

CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE DE LA COMMUNAUTÉ DES ARTHROPODES PSAMMOPHILES DE L'ISTHME DE GIENS

Ph. PONEL (1)

Résumé : Etude écologique d'une communauté d'Arthropodes psammophiles d'une dune littorale bordant la baie d'Hyères par une méthode originale prenant en compte la faune vivant en surface et la faune vivant en profondeur.

Après un bref aperçu des facteurs biotiques et abiotiques, cette communauté est analysée d'un point de vue qualitatif et quantitatif. L'importance des Coléoptères *Tenebrionidae* est mise en évidence. Un inventaire commenté comprenant 55 espèces est donné.

Enfin, l'originalité de la communauté, sa sensibilité et la nécessité de sa protection sont soulignées.

Zusammenfassung : Oekologisches Studium einer Gemeinschaft sandliebender Gliederfüßer einer Düne am Gestade der Bucht von Hyères, dank einer besonderen Methode, welche die auf der Oberfläche und in der Tiefe lebende Fauna in Beachtung nimmt.

Nach einem kurzem Überblick der biotischen und abiotischen Faktoren wird die Gemeinschaft in qualitativer und quantitativer Hinsicht analysiert. Die Erheblichkeit der Käterfamilie *Tenebrionidae* wird klargestellt.

Ein erläutertes Inventar das 55 Arten umfasst wird gegeben.

Endlich, werden die Eigenartigkeit der Gemeinschaft, sowie ihre Empfindlichkeit und die Notwendigkeit ihres Schutzes betont.

1. INTRODUCTION

La communauté psammophile peut être définie comme l'ensemble des espèces dont tout ou partie du cycle vital se déroule sur ou dans le sable.

La délimitation précise de cette communauté est quelquefois incertaine et résulte souvent d'une appréciation personnelle et subjective. C'est le cas des espèces phytophages inféodées à des végétaux psammophiles et qu'il est parfois difficile de classer dans une biocénose plutôt que dans une autre. Ces espèces peuvent être considérées comme des sabulicoles secondaires dépendant des milieux sableux par l'intermédiaire de leur hôte végétal.

(1) Laboratoire de Biologie Animale (Ecologie), Faculté des Sciences et Techniques de Saint-Jérôme, rue H.-Poincaré, 13397 Marseille cedex 4.

Si l'inventaire faunistique de ces communautés semble assez bien connu, il n'en est pas de même de leur écologie et peu de travaux récents y ont été consacrés. Citons par exemple ceux de DAJOZ (1960) sur la faune des bords de l'étang du Canet (Pyr.-Or.), de CAUSSANEL (1965, 1970) sur les Coléoptères de la côte landaise, de CHEVIN (1966) dans le Cotentin, de ESTEVE (1980) sur les Arthropodes des dunes du Centre-Ouest.

La principale difficulté de l'étude écologique résulte dans la mise au point de moyens de récolte quantitatifs. La classique méthode des carrés n'est pas satisfaisante en raison de la dispersion des animaux en surface et de la vie « ensablée » de beaucoup d'entre eux. Pour cette raison, j'ai essayé de mettre au point une technique prenant en compte l'intégralité de la faune, en surface comme en profondeur.

J'ai également essayé de ne pas négliger les formes larvaires, toujours très abondantes.

Après une présentation des méthodes utilisées et du milieu étudié, je donnerai la composition de cette zoocénose et présenterai les premières données sur sa structure.

La station étudiée est située sur le cordon dunaire qui borde la plage de la flèche est de l'isthme de Giens, sur la commune d'Hyères (fig. 1).

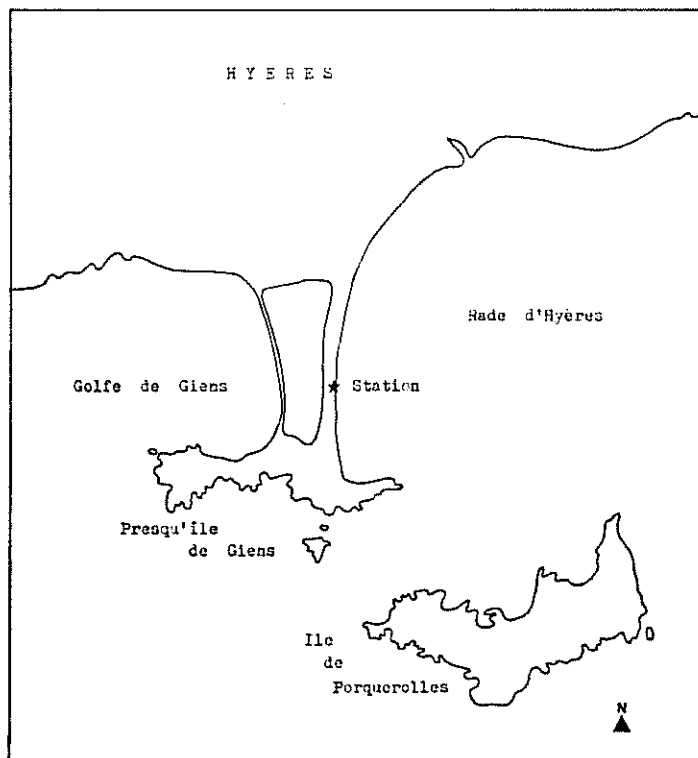


Figure 1 : Situation géographique de la station étudiée.

La disparition de ce milieu relique n'étant probablement plus qu'une question de temps si des mesures de protection ne sont pas prises, j'ai pensé qu'il serait bon de dresser un bilan de l'état actuel du milieu, pouvant servir d'une part à préciser les perturbations subies, d'autre part à montrer l'intérêt de la biocénose qui a pu se maintenir.

2. METHODES D'ETUDE

I — FACTEURS ABIOTIQUES

Lors de chaque prélèvement de faune, les facteurs température et teneur en eau ont été évalués.

I.1 — Température :

Elles sont relevées à 5 niveaux, à l'aide d'un thermomètre gradué au 1/10° de degré.

- air, à environ 1 m du sol, à l'ombre
- sable sous couvert de Graminées, à 5 cm de profondeur
- sable sous couvert de Graminées, à 10 cm de profondeur
- sable hors couvert de Graminées, à 5 cm de profondeur
- sable hors couvert de Graminées, à 10 cm de profondeur

Ces 5 températures sont relevées entre 7 et 8 heures solaires.

I.2 — Teneur en eau :

Des échantillons de sable d'environ 200 g sont prélevés à 4 niveaux :

- sable sous couvert de Graminées, à 5 cm de profondeur
- sable sous couvert de Graminées, à 10 cm de profondeur
- sable hors couvert de Graminées, à 5 cm de profondeur
- sable hors couvert de Graminées, à 10 cm de profondeur

Chaque échantillon est ramené au laboratoire, placé dans un bécher puis desséché pendant 24 heures à 105 °C.

Il est nécessaire de noter les trois valeurs suivantes (AUBERT, 1970) :

P1 = poids du bécher vide

P2 = poids du sable humide + bécher

P3 = poids du sable desséché + bécher

La teneur en eau exprimée en % par rapport au poids de terre séchée est égale à :

$$H = \frac{P2 - P3}{P3 - P1} \times 100$$
$$= \frac{\text{poids d'eau (en g)}}{\text{poids de terre séchée à } 105^{\circ} \text{ (en g)}} \times 100$$

II — FACTEURS BIOTIQUES

II.1 — Méthode de capture.

Les arthropodes sont recueillis après avoir été séparés du substrat par tamisage.

Les mailles en nylon du tamis utilisé mesurent 1 mm de côté, ce qui permet de capturer l'essentiel de la mésofaune.

Lorsque le sable s'avère trop humide pour pouvoir être tamisé, le tamis et son contenu sont placés sur une plaque de métal chauffée à température douce (36 °C environ) jusqu'à ce que le sable atteigne la fluidité requise.

II.2 — Evaluation du volume minimal de prélèvement.

II.2.a — Principe. De la même manière que l'on calcule l'aire minimale de prélèvement avant tout travail quantitatif, le *volume* minimal de substrat à prélever pour obtenir un échantillonnage significatif de la zoocénose psammiophile de profondeur a été évalué.

Dans ce but, 6 dm³ de sable ont été tamisés décimètre cube après décimètre cube et la faune recueillie séparément pour chaque décimètre cube.

II.2.b — Résultats. La courbe des richesses cumulées a été dressée (fig. 2). Le nombre d'espèces se stabilise à partir du quatrième décimètre cube, ce sera donc la valeur retenue pour la suite du travail. Il est certain que le choix d'un volume supérieur aurait été bien meilleur en ménageant une marge de sécurité, mais alors la durée de traitement du sable et de prélèvement des Arthropodes en aurait été trop allongée.

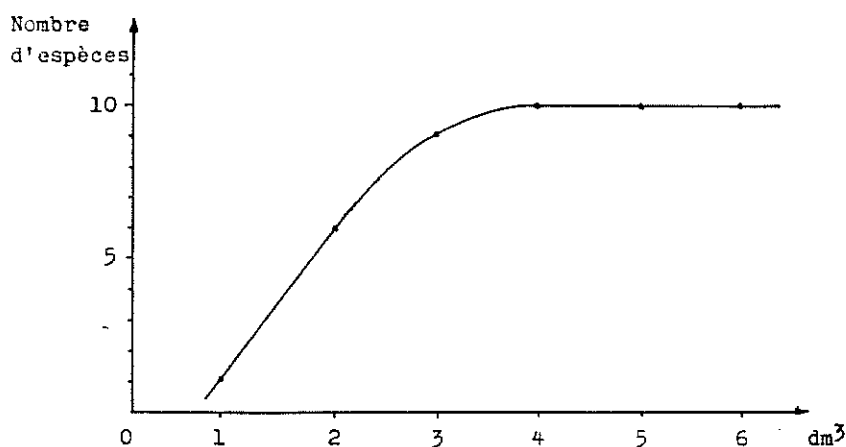


Figure 2 : Courbe des richesses cumulées.

II.3 — Périodicité des relevés.

Compte tenu de la superficie relativement exigüe de la station et de sa fragilité, le rythme d'un prélèvement tous les 15 jours a été retenu, soit en tout 12 prélèvements pour la période considérée.

3. GEOLOGIE

I — CARACTERES GENERAUX

Une représentation simplifiée de la géologie régionale est donnée par la fig. 3.

Il est aujourd'hui admis que la formation de ce tombolo double date de l'époque historique. C'est grâce à la présence de divers facteurs favorables, comme l'orientation des courants, le découpage de la côte, les vents dominants, l'apport d'alluvions par le Gapeau (GUEIRARD, 1962) que cette structure exceptionnelle a pu s'édifier au cours du quaternaire.

Mais l'isthme n'en reste pas moins fragile : on assure qu'en 1811 de violentes tempêtes détruisirent les deux cordons en plusieurs points et que des travaux furent nécessaires pour rétablir la communication entre le village de Giens et le continent (DENIS, 1910).

