

Reprinted from

62

Réimpression du

# Canadian Journal of Botany

# Journal canadien de botanique

**Contribution à l'étude écologique des dunes  
mobiles. I. Les éléments phytosociologiques**

GISÈLE LAMOUREUX ET MIROSLAV M. GRANDTNER

Volume 55 • Number 2 • 1977

Pages 158-171



National Research  
Council Canada

Conseil national  
de recherches Canada

## Contribution à l'étude écologique des dunes mobiles. I. Les éléments phytosociologiques

GISÈLE LAMOUREUX<sup>1</sup> ET MIROSLAV M. GRANDTNER

*Département d'écologie et de pédologie, Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval (Qué.), Canada*

Reçu le 4 mai 1976

LAMOUREUX, G., et M. M. GRANDTNER. 1977. Contribution à l'étude écologique des dunes mobiles. I. Les éléments phytosociologiques. *Can. J. Bot.* **55**: 158-171.

Utilisant un échantillonnage à la fois systématique et stratifié, les auteurs ont étudié l'organisation phytosociologique d'un système de dunes mobiles aux Îles-de-la-Madeleine, long de 10 km et large de 150 m. Ils y ont reconnu une toposéquence marquée à partir de la côte vers l'intérieur, composée de neuf éléments phytosociologiques, disposés, la plupart du temps, en zones parallèles. Dans ce texte ils étudient la stratification verticale aérienne et souterraine, la composition floristique et la distribution écologique de ces éléments.

LAMOUREUX, G., and M. M. GRANDTNER. 1977. Contribution à l'étude écologique des dunes mobiles. I. Les éléments phytosociologiques. *Can. J. Bot.* **55**: 158-171.

Using systematic as well as stratified sampling, the authors discussed the phytosociological organization of a 10-km-long by 150-m-wide system of mobile dunes in the Magdalen Islands. They recognized a marked toposéquence from the shoreline toward the interior, including nine phytosociological elements, for the most part found in parallel zones. In this paper, they discuss the aerial and underground vertical stratification, the plant composition, and the ecological distribution of those elements.

### Introduction

La plage et les dunes littorales ont de tout temps attiré les touristes et les vacanciers mais aussi les scientifiques. A cause, en particulier, des problèmes que la mobilité du sable cause à la navigation, au transport ferroviaire, aux routes et aux constructions diverses, bon nombre d'ingénieurs ont étudié les moyens de stabiliser les sables de cet habitat. D'autre part, ce milieu extrême aux stades dynamiques bien caractérisés présente un intérêt théorique important pour l'étude fondamentale de la végétation et la compréhension des processus écologiques.

Ainsi, dès la fin du siècle dernier, de nombreuses études avaient été menées, particulièrement en Europe (cf. Cowles 1899, pp. 385 à 388) et, en Amérique, le travail de Cowles (1899) au lac Michigan est devenu un classique des débuts de l'écologie américaine; depuis, l'intérêt des écologistes pour les dunes n'a cessé de s'accroître. Signalons entre autres les études détaillées des Britanniques dans les années 1950 et 1960 et, pour l'Amérique, celle de Martin (1959) sur la côte de l'Atlantique.

Cependant, peu d'études de dunes de l'Est du Canada ont été publiées en dehors des travaux

partiels ou sommaires de Nichols (1918) au Cap Breton, de Dansereau (1949) en Gaspésie, de Falaise (1954) et de Grandtner (1967, 1968, et 1974) aux Îles-de-la-Madeleine. L'étude entreprise sur le système dunaire des Sillons vise à combler, au moins partiellement, cette lacune. Le travail a été limité à un secteur large de 100 à 250 m et long d'un peu moins de 10 km. L'étude portait sur l'analyse de la végétation de la plage et de la dune dominée par *Ammophila brevilingulata*, dans le but d'en connaître les principaux éléments phytosociologiques.

### Cadre écologique

#### *Situation géographique*

Nombreux ont été les travaux qui, depuis la publication de Sutherland en 1862, traitent de l'histoire et de la géographie des Îles-de-la-Madeleine. Parmi tous, Falaise (1954), Hamelin (1959), Harvey (1964), Marois (1964) et Bélanger (1970), demeurent les références de base pour une bibliographie détaillée, à laquelle on ajoutera, entre autres, le rapport et l'atlas du BAEQ (1966).

Ces 'îles intérieures' sont situées au sud-ouest du golfe du Saint-Laurent (fig. 1), à proximité des Provinces Maritimes (à 96 km de Chéticamp, N.-E., 86 km de la pointe est de l'Île-du-Prince-Édouard, 144 km du cap Ray, T.-N.) et notable-

<sup>1</sup>Adresse actuelle: 9260, 12e Avenue, Montréal, Québec, Canada H1Z 3J8.

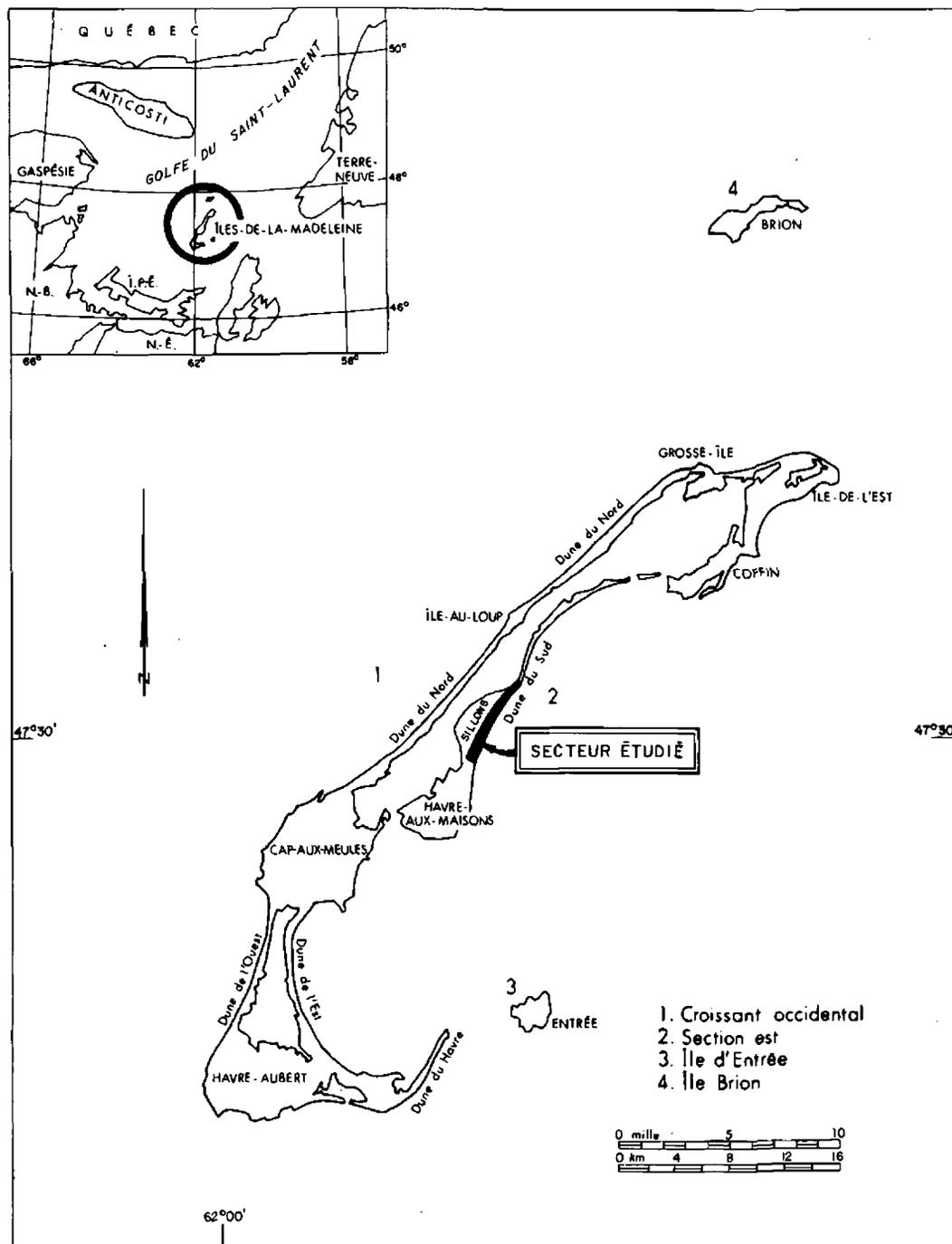


FIG. 1. Configuration de l'archipel des Îles-de-la-Madeleine (d'après Hamelin 1959 et Beaudry 1953) et situation géographique du secteur étudié.

ment éloignées du Québec auquel elles sont politiquement rattachées (160 km d'Anticosti, 208 km du cap Gaspé). Hamelin (1959) note qu'il est difficile de déterminer le nombre exact

d'îles de cet archipel; en excluant les îlots, on peut y distinguer les parties suivantes (fig. 1): (1) le croissant occidental, long de 106 km, composé d'une série de noyaux de roche en place que

relient entre eux des flèches de sable; (2) la section est, bande allongée comme la précédente mais longue de 30 km seulement; (3) l'île Brion et (4) l'île d'Entrée, toutes deux détachées du groupe principal. "Restreint à ces quatre groupes, le nombre d'îles vraies est donc moins élevé que la langue parlée ne le laisse suggérer. Avec les îlots et les quelque cinquante petits récifs mal submergés, les Îles-de-la-Madeleine forment cependant un archipel" (Hamelin 1959, pp. 32 à 35).

