

Sandro Pignatti

## Développement du sol et de la végétation sur la plage de Carnon (Languedoc) \*

La plage de Carnon s'étend entre Palavas et le Grau du Roi, sur une dizaine de km au Sud-Est de Montpellier; elle sépare l'étang saumâtre de Mauguio des eaux de la Méditerranée. Sa largeur varie entre 1 et 3 km. Son climat est méditerranéen; pour la station de Fréjorgues toute proche, la température moyenne annuelle est de 14.31° et les précipitations de 568.6 mm par an (Montpellier-Bel Air, 80 m d'altitude, accuse 15.57° et 587.6 mm), avec maxima en automne et au printemps et minimum estival. Sur toute la côte le sable est assez fin et à forte teneur en calcaire (20-30%). Toute la région est dans le climax du *Quercetum ilicis galloprovinciale*.

Ma première excursion sur la plage de Carnon a été faite le 11 avril 1953 sous la direction de M. le prof. J. BRAUN-BLANQUET en compagnie de M. BERSET (Bulle). Quelques jours plus tard j'y retournais pour récolter les échantillons de sol étudiés pour la rédaction de cette note. Ensuite j'ai visité cette plage plusieurs fois au printemps 1953 afin de poursuivre les observations sur la végétation et esquisser une carte phytosociologique. En 1958 il m'a été possible d'y retourner et de faire quelques relevés de plus. La végétation n'avait guère changé et même les

---

(\*) Ce travail a été exécuté à la Station Internationale de Géobotanique (S.I.G.M.A.) de Montpellier sous la direction de M. BRAUN-BLANQUET; je le remercie de m'avoir donné le thème de ce travail, de ses conseils précieux et d'avoir mis à ma disposition les tableaux manuscrits de ses archives et beaucoup de relevés qui sont publiés ici. Les analyses du sol ont été exécutées à l'Institut Botanique de Pavie.

Quelques relevés des associations à *Schoenus nigricans* ont été empruntés à une publication de M. HEKKING (Utrecht) avec la permission de l'auteur. Je remercie encore mon ami BRINGER (Millau) qui a corrigé le manuscrit.

dunes principales étaient encore à leur place mais on pouvait constater cependant une forte accentuation de l'influence anthropogène, due au développement touristique de Carnon. La végétation le mettait en évidence par l'abondance d'espèces rudérales-psammophiles, comme *Oenothera biennis*, *Melilotus albus*, *Anagallis coerulea*, *Erigeron canadensis*. Actuellement la végétation psammophile et hygrophile de cette plage se trouve en danger d'être détruite ou gravement rudéralisée par les baigneurs : il serait souhaitable de faire une réserve botanique dans une partie de cette plage, pour protéger un des derniers vestiges de la végétation naturelle du Languedoc.

### La végétation

Les associations végétales des plages du Languedoc sont assez bien connues du point de vue floristique ; elles ont été l'objet d'une étude approfondie de KUHNHOLTZ-LORDAT (1921) et de nombreuses contributions plus modernes (ARÈNES, 1929 ; BRAUN-BLANQUET, 1933 ; BOTERENBROOD et Coll., 1956 ; HEKKING, 1959) ; jusqu'à aujourd'hui cependant une monographie phytosociologique fait défaut.

La série principale de la végétation renferme trois associations : l'Agropyretum mediterraneum, l'Amphiletum mediterraneum et le Crucianelletum maritimae. L'étage ultérieur de l'évolution du peuplement végétal serait une broussaille à *Juniperus phoenicea* avec évolution en pineraie et enfin le bois-climax de chêne vert (*Quercetum ilicis galloprovinciale*).

Sur la plage de Carnon, toutefois, on ne peut observer ces derniers stades de la succession, qui se termine avec le Crucianelletum. Après cette association s'installe une série secondaire de dégradation par l'érosion éolienne du terrain avec associations à *Schoenus* et halophytes, ou bien des cultures.

Les trois associations de la série principale sont représentées au tableau 1 ; le tableau 2 présente des relevés de la série secondaire.

Les associations psammophiles des dunes sont très bien dé-

veloppées sur la plage de Carnon, probablement parce que il s'agit d'une plage assez jeune, avec une sensible action de dépôt de sable récent sur le littoral.

La partie plus avancée de la plage est entièrement dépourvue de végétation, sur une profondeur de 50-100 m ; ce fait est général sur toutes les plages de la Méditerranée, et dépend de trois facteurs : la sécheresse, la salinité du terrain et l'action mécanique des vagues. Pendant mes excursions sur les côtes de plusieurs pays de la Méditerranée je n'ai jamais observé des plantes d'halophytes ou de psammophytes végéter sur des plages sablonneuses, comme celle de Carnon, dans la partie baignée par les vagues. Sur les plages avec des cailloux grossiers (10 cm de diam. et plus) on voit au contraire quelquefois des pionniers de la vie végétale (Cyanophycées et espèces du *C r i t h m o - S t a t i c i o n* comme *Limonium virgatum*, *Catapodium loliaceum* etc.). A l'absence de vie végétale correspond une active vie animale, annélides (*Nerine*), insectes (*Cicindela*) et crustacés (*Talitrus*), qui vivent sur les restes de *Zostera*, de *Posidonia* et des algues marines amassées par les vagues. Pour la récolte des échantillons de terrain, j'ai distingué deux stations : les « bords de la mer », qui sont constamment baignés par les vagues, et le « sol nu » que les vagues atteignent seulement pendant les tempêtes.

Les pionniers de la végétation phanérogame sont en général des Thérophytes, mais sur les plages languedociennes on n'observe pas une véritable association de Thérophytes semblable au *C a k i l e t u m* des plages vénétiennes. Les pionniers (*Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Euphorbia peplis*) restent isolés et disparaissent totalement pendant la saison froide. Comme première association pionnière s'installe l'*A g r o p y r e t u m*, caractérisée par des Géophytes rhizomateuses comme *Agropyrum junceum* ssp. *mediterraneum*, *Sporobolus arenarius* et *Cyperus mucronatus* (*Galilea mucr.*; *Cyperus kalli*). Elles forment un premier peuplement stable sur la plage, qui renferme aussi des Thérophytes (*Cakile*, *Salsola*) et des Chaméphytes (*Euphorbia paralias*). On peut distinguer deux faciès, caractérisés par la dominance de *Sporobolus arenarius* (peuplement pionnier sur sable faiblement salé) et d'*Agropyrum* (peuplement optimal sur sable entièrement déssalé). Dans l'*A g r o p y r e t u m* on observe les premières touffes d'*Ammophila arenaria*, en général

peu vigoureuses. La présence de l'*Ammophila* est un facteur de grande importance: le sable est refoulé par les vents marins et s'arrête dans ses touffes, qui forment les premières dunes embryonnaires; de ces petites ondulations du terrain, qui rarement dépassent un demi-mètre de hauteur, se forment, grâce au vent dominant, les véritables dunes de la plage, toujours par accumulation de sable, sur les rhizomes et les tiges de l'*Ammophila* (vent-sable-végétation, appelé « trinôme dynamique » par KUHN-HOLTZ-LORDAT).

Les dunes de la plage de Carnon varient entre 3 et 6 m de hauteur; les plus élevées peuvent atteindre 7-8 m; sur chaque dune on observe une ou plusieurs touffes d'*Ammophila* qui ont coopéré à l'édifier. *Agropyrum* et *Sporobolus* se présentent aussi sur les dunes, mais avec une faible couverture et une vitalité réduite; leur force édifiatrice est bien moindre que celle de l'*Ammophila*.

L'Am m o p h i l e t u m (rel. 9-16) est l'association typique des dunes, caractérisée par la dominance d'*Ammophila arenaria*, ssp. *arundinacea*, *Medicago marina*, *Echinophora spinosa* et *Cutandia maritima*; toutes ces espèces, sauf *Cutandia*, pénètrent aussi dans le Crucianelletum, mais avec présence et couverture beaucoup plus faibles. Caractéristiques de l'alliance, ordre et classe à haute présence sont encore *Anthemis maritima*, *Cakile litoralis*, *Euphorbia paralias*, *Eryngium maritimum*; dans les faciès plus mûrs on observe aussi de petits individus de *Crucianella maritima*, pionniers du Crucianelletum.

Le Crucianelletum s'installe sur les dunes plus anciennes; en général seulement sur les cordons de dunes en arrière de l'Am m o p h i l e t u m. Seulement dans les plages en érosion le Crucianelletum peut arriver jusqu'à quelques dizaines de mètres de la mer, mais toujours sur les dunes; ces conditions ne se vérifient pas sur la plage de Carnon. Le Crucianelletum est une végétation beaucoup plus stable que les associations précédentes comme le démontrent les données suivantes:

	N° d'espèces	Couverture
Agropyretum	7,4	32 %
Ammophiletum	12,7	56 %
Crucianelletum	20,6	73 %

Ses caractéristiques sont *Crucianella maritima*, *Helichrysum stoechas*, *Teucrium polium*, *Artemisia campestris* var. *glutinosa*, *Pancratium maritimum*, *Scabiosa maritima*, *Ononis ramosissima*, *Scleropoa hemipoa*; on rencontre ici aussi les espèces relictuelles de l'*Ammophiletum*, des psammophytes littorales comme *Anthemis maritima*, *Malcolmia litorea*, *Koeleria villosa*, *Hypochaeris radicata* var. *salina*, *Vulpia fasciculata*, *Medicago litoralis* et encore quelques indifférentes comme *Silene italica*, *S. conica*, *Clematis flammula*, *Ephedra distachya* (qui caractérise une subassociation spéciale). Le *Crucianelletum*, bien qu'il soit exclusivement littoral, a une végétation moins spécialisée que l'*Ammophiletum* et l'*Agropyretum*. Dans ces associations la spécialisation à l'habitat dunal arrive jusqu'au niveau du genre (*Ammophila*, *Sporobolus*, *Echinophora*, *Cutandia*, *Cakile*) ou du sous-genre (*Cyperus* sect. *Galilea*), tandis que dans le *Crucianelletum* on trouve surtout des espèces littorales de genres qui ne sont pas particulièrement spécialisés (*Crucianella*, *Helichrysum*, *Teucrium*, *Scabiosa*, *Ononis*, *Scleropoa*, *Anthemis*, *Koeleria*, *Vulpia*); plus rarement la spécialisation atteint le niveau des genres (*Malcolmia*, *Pancratium*) ou seulement de sous-espèces (*Artemisia campestris* var. *glutinosa*, *Hypochaeris radicata* var. *salina*, *Bromus maximus* ssp. *ambigens*). Il y a aussi apparition des espèces de l'intérieur, nullement ou peu adaptées à l'habitat littoral, comme *Clematis flammula* et *Silene italica*.

