

2) L'eau, le vent et la tectonique : éléments-clé de la géodynamique

Les formes du relief sont façonnées par un jeu subtil entre les divers processus morphodynamiques. La disposition topographique et les formations géologiques sont principalement liées à l'histoire océanique s'inscrivant dans le paysage à une échelle relativement petite sur le plan spatial et très longue sur le plan temporel qui dépasse largement le Quaternaire. Mais le transport éolien et le ruissellement jouent un rôle important. Ils agissent sur un secteur plus restreint (limité au domaine littoral pour le premier) et à une échelle temporelle plus courte, limitée au Quaternaire où la tectonique a joué un rôle plus modeste. Avant d'évoquer la géodynamique passée et actuelle, une présentation de la topographie actuelle qui en est le résultat est nécessaire.

A) Une topographie étagée et peu élevée

La topographie conditionne le ruissellement mais aussi la morphodynamique éolienne par les effets d'accélération (effet Venturi et déflation) et les effets de ralentissement (effet de rugosité et accumulation). Dans un géosystème semi-aride et à fortiori dunaire, la topographie constitue donc un facteur primordial qui oriente l'évolution des formes du relief.

Au Nord d'Essaouira, le littoral est grossièrement rectiligne et orienté NNE-SSW. Il forme un cap sur lequel est bâtie la ville avant de subir, au Sud de celle-ci, une incurvation qui donne la magnifique baie longue de cinq kilomètres (cf. cartes n° 2 et 3).

La région n'est pas très élevée dans l'ensemble, notamment les proches environs d'Essaouira. Et si A. WEISROCK (1980) rattache cette partie à l'Atlas atlantique, c'est plus pour des raisons tectoniques que pour une altitude élevée. En effet, une série de bas plateaux étagés forment le relief et il faut s'enfoncer 25 km vers l'intérieur pour dépasser 300 m seulement (cf. carte n° 2).

Ces bas plateaux dont l'altitude varie entre 0 et 300 m sont orientés parallèlement au littoral suivant une direction méridienne.

Le plateau d'Essaouira est limité au Nord par le plateau d'Akermoud ; au Sud, par le plateau des Ida Ou Gourd. Au dessus de 300 m les plateaux moyens suivent aussi une orientation méridienne ; ils se situent donc à l'Est des bas plateaux et correspondent à « des plateaux bosselés et accidentés de collines ou bombements surbaissés » (WEISROCK, 1980). Ce sont les Chiadma des Hennchanne, Korimat, Meskala, collines de Neknafa, Ait Zeltene, Haha Nord-Est. Ceux-ci forment des collines couvertes d'arganiers. Alors que plus à l'Est, la structure plissée sous-jacente accroît encore le relief et fait le lien entre plateaux moyens et montagne.

En coupe, le schéma topographique est quasiment uniforme de l'oued Tensift au cap Rhir ; la figure 8, ci dessous, en donne un aperçu. D'Ouest en Est se succèdent une étroite plaine littorale constituée parfois d'une oulja (plaine côtière marécageuse) comme c'est le cas à Sidi Bettache et Sidi Mohamed Rasfa au Nord d'Essaouira (A. WEISROCK, 1987) ; un talus que nous appelons talus ouljien ; une série de plateaux dont le plateau moghrébien qui se relève de 100 à 250 m vers l'Est est le mieux conservé ; puis un second talus nettement marqué correspondant au talus moghrébien. Les termes de Moghrébien et d'Ouljien faisant référence à la chronologie du Maghreb seront définis plus bas.

Entre le talus ouljien et le plateau moghrébien, des replats s'intercalent avec leur talus correspondant. Ce qui donne une coupe en escalier montant vers l'Est. Mais ils ne sont que

rarement bien conservés, en raison de l'érosion hydrique et éolienne, et, par conséquent, peu distincts. Ils sont souvent très disséqués et marquent des niveaux intermédiaires décrits plus bas. L'étagement est de mieux en mieux marqué vers le Sud, et au delà du cap Rhir, partie la plus montagneuse correspondant à la zone axiale, prolongement du Haut-Atlas (R. AMBROGGI, 1963).