Notons que la cote de 18 m relie toutes ces îles entre elles, que celle de 36 m englobe également les îlots et récifs alors que la cote de 90 m limite à peu près le chenal Laurentien, reliant la Gaspésie, les Maritimes, sauf Terre-Neuve, et les Îles-de-la-Madeleine (Goldthwait 1915). Considérant la proportion du terrain occupée par les flèches de sable, on ne sera pas surpris d'apprendre que 65% de ce territoire a moins de 15 m d'altitude (Hamelin 1959). Le point le plus élevé, situé dans l'île d'Entrée, n'a que 155 m au-dessus du niveau de la mer.

Le secteur des Sillons (ou Sayons), renflement qu'il faut distinguer de la partie nord-est plus effilée de la dune du Sud, se situe dans la section est (fig. 1). Topographiquement, il s'agit d'une succession de crêtes et de creux en alternance; Hamelin (1959, p. 48), mentionne 'quelque trente sillons.' L'altitude maximum que nous avons mesurée, se situe entre 9 et 11 m, et le fond de certaines caoudeyres<sup>2</sup> descend au niveau de la mer. Nous nous sommes intéressés plus particulièrement à la zone strictement littorale de ce secteur, qui couvre, en moyenne, trois ou quatre crêtes de dunes mobiles. Certaines dunes mobiles plus éloignées du rivage sont également étudiées.

#### *Sous-sol et dépôts de surface*

La présence d'un complexe volcano-sédimentaire surmonté de roches gréseuses ainsi que le problème de la glaciation incitent bon nombre de géologues et de géographes à s'intéresser à la géologie des Îles-de-la-Madeleine.

Les principaux ouvrages sont ceux de Richardson (1881), Chalmers (1897), Clarke (1910), Goldthwait (1915), Coleman (1919), Alcock (1941), Waddington (1948), Falaise (1950, 1954), Hamelin (1959), Sanschagrín (1964), Brisebois (1972) et Owens (1975); citons les travaux de Laverdière et Guimont depuis 1973, Sanschagrín propose deux formations géologiques: (1) la

formation de Havre-aux-Maisons appartenant au groupe de Windsor (Mississipiien) et composée de roches volcaniques et sédimentaires à l'origine des noyaux des principales îles; (2) en discordance sur le Windsor, la formation de Cap-aux-Meules: série de grès rouges et gris vert peu fossilifère, reliée au permo-carbonifère. Selon le même auteur, "Une bonne partie des sables (formant les tombolos) semblent dériver des grès rouges de la formation de Cap-aux-Meules" (Sanschagrín 1964, p. 54). Falaise (1950) propose une hypothèse pour la formation de cette 'large étendue sablonneuse' que constitue le secteur des Sillons: il suppose qu'"Il est possible que l'île du Havre-aux-Maisons se prolonge vers le nord par de la roche en place à peine submergée qui aurait servi de plancher à une zone d'accumulation. Les vagues s'abattant sur ce haut fond y auraient déposé leurs sables qui n'auraient guère tardé à émerger" (Falaise 1950, p. 73). Pour sa part, Hamelin (1959) suppose qu'il s'agit de gradins de plage. Ces dépôts de sable constituent en exclusivité le substrat des dunes mobiles du secteur étudié.

#### *Conditions édaphiques*

Le destin de pêcheurs des insulaires ne les porta aucunement à l'agriculture . . . chacun a bien son petit jardin, mais on ne rencontre aucune ferme d'importance, aucune exploitation forestière non plus. C'est sans doute ce qui explique le peu d'études des sols entreprises sur l'archipel. Signalons la publication de Thériault et Scott (1938) reprise par Hamelin (1959), une étude des sables (Dumont et Hamelin 1959), un texte manuscrit de Rousseau (1965) résumé dans Grandtner (1967), les travaux du BAEQ (1966) et un rapport pédologique descriptif détaillé, accompagnée d'une carte (Tardif 1967); d'après Guilbault *et al.* (1976), cette classification est à revoir à la lumière des dernières connaissances. Robitaille (1968) et Grandtner en 1968 (non publié) analysent quelques échantillons de sol provenant de la dune du Sud.

La superposition des cartes géologique et pédologique nous convainc d'une relation évidente entre la nature de la rochemère et le type de sol qui s'y développe. Tardif (1967, p. 18) résume ainsi la situation des sols des dunes. "Les sables de dunes sont classés dans les régosols orthiques et portent une végétation d'élyme des sables.<sup>3</sup> A certains endroits, tout spécialement à

<sup>2</sup>"Brèche en forme de chaudron, creusée par une tempête" (Derruau 1967, p. 365).

<sup>3</sup>L'auteur n'a sans doute pas fait la distinction entre *Ammophila breviligulata* et *Elymus arenarius*.

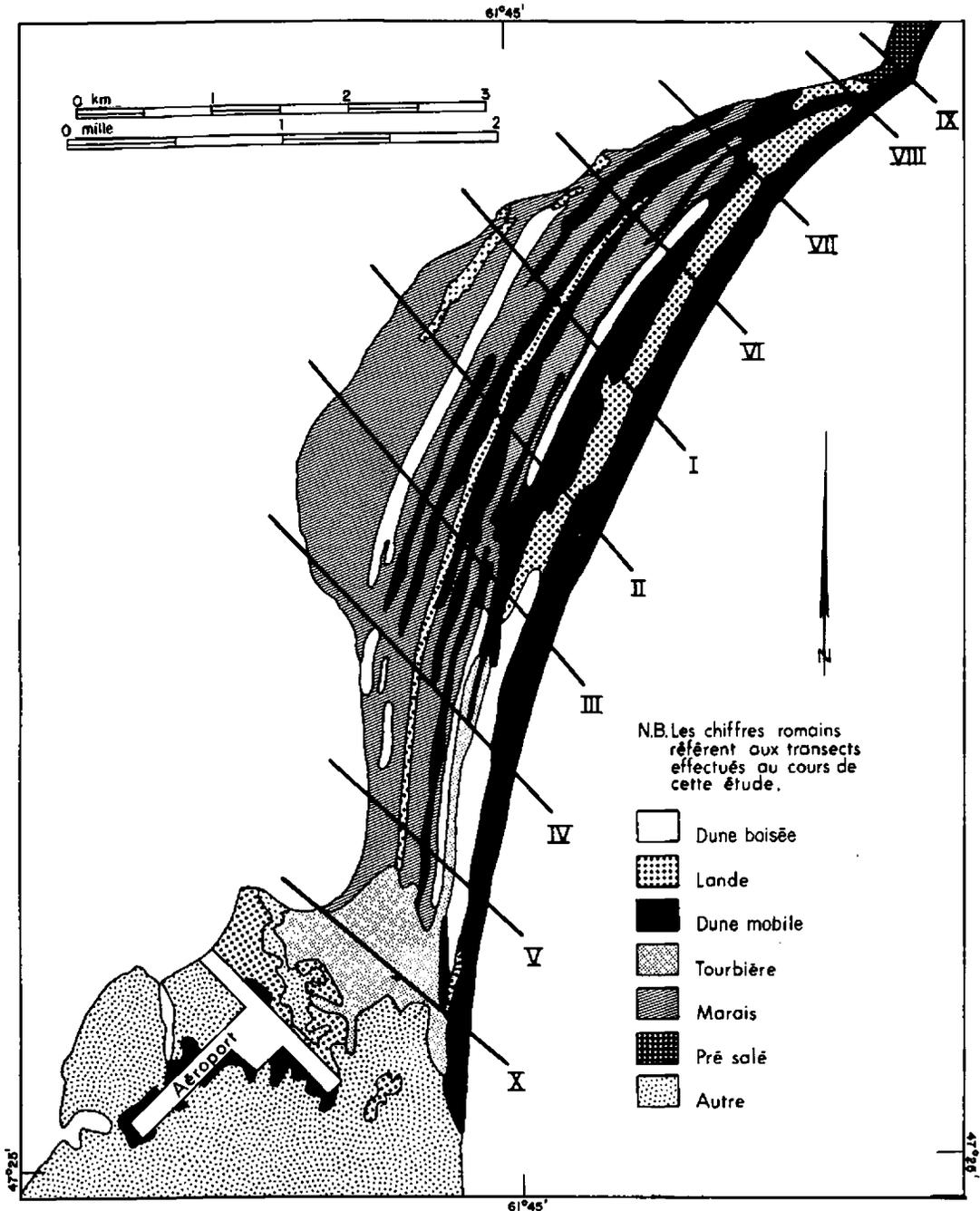


FIG. 2. Carte de la végétation du secteur des Sillons (d'après Grandtner 1967).

l'île de l'Est, les sables blancs fixés par une végétation d'atocas<sup>4</sup> et d'épinettes noires sont surmontés de minces horizons L-H et Ah que les forestiers classent dans les rankers."