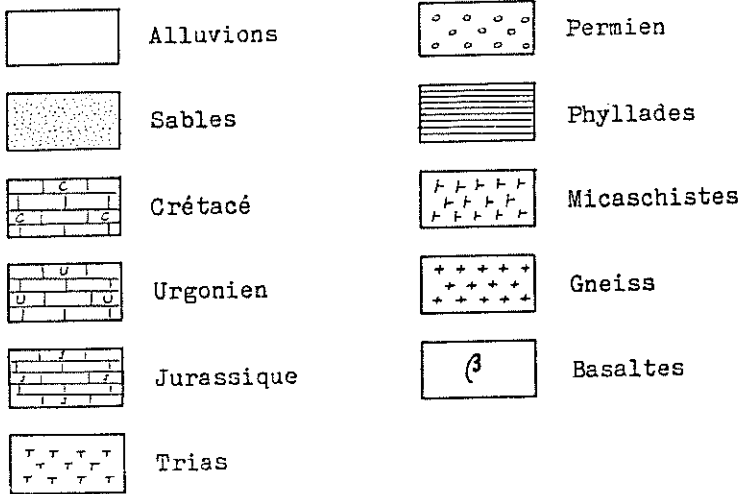
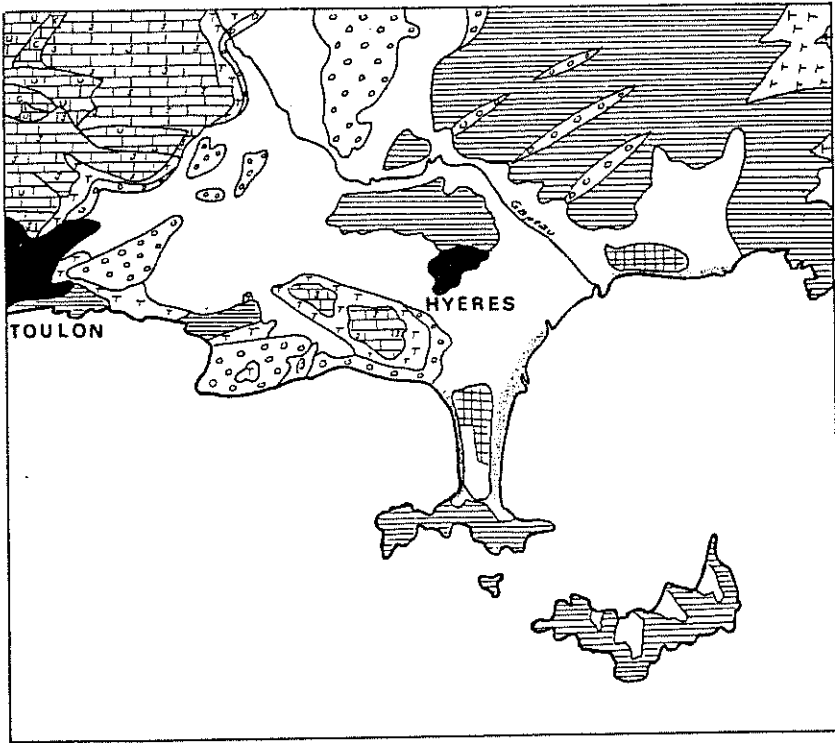


Figure 3 : Esquisse géologique de la région d'Hyères.

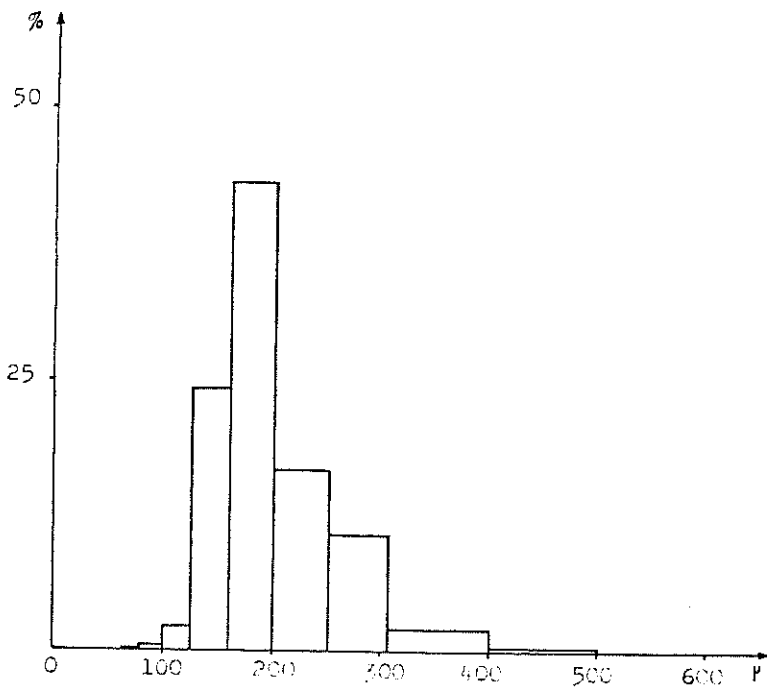


Figure 4 : Histogramme granulométrique des pourcentages de refus.

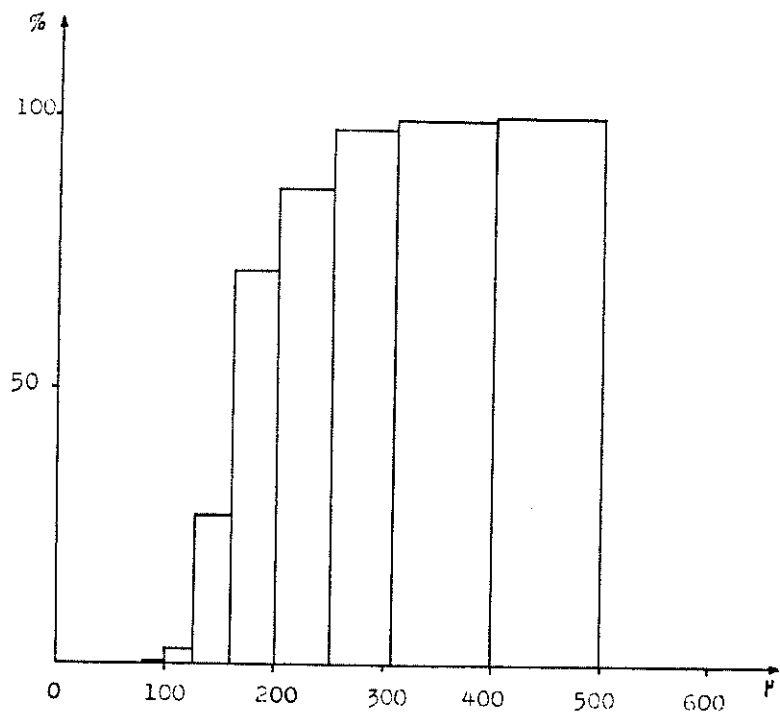


Figure 5 : Histogramme granulométrique des pourcentages de refus cumulés.

En ce moment même, on assiste à une régression généralisée des plages bordant la rade d'Hyères et le golfe de Giens. L'origine de ce phénomène est difficile à établir avec certitude, bien que le rôle de certains « aménagements » ne fasse aucun doute (par exemple la destruction quasi totale du système dunaire bordant la plage du tombolo ouest lors de la création de la « Route du Sel »).

Ces phénomènes locaux ne sont d'ailleurs qu'un des aspects du problème actuel de l'érosion des plages qui affecte les littoraux d'une grande partie du monde (PASKOFF, 1983).

Après ces quelques considérations générales, voyons maintenant les caractères granulométriques du sable de la station.

II — ETUDE GRANULOMETRIQUE DU SABLE

Elle a été réalisée à l'aide de tamis AFNOR, modules 18 à 34. Les résultats peuvent être représentés graphiquement par des histogrammes (fig. 4 et 5).

La classe dominante, avec environ 43 % du total, est formée de grains de 0,160 à 0,200 mm, ce qui correspond à un sédiment fin.

4. CLIMATOLOGIE

I — CONDITIONS MOYENNES (1)

I.1 — Températures.

- Températures mensuelles moyennes (en °C) :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
8,5	9,2	10,1	12,4	15,5	19,1	21,7	21,9	19,1	15,8	11,6	9,1

- Valeurs extrêmes des températures :

$M - m = 24$ avec m = moyenne des minima journaliers du mois le plus froid de chaque année
 $m = 3,5$
 $M = 27,5$ et M = moyenne des maxima journaliers du mois le plus chaud de chaque année.

I.2 — Précipitations.

- Précipitations annuelles moyennes : on a $P = 760$ mm.
- Régime mensuel de précipitations (en mm) :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
102,9	99,4	67,6	50,8	55,7	17,8	9,2	30,8	67,3	102,1	70,7	84,7

Les précipitations sont maximales en janvier et octobre, minimales en juillet.

- Régime saisonnier :

	P (mm)	%	régime
printemps	174,1	23 %	m_2
été	57,8	7 %	m_1
automne	240,1	32 %	M_2
hiver	287,0	38 %	M_1

(1) Les données utilisées ont été recueillies au poste météorologique de Hyères-Palyvestre (base aéronavale) et portent sur 16 ans (1965-1980).

Ce régime saisonnier est du type H-A-P-E. Il est intéressant de noter que BOYER (1981) obtenait également ce type de régime pour la station de Gémenos (H : 34,4 %, A : 32,9 %, P : 23 %, E : 9,7 %). Ainsi, il semble bien que le maximum principal de précipitation, classiquement automnal sur le littoral provençal, tende à se décaler vers l'hiver dans certaines stations, malgré un mois d'octobre bien arrosé.

1.3 — Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.

Ce diagramme est construit à l'aide des précipitations mensuelles moyennes et des températures mensuelles moyennes (tableau 1 et fig. 6).

La période biologiquement sèche s'étend sur les trois mois d'été, juin, juillet et août.

1.4 — Indice pluviothermique d'EMBERGER.

Cet indice, désigné par la lettre Q, se calcule en appliquant la formule suivante :

$$Q = \frac{100 P}{2 (M - m) \left(\frac{M + m}{2} \right)}$$

où P = précipitations annuelles moyennes
M = moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C)
m = moyenne des minima du mois le plus froid (°C)

On obtient ainsi pour l'indice pluviothermique Q la valeur 102,1.

D'après cet indice, et avec une valeur de m égale à 3,5, le poste d'Hyères-Palyvestre se situe dans la variante tempérée de l'étage subhumide d'EMBERGER.

En fait, ce coefficient n'est pas très significatif en ce qui concerne les milieux dunaires méditerranéens, très particuliers microclimatiquement. Des travaux en cours sur les Arthropodes des dunes de Camargue tendent à assimiler ce bioclimat à l'étage semi-aride d'EMBERGER (BIGOT *et al.*, 1982).

1.5 — Les vents.

Le diagramme de la fig. 7 représente la répartition, selon leur direction, des vents de vitesse supérieure à 2 m/s à Toulon (station Météorologique Nationale de la Mitre) au cours de dix années d'observations (MOLINIER et VIGNES, 1971). Bien que la station de la Mitre soit éloignée d'environ 15 km de la presqu'île de Giens, ce diagramme représente assez bien le régime des vents sur l'isthme. Les vents dominants sont les vents d'ouest et d'ouest-nord-ouest (Mistral), et les vents d'est.

En réalité, le biotope étudié est relativement protégé des vents d'ouest par une épaisse végétation (Oléo-lentisque et Pins pignons) mais très exposé aux vents d'est.

II — CONDITIONS CLIMATIQUES DE NOVEMBRE 1981 A AVRIL 1982

II.1 — Températures.

Le graphique de la fig. 8 représente l'évolution des températures de novembre à avril à partir des données fournies par le poste d'Hyères-Palyvestre ; à titre de comparaison, les températures évaluées sur le terrain sont également données.

Les températures moyennes diminuent de novembre à février, avec une remontée en janvier. Les températures les plus basses sont enregistrées en février, avec 8° 4. A partir de février les températures s'élèvent régulièrement.

II.2 — Précipitations.

Nulles en novembre, elles sont excédentaires en décembre et avril. Ceci est souligné par le diagramme ombrothermique de la fig. 9.

