Les faunes des mers post-glaciaires du Québec : quelques considérations paléoécologiques

The fauna of the postglacial seas of Québec: some paleoecological aspects

Die Fauna der postglazialen Mers von Québec: einige paleo-ökologische Betrachtungen

Claude Hillaire-Marcel

Volume 34, numéro 1, 1980

URI : <https://id.erudit.org/iderudit/1000383ar>

DOI : <https://doi.org/10.7202/1000383ar>

[Aller au sommaire du numéro](#)

Éditeur(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (imprimé)

1492-143X (numérique)

[Découvrir la revue](#)

Citer cet article

Hillaire-Marcel, C. (1980). Les faunes des mers post-glaciaires du Québec : quelques considérations paléoécologiques. *Géographie physique et Quaternaire*, 34(1), 3–59. <https://doi.org/10.7202/1000383ar>

Résumé de l'article

Une étude paléoécologique des faunes fossiles des mers postglaciaires du Québec, en particulier des Mollusques, a permis de regrouper les espèces en communautés types. Celles-ci définissent une zonation littorale, avec des nuances des bassins septentrionaux aux bassins méridionaux souvent plus saumâtres. L'épibenthos sessile des rudites et aréno-rudites se caractérise par une communauté intertidale à *Mytilus edulis*, suivie d'une communauté à *Hiatella arctica* subdivisée en deux sous-communautés. Dans les faciès plus fins (arénites et lutites), l'endobenthos et l'épibenthos vagile regroupent les communautés de faible profondeur (IT-5 m) à *Mya arenaria* et à *Macoma balthica*, suivies de la communauté à *Macoma calcaria* subdivisée en trois sous-communautés. Un statut particulier peut être conféré à la communauté à *Portlandia arctica*, surtout caractéristique des faciès glacio-marins argilo-silteux. Ces communautés se succèdent souvent, dans un site déterminé, en fonction de la diminution de profondeur des bassins, liée au rajustement géoïdal post-glaciaire. Elles ne reflètent donc pas une évolution climatique générale, mais simplement l'évolution hydrologique accompagnant l'exondation de chacun des bassins. Exceptionnellement, on relève, au cours de l'Holocène, des incursions septentrionales d'espèces relativement thermophiles. Quoique plus tardif qu'aux basses latitudes, l'optimum climatique semble donc s'être marqué dans les milieux arctiques.

LES FAUNES DES MERS POST-GLACIAIRES DU QUÉBEC: QUELQUES CONSIDÉRATIONS PALÉOÉCOLOGIQUES

Claude HILLAIRE-MARCEL, Département des sciences de la Terre, Université du Québec à Montréal, c.p. 8888, Montréal, Québec H3C 3P8.

RÉSUMÉ Une étude paléocéologique des faunes fossiles des mers post-glaciaires du Québec, en particulier des Mollusques, a permis de regrouper les espèces en communautés types. Celles-ci définissent une zonation littorale, avec des nuances des bassins septentrionaux aux bassins méridionaux souvent plus saumâtres. L'épibenthos sessile des rudites et aréno-rudites se caractérise par une communauté intertidale à *Mytilus edulis*, suivie d'une communauté à *Hiatella arctica* subdivisée en deux sous-communautés. Dans les faciès plus fins (arénites et lutites), l'endobenthos et l'épibenthos vagile regroupent les communautés de faible profondeur (IT-5 m) à *Mya arenaria* et à *Macoma balthica*, suivies de la communauté à *Macoma calcarea* subdivisée en trois sous-communautés. Un statut particulier peut être conféré à la communauté à *Portlandia arctica*, surtout caractéristique des faciès glacio-marins argilo-silteux. Ces communautés se succèdent souvent, dans un site déterminé, en fonction de la diminution de profondeur des bassins, liée au rajustement géoïdal post-glaciaire. Elles ne reflètent donc pas une évolution climatique générale, mais simplement l'évolution hydrologique accompagnant l'exondation de chacun des bassins. Exceptionnellement, on relève, au cours de l'Holocène, des incursions septentrionales d'espèces relativement thermophiles. Quoique plus tardif qu'aux basses latitudes, l'optimum climatique semble donc s'être marqué dans les milieux arctiques.

ABSTRACT The fauna of the post-glacial seas of Québec: some paleoecological aspects. A paleoecological study of the fossil fauna of the post-glacial seas of Québec, with special attention on mollusks, permit the delineation of type-communities. These benthonic communities are distributed according to the depth, with small variations from the northern basins to the generally more brackish southern seas. Thus, epibiotic (epifaunal) communities living on coarse sediments are the intertidal *Mytilus edulis* community, and the deeper water *Hiatella arctica* community which may be subdivided in two sub-communities. The endobiotic (infaunal) communities living in sandy, silty or clayey shallow water sediments, include the *Mya arenaria* and *Macoma balthica* communities and the deeper water *Macoma calcarea* community which may be subdivided in three sub-communities. The *Portlandia arctica* community deserves a special status because it is mainly associated with glacio-marine muddy environments. These communities, which correspond to well-defined litho facies, vary often succeeded each other in relation to the decreasing depth of the basins due to post-glacial rebound. Thus, they do not reflect climatic trends, but simply hydrological changes caused by shoaling of each basin. Occasionally, some «warm» water species migrated northward for a short period of time during middle or late Holocene. The reflect a slightly delayed climatic optimum in the Arctic.

ZUSAMMENFASSUNG Die Fauna der postglazialen Meere von Québec: einige paleo-ökologische Betrachtungen. Eine paleoökologische Forschung der fossilen Fauna in den postglazialen Meeren von Québec, die sich mit besonderer Aufmerksamkeit der Weichtiere annimmt, erlaubt uns die verschiedenen Arten in Typen-Gemeinschaften zusammenzufassen. Diese bestimmen eine Küstenzone mit Nuancen zwischen den nördlichen Becken und den meistens mehr brackigen südlichen Becken. So gehören die Gemeinschaften des Epibenthos welche in groben Sedimenten leben, der Gruppe *Mytilus edulis* des Gezeitensauumes an und in tieferen Gewässern findet man die *Hiatella arctica* Gemeinschaft, welche sich in zwei Untergruppen teilen lässt. Die Gemeinschaften des Endobenthos in Sand-, Schlamm- oder Tonsedimenten in flachem Wasser, schliessen die *Mya arenaria* und *Macoma balthica* Gruppen ein sowie die *Macoma calcarea* Gruppe tieferer Gewässer ein, welche in drei Untergruppen eingeteilt werden kann. Die *Portlandia arctica* Gemeinschaft nimmt einen speziellen Platz ein, da sie meistens mit glaziomarinen, schlammigen Umgebungen verbunden ist. Diese Gemeinschaften folgten oft an ein und demselben Ort aufeinander, je nach der Verflachung der Becken, welche durch die postglaziale Hebung verursacht wurde. So spiegeln sie also keine klimatischen Veränderungen wider, sondern einfach hydrologische Änderungen, die durch das Verflachen der einzelnen Becken verursacht wurden. Im Mittleren- oder Spätholozän wanderten gelegentlich einige "warm" Wasser Arten für kurze Zeit nordwärts. Sie zeigen ein leicht verspätetes klimatisches Optimum der Polargegend.

TABLE DES MATIÈRES

I. LES FAUNES : INVENTAIRE ET GÉNÉRALITÉS .	4
1. Les vertébrés	4
2. La microfaune	5
3. Les invertébrés	7
II. PALÉOAUTOÉCOLOGIE DES ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES	7
1. <i>Hiatella arctica</i> (Linné)	10
a) <i>H. arctica</i> dans la mer de Champlain ..	10
b) <i>H. arctica</i> dans les bassins plus ouverts	11
2. <i>Macoma balthica</i> (Linné)	13
3. <i>Mytilus edulis</i> (Linné)	16
4. <i>Macoma calcarea</i> (Gmelin)	18
5. <i>Portlandia arctica</i> (Gray)	21
6. Le genre <i>Mya</i>	22
a) <i>Mya truncata</i>	22
b) <i>Mya arenaria</i>	22
7. Les autres Lamellibranches caractéristiques	25
8. Remarques sur le genre <i>Balanus</i>	27
III. PALÉOSYNÉCOLOGIE : LES COMMUNAUTÉS TYPES ET LEUR RÉPARTITION	28
1. La communauté à <i>Portlandia arctica</i>	30
2. La communauté à <i>Macoma calcarea</i>	31
3. La communauté à <i>Hiatella arctica</i>	32
4. Les communautés intertidales ou de faibles profondeurs	34
a) La communauté à <i>Mytilus edulis</i>	34
b) La communauté à <i>Macoma balthica</i> ...	34
c) La communauté à <i>Mya arenaria</i>	34
d) La « communauté » multispécifique à <i>Hemithyris psittacea</i> et à Gastéropodes	35
5. Conclusion sur les communautés types ..	35
IV. ÉVOLUTION DES COMMUNAUTÉS DANS LES BASSINS	37
1. L'exemple de la mer de Champlain	37
2. Les bassins ouverts	40
a) La mer de Goldthwait	40
b) La mer de Tyrrell	42
3. Conclusions à propos des phases paléoécologiques	42
V. REMARQUES SUR LES ÉLÉMENTS EN TRACE DANS LES COQUILLES	44
CONCLUSION	46

I. LES FAUNES : INVENTAIRE ET GÉNÉRALITÉS

La plupart des géomorphologues et géologues ayant travaillé dans l'est du Canada ont eu l'occasion de noter la présence de fossiles marins pleistocènes et holocènes. Une bibliographie complète à ce sujet incluerait ainsi les grands noms de la géologie au Canada. Depuis BAYFIELD (1837), LYELL (1841 *et p.*), LOGAN (1842, 1847), DAWSON (1857 *et p.*) et BELL (1886), pour ne nommer que les principaux précurseurs, nombre de quaternaristes ont par la suite complété l'étude des faunes marines. Après WHITTAKER (1922), GOLDRING (1922) et RICHARD (1936 *et p.*), WAGNER (1967 *et p.*)¹, DIONNE (1971 *et p.*), ELSON (1969) et HILLAIRES-MARCEL (1972 *et p.*) ont poursuivi les travaux sur les Mollusques marins. Les Vertébrés et particulièrement les Mammifères marins ont été inventoriés par HARRINGTON (1971 *et p.*), tandis que la microfaune a fait l'objet de recherches plus récentes, parmi lesquelles on peut signaler celles de WAGNER (1968 *et p.*) et de CRONIN (1976 *et p.*).

Dans l'ensemble, les faunes des mers post-glaciaires sont relativement pauvres; les basses températures et la tendance saumâtre des eaux peuvent en être tenues pour responsables. Cependant, une compilation des inventaires faunistiques permet de dénombrer près de 300 espèces marines, dont plus du tiers est représenté par la microfaune (Foraminifères et Ostracodes)². Toutefois, dans un site fossilifère déterminé, il est rare de dénombrer plus d'une trentaine d'espèces.

Dans la macrofaune, les Mollusques forment l'essentiel des populations fossiles et, si les Gastéropodes sont dans l'ensemble plus diversifiés, les Lamellibranches constituent l'immense majorité des assemblages. Dans les études paléoécologiques que nous avons effectuées (HILLAIRES-MARCEL, 1972 *et p.*), nous nous sommes donc efforcé de concentrer notre attention sur ces derniers qui, par leur abondance, permettraient des comparaisons d'un site fossilifère à l'autre.

Avant d'exposer les grandes lignes des variations paléoécologiques que l'on observe dans les différents bassins (fig. 1), nous précisons quelques caractères généraux des faunes.

1. LES VERTÉBRÉS

L'étude des Vertébrés marins fossiles a été limitée, en pratique, à l'est du Canada et particulièrement au domaine de la mer de Champlain. Dès 1850, THOMPSON

1. Une bibliographie exhaustive pourra être trouvée dans les articles publiés par WAGNER (1967, 1968).

2. Voir WAGNER (1967, 1968) pour une liste plus complète des fossiles. Les Diatomées n'ont encore fait l'objet d'aucune étude systématique. Les travaux de G. Lortie (thèse en cours) devraient combler partiellement cette lacune.

avait observé dans les argiles marines, à l'est du lac Champlain, la présence du squelette presque complet d'une baleine blanche fossilisée (*Delphinapterus leucas*; pl. III). Par la suite, DAWSON (1891) décrit une faune de poissons, fossilisés par des concrétions calcaires (pl. IV), dans les argiles champlainiennes de Green Creek près d'Ottawa. Il fallut pourtant attendre les travaux de HARRINGTON (1971 et *p.* et surtout 1977 et 1978), pour disposer d'un inventaire exhaustif des Vertébrés fossiles. Baleines, Phoques et Morses sont relativement fréquents, dans les dépôts de la mer de Champlain, et apparaissent même loin à l'ouest, dans ceux des Grands Lacs post-glaciaires (HARRINGTON, 1977). Parmi les poissons récoltés dans les concrétions calcaires de Green Creek, on peut mentionner les capelans (*Mallotus villosus*), particulièrement abondants (*cf.* ARSENAULT, 1979).

L'intérêt paléoécologique de ces Vertébrés est relativement réduit, puisqu'on les retrouve encore aujourd'hui dans le golfe du Saint-Laurent. Cependant, l'existence de Mammifères marins dans le Michigan implique une communication entre la mer de Champlain et les Grands Lacs post-glaciaires, quoique celle-ci fasse encore l'objet d'une polémique (*cf.* HARRINGTON, 1977).

2. LA MICROFAUNE

Plus récents que les précédents, les travaux consacrés à la microfaune ont été surtout focalisés sur les Foraminifères. Des Ostracodes avaient cependant été décrits par BRADY et CROSSKEY dès 1871. WAGNER (1968) puis CRONIN (1976 et *p.*) ont repris leur inventaire. Ces Ostracodes s'avèrent d'excellents indicateurs des paléosalinités et paléotempératures. CRONIN (1977) a pu ainsi mettre en évidence des phases environnementales, dans la mer de Champlain, correspondant assez bien aux phases paléogéographiques que nous avons décrites (HILLAIRE-MARCEL et OCCHIETTI, 1977).

En ce qui concerne les Foraminifères, la plupart des bassins marins post-glaciaires ont fait l'objet d'échantillonnages. Les travaux de LESLIE (1965) dans la baie d'Hudson, ceux de BARTLETT et MOLINSKY (1972) dans le golfe du Saint-Laurent, de LOEBLISH et TAPPAN (1953), de MACROBERTS (1968) et de VILKS (1969) dans l'Arctique, de WAGNER (1967 et *p.*), de FILLON et HUNT (1974) et de CRONIN (1976 et *p.*) dans les basses terres du Saint-Laurent, permettent de définir deux pôles dans les assemblages des Foraminifères benthoniques. Les microfaunes que nous avons pu examiner, dans les dépôts des mers de Champlain, Goldthwait et Tyrrell, s'apparentent à l'un ou l'autre; nous les prenons donc comme exemples.

Les assemblages, quoique toujours typiquement arctiques et subarctiques, se distinguent selon le domaine bathymétrique occupé et la tolérance à la dilution.

FIGURE 1. Les principales phases d'extension des mers post-glaciaires du Québec, d'après HILLAIRE-MARCEL et OCCHIETTI, 1978: 1) Baie-Saint-Paul; 2) Sept-Îles; 3) Middle Bay; 4) Montréal; 5) Trois-Rivières; Québec; 7) Payne Bay; 8) baie aux Feuilles et Opaluk; 9) île du Diana et Koartac; 10) Wakeham Bay; 11) golfe de Richmond; 12) petite rivière de la Baleine; 13) Poste-de-la-Baleine.

Main extension phases of the postglacial seas of Québec after HILLAIRE-MARCEL and OCCHIETTI, 1978.

Les populations de profondeur faible ou modérée se caractérisent surtout par les *Islandiella teretis* et *Elphidium incertum*, plus parce que celles-ci sont euryhalines et tolèrent par conséquent les eaux plus saumâtres de surface, que pour des exigences bathymétriques particulières. En effet, ce sont généralement les mêmes espèces qui apparaissent, souvent seules, à la base des carottes, c'est-à-dire dans les sédiments mis en place au moment de la déglaciation, donc dans des eaux profondes mais diluées par l'apport des eaux de fonte (*cf.* FILLON et HUNT, 1974 ou LESLIE, 1965). En milieu littoral, *I. teretis* et *E. incertum* s'adjoignent un certain nombre d'espèces accompagnatrices: *Protelphidium orbiculare*, *Buccella frigida*, *Elphidium bartletti*, *Guttulina glacialis*, *Islandiella islandica*, *Nonionella auricula* et *Oolina borealis* (ces deux dernières espèces dans la mer de Tyrrell seulement). Les assemblages plus profonds et sténohalins (salinité ~ 33‰) se caractérisent par l'incidence d'*Astrononion stellatum*, *Islandiella norcrossi* et, dans la mer de Tyrrell seulement, *Silicosigmoilina groenlandica*. Quelques espèces se répartissent de façon égale dans les deux assemblages: *Cibicides lobatulus*, *Oolina caudigera* et *Nonionella labradorica*.

Dans les échantillonnages que nous avons examinés, toutes les transitions s'observent entre les deux assemblages types. Les populations sont peu diversifiées (nous avons exceptionnellement inventorié un maximum

TABLEAU I
Exemples d'assemblages de Foraminifères
dans les argiles marines

A — MER DE CHAMPLAIN			C — BASSINS ARCTIQUES (faciès argileux)		
	POURCENTAGES			Mer de Tyrrell Mer d'Iberville (moy. 6 assembl.) (Payne Bay)	
	Lachute ₁ *	Ste-Germaine ₂ **		%	%
<i>Elphidium bartletti</i>	13	27	<i>Oolina borealis</i>	1,5	—
<i>Islandiella teretis</i>	28		<i>Cibicides lobatulus</i>	12,3	8
<i>Nonionella labradorica</i>	19		<i>Elphidium arcticum</i>	<1	
<i>Islandiella islandica</i>	2		<i>Elphidium bartletti</i>	11,4	12
<i>Pyrulina cylindroides</i>	2		<i>Nonion labradoricum</i>	11,5	2
<i>Astrononion stellatum</i>	35	30	<i>Protelphidium orbiculare</i>	0,8	8
<i>Protelphidium orbiculare</i>		24	<i>Islandiella islandica</i>	2,9	3
<i>Islandiella norcrossi</i>		12	<i>Islandiella norcrossi</i>	2	2
<i>Elphidium incertum</i>		9	<i>Islandiella teretis</i>	26,3	—
Nombre de Foraminifères	60	50	<i>Cassidella complanata</i>	(—)	—
Densité / g de sédiment	<5	<5	<i>Gutulina glacialis</i>	<1	—
Nombre d'espèces	6	5	<i>Lagena gracillima</i>	(—)	—
Remarques: (*) Assemblage profond			<i>Nonionella auricula</i>	5,3	—
(**) Assemblage de faible profondeur			<i>Elphidium subarcticum</i>		4
Faciès: (1) Argiles glacio-marines			<i>Elphidium incertum</i>	3,8	26
(2) Argile compacte			<i>Silicosigmoilina groenlandica</i>	<1	—
			<i>Pseudopolymorphina novangliae</i>	<1	—
			<i>Elphidium excavatum</i>	—	10
			<i>Oolina caudigera</i>	1	—
			<i>Astrononion stellatum</i>	4,2	19
			<i>Cassidulina crassa</i>	—	4
			<i>Pseudopolymorphina sublonga</i>	(—)	—
			<i>Quinqueloculina arctica</i>	<1	—
			<i>Dentalina</i> sp. (baggi?)	<1	—
			Nombre d'espèces	21	11
			Nombre de Foraminifères	500	491
			(—) accidentelle		
B — MER DE GOLDTHWAIT					
	Delta du				
	Sept-Îles (argiles)	Middle Bay Manicouagan (argiles et graviers) (Silt) (sableux)			
<i>Astrononion stellatum</i>	33,5	10,3			
<i>Elphidium bartletti</i>	25	10,3			
<i>Islandiella norcrossi</i>	12	54	62		
<i>Islandiella teretis</i>	6	3,7			
<i>Elphidium incertum</i>	4,5	3,7			
<i>Anomalina globulosa</i>	3				
<i>Nonionella auricula</i>	2	3,7			
<i>Protelphidium orbiculare</i>	1				
<i>Nonionella labradorica</i>	1				
<i>Cibicides lobatulus</i>		3			
<i>Astrononion gallowayi</i>		2,3			
<i>Islandiella islandica</i>		<1			
<i>Quinqueloculina semilunum</i>		<1	5,5		
<i>Hyperamina</i> sp.			16		
Non identifiables	10,5	4,5	3,3		
Nombre de Foraminifères	200	136	91		
Densité/g de sédiment	17,6	34	10		
Nombre d'espèces	9	11	3		

de 14 espèces dans un même échantillon) et peu abondantes, particulièrement dans les argiles marines où nous n'avons jamais observé plus de 70 individus par gramme de sédiment. Il semble que ce soit une caractéristique de ces bassins épicontinentaux froids et souvent saumâtres (cf. BARTLETT et MOLINSKY, 1972).