Après le *Crucianelletum* on ne peut pas observer sur la plage de Carnon des étages ultérieurs de la végétation en évolution vers un climax; on observe au contraire très fréquemment les étages de dégradation avec associations à *Schoenus* et associations halophiles.

Dans une zone assez restreinte, on peut observer des peuplements denses de *Populus alba*, qui colonisent les dunes anciennes: broussaille difficile à pénétrer, où il domine absolument; peu d'espèces l'accompagnent, citons *Clematis vitalba*, *Rubia peregrina*, *Dorycnium jordanii*, *Arundo donax*, *Salix alba* (plantée), *Rosa* cfr. *canina*. Dans la strate herbacée *Crepis bulbosa* est parfois dominant. Il ne semble pas que cette végétation puisse être considérée comme une association spéciale: elle n'a probablement pas d'évolution ultérieure.

La dégradation de la dune débute par une action d'érosion éolienne, qui forme de faibles dépressions entre les dunes du *Crucianellum*; l'eau pluviale poursuit l'érosion, c'est ainsi qu'on arrive à la formation de dépressions en entonnoir de deux à quatre mètres plus bas que la dune. Le fond de la dépression est seulement à 1-1,5 m au dessus de l'eau phréatique (qui en général reste au même niveau que l'eau de la mer): le terrain devient humide et il se développe une végétation très différente de celle des dunes, caractérisée par des espèces hygrophiles comme *Erianthus ravennae*, *Holoschoenus romanus*, *Schoenus nigricans*, *Pulicaria dysenterica*, *Epipactis palustris*, *Orchis palustris* et quelques faibles halophytes comme *Juncus acutus* ssp. *megalocarpus*, *Sonchus maritimus*, *Agrostis alba* var. *maritima*: le *Holoschoenetum* (rel. 32-38).

Le processus d'érosion à entonnoir continue, et l'eau phréatique saumâtre devient plus voisine de la surface: 10 à 12 dm, quelquefois seulement 5 dm; le terrain devient faiblement salé, le nombre et la vitalité des espèces hygrophiles diminuent (sauf le *Schoenus nigricans* qui reste nettement dominant) et les halophytes deviennent plus fréquentes: *Plantago crassifolia*, *Linum maritimum*, *Juncus maritimus*, *Limonium vulgare*, *Inula crithmoides* etc. La végétation est d'abord mixte, comme dans le relevé suivant (n. 39):

<i>Schoenus nigricans</i>	3.4
<i>Erianthus ravennae</i>	2.3
<i>Plantago crassifolia</i>	2.2
<i>Sonchus maritimus</i>	1.1
<i>Juncus acutus</i>	1.2
<i>Agropyrum acutum</i>	1.2
<i>Agrostis maritima</i>	1.2
<i>Linum maritimum</i>	1.1
<i>Artemisia gallica</i>	1.1
<i>Limonium vulgare</i>	1.1
<i>Tunica prolifera</i>	1.1
<i>Holoschoenus romanus</i>	+ .2
<i>Chlora imperfoliata</i>	+
<i>Oenothera biennis</i>	+
<i>Agropyrum elongatum</i>	+
<i>Centaureum vulgare</i>	+
<i>Hypochaeris radicata</i>	+

à la suite d'une érosion ultérieure et de l'abaissement du

fond de la dépression se développe le *Schoeneto-Plantaginetum crassifoliae* (rel. 40-44).

*Holoschoenetum* et *Schoeneto-Plantaginetum* sont des association assez répandues sur la plage de Carnon surtout dans les dunes plus anciennes, c'est à dire sur les dunes au Nord de la route Carnon-Le Grau du Roi, à 200-300 m de la mer. Dans quelques cas le bas-fond présente un fort enrichissement en sel, soit que celui-ci soit apporté par l'eau phréatique qui monte par capillarité pendant la saison sèche, soit que le bas-fond ait été atteint par les vagues de la mer pendant les tempêtes d'hiver. Le sol se recouvre d'efflorescences salines, très visibles en été, et de nombreuses espèces halophiles s'installent dans le *Schoeneto-Plantaginetum* (*Artemisia gallica*, *Limonium virgatum*, *Puccinellia convoluta*, *Obione portulacoides*, *Carex extensa*). *Schoenus nigricans* devient plus rare et de vitalité réduite; *Plantago crassifolia* au contraire reste assez commune et parfois domine dans la strate herbacée inférieure. Il s'agit d'un groupement mixte entre *Schoeneto-Plantaginetum* et *Artemisietum*, qui peut être caractérisé avec les relevés suivants (d'après HEKKING):

	45	46	47
<i>Juncus acutus</i>	3.3	2.2	2.3
<i>Puccinellia convoluta</i>	2.2	2.2	1.1
<i>Artemisia gallica</i>	2.2	1.2	2.2
<i>Lepturus incurvus</i>	1.1	2.2	2.1
<i>Plantago crassifolia</i>	1.2	2.2	1.1
<i>Schoenus nigricans</i>	1.3	+ <sup>o</sup>	+ <sup>o</sup>
<i>Inula crithmoides</i>	1.1	+	+
<i>Limonium vulgare</i>	+	1.1	+
<i>Centaurium tenuiflorum</i>	(+)	+	+
<i>Centaurium spicatum</i>	1.3		+
<i>Salicornia fruticosa</i>	+3	+	
<i>Carex extensa</i>		+2	+2
<i>Obione portulacoides</i>		+	+
<i>Juncus maritimus</i>			1.3
<i>Limonium virgatum</i>		1.2	
<i>Limonium girardianum</i>			1.1
<i>Holoschoenus romanus</i>	+		
<i>Chlora imperfoliata</i>		+	
<i>Triglochin bulbosum</i>			+

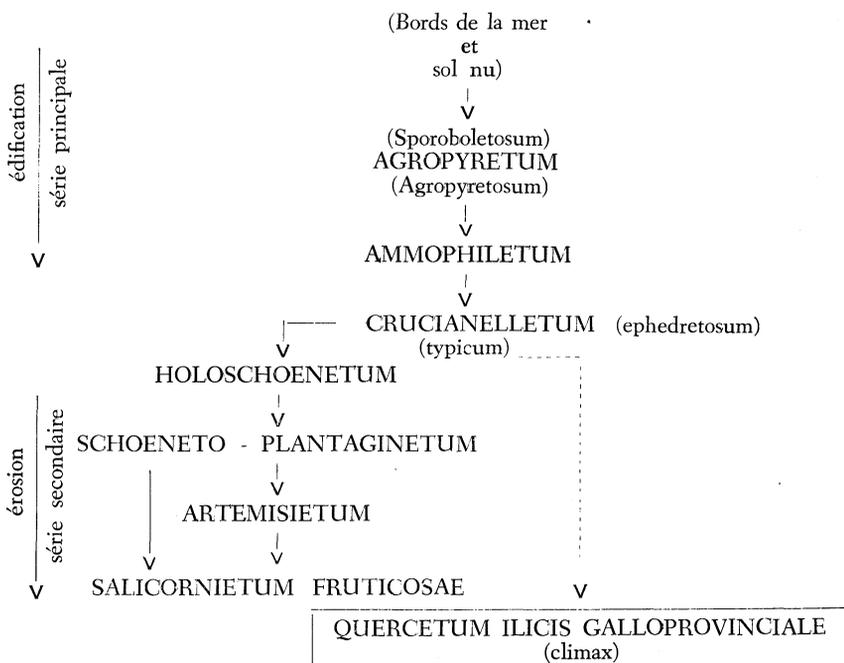
en encore dans le relevé 45: *Suaeda maritima*, *Spergularia marginata*.

*Limonium duriusculum*, *Medicago minima*;

dans le relevé 47: *Spergularia marginata*, *Limonium duriusculum*.

Dans les stations plus fortement salées on observe des peuplements purs ou presque purs de *Salicornia fruticosa*. Sur les dunes entre les km 4 et 5 de la route Carnon — Le Grau du Roi on n'observe pas d'individus bien développés de l'*Artemisieto-Staticetum virgatae* et du *Salicornietum fruticosae* et pourtant dans le tableau 2 on présente des relevés (48-50) exécutés sur la côte septentrionale de l'étang de Mauguio.

En conclusion, on peut synthétiser les séries de végétation qui se présentent sur la plage de Carnon avec le schéma suivant :



### Le microclimat

Il n'a pas été possible de faire des observations microclimatiques, mais presque au même endroit ont travaillé en 1954 VAN BOTERENBROOD et DONSELAAR qui donnent des mesures très intéressantes : la lumière (au 21 mai) entre 12 et 15 heures aurait été de 130.000 lux ou plus (mais cette valeur nous semble trop élevée) ; températures et évaporation décroissent de l' A g r o-

pyretum à l'Ammophiletum et au Crucianelletum ; la température du sol est supérieure à celle de l'air dans l'Agropyretum et inférieure dans le Crucianelletum .Le vent est plus fort dans l'Agropyretum que dans les autres associations ; sur l'érosion éolienne je peux ajouter une petite observation faite le 14.4.1953 : au sommet d'une dune, le vent marin (vitesse 40-50 km/heure) a érodé en 50 minutes 51 mm de sable sans couverture végétale.

### Le sol

Les échantillons pour l'étude physique et chimique du sol ont été récoltés le 14.4.1953, sur une surface assez réduite à 4 km 700 de Carnon (cfr. fig. 8) ; on peut retrouver aisément le lieu de récolte, parce que la route y fait une courbe très faible à droite (en s'éloignant de Carnon-Plage). A environ 200 m en avant et à gauche commencent les denses maquis de *Populus alba*. Les localités exactes où j'ai récolté les échantillons sont indiquées en fig. 8. On a essayé aussi d'esquisser une carte phytosociologique de l'endroit, tâche très difficile, parce que la végétation est souvent fragmentaire ou mélangée, aussi n'est-il pas facile de la cartographier ; fréquemment le sommet de la dune est colonisé par une association (Ammophiletum ou Crucianelletum) tandis que la base présente une végétation différente (Agropyretum ou Holoschoenetum). HEKKING (1959) a représenté les différentes associations avec des symboles ; il a fait aussi des relevés de la zone dans laquelle j'ai récolté mes échantillons. Entre les deux cartes de végétation (bien que HEKKING ait travaillé en 1958, cinq ans plus tard que moi-même), il n'y a pas des différences importantes ; seulement le peuplier semble être devenu plus abondant.