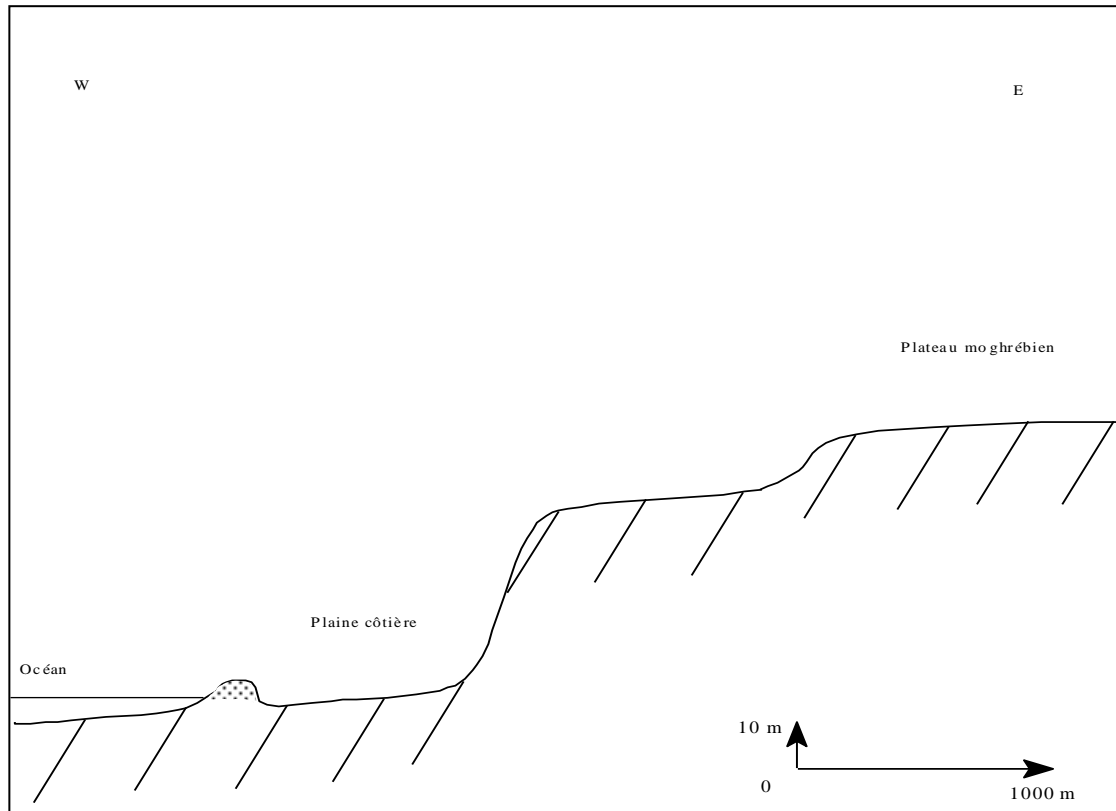


Fig. 8 : Coupe schématique du relief littoral.

Plus en détail, le massif dunaire d'Essaouira-Est est accumulé entre la ville et le talus ouljien (fig. 10). Son altitude est très faible puisqu'elle est située entre 25 m et 45 m à peine. Le relief alterne entre parties basses (les sillons interdunaires) et parties hautes (les crêtes dunaires). Les édifices sableux forment des barkhanes (dunes en forme de croissant dont les extrémités s'étirent dans le sens du vent). Leur flèche est orientée grossièrement Nord-Sud. Ces barkhanes sont souvent coalescentes et elles sont fixées par une végétation arborée à *Acacia cyanophylla* et *Eucalyptus gomphocephala*. Les dépressions sont occupées par des mares temporaires et dépourvues de végétation exceptée les peuplements algaires et les salicornes. Dans sa partie nord-occidentale, le massif dunaire jouxte l'océan par l'intermédiaire du cordon dunaire littoral (cf. carte n° 5, chap. IV2B).

B) Lithostratigraphie et empreinte de l'histoire océanique

Lorsqu'on arrive à Essaouira par la route principale n° 10 (de Casablanca ou de Marrakech), la première image que l'on a est celle de l'immensité de l'océan face à l'espace urbain. C'est à partir d'Azelf, un point de vue panoramique qui surplombe la ville, sa baie et les alentours, que l'on peut avoir cette impression. On comprend alors la forte influence marine.