Sur les tableaux I et II, quelques assemblages provenant des sédiments de chacun des bassins sont donnés à titre d'exemple. Nous avons également analysé plusieurs échantillons prélevés de la base jusqu'au sommet des argiles de la mer de Tyrrell, levée dans les terrasses de la grande rivière de la Baleine, Nouveau-Québec (HILLAIRES-MARCEL, 1976). Une évolution très nette de la microfaune peut y être notée (tabl. II): (1) décroissance régulière de la biomasse avec la diminution de profondeur et l'influence deltaïque croissante; (2) dominance croissante de l'assemblage à *I. teretis* et *E. incertum*; (3) décroissance des espèces sténohalines (*Astrononion stellatum* et *Cassidella complanata*). Quoique très variable d'un site à l'autre, les assemblages de Foraminifères reflètent par conséquent assez bien l'évolution des bassins.

Nous avons rarement observé des Foraminifères planctoniques dans nos échantillonnages. Toutefois, ils

TABLEAU II

Évolution des assemblages de Foraminifères dans les argiles tyrréliennes de la grande rivière de la Baleine

Niveau échantillonné	A ₁₇₋₁₈ *	A ₁₀₋₁₁ **	A ₄ ***
Nombre d'espèces	14	13	9
Nombre de tests par g de sédiment	10,7	28,5	68,5
P O U R C E N T A G E S			
GROUPE I : assemblage profond	21,9	39,5	84
<i>Nionella auricula</i>	1,2	6	10
<i>Nionella labradorica</i>	12,5	23	52
<i>Astronomium stellatum</i>	2,5	5	8
<i>Islandiella noronhai</i>	1,2	2	2
<i>Anomalinella globulosa</i>	1,2	2	4
<i>Cassidulinella complanata</i>	3,5	1	8
GROUPE II : assemblage peu profond	67,5	39	10
<i>Islandiella teretis</i>	44,5	30	10
<i>Elphidium incertum</i>	11,5	3	0
<i>Elphidium bartlettii</i>	11,5	6	0
GROUPE III : assemblage ubiquiste	10,5	22	4
<i>Guttulina glacialis</i>	1,2	0	2
<i>Islandiella islandica</i>	3,5	9	0
<i>Gulina borealis</i>	1,2	0	2
<i>Cibicides lobatulus</i>	2,5	7	0
<i>Quinqueloculina</i> sp.	2,1	0	0
<i>Elphidium arcticum</i>	0	6	0
* Silts argileux - faciès d'exondation			
** Argile marine compacte - faciès pléni-marin			
*** Sommet des rythmites - faciès glacio-marin			

sont signalés fréquemment dans les forages. En particulier, *Globigerina pachyderma* se rencontre dans la baie d'Hudson (LESLIE, 1965) et dans le golfe du Saint-Laurent, où, selon BARTLETT et MOLINSKY (1972), elle est apportée par le courant du Labrador. Ces derniers ont également remarqué, dans les forages du golfe, l'incidence de Foraminifères planctoniques sub-tropicaux (*Globigerinoides ruber* et *Globorotalia menardi*) indiquant une pénétration épisodique assez profonde du Gulf Stream. Aucune chronologie précise de ces fluctuations marines n'est toutefois disponible.

Pour conclure brièvement ces quelques remarques sur les assemblages de Foraminifères, nous devons insister sur (1) leur nature typiquement arctique et subarctique, (2), leur variabilité, (3), leur faible diversité. Quoique sensibles aux variations de salinité, les populations

fossiles reflètent essentiellement des milieux épicontinentaux froids.

3. LES INVERTÉBRÉS (tabl. III et pl. I à III)

Si l'on excepte les Ostracodes, dont nous avons parlé à propos de la microfaune, les Invertébrés fossiles se répartissent très inégalement dans une dizaine de classes. Les populations sont composées d'une immense majorité de Lamellibranches, Gastéropodes et Cirripèdes, où dominent les espèces arctiques et subarctiques (tabl. III). Le seul Brachiopode que nous ayons rencontré (*Hemithiris psittacea*, pl. II) est parfois très abondant. Les Échinodermes sont représentés, la plupart du temps, par quelques spicules de *Strongylocentrotus drobachiensis*; les Porifères, par une éponge siliceuse (*Tethya logani*, pl. II). S'il existe souvent des débris de Bryozoaires, leur identification est malaisée. Des colonies bien conservées de *Microporina borealis* (pl. III) ont été cependant trouvées dans les dépôts de la mer d'Iberville.

II. PALÉOAUTOÉCOLOGIE DES ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES

À partir des premiers travaux de paléocéologie que nous avons entrepris sur les faunes de la mer de Champlain (HILLAIRE-MARCEL, 1972), nous avons étendu à l'ensemble des bassins l'analyse des populations fossiles (fig. 1).

Dans chacune des régions où nous ont conduit nos missions géologiques, nous nous sommes efforcé d'échantillonner des sites où des données stratigraphiques étaient disponibles, et particulièrement ceux qui étaient datés au ¹⁴C. Lorsque ces informations manquaient, nous avons comblé, au mieux de nos possibilités, cette lacune.

Ainsi, les faunes de la mer de Goldthwait ont été échantillonnées, sur la rive sud de l'estuaire du Saint-Laurent, dans la région de Trois-Pistoles, étudiée de façon détaillée par DIONNE (1972); sur la rive nord, la région de Sept-Îles (DREDGE, 1970 et HILLAIRE-MARCEL et BOUTRAY, 1974) et l'enclave marine de Blanc-Sablon (BOUTRAY et HILLAIRE-MARCEL, 1977), à la frontière du Labrador terre-neuvien, nous ont fourni plusieurs dizaines de populations fossiles.

Les sites fossilifères de la mer de Champlain furent inventoriés par de nombreux chercheurs. Depuis les travaux de BAYFIELD (1837), DAWSON (1857), WHITTAKER (1922), GOLDRING (1922), GADD (1960 et p.), LASALLE (1966), WAGNER (1967 et p.), ELSON (1969), pour ne citer que les principaux, les données stratigraphiques et paléocéologiques abondent. Provenant donc de sites déjà connus ou de nouveaux que nous avons nous-même étudiés (HILLAIRE-MARCEL et

TABLEAU III

Invertébrés fossiles de l'est du Canada (Ostracodes exceptés)*

G	C	L	A	ANNÉLIDES	G	C	L	A	LAMELLIBRANCHES
✓	✓			<i>Serpula vermicularis</i> Linné	✓	✓	✓	✓	<i>Hiatella arctica</i> (Linné)
		✓		<i>Spirorbis</i> sp.	✓	✓	✓	✓	<i>Macoma balthica</i> (Linné)
					✓	✓	✓	*	<i>Mya arenaria</i> Linné
				CIRRIPODES	✓	✓	✓	✓	<i>Chlamys islandicus</i> (Möller)
✓	✓	✓		<i>Balanus hameri</i> (Ascanius)	✓	✓	✓	✓	<i>Macoma calcaria</i> (Gmelin)
✓	✓	✓	✓	<i>Balanus balanoides</i> (Linné)	✓	✓	✓	✓	<i>Mya truncata</i> Linné
✓	✓	✓	✓	<i>Balanus orenatus</i> Bruguère	✓	✓	*	✓	<i>Mya truncata uddevalensis</i> Forbes
✓	✓			<i>Balanus balanoides</i> (Linné)	✓	✓	✓	✓	<i>Mytilus edulis</i> Linné
				ÉCHINOÏDES	✓	✓	✓	✓	<i>Portlandia arctica</i> (Gray)
✓	✓	✓		<i>Strongylocentrotus drobachiensis</i> (Möller)	✓				<i>Astarte montagui</i> (Dillwyn)
				GASTÉROPODES	✓	✓		✓	<i>Venericardia borealis</i> (Conrad)
✓	✓	*	✓	<i>Lunatia pallida</i> (Broderip & Sowerby)	✓	✓		✓	<i>Astarte undata</i> Gould
✓	✓		✓	<i>Trichotropis borealis</i> Broderip & Sowerby	✓	✓		✓	<i>Clinocardium ciliatum</i> (Fabricius)
✓	✓			<i>Boreotrophon clathratus</i> (Linné)	✓	✓		✓	<i>Nucula tenuis</i> (Montagu)
✓	✓	✓		<i>Buccinum glaciale</i> Linné	✓	✓		✓	<i>Nucula perna</i> (Möller)
✓	✓		✓	<i>Buccinum tenue</i> Gray	✓	✓		✓	<i>Serripes groenlandicus</i> (Bruguère)
✓	✓		✓	<i>Buccinum undatum</i> Linné	✓	✓		✓	<i>Mesodonta deaurata</i> (Turton)
✓	✓	*	✓	<i>Natica clausa</i> Broderip & Sowerby	✓	✓		✓	<i>Lyonsia arenosa</i> (Möller)
✓	✓	*		<i>Plicifusus kroyeri</i> (Möller)	✓	✓		✓	<i>Musculus niger</i> (Gray)
✓	✓			<i>Littorina obtusata</i> Linné	✓	✓		✓	<i>Nucula minuta</i> (Fabricius)
✓	✓			<i>Buccinum undatum labradoricum</i> Reeve	✓	✓		✓	<i>Yoldia limatula</i> (Say)
✓	✓			<i>Buccinum ciliatum</i> Fabricius	✓	✓		✓	<i>Astarte arctica</i> Gray
✓	✓			<i>Buccinum plectrum</i> Stimpson	✓	✓		✓	<i>Astarte borealis</i> Schumacher
✓	✓			<i>Cylichna alba</i> Brown	✓	✓		✓	<i>Spisula polyma</i> Stimpson
✓	✓			<i>Epitonium groenlandicum</i> (Perry)	✓	✓		✓	<i>Cyrtodaria siliqua</i> (Spengler)
✓	✓	✓		<i>Lepeta caeca</i> Möller	✓	✓		✓	<i>Nucula bellottii</i> Adams
✓	✓		✓	<i>Neptunea despecta tornata</i> (Gould)	✓	✓		✓	<i>Arinopsida orbiculata</i> (Sars)
✓	✓	✓		<i>Pincturella noachina</i> (Linné)	✓	✓		✓	<i>Lyonsia hyalina</i> (Conrad)
✓	✓	*		<i>Tachyrhynchus erosum</i> (Couthouy)	✓	*		✓	<i>Mya truncata ovata</i> Schlessch
✓	✓			<i>Buccinum tottentii</i> Stimpson	✓	✓		✓	<i>Myrella planulata</i> (Stimpson)
✓	✓		✓	<i>Littorina saxatilis</i> Olivi	✓	✓		✓	<i>Nucula tenuisulcata</i> (Couthouy)
✓	✓			<i>Margarites costalis</i> (Gould)	✓	✓		✓	<i>Pandora glacialis</i> Leach
✓	✓	*		<i>Buccinum hancocki</i> Mörch	✓	✓		✓	<i>Thyasira gouldi</i> (Philippi)
✓	✓			<i>Buccinum terrae-novae</i> (Mörch)	✓	✓		✓	<i>Macoma brota</i> Dall
✓	✓			<i>Haminoea solitaria</i> (Say)	✓	✓		✓	<i>Portlandia lenticula</i> (Möller)
✓	✓			<i>Molleria costulata</i> (Möller)					BRYOZOAIRES
✓	✓		✓	<i>Lora scalaris</i> (Möller)					<i>Hippothoa hyalina</i> (Linné)
✓	✓		✓	<i>Aomaea testudinalis</i> (Möller)					<i>Microporina borealis</i> Levinsen
✓	✓		✓	<i>Retusa obtusa</i> Montagu					BRACHIOPODES
✓	✓	✓		<i>Trichotropis borealis costellata</i> Couthouy					<i>Hemithiris psittacea</i> (Gmelin)
✓	✓			<i>Velutina undata</i> Brown					PORIFÈRES
									<i>Tethya logani</i> Dawson

G : Mer de Goldthwait ; C : Mer de Champlain ; L : Golfe de Laflamme ; A : bassins arctiques (Tyrrell & Iberville)

* Sont mentionnées ici (1) les espèces dont l'identification a été contrôlée par WAGNER (1968); (2) celles que nous avons observées personnellement (HILLAIRE-MARCEL et HILLAIRE-MARCEL et al., 1972 et p.); (3) celles identifiées par CYR (1977). Une liste complémentaire des espèces citées dans la

littérature figure dans un article de WAGNER (1968). Les espèces du golfe de Laflamme marquées d'un astérisque ont été signalées dans le haut Saguenay seulement (DIONNE, 1971). Dans les bassins arctiques, *Mya arenaria* n'a été identifiée que dans la faune de la baie du Diana.

HILLAIRE-MARCEL et al., 1972 et p.), une centaine d'échantillonnages ont pu être remplacés dans leur contexte paléogéographique, pour faire de la mer de Champlain, l'exemple type d'un bassin fermé.

Dans le golfe de Laflamme, nous avons retenu les sites signalés par DIONNE (1968 et p.) ou LASALLE

(1965); tandis que dans la mer d'Iberville, peu connue, nous avons dû étudier plusieurs sites (GANGLOFF et al., 1976; GRAY et al. 1980) s'étendant entre le cap Hopes Advance, au nord, et Fort-Chimo au sud. Dans l'estuaire de la rivière aux Feuilles, CYR (1978) et HÉTU (1978) ont effectué des analyses paléocéologiques détaillées, auxquelles nous aurons l'occasion de faire allusion.

Enfin, dans le mer de Tyrrell, nous avons échantillonné les régions pour lesquelles nous disposons de données stratigraphiques détaillées: Poste-de-la-Baleine (HILLAIRE-MARCEL et BOUTRAY, 1975), golfe de Richmond (HILLAIRE-MARCEL, 1976), est de la baie de James (HARDY, 1976).

Quoique les données sur les communautés des côtes actuelles du Québec abondent, ne seraient-ce que celles publiées par KINDLE et WHITTAKER (1918), BOUSFIELD (1954 et p.), ELLIS (1955 et p.), CLARKE (1962 et p.), LUBINSKY (1958 et p.) et qui, complétées des informations océanographiques de DUNBAR (1951 et p.), nous serviront de base d'appréciation, nous avons jugé utile d'échantillonner les faunes actuelles. Des prélèvements ont eu lieu: dans le golfe du Saint-Laurent (au nord entre les rivières Moisie et Sainte-Marguerite, au sud entre Saint-Jean-Port-Joli et Cacouna); dans le détroit d'Hudson (île du Diana et poste esquimau de Koartac); dans la baie d'Hudson (Poste-de-la-Baleine).

Enfin, dans la baie d'Hudson également, nous avons recueilli plusieurs populations actuelles dans le golfe de Richmond, qui présente les conditions hydrologiques d'un bassin fermé et peut donc servir d'élément de comparaison avec la mer de Champlain ou le golfe de Laflamme.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, les Lamellibranches se prêtent particulièrement bien aux analyses paléocéologiques comparatives, puisqu'ils sont toujours présents dans les populations fossiles. Bien qu'au niveau des études paléosynécologiques, nous tiendrons compte des Gastéropodes et des Cirripèdes, nous insisterons donc, dans les analyses paléautoécologiques, sur les espèces de Lamellibranches qui sont dominantes ou caractéristiques des communautés rencontrées.

La présence et le développement de chaque espèce, dans un site déterminé, dépend d'un certain nombre de facteurs qui définissent son aire spécifique³. En pratique, ceux-ci sont les suivants (cf. ORTON, 1920; THORSON, 1936; FISHER, 1943; HEDGPETH, 1957, ...):

1) *La température de l'eau.* Dans les milieux arctiques et subarctiques, les espèces sténothermes, nous le verrons, vivent la plupart du temps en profondeur et s'accommodent de températures voisines du zéro. La majorité des espèces littorales et sublittorales sont eurythermes, avec des nuances. Nombre d'entre elles peuvent s'accommoder d'une période de croissance intense mais brève, souvent concentrée sur quelques mois à la fin de l'été et à l'automne, lorsque les eaux de surface se sont réchauffées. Un métabolisme réduit caractérise les mois d'hiver et de printemps. Cependant, les

larves, et surtout les véligères, ont des exigences thermiques plus précises. Dans nombre de cas, la présence d'une espèce est fonction de la survie des larves.

2) *La salinité.* La plupart des espèces des mers épicontinentales post-glaciaires survivent assez bien dans les eaux saumâtres. Les espèces sténohalines peuvent cependant pénétrer loin à l'intérieur des bassins fermés, dans la mesure où la dilution affecte surtout les eaux de surface. Leurs aires spécifiques se déplacent alors vers des eaux plus profondes et plus salées. Les facteurs limitants deviennent, à ce moment-là, leurs exigences bathymétriques et surtout thermiques, puisque les températures moyennes diminuent rapidement à partir de la surface.

3) *La nature du substratum.* C'est le facteur qui introduit généralement la plus grande variabilité dans les populations que nous avons étudiées. En effet, qu'il s'agisse d'espèces fixées (directement ou par un byssus), fouisseuses ou lithophages, le support joue un rôle prépondérant. L'existence simultanée, dans un même bassin, des faciès les plus variés (glacio-marins, marins francs ou littoraux) fait que la plupart des espèces peuvent trouver, dans des sites voisins, leur support favori. C'est la raison pour laquelle, à quelques exceptions près, on n'observe pas de véritable « stratigraphie » des assemblages fossiles dans l'ensemble d'un bassin. Les espèces lithophages ou fouisseuses ne se satisfont pas seulement d'un substratum respectivement rocheux ou meuble, mais peuvent présenter des exigences plus précises, pétrographiques ou granulométriques.

4) *La profondeur.* Indépendamment de leurs exigences bathymétriques particulières, certaines espèces peuvent apparaître comme sténobathes, lorsque leurs exigences thermiques les contraignent à n'occuper qu'un domaine précis, par exemple en surface, où se rencontrent des températures satisfaisantes, relativement élevées. Statistiquement, on observe un optimum bathymétrique pour chaque espèce, même lorsque l'aire spécifique est eurybathe.

5) *L'apport de la nourriture.* La plupart des Lamellibranches étudiés se nourrissent de la matière organique en suspension dans l'eau; une minorité, de la matière organique enfouie dans les dépôts. À ces deux modes de nutrition correspondent des préférences: pour des eaux agitées, dans le premier cas, plus calmes dans le second. Il peut être utile de signaler qu'une large majorité de Gastéropodes rencontrés sont des prédateurs (*Lunatia pallida*, *Natica clausa*, *Buccinum*, *Boreothrophon*); ceci explique le fait que, même lorsque le milieu physique correspond parfaitement à leurs exigences, ils n'apparaissent qu'en nombre restreint par rapport aux Lamellibranches. L'étude des valves perforées ne nous a pas permis d'établir des proportions prédateurs-proies

3. L'aire spécifique d'une espèce doit être comprise comme le domaine où elle rencontre des conditions viables, et non obligatoirement optimales.

définies. Cependant, les Gastéropodes représentent rarement plus de 5% des populations totales.

L'interdépendance des facteurs que nous venons d'énumérer rend l'interprétation paléoécologique hasardeuse. De surcroît, nombre d'espèces sont euryhalines et eurythermes. La seule présence et l'abondance de l'une d'elles, dans une population donnée, n'est donc pas réellement significative. Pourtant, lorsque les conditions de vie s'approchent ou s'écartent de l'optimum, toute espèce réagit. En bordure de l'aire spécifique, c'est-à-dire aux conditions de viabilité limites, la tendance au nanisme devient la règle (FISHER, 1943). L'analyse biométrique des populations s'impose donc. Elle peut donner une «représentativité thermique ou haline» à l'espèce. C'est pourquoi nous insisterons sur cet aspect de nos observations paléoautoécologiques. Bien que nous ayons étudié les variations de poids des coquilles, nous n'avons pratiquement pas réussi à dégager une corrélation précise avec le milieu. NEWCOMBE et KESSLER (1936), ou SHIH (1937), avaient déjà noté cette particularité, pour certaines des espèces que nous avons considérées. Nous mettrons donc surtout l'accent sur les variations de taille des coquilles.

1. *HIATELLA ARTICA* (LINNÉ)

H. arctica est certainement l'espèce la plus répandue dans les dépôts marins post-glaciaires, à tel point que les sables littoraux de la mer de Champlain étaient autrefois identifiés sous le nom de sables à *Saxicava* (= *Hiatella*). Cette terminologie était d'ailleurs impropre, puisque, comme nous allons le voir, *H. arctica* est thanatocénétique dans les sables. Ainsi, présente dans plus de 90% des échantillonnages que nous avons examinés, *H. arctica* apparaît comme une espèce ubiquiste.

