

au cours de la présente étude. L'extraordinaire développement pris par cette plante dans la région de Bizerte et dans celle du Cap Bon permet d'affirmer que l'existence d'un végétal susceptible de recouvrir des vastes étendues de sable et d'y prospérer avec une impétuosité parfois inquiétante n'est pas une utopie, bien loin de là.

Il est possible que le *Saccharum* devienne un fléau dans quelques années; mais ce n'est là qu'une hypothèse. Sans cette plante, il faut bien le reconnaître, et avec le seul apport du gourbet, les travaux de fixation des dunes de Bizerte n'auraient pas été possibles sur une échelle aussi vaste.

Cette oeuvre magnifique de reboisement sera terminée dans six ans. Le Trésor Tunisien pourra, à partir de 1945, compter sur un revenu annuel important, provenant des dunes domaniales de Bizerte. Il n'est pas possible d'affirmer que le massif créé avant 1920 soit à l'abri de tout risque d'incendie. Mais cette année des recherches sont encore entreprises pour augmenter la sécurité de ce peuplement trop résineux et trop compact.

Il est permis d'envisager dès maintenant qu'il y aura des débouchés autres que le bois de feu, les pilotis, et les petits bois de charonnage. Dans une vingtaine d'années ces petites industries locales ne pourront plus absorber la production massive de deux mille hectares de boisement.

La destination exacte de tous ces bois n'est pas encore exactement précisée, mais il est certain que jamais les ressources d'une forêt aussi accessible que celle de Bizerte ne sont restées inutilisées.

LOUIS GEORGE.

Évolution de la végétation dans une dune en voie de fixation

Dunes du Cap Bon en Tunisie.

Les sables sur lesquels ont été faites les quelques observations qui suivent sont situés en Tunisie, à l'extrémité du Cap Bon. Ils s'étendent sur 7.000 hectares environ et forment une bande large de 3 à 6 kilomètres et longue de 22 kilomètres. Ils reposent sur une roche calcaire gréseuse de l'étage du quaternaire marin et de la décomposition de laquelle ils proviennent en majeure partie ainsi que de celle de grès de Numidie et de grès du Vindobonien qui sont abondants dans les régions avoisinantes.

La chute d'eau moyenne annuelle s'élève à 400 mm., répartie sur 76 jours seulement. Les températures oscillent entre -1 et 48 degrés centigrades, la moyenne étant de 18°, celles des maxima et minima de 23°,5 et 13° pour l'année. La formule de Martonne (1) appliquée à cette région donne le nombre 14,2, compris entre celui de la steppe sèche (10) et celui de la prairie (20). Le quotient pluviothermique d'Emberger (2) atteint ici 37,1 (il est de 125,7 à Monaco et de 62,5 à Marseille).

Enfin, les vents sont fréquents et violents sur ce promontoire qui sépare les deux bassins oriental et occidental de la Méditerranée; aucune mesure, malheureuse-

(1) $\frac{P}{T + 10}$ *P* étant la moyenne annuelle de hauteur de pluie en m/m et *T*, la moyenne annuelle des températures en degrés centigrades.

(2) $\frac{P}{2 \left[\left(\frac{M+m}{2} \right) \times (M-m) \right]}$ *P*, comme ci-dessus; *M* désigne la moyenne des maxima du mois le plus chaud et *m* celle des minima du mois le plus froid.

ment, n'en a été faite d'une façon continue près de la pointe du Cap Bon.

Les sables du Cap Bon formaient autrefois des dunes consolidées, couvertes sur leur plus grande partie par une broussaille continue dont il reste quelques îlots appartenant au groupement de l'olivier-lentisque et se rangeant dans les types de l'« Arbution », du « Cistion »



Un aspect des dunes du Cap Bon avant la fixation.