En effet, l'ouverture du bassin atlantique constitue un élément fondamental de la lithostructure régionale. Les travaux précurseurs de géologie marocaine ont permis de connaître très tôt la stratigraphie régionale (A. BRIVES, 1902 ; L. GENTIL, 1902 et P. LEMOINE, 1905, in A. WEISROCK, 1980). Mais les deux thèses d'E. ROCH (1930, in A. WEISROCK, 1980) portant sur l'ensemble du bassin sédimentaire côtier d'Agadir-Safi et de R. AMBROGGI (1963, in A. WEISROCK, 1980) limitée à sa partie méridionale, constituent des ouvrages-clé. Aussi, la recherche pétrolière a encore précisé la stratigraphie mais a surtout apporté de nouvelles connaissances sur la sédimentologie et la tectonique de la chaîne atlasique (DUFFAUD et al., 1966, in WEISROCK, 1980).

Les faciès lithologiques qui caractérisent le secteur Nord de l'Atlas atlantique s'étendent chronologiquement de la fin du Primaire à aujourd'hui.

a) Les affleurements permo-triasiques

Ils correspondent à un paléorift préfigurant l'ouverture de l'Océan atlantique (A. WEISROCK, 1980) et sont caractérisés par des formations d'argiles rouges salifères et gypsifères (COCHET et COMBE, 1976), des coulées basaltiques, des grès, des pélites et des conglomérats. Leur orientation est d'ailleurs parallèle au littoral, suivant une direction majeure hercynienne ou " mésétienne ".

La série formée par ces dépôts est puissante (entre 2500 et 6000 m) et, sous les contraintes tectoniques, elle affleure par des plis diapir (diapirs de Taïtoust et de l'oued Tidzi).

Le plus étendu est celui du couloir d'Argana, constituant les prémices d'une rupture capitale à l'origine de l'ouverture du bassin océanique (M. TIXERONT, 1973).

b) La couverture sédimentaire secondaire et tertiaire

b1) Le Jurassique

Il est composé de grès, marnes, calcaires et dolomies (DUFFAUD et al., 1966), et affleure essentiellement dans quatre secteurs du Sud au Nord :

- à l'Ouest du couloir d'Argana ;
- sur l'anticlinal Jbel Amsitten ;
- sur les anticlinaux de la zone nord-atlasique Jbels Hadid et Kourati
- dans la région du moyen Tensift.

b2) Le Crétacé

Il couvre les deux tiers de la superficie de l'Atlas atlantique. Trois cycles de sédimentation ont été relevés (R. AMBROGGI, 1963) :

- le Crétacé inférieur est marqué de dépôts franchement marins à l'Ouest (calcaires lumachelliques et marnes à faunes variées) qui passent latéralement à l'Est à un faciès de type lagunaire ;
- le Crétacé moyen correspond à un maximum transgressif. Il est individualisé par l'alternance de marnes et de calcaires (calcaires à miliolites et calcaires très dolomités dans le bassin d'Essaouira notamment) ;
- le Crétacé supérieur est constitué de calcaires dolomitiques et lumachelles pour un tiers et de marnes jaunes pour deux tiers. Les sédiments sont riches en huîtres et microfaune benthique marquant un milieu littoral et une phase régressive.

La sédimentation essentiellement calcaire et marneuse devient phosphatée à partir du Maestrichtien.

b3) L'Eocène

Il est très peu étendu dans la région et s'identifie par deux formations majeures :

- à l'Eocène inférieur, une sédimentation phosphatée et sableuse domine ;
- à l'Eocène supérieur, le relais s'effectue par une sédimentation calcaire.

c) Les Formations plio-pléistocènes marines et fluviatile

Elles correspondent à des phases multiples de transgression et régression formant des terrasses étagées dont les falaises mortes sont parallèles au rivage actuel.

La plus remarquable et la plus développée de ces formations est le Moghrébien correspondant au taxon pVD (carte n° 3 p. 39). Etage inclus dans le Pliocène, il en marque la fin et pose le problème de son individualisation par rapport au Pliocène lui-même et au Villafranchien. Il recouvre la série secondaire en discordance planaire et affleure largement d'Ouest en Est sur une bande méridienne large de 10 à 40 km. Ce faciès s'étend sur un paysage quasi uniforme retrouvé tout le long de la côte atlantique par son homogénéité (G. BEAUDET et A. RUELLAN, 1971 ; L. ORTLIEB, 1975). Les caractéristiques topographiques du Moghrébien correspondent à un talus externe occidental (falaise morte de 100 à 200 m), une plateforme qui se relève vers l'Est, et un talus interne oriental (supérieur à 100 m en général). A. GUILCHER (1974, in A. WEISROCK, 1980) a défini par le terme de " rasa " les " surfaces d'aplanissement rocheuses, littorales, anciennes et perchées ". A. WEISROCK (1979) qualifie la plateforme d'abrasion marine moghrébienne de rasa moghrébienne.