Tableau 1 : Précipitations et températures mensuelles moyennes

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P	102,9	99,4	67,6	50,8	55,7	17,8	9,2	30,8	67,3	102,1	70,7	84,7
T	8,5	9,2	10,1	12,4	15,5	19,1	21,7	21,9	19,1	15,8	11,6	9,1

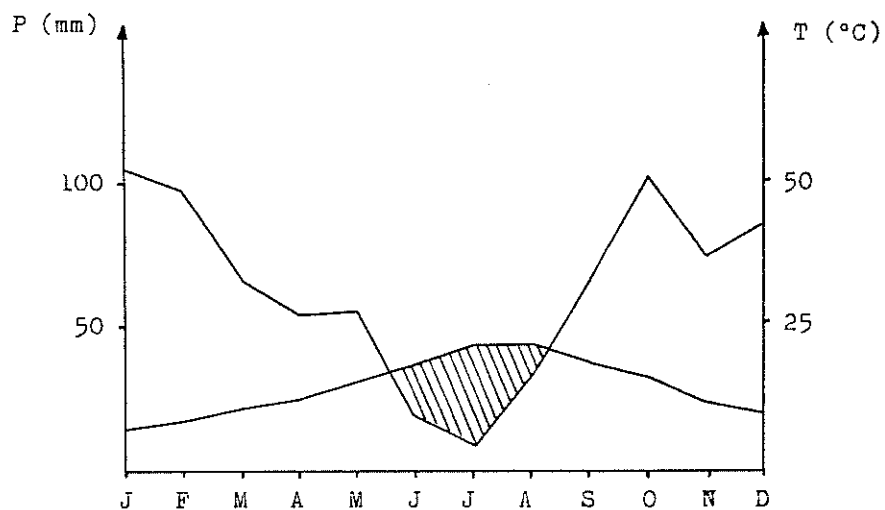


Figure 6 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS.

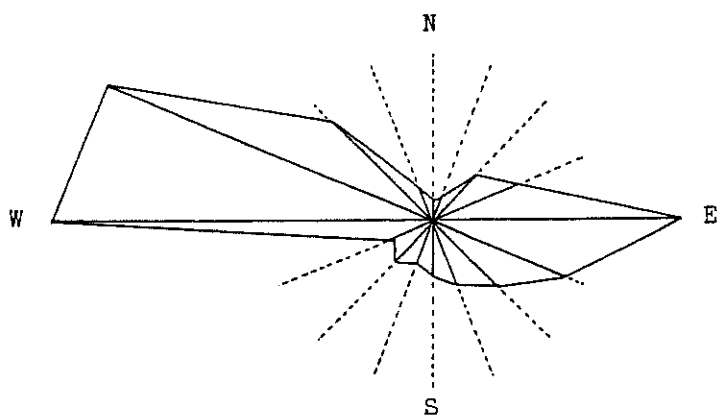


Figure 7 : Régime des vents supérieurs à 2 m/s (établi d'après les données de la station météorologique de Toulon-la Mitre).

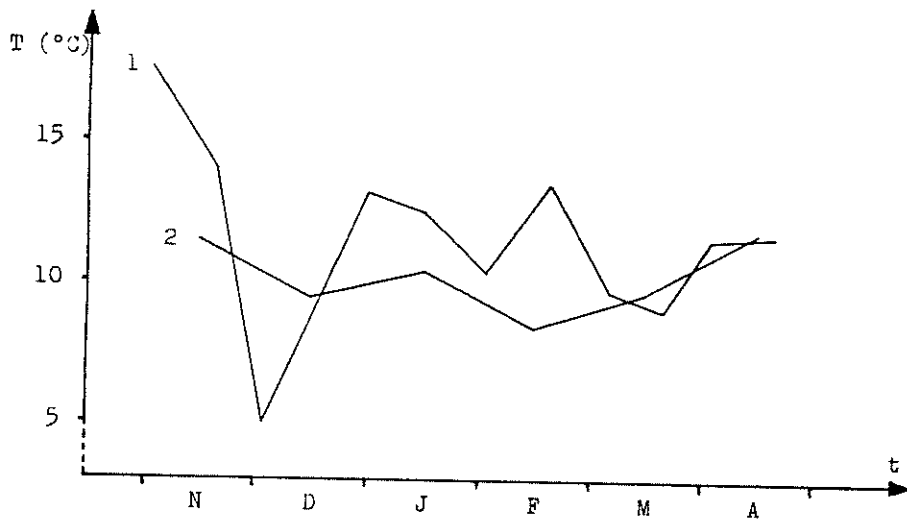


Figure 8 : Températures (1, relevées sur le terrain ; 2, moyennes enregistrées au poste d'Hyères-Palyvestre).

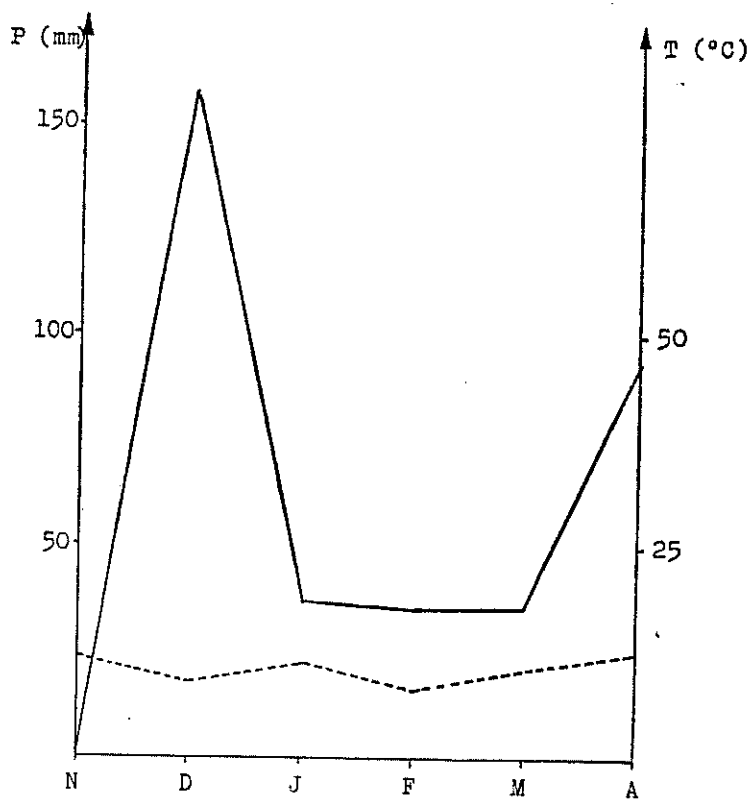


Figure 9 : Diagramme ombrothermique de GAUSSEN et BAGNOULS pour la période de novembre 1981 à avril 1982.

5. CONDITIONS MICROCLIMATIQUES

I — DONNEES CLASSIQUES

Les conditions microclimatiques particulières des milieux dunaires ont été décrites par divers auteurs, leurs résultats sont particulièrement intéressants et importants pour la compréhension de l'écologie des Arthropodes sabulicoles :

— La température à la surface du sable est supérieure à la température qui règne 30 cm au-dessus de la surface le jour, et inférieure la nuit, en raison de la faible chaleur spécifique du sable (KROGERUS, 1932).

— Les excès de température sont atténués au sein des touffes de végétation (PIERRE, 1958).

— L'hygrométrie à la surface du sable est généralement très faible mais sous les végétaux existe une légère condensation nocturne (DAJOZ, 1960).

— Les couches superficielles du sol sont plus chaudes que les couches profondes pendant la saison chaude, c'est l'inverse pendant la saison froide. L'amplitude entre les températures maximales du jour et minimales de la nuit peut être très grande en surface, elle s'atténue en profondeur et est pratiquement inexistante à — 50 cm (FUSTECMATHON, 1970 ; LAHONDERE, 1980a).

II — OBSERVATIONS PERSONNELLES

Quelques observations personnelles permettent d'apporter un complément à ces résultats :

Le milieu étudié a été subdivisé en quatre micromilieus caractérisés par la profondeur et la présence ou l'absence de végétation, et numérotés comme l'indique le tableau suivant :

	0 à — 5 cm	— 5 à — 10 cm
Graminées présentes	micromilieu I	micromilieu II
pas de Graminées	micromilieu III	micromilieu IV

Voyons maintenant les variations de la température et de la teneur en eau du sable dans les quatre micromilieus au cours des six mois d'étude.

II.1 — Températures (fig. 10).

— Les températures les plus basses sont presque toujours relevées dans les micromilieus sans couvert de Graminées et très souvent dans le micromilieu III superficiel, plus sensible à la perte de chaleur par rayonnement nocturne.

— Les températures les moins basses sont presque toujours relevées dans le micromilieu II.

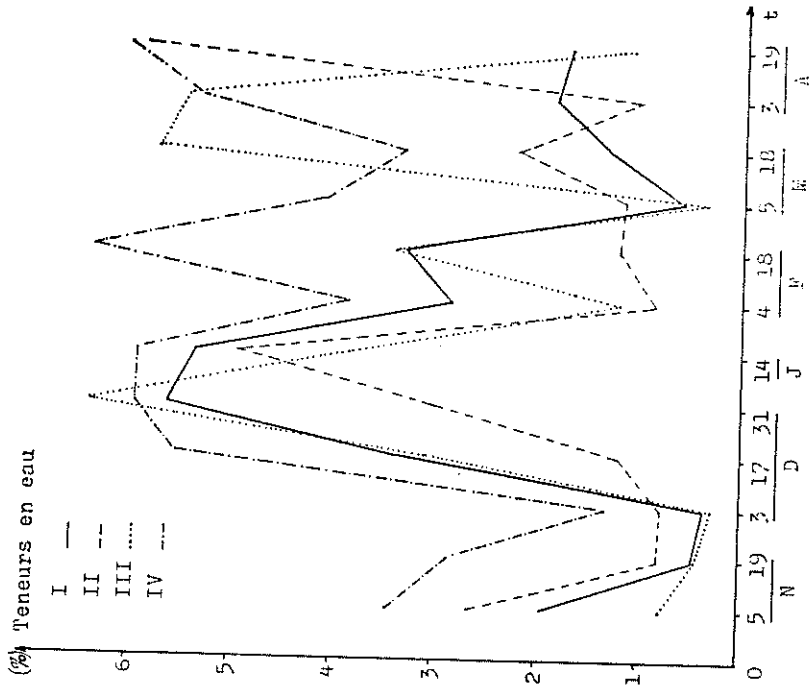
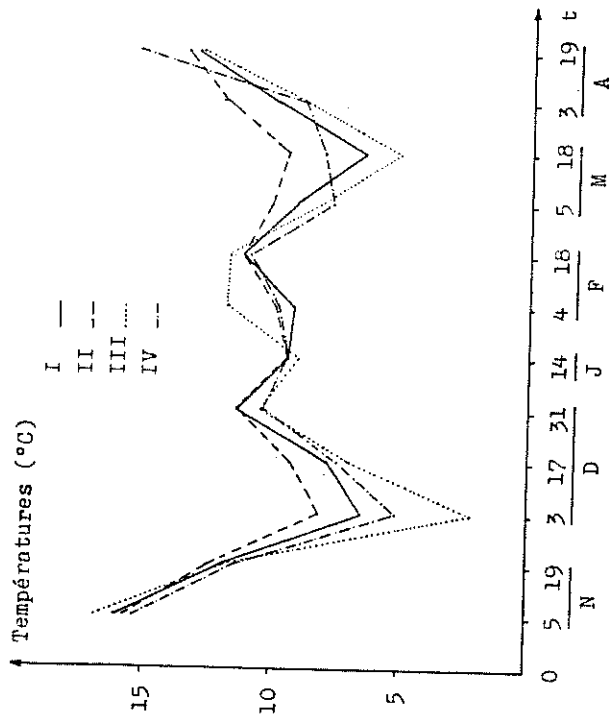


Figure 10 : Variations des températures dans les quatre micro-milieus étudiés (ci-dessus).

Figure 11 : Variations des teneurs en eau du sable dans les quatre micromilieus étudiés (à droite).

— L'amplitude des températures est maximale dans le micromilieu III et minimale dans le micromilieu II.

Ainsi, la combinaison des facteurs : présence de Graminées et profondeur d'au-moins 5 cm atténue les forts abaissements de température pouvant survenir au cours de la nuit et amortit les fluctuations saisonnières.

II.2 — Teneurs en eau (1) (fig. 11).

— La teneur en eau est presque toujours maximale en IV et minimale en II.

— Les micromilieus I et III ont une teneur en eau très proche durant les six mois au cours desquels les mesures ont été effectuées.