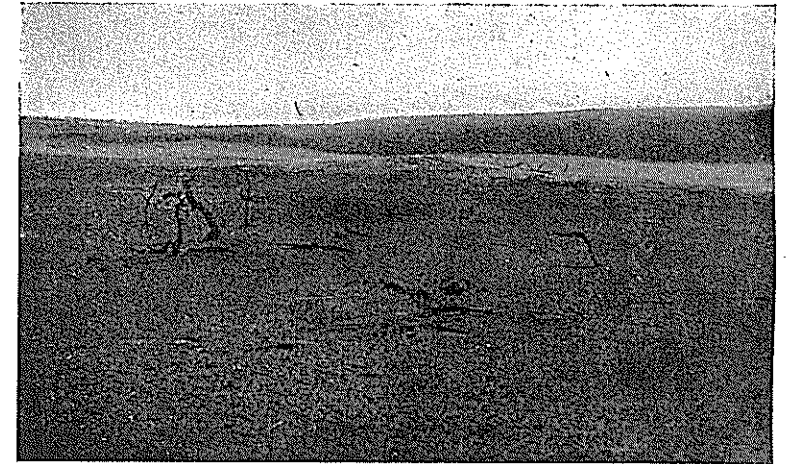
et même parfois du « Genisteion », tels que les a définit Rübel, c'est-à-dire, intermédiaire entre le haut et le bas-maquis et ayant dégénéré dans les parties plus arides en une végétation steppique ne comprenant plus parfois que le *Thymoclea hirsuta*.

Cette broussaille se compose essentiellement des espèces suivantes :

Quercus coccifera; *Phillyrea media*; *Pistacia lentiscus*, orné souvent de la ravissante *Clematis cirrhosa*, à laquelle se joint parfois le *Smilax aspera* et sa sous-espèce *mauritanica* à feuilles larges et sans épines; *Myrtus communis*; *Erica arborea*; *Erica multiflora*; *Daphne Gnidium*; *Chamaerops humilis*; *Calycotome villosa*; *Cistus*

monspeliensis; *Cistus salvifolius*; *Rubus fruticosus*; *Inula viscosa*; *Asphodelus microcarpus*; *Urginea maritima*; *Lotus creticus*.

Peu de graminées : *Lagurus ovatus*; *Briza maxima* et *B. minor*; *Cynodon Dactylon*; *Melica minuta*; *Oryzopsis miliacea*; *Hordeum maritimum* (1).



Racines presque fossiles du maquis d'autrefois.

Cette broussaille a été en partie détruite systématiquement par l'homme à l'aide du feu, de la hache et de la pioche, dans le but de créer des pâturages et des terrains de culture, pour se procurer du chauffage et faire du charbon. Dans ce dernier but, non seulement les parties aériennes des végétaux sont utilisées, mais aussi les racines qui fournissent une quantité de bois plus grande encore et qui donnent à la carbonisation un produit de qualité meilleure; la végétation est ainsi détruite d'une façon irréversible et le sol reste profondément défoncé. L'opération a été conduite irrationnelle-

(1) Je n'ai pas trouvé l'*Andropogon hirtus* qui est, cependant si répandu dans les broussailles sèches du littoral méditerranéen.

ment par une population insouciant de lendemain et les dunes qui avaient été fixées par la végétation se sont de nouveau mises en mouvement. Le sable découvert, défoncé, constamment labouré ou bien piétiné par les animaux, a été entraîné par le vent et a formé de nouvelles dunes, mobiles, celles-ci, qui ont enseveli les re-



Un lentisque et un filaria,
vestiges du maquis qui recouvrait la dune, autrefois.
Au fond, des touffes de gourbet.

stes de végétation qu'elles rencontraient sur leur marche. Le mouvement a pris une telle ampleur que ce sable s'est déversé sur toute une région agricole qui bien qu'assise sur un sol stable, s'est trouvée submergée par le flot mis en liberté par des propriétaires imprévoyants, non seulement pour eux-mêmes, mais aussi pour leurs voisins dont ils ont causé la ruine. Le mal s'accroissant chaque année, l'Etat est intervenu et a confié au service forestier la mission d'arrêter les sables qui menaçaient de recouvrir encore une plaine d'alluvions fertiles sur une vingtaine de milliers d'hectares. Les travaux ont été commencés en 1929.

Il y avait très peu de plantes sur les dunes mobiles. De loin en loin, on rencontrait des espèces, les unes d'origine littoralienne et sans doute amenées par le vent, les autres provenant probablement d'une flore ancienne qui occupait le sol avant l'installation du maquis. Voici ces espèces :

Ammophila arenaria; *Juncus maritimus*; *Juncus conglomeratus*; *Polygonum maritimum*; *Polygonum equisetiforme*; *Salsola Kali*; *Maresia nana*; *Aristida pungens*, plus spécialement dans les parties sèches; *Cyperus mucronatus*; *Cyperus rotundus*; *Retama Roetam*; *Phragmites communis*, dans les parties humides; *Polygonum maritima*, également dans les parties humides; *Cutandia maritima*; *Vulpia uniglumis*; *Dactylis glomerata*.