Ses représentants actuels existent des mers arctiques aux mers tempérées. L'espèce est donc eurytherme. Cependant, STRAUCH (1968) a noté une croissance des tailles vers les mers plus froides et HUNTER (1949) indique une température inférieure à 10-12°C pour le développement des larves. Sur les côtes canadiennes actuelles, la ponte s'échelonne de juin à septembre; les larves mènent une vie pélagique relativement longue. *H. arctica* paraît tolérer assez bien les eaux saumâtres (> 8‰; cf. ZENKEVITCH, 1963), et survit par exemple dans le golfe de Richmond, où la salinité, en surface, oscille de 10 à 15‰. Elle peut cependant s'enfoncer légèrement dans les bassins saumâtres, et retrouver ainsi une eau plus salée qui lui convient mieux (>20‰; THORSON, 1933, 1934). Elle tolère en effet des profondeurs de 0 à 100 m, quoique son domaine bathymétrique moyen soit de -15 m (KINDLE et WHITTAKER, 1918; ZENKEVITCH, 1963). Le trait le plus caractéristique de *H. arctica* est son mode de fixation. D'après

HUNTER (1949), l'espèce est lithophage lorsqu'elle dispose d'un substratum favorable: calcaires ou grès à ciment carbonaté, puisqu'elle attaque la roche par sécrétion d'un acide. Nous avons parfois rencontré, dans des rudites en partie carbonatées de la mer de Champlain, des perforations qui pourraient lui être attribuées (pl. V). Cependant, le mode de fixation le plus probable des *H. arctica*, que nous avons trouvées en biocénose, paraît être celui par byssus (très court chez cette espèce). Dans ce cas, les coquilles s'attachent à un support rocheux (galets, blocs ou côte rocheuse) et parfois, semble-t-il, dans des coquilles vides d'autres Lamelli-branches, comme *Mytilus edulis*. HUNTER (1949) observe, dans ce type de fixation, un rapport *H. arctica* / coquilles hôtes de 1/50. Nous n'avons jamais rencontré une telle abondance relative de *Mytilus edulis*. Il est donc probable que la fixation entre les blocs et cailloux des rudites littorales était la plus courante dans les bassins post-glaciaires. (cf. HILLAIRE-MARCEL et al., 1974).

a) *H. arctica* dans la mer de Champlain

Après avoir été utilisée, à tort, comme espèce type des sables littoraux, *H. arctica* a été proposée comme espèce caractéristique d'une phase précoce de la mer de Champlain: «The Champlain Sea was at first cold with summer temperatures about 2 to 3°C and a salinity of more than 26‰. This was the *Hiatella* phase. Subsequently, shoaling of the sea resulting from crustal uplift, the resulting reduction of exchange with the open ocean, and the withdrawal of the ice margin from nearby, permitted the water to warm and reduced the salinity. This was the *Mya arenaria* phase; its salinity probably decreased from about 20‰ during its maximum extend to 6‰ at the end, and summer temperatures were warmer than 5°C" (ELSON, 1969b).

Si l'évolution du bassin (dans le sens d'un réchauffement et d'une diminution de la salinité) paraît plausible, les températures et salinités suggérées par ELSON (1969b) ne sont prouvées par aucune donnée paléoécologique. De surcroît, *Hiatella arctica* ne peut caractériser une phase champlainienne particulière, puisque ses populations ont été datées de 12 800 BP (GSC-1859) à 10 000 BP (GSC-1739); ce qui revient à dire que l'espèce a persisté au cours de tout l'épisode marin. Elle y a cependant connu un développement moindre que dans les bassins plus ouverts: la longueur moyenne des coquilles varie, d'une population à l'autre, de 14 mm à 30 mm, pour une moyenne de 24 mm (tabl. IV)⁴. Or, la dimension moyenne des coquilles dépasse, souvent 30 mm dans les populations des bassins plus ouverts (détroit d'Iberville, par exemple; cf. fig. 2). Il semble

4. Quinze populations inventoriées comprenant, selon le cas, de 20 à 150 valves.

TABLEAU IV

Variations biométriques de *Hiatella arctica* dans les dépôts champlainiens de la région de Montréal. À comparer avec les données de GOLDRING (1922) pour l'ensemble du bassin

Site	Longueur (mm)			Nombre de valves mesurées
	min.	moy.	max.	
St-Joseph-du-Lac 01	4	21,2	32	103
St-Joseph-du-Lac 02	7	23,4	32	164
Fermes Cataphard	5	19	28	148
Fermes Dion	15	20	25	34
Ste-Thérèse 01	3	14	35	238
Ste-Thérèse 02	6	23	39	67
St-Rémi	10	21	33	22
Mont St-Hilaire	10	19,4	27	192
Mont Johnson	13	24	31	23
Ste-Thérèse 03	16	30	52	34

donc que *H. arctica* n'ait pas rencontré des conditions optimales dans la mer de Champlain, où sa croissance limitée, dans l'ensemble des populations, indique la persistance de conditions relativement saumâtres, notamment vers l'ouest du bassin, où GOLDRING (1922) a relevé une forte tendance au nanisme (longueur moyenne de 15 mm).

Dans le détail, on remarque que les populations les plus homogènes, celles dont les valves sont le plus souvent accolées, et qui reflètent certainement une biocénose, appartiennent au milieu des rudites, mises en place sous une tranche d'eau faible (10-15 m à Saint-Joseph-du-Lac-01) à importante (> 50 m à Sainte-Thérèse).

Dans ce dernier site (fig. 3 et cf. HILLAIRES-MARCEL, 1974), la dimension moyenne des coquilles (30 mm), plus élevées que partout ailleurs, prouve que l'espèce y rencontra des conditions plus favorables: en pratique, une eau de salinité relativement élevée, eu égard à la profondeur du plan d'eau. Ce type de faciès (matériel grossier, apporté par le glacier et mis en place en milieu marin «profond») était relativement rare dans la mer de Champlain. Dans la plupart des cas, la sédimentation grossière fut limitée à la frange littorale. *H. arctica* y trouvait alors un support favorable, mais une salinité relativement basse. Inversement, dans les faciès plus profonds et plus salés, la sédimentation argileuse ne se prêtait guère à son installation. Il semble que les populations, que l'on rencontre dans les dépôts de la mer de Champlain, représentent un «compromis»; en d'autres termes, qu'elles se soient assez bien adaptées aux eaux saumâtres. La légère décroissance de la longueur moyenne, que l'on observe vers les sites de faible altitude (donc les plus récents; cf. HILLAIRES-MARCEL, 1974), traduit la tendance à la dilution des eaux du bassin au cours de l'exondation.

FIGURE 2. Histogramme des longueurs de quelques populations de *Hiatella arctica*. Mer de Goldthwait: A, Havre-Saint-Pierre. Mer de Champlain: B, mont Saint-Hilaire; C, Sainte-Thérèse (01); D, mont Johnson; E, Saint-Rémi; F, Saint-Joseph-du-Lac (01); G, Saint-Joseph-du-Lac (02); H, Saint-Joseph-du-Lac (03). Détroit d'Iberville: J, île du Diana; K, baie de James; L, golfe de Richmond. Les plus grandes dimensions (I et L) furent atteintes dans les bassins septentrionaux.

Histogram of the lengths of some populations of *Hiatella arctica*. Greatest sizes were reached in northern basins.

b) *H. arctica* dans les bassins plus ouverts

En général, les dimensions y sont plus grandes que dans la mer de Champlain. Dans les faunes de la mer de Goldthwait, les longueurs moyennes varient de 18 à 33 mm. Il semble y avoir eu une évolution depuis la déglaciation (tabl. V), puisque, après un minimum correspondant aux échantillons provenant des dépôts les plus anciens, on observe un maximum vers 8 000 BP, suivi d'une diminution régulière des tailles. L'influence de l'eau de fonte, à la déglaciation, pourrait expliquer les dimensions restreintes des premières populations.

STE-THÉRÈSE

FIGURE 3. Coupe schématique dans les dépôts meubles de la région de Sainte-Thérèse au nord-ouest de Montréal (cf. BOUTRAY, 1974; HILLAIRE-MARCEL, 1974). L'épandage grossier fossilifère, à dynamique de type fluvio-glaciaire, s'est effectué dans la mer de Champlain.

Schematic cross-section in loose deposits from the Sainte-Thérèse area, northwest of Montréal (cf. BOUTRAY, 1974; HILLAIRE-MARCEL, 1974). Coarse fossiliferous deposition due to glaciofluvial action in the Champlain Sea.

TABLEAU V

Variations de la longueur moyenne de *Hiatella arctica* dans les sédiments goldthwaitiens de la région de Sept-Îles. Les dimensions maximales furent atteintes dans les populations âgées de 7500 BP

Site	Alt. (m)	Longueur (mm)			Âge approximatif
		min.	moy.	max.	
S.37	90	10	17,6	40	≥ 8 000 BP
S.41	75	26	32,5	39	~ 7 500 BP
S.42	68	20	25,4	30	≤ 7 600 BP
S.29	45	14	24,3	35	~ 7 000 BP
S.31	45	10,5	18	34,5	≤ 7 000 BP

La décroissance plus récente peut être liée à la dilution accompagnant la diminution de profondeur du bassin, à la suite de l'émersion des terres.

Dans les bassins nordiques (fig. 2), les populations de *H. arctica* indiquent une évolution similaire des conditions de vie; en particulier dans la mer d'Iberville, où CYR (1978) a noté des variations biométriques identiques à celles des communautés de la mer de Goldthwait.

En conclusion, *H. arctica* paraît avoir rencontré des conditions de vie relativement satisfaisantes dans les mers post-glaciaires. Légèrement sensible aux variations de salinité, elle reflète très grossièrement l'évolution hydrologique des bassins.

2. *MACOMA BALTHICA* (LINNÉ)

M. balthica est une autre espèce ubiquiste des mers post-glaciaires; mais elle est particulièrement abondante dans les bassins fermés (mer de Champlain et golfe de Laflamme), où sa tolérance à la dessalure lui confère un avantage sur nombre d'autres espèces. D'après ZENKEVITCH (1963), *M. balthica* tolère en effet des salinités très basses (4‰). Bien qu'elle se rencontre fossilisée aussi bien dans les sables littoraux que dans les argiles des milieux plus profonds, il semble que ses biocénoses se limitent aux premiers. Nous ne l'avons en effet jamais trouvée en « position de vie » dans les argiles, tandis que l'on observe fréquemment des populations où plus de 90% des coquilles ont été fossilisées en positions verticale dans les sables littoraux⁵ (pl. V et VI.). En ce sens, *M. balthica* est un bon indicateur de la proximité d'un rivage, et les datations ¹⁴C de telles biocénoses sont parmi les meilleures données sur l'émersion des terres.

KINDLE et WHITTAKER (1918) indiquent, pour *M. balthica*, un domaine bathymétrique allant de la zone de balancement des marées à 6 m de profondeur. SEGERS-TRALE (1961) a cependant observé, dans la Baltique, des populations vivant jusqu'à une trentaine de mètres de profondeur. En pratique, les communautés endobenthiques à *M. balthica* se rencontrent le plus souvent à la limite inférieure de la zone intertidale, sur substratum sableux ou silteux (LAMMENS, 1967).

Bien que *M. balthica* soit une espèce d'eaux froides, il semble que sa larve pélagique exige des températures supérieures à 10°C (LAMMENS, 1967). Comme le stade larvaire est bref, l'espèce peut se maintenir dans des eaux dont les températures moyennes annuelles sont basses, si cet optimum est atteint, ne serait-ce que pendant une très courte période de l'été. Cependant, des basses températures prolongées peuvent affecter sa croissance. Le métabolisme paraît très faible en deçà de 4°C, comme l'indiquent les observations de LAVOIE et al. (1968), sur une population actuelle de l'estuaire du Saint-Laurent (fig. 4). Il ne semble pourtant pas que ce facteur influence considérablement la dimension moyenne des individus. En effet, en eaux plus froides, les taux de croissance, quoique réduits, sont compensés par une longévité plus grande (cf. fig. 5 et SEGERS-TRALE, 1961). En pratique, la taille paraît commandée par la salinité (cf. GOLDRING, 1922) et surtout, d'après nos observations, par la profondeur. Il est rare que dans la zone intertidale, les coquilles atteignent des dimensions considérables: la nature relativement grossière des sédiments, les agressions dues à l'agitation du

milieu et les émergences fréquentes contribuent à réduire leur développement. Au-delà de 5-6 m de profondeur, les conditions se détériorent également: la quantité de nourriture décroît et les températures moyennes sont proches du seuil de viabilité. C'est donc à la limite inférieure de la zone intertidale et dans les premiers mètres de profondeur que *M. balthica* rencontre des conditions optimales.

L'évolution des populations de *M. balthica*, dans les dépôts littoraux de la mer de Champlain, peut illustrer ce qui précède. Nous choisirons, comme exemple, un site dont on trouvera une description détaillée dans HILLAIRE-MARCEL et al. (1974). Il s'agit d'aréno-rudites de plages soulevées, des collines d'Oka, une trentaine de kilomètres à l'ouest de Montréal. Les dépôts ont été datés à 10 300 BP (moyenne de plusieurs datations); une quinzaine de mètres de sédiments, à pendage sédimentaire variant de 20 à 30°, constituent une plage culminant à environ 100 m d'altitude (pl. V et fig. 6). De la base au sommet de la séquence, on observe une succession de 8 populations de *Macoma balthica* en biocénose. Dans chacune d'elles, 80% des coquilles, valves accolées, peuvent être trouvées en position verticale. La densité de population atteint un maximum de 330 individus par dm³ de sédiment en place (assemblage n° 6; fig. 6) et les longueurs moyennes des valves varient, d'une population à l'autre, de 6, 8 à 12,5 mm. On peut donc déjà conclure que les tailles réduites des coquilles n'indiquent pas forcément des conditions de vie systématiquement défavorables, puisque des communautés aussi peuplées pouvaient subsister. Il est probable que la croissance de ces populations fut interrompue brusquement, avant que les coquilles n'aient atteint leur pleine maturité. Des « années noires » ont produit des hécatombes. Deux facteurs peuvent avoir joué: (1) une débâcle tardive, suivie d'une reprise précoce de la banquise ne permettant pas à l'eau d'atteindre suffisamment longtemps la température de croissance, à pu mettre un terme à l'existence de ces populations; (2) des apports brutaux de sédiments grossiers au cours de tempêtes, ont pu également « enterrer vivantes » des communautés. En effet, si *M. balthica* se déplace activement dans les silts et sables, un épandage de graviers et cailloux ne lui permet plus de remonter à la surface du sédiment. Or, de tels lits abondent dans les dépôts, des thanatocénoses les accompagnent systématiquement (pl. V et VI).

Les deux facteurs ont probablement joué un rôle complémentaire. L'analyse détaillée de trois lits fossilifères, se succédant dans moins d'un mètre de sédiment, en général sableux (assemblages 1 à 3), permet de le démontrer. Ces populations sont enfouies sous un lit décimétrique de cailloux (diamètre moyen de 2 à 3 cm). L'épandage grossier a donc mis un terme à l'existence de la biocénose à *M. balthica*. Si l'on examine les histo-

5. BRADFIELD et NEWELL (1961) ont noté à ce sujet que l'orientation des coquilles variait en fonction de la position du soleil.

FIGURE 4. Croissance saisonnière de *Macoma balthica* dans le golfe du Saint-Laurent, d'après LAVOIE et al. (1968). La croissance s'effectue lorsque la température de l'eau dépasse 4°C. En ordonnées, le pourcentage de croissance par rapport au total annuel; en abscisses, les dates d'échantillonnage.

Seasonal growth of *Macoma balthica* in the Gulf of St. Lawrence, after LAVOIE et al. (1968). Water temperature must be warmer than 4°C in order to permit growth. On the y-axis, percentage of growth in relation with the annual growth; on the x-axis, sampling dates.

grammes des longueurs dans les trois niveaux fossilières, on constate d'abord qu'ils présentent tous les trois, une allure bimodale (fig. 7). Le premier mode, entre 1 et 7 mm, correspond à une classe d'âge de 3 ans ou moins (d'après les anneaux de croissance); le second, entre 10 et 14 mm, à des individus de 5 ans ou plus. On peut donc en conclure que pendant deux ans au moins les conditions durent être suffisamment difficiles pour que les larves ne puissent survivre. La classe d'âge correspondante a donc disparu dans l'histogramme. La même observation peut être faite à propos de la population de l'assemblage n° 6 (fig. 8). Le facteur responsable fut certainement la température, puisque, nous l'avons vu, les larves exigent une température supérieure à 10°C. Il est donc probable que, certaines années, les eaux de surface n'atteignaient pas ce seuil thermique, au moins dans le réseau d'îles que constituaient alors, au cœur de la mer de Champlain, les collines d'Oka. L'étude paléocéologique de cette communauté pourrait s'arrêter là; mais, puisque nous l'avons choisie comme exemple, nous aimerions pousser plus loin son examen, ne serait-ce que pour démontrer les possibilités de ce type d'analyse. Si l'on observe attentivement les histogrammes des trois niveaux successifs à *M. balthica* (fig. 7), on note que les adultes présentent des modes culminants respectivement à 11,5, 12,3 et 13 mm, comme s'il s'agissait

FIGURE 5. Variations du taux de croissance de *Macoma balthica* en fonction de la température et de la profondeur dans le golfe de Finlande, d'après SEGERSTRALE (1961).

Growth rate variations for *Macoma balthica* according to the temperature and depth in the Gulf of Finland, after SEGERSTRALE (1961).

FIGURE 6. Répartition des assemblages de *Macoma balthica* dans les dépôts littoraux de la mer de Champlain: site du rang Sainte-Germaine, collines d'Oka (cf. HILLAIRE-MARCEL et al., 1974).

Distribution of assemblages of *Macoma balthica* in coastal deposits of the Champlain Sea: locality of the Rang Sainte-Germaine, Oka Hills (cf. HILLAIRE-MARCEL et al. 1974).

d'échantillonnages successifs, effectués à un an d'intervalle (considérant le taux annuel moyen de croissance; fig. 9), dans une même communauté.

En d'autres termes, il se peut que nous soyons en présence d'une seule population de *M. balthica*, décimée par deux années successives de conditions difficiles, et finalement éliminée la troisième année, au cours d'une tempête particulièrement violente qui l'au-

FIGURE 7. Histogramme des assemblages nos 1, 2 et 3 de *Macoma balthica*, à la base des dépôts littoraux du rang Sainte-Germaine (fig. 6). Fossilisés sur moins d'un mètre de sédiment, les trois assemblages appartiennent probablement à la même communauté, décimée par des épandages grossiers au cours des tempêtes. L'allure plurimodale des histogrammes indique l'absence de développement larvaire certaines années (la température de surface n'atteignait donc pas 10°C).

Histogram of assemblages Nos. 1, 2 and 3 of *Macoma balthica*, at the base of coastal deposits from the Rang Sainte-Germaine (fig. 6). These were fossilized on less than a metre thick of sediment and probably belong to the same community. Coarse spreadings has decimated it during storms. The plurimodal aspect of the histograms indicate that a lack of larval development may have occurred during some years (when surface temperature did not reach 10°C).

rait enfouie sous le niveau graveleux mentionné plus haut. Si l'on tient compte de la densité de population de chaque lit fossilifère (tabl. VI) et du pourcentage relatif des adultes, on peut conclure que la population originale de l'assemblage n° 1 était d'environ 270 individus par dm³ de sédiment. Cette interprétation est-elle plausible? Oui, dans la mesure où le milieu pouvait supporter une telle population, puisque l'assemblage n° 6 atteint une densité comparable.

Qu'en est-il des individus plus jeunes constituant le mode de longueur de moins de 7 mm (fig. 7)? Dans l'assemblage n° 1, nombre d'individus, mesurant en moyenne 2 mm, sont morts au cours de leur première année d'existence. De cette deuxième génération (si l'on admet que les adultes constituent la première), les quelques survivants ont disparu au cours des deux

FIGURE 8. Biométrie (a) et histogramme des longueurs (b) de quelques populations de *Macoma balthica* dans les dépôts champlainiens de la région de Montréal. A, Assemblage n° 8 du site du rang Sainte-Germaine (fig. 6); B, assemblage n° 6; C, site de Saint-Rémi.

Biometry (a) and histograms of the lengths (b) of populations of *Macoma balthica* in Champlain Sea deposits from the Montréal area. A, assemblage No. 8 of the Rang Sainte-Germaine locality (fig. 6); D, assemblage No. 6; C, Saint-Rémi locality.

années suivantes: ils apparaissent dans un mode discret entre 4 et 5 mm de l'assemblage n° 2, et dans le mode de 5 à 7 mm de l'assemblage n° 3. La troisième génération, née un an plus tard, a été totalement éliminée dans sa première année d'existence: c'est le mode dominant (1 à 2 mm de longueur) de l'assemblage n° 2. Aucun survivant de cette génération n'apparaît dans l'assemblage n° 3. Enfin, au cours de l'année qui fut fatale à l'ensemble de la communauté, celle au cours de laquelle le troisième assemblage a été fossilisé, aucune larve n'a vu le jour...

FIGURE 9. Taux annuel moyen de croissance de *Macoma balthica*, dans la population des assemblages nos 1 à 3 du rang Sainte-Germaine (fig. 6).

Mean annual growth rate of *Macoma balthica* for the population of assemblages 1, 2 and 3 of the Rang Sainte-Germaine locality (fig. 6).

Incidemment, on peut déduire, de cette reconstitution paléocéologique, un taux de sédimentation, pour la période d'existence de la population des assemblages nos 1, 2 et 3, de l'ordre de 30 à 35 cm/an. Bien que l'on ne puisse l'extrapoler pour l'ensemble de la séquence, il permet de penser que la mise en place de ce corps sédimentaire aurait pu se faire en cinquante ans environ.

Pour clore cette analyse des faunes, nous pouvons noter que dans le dernier assemblage (fig. 8), celui qui correspond aux lits sommitaux de la plage (donc à une population de la zone intertidale), quelques rares adultes et une dernière génération presque mort-née, achèvent l'histoire de cette biocénose à *Macoma balthica*.