Donc, la présence ou l'absence des Graminées a peu d'influence sur la teneur en eau du sable superficiel. Au contraire, en profondeur, ces végétaux exercent par l'intermédiaire de leurs racines très denses un véritable pompage de l'eau contenue dans le sable.

Pour un même profondeur de 5 à 10 cm, le sable sous Graminées sera le plus sec des quatre micromilieus considérés, tandis que le sable ne portant pas de Graminées sera le plus humide.

6. FLORE ET VEGETATION

Actuellement dans un état de dégradation et d'appauvrissement extrême (LAVAGNE, MOUTTE, 1977), la végétation de l'isthme n'a plus guère de rapports avec la description qu'en donnait René MOLINIER en 1953.

Trente ans de piétinement et d'urbanisation ont réduit la végétation naturelle à l'état de lambeaux ; la dune à *Ammophiletum* et *Oleo-lentiscetum* ne s'observe plus que sur quelques centaines de mètres, et encore semble-t-elle bien menacée.

Sur la station elle-même, un transect est-ouest (fig. 12) permet de distinguer cinq zones caractérisées par le relief et le couvert végétal :

— Zone 1 : elle correspond à une large butte portant l'*Oleo-lentiscetum lycietosum*, caractérisé par *Juniperus phoenicea* var. *lycia*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*. De nombreuses espèces de l'ordre des *Quercetalia ilicis* peuvent aussi s'y rencontrer.

— Zone 2 : relativement aplatie et piétinée ; *Medicago marina*, *Lobularia maritima*, et par endroits *Crucianella maritima* y sont bien représentés, avec également

<i>Lagurus ovatus</i>	<i>Barlia robertiana</i>	<i>Spartina versicolor</i>
<i>Anthemis maritima</i>	<i>Conyza canadensis</i>	<i>Calystegia soldanella</i>
<i>Reichardia picroides</i>	<i>Thymelaea hirsuta</i>	

et localement des faciès à *Aetheorhiza bulbosa*.

(1) Teneurs en eau exprimées en pourcentage par rapport au poids de sable séché.

— Zones 3 et 4 : l'ordonnance de la végétation y est assez particulière. Ces deux zones correspondent aux deux versants d'une butte d'origine probablement artificielle, portant à son sommet une clôture et coiffée par un peuplement dense de *Sporobolus pungens*.

En dessous de ces *Sporobolus*, les deux versants présentent une nette asymétrie : en 3 c'est une ceinture d'*Elymus repens* qui couvre la butte jusqu'au contact avec la zone 2, avec quelques touffes éparses d'*Ammophila arenaria*, *Anthemis maritima*, *Reseda alba*, et comme en 2 des faciès à *Aetheorhiza bulbosa* quand l'*Elymus* manque. En 4, c'est surtout l'*Ammophila* qui domine, avec *Salsola kali* et *Reseda alba*, ce dernier très abondant. On peut avancer plusieurs hypothèses pour expliquer cette asymétrie :

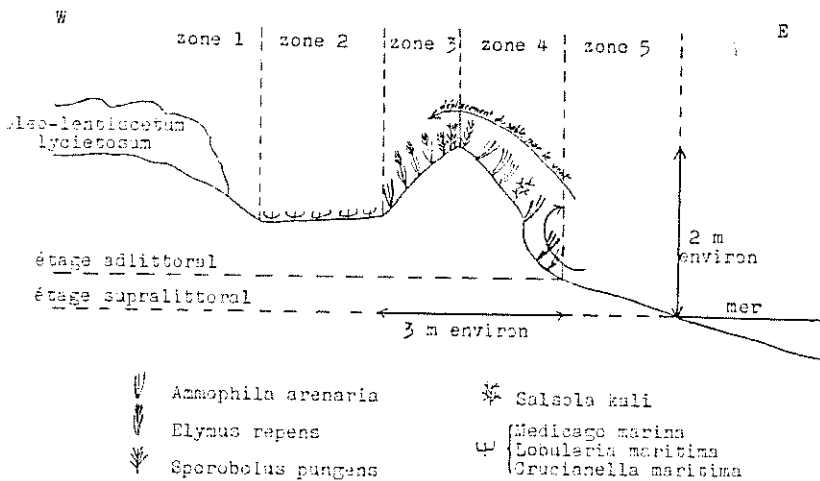


Figure 12 : Transect est-ouest schématisant l'agencement de la végétation sur la station.

- Piétinement plus important de la zone 4 (côté plage), ce qui entraîne la formation de coulées de sable meuble convenant mieux à l'Oyat (LAHONDERE, 1980b). La présence des touffes isolées d'Oyat observées en 3 et qui semblent s'être implantées à la faveur d'accumulations de sable fluide transporté par le vent de sud-est à travers les échancrures de la butte pourrait aller dans le sens de cette hypothèse.

- Apports de débris organiques divers lors des tempêtes plus important en 4 qu'en 3. Cet enrichissement en azote favoriserait le développement d'espèces plutôt nitrophiles, comme *Salsola kali* (LAHONDERE, 1980b).

- Exposition de la zone 4 aux embruns, ce qui entraîne des apports importants de Chlorure de sodium. Or l'Oyat supporte bien une concentration élevée en NaCl (LAHONDERE, 1980b).

- Rôle du vent qui, lors des tempêtes de sud-est, enlève du sable à la zone 4 pour le déposer sur la zone 3.

— La zone 5, enfin, est caractérisée par une absence totale de végétation.

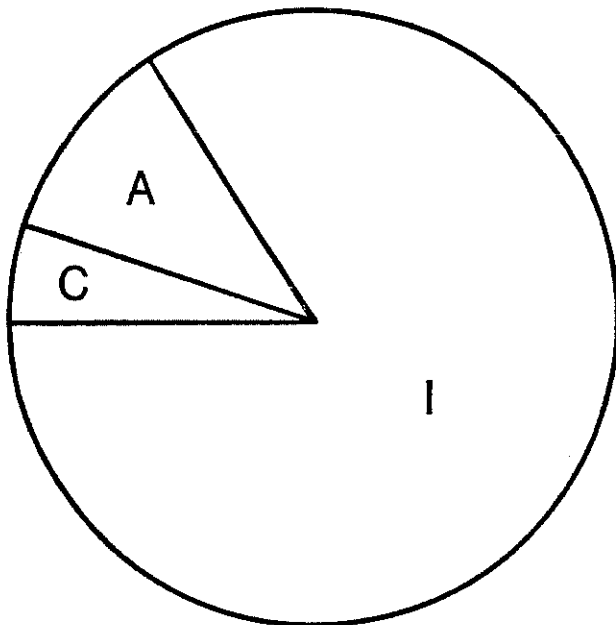


Figure 13 : Proportions des différentes classes d'Arthropodes observées
(A = Arachnides, C = Crustacés, I = insectes).

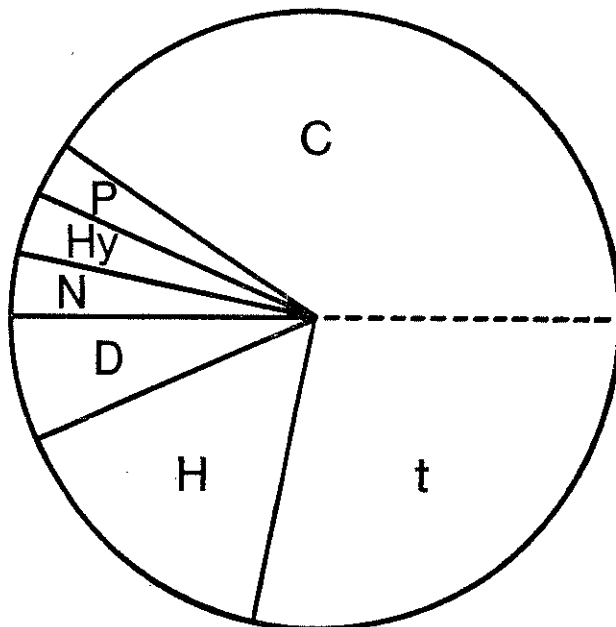


Figure 14 : Proportions des différents groupes d'Insectes observés
(C = Coléoptères divers, D = Diptères, H = Homoptères + Hété-
roptères, Hy = Hyménoptères, N = Névroptères, P = Psocoptères,
t = Coléoptères *Tenebrionidae*).

Ces cinq zones peuvent être assimilées aux étages définis par les biologistes marins : les zones 1, 2, 3 et 4 correspondent à l'étage adlittoral, c'est-à-dire la dune ; la zone 5 correspond à l'étage supralittoral, c'est-à-dire la haute plage (BIGOT *et al.*, 1982).

A travers cette étude de la végétation, il est possible d'apprécier l'intensité des perturbations (surtout piétinement) subies par la dune.

En conséquence, c'est la zone 3, apparemment la moins atteinte, qui a été choisie pour la suite de ce travail.

Il est également intéressant de préciser que loin d'être homogène, cette dernière zone est en réalité composée de deux biochores, l'un formé par le sable sous couvert de Graminées, l'autre par des surfaces plus dénudées et colonisées par *Aetheorhiza bulbosa*.

7. ZOOCENOSE

I — INVENTAIRE DES ESPECES RENCONTREES

Au cours de cette étude 55 espèces ont été recueillies. La liste en est donnée en annexe.

II — ETUDE QUALITATIVE : COMPOSITION BIOTIQUE DU PEUPEMENT

II.1 — Groupes zoologiques dominants.

INSECTES	83,8 %
ARACHNIDES	10,8 %
CRUSTACES	5,4 %

Tableau 2

COLEOPTERES divers	40,6 %
Ténébrionides	28,1 %
HOMOPTERES	} 15,6 %
HETEROPTERES	
DIPTERES	6,3 %
NEVROPTERES	3,1 %
HYMENOPTERES	3,1 %
PSOCOPTERES	3,1 %

Tableau 3

Tableau 2 : Proportions des différentes classes d'Arthropodes observées.

Tableau 3 : Proportions des différents groupes d'insectes observés.

Selon les tableaux 2 et 3, le groupe dominant est celui des Insectes avec 83,8 % des espèces.

Parmi les Insectes, les Coléoptères représentent plus des deux tiers des espèces, les Ténébrionides formant à eux seuls plus du tiers des Coléoptères. Les Homoptères et Hétéroptères sont également bien représentés avec 15,6 %.

Pour mieux visualiser les rapports entre ces groupes, deux spectres biologiques ont été dressés, correspondant aux deux tableaux (fig. 13 et 14).

II.2 — Commentaires sur quelques espèces inventoriées.

Bien que n'ayant pas rencontré *Scarites pyracmon* vivant, sa présence ne fait aucun doute (PONEL et MORAGUES, 1982). Cette espèce est certainement l'un des Coléoptères les plus caractéristiques des dunes littorales méditerranéennes françaises. Elle semble malheureusement très rare sur l'isthme de Giens et disparaîtra en même temps que son biotope.

Cardiophorus exaratus est, comme l'espèce précédente, très caractéristique des milieux dunaires. Assez commune sur l'isthme de Giens, cette espèce est beaucoup plus rare en Camargue (BIGOT, comm. or.). En ce qui concerne les dates de capture, *C. exaratus* a été rencontré presque à chaque relevé, de novembre à avril, avec toutefois un maximum à la mi-février. L'apparition de cet élatéride semble donc étalée dans le temps, sur l'isthme tout au moins, ce qui ne correspond pas exactement avec les données classiques (E. ABEILLE DE PERRIN, H. CAILLOL, L. LESEIGNEUR, *in litt.*).

Xenonychus tridens, déjà signalé d'Hyères par CAILLOL (1913), est également considéré comme très rare, un seul exemplaire a pu être recueilli. Pour VIENNA (1980), c'est une espèce qui semble presque exclusivement psammo-halobionte et qui ne s'éloigne pas de la mer, toutefois, d'après THEROND et BIGOT (1964), il vivrait aussi dans les dunes de l'Erg saharien. Il semble vivre profondément enfoui dans le sable et ne remonterait que rarement à la surface.