Il convient d'ajouter deux géophytes à cette liste : *Urginea maritima* et *Asphodelus microcarpus*, plantes du maquis, et qui ont pu subir, sans disparaître comme lui, des ensablements successifs, grâce à leur appareil végétatif souterrain volumineux.

Le premier travail du forestier a consisté à établir des palissades de fagots et des clayonnages en roseau pour obtenir des dunes artificielles fixes; entre elles, si cela était nécessaire, il a planté des rangées ininterrompues, normales au vent dominant, de Canne de Provence (*Arundo Donax*) et de *Saccharum*. Ce *Saccharum* est le *Saccharum Aegyptiacum* Willd. (ou *Saccharum spontaneum* L. ou encore *Saccharum biflorum* Forskal). Il est mentionné dans la flore analytique et synoptique de Battandier et Trabut (1902) dans les environs de Bône. Y est-il spontané? D'après Letourneau, qui le premier, en 1857, le cite en Algérie, il serait bien spontané près de Bône. Avant lui, en 1848, Parlatore l'avait considéré comme tel sur la côte méridionale de la Sicile. Faut-il, au contraire, supposer que ce *Saccharum*, provenant d'Egypte où il est très abondant sur les rives du Nil et où il avait été décrit par Forskal en 1775, avait été in-

roduit en Sicile et près de Bône à une époque ancienne et se serait naturalisé dans ces stations? Aucun auteur, en tous cas, à ma connaissance, n'a signalé cette graminée en Tunisie, à l'état spontané.



Une dune artificielle fixe.

Le *saccharum* a été employé avec succès depuis de nombreuses années pour la fixation des dunes sur le littoral de la Sicile méridionale et pour abriter les cultures et les vignes dans les terrains sablonneux. En 1915, il a été introduit dans les environs d'Oran par un propriétaire avisé qui avait chez lui des étendues importantes de sable mobile. A la même époque, le service forestier l'utilisa pour la fixation des dunes algériennes avec, également, un grand succès.

En Tunisie, c'est vers la fin de la guerre que des colons ont commencé à l'utiliser dans les régions sablonneuses des environs de Bizerte et dans le Cap Bon; des vigneron ont suivi leur exemple. Il a fait l'objet d'essais encourageants dans les dunes de Tabarka et de Bizerte et c'est pourquoi on s'est servi de lui dès le commencement des travaux de fixation des dunes du Cap

Bon. Il y rend d'immenses services. Les boutures et les fragments de racine (1) sont mis en place dans un sillon en hiver ou au début du printemps, les premières pousses apparaissent en Juin et Juillet; à la fin de l'été, on a un rideau complet de deux mètres de haut. La seconde année, ce rideau s'épaissit et s'élève à trois et quatre mètres; c'est alors un brise-vent parfait.

N'y a-t-il pas lieu de s'inquiéter de son exubérance? Le *saccharum*, en se développant si vite, ne nuira-t-il pas, plus tard, par un envahissement de tout le sol, à la croissance des arbres qu'il protège si bien dans leur premier âge? N'épuisera-t-il pas ce sol qu'il devra laisser ensuite à des végétaux plus grands? Ce n'est qu'un auxiliaire du boisement et il ne doit pas dépasser le rôle qui lui est assigné. Peut-être faudra-t-il lutter contre lui dans l'avenir. Cette crainte, en tous cas, ne doit pas en faire abandonner l'emploi, car sans lui, la fixation des dunes du Cap Bon serait beaucoup plus lente; le gourbet (*Psamma* ou *Ammophila arenaria*) (2), le drinn (*Aristida pungens*), le *Saccharum cylindricum* (ou *Imperata cylindrica*) qui sont des auxiliaires précieux du boisement des dunes ont une végétation beaucoup plus lente et un développement moindre en hauteur que le *Saccharum Aegyptiacum*.

A l'abri des dunes artificielles fixes et des lignes de roseaux, le sable superficiel n'est plus le jouet des vents; il reste à peu près en place; il conserve son humidité, le vent ne l'asséchant plus. De stérile qu'il était, au moins en apparence, il devient fertile. Le forestier plante alors des arbres ou fait des semis.

(1) Les fleurs du *Saccharum Aegyptiacum* sont stériles.

(2) Cette graminée a été utilisée dans tous les pays de dunes pour leur fixation. C'est l'« oyat » du Calais, le « Marram-Grass » des Anglais (« the true sand-binding plant »), le « Sparto pungente » des Italiens, le « Barrón » des Espagnols et l'« Estormo » des Portugais.