Les différents facteurs écologiques seront examinés en particulier.

*Eau phréatique* — Le niveau de l'eau phréatique, en relation avec la grande perméabilité du sol, correspond presque toujours au niveau de la mer ; seulement dans les bas-fonds plus éloignés de la mer, et où le terrain est assez riche en limon

et argile, il peut être plus proche de la surface de quelques dm. Sur la côte adriatique près de Venise (où la marée est beaucoup plus sensible), dans des trous à quelques centaines de mètres de la mer, il m'a été possible également de vérifier de faibles variations du niveau de l'eau phréatique, suivant les variations de la marée. Le niveau de la mer et la hauteur de l'eau phréatique sont pourtant presque égales.

Les associations psammophiles de Carnon indiquent les valeurs moyennes suivantes :

Bords de la mer	dm 0
Sol nu	5
Agropyretum sporobolietum	10
Agropyretum typicum	15
Ammophiletum	35
Crucianelletum typicum	51
Crucianelletum ephedretosum	45
Holoschoenetum	7
Schoeneto-Plantaginetum	5
Artemisietum	4
Salicornietum fruticosae	2
Dunes à Populus	40

HEKKING rapporte plusieurs mesures de la profondeur de l'eau phréatique dans le *H o l o s c h o e n e t u m* : il semble pouvoir en conclure que le niveau tend à s'approfondir pendant la saison sèche :

2-5 mai: eau phréatique à 42-60 cm de profondeur  
26 mai: » » » 38-61 cm » »  
21 juin: » » » 45-74 cm » »

*Teneur en eau* — La teneur en eau (fig. 1) est directement proportionnelle à la teneur en parties fines (retenant l'eau mieux que le sable grossier) et inversement proportionnelle à la

profondeur de l'eau phréatique. Pourtant la teneur en eau est maximale sur les bords de la mer et diminue régulièrement lorsque les dunes s'élèvent; dans l'*Ammophiletum* et le

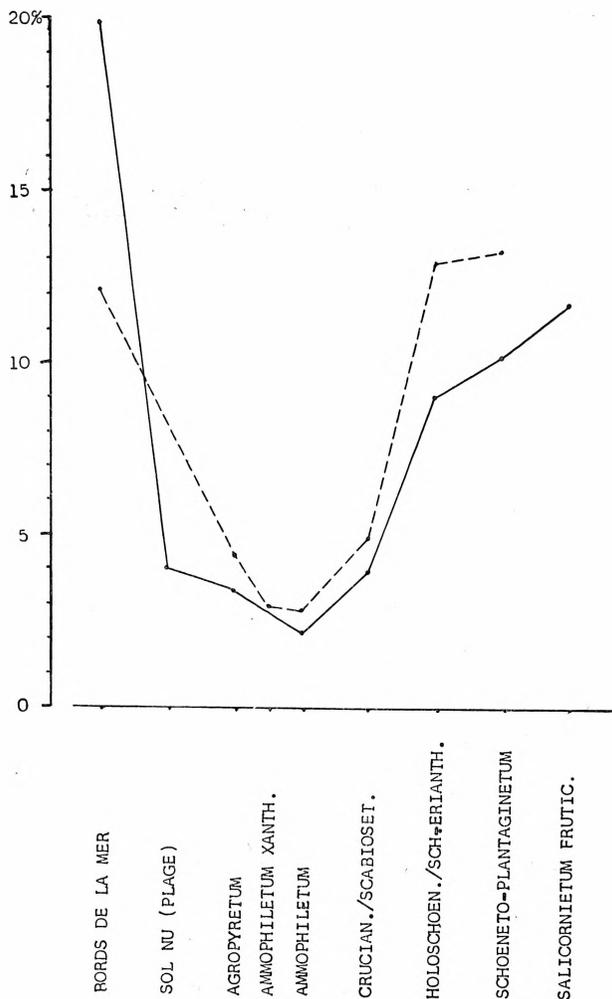


FIG. 1.

Teneur en eau des sols des associations psammophiles à Carnon (—) et sur le litoral de Venise (- - - - -).

*Crucianelletum ephedretosum* elle atteint son minimum, dans l'*Agropyretum* et *Crucianelletum typicum* la teneur en eau reste aussi très basse. Les associations

à *Schoenus nigricans*, plus près de l'eau phréatique, sur un sol beaucoup plus riche en sable fin, montrent des valeurs un peu plus élevées. Les valeurs les plus grandes (en excluant les «bords de la mer») sont dans la couche profonde de l'*Holoschoenetum*.

Tabl. 3 - EAU DU SOL

	N. des échant.	teneur en eau %		
		min.	max.	med.
Bords de la mer	5	18.3	20.8	19.8
Sol nu (plage)	5	2.6	5.6	4.0
Sol nu (bas-fond)	2	6.5	9.6	8.1
Agropyretum sporobolotum	3	2.1	4.0	3.3
Agropyretum typicum	2	2.3	4.8	3.5
Ammophiletum	8	1.1	3.7	2.1
Crucianelletum typicum	10	1.6	7.0	3.9
Crucianelletum epedretum	6	1.1	3.5	1.9
Holoschoenetum	7	6.0	10.7	9.0
Schoeneto - Plantagine- tum	5	8.0	16.6	10.6
Artemisietum	2	4.4	5.8	5.1
Salicornietum fruticosae	2	10.0	13.2	11.6
Dunes à Populus	5	1.8	3.5	2.5

Dans l'*Holoschoenetum* l'analyse de deux profils à donné :

	Min.	Max.	Moyenne
à 10 cm de profondeur :	10.0	10.6	10.3
à 50 cm de profondeur :	15.4	16.6	16.0

*Grandeur des particules du sable* — Pour l'analyse mécanique (+) des échantillons de sable on a suivi la

(\*) Je remercie V. et A. PIROLA (Catania) qui m'ont aidé pendant les analyses.

méthode d'ANDREANSEN (avec 20 g. de terrain et tube de 40 cm de longueur) qui a donné des résultats assez satisfaisants au cours de nos recherches sur l'écologie de la végétation des dunes adriatiques. En ce qui concerne les dunes de Carnon il faut dire que les résultats n'ont pas été aussi satisfaisant car les variations entre les divers échantillons, dans la même as-

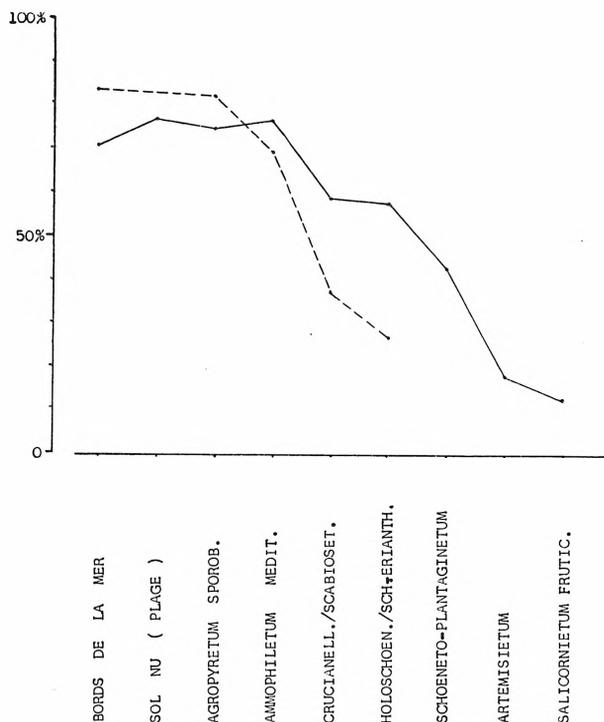


FIG. 2.

Le sable grossière (diam. 2000-200 microns) dans les sols des associations psammophiles à Carnon (——) et sur le littoral de Venise (-----).

sociation, sont fréquemment plus importantes que les différences entre une association et l'autre. Les valeurs moyennes (fig. 2-3) montrent des variations caractéristiques et logiques, mais, à cause de la grande variabilité des différents échantillons il faut se demander si ces variations sont vraiment significatives ou si elles dépendent seulement du hasard. BOTERENBROOD et

DONSELAAR (1956) publie les résultats de trois analyses mécaniques, mais les valeurs ne correspondent pas aux nôtres (peut-être à cause des différences de méthode).

Il semble que la grandeur des particules ne varie pas beaucoup des bords de la mer jusqu'aux sommets des dunes (*Ammophiletum*) avec la seule exception de deux échantillons

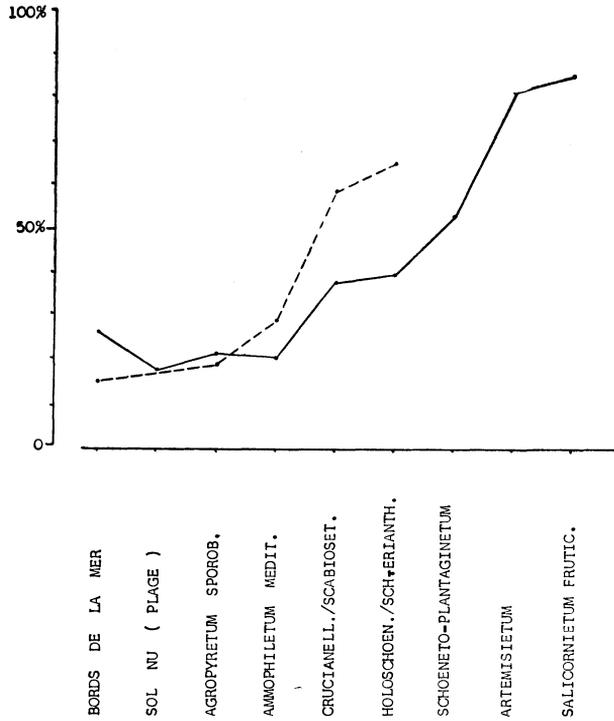


FIG. 3.