Harpalus neglectus est une espèce sabulicole mais pas spécialement inféodée aux dunes littorales, CAILLOL (1954) n'indique pour ce Coléoptère qu'une seule localité dans le Var : Hyères, alors qu'elle semble beaucoup plus répandue dans les Bouches-du-Rhône et dans le Vaucluse.

Callicnemis latreillei, signalé autrefois de la plage d'Hyères (CAILLOL, 1913) n'est pas mentionné dans cet inventaire, de même que des xylophages comme *Mesites pallidipennis* ou *Ryncolus filum*. Leur disparition est presque certaine depuis que la municipalité d'Hyères procède chaque année au « nettoyage » des plages dont l'effet est l'élimination des troncs échoués qui constituent le biotope de ces espèces.

II.3 — Les *Tenebrionidae*.

II.3.1. — Morphologie. La famille des *Tenebrionidae*, riche d'environ 100 espèces en Provence, ne présente qu'un petit nombre de formes proprement sabulicoles. Les caractères adaptatifs les plus classiques sont, d'après DAJOZ (1960) :

- la dépigmentation
- le corps couvert de longues soies raides
- les pattes modifiées pour le fouissage
- l'aptérisme.

Mais, curieusement, chaque espèce ne présente qu'un ou deux de ces caractères ; ce n'est que chez *Ammobius rufus* qu'ils sont tous réunis, ou, en dehors des *Tenebrionidae*, chez *Psammodius porcicollis*.

Il est également intéressant de constater qu'une même adaptation se traduit chez une espèce par un certain caractère tandis que chez une autre elle se traduit par le caractère opposé.

Par exemple, en ce qui concerne la coloration, deux tendances peuvent être distinguées : si les espèces diurnes, surtout représentées en surface (*Pimelia bipunctata*, *Tentyria mucronata*), sont toujours d'un noir profond (protection contre le rayonnement U.V. et I.R.), on rencontre chez les espèces de profondeur, outre des formes totalement dépigmentées (*Ammobius rufus*, *Halammobia pellucida*), des formes entièrement noir brillant comme *Trachyscelis aphodioides* (qui est même une des plus communes à Hyères).

Au sein d'une même tribu, les *Helopinæ*, coexistent deux genres très proches, le genre *Catomus*, représenté par l'espèce *C. consentaneus*, et le genre *Xanthomus*, représenté par les espèces *X. pallidus* et *X. pellucidus*. Ces trois formes semblent avoir une biologie a priori identique, or, la première est d'un noir brun, tandis que les deux autres sont d'un jaune laiteux translucide.

Ces différents caractères peuvent être résumés par le tableau suivant :

	Dépigm.	Soies raides	Pattes fouiss.	Aptér.
<i>Tentyria mucronata</i>				+
<i>Stenosis intermedia</i>				+
<i>Pimelia bipunctata</i>			+	+
<i>Ammobius rufus</i>	+	+	+	+
<i>Trachyscelis aphodioides</i>			+	+
<i>Halammobia pellucida</i>	+			+
<i>Phaleria bimaculata</i>	+		+	+
<i>Catomus consentaneus</i>				+
<i>Xanthomus pallidus</i>	+	+		+
<i>X. pellucidus</i>	+	+		+

II.3.2 — Position des adultes par rapport à la surface du sable.

Les *Tenebrionidae* peuvent être répartis en trois groupes selon leur position. Le groupe I comprend les espèces vivant habituellement en surface mais s'enfouissant lorsque les conditions de milieu deviennent défavorables. Ce sont toutes des espèces diurnes.

Le groupe II est constitué d'espèces passant une grande partie de leur vie enfouies dans le sable. Elles en sortent à certaines périodes, généralement la nuit, pour rechercher leur nourriture. Ainsi, selon ARDOIN (1958), *Xanthomus pallidus* grimpe la nuit sur les tiges de graminées, sans doute pour en dévorer les graines.

Quant aux espèces du groupe III, leur cycle s'accomplit entièrement dans le sable.

Ces trois groupes sont les suivants :

groupe I	groupe II	groupe III
<i>Stenosis intermedia</i>	<i>Xanthomus pallidus</i>	<i>Trachyscelis aphodioides</i>
<i>Tentyria mucronata</i>	<i>X. pellucidus</i>	<i>Ammobius rufus</i>
<i>Pimelia bipunctata</i>	<i>Catomus consentaneus</i>	
	<i>Halammobia pellucida</i>	
	<i>Phaleria bimaculata</i>	

II.3.3 — Etude des richesses.

La richesse totale et la richesse moyenne en *Tenebrionidae* ont été calculées pour chaque micromilieu, la richesse totale étant le nombre total d'espèces, la richesse moyenne le nombre moyen d'espèces dans un micromilieu (tableau 4).

	r.t.	r.m.	
I	8	2,08	esp/prélèvement
II	5	1,41	»
III	5	1,75	»
IV	4	1,08	»

Tableau 4

Tableau 4 : Richesse totale et richesse moyenne en *Tenebrionidae* dans les quatre micromilieus.

Les richesses obtenues pour le micromilieu I sont doubles de celles obtenues pour le micromilieu IV, les richesses des micromilieus II et III sont à peu près identiques et intermédiaires aux deux précédentes.

Le micromilieu I est le plus riche, car en plus des espèces qui ne sortent jamais du sable dans des conditions normales (espèces du groupe III) s'ajoutent des espèces vivant en surface mais qui se réfugient au pied des graminées, la nuit ou par mauvais temps (l'étude des conditions microclimatiques a effectivement montré l'effet protecteur des graminées). Cette richesse maximale dans le niveau de surface sous graminées correspond bien aux observations sur les espèces psammophiles de THEROND (*in litt.*) qui signale pour la plupart de ces espèces qu'elles se trouvent « au pied des plantes » dans les dunes.

Le milieu IV, lui, ne possède que les espèces du groupe III, il est ainsi le plus pauvre.

II.4 — Etude de la richesse totale et de la richesse moyenne pour l'ensemble de la faune (tableaux 5 et 6).

micromilieus	r.t. en esp. sabulicoles	r.t. pour l'ens. de la faune	% de sabulicoles d'après la r.t.
I	20	31	64,5
II	13	17	76,4
III	15	19	78,9
IV	8	8	100,0
ensemble	23	37	62,1

Tableau 5 : Richesse totale en espèces sabulicoles puis pour l'ensemble de la faune dans les quatre micromilieus.

micromilieu	r.m. en esp. sabulicoles	r.m. pour l'ens. de la faune
I	5,5	7
II	3,8	4,2
III	4,1	4,4
IV	2,3	2,3
ensemble	3,9	4,4

Tableau 6 : Richesse moyenne en espèces sabulicoles puis pour l'ensemble de la faune dans les quatre micromilieus.

Le micromilieu I est toujours deux fois plus riche que le IV, les micromilieus II et III restent à une valeur intermédiaire.

Il est possible de calculer ici le pourcentage d'espèces sabulicoles par rapport à l'ensemble de la faune à partir des richesses totales : c'est le micromilieu I qui possède la communauté la moins spécialisée, car elle s'enrichit d'éléments non sabulicoles dont la présence ne dépend pas du substrat sableux.

Le micromilieu IV s'oppose ici encore au micromilieu I et possède 100 % d'espèces sabulicoles.

Pour l'ensemble des quatre micromilieus, le pourcentage obtenu est de 62,1 %.

II.5 — Granulométrie et richesse faunistique.

Dans certaines limites, la taille des grains de sable semble avoir peu d'influence sur la richesse de la communauté d'Arthropodes.

Toutefois, dans un sable trop grossier, la faune se raréfie considérablement. Ainsi, sur la plage à gros grains de Galéria (Corse), le nombre d'espèces sabulicoles semble réduit à trois (BIGOT, 1977).

D'autre part, dans un sable riche en éléments fins, les espèces sabulicoles tendent à être remplacées par des espèces plutôt inféodées à un substrat sablo-vaseux permettant le creusement de terriers (par exemple *Bledius* et *Dyschirius*).

DAJOZ (1960), citant les travaux de KROGERUS (1932) et ARDÖ (1957), indique même qu'un diamètre des grains de 0,200 mm semble être la limite inférieure pour l'installation d'espèces psammophiles fouisseuses (mais ne creusant pas de terriers). En fait, cette limite doit certainement être abaissée car pour la station d'Hyères-La Capte la communauté d'Arthropodes sabulicoles est encore riche bien que la classe dominante des grains soit, comme indiqué plus haut, comprise entre 0,160 mm et 0,200 mm.

III — ETUDE QUANTITATIVE

III.1 — Coefficients écologiques analytiques.

Les trois coefficients classiques sont la fréquence, l'abondance relative et la densité. Ils permettent de quantifier l'importance écologique d'une espèce par rapport aux autres (GAUTIER, 1977).

III.1.1 — Fréquence.

C'est le rapport (en pourcentage) du nombre de prélèvements où se trouve une espèce par rapport au nombre total de prélèvements effectués dans la station. Elle s'exprime par la formule suivante :

$$F = \frac{P_a}{P} \times 100$$

où F = fréquence de l'espèce a
 Pa = nombre de prélèvements où se trouve l'espèce a
 P = nombre total de prélèvements effectués

Une espèce est qualifiée de constante si $F \geq 50\%$, d'accessoire si $25 \leq F \leq 49\%$, d'accidentelle si $10 \leq F \leq 24\%$, de sporadique si $F < 10\%$ (d'après la mise au point de BIGOT et BODOT (1972-1973)).

Les espèces inventoriées sont réparties en quatre groupes selon leur fréquence :

• Espèces constantes :	<i>Psammodyus porcicollis</i>	100 %
	<i>Trachyscelis aphodioides</i>	} 91,7 %
	<i>Ammobius rufus</i>	
	larve <i>Myrmeleonidae</i>	75,0 %
	<i>Cardiophorus exaratus</i>	} 66,7 %
	<i>Hypocaccus crassipes</i>	
	larve <i>Thereva annulata</i>	} 58,3 %
	<i>Halammobia pellucida</i>	
	<i>Sciocoris fissus</i>	

Les espèces constantes sont au nombre de 9, avec 6 Coléoptères, 1 Hétéroptère ; 2 formes larvaires sont également classées parmi les constantes, ce qui souligne l'importance des larves dans cette communauté psammophile (un léger doute persiste en ce qui concerne les larves de *Myrmeleonidae* qui, peut-être, appartiennent à deux espèces différentes).

Toutes ces espèces sont strictement inféodées à un substrat sableux.

• Espèces accessoires :	<i>Xanthomus pellucidus</i>	46,1 %
	<i>Cydnus nigrita</i>	} 33,3 %
	<i>Caecilius rhenanus</i>	
	<i>Stenosis intermedia</i>	
	<i>Armadillidium album</i>	
	<i>Catomus consentaneus</i>	} 25,0 %
	<i>Saitis barbipes</i>	

Sept espèces peuvent être qualifiées d'accessoires. Elles appartiennent à des groupes variés : 3 Coléoptères, 1 Hétéroptère, 1 Psocoptère, 1 Crustacé, 1 Arachnide ; deux d'entre elles (*Saitis barbipes*, *Caecilius rhenanus*) ne sont pas liées à un milieu dunaire.

- Espèces accidentelles : *Macropternella conica*
Pimelia bipunctata
Porcellio sp.
Psylliodes puncticollis
Olibrus bisignatus
larve *Fulgoridae*
Erigonidae
Drosophilidae 16,7 %

Ces 8 accidentelles sont 3 Coléoptères, 1 Hétéroptère, 1 Homoptère, 1 Diptère, 1 Arachnide, 1 Crustacé.

Il peut être surprenant de trouver une espèce telle *Pimelia bipunctata*, bio-indicatrice (1) des sables littoraux méditerranéens, parmi les espèces accidentelles. En réalité, sa période d'apparition s'étend de mai à septembre et au cours des prélèvements seuls quelques individus hivernants ont pu être recueillis.