Les jeunes arbres se développent bien et concurrement avec eux, viennent s'installer une foule de végétaux qui, peu à peu, recouvrent toute la surface du sol et finissent par former une pelouse continue. Lorsque les arbres grandiront, ces végétaux seront pour la plupart, étouffés. Il n'y aura plus, alors, que des espèces



Dunes artificielles et *Saccharum Aegyptiacum*.

aptes à vivre sous leur couvert et qui constitueront une flore nouvelle, sans doute, assez différente. Il apparaît intéressant de noter les espèces qui s'installent d'elles-mêmes sur ce sable dès qu'il commence à être fixé.

Lorsque les mouvements du sable se ralentissent, c'est en général, l'*Ammophila arenaria* et le *Salsola Kali* qui s'installent en premier. L'*Ammophila arenaria* produit beaucoup de graines qui sont emportées par le vent au cours de l'été, à de grandes distances; elles se rassemblent par petites paquets dans les fonds des moindres ondulations du sable. Elles germent soit à l'automne, soit au printemps suivant. Si la plantule n'est pas déchaussée puis desséchée par le vent, ce qui arrive souvent, les racines se développent très rapidement. Quand elle

est bien enracinée, elle ne craint plus les apports de sable ni le creusement de la surface du sol. Dans le premier cas, ses feuilles percent la couche de sable qui la recouvre, à moins que l'épaisseur de celle-ci ne dépasse un demi-mètre, et dans le second cas, elle est bien renversée, mais reste accrochée presque toujours par ses racines et le vent qui a provoqué le creusement, diminuant d'intensité, elle retiendra le sable qu'il lui apporte encore. L'*Ammophila arenaria*, sa première jeunesse heureusement passée, devient une édifiatrice merveilleuse de dunes et s'étend assez rapidement en tous sens. Un reproche lui a été fait par les forestiers marocains; à Mogador, il provoque un certain dessèchement du sol et lorsqu'il est répandu sur une aire, la plantation d'arbres y devient difficile. Ceci ne paraît pas être le cas dans les dunes du Cap Bon où l'humidité est relativement beaucoup plus grande; des boutures de *Tamarix articulata*, essence exigeante, placée tout près de touffes de gourbet, ont pris rapidement racine et ont formé des arbustes de plus d'un mètre de hauteur en six mois. Le dessèchement complet du sable par le gourbet n'est donc pas à redouter ici; il convient, toutefois, d'installer les arbres avant que toute la surface ne soit accaparée par cette graminée.

La *Salsola Kali* atteint dans les conditions habituelles 10 à 60 centimètres. On en trouve, au Cap Bon, de nombreux sujets qui ont 1,50 de hauteur et 2 mètres de diamètre. Cette plante apparaît à la fin du printemps ou au commencement de l'été, se développe pendant les mois chauds, et sèche en Octobre. Si elle n'est pas ensablée, c'est-à-dire, si elle ne s'est pas trouvée sur un courant de sable qu'elle a, alors, retenu pour former une petite dune, son collet se rompt et le vent l'emporte. Le fruit est enfermé dans un périanthe accru et clos, muni d'une aile membraneuse étalée en rosace et entouré de bractées épineuses; les feuilles sont piquantes, les rameaux très cassants. Roulant sur elle-même, la plante laisse, sur

son passage, piqués dans le sable, ou accrochés aux moindres aspérités du sol, soit des rameaux fructifères entiers, soit des parties d'épis, soit un seul fruit. Ce mode de dissémination donne à la plante un pouvoir colonisateur considérable dans les sables. Lorsque le *Salsola Kali* se trouve seul, en plein sable, il est grand et robuste.



Plantation d'arbres à l'abri de *Saccharum* de 7 mois.

Mais l'année suivante, il reprend ses proportions normales, devant partager la place avec d'autres plantes desquelles il a retenu les graines et dont il a favorisé le développement en les protégeant du vent et du sable. C'est ici le pionnier de la végétation des dunes.

Il faut citer deux mauves, *Malva sylvestris* et *Lavatera cretica*, qui apparaissent également dans les sables nus dès que les mouvements du sol sont ralentis. Au contraire du *Salsola Kali*, elles restent chétives et ne remplissent, bien que bisannuelles, ni le rôle d'édificatrices de dunes, ni celui de fixatrices en favorisant l'introduction d'autres plantes.