La sédimentation est grésolumachellique à la base et passe à une sédimentation grossière à tendance régressive au sommet (A. HOURIMECHE, 1988). Ainsi deux hypothèses ont longtemps prévalu : le Moghrébien a été considéré comme un Pliocène régressif (GIGOUT, 1956 ; LECOINTRE, 1963) ; ou comme la première transgression quaternaire équivalant au Villafranchien

(CHUBERT, 1965 ; BIBERSON, 1971). Après les études de micropaléontologie dans l'arrière pays de Rabat et à partir d'arguments sédimentologiques et minéralogiques (A.WEISROCK, 1980), il semble que la première hypothèse l'emporte. L'océan pliocène est très progressivement transgressif (Pliocène inférieur et moyen) et son extension est maximale au Moghrébien (Pliocène moyen et supérieur). Il n'y a pas de changement climatique notable entre Pliocène inférieur et supérieur : " La faune ne subit guère de transformations et le paysage géochimique reste le même " (A. WEISROCK, 1980). Les conditions sont tropicales ou sub-tropicales humides ; le Moghrébien s'explique alors par une courte crise d'origine tectonique contemporaine d'un début de régression marqué par le passage d'une sédimentation fine à une sédimentation plus grossière. Le facteur tectonique ne peut être l'unique explication en raison des dépôts liés à la régression observés sur toute la côte atlantique ; tant sur la meseta (BIBERSON, 1961 ; BEAUDET, 1969), que sur le rivage du Sahara occidental (ORTLIEB, 1975 ; RISER, 1996 et 1999a et 1999b).

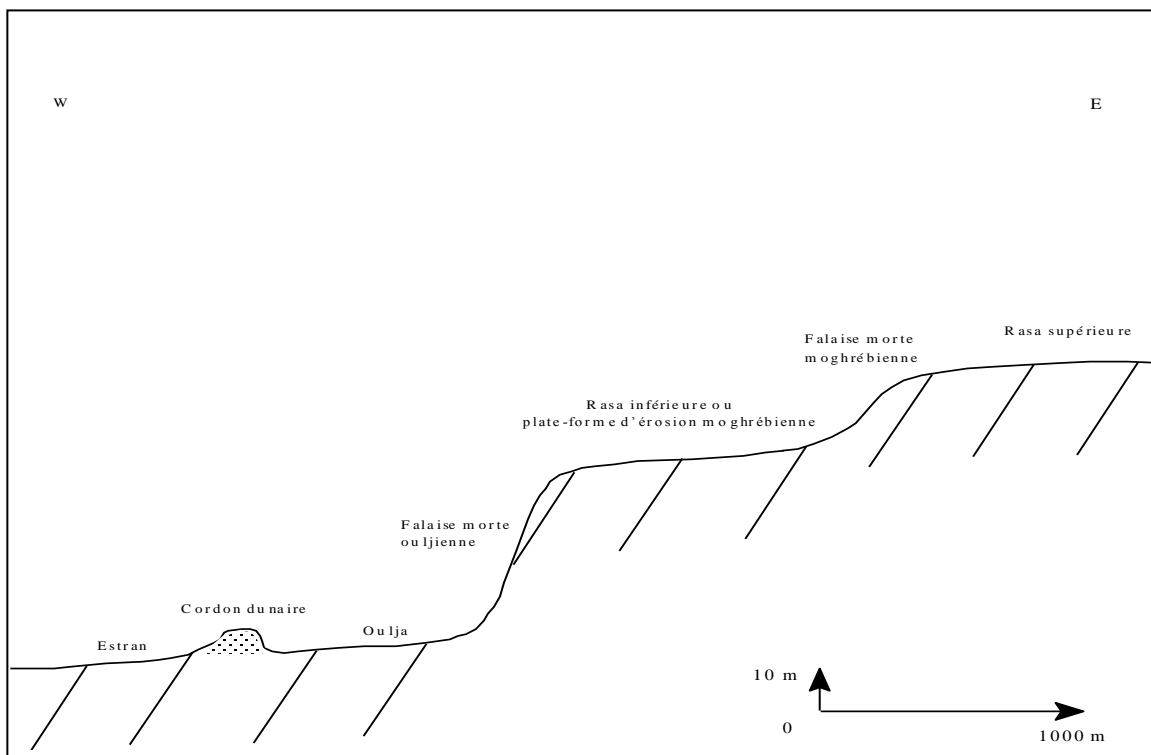


Fig. 9 : Les principales formes marines quaternaires.