<sup>4</sup>Peu probable; il s'agit peut-être d'*Empetrum* ou de *Vaccinium vitis-idaea*.

Dans le secteur des Sillons, on trouve, comme l'indique la carte de végétation de Grandtner (1967) (fig. 2) des prés salés, des marais, des tourbières, des landes et des forêts. La végétation caractérisant ces types physiologiques croît tantôt sur des sols organiques, tantôt sur des sols podzolisés et pas seulement sur des régosols

TABLEAU 1. Comparaison du climat des Iles-de-la-Madeleine avec quatre autres stations

	Montréal*	Québec	Gaspé	IM§	Grand Bank   (T.-N.)
Température (°C)					
Température moyenne annuelle	6.3	5.0	3.4	4.4	5.6
Température maximum moyenne	26.6(JI)	25.0(JI)	23.9(JI)	19.9(Ao)	19.4(Ao)
Température minimum moyenne	-13.6(Ja)	-14.6(Ja)	-15.9(F)	-10.7(F)	-6.7(F)
Température maximum absolue	36.1(JI)	36.1(JI)	35.0(Ao)	31.1(JI)	27.8(Ao)
Température minimum absolue	-35.0(Ja-F)	-36.7(F)	-38.9(F)	-29.2(Ja-F)	-20.0(J)
Nombre moyen de jours de chaleur par année (27 °C et plus)	43	31	12	1	
Longueur moyenne de la saison sans gel (probabilité 50%)	178	144	122	161	
Précipitation (cm)					
Précipitation totale	115.8	106.7	90.8	91.1	137.2
Précipitation de neige	279.4	309.9	332.0	229.6	238.8
Nébulosité†					
Nébulosité moyenne (0 à 10)	6.2	6.3		7.4	7.4
Nombre de jours à ciel couvert (%)	53	54		66	
Humidité relative (%)					
Humidité relative moyenne à 14 h	56‡			79‡-83	

\*Jardin Botanique. Lorsque les données n'étaient disponibles pour cette station, nous avons indiqué les données de la station McGill.

†Montréal, Station de Dorval; Québec; Station de l'Ancienne-Lorette.

‡Valeur moyenne des mois de mai à septembre.

§Iles-de-la-Madeleine.

||Tiré de Hare (1952).

comme le laisse supposer la carte des sols de Tardif (1967).

La végétation des dunes mobiles se localise sur des régosols, souvent profonds. A certains endroits cependant on observe un paléohumus enseveli, parfois sous plusieurs pieds de sable; ce fait permet de supposer l'existence passée d'une végétation très différente, détruite par un cataclysme quelconque, probablement par le feu.

#### Conditions climatiques

C'est en 1901 que fut installée la première station météorologique aux Iles-de-la-Madeleine. L'enregistrement des données ne fut interrompu que de 1922 à 1933. C'est dire la représentativité des données climatiques recueillies. En 1967, Villeneuve publie son "Aperçu climatique des Iles-de-la-Madeleine" dans lequel il présente 39 tableaux résumant les mesures de précipitation, d'humidité relative de l'air, de vent et d'évaporation. Le tableau 1, dressé à partir du "Som-

maire climatique du Québec" (Villeneuve 1967a), permet de comparer quelques données climatiques de la station de Cap-aux-Meules, distante de 10 km du secteur étudié, avec différentes stations météorologiques du Québec.

Ce tableau fait ressortir le caractère maritime du climat des Iles-de-la-Madeleine, "par suite de ses températures moins élevées en été et moins basses en hiver que celles enregistrées en territoire continental de même latitude et par suite conséquemment de l'amplitude annuelle des températures qui est de 10 degrés plus faible à Cap-aux-Meules qu'à Québec ou à Montréal. Le décalage d'un mois des valeurs thermométriques extrêmes, c'est-à-dire leur occurrence respective en février et en août plutôt qu'en janvier et en juillet, le fort pourcentage d'humidité, la fréquence des brouillards et la régularité des vents montrent d'ailleurs le caractère maritime de ce climat." (Villeneuve 1967b, pp. 24-25).

La longue période sans gel, si on la compare à

celles de Gaspé et de Québec, favorise la croissance des végétaux. C'est surtout le vent "qui vient du Sud au printemps et du Nord-Ouest en d'autres saisons pour souffler régulièrement avec une vitesse horaire de 18 à 25 milles à l'heure et balayer parfois le pays à 90 milles à l'heure durant la saison froide" (Villeneuve 1967b, p. 24) qui constitue finalement le facteur physique limitatif de la végétation de l'archipel (Grandtner 1967). Les embruns que le vent transporte semblent être l'élément actif, qui limite la croissance ou même la présence de certaines espèces sur les dunes, comme l'ont démontré les travaux de Boyce (1954) et Martin (1959) sur la côte atlantique américaine.

### Flore et végétation

Bien qu'on herborise depuis longtemps aux Iles-de-la-Madeleine, des publications d'envergure sur l'inventaire de sa flore et sa signification géographique font défaut.

La première mention écrite concernant la flore des Iles-de-la-Madeleine, date de Jacques Cartier. Elle est suivie des commentaires de Faucher de St-Maurice (1879), de Marie-Victorin (1920) et de Rousseau (1937). Vient ensuite une série de listes floristiques. Richardson (1881) récolte quelques plantes (79 espèces) vraisemblablement identifiées par Macoun (1881) qui joint cette liste annotée au compte rendu du géologue. L'abbé Provancher (1890), en compagnie de l'abbé Bégin, se rend lui aussi aux Iles dans le 'but de collecter des coquilles'; il raconte son séjour et en rapporte, au sujet de la botanique, une liste de 78 espèces de plantes et quelques notes sur la végétation et les plantes cultivées. Aucune plante caractéristique de dunes mobiles n'est mentionnée, bien qu'il se plaigne de l'abondance des dunes et du 'sable pur' et prétende que sa liste "pourra donner une idée assez juste de la flore . . . de ces îles." Il s'avère ici mauvais observateur botanique quand il affirme: "J'en conclus qu'en fait de botanique, je ne rencontrerai ici aucune plante particulière à ces îles, et que toute leur flore se réduit à celle des environs de Québec, sauf réduction à faire dans le nombre et la variété des espèces, de sorte que, en conclusion, on peut dire que c'est dans le négatif que la végétation de ces îles établit le caractère qui lui est propre, et qu'elle n'a absolument rien de positif à son avoir" (Provancher 1890, p. 207). Viennent ensuite les deux expéditions de Fernald, Bartram, Bayard, Long et St-John en 1912 et St-John à Brion et au Rocher-aux-Oiseaux en

1914, expéditions signalées par Fernald (1942) et donnant lieu non pas à une publication d'ensemble, mais plutôt à quelques notes éparses, mentions d'espèces nouvelles, endémiques; citons les notes au sujet de *Aster laurentianus* var. *magdalenensis* (Fernald 1914), *Bidens heterodoxa* var. *orthodoxa* (Fernald et St-John 1915), *Epilobium glandulosum* var. *brionense* (Fernald 1918) et *Myriophyllum magdalenense* (Fernald 1919, 1924). Bien sûr, Fernald consigne également ses observations dans le "Gray's Manual of Botany" (Fernald 1950). Marcelle Gauvreau (1937) publie une liste des 22 espèces végétales du Rocher-aux-Oiseaux. Brisson (1956) dresse deux listes des plantes qu'il récolte: une première où les espèces sont groupées par famille et la seconde suivant l'ordre d'herborisation avec indication de l'habitat. Kucyniak (1949) publie la liste des bryophytes récoltées par Marie-Victorin et Rolland-Germain en 1919; Le Gallo (1952) raconte son voyage botanique et présente une liste de ses récoltes de sphaignes, de lichens et d'algues d'eau douce prélevées dans divers étangs, mares et tourbières; Le Blanc (1962) à son tour présente ses identifications des mousses récoltées par Le Gallo; finalement, Cardinal (1967) publie une liste préliminaire non commentée de 102 espèces d'algues marines provenant en majeure partie de draguages et de plongées.<sup>5</sup>