Viennent ensuite s'installer dans le sable, aussitôt que il est moins mobile, *Amaranthus albus* et *Lythrum hys-*

sopifolia, la première supportant la sécheresse, la seconde préférant les bas-fonds humides. Elles ont un caractère commun qu'elles partagent avec le *Salsola Kali*, c'est de former de grosses boules de deux mètres de diamètre. A l'automne, ces boules sont emportées par le vent comme celles de *Salsola Kali*, mais n'ayant pas d'épines et les rameaux étant moins cassants, la dissémination est moindre. Elles ont toutes deux la propriété de protéger la croissance d'autres plantes qui trouvent autour d'elles une stabilité relative du sol.

Ici s'arrête l'énumération des espèces qui jouent un rôle prépondérant dans la formation de la végétation des dunes en formant des abris qui favorisent la vie d'autres plantes.

Les espèces qui apparaissent après elles, sont, au contraire, fort nombreuses. Il est difficile d'établir leur ordre de préférence pour le sable en voie de fixation. Certaines se montrent, sans raison bien définie, en un point ou en un autre, pour former des peuplements presque purs, sur des surfaces assez grandes parfois. C'est ainsi que toute une butte qui ne portait que quelques touffes d'*Ammophila arenaria*, s'étant trouvée protégée par une haute dune artificielle fixe, a été couverte complètement de pieds d'*Astragalus boeticus*, un tapis feutré de *Lotus creticus* se formant sur le pourtour. Sur deux hectares, dont le sable s'était retiré en grande partie pour se porter sur les palissades qui l'entouraient, ce fut un champ bien régulier de *Lupinus hirsutus*. Sur une autre étendue, on pouvait difficilement se frayer un passage entre des tiges hautes et serrées d'*Aster squammatus* (1).

(1) L'*Aster squammatus* (Sprengel) Hieronymus a été introduit en Tunisie en 1915 avec des fourrages provenant d'Amérique. Il s'est d'abord répandu sur les terrains vagues du port de Tunis, puis autour des gares où les fourrages stationnaient. On le trouve maintenant à la pointe du Cap Bon, loin de ses premières stations. Le nom de cette plante et ces renseignements m'ont été donnés par M. le Docteur Guénod qui le premier a observé cet *Aster* en Tunisie.

En d'autres endroits, c'est l'*Erigeron linifolius*, le *Zollikoferia resedifolia*, qui s'abattent sur le sable abrité. Ces peuplements purs sont éphémères. La saison suivante, l'espèce unique du début est moins vigoureuse et elle est mélangée avec d'autres espèces en proportions très variables. Voici celles que l'on rencontre le plus communément :

Cynodon Dactylon; *Oryzopsis miliacea*; *Zollikoferia resedifolia*; *Nolletia chrysocomoides*; *Medicago marina*; *Hypericum tomentosum*; *Astragalus boeticus*; *Aster squammatus*; *Erigeron linifolius*; *Solanum nigrum*; *Linnaria heterophylla*; *Emex spinosus*; *Ormenis mixta*; *Lupinus hirsutus*; *Plantago crassifolia*; *Bellis annua*; *Hypercoum procumbens*; *Solanum Sodomæum*; *Senecio leucanthemifolius*; *Centaurea napifolia*; *Reseda alba*; *Cerintho major*; *Silene nicaeensis*; *Anagallis linifolia*; *Chrysanthemum coronarium*; *Mercurialis annua*; *Avena sterilis*; *Sonchus oleracea*; *Trifolium repens*; *Galactites mutabilis*; *Silybum marianum*; *Verbascum sinuatum*; *Daucus carota*; *Pulicaria sicula*; *Anacyclus clavatus*, etc. etc.

Il ne peut être question ici d'association. Les espèces de cette liste ne présentent au début aucun rapport entre elles; elles se sont emparé du sable, souvent sans subir la concurrence d'autres espèces. Une seule plante qui croissait sur la limite du sable, a suffi parfois à couvrir toute une étendue, simplement parce que ses graines sont arrivées les premières sur ce sable qui est très fertile dès que sa surface n'est plus assechée par le vent.

Ce n'est qu'après deux ans que l'on peut discerner une unité d'aspect dans cette végétation qui tend vers la pelouse. Il n'existe pas, dans les environs, de pelouses analogues à celles qui se forment dans les dunes et qui pourraient servir de terme de comparaison; les pelouses qui existent sont, en effet, soumises à un pâturage intensif, alors qu'aucun bétail ne pénètre dans les dunes. Ce sont des pâturages à *Cynodon dactylon* ou à *Oryzopsis milia-*

cea à flore assez pauvre. La pelouse des dunes a, au contraire, une flore riche, mais elle ne paraît pas stable. Elle évolue à son tour vers un autre type de végétation qu'il est difficile de définir encore mais qui très probablement doit être le maquis.