• Espèces sporadiques : les 13 espèces sporadiques rencontrées ne seront pas énumérées à nouveau : elles figurent dans l'inventaire faunistique. Ce sont surtout des Coléoptères, et pour la plupart des espèces très mobiles étrangères à la communauté psammophile.

III.1.2 — Abondance relative.

C'est le nombre d'individus, en pourcentage, d'une espèce donnée, par rapport au nombre d'individus de toutes les espèces contenues dans le même prélèvement, selon KROGERUS (1932) elle est synonyme de dominance ; elle s'exprime par la formule :

$$A_{rel} = \frac{N_a}{N_a + N_b + N_c + \dots} \times 100$$

où A_{rel} = Abondance relative de l'espèce a

N_a, N_b, N_c = nombre d'individus des espèces a, b, c.

Une espèce est abondante si $5 \leq A_{rel}$
 influente si $2 < A_{rel} < 5$
 résidente si $2 \geq A_{rel}$

toujours selon KROGERUS.

La période au cours de laquelle les prélèvements ont été effectués a été divisée en trois : automne (prélèvements de novembre), hiver (prélèvements de décembre, janvier, février) et printemps (prélèvements de mars et avril).

(1) *Bio-indicateur* : espèce, ou groupe d'espèces, caractérisant par sa simple présence et/ou par son abondance un milieu particulier — ou l'état particulier d'un milieu (BIGOT *et al.*, 1979).

44,4	44,4	44,4	44,4
Psammodes porciocollis	Psammodes porciocollis	Psammodes porciocollis	Psammodes porciocollis
Trachyscelis aphodoides	Trachyscelis aphodoides	Trachyscelis aphodoides	Trachyscelis aphodoides
Catonus conspersatus	Catonus conspersatus	Catonus conspersatus	Catonus conspersatus
Caecilius rufus	Caecilius rufus	Caecilius rufus	Caecilius rufus
Ammodius rufus	Ammodius rufus	Ammodius rufus	Ammodius rufus
larve Myrmecoleonidae	larve Myrmecoleonidae	larve Myrmecoleonidae	larve Myrmecoleonidae
Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius
larve Therava annulata	larve Therava annulata	larve Therava annulata	larve Therava annulata
Carilophorus exaratus	Carilophorus exaratus	Carilophorus exaratus	Carilophorus exaratus
Sciocoris fissus	Sciocoris fissus	Sciocoris fissus	Sciocoris fissus
Erigonidae	Erigonidae	Erigonidae	Erigonidae
Dromius linearis	Dromius linearis	Dromius linearis	Dromius linearis
Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis
Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus
Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes
Saitis barbipes	Saitis barbipes	Saitis barbipes	Saitis barbipes
Salicinus propinquus	Salicinus propinquus	Salicinus propinquus	Salicinus propinquus
Clabium genervensis	Clabium genervensis	Clabium genervensis	Clabium genervensis
Brosophillidae	Brosophillidae	Brosophillidae	Brosophillidae
Macroparrella conica	Macroparrella conica	Macroparrella conica	Macroparrella conica
Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida
Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes
larve Therava annulata	larve Therava annulata	larve Therava annulata	larve Therava annulata
Stenosis intermedia	Stenosis intermedia	Stenosis intermedia	Stenosis intermedia
Cydnus nigrita	Cydnus nigrita	Cydnus nigrita	Cydnus nigrita
Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius
Harpalus neglectus	Harpalus neglectus	Harpalus neglectus	Harpalus neglectus
Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis
larve Otio. juvenis	larve Otio. juvenis	larve Otio. juvenis	larve Otio. juvenis
Sciocoris fissus	Sciocoris fissus	Sciocoris fissus	Sciocoris fissus
Forcellio sp.	Forcellio sp.	Forcellio sp.	Forcellio sp.
Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis	Psyllodes puncticollis
Anthicus fenestratus	Anthicus fenestratus	Anthicus fenestratus	Anthicus fenestratus
Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus
larve Fulgoridae	larve Fulgoridae	larve Fulgoridae	larve Fulgoridae
Erigonidae	Erigonidae	Erigonidae	Erigonidae
Brosophillidae	Brosophillidae	Brosophillidae	Brosophillidae
Phaleria bimaculata	Phaleria bimaculata	Phaleria bimaculata	Phaleria bimaculata
Dichillus minutus	Dichillus minutus	Dichillus minutus	Dichillus minutus
(Anoxia) sp. (larve)	(Anoxia) sp. (larve)	(Anoxia) sp. (larve)	(Anoxia) sp. (larve)
Dromius linearis	Dromius linearis	Dromius linearis	Dromius linearis
Phalaris melanoccephalus	Phalaris melanoccephalus	Phalaris melanoccephalus	Phalaris melanoccephalus
Harpalus neglectus	Harpalus neglectus	Harpalus neglectus	Harpalus neglectus
Phyllotrache prosera	Phyllotrache prosera	Phyllotrache prosera	Phyllotrache prosera
Tithaspis 16-punctata	Tithaspis 16-punctata	Tithaspis 16-punctata	Tithaspis 16-punctata
larve Otiorrh. juvenis	larve Otiorrh. juvenis	larve Otiorrh. juvenis	larve Otiorrh. juvenis
Geotomus punctulatus	Geotomus punctulatus	Geotomus punctulatus	Geotomus punctulatus
Salicinus propinquus	Salicinus propinquus	Salicinus propinquus	Salicinus propinquus
Clabium genervensis	Clabium genervensis	Clabium genervensis	Clabium genervensis

39,1	39,1	39,1	39,1
Psammodes porciocollis	Psammodes porciocollis	Psammodes porciocollis	Psammodes porciocollis
Trachyscelis aphodoides	Trachyscelis aphodoides	Trachyscelis aphodoides	Trachyscelis aphodoides
Cardiophorus exaratus	Cardiophorus exaratus	Cardiophorus exaratus	Cardiophorus exaratus
larve Myrmecoleonidae	larve Myrmecoleonidae	larve Myrmecoleonidae	larve Myrmecoleonidae
Ammodius rufus	Ammodius rufus	Ammodius rufus	Ammodius rufus
Sciocoris fissus	Sciocoris fissus	Sciocoris fissus	Sciocoris fissus
larve Therava annulata	larve Therava annulata	larve Therava annulata	larve Therava annulata
Cydnus nigrita	Cydnus nigrita	Cydnus nigrita	Cydnus nigrita
Macroparrella conica	Macroparrella conica	Macroparrella conica	Macroparrella conica
Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes	Hypococcus crassipes
Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida
Armodillidium album	Armodillidium album	Armodillidium album	Armodillidium album
Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius	Xanthomus pallucius
Stenosis intermedia	Stenosis intermedia	Stenosis intermedia	Stenosis intermedia
Saitis barbipes	Saitis barbipes	Saitis barbipes	Saitis barbipes
Forcellio sp.	Forcellio sp.	Forcellio sp.	Forcellio sp.
Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida	Hyalomobia pellucida
Anthicus fenestratus	Anthicus fenestratus	Anthicus fenestratus	Anthicus fenestratus
Caecilius rufus	Caecilius rufus	Caecilius rufus	Caecilius rufus
larve Fulgoridae	larve Fulgoridae	larve Fulgoridae	larve Fulgoridae
Catonus conspersatus	Catonus conspersatus	Catonus conspersatus	Catonus conspersatus
Phaleria bimaculata	Phaleria bimaculata	Phaleria bimaculata	Phaleria bimaculata
Dichillus minutus	Dichillus minutus	Dichillus minutus	Dichillus minutus
(Anoxia) sp. (larve)	(Anoxia) sp. (larve)	(Anoxia) sp. (larve)	(Anoxia) sp. (larve)
Phalocnites melano-	Phalocnites melano-	Phalocnites melano-	Phalocnites melano-
Phyllotrache prosera	Phyllotrache prosera	Phyllotrache prosera	Phyllotrache prosera
Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus	Olibrus bisignatus
Geotomus punctulatus	Geotomus punctulatus	Geotomus punctulatus	Geotomus punctulatus
Brosophillidae	Brosophillidae	Brosophillidae	Brosophillidae

Tableau 7 : Abondance relative des différentes espèces en fonction de la saison (A en pourcentage).

Le tableau 7 indique l'abondance relative de chaque espèce rencontrée en fonction de la saison, et pour l'ensemble des trois saisons.

• Abondances relatives cumulées : dans un premier temps, il peut être intéressant de dresser la courbe des abondances relatives cumulées, en partant des valeurs les plus élevées, en fonction du nombre d'espèces exprimé en pourcentage.

La courbe obtenue est représentée par la fig. 15. D'après cette courbe, plus de 95 % des individus appartiennent à la moitié des espèces. Ainsi, un petit nombre d'espèces est représenté par un très grand nombre d'individus, ce qui traduit un déséquilibre de la communauté.

• Les espèces dominantes : pour l'ensemble de la période, la classification de KROGERUS donne :

3 espèces dominantes, soit 8,1 %

5 espèces influentes, soit 13,5 %

29 espèces résidentes, soit 78,3 %

Parmi les espèces dominantes, *Psammodyus porcicollis* se détache nettement avec une dominance élevée de 42,1 %.

Dans ses grandes lignes, l'évolution de la dominance au cours des saisons ne montre pas de grands bouleversements ; *Psammodyus porcicollis*, *Trachyscelis aphodioides*, restent à un niveau élevé.

Abondances relatives (%)

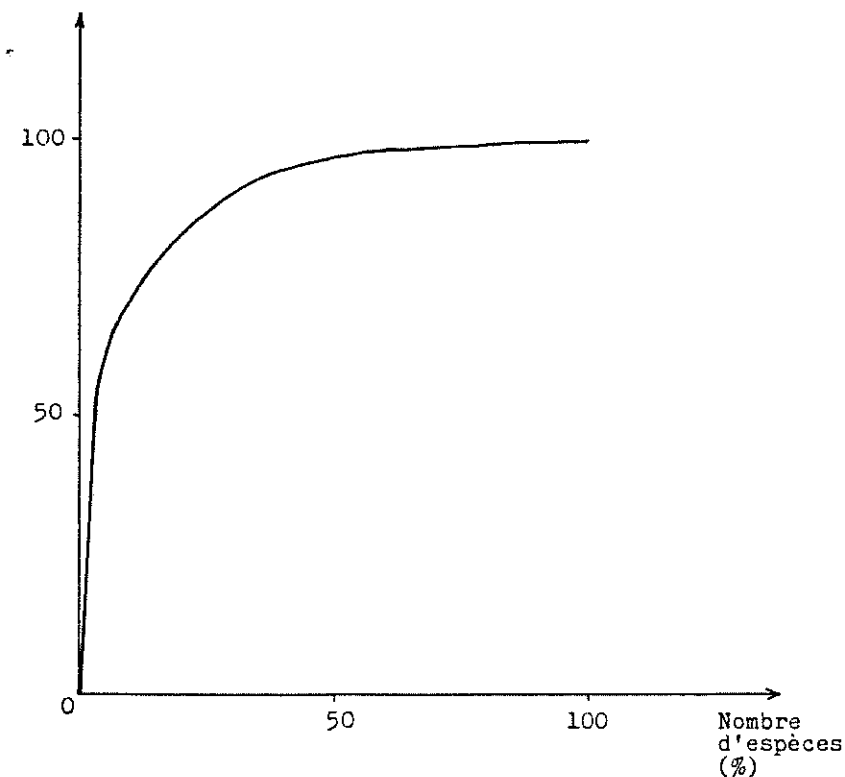


Figure 15 : Courbe des abondances relatives cumulées.

Mais la position de certaines espèces varie de façon considérable : *Catomus consentaneus* est dominant en automne, résident en hiver et disparaît au printemps.

Cardiophorus exaratus, résident en automne, est dominant en hiver pour redevenir résident au printemps.