Au Pléistocène, les cycles de transgression marine se reproduisent et sont conjugués à l'activité tectonique commencée au Pliocène qui se poursuit aujourd'hui encore. Les phases d'incision des oueds et de recul des versants alternent avec les phases d'accumulation marquées par des niveaux étagés (fig.9). Ces niveaux sont retrouvés sous diverses formes dans l'ensemble du Maghreb et également en domaine continental (COQUE, 1979 ; BALLAIS, 1981 ; BALLAIS et al., 1995).

La région d'Essaouira et, plus largement, l'Atlas atlantique présente l'originalité d'associer aux formes continentales (glacis, terrasses alluviales) des formes littorales très nettes (terrasses marines).

D'un point de vue structural, la région d'Essaouira appartient à une zone synclinale communément appelée le synclinal de Mogador. Ce qui a pour effet de moins mettre en valeur l'étagement des

terrasses. Mais dans les vallées des oueds (oued Ksob et oued Tidzi), les niveaux alluviaux sont retrouvés encaissés dans des niveaux marins très bien conservés comme le Maarifien et l'Ouljien, notamment entre Cap Rhir et Agadir (WEISROCK et al., 1999).

Le premier serait contemporain de l'interglaciaire Günz-Mindel. Il vient s'étagier au pied de la grande falaise morte moghrébienne. Il est caractérisé par une lumachelle concassée très consolidée associée à des graviers de roche siliceuses. C'est un faciès littoral à faune comparable à celle de la formation moghrébienne (HOURRIMECHE, 1988).

L'Ouljien correspond à la transgression tyrrhénienne (A. WEISROCK, 1987). Il est constitué de graviers cristallins arrondis, de pétrographie variée, cimentés par des sables biodétritiques. Sa faune abondante est peu différente de l'actuelle mais demande des conditions océaniques plus tièdes (A. WEISROCK, 1987). Il est souvent recouvert par des formations dunaires importantes.

La carte n° 3 illustre la prépondérance des faciès dunaires dans les tons gris-bruns.

Les dépôts continentaux pléistocènes marquent le paysage surtout au Soltanien contemporain du Würm européen. Cette séquence est très nettement visible sur la rive droite et partiellement sur la rive gauche de l'oued Ksob. Le faciès débute par un conglomérat fluviatile à galets bien roulés et assez gros, consolidés par une matrice sableuse. Ce terme est surmonté d'une accumulation calcaire consolidée à éléments détritiques très fins (limons roses). Une telle disposition est retrouvée dans tout l'Atlas atlantique et au-delà (HOURRIMECHE, 1988). Le sommet de la terrasse soltanienne est affecté d'un paléosol de type fersiallitique.

Des sables biodétritiques sous forme de dunes plus ou moins grésifiées sont superposés à la séquence précédente.

C) Les différents systèmes dunaires littoraux du Quaternaire

Dans le secteur d'Essaouira il n'y a guère que l'oued Ksob qui, par son encaissement, permette d'observer la stratigraphie locale.

Le Moghrébien constitue un soubassement bien individualisé par son degré de cimentation et de compaction et il est recouvert par cinq générations de dunes ou systèmes dunaires (WEISROCK, 1980). Sa position morphologique est donc remarquable puisqu'il accueille dans son entaille tout le matériel post-moghrébien. Les dunes moghrébiennes s'observent plus à l'Est et sont recouvertes d'une croûte calcaire à smectite (RISER, in WEISROCK, 1980).

Les systèmes dunaires qu'ils soient fossiles ou actuels ont fait l'objet de vives polémiques concernant la direction des « paléovents » (MARTIN et NAIRN, 1975 et STEARNS, 1976).

La première dune post-moghrébienne est lapidifiée et elle surmonte la plage fossile maarifienne en continuité directe de sédimentation. Il s'agit vraisemblablement de la dune maarifienne recouverte de colluvions rose clair, traversées par des encroûtements racinaires tubulaires ; le tout est scellé par une croûte calcaire lamellaire à attapulгите.

