIER E., SOUSSI M., TURKI MOHAMED M. & ZOUARI H. (2002) - *Tectonic evolution of the northern African margin in Tunisia from paleostress data and sedimentary record*. Tectonophysics, **357**: 227-253.
- BOUAZIZ S., JEDOUI Y., BARRIER E. & ANGELIER J. (2003) - *Néo-tectonique affectant les dépôts marins tyrrhéniens du littoral sud-est tunisien: implications pour les variations du niveau marin*. C.R. Geoscience, **335**: 247-254.
- COQUE R. & JAUZEIN A. (1976) - *The geomorphology and Quaternary geology of Tunisia* - Ninth Annual Field Conference, Paris: pp. 227 - 257.
- HELLEN U. & STERN M. (1980) - *Monitoring land degradation in southern Tunisia. A test of Landsat imagery and digital data*. Lunds Universitets Naturgeografiska Institution; Rapport och Notiser n. 48.
- MARINI A., TALBI M., MELIS M.T. & PITZALIS A. (1999a) - *Comparison and management of the desertification phenomenon on Tunisia and Sardinia*. UNU Desertification Series 2 Ed. United Nations University: pp. 164-172, Tokyo.
- MARINI A., MELIS M.T., PITZALIS A. & TALBI M. (1999b) - *Analisi geomorfologica in aree predesertiche: la regione di Medenine (Tunisia meridionale)*. ATTI 3° Conferenza Nazionale ASITA, Napoli 9/12 novembre 1999, vol. II: pp. 911-916, Milano.
- METTE W. (1997) - *Palaeoecology and palaeogeography of the Middle Jurassic ostracods of southern Tunisia*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **131**: 65-111.
- NEWELL N.D., RIGBY J.K., DRIGGS A., BOYD O.W. & SEHLI F.G. (1976) - *Permian reef complex, Tunisia*. Brigham Young Univ. Geol. Stud. 23 Part 1: pp. 75 - 112.
- PIQUÉ A., TRICART P., GUIRAUD R., LAVILLE E., BOUAZIZ S., AMRHAR M. & AIT OUALI R. (2002) - *The Mesozoic. Cenozoic Atlas belt (North Africa): an overview*. Geodinamica Acta **15**: 185-208.