Un seul chercheur tente de décrire, de caractériser phytogéographiquement les Iles-de-la-Madeleine: Marie-Victorin (1935, 1964) dans son "Esquisse générale de la flore laurentienne" (dans "Flore laurentienne").<sup>6</sup>

Quant à la végétation, si l'on excepte quelques mentions de Marie-Victorin (1920) dans le récit littéraire de son voyage, Le Gallo (1952) est le premier à faire des commentaires et à donner des indications écologiques, parfois phytosociologiques sur les espèces qu'il mentionne. Falaise (1954, p. 48) reconnaît 'quatre zones de couverture végétale': (1) les plateaux et les collines (à végétation autrefois entièrement forestière), (2) les tourbières, (3) les prairies saumâtres, (4) les cordons et les dunes. Il analyse également, de façon qualitative, l'influence du climat, du sol et

<sup>5</sup>Dans une communication personnelle, monsieur Jacques Rousseau affirme avoir séjourné aux Iles en 1930, comme le mentionne Le Gallo (1952) et Hamelin (1959), se contentant "d'herboriser et de prendre une connaissance personnelle de la flore sans intention de publier quoi que ce soit" (lettre du 16 avril 1970).

<sup>6</sup>Raymond (1950) et Grandtner (1967) remanieront le texte sans y ajouter de faits nouveaux.

de la roche-mère sur la flore et la végétation des îles. Pour sa part, Hamelin (1959) apporte peu de nouveau dans son étude du 'tapis végétal,' si ce n'est le doute qu'il manifeste 'de l'existence d'une forêt de grands arbres jusqu'au sommet des dômes centraux' comme l'affirme la tradition. Enfin, Grandtner dans le cadre des travaux du BAEQ, se rend aux Îles-de-la-Madeleine en 1964 et y entreprend les travaux qui l'amèneront à dresser la carte de la végétation et à publier les premiers documents à caractère essentiellement écologique (Grandtner 1966a, 1966b, 1967, 1968, 1974).

La végétation des Sillons dépend plus directement du relief et de l'âge des dépôts. L'examen détaillé de la carte de végétation (fig. 2) permet de discerner, en relation avec la topographie, des zones humides et des zones sèches. Les sillons dits 'humides' présentent une végétation soit de bas-marais (Grandtner 1966b), soit de tourbière (Grandtner 1967). Les caoudeyres, non représentées sur la carte, présentent divers stades de colonisation, depuis l'ammophilaie à *Juncus balticus* jusqu'à l'aulnaie verte. Selon leur âge et leur histoire, les dunes seront mobiles ou fixées. Les dunes fixées le seront par une strate frutescente uniquement, formation de landes, ou par une végétation forestière: dunes boisées. Grandtner (1968) étudie plus particulièrement ces types de végétation.

Seule la végétation des plages et des dunes mobiles à ammophile de ce secteur fait l'objet du présent travail ainsi que le premier stade de succession des caoudeyres (ammophilaie à *Juncus balticus*).

#### *Influence humaine*

Toutes proportions gardées, les Îles-de-la-Madeleine semblent très peuplées et il n'existe sans doute pas ou peu de portions de cet archipel qui n'aient été influencées d'une façon ou d'une autre par l'homme.

Dans le secteur des Sillons, l'influence de l'homme se manifeste par des plantations commencées en 1944 et continuées au moins jusqu'en 1954 (Smith, communication orale). Au total 304,190 semis y auraient été plantés. Comme nous ne possédons aucune donnée sur l'état de la dune du Sud avant les plantations, il est difficile d'évaluer la réussite de celles-ci. Sur la dune actuellement fixée, dans certains creux, la plantation de pins semble réussir mais sur la dune mobile, il n'en subsiste à peu près rien à part de

rare pins petits et desséchés (peut-être plantés après 1954). Aucun thuya n'a survécu et ce sont *Abies balsamea* var. *phanerolepis*, *Picea glauca* et *Picea mariana* qui constituent les essences naturelles de la dune boisée (Grandtner 1968).

La cueillette des bleuets constitue une activité importante en saison mais toujours à caractère familial et non-commercial. Les amateurs de baignade et de plage hésitent généralement à traverser la dune fixée mais on les retrouve aux deux extrémités du secteur étudié. Parfois un 'écumeur' passe sur la plage avec son cheval et sa voiture mais en général la Dune du Sud est complètement, ou à peu près, déserte si l'on excepte les renards et les oiseaux.

Certains Madelinots de Dune-du-Sud ont signalé que la dune a servi autrefois de pâturage, et que de mémoire d'homme au moins deux incendies ont détruit la végétation; Le Gallo (1952, p. 220) note "Deux fois au moins depuis le passage de Marie-Victorin, l'incendie s'est propagé dans la dune du Sud." Des traces d'incendie ont d'ailleurs été notées dans les paléohumus des dunes mobiles éloignées du rivage.

Enfin, depuis 1971, il existe un second dépotoir sur la dune du Sud, cette fois du côté SE de la route; le premier dépotoir existait déjà à l'époque des travaux de terrain effectués dans le cadre de cette recherche mais se situait hors des limites du secteur étudié.

#### Méthodes

A cause de la zonation évidente de la végétation, le secteur a été échantillonné de façon systématique le long de 10 transects distants les uns des autres d'environ 850 m (fig. 2). Des relevés phytosociologiques, selon la méthode de Braun-Blanquet (Becking 1957) ont été effectués en trois points de la plage (P1: entre la mer et la ligne des hautes mers moyennes de la saison, P2: au point le plus bas entre la ligne des hautes mers moyennes et la haute plage, P3: dans la zone des laisses de houle de tempête sur la haute plage) et à chaque changement visuellement détectable de la végétation le long des transects. Les quadrats, situés au centre d'une zone physiologiquement, floristiquement et écologiquement homogène, mesuraient, en général, 100 m<sup>2</sup>, c'est-à-dire 10 m par 10 m ou 5 m par 20 m.

Chaque discontinuité du tapis végétal dans le plan horizontal est décrite en terme d'élément phytosociologique au sens de Gounot (1969, p. 14), "indépendamment de toute conception théorique sur (leur) nature ou (leur) position systématique."

La nomenclature de la 8e édition du "Gray's Manual of Botany" de Fernald (1950) est celle adoptée pour les plantes vasculaires (la seule modification étant l'emploi

systématique d'une lettre minuscule pour le nom spécifique) alors que la nomenclature des espèces invasculaires est celle proposée par les taxinomistes du Musée national, messieurs I. Brodo et R. Ireland qui ont identifié les spécimens. Les identifications des plantes vasculaires ont été révisées par E. Rouleau, P. Morisset et J. Beaudry pour les *Solidago*. Un spécimen de chacune des espèces mentionnées dans les relevés est déposé à l'herbier Louis-Marie de l'Université Laval, à Québec; des doubles de certains de ces spécimens sont également déposés à l'herbier Marie-Victorin de l'Université de Montréal.

## Résultats et discussion

### Élément à *Cakile*

C'est le premier élément rencontré, en partant de la mer, à environ 30–50 m de la ligne des marées hautes d'été. Généralement il s'agit d'un élément monospécifique (tableau 2, relevés 1 à 4), discontinu le long de la haute plage, formé de caquillier (*Cakile edentula*) qu'accompagnent, à l'occasion, quelques ammophiles (*Ammophila breviligulata*) et de rares touffes de sabline (*Arenaria peploides*); cette dernière est peu abondante dans le secteur étudié. Bien que leurs modes de croissance soient différents, la sabline et le caquillier seront, tôt ou tard, à l'origine des bourrelets de sable qu'on pourrait qualifier d'embryons de dune ou de dunes initiales; la croissance, la floraison et la fructification semblent s'effectuer normalement chez les deux espèces, leur cycle se déroulant rapidement.