Le sable fine (diam. 200-50 microns) dans les sols des associations psammophiles à Carnon (——) et sur le littoral de Venise (-----).

d'*Agropyretum typicum* et de « Sol nu (bas-fond) », qui ont été récoltés dans un bas-fond à l'extrémité orientale de notre territoire (échantillons 11-12 et 17-18) et dont les valeurs sont beaucoup plus réduites que les autres. Les valeurs moyennes du sable grossier (2000-200 $\mu$ ) oscillent (Bords de la mer, Sol nu, *Agropyretum* et *Ammophiletum*) entre 70.5 et 76.9, mais il ne s'agit pas de différences significatives. Avec

Table. 4 - ANALYSE MECANIQUE

	N. des échant.	> 2000 $\mu$ %	2000-200 $\mu$		200-50 $\mu$		50-20 $\mu$		< 20 $\mu$	
			min. %	max. med. %	min. %	max. med. %	min. %	max. med. %	min. %	max. med. %
Bords de la mer	5	0.0	66.3	75.0 70.5	22.5	31.6 26.3	0.9	6.3 3.1	0.0	0.0 0.0
Sol nu (plage)	5	0.0	61.5	88.8 76.9	5.0	33.0 17.6	4.1	5.6 4.8	0.0	1.1 0.7
Sol nu (bas-fond)	2	0.0	51.7	55.1 53.4	38.1	45.7 41.9	0.8	5.6 3.2	1.2	1.8 1.4
Agropyretum sporobolotusum	3	0.0	71.0	79.6 74.8	13.8	25.9 21.1	1.1	6.3 3.1	0.3	1.7 1.1
Agropyretum typicum	2	0.0	40.7	49.6 45.1	45.8	57.9 51.9	0.2	3.8 2.0	1.2	1.8 1.5
Ammophiletum	7	0.0	64.7	93.7 76.6	5.0	31.4 20.5	0.5	6.7 2.1	0.5	1.1 0.8
Crucianelletum typicum	10	0.0	41.0	78.7 58.8	18.8	56.5 37.2	0.5	11.1 3.1	0.4	1.7 0.9
Crucianelletum ephedretosum	6	0.0	38.9	85.1 66.2	13.2	59.4 29.8	0.6	10.3 3.1	0.5	1.1 0.9
Holoschoenetum	5	0.0	48.5	61.8 57.4	35.8	49.0 39.3	0.8	4.2 2.3	0.6	1.2 0.9
Schoeneto-Pantaginetum	5	0.2	34.4	58.9 43.8	38.7	61.4 53.2	1.4	3.6 2.1	1.0	1.9 1.4
Artemisietum	2	0.0	12.4	23.0 17.7	75.9	86.5 81.2	0.4	1.3 0.9	0.7	0.9 0.8
Salicornietum fruticosae	2	0.0	10.4	15.1 12.8	83.5	86.8 85.0	0.4	2.1 1.3	0.7	1.0 0.8
Dune à Populus	5	0.0	70.7	91.3 80.8	6.4	28.2 16.2	0.3	4.5 1.9	0.7	1.1 0.9

le procédé de la série (Crucianelletum → Holochoenetum → Schoeneto-Plantaginetum etc.) on peut remarquer une diminution progressive du diamètre des particules, ce qui est logique, parce que les facteurs météoriques érodent les particules élémentaires; mais le sable grossier diminue beaucoup plus lentement que, par exemple, sur les dunes de la côte autour de Venise.

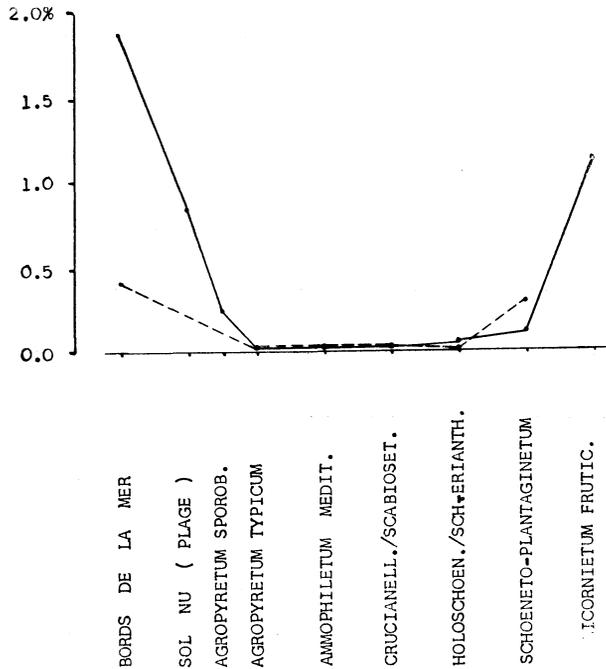


FIG. 4.

Salinité des sols des associations psammophiles à Carnon (——) et sur le littoral de Venise (-----).

*Salinité* — Le résultat assez étonnant de dizaines d'analyses (dosage selon MOHR avec  $\text{NO}_3\text{Ag}$ ) est que le sol des dunes est entièrement dépourvu de sel marin. Le même phénomène a été constaté pour les dunes de la côte adriatique. A Venise comme dans les dunes de Carnon (fig. 4) le sel se présente seulement à l'état de traces et il n'est pas plus abondant que dans les terrains de cultures de la plaine languedocienne.

Le trajet du sel marin serait le suivant : très abondant dans l'eau de la mer (env. 30‰) il entre en suspension dans l'atmosphère par suite du brisement des flots et se dépose à la surface des dunes : la moindre pluie suffit pour dissoudre la petite quantité de sel déposé sur la dune, et à le faire disparaître dans les couches profondes du sol. Dans les couches inférieures de l'*Holoschoenetum* le sel apparaît à nouveau :

	min.	max.	med.
a 10 cm de profondeur :	0.0	0.0	0.0
à 50 cm de profondeur :	0.0	0.6	0.3

Lessivé de la surface des dunes, le sel se rencontre à nouveau dans les bas-fonds, où l'eau phréatique saumâtre est plus

Tabl. 5 — SALINITE

	N. des échant.	NaCl ‰ de l'eau du sol		
		min.	max.	med.
Bords de la mer	5	10.0	27.0	18.8
Sol nu (plage)	5	0.0	31.0	8.3
Sol nu (bas-fond)	2	46.3	50.0	46.3
<i>Agropyretum sporobolotum</i>	3	0.0	5.3	2.3
<i>Agropyretum typicum</i>	2	0.0	0.0	0.0
<i>Ammophiletum</i>	8	0.0	0.0	0.0
<i>Crucianelletum typicum</i>	10	0.0	0.0	0.0
<i>Crucianelletum ephedretum</i>	6	0.0	0.0	0.0
<i>Holoschoenetum</i>	5	0.0	0.6	0.2
<i>Schoeneto - Plantagine-tum</i>	5	traces	3.0	1.0
<i>Artemisietum</i>	2	0.5	20.2	(10.4)
<i>Salicornietum fruticosae</i>	2	9.4	12.8	11.1
Dunes à <i>Populus</i>	5	0.0	0.0	0.0

proche de la surface (dans le *Schoeneto-Plantagine-tum*, le *Artemisietum* et le *Salicornietum fruticosae*).

Les sols d'Agropyretum, Ammophiletum et Crucianelletum sont entièrement dépourvus de sel ou en présentent une quantité trop faible pour exercer une action quelconque sur la végétation. Mais la spécialisation de la végétation des dunes est très accentuée (en effet presque toutes

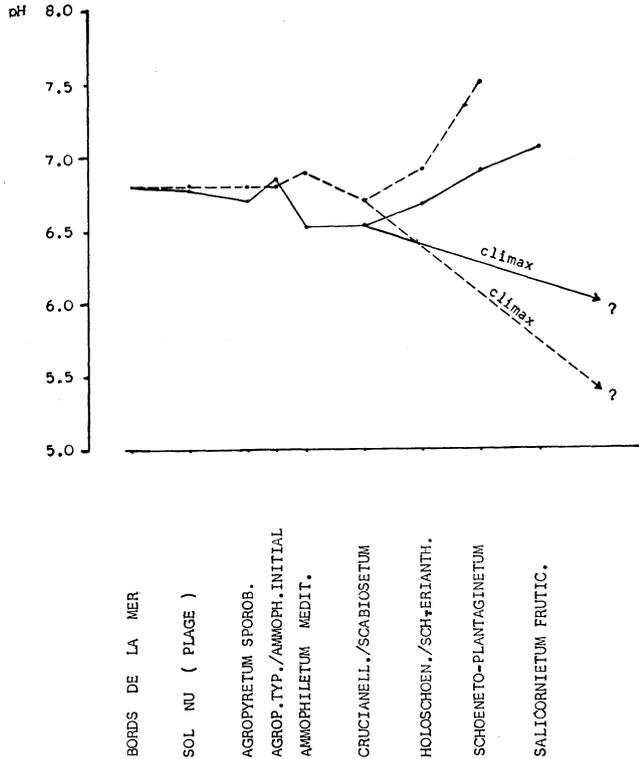


FIG. 5.

pH des sols des associations psammophiles à Carnon (——) et sur le littoral de Venise (-----).

les espèces de l'Agropyretum sont exclusives des dunes et ne se présentent en aucune autre station): probablement la spécificité de cette végétation a été déterminée par le sel de l'atmosphère qui se dépose sur les plantes (cfr. SOULMAGNON et coll., 1930, 1933).

*Le pH* — Le pH (\*) varie d'une façon assez régulière (fig. 5): il augmente en présence de sel ou de carbonates et atteint son maximum au début et à la fin de la série, son minimum sur les dunes. Des variations plus ou moins parallèles, mais encore plus faibles, ont été mises en évidence sur les dunes de la côte adriatique. Toutes les valeurs se situent

Tabl 6. — REACTION DU SOL (pH)

	N. des échant.	min.	max.	med.
Bords de la mer	5	6.7	6.9	6.8
Sol nu (plage)	5	6.7	6.9	6.78
Sol nu (bas-fond)	2	6.6	6.9	6.75
Agropyretum sporobolotum	3	6.6	6.8	6.7
Agropyretum typicum	2	6.8	6.9	6.85
Ammophiletum	8	6.3	6.9	6.51
Crucianelletum typicum	10	6.1	6.9	6.52
Crucianelletum ephedretosum	6	6.4	6.5	6.47
Holoschoenetum	7	6.5	6.8	6.68
Schoeneto - Plantagine- tum	5	6.7	7.2	6.9
Artemisietum	2	6.9	7.0	6.95
Salicornietum fruticosae	2	6.9	7.2	7.05
Dunes à Populus	5	6.5	6.8	6.66

autour de la neutralité et il faut de nombreuses mesures pour obtenir des moyennes significatives. En tout cas les variations de pH ne sont pas suffisantes pour provoquer des variations sensibles dans la végétation dunale; elles sont une conséquence de l'évolution du terrain:

(\*) — 10 g. de sable dans 20 cc d'eau distillée, remués de temps en temps pendant 24 heures: on mesure le pH de la solution au potentiomètre de Leeds et Northrup avec électrode au chinhydrone.