La dune ouljienne, également lapidifiée mais légèrement moins dure que la première, est emboîtée dans le système maarifien. Elle est entaillée par la vallée de l'oued Ksob de la carrière Leroux à la route n° 8a. L'épaisseur maximale visible est de 20 m. Elle est ravinée en surface par

une croûte lamellaire (WEISROCK, 1982) et recouverte par la terrasse soltanienne. C'est celle qui correspond à ce que l'on appelle communément le grès de Mogador.

Le troisième système dunaire est représenté par des dunes longitudinales de 2 à 5 km de long et espacées de 100 à 300 m. Celles-ci sont très bien développées et très nettement visibles entre Essaouira et le Cap Sim. Elles sont encroûtées superficiellement, altérées par un sol brun à nodules calcaires et coiffées par une végétation arborée à genévriers de Phénicie. La datation C14 de cette formation a donné un âge antérieur à 5700 B.P. (WEISROCK, 1980). Les différents travaux qui ont suivi attribuent ces dunes longitudinales à l'Holocène inférieur. Mais après des mesures plus précises, il s'avère que leur âge est situé autour de 14000 B.P. (WEISROCK, communication orale), les rattachant au Pléistocène supérieur.

Dans les sillons interdunaires de cette troisième génération, les sables correspondant à la quatrième et cinquième génération se sont accumulés sous diverses formes. Ils sont également visibles plus au Nord et à l'Est d'Essaouira.

Des accumulations sableuses sans végétation, mêlés à de nombreux Hélicidés et à beaucoup de fragments de silex parfois taillés en pointe mogadorienne d'âge néolithique (ANTOINE, 1952), constituent le quatrième système dunaire. De multiples restes de foyers à débris de « croûte noire » sont également présents. Cette génération de dunes est appelée « dunes historiques » (WEISROCK, 1982).

Le cinquième ensemble correspond à des sables vifs accumulés sous la forme de barkhanes et nebkhas. Dans ce secteur ils sont dépourvus de végétation mais sont colonisés à l'Est d'Essaouira et au Nord par des formations végétales que nous décrivons plus bas. Ce sont des sables biodétritiques contenant des fragments de tests de mollusques marins. Entre Essaouira et le Cap Sim, leur teneur en carbonates et leur granulométrie diminuent suivant une direction NNE-SSW ; et leur tri s'améliore suivant la même direction (CHAHBOUN, 1988 et GENTILE, 1997).

Cette cinquième génération est actuelle et elle est représentée par le massif dunaire illustré en coupe par la figure 10. Les sables vifs qui la composent font qu'elle est partout prégnante dans le paysage. Lors de la première mission de terrain, elle a suscité plusieurs questions : quelle est la raison d'une accumulation si vaste et si homogène ? pourquoi cette zone préférentielle est-elle située aux abords de la ville ?

A priori, la configuration topographique permet d'avancer quelques arguments. Comme il a été expliqué plus haut (chap. II C), l'effet de rugosité est nul à l'amont-vent d'Essaouira (absence de relief). Ce qui donne à l'alizé une direction unique et par conséquent, une efficacité maximale, primordiale pour la déflation et le transport des sédiments.

Aussi, à 2 km environ au Nord de la ville, un angle d'incidence notable se forme entre l'orientation du littoral et la trajectoire du vent ; alors que plus au Nord, elles sont parallèles (cf. carte n° 2 et 3). Le cap formé à Essaouira marque un changement de direction du trait de côte. Ce facteur topographique supplémentaire a pour effet de diminuer la vitesse du vent au sol, puisqu'il rencontre le littoral suivant une direction oblique. Ainsi, l'alizé perd sa capacité de transport et dépose alors les particules prélevées en amont.

Les cinq systèmes dunaire (maarifien, ouljien, pléistocène supérieur, historique et actuel) mettent toujours en jeu le facteur éolien mais ils sont issus de la dynamique marine. Ils se sont édifiés lors de phases climatiques arides pour les trois premiers alors que les deux derniers

semblent consécutifs à l'anthropisation. Les dunes maarifienne et ouljienne sont contemporaines d'un stade régressif de l'océan (A. WEISROCK, 1982).