Xanthomus pellucidus est influent en automne, puis résident en hiver et au printemps.

Ainsi, *Catomus consentaneus* et *Xanthomus pellucidus* sont des espèces plutôt automnales tandis que *Cardiophorus exaratus* est une espèce plutôt hivernale.

Ces cycles particuliers paraissent traduire un autre type d'adaptation à la vie dans les dunes en limitant la période d'apparition de certaines espèces aux périodes les moins sèches.

III.1.3 — Densité.

C'est habituellement le nombre d'individus d'une espèce par unité de surface, et elle s'exprime par la formule

$$D = \frac{N}{P}$$

où D = densité
 N = nombre total d'individus d'une espèce récoltés dans le peuplement considéré
 où P = nombre total de prélèvements effectués dans le peuplement considéré,

d'après BIGOT et BODOT (1972-1973).

Ici, en raison de la méthode utilisée, la densité exprimera le nombre d'individus d'une espèce par unité de volume (tableau 8).

<i>Psammodytes porficollis</i>	1,7	<i>Catomus consentaneus</i>	} 0,1
<i>Trachyscelis aphodioides</i>	0,8	<i>Halammobia pellucida</i>	
<i>Ammobius rufus</i>	} 0,2	<i>Hypocaccus crassipes</i>	
<i>Cardiophorus exaratus</i>		<i>Sciocoris fissus</i>	
larve <i>Myrmeleonidae</i>		<i>Cydnius nigrita</i>	
		larve <i>Thereva annulata</i>	
		<i>Armadillidium album</i>	

Tableau 8 : Densité (exprimée en individus/dm³) de quelques espèces sabulicoles pour l'ensemble des quatre micromilieus (à partir de 0,1 ind./dm³).

Si la densité est calculée sur l'intégralité de la faune, la valeur obtenue est de 4,03 ind./dm³ pour l'ensemble des quatre micromilieus.

Cette valeur, relativement élevée, contraste avec les faibles densités observées lorsque ces milieux dunaires sont étudiés avec des méthodes inappropriées, comme celle des carrés où seules les espèces strictement de surface sont récoltées.

• Evolution des densités :

Les densités sont calculées à chaque prélèvement pour chaque micromilieu et pour l'ensemble de la faune (fig. 16).

Les densités maximales s'observent très souvent dans le micro-milieu I, les minimales dans le IV.

Le pic du 7 février dans le milieu I correspond aux minima de température enregistrées pendant ce mois.

De plus, une certaine opposition dans l'évolution des densités entre le milieu superficiel protégé I et le milieu superficiel découvert III pourrait indiquer un transfert des populations d'Arthropodes entre ces deux milieux.

Tout ceci semble confirmer le rôle refuge du couvert végétal et particulièrement des touffes de graminées lors des mauvaises conditions météorologiques, ce qui avait été déjà perçu lors de l'étude des richesses.

III.1.4 — Conclusion de l'étude des coefficients écologiques analytiques.

L'étude des fréquences et des abondances relatives permet d'établir un classement écologique en espèces fondamentales, constantes, compagnes.

- Espèces fondamentales : $F > 50 \%$
 $A_{rel} > 10 \%$

Psammodyus porcicollis
Trachyscelis aphodioides

- Espèces constantes : $F > 50 \%$
 $A_{rel} < 10 \%$

Ammobius rufus larve *Thereva annulata*
larve *Myrmeleonidae* *Halammobia pellucida*
Cardiophorus exaratus *Sciocoris fissus*
Hypocaccus crassipes

- Espèces compagnes : $20 \% < F < 50 \%$

Xanthomus pellucidus *Armadillidium album*
Cydnus nigrata *Catomus consentaneus*
Caecilius rhenanus *Saitis barbipes*
Stenosis intermedia

Deux espèces seulement, *Psammodyus porcicollis* et *Trachyscelis aphodioides*, sont très fréquentes et très abondantes et peuvent ainsi être qualifiées de fondamentales.

Les espèces constantes sont au nombre de 7, de même que les espèces compagnes.

III.2 — Coefficients écologiques synthétiques.

Ces coefficients sont la diversité spécifique et l'équitabilité.

III.2.1 — Définitions.

III.2.1.a — Diversité spécifique réelle :

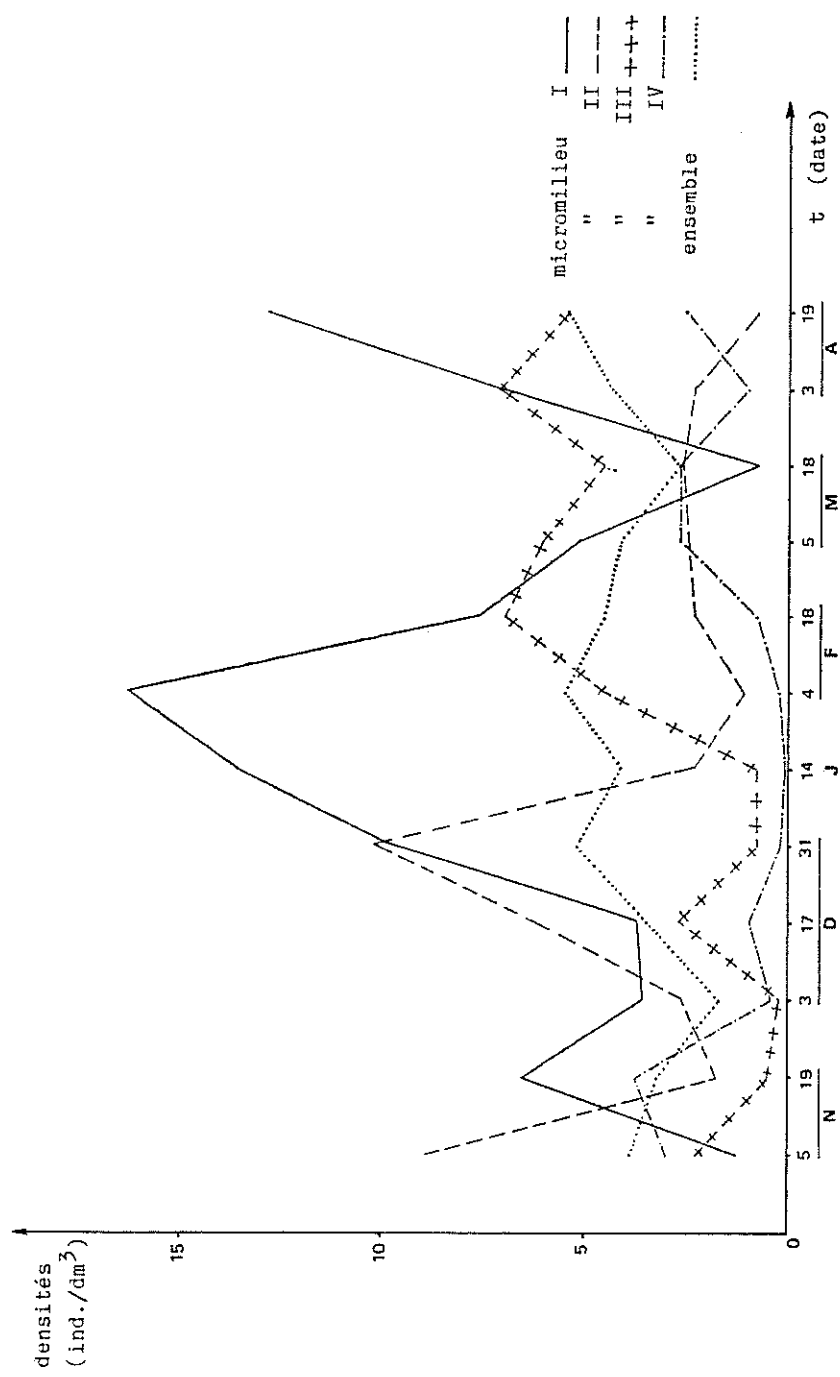


Figure 16 : Evolution de la densité dans chaque micromilieu et pour l'ensemble de la station de novembre 1981 à avril 1982.

Elle traduit la manière dont les individus sont quantitativement répartis entre les espèces et tient compte aussi de la richesse du peuplement (GAUTIER, 1977).

L'indice de diversité est grand si les espèces sont représentées par un nombre comparable d'individus.

Si une ou plusieurs espèces sont représentées par un très grand nombre d'individus par rapport aux autres espèces, l'indice de diversité est faible. Cet indice traduit ainsi le degré d'organisation d'une communauté (FAVET, 1981).

Un des indices les plus utilisés est celui de SHANNON :

$$I_{sh} = 3,322 \left(\log Q - \frac{1}{Q} \sum q_i \log q_i \right)$$

où Q = nombre total d'individus
 q_i = nombre d'individus par espèce

III.2.1.b — *Diversité théorique ou diversité maximale* (I_{max}) :

C'est celle d'une communauté fictive dans laquelle chaque espèce serait représentée par le même nombre d'individus.

$I_{max} = \log_2 i = 3,322 \log i$, où i est le nombre total d'espèces (richesse totale).

L'unité dans laquelle s'expriment diversité réelle et diversité maximale est le « bit » (binary digit).

III.2.1.c — *L'équitabilité* :

C'est le rapport, en pourcentage, de la diversité réelle sur la diversité maximale.

Indépendant du nombre d'espèces, il permet de comparer différents peuplements, ou le même peuplement à différentes époques

$$E = \frac{I_{sh}}{I_{max}} \times 100$$

III.2.2 — *Etude de la communauté.*

Diversité réelle : $I_{sh} = 3,11$ bits

Diversité théorique : $I_{max} = 5,21$ bits

Equitabilité : $E = 0,60$ soit 60 %

Il est évidemment difficile de comparer ces résultats puisqu'il ne semble pas que des travaux similaires aient été réalisés par ailleurs. Toutefois, BIGOT et GAUTIER (inédit) obtenaient pour une communauté ripicole des bords de l'Ouvèze une équitabilité de 73,67 %, considérée comme relativement faible. Ainsi, il est permis de penser que les 60 % obtenus ici traduisent un certain déséquilibre. Ceci est d'ailleurs en

concordance avec les résultats concernant la courbe des abondances relatives cumulées obtenus précédemment.

Par contre, l'évolution de ces valeurs au cours des six mois d'étude apporte plus de renseignements (tableau 9).

	automne	hiver	printemps
I_{sh}	3,00 bits	3,12 bits	2,53 bits
I_{max}	4,32 bits	4,86 bits	4,25 bits
E	69 %	64 %	60 %

Tableau 9 : Evolution de la diversité réelle (I_{sh}), de la diversité théorique (I_{max}) et de l'équitabilité (E) de l'automne au printemps.

En automne, l'équitabilité est relativement élevée avec une valeur de 69 %. En hiver elle tombe à 64 %, puis descend à 60 % au printemps. Quant à l'équitabilité de l'été, bien que la présente étude ait été arrêtée après trois saisons, plusieurs prélèvements complémentaires de faune effectués ultérieurement en juillet et septembre ont donné les résultats suivants :

En juillet, la faune est quasiment absente (seulement quelques larves). En septembre, les Coléoptères commencent à apparaître, mais l'effectif des espèces rencontrées est tellement faible qu'il ne permet pas de procéder au calcul de l'indice de SHANNON.

Ainsi, il semblerait que cette communauté d'Arthropodes psammophiles atteigne son état d'équilibre maximal en automne. Ceci permet de supposer que c'est en cette saison que les conditions de vie sont les meilleures, avec des précipitations assez fortes et des températures encore assez élevées.

Ces données permettent de mettre en évidence l'existence d'une « mauvaise saison biologique » centrée sur les mois de printemps et d'été, influençant très fortement le cycle de la communauté d'Arthropodes étudiée ici, au point que celle-ci présente son optimum en automne.