Dans les couches profondes le pH augmente; dans deux profils de l'*Holoschoenetum* nous avons mesuré:

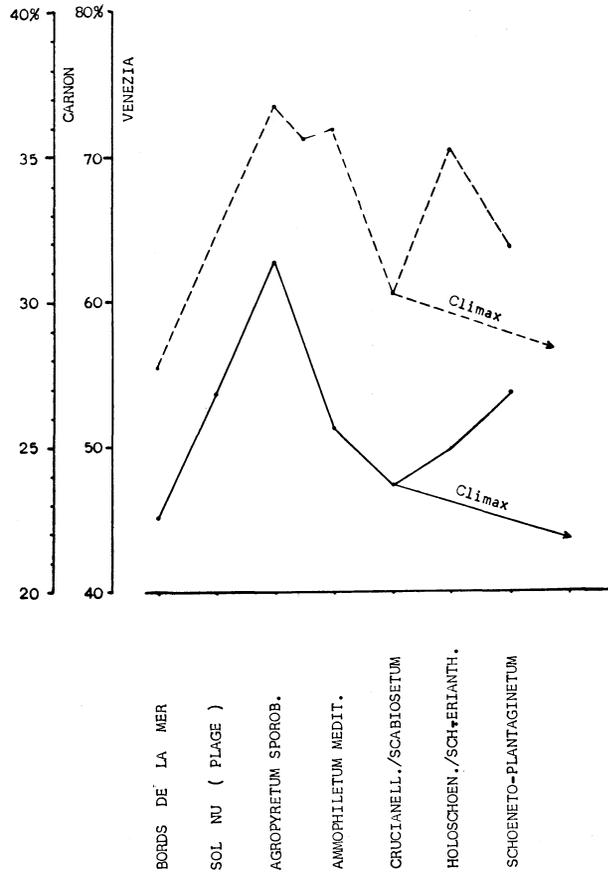


FIG. 6.

Teneur en carbonates des sols des associations psammophiles à Carnon (——) et sur le littoral de Venise (-----). Echelles différentes!

	min.	max.	med.
à 10 cm de profondeur :	6.5	6.7	6.6
à 50 cm de profondeur :	6.7	7.0	6.85

*Carbonates* — Les carbonates du sol (fig. 6) ont été mesurés selon une méthode originale (VIDO e PIGNATTI, 1954) par dosage avec Complexon III. Dans le sable de Carnon il y a généralement 20-30% de carbonate de Ca et de faibles quantités de carbonate de Mg (0.1-1%). On a mesuré le total des deux carbonates, comme s'il s'agissait seulement de carbonate de Ca : les résultats avec cette méthode sont un peu (0.01-0.1%) plus élevés, parce que le  $\text{CO}_3\text{Mg}$  est un peu plus léger que le  $\text{CO}_3\text{Ca}$ .

Tabl. 7 — TENEUR EN CARBONATES

	N. des échant.	min.	max.	med.
Bords de la mer	5	21.49	24.47	22.61
Sol nu (plage)	5	22.83	30.11	26.85
Sol nu (bas-fond)	2	22.92	25.90	24.41
Agropyretum sporobolotum	2	27.35	35.44	31.40
Agropyretum typicum	2	24.22	26.99	25.61
Ammophiletum	6	20.38	30.88	25.64
Crucianelletum typicum	9	19.61	26.72	23.65
Crucianelletum ephedretum	5	19.48	28.78	23.81
Holoschoenetum	5	24.23	25.42	24.79
Schoeneto - Plantagine-tum	5	22.16	29.46	26.84
Artemisietum	2	21.70	22.74	22.22
Salicornietum fruticosae	1			22.89

Cette petite erreur n'influence pas les données de façon sensible ; en outre l'action biologique du Mg, en présence de telles quantités de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  est tout-à-fait insensible.

Les variations de la teneur en carbonate sont très instructives, bien qu'elles soient faibles et pas suffisantes pour modifier la végétation. Le calcaire augmente régulièrement des « Bords de la mer » jusqu'à l'*Agropyretum*, où il atteint son maximum ; dans l'*Ammophiletum* commence la diminution, qui est faible mais constante, et qui a été observée aussi dans des

autres plages méditerranéennes. Par exemple à Venise nous avons mesuré :

	N <sup>o</sup> . des echaut.	min.	max.	med.
Agropyretum	6	70.3	77.3	73.3
Ammophiletum	12	53.6	84.4	71.4

et sur les côtes marocaines près Fedala (n.p.) en 1951 nous avons observé :

	N <sup>o</sup> . des echant.	min.	max.	med.
Agropyretum	4	15.5	24.8	18.4
Ammophiletum	1			13.8

La diminution entre *Agropyretum* et *Ammophiletum* est constante, mais les valeurs absolues sont très différentes : on ne peut pas expliquer pourquoi à Venise avec 66% de calcaire (une quantité très élevée) l'*Agropyretum* soit remplacé par l'*Ammophiletum*, tandis qu'à Carnon il se développe avec seulement 27% et à Fedala avec 15% en calcaire, c'est-à-dire avec une quantité bien plus faible que dans l'*Ammophiletum* de Carnon. Il semble que la cause de la teneur élevée en calcaire de l'*Agropyretum* soit que le vent, qui forme les dunes embryonnaires, sélectionne les particules plus riches en calcaire, plus légères que les particules siliceuses. Dans l'*Ammophiletum* et les associations suivantes commence le lessivage du calcaire, qui diminue assez vite en surface, tandis que dans les couches profondes le sol s'enrichit. Dans les entonnoirs d'érosion de l'*Holoschenetum* et du *Schoeneto-Plantaginetum* le calcaire lessivé se dépose et la teneur en calcaire augmente de nouveau, surtout en profondeur ; en deux profils d'*Holoschoenetum* on a mesuré :

	min.	max.	med.
à 10 cm de profondeur :	24.82	25.42	25.12
à 50 cm de profondeur :	28.02	28.88	28.45

Les deux associations plus halophiles (*Artemisietum* et *Salicornietum fruticosae*) semblent se développer sur un sol à nouveau plus pauvre en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , mais cette ob-

servation n'est pas définitive, parce qu'elle est basée seulement sur respectivement une et deux déterminations

Les dunes à *Populus*, sans doute la végétation la moins éloignée du climax, est aussi celle qui vit sur le sol le plus pauvre en  $\text{CO}_3\text{Ca}$ ; le climax de la zone, le *Quercetum ilicis galloprovinciale* se développe en général sur une « terra rossa » decalcifiée en  $A_1$  (subass. *pistacietosum*) ou bien sur un sol brun acide (subass. *pubescentetosum*).

La série des teneurs en calcaire de la plage de Carnon est parfaitement parallèle à la série de celles mesurées à Venise (bien qu'ici le sable soit beaucoup plus riche en calcaire, entre 55 et 73%).

Toute la végétation en résulte assez basophile et calciphile, surtout dans les bas-fonds à *Schoenus nigricans* et dans les couches profondes du terrain.

*Humus* - Les sols des dunes de Carnon sont beaucoup trop jeunes pour présenter une quantité appréciable d'humus. On a exécuté quelques tests par calcination en étuve à  $800^\circ$  qui ont donné des résultats (d'une certaine imprécision à cause de la haute teneur en calcaire) nuls pour la plupart des associations. Seulement les sols de l'*Holoschoenetum*, du *Schoeneto-Plantaginetum* et des dunes à *Populus* présentent des quantités de substance organique variant entre 0.5 et 1.0; il s'agit de substance organique peu humifiée, dont la valeur nutritive pour les plantes est très faible.

### Conclusions

Dans la zone décrite, le sable continue à former des dunes. Plus on se rapproche de Carnon, plus le processus de dépôt du sable est sensible, tandis qu'en direction du Grau du Roi la plage est en état d'équilibre, ou bien la mer exerce une action d'érosion.

La plage que nous avons étudié est assez jeune, comme en témoigne la présence de l'*Agropyretum* (association caractéristique des plages initiales, qui disparaît dans les plages

mûres), et la faible différenciation du sol portant les différentes associations. Les résultats de l'analyse mécanique du sable prouvent également qu'il s'agit d'une plage jeune: les sols de toutes les associations des *Ammophiletalia* et même de l'*Holoschoenetum* ont une prédominance de particules de 2000-200  $\mu$ , tandis que dans les environs de Venise, déjà le *Tortuleto-Scabiosetum* (association parallèle au *Crucianelletum*) se développe sur un sable composé de 60% de particules plus fines (200-50  $\mu$ ). Limon et argile (fractions avec diamètre inférieur à 20  $\mu$ ) manquent complètement dans tous les échantillons que nous avons étudiés, même dans la rhizosphère des halophytes comme *Artemisia gallica* ou *Salicornia fruticosa*. Les analyses des carbonates semblent prouver elles aussi qu'il s'agit d'une plage jeune. Les variations entre les différentes associations sont faibles en valeurs absolues, mais leurs variations relatives sont assez marquées: la différence entre l'*Agropyretum* (28.5 %) et les dunes à *Populus* (21.83%) est assez faible, en ce qui concerne la teneur en carbonates, mais représente quand même une diminution du 25%; ces variations de la teneur en calcaire ne sont pas inférieures à celles qui ont été mesurées sur d'autres plages méditerranéennes.