Dans nombre de sites de la mer de Champlain, nous avons observé, chez *M. balthica*, des populations similaires de celles que nous venons de décrire. Il semble donc que, si les paramètres hydrologiques moyens de la mer de Champlain convenaient à l'espèce, de fortes variations thermiques pouvaient exister d'une année sur l'autre, la température de surface n'atteignant pas 10°C certaines années. Le mode brutal de mise en place de

matériel, parfois très grossier, fut responsable de la mort de nombreuses communautés. Ce qui confirme ce que nous avons déduit des observations sédimentologiques seules (cf. HILLAIRE-MARCEL *et al.*, 1974): des cycles de violentes tempêtes affectèrent le bassin de la mer de Champlain, sapant les corps sédimentaires d'origine glaciaire et répartissant le matériel, en saccades, sous formes d'arénorudites littorales.

3. *MYTILUS EDULIS* (LINNÉ)

Bien qu'on puisse la considérer comme une espèce euryhaline, puisqu'elle tolère apparemment des salinités aussi basses que 5‰ (ZENKEVITCH, 1963), *M. edulis* paraît s'être moins bien adaptée que *Macoma balthica* aux faciès saumâtres des bassins fermés. Une forte tendance au nanisme, dans la mer de Champlain, son absence dans le golfe de Laflamme⁶, en sont la preuve. En effet, la température ne paraît pas avoir été un facteur déterminant, puisqu'elle se retrouve aujourd'hui depuis les côtes des Carolines, jusqu'à celles du Groenland occidental, et que ses populations subarctiques atteignent des dimensions considérables (tabl. VII). Cependant MOORE (1958) signale un seuil thermique de 4°C en deçà duquel la respiration de *M. edulis* s'interrompt. Dans les mers froides, la croissance, limitée aux quelques semaines ou mois pendant lesquels la température de l'eau dépasse ce seuil, est donc lente. Une plus grande longévité lui permet toutefois d'atteindre des tailles normales⁷.

La répartition bathymétrique de *M. edulis* va de la zone de balancement des marées à une trentaine de mètres de profondeur (KINDLE et WHITTAKER, 1918). Toutefois, pour des raisons thermiques évidentes, elle occupe un domaine moyen de 10 m de profondeur et, dans les bassins les plus froids, se concentre même à la limite inférieure de la zone intertidale. Elle peut alors être considérée comme un assez bon indicateur des paléorivages.

Appartenant à l'épibenthos sessile, *M. edulis* se fixe sur un substratum rocheux (blocs ou socle), bien qu'exceptionnellement certaines algues puissent lui servir de support. Dans les mers post-glaciaires, les rudites de plage paraissent avoir constitué la niche écologique la plus fréquente. C'est ainsi qu'on rencontre *M. edulis* souvent fossilisée entre les blocs et cailloux d'origine

6. LAVERDIÈRE et MAILLOUX (1956), DIONNE (1968 *et p.*) et DIONNE et LAVERDIÈRE (1969) ne l'ont jamais observée dans les nombreux sites fossilifères du golfe de Laflamme qu'ils ont décrits.

7. WEYMOUTH *et al.* (1931) avaient déjà relevé la tendance des mollusques à compenser, dans les mers arctiques, la réduction des taux de croissance par une longévité accrue. Depuis, nombre de malacologistes ont confirmé cette observation (THORSON, 1936; BERTELSEN, 1937, etc.).

TABLEAU VI

Densité de population et composition des assemblages à *Macoma balthica*
dans les dépôts littoraux du rang Sainte-Germaine

Assemblage n°	Densité de population ind/dm ³ sédiment	% <i>Macoma</i> <i>balthica</i>	% espèces associées <i>Hiatella</i> <i>arctica</i>	<i>Mya arenaria</i>	Divers	Remarques
⑧	non mesurée	28 (32)	17 (100)	—	54% <i>Mytilus edulis</i> (100) débris de <i>Mytilus</i> et <i>Balanus</i>	} <i>Macoma b.</i> en position de vie
7	25	14 (55)	10 (25)	75 (43)		
⑥	330	98 (8)	2 (100)	—		
5	125	15 (25)	80 (75)	—		
4	55	7 (12)	93 (83)	—	fragments de <i>Balanus</i>	} <i>Macoma b.</i> en position de vie
③	130	100 (11)	—	—		
②	120	88 (13)	12 (100)	—		
①	141	93 (3)	7 (69)	—		

Aux assemblages entourés d'un cercle correspondent les histogrammes de la figure 8. Les nombres entre parenthèses représentent le pourcentage de valves brisées de chaque espèce.

TABLEAU VII

Biométrie de quelques populations de *Mytilus edulis* des dépôts champlainiens de la région de Montréal, comparée à celle du détroit d'Hudson, du golfe du Saint-Laurent et de la mer de Tyrrell

Site	Nature des sédiments	Longueur (mm)			Nombre de valvesmesurées
		min.	moy.	max.	
<i>Mer de Champlain</i>					
Rang Sainte-Germaine 01	Aréno-rudites de plage	5	18,5	30	54
Saint-Joseph-du-Lac	Rudites infralittorales	4	24,5	43	107
Rang Sainte-Germaine 02	Rudites infralittorales	6	29,6	48	131
" 03	"	3	29,8	51	159
" 04	"	5	30,7	45	130
" 05	"	1	33	44	172
<i>Mer de Tyrrell</i>					
Route de la baie de James	Aréno-rudites de plage	32	48	61	25
<i>Golfe du Saint-Laurent</i>					
Sept-Îles	Aréno-rudites de plage	9	47	85	25
<i>Détroit d'Hudson</i>					
Koartac	Socle gneissique	30	47	65	26

glaciale, par exemple dans les plages soulevées de la mer de Tyrrell (cf. WALCOTT et CRAIG, 1975).

Dans les assemblages fossiles de *M. edulis* que nous avons examinés, on remarque que ceux de la mer de Champlain se distinguent par les tailles médiocres des individus. La longueur des coquilles ne dépasse pratiquement pas 50 mm, pour une moyenne variant, d'une population à l'autre, de 18 à 33 mm (tabl. VII). Par comparaison, les faunes actuelles d'un bassin fermé, le golfe de Richmond, atteignent des dimensions moyennes de l'ordre de 50 mm et dépassent exceptionnellement 70 mm. On peut donc postuler des conditions de vie rudes dans la mer de Champlain: des salinités de surface et des températures estivales plus basses que dans le golfe de Richmond.

Il est rare que les populations fossiles se prêtent à des analyses biométriques; les valves sont fragiles et se fossilisent mal. De surcroît, nous avons noté une altération fréquente de la couche interne aragonitique des coquilles. La couche externe calcitique paraît plus résistante⁸. Il est donc exceptionnel de rencontrer une population biocénotique bien conservée. Nous en donnerons cependant quelques exemples, provenant également des dépôts champlainiens de la région d'Oka, à l'ouest de Montréal (cf. HILLAIRE-MARCEL *et al.*, 1974). Dans les deux sites, où peuvent être observés des assemblages de *M. edulis*, les dépôts sont constitués de rudites très grossières dont les pendages sédimentaires atteignent 25 à 27° (pl. V). Il s'agit de galets et blocs décimétriques à métriques, tantôt sans matrice et laissant entre eux des vides où se sont conservées des grappes de moules (pl. VI), tantôt noyés dans une matrice arénitique.

Dans une des populations analysées, 77% des valves ont pu être récoltées intactes; 54% des coquilles, ayant conservé les valves jointives, n'ont pas été remplies de sédiment. On peut donc admettre que la communauté fut fossilisée en «position de vie». Les histogrammes des tailles sont ainsi très réguliers (fig. 10). Ils présentent cependant l'allure bimodale, que nous connaissions déjà, et qui reflète la succession de générations d'inégale importance. Certaines années, la mortalité larvaire devait être générale, puisque les classes d'âges (et de longueur) correspondantes sont totalement absentes. Les autres populations examinées présentent les mêmes caractères. On observe même parfois trois modes successifs dans l'histogramme des tailles, indiquant donc la fréquence des années de forte mortalité larvaire (fig. 10) et de la croissance réduite des adultes (fig. 11).

8. Ce caractère est exceptionnel, puisque chez toutes les autres espèces de Lamellibranches, à coquille aragonitique, celle-ci se conserve parfaitement. Des contrôles radiocristallographiques systématiques nous ont démontré que l'aragonite était restée minéralogiquement stable dans tous les cas.

On peut donc conclure que, comme *Macoma balthica*, *M. edulis* s'est relativement bien adaptée aux eaux froides des mers post-glaciaires bien que la température des bassins soit restée, certaines années, en deçà du seuil de viabilité des larves.

Or, ANDREWS (1972) signale des variations de l'aire de dispersion de *Mytilus edulis*. Celle-ci s'étendit, entre 8 000 et 2 000 BP, au nord de son habitat actuel. Ce n'est d'ailleurs pas la seule espèce qui présente une répartition plus septentrionale au cours de l'Holocène. *Chlamys islandicus*, *Lyonsia hyalina* (espèces sur lesquelles nous reviendrons) et *Macoma balthica* indiquent également des variations des limites de leurs aires spécifiques au cours de cette période (cf. WAGNER, 1961; CYR, 1978; HÉTU, 1978). ANDREWS (1972) observe parallèlement des changements dans les taux de croissance de plusieurs espèces de l'Arctique. Bien que les âges de ces événements ne concordent pas toujours, on peut supposer que ceux-ci sont en partie liés, puisqu'ils concernent surtout les bassins septentrionaux (mer d'Iberville et océan Arctique).

WAGNER (1961) attribue ces fluctuations faunistiques à des variations de salinité. Si l'on revient à l'exemple de *M. edulis*, on se souvient que, quoique en principe euryhaline, l'espèce est effectivement sensible aux variations de salinité, puisque sa taille décroît rapidement dans les bassins saumâtres. Mais il est possible d'attribuer son incursion septentrionale à une légère augmentation de la température estivale de l'eau dans l'Arctique. En effet, l'exemple des populations champlainiennes de *M. edulis* nous a démontré que l'espèce y avait rencontré des conditions de température extrêmes: certaines années, les larves ne survivaient pas et le taux de croissance des adultes était pratiquement nul.

Une très faible oscillation thermique, dans un tel bassin, peut donc induire de rapides déplacements des populations. Notons que cette interprétation n'infirme pas l'existence de variations de salinité. En effet, dans les milieux arctiques, celles-ci peuvent avoir une connotation climatique indirecte, ne serait-ce qu'en entraînant des modifications de l'épaisseur de la banquise et donc de sa persistance estivale. Plusieurs années de débâcle tardive peuvent avoir des conséquences fatales sur la survie de la faune. Lorsque les eaux de surface sont insuffisamment — ou trop brièvement — réchauffées, les larves ne se développent pas; si cette circonstance se reproduit consécutivement plusieurs années, une espèce peut disparaître de la région concernée.

4. *MACOMA CALCAREA* (GMELIN)

Bien que n'appartenant pas du tout aux mêmes faciès que *Mytilus edulis*, *Macoma calcarea* a une répartition géographique semblable, en ce sens qu'elle n'est pas si-

FIGURE 10. Histogrammes des longueurs de quelques populations de *Mytilus edulis*. Mer de Champlain: A, Saint-Joseph-du-Lac (01); B, rang Sainte-Germaine (05); C, rang Sainte-Germaine (02); D, rang Sainte-Germaine (01). Détroit d'Hudson (faune actuelle): E, baie du Diana. Baie d'Hudson (faune actuelle): F, golfe de Richmond. Mer de Tyrrell: G, baie de James. On remarque (1) les dimensions réduites de *Mytilus edulis* dans la mer de Champlain et (2) l'allure plurimodale des histogrammes, indiquant des années de fortes mortalités larvaires.

Histograms of the length of some populations of *Mytilus edulis*. Note (1) the small size of *Mytilus edulis* in the Champlain Sea and (2) the plurimodal aspect of the histograms which show years of higher larval mortality.

gnalée dans le golfe de Laflamme et que, dans la mer de Champlain, ses populations ont des dimensions légèrement moindres que dans les bassins plus ouverts (tabl. VIII et fig. 12). La comparaison s'arrête là; d'abord parce que *M. calcaria* est une espèce typiquement arctique (THORSON, 1933, 1934) — ses représentants actuels ne descendent pas au-delà des côtes du New Jersey — ensuite, parce qu'elle occupe un domaine bathymétrique relativement profond (de 6 à 140 m de profondeur; KINDLE et WHITTAKER, 1918). *M. calcaria* vit, par con-

séquent, dans des eaux dont la température moyenne annuelle varie peu autour de 0°C. Les eaux saumâtres se concentrant vers la surface, elle peut bénéficier, en profondeur, d'une salinité relativement élevée, même dans les bassins peu ouverts. En pratique, l'espèce peut être considérée comme ultrahaline (salinités > 30‰).

L'adaptation de *M. calcaria* aux milieux arctiques se traduit également par un stade larvaire très court. Ses œufs sont gros (0,17 mm de diamètre, par comparaison

FIGURE 11. Variations du taux de croissance de *Mytilus edulis*. Certaines années, la croissance est presque nulle; on peut supposer des températures estivales voisines du seuil thermique de 4°C (échantillon provenant de la faune de la mer de Tyrrell).

Growth rate variations for *Mytilus edulis*. During some years, growth is almost non-existent. Summer temperatures are probably close to the limit of 4°C. This sample was part of the Tyrrell Sea fauna.

à 60-80 μm chez *Macoma balthica*; cf. THORSON, 1936). Les réserves en vitellus raccourcissent la vie pélagique. L'espèce est ainsi moins tributaire du réchauffement estival des eaux. Cette particularité se retrouve chez la plupart des Mollusques arctiques. La réduction du stade larvaire pélagique leur confère un avantage, dans les milieux froids. Les espèces aux œufs petits connaissent une vie pélagique plus longue. Elles peuvent être affectées rapidement par un refroidissement des eaux de surface.

Enfin, la dernière caractéristique de l'aire spécifique de *M. calcarea* est son appartenance à l'endobenthos. Il semble que les sédiments argilo-silteux lui conviennent particulièrement. C'est du moins le faciès où l'on rencontre les fossiles en biocénose. Les coquilles, valves jointives, sont alors disposées verticalement dans le sédiment.

Les assemblages fossiles se caractérisent par des histogrammes gaussiens typiques; les populations sont homogènes du point de vue biométrique. Contrairement aux espèces examinées précédemment, *M. calcarea* paraît avoir connu un développement régulier. La stabilité des taux de croissance ($\sim 2 \text{ mm/an}$) en est un autre indice (cf. HÉTU, 1978). Comme on pouvait s'en douter, les variations thermiques des eaux de surface ne l'ont pas affectée.

FIGURE 12. Histogrammes des longueurs de quelques populations de *Macoma calcarea*. Mer de Goldthwait: A, Sept-Îles (14). Mer de Champlain: B, Sainte-Thérèse. Mer de Tyrrell: C, baie de James; D, grande rivière de la Baleine (9); E, grande rivière de la Baleine (16); F, grande rivière de la Baleine (14). Les plus grandes dimensions furent atteintes dans la mer de Tyrrell.

Histograms of the lengths of some populations of *Macoma calcarea*. Greatest sizes were reached in the Tyrrell Sea.

TABLEAU VIII

Variations biométriques de quelques populations de *Macoma calcarea* dans les principaux bassins post-glaciaires. Dans les faciès profonds de la mer de Champlain (Sainte-Thérèse), l'espèce a rencontré des conditions de vie satisfaisantes (salinité > 30‰). Son développement y fut presque aussi brillant que dans les bassins plus ouverts

Site	Nature des sédiments	Biocénose	%/faune totale	Nombre de valves mesurées	min.	Longueur moy.	max.	Âge approximatif
Mer de Goldthwait								
— Sept-Îles 14	Argile marine	oui	27,2	33	19	25,3	33	9 100 BP
" 4	"	oui	18,8	40	30	39	52	7 500 BP
" 4A	"	oui	12,5	25	25,5	35	55,5	7 500 BP
" 37	"	non	7	14	8	19,2	26	≥ 8 000 BP
" 30	"	oui	20,7	26	10	25,8	45	7 000 BP
Mer de Champlain								
— Ste-Thérèse	Argile et cailloux glacio-marins	oui	33	35	21	30	38	11 300 BP
— Mont Johnson	Sables littoraux	non	7,5	6	21	25	31	10 500 BP
Mer d'Iberville (cf. Cyr, 1978)								
— Baie aux Feuilles A 8.3	Silts-sables	?	—	32	21,5	—	30	5 800 BP
— Baie aux Feuilles A 21	Arénorudites	?	—	19	12,5	—	38	5 700 BP
— Baie aux Feuilles A 6	Silts-sables	?	—		25	—	43	3 200 BP
Mer de Tyrrell								
— Grande riv. Baleine 14	Argile marine	oui	49	87	19	27,6	44	8 000 BP
— Grande riv. Baleine 16	Argile marine	oui	99	83	20	25,2	30	—
— Grande riv. Baleine 9	Argile marine	oui	48,6	56	19	28,7	43	—
— Petite riv. Baleine	Rythmites glacio-marines	oui	8,6	8	31	33,5	38	6 400 BP
— Baie de James	Argiles marines	oui	12,7	21	16	28	37	6 000 BP

Il peut être intéressant de noter le fait que *M. calcarea* paraît être une proie fréquente des Gastéropodes prédateurs. Dans nombre de populations fossiles, plus du tiers des valves sont perforées; ce qui revient à dire que les $\frac{2}{3}$ des individus ont été éliminés par les Gastéropodes (voir les exemples de la mer d'Iberville; CYR, 1978; cf. pl. II). La fossilisation de certaines communautés peut donc être liée aux ravages exercés par les Gastéropodes.

La répartition paléogéographique de *M. calcarea*, notamment dans les dépôts de la mer de Champlain à l'ouest de Montréal, indique l'existence, en profondeur, d'une composante océanique ultrahaline. On remarque, dans l'ensemble des bassins, que les populations de dimensions réduites correspondent aux faciès les moins profonds; ceux où la composante superficielle saumâtre était prépondérante et affectait le développement des individus. Si la répartition bathymétrique opti-

male des assemblages est aujourd'hui comprise entre 10 et 35 m de profondeur, il est probable que dans un bassin fermé, comme la mer de Champlain, la plupart des communautés devaient occuper la limite inférieure de ce domaine (~ 35 m). L'absence de *M. calcarea* dans les dépôts du golfe de Laflamme (tabl. III) indique une dilution générale, les seuils rocheux du haut Saguenay ayant probablement limité l'avancée des eaux océaniques profondes.

5. *PORTLANDIA ARCTICA* (GRAY)

Quoique peu abondante, *P. arctica* est probablement l'espèce la plus représentative des mers post-glaciaires (cf. mer à Yoldia; = *Portlandia*), dans la mesure où elle caractérise certains faciès glacio-marins. THORSON avait noté dès 1936 — observation confirmée par BERTELSEN (1937) — que *P. arctica* apparaissait à l'embouchure des rivières et au front des grands glaciers,

dans l'argile grise et meuble, déposée au fond des fjords et détroits par l'eau de fonte. On peut ajouter que sa répartition géographique paraît limitée à cette zone «proglaciaire» où les communautés se développent au-delà de 10 m de profondeur, dans des eaux dont la température n'excède pas 0°C, même l'été.

C'est effectivement dans les dépôts glacio-marins «profonds» que nous avons rencontré la plupart des fossiles de *P. arctica*; en particulier dans les rythmites (varves) glacio-marines (pl. IV). En ce sens, l'espèce traduit plus la proximité d'un front glaciaire, qu'une salinité élevée, d'autant plus que des fossiles ont été trouvés même dans les bassins les plus fermés, donc saumâtres. Dans la mer de Champlain, par exemple, *P. arctica* est signalée dans certaines vallées des Laurentides où elle apparaît d'ailleurs souvent seule (PARRY, 1963; PAGÉ, 1977) et dans la région du lac Champlain (CRONIN, 1977), qui constituaient des bras de mers étroits et peu salés. On ne peut donc considérer, *a priori*, sa présence comme la preuve d'un milieu hyperhalin. Ses variations biométriques sont par contre indicatrices. Alors que les coquilles ont à peine quelques millimètres de longueur dans les milieux saumâtres, telles celles des vallées laurentidiennes que nous avons examinées, elles peuvent atteindre des tailles étonnantes dans les bassins profonds et ouverts, de salinité arctique «normale» (~ 33‰).

L'exemple type que nous pourrions donner est celui des rythmites argileuses à la base des terrasses de la petite rivière de la Baleine (pl. IV). Affleurant aujourd'hui au niveau de la mer, ces rythmites furent mises en place dans la mer de Tyrrell qui avait alors une profondeur de plusieurs centaines de mètres. La fonte finale de la calotte du Nouveau-Québec produisit de considérables décharges annuelles de matériel détritique, auxquelles peuvent être attribuées les laminées grossières des rythmites. Les *P. arctica* eurent un brillant développement dans ce milieu: les coquilles fossiles dépassent souvent 20 mm de longueur.

En conclusion, *Portlandia arctica* peut être considérée comme un fossile de faciès remarquable, puisqu'elle caractérise non seulement les milieux glacio-marins, mais plus précisément les rythmites mises en place, au front du glacier en retrait, sous une tranche d'eau relativement importante. Sa présence dans les bassins les plus marginaux indique une certaine tolérance aux eaux saumâtres. Dans nombre de cas, *P. arctica* fut le premier Mollusque qui colonisa les bassins après le retrait glaciaire. C'est ainsi qu'on la retrouve souvent, à la base des dépôts marins, en compagnie de Foraminifères comme *Islandiella teretis*, tous deux s'accommodant parfaitement des conditions rudes des milieux proglaciaires.