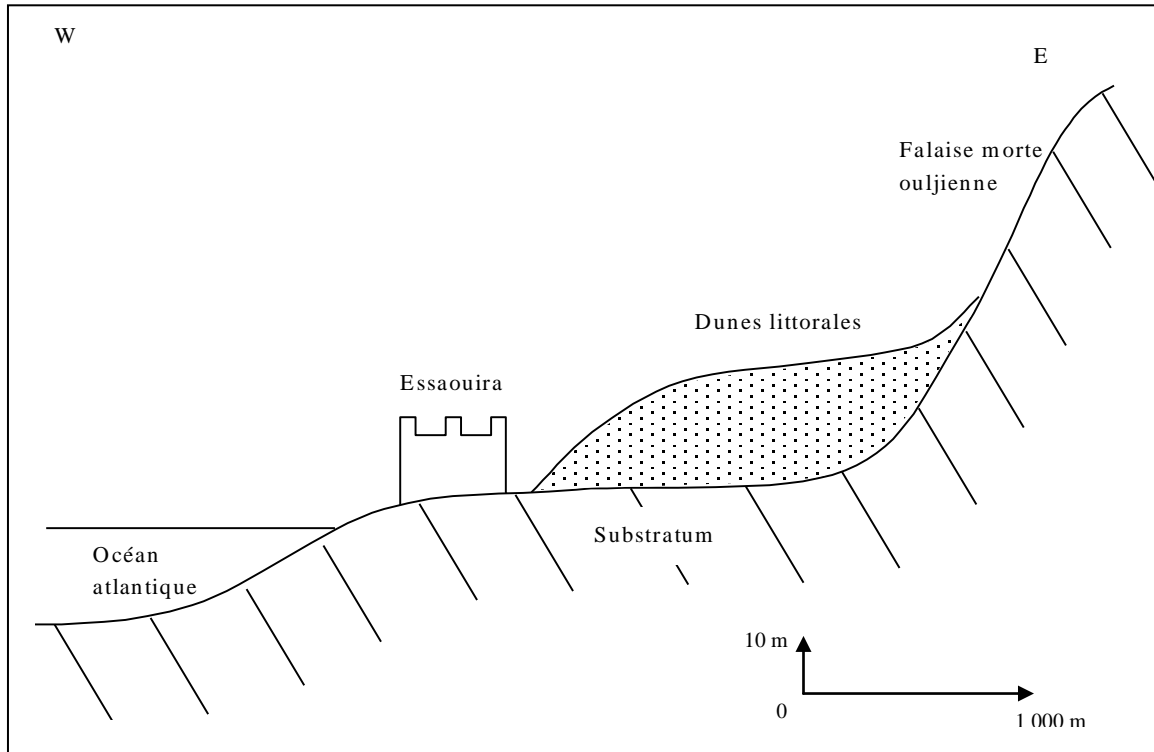


Fig. 10 : Localisation schématique du massif dunaire en coupe.

La description des traits géodynamiques de la région souirie fait apparaître l'action de processus hydriques (édification de terrasses marines et fluviatiles, dépôts alluviaux des oueds fournis à l'océan) et éoliens (accumulation de formations dunaires). Les cycles marins successifs ont formé des rasas étagées recouvertes en partie d'édifices dunaires construits par l'alizé. Ces formations sont ravinées par les oueds et le ruissellement d'une manière générale. Enfin, la tectonique d'ouverture du bassin océanique et de l'orogénèse atlasique rend plus difficile la compréhension des divers processus sur le terrain. Par les soulèvements, les effondrements, les jeux et les rejeux, elle modifie la disposition de toutes ces formations (terrasses marines, alluviales et dunes).

Aussi, c'est près des embouchures des oueds que l'on peut mieux saisir les relations entre les quatre agents morphodynamiques. La thèse d'A. CHAHBOUN (1988) en rend bien compte.

La description des éléments abiotiques montre que les liens qu'ils entretiennent sont complexes. Masses hydriques (océanique, fluviatile et atmosphérique), aéromasse (alizé) et lithomasses (profondes et superficielles) sont caractérisées par des flux (et des reflux pour l'océan) sous l'impulsion d'énergies de nature et de degré divers.

Les sols forment une transition vers les éléments biotiques puisqu'ils se situent à l'interface de la roche et du couvert végétal.

Le géosystème dunaire actuel présente une pédogénèse peu évoluée que l'on retrouve à sa périphérie.