Chaque association présente des valeurs caractéristiques du pH, de la teneur en calcaire et du diamètre des particules, mais il semble que ces facteurs n'aient pas beaucoup d'influence directe sur la végétation. Les variations de ces facteurs ne sont pas une cause, mais une conséquence des variations de la végétation. Quelques fois les modifications de la végétation et du sol sont simplement deux phénomènes parallèles, qui n'ont pas d'influence l'un sur l'autre. En conséquence les associations dont le sol est plus riche en calcaire ne possèdent pas des espèces particulièrement calciphiles et les associations dont le sol montre le pH le plus bas ne sont pas du tout acidophiles. Cela peut arriver parce que toute la végétation des dunes est soumise à des conditions écologiques extrêmes; un facteur est toujours à la limite de la tolérance pour les phanérogames de notre flore: dans la série principale c'est la sécheresse qui règle la distribution et la succession des associations, tandis que la série secondaire de dégradation est réglée par la sali-

nité du sol (cfr. fig. 7). La conséquence pour les plantes est dans les deux cas égale: extrême difficulté d'absorption de l'eau du sol, qui est trop rare dans les sols des *Ammophila*, qui est assez abondante mais avec des valeurs osmotiques élevées dans les sols des *Salicornia*. Les plan-

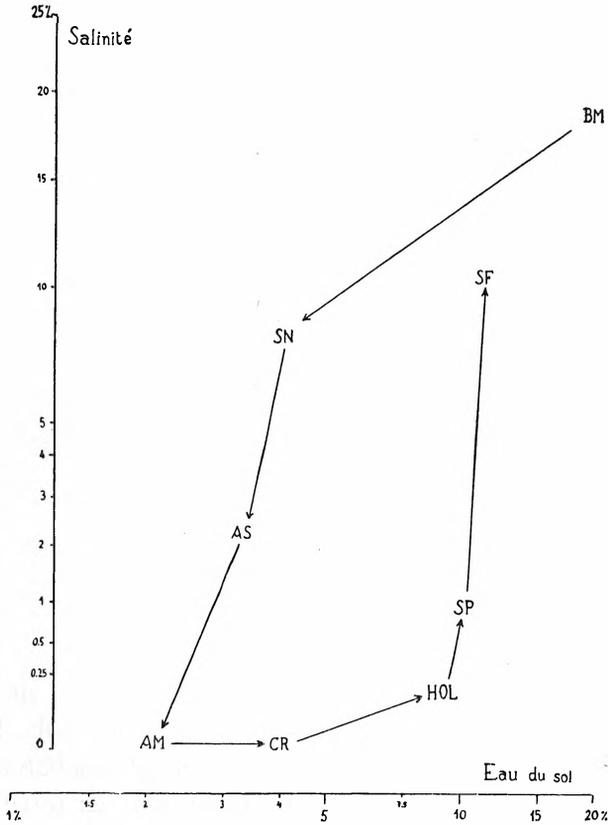


FIG. 7.

Evolution de la végétation sur les dunes de Carnon en rapport à la salinité et à l'humidité du sol.

tes réagissent dans le premier cas avec un fort développement de l'appareil racinaire (cfr. BOTERENBROOD et DONSELAAR, 1956), dans le deuxième cas par l'élévation des valeurs osmotiques dans leurs tissus (ADRIANI, 1945). Ces considérations peuvent expliquer la différence très accusée qui existe entre la flore des

dunes (*Ammophiletalia*) et celle des bas-fonds salés (*Salicornietalia*). Sur la dune le sel joue un rôle tout-à-fait secondaire, dans l'eau du sol, comme dans la plante même, qui en est presque dépourvue et présente des valeurs osmotiques faibles (à Venise, en été, selon COLOMBO-MARIANI entre 10 et 20 atmosphères); au contraire les halophytes des bas-fonds accumulent le sel dans leurs tissus et de ce fait élèvent la pression osmotique du contenu cellulaire. La haute spécialisation de la flore des dunes est probablement due à l'action de la salinité de l'atmosphère.

Selon le système du prof. KUBIENA le sol de la dune peut être considéré comme un « erg », sol sablonneux incohérent, extrêmement sec. L'évolution intervient, dans la série principale, par lessivage des carbonates, formation d'un profil A/B et accumulation d'humus jusqu'au sol-climax de la plaine languedocienne, la « terra-rossa »: ce processus est sans doute très long et sur la côte entre Carnon et Le Grau du Roi on ne rencontre pas d'exemples. La série secondaire développe des sols du type du « solontschak » comme on en observe fréquemment dans les terrains salés de la plaine surtout à l'intérieur, où le terrain est plus riche en argile et limon. Une troisième possibilité d'évolution peut être observée dans l'*Holoschoenetum* et le *Schoenetoplantaginetum*: le sol humide et faiblement salé montre une consolidation progressive, un enrichement en humus et par l'action des pluies devient entièrement dessalé; dans ce cas se développent des sols humides riches en carbonates, peut-être sur le type des « paternia » et « borowina ». Sur le littoral autour de Venise ces terrains sont utilisés pour des cultures intensives d'asperges, artichauts, carottes et même pour des cultures fruitières (surtout pêches).

L'étude de l'évolution parallèle du sol et de la végétation sur la plage de Carnon confirme que les associations des dunes littorales offrent un matériel très intéressant pour des recherches de syngénétique.

## RIASSUNTO

Alcune escursioni eseguite nella primavera del 1953 e ripetute nel giugno 1958 hanno permesso di caratterizzare la vegetazione di un tratto di litorale a Sud-Est di Montpellier. Vennero eseguiti numerosi rilievi fitosociologici (cfr. tab. 1-2) e circa una sessantina di analisi di terreni raccolti entro una piccola zona, in tutte le associazioni studiate, allo scopo di mettere in evidenza le variazioni parallele del suolo e della vegetazione. Vennero eseguiti dosaggi dei carbonati totali, pH, NaCl, tenore in acqua ed analisi meccaniche; l'humus, in questi terreni primitivi, è quasi sempre mancante, oppure si presenta in tracce. L'evoluzione della vegetazione (pag.12) può seguire due serie: una **serie principale** porta dall'*Agropyretum* all'*Ammophiletum* ed al *Crucianelletum*, senza che si osservino sul litorale percorso altri stadi di evoluzione in direzione del climax (*Quercetum ilicis galloprovinciale*); la **serie secondaria** per progressiva erosione e degradazione delle dune parte dal *Crucianelletum* ed attraverso l'*Holoschoenetum* e lo *Schoeneto-Plantaginetum* porta alla formazione di associazioni alofile dei *Salicornietalia*. Lo studio delle caratteristiche del terreno permette di concludere che i terreni sui quali si sviluppa la serie principale sono perfettamente dissalati, tuttavia essi presentano un tenore in acqua così basso, che la secchezza funziona come fattore limitante, impedendo la formazione di associazioni vegetali non strettamente specializzate; i terreni della serie di degradazione sono invece abbastanza ben provvisti di acqua, ma si tratta di acqua salmastra o salata, così che anche qui le piante si trovano in condizioni di secchezza fisiologica. All'aridità della duna le piante reagiscono con uno straordinario sviluppo dell'apparato radicale, mentre alla secchezza fisiologica dei terreni salati esse rispondono elevando la pressione osmotica del proprio succo cellulare ed accumulando sale. Questo spiega la radicale differenza esistente fra le florule litorali delle dune e delle stazioni salate. Poichè condizioni di secchezza analoghe a quelle delle dune si possono presentare anche in stazioni dell'interno, ci si può chiedere come mai neppure una delle psammofite e xerofite continentali penetri nell'*Agropyretum* e nell'*Ammophiletum*: è probabile che questo fatto vada spiegato con l'azione fisiologica dell'acqua marina in sospensione negli strati bassi dell'atmosfera, che si deposita in quantità notevoli sulle parti aeree delle piante litorali.

BIBLIOGRAPHIE

- ADRIANI, M. I. - *Sur la phytosociologie, la synécologie et le bilan d'eau des halophytes* - Comm. SIGMA n. 88a, 1945.
- BOTERENBROOD, A. J., VAN DONSELAAR W.A.E. et J. - *Quelques données sur l'écologie de la végétation des dunes et sur la fonction de l'enracinement dans l'édification des dunes à la côte méditerranéenne de la France*. - Meded. Bot. Mus. Herb. Utrecht n. 129 (23 pagg.), 1956.
- BRAUN-BLANQUET, J. - *Ordres Ammophiletalia et Salicornietalia médit.*, Prodr. Groupen. Végét. fasc. 1, Montpellier, 1933.
- BRAUN-BLANQUET, J. - *Les groupements végétaux de la France méditerranéenne*, Montpellier, 1952.
- COLOMBO-MARIANI, P. - *Ricerche ecologica sul ricambio di alcune piante di duna*. - Boll. Soc. Ven. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Venezia 12, 1960.
- HEKKING, W. H. A. - *Un inventaire phytosociologique des dunes à la côte méditerranéenne française entre Carnon et le Grau du Roi (Dept. Hérault)*. - Koninkl. Ned. Akad. Wetensch., Proceed. S. C, 62, n. 5: 518-532, 1959.
- KUHNHOLTZ-LORDAT, G. - *Les dunes du Golfe du Lion*, Thèse. Paris, 1923.
- PIGNATTI, S. - *Ricerche sull'ecologia e sul popolamento delle dune del litorale di Venezia: il popolamento vegetale*. - Boll. Soc. Ven. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Venezia 12: (1-80), 1960.
- SOULMAGNON, H. - *Recherches sur les chlorures apportés au sol par l'atmosphère*. - Ann. Serv. Bot. Tunisie VI: 163-174, 1930.
- SOULMAGNON, H., CONSTANT ET SCHEUR - *Recherches sur les chlorures apportés au sol par l'atmosphère (2e mémoire)*. - Ann. Serv. Bot. Agronom. Tunisie X: 169-177, 1933.
- VIDO, L. e S. PIGNATTI - *L'uso dei complessoni per il dosaggio del calcio e del magnesio nel suolo*. - Atti Ist. Bot. Univ. Lab. Critt. Ital. Pavia ser. 5, 10, 2: 309-318, 1954.