6. LE GENRE MYA⁹

Les espèces arctiques et subarctiques de *Mya* sont parmi les fossiles de faciès les plus intéressants. Elles se répartissent dans la plupart des milieux marins post-glaciaires et reflètent assez bien l'évolution des bassins.

a) *Mya truncata*

Quoique *M. truncata* puisse être trouvée sur les côtes de Nouvelle-Angleterre, il s'agit d'une espèce typiquement arctique, en particulier sous sa forme *uddevalensis*, jamais observée au sud du golfe du Saint-Laurent. L'espèce se plaît dans les eaux très froides. Comme elle peut occuper les domaines mésolittoral et infralittoral, la profondeur moyenne de ses populations dépend de la température de l'eau: intertidale dans la baie de Frobisher, *M. truncata* s'enfonce dans les bassins plus chauds. Il semble que *M. t. typica* et *M. t. uddenvalensis* soient peu sensibles à la granulométrie du sédiment. Nous avons rencontré la plupart de leurs populations dans des aréno-rudites. *M. t. ovata*, par contre, paraît associée aux silts ou argiles relativement profonds. On la trouve souvent fossilisée «en position de vie» dans les sédiments fins des mers post-glaciaires (pl. VI), notamment dans la partie nord du bassin goldthwaitien et dans les mers d'Iberville et de Tyrrell. *M. truncata* peut être considérée comme une espèce ultrahaline, au même titre que *Macoma calcarea*. En effet, elle n'est pas signalée dans les dépôts du golfe de Laflamme et présente des dimensions réduites dans les faunes de la mer de Champlain. Une comparaison avec, par exemple, les populations de la mer de Goldthwait (tabl. IX), permet de constater que même dans le site champlainien de Sainte-Thérèse où, considérant la profondeur minimale du plan d'eau (> 50 m), la salinité était relativement élevée, les coquilles n'atteignirent que des tailles médiocres.

b) *Mya arenaria*

Contrairement à *M. truncata*, *M. arenaria* ne se rencontre pas dans les eaux arctiques. L'espèce peut donc

9. Sans revenir sur les travaux de FORSTER (1946) ou de LAURSEN (1966), il peut être utile de rappeler les caractères distinctifs des espèces que l'on rencontre. En effet, une certaine confusion existe encore dans les identifications. *Mya truncata* se caractérise par un chondrophore au bord distal sublinéaire et par un sinus large, la ligne palléale dessinant un U très reconnaissable (pl. III). Elle se répartit en trois sous-espèces: *M. truncata typica* Linné, au bord postérieur tronqué perpendiculairement à la charnière; *M. truncata uddevalensis* (Forbes), où celui-ci est tronqué selon un angle aigu avec la charnière; *M. truncata ovata* (Jansen), où le bord postérieur est ovale. Enfin, *Mya arenaria* Linné, de forme générale ovale, peut être identifiée par un chondrophore au bord distal arrondi et un sinus palléal plus étroit que chez l'espèce précédente (pl. III).

TABLEAU IX

Biométrie comparée de quelques populations de *Mya truncata* typica dans les mers de Champlain et de Goldthwait

Site	Longueur (mm)			Nombre de valves mesurées
	min.	moy.	max.	
<i>Mer de Goldthwait</i>				
Sept-Îles 11	49	60	69	13
" 7	50	59	65	
" 37-2	36	48	59	47
" 41-A	52	58,4	63	29
" 30	37	49,5	63	20
<i>Mer de Champlain</i>				
Ste-Thérèse	35	45	52	21
Mont Johnson	32	37	41	7

être considérée comme un excellent indicateur thermique dans les mers post-glaciaires: son apparition y a traduit une tendance au réchauffement des eaux.

En effet, il semble que les véligères de *Mya arenaria* ne puissent se développer en deçà de 12°C (LAURSEN, 1966)¹⁰. Bien que dans certains estuaires et baies abritées de la baie d'Hudson cette température soit généralement dépassée pendant l'été, l'espèce n'y est pas représentée. Nous ne l'avons d'ailleurs jamais observée dans les dépôts des mers d'Iberville ou de Tyrrell, pas plus que dans ceux de la mer de Goldthwait, sur la côte nord. *M. arenaria* caractérise plutôt les bassins fermés, tels la mer de Champlain et le golfe de Laflamme, où elle pouvait y trouver, surtout au cours des phases d'exondation, des eaux peu profondes et relativement chaudes. Bien que tolérant des profondeurs pouvant atteindre 25 m, *M. arenaria* occupe de préférence la zone de balancement des marées ou les premiers mètres du domaine infralittoral (> 6 m).

Dans nombre de sites fossilifères, *M. arenaria* peut être observée en biocénose dans les lits de sommet de plages (top-set) c'est-à-dire dans le domaine mésolittoral (pl. VI). Sa présence dans les bassins fermés permet de la considérer comme une espèce euryhaline. ZENKEVITCH (1963) lui attribue un seuil de tolérance de 5‰. Enfin, la dernière particularité de *M. arenaria*, animal fouisseur, paraît être sa préférence pour les sédiments fins. SWAN (1952) a noté, dans des populations actuelles du golfe du Saint-Laurent, de larges différences de croissance selon la granulométrie du substratum.

Les populations de *M. arenaria* que nous avons pu étudier (HILLAIRE-MARCEL, 1972) reflètent assez bien

l'aire spécifique que nous venons de décrire. La seule particularité que nous pourrions signaler est la présence actuelle de l'espèce en bordure sud du détroit d'Hudson, dans la baie du Diana (cf. pl. III), où une population a été datée aux environs de 4 000 BP. Il s'agit du site le plus septentrional atteint par *M. arenaria*¹¹. Or, les courants froids du détroit d'Hudson ne paraissent pas favorables à l'espèce quoique, dans les zones peu profondes, au fond de la baie du Diana, la température de surface soit suffisante au cours de l'été pour permettre aux larves de survivre. En fait, l'arrivée de l'espèce pourrait avoir eu lieu pendant l'Holocène, au cours d'un optimum thermique dont nous avons déjà signalé quelques indices. D'après l'étude des taux de croissance des faunes arctiques, ANDREWS (1972) suggérait un âge de 3 500 BP pour cet événement. Dans la baie du Diana, les dépôts marins de cette période se situent pratiquement dans la zone actuelle de balancement des marées (étant donné le taux d'émersion des terres; cf. GRAY et al., 1980); il est donc presque impossible d'identifier les populations fossiles correspondantes. C'est pourquoi, nous ne pouvons que suggérer la présence de l'isolat spécifique de *M. arenaria*, dans le détroit d'Hudson.

Parmi les assemblages fossiles, ceux de la mer de Champlain sont certainement les mieux connus. ELSON (1969b) avait remarqué l'apparition tardive de l'espèce, dans le bassin, puisque les âges des communautés s'échelonnent, du sud vers le nord, de 10 800 BP à 10 100 BP. Le métachronisme de cette colonisation reflète un réchauffement plus précoce des eaux, au sud du Saint-Laurent, où la profondeur du plan d'eau était moindre. En effet, l'inflexion du socle, vers le NNO (cf. HILLAIRE-MARCEL, 1974), fait que la même ligne de rivage de la mer de Champlain apparaît aujourd'hui à des altitudes différentes, au nord et au sud. La notion de phase à *Mya arenaria*, telle que la proposait ELSON (1969), n'a donc aucune signification stratigraphique, mais reflète une évolution thermique diachronique du milieu.

Dans un site déterminé, la même évolution s'observe. Nous en prendrons un exemple: celui des dépôts littoraux des collines d'Oka, auxquels nous nous sommes déjà intéressé à propos des assemblages à *Macoma balthica* (fig. 6).

Sur le dernier mètre des sédiments qui constituent la plage soulevée, *Mya arenaria* apparaît et marque ainsi le réchauffement ultime des eaux. Les coquilles sont disposées en quatre ou cinq lits de 10 à 15 cm de hauteur: plus de 96% d'entre elles ont les deux valves

10. Les adultes ont un métabolisme réduit en deçà de 4°C (TURNER, 1948), comme la plupart des Lamellibranches très littoraux que nous avons examinés précédemment.

11. FORSTER (1946) avait signalé *M. arenaria* sur la côte du Labrador, à la latitude de Hamilton Inlet. Les spécimens que nous avons recueillis dans la baie du Diana sont donc nettement en dehors du domaine géographique reconnu.

encore accolées et sont disposées verticalement; la partie postérieure de la coquille, correspondant au siphon, toujours dirigée vers le sommet des strates (pl. VI). En outre, 93% des coquilles présentent la particularité d'être parallèles. La charnière se situe vers le haut de la pente sédimentaire, c'est-à-dire vers le littoral. Le bord ventral de la coquille est orienté vers le bas de la pente sédimentaire, les valves s'ouvrant en quelque sorte «vers le large». L'avantage de cette position paraît évident: les mouvements des valves, accompagnant la sortie et la rétraction du siphon, pouvaient s'effectuer sans que la coquille ne se remplit de sédiments. Enfin, dans les zones à granulométrie grossière, on peut remarquer certains individus fossilisés au cœur d'un terrier vertical de 20 cm de hauteur moyenne (pl. VI) et rempli de sédiments plus fins. Ceux-ci étaient probablement entraînés par les mouvements de la coquille et du siphon. Tranchant sur le sédiment englobant, ces bioturbations reflètent un aspect «presque intime» de la vie des *M. arenaria* dans la mer de Champlain. Assez profondément enfoncées dans le sédiment, celles-ci suivaient le mouvement des marées et pouvaient, au besoin, se rapprocher de la surface après un épandage de matériel grossier dû aux tempêtes.

Deux échantillonnages, respectivement de 122 et 86 valves, ont été effectués dans la population de *Mya arenaria*. L'analyse biométrique donne des aires de dispersion des rapports hauteur/longueur et largeur/longueur (fig. 13) très régulières, comparables aux résul-

tats obtenus par SWAN (1952) ou NEWCOMBE (1936) sur les populations actuelles du golfe du Saint-Laurent. Le tableau X donne une comparaison des données de Swan avec les nôtres. Les rapports biométriques sont pratiquement identiques; la seule différence concerne les dimensions maximales atteintes par les individus. Comme on peut le voir sur l'histogramme de la figure 14, la longueur n'excède pas 60 mm dans la population fossile, alors qu'elle atteint 125 mm chez les représentants actuels du golfe du Saint-Laurent. Plusieurs facteurs purent limiter la croissance de *M. arenaria* dans la mer de Champlain, mais la température paraît avoir été déterminante. En effet, l'allure pluri-modale de l'histogramme (fig. 14) rappelle ce que nous avons déjà observé chez d'autres espèces (relativement) thermophiles: certaines années, les larves ne pouvaient survivre. Les classes d'âges (et de longueurs) correspondantes sont absentes dans l'histogramme. Parmi les autres facteurs limitants, notons la salinité particulièrement basse, dans la zone de balancement des marées où vivait cette population. Toutes proportions gardées, la granulométrie des sédiments paraît avoir convenu aux *M. arenaria*. On note d'ailleurs qu'elles apparaissent dans les sables les plus fins de la séquence littorale (fig. 15).

Pour conclure cette digression sur les caractéristiques paléocologiques étonnantes des *M. arenaria*, nous insisterons sur les indications paléothermométriques qu'elles apportent. Espèce la plus thermophile

FIGURE 13. *Mya arenaria*: aire de dispersion des rapports hauteur/longueur et largeur/longueur, rang Sainte-Germaine (mer de Champlain).

Mya arenaria: scattering zone of height/length and width/length ratios, Rang Sainte-Germaine (Champlain Sea).

TABLEAU X

Mya arenaria: variations biométriques comparées dans une population actuelle du golfe du Saint-Laurent (d'après SWAN, 1952) et dans l'assemblage fossile des collines d'Oka (mer de Champlain)

Classes de Longueur		20 (mm)	40 (mm)	60 (mm)	90 (mm)	125 (mm)	RAPPORTS
Population actuelle du Golfe du Saint-Laurent	Hauteur	12.69	23.85	35.01	51.75	71.25 +	$\frac{H}{L} = 0.58$
	Largeur	7.26	14.28	21.30	38.83	44.11 +	$\frac{I}{L} = 0.35$
Population fossile	Hauteur	13	23.7	35.1 +			$\frac{H}{L} = 0.59$
	Largeur	7.3	14	21.2 +			$\frac{I}{H} = 0.35$

des Lamellibranches, elle offre en outre l'avantage de tolérer des salinités basses et, ainsi, de marquer les améliorations thermiques dans les bassins même très saumâtres (golfe de Laflamme).

7. LES AUTRES LAMELLIBRANCHES CARACTÉRISTIQUES

D'autres espèces de Lamellibranches peuvent être rencontrées dans les dépôts marins. Souvent peu caractéristiques de faciès déterminés, ou encore peu abondantes et donc peu représentatives du milieu, elles ont un intérêt paléocéologique moindre que les précédentes. Toutefois, quelques-unes d'entre elles méritent d'être mentionnées, telles *Chlamys islandicus* (Müller), *Clinocardium ciliatum* (Fabricius) et *Serripes groenlandicus* (Bruguère). Bien qu'en principe leurs aires spécifiques soient distinctes (cf. BERTELSEN, 1937), on les rencontre souvent dans les mêmes populations fossiles et en assez grande quantité (tabl. XI).

Toutes trois sont absentes dans le golfe de Laflamme, mais ont colonisé les bassins plus ouverts ainsi que l'est de la mer de Champlain, c'est-à-dire la région la plus proche de la mer de Goldthwait, donc la plus salée; on y relève cependant des spécimens aux dimensions réduites. Il s'agit d'espèces ultrahalines. Leur répartition bathymétrique couvre pratiquement les domaines infralittoral et circalittoral. En principe abondantes au-delà d'une vingtaine de mètres de profondeur (cf. KINDLE et WHITTAKER, 1918), elles peuvent cependant s'accommoder d'eaux plus superficielles, notamment *Clinocardium* que nous avons souvent rencontré en compagnie de *Macoma balthica*. La tolérance de *Clinocardium* pour les substrats sableux explique cette parti-

FIGURE 14. a) Histogramme des longueurs et taux de croissance d'une population fossile de *Mya arenaria* (rang Sainte-Germaine) dans la mer de Champlain. L'allure plurimodale reflète l'absence de développement larvaire certaines années, lorsque la température de surface n'atteignait pas le seuil thermique de 10-12°C. b) Comparaison biométrique avec d'autres populations de la région de Montréal. Sauf exception, les populations furent homogènes dans l'ensemble du bassin.

a) Histogram of the length and growth rate of a fossil population of *Mya arenaria* (Rang Sainte-Germaine) in the Champlain Sea. The plurimodal aspect of the histogram shows the lack of larval development during some years when the water temperature did not reach the thermal threshold of 10-12°C. b) Biometric comparison with other populations of the Montréal area. Allowing for exceptions, the populations were homogeneous throughout the whole basin.

cularité (*Chlamys* et *Serripes* sont plus abondantes sur les faciès fins). En résumé, ces trois espèces se développent brillamment dans les eaux froides et salées, sous quelques dizaines de mètres de profondeur.

En fait, lorsque nous étudierons la communauté à *Macoma calcarea* (cf. plus loin), nous verrons que l'une ou l'autre, sinon les trois espèces lui sont associées dans plus de 80% des cas. Il n'est donc pas étonnant que *Chlamys*, *Serripes* et *Clinocardium* reflètent un milieu comparable à celui de *M. calcarea*. On peut néanmoins souligner leur tendance sténohaline plus poussée, puisqu'ils ne pénètrent pas à l'ouest du bassin champlainien, alors que des populations naines de *M. calcarea* peuvent y être trouvées.

FIGURE 15. Coupe composite des dépôts littoraux du rang Sainte-Germaine (collines d'Oka). Le niveau à *Mya arenaria* correspond aux sables les plus fins de la séquence arénitique (extrait de HILLAIRE-MARCEL et al., 1974).

Heterogeneous cross-section of coastal deposits from Rang Sainte-Germaine (Oka Hills). The Mya arenaria level is also the finest sandy layer of the arenite sequence (from HILLAIRE-MARCEL et al., 1974).

Enfin, nous achèverons cette analyse des Lamelli-branches caractéristiques par le genre *Astarte* dont nous avons observé quatre espèces ou variétés: *A. undata* Gould, *A. montagui striata* (Leach), *A. montagui warhami* Hancock et *A. borealis* Schumacher (pl. III).

Peu abondantes ou même absentes dans les bassins saumâtres, les *Astarte* apparaissent comme des espèces ultrahalines (> 30‰) pouvant occuper un domaine bathymétrique assez large, de quelques mètres à une centaine de mètres de profondeur (KINDLE et

WHITTAKER, 1918). L'espèce la plus thermophile paraît être *A. undata* que nous n'avons rencontrée que dans quelques populations fossiles de la mer de Goldthwait. Plus ubiquistes, les autres espèces seraient, d'après ELLIS (1960), particulièrement abondantes entre 5 et 20 m de profondeur. Leur incidence dans une communauté fossile ne peut donc être considérée comme significative du point de vue bathymétrique. Par contre, lorsqu'elles atteignent un fort pourcentage de la population totale, elles indiquent une profondeur modérée.

TABLEAU XI

Exemples de biocénose à *Clinocardium ciliatum*, *Serripes groenlandicus* et *Chlamys islandicus*. Bien que toutes les combinaisons s'observent, les trois espèces se retrouvent dans plus du tiers des communautés (à *Macoma calcaria*)

Site	No éch.	Type de communauté	<i>Chlamys islandicus</i>	Pourcentages <i>Clinocardium ciliatum</i>	<i>Serripes groenlandicus</i>	
Mer de Goldthwait						
Sept-Îles	S 4-1	<i>Macoma calcaria</i> (C)	—	9,4	15,3	C caractéristique
"	S 4	" " (C)	—	8,3	35,4	D dominante
"	S 37-1	" " (C)	5,5	—	—	+ pourcentage non déterminé
"	S 30-1	" "	9,8	6,1	4,9	— absent
"	S 6	<i>Macoma balthica</i>	—	5	—	
"	S 14	<i>Macoma calcaria</i> (D)	13	—	—	
"	S 29	" " (C)	11,1	—	5,6	
"	S 31	" " (C)	5	20	10	
Middle Bay	B 3	" " (C)	+	+	+	
Mer de Tyrrell						
Golfe de Richmond	R 16	<i>Macoma calcaria</i>				
Poste-de-la-Baleine	PDB 14	" " (C)	+	+	+	
"	PDB 10	" " (C)	22,1	7	—	
"	PDB 16	" " (C)	+	+	—	
"	PDB 56	" " (C)	+	+	—	
"	PDB 9	" " (D)	13,2	16,7	—	
Baie de James	BJ 1	" " (C)	24,2	27,2	—	
Détroit d'Iberville						
Baie du Diana	D 2	<i>Macoma calcaria</i>	+	+	+	
"	D 3	" "	—	+	+	

Nous verrons plus loin qu'elles sont associées, dans ce cas, à des espèces très littorales.

8. REMARQUES SUR LE GENRE *BALANUS*

Souvent brisées, les valves des capitulum fossiles de *Balanus* se prêtent mal à l'identification systématique. En outre, les variations morphologiques intraspécifiques sont considérables (cf. PILSBRY, 1913). Elles répondent généralement au type de substratum sur lequel la larve cypris s'est fixée (rocher, bloc, cailloux, coquille, ...). Pourtant, quatre espèces de *Balanus* ont pu être identifiées dans les dépôts marins post-glaciaires (pl. II et III). Dans la mesure où certaines d'entre elles ont une valeur d'indicateur bathymétrique, nous les examinerons brièvement, à la lumière des travaux de BOUSFIELD (1954) et de BOURGET et LACROIX (1973), traitant de leurs populations actuelles sur la côte atlantique et le golfe du Saint-Laurent.

B. balanoïdes (Linné) est l'espèce la plus rarement signalée dans les faunes fossiles. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce fait. Fixés préférentiellement dans la zone intertidale, bien que tolérant un domaine bathymétrique plus large (BOUSFIELD, 1954), les individus, déjà fragiles par nature, durent subir l'effet des

tructeur des vagues et du pied de glace. Peu d'entre eux se fossilisèrent donc.

Il semble d'autre part que les milieux saumâtres ne leur conviennent pas. Or, le phototropisme positif des larves (Runnstrom, in BOURGET et LACROIX, 1973) tend à maintenir l'espèce dans un domaine très littoral. Les faibles salinités de surface, dans les bassins post-glaciaires, ne furent donc pas un facteur favorable à leur développement. On rencontre cependant quelques populations de *B. balanoïdes* dans les mers de Champlain et de Goldthwait. Il est préférable de ne pas leur accorder une signification bathymétrique précise. En effet, l'aire spécifique était certainement déplacée vers la marge inférieure du domaine infralittoral, dans la mesure où les eaux saumâtres superficielles ne leur convenaient pas.