L'élément à *Cakile edentula* demeure toujours très ouvert: la strate herbacée supérieure, représentée par l'unique ammophile, a un recouvrement faible (1 à 5%), ne dépassant pas 70 cm de haut, alors que la strate herbacée inférieure occupe entre 8 et 30% de la surface, atteignant 25 cm de haut au maximum. Le dégagement des racines du caquillier (relevé 4) révèle une racine pivotante, de faible diamètre, à ramifications filiformes peu nombreuses. La racine principale devenant elle-même filiforme, il a été impossible de la dégager sur plus de 36 cm de long.

La haute plage est fortement balayée par les vagues à l'occasion des tempêtes et la végétation entièrement recouverte de sables et de débris quand elle n'est pas brisée ou déracinée. C'est sans doute là le facteur important qui régit la distribution en îlots discontinus de cet élément, par la destruction des individus et l'apport de débris végétaux, surtout d'algues, qui constituent à plus ou moins longue échéance une source d'éléments nutritifs. A cause du caractère éphémère de cet élément, il peut disparaître en une

nuit, quatre relevés seulement ont été effectués. Parmi ceux-ci un seul contient *Arenaria peploides* sous forme d'individus isolés et de petite taille.

Signalons que cet élément se retrouve à l'occasion sur les parois abruptes des grandes caoudeyres, mais avec une vitalité et sur une étendue réduites et sans *Arenaria peploides*.

### Élément à *Ammophila-Cakile*

Bien qu'encore très ouvert, cet élément occupe un peu plus l'espace qui lui est dévolu. Les espèces de l'élément à *Cakile edentula* sont présentes mais dans des proportions différentes: l'ammophile devient la plus abondante, montrant une meilleure croissance que dans l'élément précédent, fleurissant même à l'occasion. Tout en conservant la même vitalité, le caquillier et la sabline sont moins abondants. Des individus isolés d'un ascomycète (*Sepultaria* sp.) sont parfois présents dans cette zone et la suivante (tableau 2, relevés 5 à 14).

On remarque encore deux strates: (1) l'herbacée supérieure, toujours constituée par l'ammophile dont le recouvrement varie entre 30 et 65% (une exception: 15%), d'une hauteur maximum de 105 cm; (2) l'herbacée inférieure ayant un recouvrement de 5 à 15% (une exception: 1%) et d'une hauteur maximum de 50 cm.

L'enracinement du caquillier a les mêmes caractères que dans l'élément précédent, alors que celui de l'ammophile présente une disposition en paliers marquée par les restes de feuilles non encore décomposées d'où partent un certain nombre de rhizomes portant de nombreuses racines adventives filiformes. Les rhizomes ont été dégagés jusqu'à une profondeur de 65 cm sans qu'on en atteigne l'extrémité. Ces paliers sont vraisemblablement en relation avec les ensablements successifs auxquels la dune a dû faire face.

Cet élément s'installe hors de portée de la mer, dans la zone s'étendant entre la limite supérieure de la haute plage et le sommet de la première dune. Ce n'est qu'occasionnellement que le caquillier franchit ce sommet et pourtant on retrouve cet élément sur les parois des grandes caoudeyres. L'élément à *Ammophila-Cakile* n'est pas nécessairement précédé par celui à *Cakile edentula*; bien qu'il constitue une bande plus régulière que ce dernier, il est lui aussi discontinu, sa distribution sur le flanc-mer de la première dune étant vraisemblablement régie par le micro-relief et le dynamisme des houles de tempête.

### Elément à *Ammophila*

A la limite de l'élément précédent et parfois en mosaïque avec lui, un couvert complet d'ammophile apparaît, accompagné de quelques individus disséminés d'*Artemisia stelleriana*, de *Solidago sempervirens* ou d'espèces des éléments voisins de la dune mobile (tableau 2, relevés 15 à 25).

Dans cette prairie ouverte, le recouvrement de l'ammophile est en moyenne de 40 à 50% mais peut varier entre 35 et 70% alors que l'ensemble des autres espèces occupe moins de 1% de la surface. L'ammophile est vigoureuse et c'est ici qu'elle fleurit le plus; on y trouve parfois des enclaves particulièrement luxuriantes. On a encore une stratification très simple: une strate herbacée supérieure où les feuilles de l'ammophile atteignent jusqu'à 40 cm et, à l'occasion, une strate herbacée inférieure composée des espèces mentionnées ci-dessus. Ici encore, l'enracinement de l'ammophile est disposé par paliers.

Cet élément peut être en mosaïque avec le précédent mais il se situe généralement entre la première crête et la suivante, ou jusqu'aux grandes caoudeyres. On le retrouve également sur la dune mobile éloignée et dans les caoudeyres.

### Elément à *Ammophila-Lathyrus*

L'élément à *Ammophila-Lathyrus* s'inscrit en îlots dans la prairie à ammophile précédemment décrite. Quelques *Oenothera parviflora*, *Festuca rubra* souvent abondant, et à l'occasion *Myrica pennsylvanica* accompagnent *Lathyrus japonicus* et l'ammophile. Certains individus isolés des éléments voisins de la dune mobile s'y rencontrent parfois: *Cakile edentula*, *Smilacina stellata*, *Carex silicea*, *Solidago bicolor*, *Vaccinium angustifolium*, *Empetrum* sp., *Epilobium angustifolium* (tableau 2, relevés 26 à 36).

La couverture végétale de ces îlots est, et de beaucoup, plus dense que celle de la prairie à ammophile qui l'entoure. Le recouvrement par la strate herbacée supérieure varie de 30 à 85% (généralement plus de 50%) et les feuilles d'ammophile mesurent jusqu'à 115 cm; celui de la strate herbacée inférieure varie de 20 à 90% (ordinairement plus de 40%) et les tiges couchées du pois de mer ont jusqu'à 80 cm de long; la strate arbustive, représentée par des touffes de myrique atteignant 30 cm de haut au maximum, recouvre de 0 à 5% de la surface. Les quinze

premiers centimètres du profil de sol (relevé 30) sont occupés par le système racinaire de la féтуque, système à racines capillaires, feutré et très efficace pour la rétention du sable. Un rhizome de pois de mer, à 5 cm de la surface porte de nombreuses racines adventives (déterrées sur une longueur de 35 cm); une racine plus importante plonge verticalement en prolongement de la tige aérienne. Le rhizome de l'ammophile se situe à près de 40 cm de profondeur, en compagnie d'un vieux rhizome de pois de mer qui semble avoir le même comportement (croissance en paliers).

Cet élément occupe la région située entre la première crête de dune et la ligne des grandes caoudeyres ou la seconde crête importante si les caoudeyres font défaut; on le retrouve aussi, mais moins fréquemment et moins luxuriant, dans les caoudeyres mêmes et sur leur flanc externe du côté de la dune fixée. C'est en effet dans la première zone que le pois de mer montre la meilleure croissance, la plus grande vitalité; le diamètre des îlots à cet endroit varie d'à peine un mètre jusqu'à quelques dizaines de mètres.

### Elément à *Ammophila-Myrica*

Tout comme les touffes de l'élément à *Ammophila-Lathyrus*, des buissons à *Myrica pennsylvanica* s'observent ici et là dans la zone occupée par l'élément à *Ammophila*. Bien que nous n'ayons aucun relevé pour l'élément à *Ammophila-Myrica*, nous avons pu observer que ces touffes sont généralement composées d'ammophile, de myrique, de féтуque avec, à l'occasion, le pois de mer et les autres espèces occasionnelles signalées pour l'élément à *Ammophila-Lathyrus*. On trouvera l'élément à *Ammophila-Myrica* isolé, tout comme les îlots de l'élément à *Ammophila-Lathyrus* ou, plus rarement, à la limite de ces derniers. La taille des buissons de cette zone ne dépasse guère quelques décimètres de diamètre. A la suite d'un affaissement du sable à la limite d'une caoudeyre, une touffe entièrement déracinée laissait voir des nodules fixateurs d'azote et présumer que chacun des buissons de myrique résultait de la croissance d'un seul individu.

Cet élément forme des enclaves dans la zone à *Ammophila* située entre la première et la seconde crête importante. Sa dispersion sous forme de très petits îlots rend sa détection assez difficile à l'observateur non averti.

### Elément à *Ammophila-Lathyrus-Smilacina*

La zone occupée par cet élément, de façon

presque continue cette fois, est déjà relativement éloignée de la mer mais l'ammophile et la fétuque sont toujours aussi abondants alors que le pois de mer enregistre une perte de vigueur (tableau 2, relevés 47 à 56). Le *Smilacina stellata* y est également très abondant, et représenté par une variété plus succulente que dans le sud du Québec (var. *crassa*). On y trouve régulièrement quelques individus d'*Oenothera parviflora*, de *Leontodon autumnalis*, d'*Artemisia stelleriana*, et de *Solidago sempervirens* et un groupe de quatre espèces se taille une place qu'il continue d'occuper dans les éléments suivants: *Carex silicea*, *Solidago bicolor*, *Deschampsia flexuosa* et *Juniperus communis*. Un petit buisson de *Myrica pensylvanica* se glisse parfois dans l'élément.