APPENDICE I: DATE ET LIEU DES RELEVES

- 1 — Carnon, 3.VI.1958; PIGNATTI E. et S., RIOUX, ZANOTTO.
- 2 — Rocquehaute (entre Vias et Béziers), 19.V.1953; PIGNATTI, SCHOENFENBERGER, WIKUS.
- 3 — Carnon, 8.X.1932; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 8.
- 4 — Carnon, 14.IV.1953; PIGNATTI.
- 5 — Carnon, BRAUN-BLANQUET in sched. n. 13.
- 6 — Carnon, 14.VI.1953; PIGNATTI.
- 7 — Carnon, IX.1933; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 12.
- 8 — Rocquehaute, 19.V.1953; PIGNATTI, SCHOENENBERGER, WIKUS.
- 9 — Après Carnon, BRAUN-BLANQUET in sched. n. 4.
- 10 — Carnon-Palavas, VI.1930; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 5

- 11 — Carnon, 19-IV.1929; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 7.
- 12 — Carnon, crête de dune, IV.1929; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 3.
- 13 — Carnon, crête de dune, 9.XI.1930; BRAUN-BLANQUET in sch. n. 6.
- 14 — Après Carnon. XI.1929; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 8.
- 15 — Carnon, V.1932; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 13.
- 16 — Carnon, 3.VI.1958; PIGNATTI E. et S., RIOUX, ZANOTTO.
- 17 — Carnon, 18.IV.1949; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 21.
- 18 — Carnon, 17.IX.1933; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 13.
- 19 — Carnon, 20.VI.1935; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 18.
- 20 — Carnon, 8.X.1932; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 10.
- 21 — Carnon, 10.X.1937; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 12.
- 22 — Carnon, IX.1929; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 1.
- 23 — Carnon, 19.IV.1929; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 5.
- 24 — Carnon, 3.VI.1958; PIGNATTI E. et S., RIOUX, ZANOTTO.
- 25 — Carnon, BRAUN-BLANQUET, in sched. n° 2.
- 26 — Carnon, VII.1924; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 4.
- 27 — Carnon, IV.1919; BRAUN-BLANQUET in sched. n. 6.
- 28 — Carnon, entre Petit et Grand Cravert, 11.IV.1953; BERSSET, BRAUN-BLANQUET, PIGNATTI.
- 29 — Carnon, 12.III.1950; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 22.
- 30 — Lamotte-Carnon, 18.IV.1955; BRAUN-BLANQUET in sched. n° 28.
- 31 — Rocquehaute, 19.V.1953; PIGNATTI, SCHOENENBERGER, WIKUS.
- 32 — Carnon km 5.3, 7.VI.1958; HEKKING (D<sub>3</sub>).
- 33 — Carnon km 4.7, 7.VI.1958; HEKKING (G<sub>1</sub>).
- 34 — Carnon km 5.3, 7.VI.1958; HEKKING (D<sub>2</sub>).
- 35 — Carnon, 14.IV.1953; PIGNATTI.
- 36 — Carnon, km 4.5, 5.V.1958; HEKKING (G<sub>2</sub>).
- 37 — Carnon km 5.3, 7.VI.1958; HEKKING (D<sub>5</sub>).
- 38 — Carnon, 14.IV.1953; PIGNATTI.
- 39 — Carnon km 5.1, 13.VI.1958; HEKKING (D<sub>7</sub>).
- 40 — Carnon km 4.65, 21.VI.1958; HEKKING (G<sub>6</sub>).
- 41 — Carnon, 3.VI.1958; PIGNATTI E. et S., RIOUX, ZANOTTO.
- 42 — Carnon, 3.VI.1958; PIGNATTI E. et S., RIOUX, ZANOTTO.
- 43 — Carnon km 4.7, 7.VI.1958; HEKKING (G<sub>5</sub>).
- 44 — Carnon, 3.VI.1958; PIGNATTI E. et S., RIOUX, ZANOTTO.
- 45 — Carnon km 4.65, 21.VI.1958; HEKKING (G<sub>12</sub>).
- 46 — Carnon km 4.65, 17.VI.1958; HEKKING (G<sub>11</sub>).
- 47 — Carnon km 4.7, 7.VI.1958; HEKKING (G<sub>10</sub>).
- 48 — Fréjorgues, 26.IV.1953; BRAUN-BLANQUET, PIGNATTI, WIKUS etc.
- 49 — Près Fréjorgues, 26-IV.1953; BRAUN-BLANQUET, PIGNATTI, WIKUS etc.
- 50 — Près Fréjorgues, 26.IV.1953; BRAUN-BLANQUET, PIGNATTI, WIKUS etc.

APPENDICE II: ACCIDENTELLES

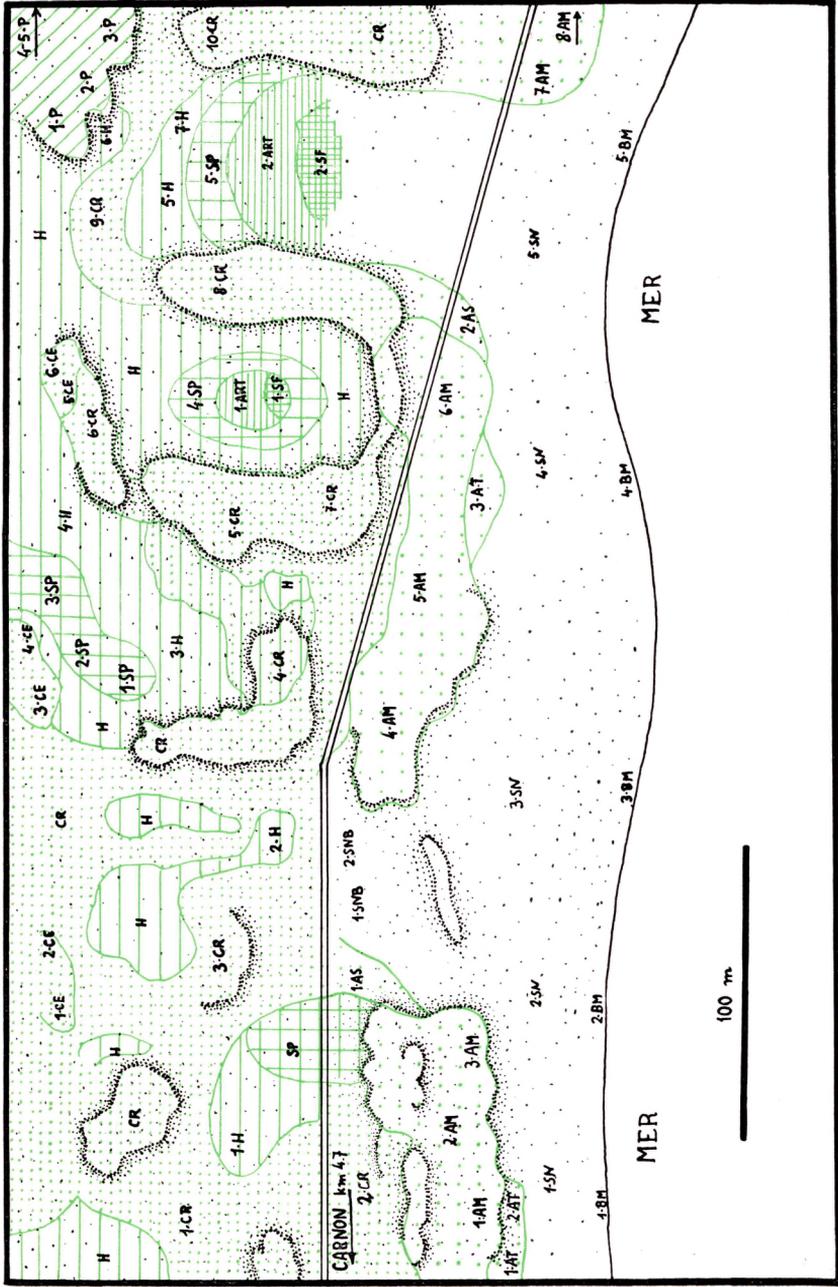
- 1 — *Obione portulacoides* (L.) Moq.
- 2 — *Cakile maritima* Scop. ssp. *aegyptiaca* (Gaertn.).
- 8 — *Cakile maritima* Scop. ssp. *aegyptiaca* (Gaertn.); *Rumex tingitanus* L.
- 15 — *Cakile maritima* Scop. ssp. *aegyptiaca* (Gaertn.).
- 21 — *Scolymus hispanicus* L.
- 22 — *Alyssum maritimum* (L.) Lamk.
- 24 — *Erianthus ravennae* (L.) P. Beauv.; *Oenothera biennis* L.; *Holoschoenus romanus* (L.); *Agropyrum litorale* (Host) P. Beauv.; *Sedum altissimum* Poir.; *Limonium echioides* (L.) Ktze.; *Melilotus* sp.
- 26 — *Scolymus hispanicus* L.; *Alyssum maritimum* (L.) Lamk.
- 27 — *Scolymus hispanicus* L.; *Phleum arenarium* L.
- 28 — *Oenothera biennis* L.; *Medicago minima* L.; *Chondrilla juncea* L.; *Vicia augustifolia* (L.); *Crepis taraxacifolia* Thuill.; *Scrophularia canina* L. ssp. *ramosissima* Lois.; *Scleropoa rigida* (L.) Griseb.; *Cerastium* cfr. *balearicum*; *Trichostomum* sp.
- 29 — *Psoralea bituminosa* (L.).
- 30 — *Alyssum maritimum* (L.) Lamk.
- 31 — *Lagurus ovatus* L.; *Equisetum ramosissimum* Desf.; *Bromus maximus* Desf.; *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér.
- 32 — *Helichrysum stoechas* (L.) DC.; *Cynanchum acutum* L.; *Tamarix gallica* L.; *Bryum inclinatum* (Web. et Mohr) Blandow; *Pellia* sp.; *Vulpia fasciculata* (Forsk.) Fritsch.
- 33 — *Juncus articulatus* L.; *Gladiolus communis* L.; *Leontodon nudicaulis* (L.) Banks; *Festuca fenas* Lag.; *Populus alba* L.
- 34 — *Elaeagnus angustifolia* L.; *Cynanchum acutum* L.; *Tamarix gallica* L.; *Pellia* sp.
- 35 — *Lythrum salicaria* L.
- 36 — *Spartina juncea* Willd.
- 37 — *Populus nigra* L.
- 38 — *Helichrysum stoechas* (L.) DC.; *Lotus siliquosus* L.
- 40 — *Melilotus albus* Medik.; *Erigeron canadensis* L.; *Daucus carota* L.; *Sonchus asper* (L.) Hill.; *Holcus lanatus* L.
- 42 — *Aeluropus litoralis* (Gouan) Parl.
- 48 — *Trifolium lappaceum* L.; *Puccinellia distans* (Hornem.) Parl.; *Sagina maritima* G. Don.
- 49 — *Plantago coronopus* L.; *Arthrocnemum glaucum* (Del.) Ung.-Sternbg.; *Hutchinsia procumbens* (L.) Desv.; *Sagina maritima* G. Don; *Hordeum maritimum* With; *Scleropoa rigida* (L.) Griseb.; *Euphorbia exigua* L.; *Vulpia sciuroides* Gmel.; *Galium murale* All.; *Lagoseris sancta* (L.) Maly; *Cerastium glomeratum* Thuill.; *Anagallis arvensis* L. ssp. *coerulea* Schreb.
- 50 — *Xanthoria parietina* (A.) Th. Fr.; *Aeluropus litoralis* (Gouan) Parl.; *Arthrocnemum glaucum* (Del.) Ung.-Sternbg.; *Suaeda maritima* (L.) Dum.; *Aster tripolium* L.; *Salicornia herbacea* L.; *Juncus subulatus* Forsk.