B. crenatus Bruguière et *B. balan* (Linné) ont une répartition bathymétrique presque semblable: se développant de la zone intertidale jusqu'à la zone circalittorale, les populations se concentrent cependant entre 5 et 15 m de profondeur (BOUSFIELD, 1954). Les deux espèces se partagèrent apparemment les bassins post-glaciaires. *B. balan*, connue comme l'espèce tolérant les eaux les plus septentrionales, caractérise surtout les

mers d'Iberville et de Tyrrell. Il semble que ses populations fossiles aient eu tendance à occuper un domaine très superficiel (ses représentants actuels, dans le détroit d'Hudson, sont d'ailleurs abondants à la limite inférieure de la zone intertidale, qu'ils occupent en compagnie de *Mytilus edulis*). On trouve cependant nombre de *B. balan* en position de vie sur des coquilles de *Chlamys islandicus* (pl. III) qui indiquent un milieu un peu plus profond. *B. crenatus* est le Cirripède dominant dans les faunes de la mer de Champlain et du golfe de Laflamme. On peut donc supposer que l'espèce s'est bien adaptée aux milieux saumâtres. BOURGET et LACROIX (1973) n'ont d'ailleurs observé aucune relation entre la salinité et la fixation ou le développement des *B. crenatus* du golfe du Saint-Laurent. Ils relèvent, par contre, une influence thermique importante; ce qui expliquerait l'abondance de l'espèce dans les bassins méridionaux, relativement plus chauds.

La dernière espèce, *B. hameri* (Ascanius), est la plus surprenante. En effet, quoique abondante dans les dépôts glacio-marins grossiers et profonds, où l'on peut donc supposer des températures de l'ordre de 0°C, on ne la rencontre pas dans les bassins septentrionaux (mer de Tyrrell et mer d'Iberville).

Sa répartition actuelle paraît d'ailleurs ne pas dépasser la côte du Labrador (BOUSFIELD, 1964). On ne connaît pas la raison pour laquelle l'espèce ne s'est pas propagée vers le nord. Il ne semble pas que les exigences larvaires soient en cause. BOUSFIELD (1954) indique un phototropisme négatif, chez les larves, qui tendrait à les maintenir en profondeur, même pendant le stade planctonique. L'adaptation aux eaux froides paraît donc totale chez *B. hameri*.

Apparemment absent dans le golfe de Laflamme, nous n'avons jamais rencontré *B. hameri*, dans le domaine champlainien, en dehors des faciès profonds (fixé sur des rudites glacio-marines ou sur des blocs et cailloux, largués par les glaces flottantes dans les argiles; coupes de Sainte-Thérèse, fig. 3 et de Saint-Alban, fig. 16). *B. hameri* apparaît donc comme une espèce exigeant des salinités élevées, probablement supérieures à 30‰. Il ne semble pas que le domaine bathymétrique relativement profond, que nous avons observé dans la mer de Champlain, soit imposé par sa nature sténohaline. En effet, BOUSFIELD (1954) souligne son développement médiocre en deçà de 50 m de profondeur, dans des eaux pourtant ultrahalines; l'optimum se situant vers la marge du plateau continental.

Les Cirripèdes balanomorphes ont donc connu un développement assez remarquable dans les mers post-glaciaires. Lorsque les coquilles sont suffisamment bien conservées et apparaissent encore fixées sur leur support, on peut considérer les *Balanus* comme d'assez bons fossiles de faciès. Leur intérêt paléocéologique est

cependant inégal. Dans les mers septentrionales, *B. balan* est presque toujours la seule espèce présente; considérant sa tolérance bathymétrique, il est difficile de lui accorder une valeur indicative acceptable. Dans les bassins méridionaux, par contre, la répartition bathymétrique des trois autres espèces est significative, dans la mesure de leurs densités de population et de leurs proportions relatives.

III. PALÉOSYNÉCOLOGIE: LES COMMUNAUTÉS TYPES ET LEUR RÉPARTITION

La plupart des espèces caractéristiques des assemblages fossiles que nous venons d'examiner, sont euryhalines, ou eurybathes, ou encore eurythermes. On ne pourra donc les considérer comme de bons fossiles de faciès, d'autant plus que dans nombre des cas les populations ont des tendances au nanisme; ce qui laisse supposer que les conditions de vie optimales étaient rarement rencontrées. La présence d'une espèce, dans un site déterminé, ne peut donc être interprétée directement. Par contre, l'analyse détaillée des assemblages fossiles apporte, par le recoupement des aires spécifiques, des informations plus précises sur la nature du milieu.

Nous en donnerons un exemple tiré de la zonation littorale de l'épibenthos sessile, caractéristique des faciès grossiers, rudites ou aréno-rudites (fig. 17). La présence de *Hiatella arctica*, dans une biocénose, ne constitue pas une indication précise sur le milieu: on la retrouve de 0 à 100 m de profondeur, dans la plupart des bassins. Si *Mytilus edulis* est associée à *Hiatella*, on peut déjà supposer une profondeur modérée (<30m), et même très faible (<10 m), si *Mytilus* domine l'assemblage. Les espèces de *Balanus* présentes dans la faune précisent encore le paléoenvironnement. Si *B. crenatus* est plus abondant que *B. balan*, on peut conclure que les eaux de surface étaient relativement chaudes pendant l'été (> 8°C). Si de surcroît *B. balanoïdes* apparaît dans l'assemblage, il est probable que la salinité était assez élevée, même dans les eaux superficielles.

Inversement, une association de *Hiatella arctica* avec *Mya truncata* indique un milieu plus profond (> 30 m), de l'ordre de 50 m de profondeur si *Balanus hameri* apparaît. Dans ce cas, il est presque certain que la sous-espèce *Mya truncata typica* domine sur *Mya truncata uddevalensis*. L'assemblage, caractéristique d'eaux froides (~ 0°C), de salinité élevée (> 30‰), indique cependant qu'il s'agit d'un bassin méridional, puisque *Balanus hameri* n'existe pas dans les mers septentrionales.

Une zonation aussi significative pourrait être définie dans l'endobenthos et dans l'épibenthos vagile des sa-

FIGURE 16. Coupe de Saint-Alban, au nord de Trois-Rivières (d'après OCCHIETTI, 1978). Dans les sédiments glacio-marins post-Saint-Narcisse de la base, on trouve *Portlandia arctica* dans l'argile et *Balanus hameri* fixé sur le substrat.

Cross-section from Saint-Alban, north of Trois-Rivières (from OCCHIETTI, 1978). At the base of post-Saint-Narcisse glacio-marine deposits, *Portlandia arctica* was found in clay and *Balanus hameri* was found attached to the basement.

bles et argiles; elle incluerait *Mya arenaria*, *Mya truncata*, *Macoma balthica*, *Macoma calcarea*, *Chlamys*, *Serripes*, *Clinocardium* et diverses espèces d'*Astarte* et de *Venericardia*. Nous y reviendrons.

L'exemple qui précède nous conduit à définir des communautés fossiles types, c'est-à-dire des assemblages (en biocénose) que l'on rencontre fréquemment et qui correspondent à des biotopes déterminés. La notion de communauté type repose sur l'existence d'une espèce caractéristique, souvent dominante¹², et qui ap-

paraît systématiquement dans un faciès déterminé (cf. PETERSEN, 1913, in HEDGEPEETH, 1957). Un certain nombre d'espèces accompagnatrices lui sont associées; elles ne sont pas toujours représentées dans la communauté, mais l'une d'entre elles peut devenir à son tour caractéristique et marquer ainsi la transition vers une autre communauté; tous les intermédiaires de l'une à l'autre s'observent.

Cette notion de communauté type présente de grands avantages. En effet, une biocénose ne peut être représentée 50% ou plus de la population totale; caractéristique, de 25 à 49%; accompagnatrice, de 10 à 24%; fortuite, moins de 10%.

12. Nous employons les subdivisions usuelles pour les analyses quantitatives: une espèce est dominante lorsqu'elle re-

FIGURE 17. Zonation littorale de l'épibenthos sessile dans les rudites : A, bassins septentrionaux ; B, bassins fermés.

Coastal zonation of the sessile epibenthic fauna in rudites : A, northern basins ; B, closed basins.

constituée totalement, en paléocéologie, puisque nombre d'espèces (micro-organismes, algues,...) ne se fossilisent pas. L'assemblage fossile que l'on observe peut effectivement appartenir à une biocénose déterminée, mais ne la reflète pas en totalité. Le concept plus souple de communauté pallie cette difficulté et permet en outre de mettre l'accent sur les espèces se fossilisant bien. Les communautés que nous définirons ne sont donc pas forcément identiques à celles que décrivent les biologistes. La plupart d'entre elles, cependant, ont déjà été identifiées (cf. PETERSEN, 1913; THORSON, 1936; BERTELSEN, 1937; HUNTER, 1949; ZENKEVITCH, 1963).

1. LA COMMUNAUTÉ À *PORTLANDIA ARCTICA* (tabl. XII)

Comme le signale THORSON (1936), *Portlandia arctica* est la seule espèce vraiment caractéristique dans sa communauté. *Macoma calcarea*, *Yoldia sp.* et quelques espèces fortuites y entrent parfois.

Le premier exemple que nous donnerons de cette communauté provient des dépôts de la mer de Tyrrell. Il s'agit de la population fossile des rythmites glacio-marines de la petite rivière de la Baleine. Souvent remplies d'un concrétionnement calcaire (pl. IV), les coquilles ont conservé, à plus de 90%, leurs valves accolées. *P. arctica* domine nettement l'assemblage (87%); *Macoma calcarea* (8,6%) et *Yoldia yoldia* (4,3%) y figurent comme espèces fortuites. Si l'on tient compte des tailles exceptionnelles des *Portlandia* (fig. 18), on peut conclure que la communauté se trouvait ici dans des conditions optimales: au fond d'un fjord de salinité élevée (la profondeur du plan d'eau était alors supé-

TABLEAU XII

Exemples de communautés à *Portlandia arctica* dans les assemblages fossiles. *Portlandia* est la seule espèce vraiment caractéristique dans sa communauté

Sites	Âges ¹⁴ C	Sédiments	Pourcentage <i>Portlandia arctica</i>	Espèces en biocénose	Espèces en thanatocénose	Remarques
Mer de Champlain						
Lachute	10 430	Argiles glacio-marines	10	<i>Cylichna alba</i> <i>Hiatella arctica</i> <i>Macoma calcarea</i>	<i>Balanus sp.</i>	
Piémont	10 300	Rythmites silto-sableuses	50		<i>Astarte sp.</i> <i>Macoma balthica</i> <i>Hiatella arctica</i> ...	cf. Parry, 1963 lmax Portl. 5 mm
Saint-Alban	10 600	Argiles glacio-marines	25	<i>Balanus hameri</i>		
La Fourche	11 300	Argiles glacio-marines	?	<i>Balanus hameri</i>	<i>Lunatia pallida</i> ...	cf. Occhietti, 1978 lmax Portl. 1.2 mm
Mer de Tyrrell						
Petite-Rivière-de-la-Baleine	6 380	Rythmites glacio-marines	87	<i>Macoma calcarea</i> <i>Yoldia yoldia</i>		Les fossiles sont remplis de CaCO ₃ Contamination possible

FIGURE 18. Histogramme d'une population de *Portlandia arctica* dans des rythmites glacio-marines, petite rivière de la Baleine. Les dimensions exceptionnelles de ces fossiles indiquent que l'espèce avait rencontré, dans ce milieu, des conditions optimales.

Histogram of a population of *Portlandia arctica* found in glacio-marine layers, Petite Rivière de la Baleine. The exceptional sizes of these fossils indicate that the species has known the best growing conditions in this environment.

rieure à 150 m), dans des rythmites argilo-silteuses qui indiquent la proximité d'un front glaciaire.

Les autres exemples de communautés à *P. arctica* sont extraits des faunes de la mer de Champlain. Dans la région de Trois-Rivières, une coupe, décrite par OCCHIETTI (1979), reproduit à quelques détails près ce que l'on avait observé dans la petite rivière de la Baleine. Plus ou moins associés à la position morainique de Saint-Narcisse les premiers sédiments, typiquement glacio-marins, renferment une faune de *P. arctica*. Des blocs et cailloux, largués par les glaces flottantes dans l'argile, permirent l'installation de *Balanus hameri*. La présence de ce Cirripède confirme bien qu'il s'agit de dépôts mis en place sous une tranche d'eau importante, donc en milieu froid ($\sim 0^{\circ}\text{C}$) et probablement ultrahalin ($\sim 30\%$).

De dimensions beaucoup plus modestes (de 5 à 10 mm de longueur), les *P. arctica* que nous avons observées dans les communautés fossiles des vallées laurentiennes indiquent un milieu moins profond et plus saumâtre. La proximité du front glaciaire est cependant évidente. Qu'il s'agisse des coupes de Lachute (fig. 19),

où des argiles glacio-marines riches en cailloux ont livré une faune à *P. arctica*, ou encore de celles de Piémont, décrites par PARRY (1963), les faciès sont caractéristiques du retrait glaciaire en milieu marin.

Nous pouvons donc retenir les argiles glacio-marines comme le faciès type de la communauté à *P. arctica*. Parfois riches en blocs et cailloux, elles indiquent une ablation glaciaire par vèlage; parfois «varvées», elles reflètent alors un milieu plus profond, où l'apport estival des eaux de fonte du glacier interrompait la décantation des argiles, par le dépôt de laminées plus grossières.

Dans chaque cas, la proximité du front glaciaire paraît être le caractère déterminant. Les *P. arctica* sont les premiers Lamellibranches à occuper les faciès profonds. La microfaune associée renferme généralement *Islandiella teretis* (cf. FILLON, 1974) qui, nous l'avons vu, présente la particularité de coloniser les bassins aussitôt après le retrait du glacier.

Les exemples des vallées laurentiennes, où la faible profondeur de l'eau et l'apport considérable d'eau de fonte maintinrent une salinité relativement basse, démontrent une certaine tolérance de *P. arctica* aux faciès saumâtres. Leur croissance y fut cependant médiocre. THORSON (1936) indique un domaine bathymétrique de 10 à 60 m de profondeur pour cette communauté. Le brillant développement de la population fossile de la petite rivière de la Baleine nous conduit à accroître ce domaine. En effet, aujourd'hui au niveau de la mer, ces faunes se trouvaient sous plus de 150 m d'eau au moment de leur croissance (cf. HILLAI-MARCEL, 1976).

2. LA COMMUNAUTÉ À *MACOMA CALCAREA*

Parfois seule présente dans sa communauté, typique des faciès argileux ou argilo-silteux, *M. calcarea* peut

FIGURE 19. Coupes dans l'esker de Lachute, au nord-ouest de Montréal. a) Fluvio-glaciaire; b) argiles glacio-marines; c) silts argileux marins; d) rythmites silto-sableuses d'exondation; e) sables d'exondation (cf. HILLAI-MARCEL, 1974).

Cross-sections in the Lachute esker, northwest of Montréal: a) glaciofluvial material; b) glacio-marine clay; c) clayey marine silt; d) shoaling sandy silt layers; shoaling sand (cf. HILLAI-MARCEL, 1974).

voir entrer nombre d'espèces dans sa biocénose. Les espèces accompagnatrices varient surtout selon la profondeur du faciès. En effet, *M. calcarea* occupe, nous l'avons vu, un domaine bathymétrique considérable (5-140 m de profondeur). Une zonation littorale des espèces accompagnatrices peut être ainsi définie (tabl. XIII).

Dans les faciès argileux profonds, de salinité élevée (> 30‰) et de température moyenne annuelle proche de 0°C, *Chlamys islandicus*, *Serripes groenlandicus*, *Portlandia arctica*, *Nuculana pernula* et *N. tenuisulcata*, *Nucula tenuis* et *Mya truncata* s'associent à *M. calcarea* pour constituer la sous-communauté inférieure (profondeur de l'ordre de 50 m ou plus). À ces espèces se superposent les *Astarte*, et *Clinocardium ciliatum*, dans la sous-communauté moyenne (35 ± 15 m). Enfin, la sous-communauté supérieure (5 – 20 m) a déjà été signalée par ELLIS (1960) sous le terme de sous-communauté à *Astarte*. Ces dernières sont alors très abondantes (exemples de Sept-Îles n° 37 et Poste-de-la-Baleine n° 56; tabl. XIV) et dominent sur les autres espèces accompagnatrices.

Les espèces de Lamellibranches de l'épibenthos qui accompagnent *M. calcarea*, surtout *Chlamys islandicus*, constituent des supports utilisables par les *Balanus*. La sous-communauté inférieure voit ainsi *B. hameri* s'adjoindre à la faune, dans les bassins méridionaux (mer de Champlain: site de Sainte-Thérèse; fig. 3); tandis que *B. balanus* et *B. crenatus* caractérisent plutôt les sous-communautés moyenne et supérieure.

Bien sûr, ces subdivisions ne sont pas aussi tranchées dans la réalité. Tous les assemblages intermédiaires peuvent être observés (tabl. XIII et XIV); notamment, les faunes de transitions vers d'autres communautés: à partir de la sous-communauté inférieure à *M. calcarea*, vers celle à *Portlandia arctica*; à partir de la sous-communauté supérieure, vers celle à *Macoma balthica*, que nous examinerons plus loin. Dans des conditions extrêmes, *M. calcarea*, plus ubiquiste que les espèces accompagnatrices, peut apparaître isolée. En particulier lorsque la salinité des eaux est basse, nombre d'espèces sténohalines disparaissent.

De la communauté type à *M. calcarea*, nous retiendrons sa fréquence dans les eaux froides, en général ultrahalines, des faciès argileux profonds. Elle peut cependant s'accommoder de sédiments plus grossiers (silt-sables), notamment sous la forme de la sous-communauté supérieure à *Astarte*; tandis que dans les faciès franchement sableux, *Clinocardium ciliatum* domine sur les autres espèces accompagnatrices. Enfin, dans les bassins saumâtres (mer de Champlain, par exemple), la communauté persiste, mais voit croître le pourcentage des espèces euryhalines (*Mya truncata*,...) au détriment des espèces sténohalines (*Chlamys islandicus*, *Serripes groenlandicus*, *Clinocardium ciliatum*,...).

TABLEAU XIII

Répartition bathymétrique des sous-communautés à *Macoma calcarea* et espèces entrant dans les biocénoses

COMMUNAUTÉ à <i>Macoma calcarea</i>	Sous-communauté inférieure (50 m)	Sous-communauté moyenne (35 – 15)	Sous-communauté supérieure (5 – 20m)	REMARQUES
	argiles	argilo-silts	Silts sables	
<i>Chlamys islandicus</i>	+	C	(+)	Transition avec la communauté à <i>Portlandia arctica</i> C : caractéristique + : fortuite (+): accidentelle
<i>Serripes groenlandicus</i>	+	C	–	
<i>Portlandia arctica</i>	+	–	–	
<i>Nuculana</i> sp.	C	+	(+)	
<i>Nucula tenuis</i>	C	+	(+)	
<i>Mya truncata</i> typ. & udd.	+	+	(+)	
<i>Mya truncata ovata</i>	–	+	+	
<i>Astarte montagui</i>	–	+	C	
<i>Astarte undata</i>	–	–	C	
<i>Astarte borealis</i>	–	+	C	
<i>Verrucardium boreale</i>	–	(+)	+	Transition avec la communauté à <i>M. balthica</i>
<i>Clinocardium ciliatum</i>	–	C	C	
<i>Macoma balthica</i>	–	–	+	
<i>Balanus hameri</i>	+	–	–	
<i>Balanus balanus</i>	(+)	+	+	
<i>Balanus crenatus</i>	(+)	+	+	

3. LA COMMUNAUTÉ À *HIATELLA ARCTICA*

Le choix de *H. arctica*, comme espèce type d'une communauté, peut paraître surprenant, eu égard à son caractère euryhalin et eurytherme. Pourtant, *H. arctica* est le seul Mollusque que l'on rencontre systématiquement dans les faciès grossiers, quelle que soit la profondeur de mise en place des dépôts. C'est pourquoi nous avons jugé utile de lui associer une communauté type, celle de l'épibenthos sessile. Comme dans le cas précédent, des sous-communautés peuvent être définies à partir de la zonation bathymétrique des espèces accompagnatrices (fig. 17). La sous-communauté inférieure, caractérisée par l'association de *H. arctica* à *Mya truncata* (*typica* ou *uddevalensis*) et *Balanus hameri* (dans les bassins méridionaux), est relativement moins fréquente que la sous-communauté supérieure. La raison est que les dépôts de rudites, sur lesquels peuvent se fixer les *Hiatella*, sont surtout associés à la dynamique littorale; en profondeur, on ne les rencontre qu'exceptionnellement dans les faciès glacio-marins grossiers. Finalement, les rudites de profondeur modérée (0 – 30 m) renferment la sous-communauté supérieure à *Mytilus edulis* et *Balanus crenatus* ou *B. balanus*. Comme nous l'avons déjà signalé, *B. balanus* est plus fréquent dans les bassins septentrionaux à salinité de surface élevée, tandis que *B. crenatus*, plus euryhalin, domine dans les bassins fermés.