Il s'agit toujours d'une formation herbacée ouverte (au sens de Godron *et al.* 1968) dont le recouvrement des strates est le suivant: arbustive 0-20%, généralement <1%, hauteur maximum 15 cm; herbacée supérieure 20-90%, généralement de 30 à 55%, hauteur maximum 125 cm; herbacée inférieure 20-75%, généralement de 20 à 55%, hauteur maximum 70 cm. L'occupation du sol par les systèmes racinaires s'organise de plus en plus: le système racinaire des espèces plus délicates (fétuque, deschampsie, carex, etc.) forme encore un feutre dense, retenant bien le sable et occupant les premiers 10 à 15 cm du profil no 55; les rhizomes du pois de mer et de la smilacine se situent près de la surface (à environ 5 cm de profond), dans le feutre ci-haut mentionné, et celui de la smilacine porte de nombreuses racines adventives, de 10 à 15 cm, plongeant verticalement; en profondeur, les rhizomes de l'ammophile présentent le même comportement (paliers à 25 et 45 cm dans ce cas-ci).

C'est entre la ligne des caoudeyres (ou du moins à l'abri de la seconde ligne de hautes crêtes si celles-ci font défaut) et la dune fixée que s'installe cet élément. Il ne s'agit pas ici d'îlots mais bien d'une occupation pratiquement continue du terrain, cédant ici et là la place à l'élément suivant à *Ammophila-Myrica-Smilacina*.

#### Élément à *Ammophila-Myrica-Smilacina*

L'élément à *Ammophila-Myrica-Smilacina* possède sensiblement le même cortège floristique que celui à *Ammophila-Lathyrus-Smilacina*. Cependant, la fréquence et l'abondance du pois de mer diminuent au profit de ceux du myrique. La dimension des buissons de cette dernière espèce varie et peut occasionnellement couvrir toute la

surface du quadrat (cas des relevés 65 et 66); dans ce cas extrême, la smilacine, qui croît plutôt en bordure des buissons, peut être absente du relevé (tableau 2, relevés 57 à 66).

C'est dans cet élément que la végétation semble la plus dense, les pourcentages de recouvrement pour chacune des strates étant les suivants: strate arbustive 35 à 90%; strate herbacée supérieure 20 à 65%, généralement 30 à 35%; strate herbacée inférieure 1 à 20%. La strate herbacée supérieure est la plus haute: 100 cm au maximum (si l'on excepte les rares *Picea*) puisque le myrique ne dépasse pas 55 cm et que les espèces herbacées autres que l'ammophile atteignent 70 cm au maximum. La stratification de la rhizosphère est semblable à celle de l'élément à *Ammophila-Lathyrus-Smilacina*. En ce qui concerne le *Myrica*, l'examen du profil no 65 montre des paliers qui pourraient correspondre là aussi à des ensablements successifs; signalons de fines racines terminales qui retiennent bien le sable et des nodules fixateurs d'azote.

Cet élément se situe à la limite de la dune mobile, enclavé dans l'élément à *Ammophila-Lathyrus-Smilacina* et souvent adjacent aux dunes boisées.

#### Élément à *Ammophila-Vaccinium*

La physionomie et la composition floristique de cet élément le rapprochent autant sinon plus de la dune fixée par les landes que de la dune mobile (tableau 2, relevés 67 à 79). L'ammophile et le *Vaccinium angustifolium* (bleuet) sont généralement accompagnés du groupe d'espèces signalé pour l'élément à *Ammophila-Lathyrus-Smilacina* (*Carex silicea*, *Solidago bicolor*, *Deschampsia flexuosa* et *Juniperus communis*) et de l'*Epilobium angustifolium*. On retrouve aussi dans cet élément certains chaméphytes frutescents de la lande, plus spécialement *Empetrum atropurpureum*, *E. nigrum* et *Arctostaphylos uva-ursi* mais également, quoique moins fréquemment, *Amelanchier stolonifera*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Hudsonia tomentosa*, *Potentilla tridentata*, *Arenaria lateriflora*, *Rosa carolina* et *Juniperus horizontalis*; de la forêt on retrouve parfois *Cornus canadensis*. De la dune mobile on trouve régulièrement en plus de l'ammophile, *Smilacina stellata* et, occasionnellement, *Festuca rubra*, *Myrica pensylvanica* et *Leontodon autumnalis*; déjà l'ammophile apparaît moins vigoureuse, plus chétive, fleurit rarement. Mentionnons enfin la présence de lichens dans les relevés des stades

les plus évolués: *Cladina mitis*, *Cladina rangiferina*, *Cladina alpestris* et *Cladonia cristatella*.

Le mode d'occupation de l'espace se rapproche de celui de l'élément à *Ammophila-Myrica-Smilacina*: la strate herbacée inférieure devient moins importante (<1% à 30%, généralement moins de 15%, hauteur maximum de 60 cm), au profit de la strate arbustive qui recouvre entre 15 et 80% de la surface, atteignant également 60 cm au maximum. La strate herbacée supérieure pour sa part a un recouvrement variant entre 25 et 60%, généralement entre 40 et 50%, et atteint une hauteur maximum de 105 cm. Il faut signaler l'apparition d'une strate muscinale et lichénique qui recouvre, quand elle est présente, jusqu'à 10% de la surface. L'occupation du sol, en ce qui concerne l'ammophile et les autres espèces de la dune mobile, ne diffère en rien des autres éléments. Le comportement du bleuet est cependant digne d'attention: une seule grosse racine, à la base de la touffe, plonge verticalement et ne se ramifie radialement que lorsqu'elle atteint le paléohumus; de là partent des racines secondaires également verticales. Signalons que tous les profils creusés dans cet élément comportent un paléohumus enfoui.

Cet élément se limite très souvent à une bande très étroite (nécessitant une modification de la forme des quadrats: 5 × 20 m plutôt que 10 × 10 m) à la jonction dune mobile - dune fixée, le plus souvent sur les dunes mobiles éloignées de la mer (dunes résultant d'une succession secondaire).

#### Élément à *Ammophila-Juncus*

Occupant une position physiographique bien définie, *Juncus balticus* se joint à l'ammophile dans le premier stade d'une succession secondaire particulière aux grandes caoudeyres; *Aster novi-belgii* et *Agrostis alba* semblent également caractériser soit ce stade soit le suivant de la succession secondaire. On y observe également les espèces de l'élément à *Ammophila-Lathyrus* (*Lathyrus japonicus* et *Festuca rubra*), celles des éléments à *Ammophila-Lathyrus-Smilacina* et à *Ammophila-Myrica-Smilacina* (*Smilacina stellata*, *Myrica pensylvanica*, *Leontodon autumnalis*, *Artemisia stelleriana*) incluant le groupe d'espèces que l'on retrouve aussi dans l'élément à *Ammophila-Vaccinium* (*Carex silicea*, *Solidago bicolor*, *Deschampsia flexuosa* et *Juniperus communis*); ces espèces sont toutefois moins fréquentes et moins abondantes que dans les éléments qu'elles caractérisent (tableau 2, relevés 37 à 46).