	A G R O P Y R E T U M								A M M O P H I L E T U M								C R U C I A N E L L E T U M															
	fac.à Sporobolus				fac.à Agropyrum												v a r i a n t e t y p i q u e										fac.à Ephedra					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
N° des relevés	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Hauteur de la dune en m	1			1	1	2			1-4	2-4	1-2	1,5		6	6-7	4-6	4,5						8-10			4-6	4		5	4		
Hauteur de la végétation en dm	1,5	2	2-3	2	10	5		8							5-6	12	3-4	2,5	3	3-4				4-5				3-4	3-4			
Couverture en %	50	60	10		25		15		40	60	50		60	70	50	60	80	60	80	75	70	70	75	60	60		85	85	90			
Surface étudiée (m <sup>2</sup> )	50	100	50	100	16	100	100	50	50	50	20	100	100	100	100	100	50	200	100	100	50	100	200	100	100	100			30	50		
N° des espèces	5	6	8	8	6	7	8	11	8	10	10	11	13	13	13	14	15	17	17	18	18	20	22	22	23	24	29	22	15	12		
<b>Caractéristiques du Agropyretum</b>																																
Agropyrum junceum (L.) P.Beauv. ssp.mediterraneum Sim.	+	1.2	+1	+1	2.2	2.2	2.2	4.3	(+)				+2	(+)		+2	1.2			+2			+2									
Sporobolus arenarius (Gouan) Duv.-Jouv.	3.2	3.3	2.2	4.4	2.2			+		+	(+)	1.2	+	(+)		+2																
Cyperus mucronatus L.			2.1		2.3	+	+2				+																			1pl.		
Euphorbia peplis L.			+1			+	+1																									
Matthiola sinuata (L.) R. Br.								+																								
<b>Caractéristiques du Ammophiletum</b>																																
Ammophila arenaria (L.) Link ssp.arundinacea (Host)			+1	+	+1	+2			3.4	4.3	3.4	4.4	4.3	4.3	3.3	3.2	+c	+2	+2	+2	1.2	+2	+0	2.2	1.1	+	2.2	+2	2.2	2.2	+2	
Medicago marina L.							+1	1.2	+	1.2	2.2	1.3	+2	+2	1.3	1.3	2pl.	+	+2	+3	+	1pl.	+	+2	1.3	+2				1pl.		
Echinophora spinosa L.	+0	+	1pl.	+			+1	+	1.1	1.1	2.1	1.1	1.2	+	1.2	1.1	+	+	+	1pl.	r	+	+	+	rr	+						
Cutandia maritima (L.) Benth.									1.1	+		2.1	1.2	1.1	1.1	+						+		1.3	+							
<b>Caractéristiques du Crucianelletum</b>																																
Crucianella maritima L.												+3	1pl.	+2	1.2	+																
Helichrysum stoechas (L.) DC. var.maritimum J. et F.															(+)																	
Teucrium polium L. var. maritimum Alb. et Jah.																																
Artemisia campestris L. var.glutinosa Ten.																																
Pancreatium maritimum L.															(+)																	
Scabiosa maritima L. var. maritima																																
Ononis ramosissima Desf.																																
Scleropoa hemipoa (Del.) Parl.																		+2		1.2	+2		1.1	1.1								
<b>Caractéristiques du Ammophilion</b>																																
Anthemis maritima L.					+1			1pl.	+	1.2	+2	1.2	1.2	1.3	2.3	+2	+2	1.2	1.2	1.3	+2	1.2	+	1.2	2.3	2.3	3.2	1.1		+		
Malcolmia litorea (L.) R. Br.												+	1.2		(+)		2.2	1.1	2.2	2.2	2.2	+2	+	+	2.2	+	1.1	2.1	1.2	1.2	+	
Koeleria villosa Pers.															(+)		+		+	+	r		+		1.1	+	+	+	+	+2		
Cakile maritima Scop. ssp. littoralis (Jord.)	+	1.1		+		1.1	+	+	1.1			+	+2	+	+					1.1			+	+	1.1	+	1.1	+	1.1			
Hypochoeris radicata L. var. salina Gren.										+2		+2																				
<b>Caractéristiques des Ammophiletalia</b>																																
Euphorbia paralias L.				+	+1	+2			+2	+2	+2	1.2	+2	+2	+2	+																
Vulpia fasciculata (Forsk.) Fritsch												(+)			(+)			1.1	1.1	+	1.1	+		1.3	1.1	+	1.1	1.1	+	1.3		
Medicago littoralis Rohde																	+	2.2		2.1					1.1		2.1	1.1				
Bromus villosus Guss. ssp. ambigens (Jord.) Br.-Bl.																																
Orlaya maritima Koch																																
<b>Caractéristiques des Ammophiletea</b>																																
Eryngium maritimum L.			+1	+			+1	+	+		+	+	+	+	(+)	+																
Convolvulus soldanella L.																																
Salsola kali L.		+		+		+	+1	1.2																	1.1	+						
<b>Compagnes</b>																																
Silene italica L.																	1.2	+	1.2	+2	1.2	1.2	1.2				+2	1.1	1.1	2.2	1.2	
Silene conica L.																		1.1	1.1		+	1.1	+				+	1.1	+	1.1		1.1
Clematis flammula L.																	2.3		+2		+			(+)				+	+			+1
Xanthoria parietina (A.) Th.Fr.																																
Ephedra distachya L.																																
Centaurea aspera L.																																
<b>Accidentelles</b>	1	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	7	-	2	2	8	1	1	4	

	Holoschoenetum							Schoeneto-Plantaginetum					Artemisietum		Sal. frut.	
	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	48	49	50	
N° des relevés	32	33	34	35	36	37	38	40	41	42	43	44	48	49	50	
Hauteur de la dune en dm	15	15	15	18	15	15		11	12		12		3	3	2	
Hauteur de la végétation en cm	275	200	250		225	225		110	100		70				50	
Couverture en %	100	80	97	95	100	100		98	95		95		80	80	100	
Surface étudiée (m <sup>2</sup> )	50	50	50	100	50	50	100	50	100	100	50	100	4	4	200	
N° des espèces	18	15	19	16	12	9	13	22	13	14	13	15	15	16	16	
Caractéristiques du <u>Holoschoenetum</u>																
Erianthus ravennae (L.) Pal. Beauv.	3.3	+2	3.3	+	2.2	1.3	2.3	r	+							
Holoschoenus romanus (L.)	1.2	1.2	1.2	2.2	+2	2.3	+		+							
Juncus anceps Laharpe	3.2	+	2.3	1.1	2.2	2.2	1.1									
Asparagus scaber Birolli	+		+	+	1.1		+									
Caractéristiques du <u>Schoeneto-Plantaginetum</u>																
Plantago crassifolia Forsk.				+3			1.2	2.3	+	1.2	3.4	+				
Linum maritimum L.	1.1		1.1	+		1.1	+	1.2	+	+		+				
Chlora imperfoliata L.				+					+	+		+				
Dorycnium gracile Jord.					1.2					+		+				
Orchis fragrans Poll.								+			+					
Samolus valerandi L.									(+)			+				
Caractéristiques du <u>Artemisietum</u>																
Artemisia gallica Willd.								1.1	+0	+0	+0	+	4.3	3.3		
Limonium virgatum (Willd.) Fourr.									+	+		+	3.2	3.2		
Limonium girardianum (Guss.) Ktze.					1.1					+2	+		2.1	1.2		
Caractéristiques du <u>Salicornietum fruticosae</u>																
Salicornia fruticosa L.														(+)	5.5	
Puccinellia festucaeformis (Host) Parl.															2.2	
Croute de Cyanophycées															1.2	
Limonium bellidifolium (Gou.) Ktze.															+	
Autres halophytes à haute présence																
Juncus acutus L. ssp. megalocarpus Asch.	2.3	+2	2.3	2.2	1.2	+2	1.2	1.3	1.2	+	1.3	+2				
Sonchus maritimus L.	+	1.1			1.1	+	1.1	+	+		1.2					
Juncus maritimus Lamk.	+2	1.2	+			+2			(+)	1.2	(+)		+			
Limonium vulgare Mill.								1.1		+2	+		+	r	+	
Carex extensa Good.			+					1.3			+	+2				
Agropyrum acutum (DC.) R. et S.					1.1						+	+				
Lepturus filiformis Trin.				+2					1.1							+
Puccinellia convoluta (Hornem.) Hay					+	1.1									+2	
Obione portulacoides (L.) Moq.									+3						+	1.2
Inula crithmoides L.									+0		+0				+	+2
Polypogon maritimus Willd.												+2			+	
Triglochin bulbosum L.													2.1		+	
Lepturus incurvatus (L.) Trin.													+		+	
Centaurium tenuiflorum (Hoff. et L.) Fritsch								+		+						
Centaurium spicatum (L.) Fritsch									(+)			+				
Compagnes																
Schoenus nigricans L.	4.4	2.3	4.4	3.3	3.3	5.5	4.4	5.5	4.5	4.5	4.3	4.4				
Agrostis maritima Lamk.	2.3	1.2	2.3	2.1	1.1		+2									
Orchis palustris Jacq.	+	+						+	(+)	+	+					
Pulicaria dysenterica (L.) Bernh.	1.1	1.2	1.1				+									
Erigeron canadensis L.	1.1		2.1					+								
Oenothera biennis L.	1.1		+													
Epipactis palustris (L.) Crantz		+	1.2	+												
Accidentelles																
	6	5	4	1	1	1	2	5	-	1	-	-	3	12	7	

S. PIGNATTI: Développement du sol de végétation etc.

TAV. I



DELFINOIA, n. s., I, 1959.