Un tel cycle, particulièrement original dans nos régions, est une preuve de plus à l'appui de la thèse évoquée plus haut et tendant à classer à part le bioclimat des dunes littorales des côtes françaises de la Méditerranée.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ainsi, la communauté étudiée, caractérisée par la prédominance des ténébrionides, et des Coléoptères en général, est relativement riche en surface comme en profondeur, mais présente un certain déséquilibre traduit par une équitabilité moyenne peu élevée.

Elle ne peut être étudiée valablement qu'en prenant en compte les espèces psammophiles de profondeur grâce à une méthode de prélèvement adaptée.

Le rôle des graminées comme milieu refuge pour la faune est souligné par l'étude de la richesse et de la densité.

L'équitabilité relativement élevée de l'automne, qui s'oppose à une équitabilité moindre au printemps, ainsi que la présence de nombreuses espèces à apparition automnale ou hivernale permet de penser que deux groupes d'espèces se succèdent au cours d'un cycle annuel :

— en automne et en hiver prédominent des espèces de taille petite ou moyenne vivant en profondeur dans le sable et peu résistantes à la sécheresse (*Xanthomus*, *Cardiophorus exaratus*).

— pendant l'été, cette communauté est relayée par des espèces de plus grande taille, vivant en surface (*Pimelia*, *Phaleria*). Celles-ci pourraient échapper aux conditions xériques défavorables qui règnent pendant ces trois mois grâce à un régime alimentaire de type omnivore leur permettant de se nourrir de matières riches en eau. En outre, ces Ténébrionides de grande taille peuvent se soustraire aux températures élevées qui règnent à la surface du sable en se haussant sur leurs pattes, ce qui confère à ces espèces un avantage supplémentaire (MAC CALLAN, 1964).

Il serait intéressant d'approfondir ces problèmes par l'étude de cycles annuels complets dans des milieux moins soumis à l'action humaine (Camargue par exemple).

Bien que la disparition d'espèces intéressantes, ou leur raréfaction (*Callicnemis latreillei*, *Scarites pyracmon*), indique sans aucun doute une perturbation du milieu, l'ensemble des résultats obtenus permet cependant de dresser un bilan positif et d'envisager pour la flore comme pour la faune des mesures efficaces de protection.

REMERCIEMENTS

Mes remerciements iront tout d'abord à M. L. BIGOT pour la compétence avec laquelle il m'a guidé au cours de l'élaboration de ce travail qui sans lui n'aurait pu être réalisé. Je ne saurais oublier MM. P. MOUTTE et J.-P. HEBRARD dont l'aide m'a été très précieuse.

D'autre part, je dois une reconnaissance particulière aux divers spécialistes qui ont aimablement accepté d'assumer les déterminations de certains groupes difficiles : A. BADONNEL pour les Psocoptères, P. BONADONA pour les Coléoptères *Anthicidae*, Y. GOMY et J. THEROND pour les Coléoptères *Histeridae*, J. PERICART pour les Hétéroptères *Lygaeidae*.

BIBLIOGRAPHIE

- ARDÖ P., 1957. — Studies in the marine shore dune ecosystem with special reference to the dipterous fauna. *Opuscula Entomologia*, suppl. XIV, 255 p.
- ARDOIN P. — Contribution à l'étude des *Helopinæ* de France. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 127 : 9-49.
- AUBERT G., 1970. — Méthodes d'analyses des sols. Ed. CRDP, 171 p.

- BIGOT L., 1977. — Contribution à la connaissance des zoocénoses ripicoles de surface en Corse. *Ecologia Mediterranea*, 3 : 5-12.
- BIGOT L., BODOT P., 1972-1973. — Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quercus coccifera*. *Vie et Milieu*, XXIII, 1(C) : 14-43 et 2(C) : 229-249, 251-267.
- BIGOT L., BONNET L., CHAMPEAU A., POINSOT-BALAGUER N., 1979. — Structures des communautés animales in Recherches sur les communautés halophiles de Camargue. *Terre et Vie*, suppl. 2 : 129-172.
- BIGOT L., PICARD J., ROMAN M.-L., 1982. — Contribution à l'étude des peuplements d'invertébrés des milieux extrêmes : la plage et les dunes vives de l'Espiguette (Gard, Grau-du-Roi). *Ecologia mediterranea*, 8 (3) : 3-29.
- BORDET P., BLANC J., JEUDY DE GRISSAC A., CHAMLEY H., DUROZOY G., 1967-1975. — Carte géologique de la France au 1/50 000°. Côte occidentale des Maures. Feuille d'Hyères-Porquerolles, XXXIV-46-47, deuxième édition, éd. du BRGM.
- BOYER A., 1981. — L'analyse des correspondances appliquée à la connaissance de l'origine et de la position dynamique des fruticées en Provence calcaire. Rapport de DEA d'Ecologie méditerranéenne option phytoécologie, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme.
- BULLETIN ANNUEL D'ETUDES CLIMATOLOGIQUES DU VAR. Publié par la Météorologie Nationale.
- CAILLOL H., 1913. — Catalogue des Coléoptères de Provence, II. *Soc. Lin. de Provence*, 607 p.
- CAILLOL H., 1954. — Catalogue des Coléoptères de Provence, V. Museum National d'Histoire Naturelle, 725 p.
- CAUSSANEL C., 1965. — Recherches préliminaires sur le peuplement de Coléoptères d'une plage sableuse atlantique. *Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.)*, 1(1) : 197-248.
- CAUSSANEL C., 1970. — Contribution à l'étude d'une plage et d'une dune landaise. *Vie et Milieu*, XXI, série C, 1 (C) : 59-104.
- CHEVIN H., 1966. — Végétation et peuplement entomologique des terrains sablonneux de la côte ouest du Cotentin. *Mém. Soc. Sc. Nat. et Math. Cherbourg*, t. LII.
- DAJOZ R., 1960. — Observations sur la faune entomologique de l'étang de Canet (Pyr.-Or.). *L'Entomologiste*, suppl. n° 1, 32 p.
- DENIS A., 1910. — Hyères ancien et moderne.
- ESTEVE G., 1980. — La vie dans les dunes du Centre-Ouest : les zoocénoses d'Arthropodes des sables mobiles littoraux. *Bull. de la Soc. bot. du Centre-Ouest*, N.S. 4 : 173-208.
- FAVET C., 1981. — Communauté ripicole de la Basse-Durance. Thèse de spécialité, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, 377 p.
- FUSTEC-MATHON E., 1970. — Contribution à l'étude écologique des milieux dunaires sur le littoral atlantique du Centre-Ouest de la France. Thèse, Poitiers.
- GAUTIER G., 1977. — Etude écologique des communautés de Tréchides ripicoles halophiles en Camargue laguno-marine. Thèse de spécialité, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, 157 p.
- GUEIRARD S., 1962. — Le Massif des Maures de Toulon à Saint-Raphaël. Géologie régionale de la France, guide géologique n° 9, Hermann éd., 78 p.
- KROGERUS R., 1932. — Über die Oekologie und Verbreitung der Arthropoden der Tribsangebiet an der Kusten Finlands, *Acta Zoologica Fennica*, 12 : 1-308.
- LAHONDERE C., 1980 a. — La vie dans les dunes du Centre-Ouest : le milieu physique. *Bull. de la Soc. bot. du Centre-Ouest*, N.S. 4 : 17-24.

- LAHONDERE C., 1980 b. — La vie dans les dunes du Centre-Ouest : la flore et la végétation phanérogamique. *Bull. de la Soc. bot. du Centre-Ouest*, N.S. 4 : 114-171.
- LAVAGNE A., MOUTTE P., 1977. — Carte phytosociologique de Hyères-Porte-rolles au 1/50 000°. *Revue de Biol. et Ecol. médit.*, IV (4) : 147-238.
- MOLINIER R., 1953. — Observations sur la végétation de la presqu'île de Giens. *Bull. Mus. Hist. Nat. Marseille*, 13 : 57-69.
- MOLINIER R., VIGNES P., 1971. — Ecologie et Biocénologie, éd. Delachaux et Niestlé, 457 p.
- PASKOFF R., 1983. — L'érosion des plages. *La Recherche*, 14 (140) : 20-28.
- PIERRE F., 1958. — Ecologie et peuplement entomologique des sables vifs du Sahara Nord-Occidental. Ed. CNRS, Paris, 332 p.
- PONEL P., MORAGUES G., 1982. — Contribution à la connaissance de la faune entomologique du Var, deuxième partie. *Ann. Soc. Sc. Nat. et Arch. de Toulon et du Var*, 34 : 112-122.
- THEROND J., BIGOT L., 1964. — Les populations de Coléoptères des dunes littorales de Camargue. *Bull. Soc. Et. Sc. Nat. de Nîmes*, L : 1-15.
- VIENNA P., 1980. — *Coleoptera Histeridae*, Fauna d'Italia. Edizioni Calderini, Bologna, 386 p.

ANNEXE : INVENTAIRE DES ESPECES (1)

ARACHNIDES

- Linyphiidae*
+ une espèce
- Erigonidae*
une espèce
- Clubionidae*
Clubiona genevensis Koch.
- Salticidae*
Saitis barbipes Sim.
Salticus propinquus Luc.

CRUSTACES

- Porcellionidae*
Porcellio sp.
- Armadillidae*
Armadillidium album Dollf.

MYRIAPODES

- Ommatoiulidae*
+ *Ommatoiulus sabulosus* L.
- Geophilidae*
+ *Pachymerium ferrugineum* Koch.

INSECTES

- Névroptères
- Myrmeleonidae*
une espèce (larve)

(1) La présence du signe + signale les espèces trouvées en dehors du cadre des relevés réguliers et qui ne sont pas prises en compte dans l'étude de la structure de la communauté.

Coléoptères

Cicindelidae

+ *Cicindela flexuosa* F.

Scaritidae

+ *Scarites pyracmon* Bon.

Pterostichidae

+ *Calathus mollis* ssp. *erythroderus* Gaut.

Harpalidae

Harpalus neglectus Serv.

Lebiidae

Philorhizus melanocephalus Dej.

Dromius linearis Ol.

Histeridae (J. THEROND et Y. GOMY det.)

Hypocaccus crassipes Er.

+ *H. rugifrons* Payk.

+ *H. dimidiatus* Ill.

+ *Xenonychus tridens* Duv.

Scarabaeidae

+ *Scarabaeus semipunctatus* F.

Psammodius porcicollis Ill.

(*Anoxia*) sp. (larve)

Elateridae

Cardiophorus exaratus Er.

Phalacridae

Olibrus bisignatus Mén.

Coccinellidae

Titthaspis 16-punctata L.

Anthicidae (P. BONADONA det.)

+ *Hirticomus hispidus* Rossi

+ *H. quadriguttatus* Rossi

Anthicus fenestratus Schm.

Tenebrionidae

+ *Tentyria mucronata* Stev.

Stenosis intermedia Sol.

Dichillus minutus Sol.

Pimelia bipunctata F.

Ammobius rufus Luc.

+ *Leichenum gebieni* Reitter

Trachyscelis aphodioides Latr.

Halammobia pellucida Herbst

Phaleria bimaculata L.

Catomus consentaneus Küst.

+ *Xanthomus pallidus* Curt.

X. pellucidus Muls.

Chrysomelidae

Phyllotreta procera Redt.

Psylliodes puncticollis Rosenh.

+ *P. affinis* Ill.

Curculionidae

Otiorrhynchus juvenicus Gyll.

Diptères

Drosophilidae

une espèce

Therevidae

Thereva annulata (larve)

Hyménoptères

Formicidae

Iridomyrmex humilis Mayr

Psocoptères (A. BADONNEL *det.*)

Psocidae

Caecilius rhenanus Tetens

Hétéroptères

Pentatomidae

Sciocoris fissus Muls. et Rey

Cydnus nigrita F.

Gectomus punctulatus Costa

Lygeidae (J. PERICART *det.*)

Macropternella conica Rey

Homoptères

Cercopidae

+ *Ptyelus* sp.

Fulgoridae

une espèce (larve)

Accepté le 30 mars 1983