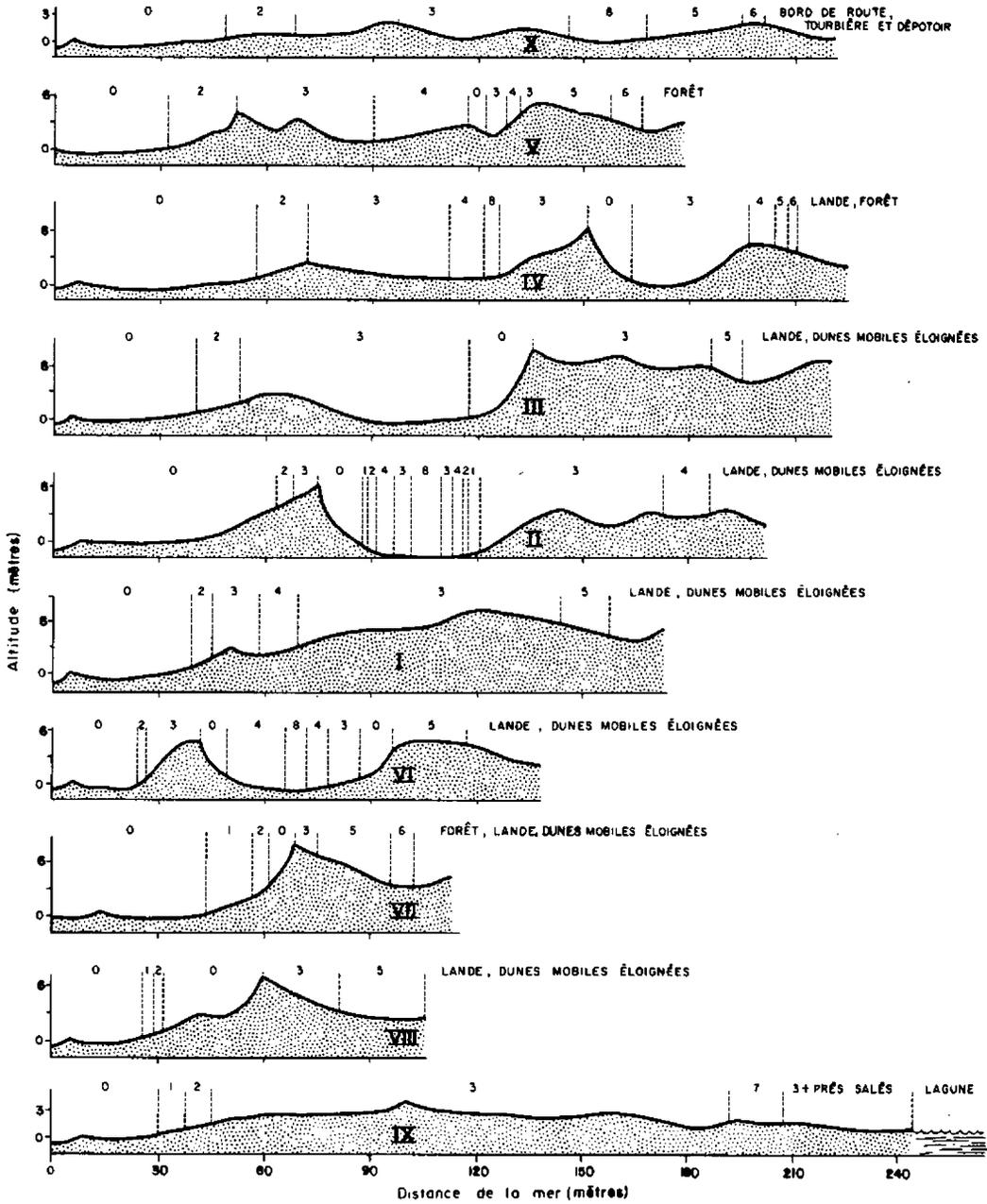
En général, cet élément est plus ouvert que celui à *Ammophila-Lathyrus-Smilacina* auquel le rattache sa composition floristique. Le recouvrement des strates est le suivant: strate arbustive 0 à 3%, hauteur maximum de 40 cm; strate herbacée supérieure 20 à 75%, généralement de 20 à 45%, hauteur maximum 120 cm; strate herbacée inférieure <1% à 60%, hauteur maximum 85 cm; strate muscinale 1% dans 1 seul des 10 relevés. La proximité de la nappe phréatique conditionne vraisemblablement l'organisation de la rhizosphère. Le rhizome de l'ammophile ne se retrouve pas à une profondeur de plus de 15 cm, celui du jonc se situe vers 4 ou 5 cm et porte deux types de racines: un premier système de racines filiformes formant un feutre sous le rhizome et un second, constitué de racines plus grosses plongeant au moins jusqu'à la zone glyifiée du profil (certaines ont été dégagées jusqu'à une profondeur de 70 cm, la zone glyifiée débutant à 45 cm (profil no 43)).

Le bas des parois internes et le fond des caoudeyres de grandes dimensions sont occupés par cet élément; d'autres éléments dérivant vraisemblablement de celui-ci et se succédant jusqu'à une aulnaie envahissent également le fond des caoudeyres. Dans la zone des tourbières et des marais du secteur des Sillons, on retrouve aussi des éléments à ammophile et jonc de la baltique, mais à première vue ces éléments appartiennent à des successions différentes.

#### Conclusion

L'ensemble des résultats permet de reconnaître, dans le secteur des Sillons, l'existence de neuf éléments phytosociologiques. Ceux-ci sont disposés, la plupart du temps, en zones parallèles et forment, à partir de la côte vers l'intérieur, une toposéquence marquée (fig. 3). La première zone à partir de la haute plage et, à l'occasion, les parois abruptes des grandes caoudeyres, sont occupées par les éléments auxquels participe *Cakile*. La partie la plus éloignée de la toposéquence est par contre colonisée par des éléments semi-arbustifs, se rapprochant des dunes fixées, comme *Ammophila-Myrica-Smilacina* et *Ammophila-Vaccinium*. Entre ces deux extrêmes, le sol porte des éléments herbacés dominés par *Ammophila*, sans *Juncus* lorsqu'il est sec, ou avec *Juncus* quand il est humide comme dans les caoudeyres.

La physionomie, la stratification verticale et la richesse floristique des éléments changent dans le sens de la toposéquence. A mesure que l'on



- 0: sable nu.
- 1: élément à *Cakile edentula*.
- 2: élément à *Cakile edentula* et *Ammophila breviligulata*.
- 3: élément à *A. breviligulata*.
- 4: élément à *A. breviligulata* et *Lathyrus japonicus*.
- 5: élément à *A. breviligulata*, *L. japonicus* et *Smilacina stellata*.
- 6: élément à *A. breviligulata*, *Myrica pensylvanica* et *S. stellata*.
- 7: élément à *A. breviligulata* et *Vaccinium angustifolium*.
- 8: élément à *A. breviligulata* et *Juncus balticus*.

FIG. 3. Distribution des éléments phytosociologiques selon la topographie de 10 transects de dunes mobiles (Les Sillons, Îles-de-la-Madeleine).

s'éloigne de la mer, le nombre de strates, leur fréquence, leur recouvrement, ainsi que le nombre moyen d'espèces par relevé augmentent. Ce dernier passe de 3 dans l'élément à *Cakile* à 58 dans celui à *Ammophila-Vaccinium*. De plus, d'exclusivement herbacés qu'ils sont au bord de la mer, les éléments deviennent semi-arbustifs. La proportion des mousses et des lichens augmente dans le même sens.

Quels sont les facteurs écologiques responsables de ces changements? Quelles sont, en particulier, les conditions édaphiques et microclimatiques des éléments reconnus? C'est ce que nous essaierons de voir dans les deuxième et troisième parties de ce travail.

### Remerciements

Il nous fait plaisir de remercier Jean Beaudry et Ernest Rouleau de l'Université de Montréal; André Fortin, Robert Gauthier, Gilles Lemieux, Pierre Morisset et Louise Venne de l'Université Laval, Québec; Irwin Brodo et Robert Ireland du Musée national, Ottawa, de leurs conseils et avis scientifiques ainsi que Aimé Lamoureux de sa participation aux travaux de terrain.

Nous remercions également le Conseil national de recherches du Canada de son aide financière (subvention no A-1751 à M. M. Grandtner) et le Laboratoire de biologie marine des Iles-de-la-Madeleine (Gouvernement du Québec) de son hospitalité.