Les dépôts glacio-marins de Sainte-Thérèse (fig. 3) illustrent la sous-communauté inférieure. Tandis que certaines poches argilo-graveleuses renferment une faune à *Macoma calcarea* (cf. tabl. XIV), la majorité du matériel, où alternent des lentilles de rudites et d'arénites mal classées, correspond au faciès type de

TABLEAU XIV

Exemples de communautés à *Macoma calcarea*
dans les principaux bassins

SITE	Age ¹⁴ C	Sédiments	% <i>Macoma</i> <i>calcarea</i>	Espèces en biocénose (%)	Espèces en thanatocénose (%)	Remarques
<u>MER DE TYRRELL</u>						
- Baie de James	-6 500 BP	Argile	13	<i>Chlamys islandicus</i> (25) <i>Clinocardium ciliatum</i> (27) <i>Balanus balanoides</i> / <i>Chlamys</i>	<i>Mya truncata typica</i> (3) <i>Hiatella arctica</i> (17) <i>Mytilus edulis</i> (15)	Sous-communauté moyenne
- Poste-de-la-Baleine 1-9005 # 14,9	7 625 ± 120	Argile	38,5	<i>Clinocardium ciliatum</i> (27) <i>Nucula tenuis</i> (58) <i>Chlamys islandicus</i> <i>Nuculana peruviana</i> <i>Portlandia arctica</i>	<i>Hiatella arctica</i> <i>Mytilus edulis</i> (2.5) <i>Mya truncata</i> Gastéropodes (2) Bryozoaires	Communauté encore proche de celle à <i>Portlandia arctica</i> Sous-communauté inférieure
- Poste-de-la-Baleine # 10	-	Argile	40	<i>Chlamys islandicus</i> (21) <i>Clinocardium ciliatum</i> (7) <i>Nuculana tenuisulcata</i>	<i>Hiatella arctica</i> (21) <i>Mya truncata</i> (8) <i>Mytilus edulis</i> <i>Natica</i> sp.	Sous-communauté inférieure à moyenne
- Poste-de-la-Baleine # 56	-	Argilo-silts	5	<i>Astarte m. str.</i> (14.5) <i>Astarte m. wh.</i> (3) <i>Macoma testudinaria</i> (4) <i>Nuculana peruviana</i> (2.5) <i>Chlamys islandicus</i> (7) <i>Clinocardium ciliatum</i> (2.5) <i>Lora scalaris</i> <i>Hemithyris psittacea</i> <i>Littorina rudis</i> <i>Balanus balanoides</i>	<i>Hiatella arctica</i> (58) <i>Mya truncata</i> <i>Mytilus edulis</i>	Sous-communauté supérieure. Une communauté voisine de <i>Hiatella arctica</i> a fourni près de 60% de l'assemblage. Elle n'entre pas dans la biocénose mais atténue les pourcentages relatifs des espèces biocéniques
- Poste-de-la-Baleine # 9	-	Argilo-silts	48	<i>Clinocardium ciliatum</i> (16.5) <i>Chlamys islandicus</i> (13) <i>Nuculana tenuisulcata</i> <i>Nucula tenuis</i> <i>Balanus balanoides</i> <i>Buccinum</i> sp.	<i>Hiatella arctica</i> (18) <i>Mya truncata</i>	Sous-communauté inférieure
<u>MER DE GOLDTHWAIT</u>						
- Sept-Iles # 14	9 300	Argiles	27	<i>Chlamys islandicus</i> (14) <i>Mya truncata</i> (27.2) <i>Macoma balthica</i> (4.5) <i>Natica clausa</i> <i>Balanus balanoides</i>	<i>Hiatella arctica</i> (9)	Sous-communauté moyenne
- Sept-Iles # 30-1	<7 000	Argiles	21	<i>Mya truncata ovata</i> (20) <i>Chlamys islandicus</i> (10) <i>Clinocardium ciliatum</i> (6) <i>Serripes groenlandicus</i> (5)	<i>Hiatella arctica</i> (9)	Sous-communauté moyenne
- Sept-Iles # 4-1A	7 500	Argiles	12,5	<i>Serripes groenlandicus</i> (35) <i>Mya truncata typica</i> (14.5) <i>Astarte borealis</i> (8) <i>Clinocardium ciliatum</i> (8) <i>Mya truncata ovata</i> (8) <i>Buccinum psittacea</i> (2) <i>Natica clausa</i> (4)	<i>Hiatella arctica</i> (4) <i>Mytilus edulis</i> (2)	Sous-communauté moyenne
- Sept-Iles # 11	>8 000	Argiles	81	<i>Chlamys islandicus</i> <i>Mya truncata typica</i> <i>Margarites costalis</i> <i>Natica clausa</i> <i>Balanus</i> sp.	<i>Hiatella arctica</i>	Sous-communauté moyenne
- Sept-Iles # 37 1 et 2	>8 000	Argilo-silts	7	<i>Astarte undulata</i> (13) <i>Astarte m. wh.</i> (12) <i>Astarte borealis</i> <i>Venericardia borealis</i> <i>Chlamys islandicus</i> (6) <i>Mya truncata typica</i> (6) <i>Mya truncata ovata</i> <i>Hemithyris psittacea</i> (21) <i>Boreothropon clathratus</i> <i>Natica clausa</i> <i>Turtonilla interrupta</i> <i>Lepeta caeca</i> <i>Balanus balanoides</i>	<i>Mytilus edulis</i> <i>Cyrtodaria siliqua</i>	Sous-communauté supérieure mêlée à une communauté à <i>Hemithyris</i> <i>psittacea</i>
<u>MER DE CHAMPLAIN</u>						
- Sainte-Thérèse	11 300 à 10 700	Poches d'argiles glacio-marines avec graviers et cailloux	31	<i>Hiatella arctica</i> (43) <i>Mya truncata typica</i> (18) <i>Balanus hameri</i>		Mélange de deux commu- nautés (à <i>Hiatella</i> <i>arctica</i> et <i>M. calcarea</i> -sous-communauté infé- rieure)
- Mont Johnson	10 500	Sables	7,5	<i>Astarte montagui</i> (15) <i>Macoma balthica</i> (14) <i>Mya truncata</i> (9) <i>Mya arenaria</i> (15) <i>Neptunea despecta tornata</i> <i>Trichotropis borealis</i>	<i>Hiatella arctica</i> (28)	Sous-communauté infé- rieure et transition vers les communautés littorales à <i>M. balthica</i> et <i>Mya arenaria</i>

la communauté à *Hiatella*. Plusieurs comptages ont montré que celle-ci représentait entre 90 et 99% des Lamellibranches, *Mya truncata* apparaissant comme espèce fortuite. Plus difficiles à dénombrer, parce que souvent morcelés, les *Balanus hameri* sont cependant très abondants.

Parmi les nombreux exemples de la sous-communauté supérieure, que nous avons pu observer, nous choisissons ceux des collines d'Oka (cf. HILLAIRE-MARCEL et al. 1974), qui présentent l'avantage de contenir une faune indubitablement biocéanique. Plusieurs comptages, dans deux sites différents (cf. HILLAIRE-MARCEL, 1972 et HILLAIRE-MARCEL et al., 1974), démontrent que *H. arctica* constitue de 50 à 100% des Lamellibranches, *Mytilus edulis* complétant l'assemblage. Dans la mer de Champlain, *Balanus crenatus* est le Cirripède dominant de cette sous-communauté. Dans l'exemple choisi, il se présente en position de vie parfaite (pl. II) puisque, malgré leur fragilité, les individus sont encore fixés sur les blocs et cailloux des rudites. Vers le sommet stratigraphique des dépôts, on voit apparaître une population de *Macoma balthica*, en position de vie dans la matrice sableuse (pl. VI). Elle s'ajoute ainsi à la biocénose. Son incidence reflète la diminution de profondeur du bassin; il s'agit des derniers mètres (0 – 6 m) de la sous-communauté supérieure à *H. arctica*.

En conclusion, nous insisterons sur la nature grossière du faciès caractéristique de la communauté à *Hiatella arctica*, qui se justifie par le mode de fixation de l'animal. Pourtant, quel que soit le faciès, on rencontre ce Lamellibranche dans la majorité des populations fossiles. Dans la plupart des cas, il s'agit d'une accumulation thanatocénotique. Les coquilles de *Hiatella*, épaisses et résistantes (surtout sous la forme *uddevalensis*), ont été transportées et mélangées aux faunes des autres biotopes¹³.

4. LES COMMUNAUTÉS INTERTIDALES OU DE FAIBLE PROFONDEUR

Bien qu'il n'existe pas de communautés fossiles spécifiques de la zone intertidale, certaines biocénoses

occupent un domaine bathymétrique étroit, n'excédant pas quelques mètres de profondeur. C'est le cas des communautés endobenthoniques à *Macoma balthica* et *Mya arenaria*, caractéristiques des arénites de plages. Dans les faciès plus grossiers, les espèces accompagnatrices de la sous-communauté supérieure à *Hiatella arctica*, dont *Mytilus edulis*, peuvent se maintenir dans la zone intertidale; *Hiatella* elle-même disparaissant.

a) La communauté à *Mytilus edulis*

Mytilus edulis définit ainsi sa propre communauté épibenthonique et, accompagnée d'une ou deux espèces de *Balanus*¹⁴, caractérise les plages de blocs et de cailloux des littoraux actuels ou fossiles (pl. VI).

Il faut cependant des circonstances exceptionnelles pour que ces communautés se fossilisent dans de bonnes conditions. Les coquilles, détruites par les vagues ou dissoutes, après l'émersion, par les circulations d'eau, persistent rarement. Les seuls assemblages intertidaux à *Mytilus*, que nous ayons observés, proviennent des plages soulevées de la mer de Tyrrell. WALCOTT et CRAIG (1972), puis HASELTON (1970), en ont donné quelques exemples.

b) La communauté à *Macoma balthica*

Occupant donc la zone intertidale ou les quelques mètres qui suivent (avec une profondeur moyenne de 3 m), *Macoma balthica* est parfois la seule espèce présente dans sa communauté. Souvent fossilisée en « position de vie », elle apparaît disposée verticalement dans les sables des plages, tels ceux que nous avons décrits plus haut. Cette communauté, bien que pouvant apparaître dans l'ensemble des mers, caractérise surtout les bassins saumâtres (mer de Champlain et golfe de Laflamme). En effet, *Macoma balthica* pouvait y trouver, près de la surface, une eau dont la température estivale assurait la survie des larves ($t > 8 - 10^{\circ}\text{C}$). En outre, sa tolérance des milieux saumâtres lui conférait un avantage sur nombre d'autres espèces littorales telles *Lyonsia hyalina*, *Musculus niger*, *Yoldia limatula*, *Ensis directus*,... Celles-ci, par contre, mieux développées dans les bassins ouverts, y réduisirent *M. balthica* au rôle d'espèce accompagnatrice ou fortuite.

c) La communauté à *Mya arenaria*

Présente dans la mer de Champlain, le golfe de Laflamme, à l'est et au sud de la mer de Goldthwait, la communauté à *Mya arenaria* offre nombre de similitudes avec la précédente, à laquelle elle succéda sou-

13. Les populations de *Hiatella arctica*, en thanatocénose, se reconnaissent cependant par un pourcentage de coquilles brisées supérieur à la moyenne. Il faut par conséquent ne pas attacher une signification systématique à la présence de *H. arctica* dans une population fossile, mais tâcher d'identifier sa nature (biocénotique ou thanatocénotique) à l'aide de critères usuels: pourcentages (1) d'individus entiers (valves jointives), (2) de valves non brisées et l'allure de l'histogramme des tailles. Une population bien conservée a généralement subi un transport nul ou faible. Elle reflète alors des conditions hydrologiques très locales et peut entrer dans l'interprétation paléocéologique.

14. Rappelons que pour les bassins méridionaux, *Balanus balanoides*, dans les eaux de salinité élevée, et *Balanus crenatus* dans les milieux plus saumâtres, dominant respectivement; *Balanus balanoides* tendant à les remplacer au-delà de la côte du Labrador.

vent dans les sédiments littoraux. En effet, lorsque le réchauffement estival des eaux permet aux véligères de survivre ($t > 12^{\circ}\text{C}$), *Mya arenaria* s'installe, en compagnie de *Macoma balthica*, et domine alors les assemblages.

Dans les dépôts fossiles, la communauté à *Mya arenaria* est particulièrement bien représentée dans les sommets de plage. Elle marque l'exondation des terres et peut être considérée comme un bon indicateur de niveau marin, dans la mesure où les exigences thermiques de l'espèce la cantonnent pratiquement à la zone intertidale.

Nous reprendrons l'exemple des plages soulevées des collines d'Oka (pl. V), où la succession des communautés à *Macoma balthica* et *Mya arenaria* est des plus typiques. Dans la coupe principale (fig. 6), se terminant par la plage de 100 m d'altitude, sept niveaux fossilifères s'observent. Les six premiers sont ceux de la communauté à *Macoma balthica*. Celle-ci atteint d'ailleurs son plus brillant développement dans le sixième lit (fig. 6). Au sommet, *Mya arenaria* apparaît et se superpose à la communauté précédente, marquant ainsi le réchauffement ultime des eaux, avant l'émersion définitive. Dans cet exemple, on peut noter la présence presque systématique de *Hiatella arctica*, en thanatocénose, comme l'indique le fort pourcentage de valves brisées.

d) La « communauté » multispécifique à *Hemithyris psittacea* et à Gastéropodes

On trouve rarement des populations fossiles où le Brachiopode *Hemithyris psittacea* soit dominant, mais son apparition correspond aux faunes les plus variées et abondantes, souvent riches en Gastéropodes. C'est pourquoi nous le proposons comme marqueur des communautés très littorales, souvent thanatocénotiques, que l'on rencontre dans certains faciès d'exondation (sédimentation silto-sableuse de baies abritées). Ces communautés s'observent surtout dans les bassins de salinité élevée (mers de Goldthwait, d'Iberville et de Tyrrell et extrême est de la mer de Champlain). Le tableau XV donne quelques exemples d'assemblages de ce type. Dans chaque cas, le mélange de biocénoses est évident : certaines espèces, associées dans les populations fossiles, ont des aires spécifiques incompatibles¹⁵.

15. Des datations effectuées sur plusieurs espèces d'un même site, en l'occurrence celui de Saint-Nicolas, à l'est de la mer de Champlain (cf. GADD et al., 1972; HARRINGTON, 1977) démontrent que les faunes ne sont pas forcément contemporaines. À Saint-Nicolas, le déplacement de chenaux a remanié des populations et les a mélangées avec des communautés plus récentes.

Cette communauté « fourre-tout » à *Hemithyris psittacea* n'a qu'un seul mérite, celui de marquer les faciès d'exondation en milieu de salinité élevée. Elle ne correspond cependant à aucune bathymétrie précise. La thanatocénose peut s'être mise en place sous quelques mètres de profondeur ou sur l'estran.

5. CONCLUSION SUR LES COMMUNAUTÉS TYPES (tabl. XVI)

Avant d'examiner l'évolution paléosynécologique des bassins post-glaciaires, nous concluons la description des communautés types en insistant sur les caractères distinctifs de chacune d'elles.

- 1) La communauté à *Portlandia arctica* présente un intérêt paléogéographique indubitable : elle marque le retrait glaciaire en eaux « profondes », en pratique, les faciès glacio-marins argileux.
- 2) La communauté à *Macoma calcarea* est omniprésente dans les faciès argileux francs, et succède souvent à la précédente. Évoluant d'une sous-communauté profonde à une sous-communauté très littorale, elle permet d'apprécier la profondeur du plan d'eau où se faisait la sédimentation.
- 3) Les communautés à *Macoma calcarea* et à *Mya arenaria* marquent l'exondation et caractérisent les arénites de plages, donc une variation latérale du faciès argileux « profond ». La transition de l'une à l'autre dépend surtout des conditions thermiques estivales ; la seconde indiquant des eaux légèrement plus chaudes.
- 4) La communauté à *Hemithyris psittacea* et à Gastéropodes, quoique variable par sa nature thanatocénotique, a, pour seule constance, le fait qu'elle corresponde aux faciès d'exondations des baies fermées, à salinité proche de la normale.
- 5) Les communautés à *Hiatella arctica* et *Mytilus edulis* sont celles de l'épibenthos sessile. Elles appartiennent aux faciès grossiers qui offrent un support aux différentes espèces composant les assemblages. Comme dans le cas des communautés endobenthoniques précédentes, une zonation bathymétrique les caractérise. La communauté à *Mytilus edulis* se limite à la zone intertidale puisque, en deçà, l'espèce entre dans la sous-communauté supérieure à *Hiatella arctica*. La sous-communauté inférieure à *Hiatella*, définie aussi bien par les Lamellibranches accompagnateurs (*Mya truncata typica* ou *M. t. uddevalensis*) que par les Crustacés (*Balanus hameri*), est moins répandue.

Ces communautés peuvent donc être regroupées en deux familles (tabl. XVI) correspondant, la première, à l'endobenthos et à l'épibenthos vagile des faciès argileux ou sableux, la seconde, à l'épibenthos sessile des rudites et aréno-rudites. Il faut donc comprendre que la variabilité observée dans les faciès marins existe également dans les biocénoses : toutes les transitions peuvent être observées d'une communauté à l'autre.

TABLEAU XV

Exemples de communautés à *Hemithyris psittacea* et à Gastéropodes

	Age ¹⁴ C	Sédiment	Espèces présentes	Remarques
<u>Mer de Champlain</u>				
Saint-Nicholas	10 000 BP (moy. 3 datations)	Chenaux à stratifications entrecroisées et rythmites d'expansion	<p>Brachiopodes : <i>Hemithyris psittacea</i></p> <p>Gastéropodes : <i>Natica clausa</i>, <i>Lepeta caesa</i>, <i>Trichotropis borealis</i>, <i>Tachyrhynchus erosum</i>, <i>Isanatia pallida</i>, <i>Neptunea despecta tornata</i>, <i>Buccinum tenue</i>, <i>Velutina undata</i>, <i>Buccinum plectrum</i>, <i>Nysella planulata</i>, <i>Epitomeum groenlandicum</i></p> <p>Lamellibranches : <i>Mya trinoata typica</i>, <i>Hiatella arctica</i>, <i>Macoma calcaria</i>, <i>Chlamys islandicus</i>, <i>Mytilus edulis</i>, <i>Macoma balthica</i>, <i>Mya arenaria</i>, <i>Astarte montagui</i>, <i>Serripes groenlandicus</i></p> <p>Cirripèdes : <i>Balanus hameri</i>, <i>Balanus crenatus</i>, <i>Balanus balanus</i></p> <p>Echinides : radioles de <i>Strongylocentrotus drobachiensis</i> (?)</p> <p>Vertébrés : <i>Delphinapterus leucas</i></p>	La faune est si dense que les sédiments s'apparentent à des faluns. La variabilité est telle qu'il est impossible de donner des pourcentages significatifs. <i>Hiatella arctica</i> domine cependant statistiquement.
<u>Mer de Goldthwait</u>				
Sept-Iles 37-2	8 000 BP	Silts-argileux	<p>Brachiopodes : <i>Hemithyris psittacea</i></p> <p>Gastéropodes : <i>Boreothrophon clathratus</i>, <i>Natica clausa</i>, <i>Turbonilla interrupta</i>, <i>Lepeta caesa</i>, <i>Hydrobia</i> sp.</p> <p>Lamellibranches : <i>Astarte undata</i>, <i>Venericardia borealis</i>, <i>Hiatella arctica</i>, <i>Astarte montagui</i>, <i>Macoma calcaria</i>, <i>Chlamys islandicus</i>, <i>Mya trinoata typica</i>, <i>Mya trinoata ovata</i>, <i>Cyrtodaria siliqua</i>, <i>Astarte borealis</i>, <i>Mytilus edulis</i></p> <p>Cirripèdes : <i>Balanus balanus</i></p>	
<u>Mer de Tyrrell</u>				
	2 000 BP	Silts-sables	<p>Brachiopodes : <i>Hemithyris psittacea</i></p> <p>Gastéropodes : <i>Buccinum tenue</i>, <i>Littorina rudis</i>, <i>Amaea testudinalis</i>, <i>Lora scolaris</i></p> <p>Lamellibranches : <i>Macoma calcaria</i>, <i>Clinocardium ciliatum</i>, <i>Hiatella arctica</i>, <i>Chlamys islandicus</i>, <i>Mya trinoata typica</i>, <i>Mytilus edulis</i>, <i>Nuculana perula</i>, <i>Astarte montagui</i>, <i>Astarte borealis</i>, <i>Mya trinoata ovata</i></p> <p>Cirripèdes : <i>Balanus balanus</i> et <i>Balanus crenatus</i> (?)</p> <p>Monactinellides : <i>Tethya logani</i> (?)</p> <p>Echinides : radioles de <i>Strongylocentrotus drobachiensis</i></p>	

Un facteur très général peut accroître la variabilité des populations. Dans les milieux épicontinentaux glaciaires, les aires spécifiques subissent des déformations. Telle espèce, qui occupe de préférence le domaine infralittoral, peut se déplacer vers la zone intertidale pour des raisons de seuil thermique minimal, qui n'est atteint que dans les eaux très superficielles; inversement, telle autre s'enfonce, dans les bassins saumâtres, pour trouver une eau de salinité plus élevée. L'une comme l'autre reflète, dans la croissance de ses populations, la contrainte subie: rappelons qu'en bordure de l'aire spécifique, le nanisme est de règle. Chacune de ces variables doit être considérée dans l'analyse paléocéologique. Il est donc difficile de tirer des conclusions très générales. On peut néanmoins indiquer de grandes tendances. Les Lamellibranches s'adaptent mieux aux

conditions extrêmes: ils dominent dans les eaux très froides (arctiques ou subarctiques profondes) ou très saumâtres. Les Gastéropodes, souvent prédateurs et tributaires du développement des Lamellibranches, supportent mal les milieux froids et saumâtres et ne peuvent pratiquement pas suivre ces derniers dans les bassins fermés.