La flore de la pelouse qui s'est formée dans la dune comprend des espèces qui croissaient, les unes dans le sable avant sa fixation, les autres dans les terrains de pâturage et de culture des environs. Les premières sont pour la plupart en régression; l'*Ammophila arenaria* et l'*Aristida pungens* disparaissent, en effet, assez rapidement dans les pelouses de la dune. Au contraire, des nouvelles espèces qui proviennent des broussailles font leur apparition avec le temps. Ce sont: *Pistacia lentiscus*; *Lonas inodora*; *Pulicaria odora*; *Inula viscosa*; *Cistus salvifolius*; *Rubus fruticosus*; *Phyllirea media*; seules espèces observées jusqu'à présent. Elles permettent de penser que la végétation des dunes, abandonnée à elle-même, se transformera bien en maquis. Cette évolution sera intéressante à suivre et pour cela, certaines surfaces seront laissées telles qu'elles se trouvent et aucune plantation d'arbres n'y sera faite. Déjà maintenant, dans plusieurs parcelles, les arbres plantés, des pins, des acacias, des eucalyptus, des tamaris, réagissent sur le tapis herbacé plus ou moins élevé qui s'est formé. Cependant, malgré tout l'attrait que présente pour le botaniste et le forestier, cette expérience qui aboutira à la formation d'un « climax », des considérations économiques commandent de la restreindre, car le but à atteindre, le plus vite possible, est le boisement définitif des dunes. Si le climax est un maquis, ce qu'il y a tout lieu de supposer lequel évoluerait, sans doute, vers la forêt, le boisement des dunes pourrait être ainsi réalisé par la seule stabilisation du sable. Mais en combien de temps ce résultat serait-il obtenu? Il faut aider la nature et pour cela planter des arbres sans attendre, en choisissant des essences indigènes appropriées et, si l'on est

assuré de leur durée et de leur régénération, en introduisant des essences étrangères à la région, plus productives et plus rapides dans leur croissance que celles qui s'y trouvent déjà.

Les lecteurs me pardonneront de leur présenter ces considérations avant une étude technique plus essentiellement forestière dont les conclusions ne sauraient être, pour le moment, que provisoires, les arbres plantés étant encore très petits. S'il en est dont la végétation est pleine de promesses, il serait téméraire, au bout de quelques années d'épreuve seulement, de proclamer l'excellence des méthodes employées — ou leur faillite — et de fixer dès maintenant la liste des essences forestières propres au boisement de ces dunes.

M. LESCUYER.

Consolidamento delle dune e frangiventi in Italia

Lo sviluppo delle coste italiane della penisola e delle isole permette il formarsi, alla linea della battigia, di depositi sabbiosi di varia natura e grossezza, originati dai materiali in sospensione nell'acqua del mare per opera di trasporto dei fiumi o di consumo delle rocce in posto o dai materiali più grossi del fondo marino. Il moto ondoso porta questi materiali sulla linea della battigia e se essi sono molto fini, se la spiaggia si protende piana verso l'interno, se l'apporto è continuo e se i venti dominanti sono forti e persistenti, una volta asciutti, si pongono in movimento per formare le *dune*.

In condizioni favorevoli le dune possono assumere importanza notevole per estensione e per altezza, ma fortunatamente in Italia si mantengono su superfici limitate, di cui le più importanti per ampiezza e mobilità, si riscontrano nell'Italia meridionale e nelle Isole: la maggiore estensione dunosa si ha fra Gela e Capo Passaro in Sicilia.

Esse prendono il nome di *tomboli* nella Maremma Toscana, se elevate, *cottoni* se basse; nel Lazio *tomboleti*, nel Veneto *montoni*, *monti*, *mottoni*; mentre le depressioni interduniche si chiamano *lame* in Toscana, *bassane* nel Veneto.

I movimenti lenti di sollevamento della spiaggia marina (bradisismi) concorrono ad estendere la superficie di questi depositi sabbiosi quando il fondo marino si protende con poca profondità.

Le dune nel nostro paese risentono della irregolarità dei venti, per cui molte volte, per l'azione di venti secondari (dominanti) esse si presentano irregolari e formano anche sistemi complessi lasciando fra l'una e l'altra spazi (interdune) dove molte volte l'acqua di pioggia o risorgente, ristagna.