- ALCOCK, F. J. 1941. The Magdalen Islands, their geology and mineral deposits. Trans. Can. Inst. Miner. Metall. 44: 623-649.
- BAEQ. 1966. Esquisse du plan. Les Iles-de-la-Madeleine. Tomes 1 et 2. Bureau d'Aménagement de l'Est du Québec, Mont-Joli.
- BEAUDRY, J. R. 1953. Les Iles-de-la-Madeleine. Agriculture, 10: 1-15.
- BECKING, R. W. 1957. The Zürich-Montpellier School of Phytosociology. Bot. Rev. 23(7): 412-488.
- BÉLANGER, P.-A. 1970. Bibliographie générale sur les Iles-de-la-Madeleine. Rech. Soc. 11(3): 393-409. Presses Univ. Laval, Québec.
- BOYCE, S. G. 1954. The salt spray community. Ecol. Monogr. 27: 325-349.
- BRISEBOIS, D. 1972. Carte géologique préliminaire de l'archipel des Iles-de-la-Madeleine. Mines Rapp. Géol. Prél., Québec.
- BRISSON, S. 1956. Herborisation aux Iles-de-la-Madeleine. Chez l'auteur, polycopié.
- CARDINAL, A. 1967. Liste préliminaire des algues marines des Iles-de-la-Madeleine. Rapp. Annu. 1966, Stn. Biol. Mar. Grande-Rivière. pp. 29-33.
- CHALMERS, R. 1897. Rapport sur la géologie de surface de l'est du Nouveau-Brunswick, du nord-ouest de la Nouvelle-Écosse et d'une partie de l'Ile-du-Prince-Edouard. Commis. Géol. Can., RA. 1894. Vol. 7. Part. M.
- CLARKE, J. M. 1910. Observations on the Magdalen Islands. New York State Mus. Bull. 149: 134-155.
- COLEMAN, A. P. 1919. The glacial history of Prince Edward Island and the Magdalen Islands. R. Soc. Can. Proc. Trans. 4(3): 33-37.
- COWLES, H. C. 1899. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. Bot. Gaz. 27: 95-117, 167-202, 281-308, 361-391.
- DANSEREAU, P. 1949. Les associations du cordon littoral sur les grèves gaspésiennes. Ann. ACFAS, 15: 130-131.
- DERRUAU, M. 1967. Précis de géomorphologie. Masson et Cie, Paris.
- DUMONT, B., et L.-E. HAMELIN. 1959. Étude granulométrique des sables des Iles-de-la-Madeleine (P.Q.). Cah. Géogr. Qué. 5: 72-76.
- FALAISE, N. 1950. Morphologie littorale des Iles-de-la-Madeleine. Rev. Can. Géogr. 4: 63-80.
- 1954. Les Iles-de-la-Madeleine. Étude géographique. Thèse Manuscrite, Fac. Lett., Univ. Montréal, Montréal.
- FAUCHER DE ST-MAURICE, N.-H.-E. 1879. Promenades dans le Golfe St-Laurent. Darveau, Québec.
- FERNALD, M. L. 1914. Some annual halophytic *Asters* of the Maritime Provinces. Rhodora, 16: 57-61.
- 1918. Some american *Epilobiums* of the section *Lysimachion*. Rhodora, 20: 29-39.
- 1919. Two new *Myriophyllums* and a species new to the United States. Rhodora, 21: 120-124.
- 1924. *Myriophyllum magdalenense*; a correction. Rhodora, 26: 198.
- 1942. Incidents of field-work with J. Franklin Collins. Rhodora, 44: 98-147.
- 1950. Gray's manual of botany. Am. Book Co., New York.
- FERNALD, M. L., and H. ST. JOHN. 1915. Some anomalous species and varieties of *Bidens* in eastern North America. Rhodora, 17: 20-25.
- GAUVREAU, M. 1937. La flore phanérogamique du Rocher-aux-Oiseaux (Iles-de-la-Madeleine). Ann. ACFAS, 3: 93-94.
- GODRON, M., et al. 1968. Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu. CNRS, Paris.
- GOLDTHWAIT, J. W. 1915. The occurrence of glacial drifts on the Magdalen Islands. Can. Geol. Surv., Mus. Bull. No 14.
- GOUNOT, M. 1969. Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, Paris.
- GRANDTNER, M. M. 1966a. Premières observations phytopédologiques sur les prés salés des Iles-de-la-Madeleine. Nat. Can. 93: 361-366.
- 1966b. Observations sur la végétation des marais des Iles-de-la-Madeleine. Nat. Can. 93: 771-777.
- 1967. Les ressources végétales des Iles-de-la-Madeleine. Fonds Rech. For., Univ. Laval, Bull. No 10.
- 1968. Quelques observations sur la végétation psammophile des Iles-de-la-Madeleine. Collectanea Bot. 7: 519-530.
- 1974. Le *Cakiletum edentulae* des Iles-de-la-Madeleine. Doc. Phytosociol. 1974(7-8): 35-44.
- GUILBAULT, N., C. LAVERDIÈRE et P. GUIMONT. 1976. Paléosols et colisation aux Iles-de-la-Madeleine. Ann. ACFAS, 43: 103.
- HAMELIN, L.-E. 1959. Sables et mer aux Iles-de-la-Madeleine. Min. Ind. Comm., Québec, Québec.

- HARE, F. K. 1952. The climate of the island of Newfoundland. A geographical analysis. *Geogr. Bull.* 2: 36-89.
- HARVEY, L. 1964. Survivance d'un peuple: bibliographie analytique des Iles-de-la-Madeleine. Thèse manuscrite, Univ. Laval, Québec.
- KUCYNIAK, J. 1949. Quelques muscinées des Iles-de-la-Madeleine. *Contr. Inst. Bot. Univ. Montréal*, 64: 51-60.
- LAVERDIÈRE, C., et P. GUIMONT. 1973. Le périglaciaire aux Iles-de-la-Madeleine. 2e colloque sur le quaternaire du Québec.
- . 1975. Un fluvio-glaciaire (esker) et un glacier ancien aux Iles-de-la-Madeleine. *Ann. ACFAS*, 42: 81.
- LE BLANC, F. 1962. Bryophytes des Iles-de-la-Madeleine. *Nat. Can.* 89: 107-112.
- LE GALLO, P. C. 1952. A travers les Iles-de-la-Madeleine. *Nat. Can.* 79(6-7): 205-231.
- MACOUN, J. 1881. Liste des plantes recueillies par M. Richardson sur les Iles-de-la-Madeleine, avec notes par le prof. Macoun. *Dans Compte-rendu d'une exploration géol. des Iles-de-la-Madeleine. Par J. Richardson. Commis. Géol. Hist. Nat. Can., Rapp. Opér., 1879-1880. Part. G. pp. 1-16.*
- MARIE-VICTORIN, F. 1920. Chez les Madelinots. *Dans Croquis laurentiens. F.E.C., Montréal, Qué.*
- . 1964. Flore laurentienne. 2e ed. *Revue par E. Rouleau. Presses Univ. Montréal, Montréal, Québec.*
- MAROIS, L. 1964. Bibliographie sur les Iles-de-la-Madeleine. *Bur. Sylv. Bot., Min. Terres Forêts, Québec.*
- MARTIN, W. E. 1959. The vegetation of Island Beach State Park, New Jersey. *Ecol. Monogr.* 29: 1-46.
- NICHOLS, G. E. 1918. The vegetation of northern Cape Breton Island, Nova Scotia. *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.* 22: 249-467.
- OWENS, E. H. 1975. Littoral processes and sediment dynamics, Magdalen Islands, Québec, July-August, 1974. *Geol. Surv. Can. Pap.* 75-1. Part. A.
- PROVANCHER, L. 1890. Un naturaliste aux Iles-de-la-Madeleine. *Nat. Can.* 23: 189-198, 205-214, 221-230, 238-243.
- RAYMOND, M. 1950. Esquisse phytogéographique du Québec. *Mém. Jard. Bot. Montréal*, No 5.
- RICHARDSON, J. 1881. *Compte-rendu d'une exploration géologique des Iles-de-la-Madeleine. Commis. Géol. Hist. Nat. Can., Rapp. Opér., 1879-1880. Part. G. pp. 1-16.*
- ROBITAILLE, L. 1968. Contribution à l'étude du sol et de la végétation de la Dune-du-Sud, I.-M. *Mém. Finissant, Fac. For. Géod., Univ. Laval, Québec.*
- ROUSSEAU, J. 1937. *La botanique canadienne à l'époque de Jacques-Cartier. Contr. Inst. Bot. Univ. Montréal, Montréal, Qué.*
- ROUSSEAU, L. 1965. Iles-de-la-Madeleine, Sols. Résumé manuscrit.
- SANSCHAGRIN, R. 1964. Les Iles-de-la-Madeleine. *Min. Rich. Nat. Québec, RG 106.*
- SUTHERLAND, G. 1862. The Magdalen Islands, their topography, natural history, social condition and commercial importance. *Georges T. Haszard, Charlottetown, P.E.I.*
- TARDIF, L. 1967. Pédologie des Iles-de-la-Madeleine. *Div. Sols, Serv. Rech., Min. Agric. Col., Québec, Bull. Tech. No 13.*
- THÉRIAULT, J. E., et A. SCOTT. 1938. Rapport sur les Iles-de-la-Madeleine. *Min. Agric., Ste-Anne-de-la-Pocatière.*
- VILLENEUVE, G.-O. 1967a. Sommaire climatique du Québec. Vol. 1. *Serv. Météorol., Min. Rich. Nat., Québec, Bull. M-24.*
- . 1967b. Aperçu climatique des Iles-de-la-Madeleine. *Serv. Météorol., Min. Rich. Nat., Québec, Bull. M-21. (En partie dans Nat. Can. 93: 973-987.)*
- WADDINGTON, G. W. 1948. Moulding sands of the Magdalen Islands. *Min. Rich. Nat., Québec, Serv. Gites Min., GM 394. (Manuscrit.)*