Nous avons vu que les Lamellibranches littoraux subsistaient, par exemple dans la mer de Champlain, malgré des conditions de viabilité extrêmes. Marqué par des années «fastes» et «néfastes» pour les larves comme l'indiquent les classes d'âges ou de longueurs manquantes dans les histogrammes, le développement de la plupart des espèces s'est parfois effectué aux limites mêmes des aires spécifiques. Un seuil critique

TABLEAU XVI

Biotores et communautés principales des mers post-glaciaires

<u>Rudites et Arénorudites - Communautés de l'épibenthos sessile</u>		
Zone intertidale	-Communauté à <i>Mytilus edulis</i>	[& <i>Balanus crenatus</i> (bassins saumâtres) & <i>Balanus balanoides</i> (bassins méridionaux) & <i>Balanus balanoides</i> (bassins septentrionaux)
0 - 30 m	-Communauté à <i>Hiatella arctica</i>	- sous communauté supérieure - & <i>Mytilus edulis</i> - & <i>Balanus crenatus</i> ou <i>B. balanoides</i>
30 - 100 m	-Communauté à <i>Hiatella arctica</i>	- sous communauté inférieure [& <i>Mya truncata typica</i> (bassins méridionaux) <i>Mya truncata uddevalensis</i> (bassins septentrionaux) & <i>Balanus hameri</i> (bassins septentrionaux)
<u>Arénites - lutites - Communautés de l'endobenthos et de l'épibenthos vagile</u>		
Zone intertidale à 5-6 m de profondeur	[-Communauté à <i>Mya arenaria</i> (T° estivale $\geq 12^{\circ}\text{C}$) -Communauté à <i>Macoma balthica</i> (T° estivale $\geq 8-10^{\circ}\text{C}$)	
5 - 20 m	-Communauté à <i>Macoma calcaria</i>	- sous communauté supérieure à <i>Astarte</i> (caractéristique)
20-50 m	-Communauté à <i>Macoma calcaria</i>	- sous communauté moyenne à <i>Chlamys</i> , <i>Serripes</i> & <i>Clinocardium</i>
50 - 140 m	-Communauté à <i>Macoma calcaria</i>	- sous communauté inférieure à <i>Nucula tenuis</i>

moyen de 4°C est ainsi apparu pour la croissance des adultes: les larves, plus exigeantes, haussant encore ce seuil de quelques degrés. Leur survie pouvait donc être menacée par la persistance de la banquise et une débâcle tardive. Ces espèces relativement thermophiles ont eu, ainsi, une aire spécifique réduite à la surface des bassins. En ce sens, nous les avons souvent considérées comme des indicateurs de rivages, d'autant plus que les marqueurs précis des niveaux marins étaient absents.

IV. ÉVOLUTION DES COMMUNAUTÉS DANS LES BASSINS

Avant d'indiquer les grandes tendances que l'on relève dans l'évolution des populations fossiles, quelques remarques préliminaires s'imposent. Nous avons souligné la grande variabilité qui s'observait dans les espèces accompagnatrices de chaque communauté. Pourtant une loi statique simple se dégage: le nombre d'espèces présentes dans une communauté est une fonction inverse de la salinité et de la température.

Moins de dix espèces de Mollusques et Crustacés se répartissent dans les communautés du golfe de Laflamme (tabl. III), le bassin le plus fermé et saumâtre. Par comparaison, les dépôts de la mer de Champlain, ou ceux de la mer de Goldthwait, ont livré plus de cinquante espèces.

De façon similaire, la température affecte la variété des communautés très littorales. Ainsi, observe-t-on, dans la mer de Goldthwait, des populations souvent plus riches et variées que dans la mer de Tyrrell, pourtant de salinité comparable.

Une deuxième remarque, très générale, concerne la succession des communautés dans un site déterminé. Comme dans la plupart des cas les dépôts représentent une séquence régressive, on observe, dans l'ordre stratigraphique, une transition des communautés endobenthoniques ou épibenthoniques profondes vers celles du littoral. Cette évolution faunistique reflète donc simplement l'exondation progressive des bassins, à la suite de l'émersion des terres. Enfin, nous verrons que, dans chacune des mers, la plupart des communautés types ont pu exister simultanément, selon les variations latérales de faciès.

1. L'EXEMPLE DE LA MER DE CHAMPLAIN

Dans ce bassin, étudié en détail depuis un siècle, diverses espèces fossiles ont été proposées pour marquer les étapes de son évolution. Nous en avons cité quelques exemples. Des subdivisions paléocéologiques suggérées (cf. ELSON, 1969 b; CRONIN, 1977; HILLAIRE-MARCEL et OCCHIETTI, 1977), aucune ne nous paraît réellement satisfaisante. La seule analyse concluante avait déjà été abordée par GOLDRING en 1922. Si l'on

examine la variété des populations, de l'est vers l'ouest, où de l'est vers le sud-est de la mer de Champlain, on est effectivement frappé par la décroissance du nombre d'espèces lorsqu'on s'éloigne du détroit de Québec-Montmagny (fig. 20), d'où provenaient les eaux océaniques. Dans le bras de mer, qui occupait l'emplacement du lac Champlain actuel, comme à l'ouest vers les Grands Lacs, les eaux continentales diluèrent fortement le bassin et éliminèrent progressivement les espèces sténohalines. Pour mesurer l'effet d'un tel facteur, il suffit de comparer l'inventaire faunistique d'un seul site, proche du détroit de Québec-Montmagny, par exemple Saint-Nicolas (fig. 21), où nous avons dénombré 27 espèces (tabl. XV), aux listes de Mollusques et de Cirripèdes des régions plus occidentales: Trois-Rivières, où OCCHIETTI (1978) identifie à peine une vingtaine d'espèces et, l'ouest de Montréal, où nous en avons trouvé moins d'une quinzaine; la plupart

d'entre elles sont d'ailleurs affectées d'un nanisme significatif (cf. GOLDRING, 1922).

À la suite du retrait glaciaire et de la diminution de profondeur du bassin, qui permirent aux eaux d'atteindre des températures plus élevées, les faunes s'enrichirent (fig. 22). On observe donc, à l'échelle d'une seule mer, ce que nous avons souligné pour l'ensemble des bassins: une température ou une salinité croissante induit un développement faunistique plus brillant. En ce qui a trait à l'âge statistique moyen des communautés fossiles de la mer de Champlain (tabl. XVII), on note que celle à *Portlandia arctica* fut effectivement la première à prendre une certaine ampleur dans le bassin. Toutefois, elle persista tardivement, puisque un échantillon a livré un âge de $10\,300 \pm 250$ BP. En fait, ses populations accompagnèrent le retrait du front glaciaire, et apparurent de plus en plus tardivement vers le nord.

FIGURE 20. Appauvrissement faunistique vers l'ouest et le sud-ouest de la mer de Champlain. La décroissance du nombre d'espèces fossiles inventoriées, dans quelques régions circonscrites, est liée à la dilution croissante du bassin, en s'éloignant du détroit de Québec-Montmagny.

Faunistic impoverishment towards the west and the southwest of the Champlain Sea. The decline in the number of assessed fossil species in some marked out areas is related to the constant dilution of the basin further to the Québec-Montmagny Sound.

FIGURE 21. Coupe schématique dans les dépôts meubles de Saint-Nicolas, au sud de Québec. Situées à l'entrée du détroit de Québec-Montmagny, qui délimitait les mers de Champlain et de Goldthwait, les espèces ont connu un développement brillant. Une thanatocénose, où entrent plus de 25 espèces, caractérise les sédiments littoraux.

Schematic cross-section in loose deposits from Saint-Nicolas, south of Québec City. The species living at the entrance of the Québec-Montmagny Sound which separates the Champlain and the Goldthwait Seas were very well developed. A thanacoenosis containing more than 25 species was found in coastal deposits.

Les communautés arctiques et subarctiques à *Macoma calcarea* et *Macoma balthica* se maintinrent pendant presque tout l'épisode marin et, seule, la communauté à *Mya arenaria* fut plus tardive. Sa propagation métachronique, du sud vers le nord, rappelle celle de *Portlandia*. Toutefois, ce fut pour une raison inverse. Les eaux moins profondes de la marge méridionale se réchauffèrent d'abord (cf. ELSON, 1969b). L'inflexion du socle, à la suite du retard à la rééquilibration isostatique, maintint un plan d'eau relativement profond et froid vers le nord. Le schéma de la figure 23 permet de comprendre qu'il est difficile, à partir de l'évolution des faunes, de définir des phases paléoécologiques à valeur chrono-stratigraphique. Si, dans un site déterminé, on observe effectivement une succession chronologique de communautés, au cours d'un temps déterminé, toutes coexistaient; chacune occupant un domaine particulier de la mer de Champlain.

Ainsi vers 10 600 BP (GSC-2990) une communauté à *Portlandia arctica* colonisait-elle les faciès glacio-

marins associés au retrait glaciaire post-Saint-Narcisse, tandis que les *Mya arenaria* occupaient déjà la marge méridionale peu profonde du bassin (GrN-2034). Les communautés à *Macoma calcarea* étaient toujours florissantes dans les faciès argileux du cœur des basses terres (QU-75; cf. tabl. XVIII), comme les communautés à *Hiatella arctica* (Y-215) ou à *Macoma balthica* (GSC-587), leurs faciès respectifs étant encore largement répandus dans l'ensemble du domaine marin.

En résumé, l'évolution faunistique d'un bassin fermé, en l'occurrence celui de la mer de Champlain, se traduit de façon spatio-temporelle. Dans l'ordre où se succédèrent les faciès et selon leur répartition paléogéographique, les communautés correspondantes apparurent et se répartirent. En chaque région du bassin, cependant, trois phases «environnementales» se firent suite: aussitôt après le retrait du glacier, une phase glacio-marine, aux eaux très froides, débuta (communauté à *Portlandia arctica*); une phase «pléni-marine», à faune arctique et subarctique, suivit (com-

FIGURE 22. Histogramme (A) du nombre de sites fossilifères datés au ^{14}C et (B) du nombre d'espèces fossiles (cf. WAGNER, 1970) de la mer de Champlain, en fonction de l'altitude. Trois modes apparaissent sur chacun d'eux; ils correspondent statistiquement à trois phases principales de stabilisation relative des rivages.

Histograms of (A) the number of fossil localities ^{14}C dated and (B) the number of fossil species (cf. WAGNER, 1970) found in the Champlain Sea according to elevation. Three modes appear on both histograms; they probably reflect three main relative stabilisations of the sea level.

TABEAU XVII

Âges des principales communautés fossiles de la mer de Champlain. *Portlandia arctica* a colonisé très rapidement le bassin, suivie des communautés à *Macoma calcaria*, *Hiatella arctica* et *Macoma balthica*. *Mya arenaria* n'apparut que plus tard au cours de l'exondation

Espèces	Âge maximum (BP)	Âge minimum (BP)	Âge moyen (BP)	Nombre de populations datées
<i>Portlandia arctica</i>	12 800*	10 300	11 400	10
<i>Macoma calcaria</i>	12 400			
<i>Hiatella arctica</i>	(12 500)	(10 200)	(11 200)	(4)
	12 800*	10 000	11 085	16
	12 000			
<i>Macoma balthica</i>	11 880	10 100	11 090	13
<i>Mya arenaria</i>	10 870	9 950	10 420	6

* Ces dates de 12 800 BP proviennent de l'extrême ouest de la mer de Champlain (RICHARD, 1975); elles posent un problème géochimique (cf. HILLAIRES-MARCEL, 1980).

FIGURE 23. Répartition spatio-temporelle schématique des principales communautés fossiles de la mer de Champlain. Le segment AB représente la succession des communautés dans un site déterminé; le profil CD, la répartition latérale S-N des communautés dans l'ensemble du bassin. Au même moment, au cours de la phase Champlain III, tous les assemblages coexistaient.

Schematic spatio-temporal distribution of the main fossil communities of the Champlain Sea. AB section shows the succession of communities in a given site; CD section shows the S-N lateral distribution of the communities throughout the basin. During the third Champlain Sea phase all assemblages coexisted at the same time.

communautés à *Macoma balthica*, *Macoma calcaria* et *Hiatella arctica*. Enfin, lorsque la profondeur diminuait et permit aux eaux de se réchauffer suffisamment, la communauté à *Mya arenaria* rejoignit les précédentes. Souvent, celles-ci s'appauvrirent au cours de cette phase ultime, à cause des basses salinités des eaux superficielles.

À un gradient thermique ou salin près, donc avec quelques nuances dans les assemblages, l'évolution faunistique des autres bassins ressemble à celle que nous venons de décrire. Nous en donnerons deux exemples.

2. LES BASSINS OUVERTS¹⁶

a) La mer de Goldthwait

L'analyse d'une dizaine de sites fossilifères, choisis parmi une trentaine de coupes dans les dépôts marins de la région de Sept-Îles (Côte-Nord), nous a permis d'observer des variations faunistiques qui constitueront

16. Des études paléocéologiques détaillées ont été effectuées sur les dépôts de la mer d'Iberville par CYR (1977) et HÉTU (1978). Nous y avons déjà fait allusion et renverrons à ces travaux pour les exemples de la mer d'Iberville.

TABLEAU XVIII

Datations ^{14}C dans les basses terres du Saint-Laurent liées à la déglaciation
et à l'épisode de la mer de Champlain

N° DE SÉRIE	ÂGE ^{14}C	$\pm$	ALT. (m)	ÉCHANTILLON DATÉ	LOCALITÉ	RÉFÉRENCE
NORD DE TROIS-RIVIÈRES						
GSC 1526	11 500	630	91	Foraminifères	St-Narcisse	Gadd et al., 1972
GSC 1729	11 300	160	79	<i>Yoldia arctica</i>	St-Narcisse	Occhietti, 1972
GSC 2045	11 100	90	11	<i>Portlandia arctica</i>	La Gabelle	Occhietti, 1977
I-9484	10 910	160	60	<i>Hiatella arctica</i>	St-Louis-de-France	Occhietti, 1977
GSC 2990	10 600	160	71	<i>Balanus hameri</i>	St-Alban	Occhietti, 1976
GSC 2101	10 300	100	129	<i>Mya arenaria</i>	Shawinigan	Occhietti, 1977
GSC 2150	10 200	90	78	<i>Macoma calcoarea</i>	St-Alban	Occhietti, 1977
GSC 1700	10 200	160	120	<i>Macoma balthica</i>	Charette	Occhietti, 1972
GSC 1444	10 100	150	136	<i>Hiatella a.</i> , <i>Macoma b.</i>	Charette	Gadd et al., 1972
GSC 1739	10 000	150	96	<i>Hiatella arctica</i>	St-Narcisse	Occhietti, 1972
NORD-OUEST DE MONTRÉAL						
GrN 1697	11 490	110	171	coquilles	Mont-Royal	Elson, 1962
Y 233	11 370	360	171	<i>Macoma b.</i> , <i>Hiatella a.</i>	Mont-Royal	Preston et al., 1955
QU 51	11 340	300	165	<i>Mytilus edulis</i>	St-Joseph-du-Lac	Hillaire-Marcel, 1973
QU 75	10 700	210	52	<i>Hiatella arctica</i>	Ste-Thérèse	Hillaire-Marcel, 1973
QU 50	10 500	270	96	<i>Mya arenaria</i>	St-Joseph-du-Lac	Hillaire-Marcel, 1973
QU 74	10 430	220	120	<i>Hiatella arctica</i>	Lachute	Hillaire-Marcel, 1973
GrN 2035	10 330	100	98	<i>Mya arenaria</i>	St-Joseph-du-Lac	Elson, 1969
-	10 300	250	178	<i>Hiatella a.</i> , <i>Portlandia a.</i> , <i>Astarte</i>	Piedmont	Parry, 1963
Gif 2107	9 950	185	92	<i>Mya arenaria</i>	St-Joseph-du-Lac	Gangloff, 1971
QU 53	9 100	330	120	<i>Hiatella arctica</i>	St-Jérôme	Gangloff, 1973
NORD-OUEST D'OTTAWA						
GSC 842	11 600	150	168	<i>Hiatella</i> , <i>Macoma</i>	Meach Lake	Gadd, 1964
GSC 982	11 300	180	157	<i>Macoma sp.</i>	Mahon Lake	Buckley, 1968
GSC 90	10 870	130	136	coquilles	Pembroke	Dyck et al., 1963
GSC 623	10 720	150	64	<i>Yoldia sp.</i>	Ottawa	Lowdon et al., 1967
RÉGION D'OTTAWA						
GSC 1859	12 800	220	64	<i>Portlandia arctica</i>	Clayton	Richard, 1975
GSC 1013	11 800	210	103	<i>Macoma balthica</i>	Maitland	Henderson, 1969
Y 216	11 370	360	98	<i>Macoma</i> , <i>Balanus</i> , <i>Hiatella</i>	Uplands	Preston et al., 1955
GSC 588	10 880	160	97	coquilles	Ottawa	Mott, 1968
GSC 570	10 800	150	98	algues marines	Twin Elm	Mott, 1968
GSC 119	10 740	170	79	<i>Macoma balthica</i>	Glennevis	Dyck et al., 1964
L 604 A	10 700	200	79	coquilles	Uplands	Olsen et al., 1961
Y 215	10 630	330	119	<i>Hiatella</i> , <i>Macoma</i>	Hull	Preston et al., 1955
GSC 587	10 620	200	104	<i>Macoma balthica</i>	Twin Elm	Mott, 1968
L 604 C	10 600	200	61	coquilles	Cornwall	Dyck et al., 1962
L 6-4 B	10 550	200	81	coquilles	Uplands	Olsen et al., 1961
GSC 454	10 420	150	92	vertèbre de <i>Beluga</i>	Uplands	Dyck et al., 1966
L 604 D	10 200	200	107	coquilles	Ottawa	Dyck et al., 1962
SUD ET SUD-EST DE MONTRÉAL						
GSC 936	12 000	200	121	<i>Macoma b.</i> , <i>Hiatella a.</i> , <i>Mya</i> , <i>Yoldia</i>	L'Avenir	McDonald, 1968
GSC 505	11 880	180	122	<i>Macoma sp.</i> , <i>Hiatella arctica</i>	L'Avenir	Lowdon et al., 1967
GSC 475	11 530	160	145	<i>Hiatella</i> , <i>Macoma</i> , <i>Yoldia</i> , <i>Mytilus</i>	Ste-Christine	Lowdon et al., 1967
GSC 187	11 410	150	121	<i>Macoma cal.</i> , <i>Mya trunc.</i> , <i>Hiatella a.</i>	Kingsley Falls	Dyck et al., 1963
Gif 401	11 000	350	135	coquilles	St-Bruno	Delibrias, p.c.
GrN 2031	10 870	100	47	<i>Mya arenaria</i>	Ste-Philomène	Elson, 1962
GrN 2034	10 590	100	81	<i>Mya arenaria</i>	Duncan st.	Elson, 1962
Y 1558	10 560	160	91	coquilles	Mont St-Hilaire	Lasalle, 1960
W 1109	10 560	350	64	coquilles	Lac Alice (N.Y.)	Ives et al., 1964
GrN 2032	10 450	80	53	<i>Mya arenaria</i>	Mont St-Grégoire	Elson, 1962
GrN 1696	10 450	80	56	coquilles	Ste-Philomène	Elson, 1962
L 441 C	9 500	300	9.	algues	St-Germain	Terasmae, 1960
ESTRIE						
L 639	11 320	200	150	coquilles	Old Chelsea	Gadd, 1964
GSC 1248	11 220	200	600	algues	Boundary pond	Gadd et al., 1972
GSC 1476	11 200	170	61	<i>Balanus sp.</i>	St-Nicolas	Lasalle, n.p.
GSC 1294	11 200	160	642	algues	Lac Mégantic	Mott, 1968
GSC 1289	11 000	240	568	algues	Lac Mégantic	Mott, 1968
GSC 1553	10 700	310	404	algues	Lac Mégantic	Mott, 1968
RÉGION DE QUÉBEC						
GSC 1533	12 400	160	109	<i>Portlandia arctica</i>	Charlesbourg	Gadd et al., 1972
GSC 1235	11 600	160	176	<i>Mya truncata</i>	ND-des-Laurentides	Gadd et al., 1972
GSC 1295	11 200	160	--	<i>Balanus sp.</i>	Lapointe	Gadd et al., 1972
GSC 1476	11 200	120	--	<i>Balanus hameri</i>	St-Nicolas	LaSalle et al., 1977
GSC 1232	11 100	160	--	<i>Balanus sp.</i>	Beauport	Gadd et al., 1972
Au 447	10 390	130	--	<i>Hiatella arctica</i>	Pont-Rouge	LaSalle et al., 1977
GSC 1451	10 000	150	64	<i>Hemithyris psittacea</i>	St-Nicolas	Gadd et al., 1972
GSC 1796	9 730	140	--	<i>Elliptio complanatus</i>	Cap-Rouge	LaSalle et al., 1977
GSC 1508	9 960	150	64	<i>Mytilus edulis</i>	St-Nicolas	Gadd et al., 1972

le premier exemple. Regroupées en fonction de leurs âges ou des niveaux marins relatifs correspondants, les populations fossiles mettent en évidence, dans une région délimitée, trois phases environnementales (tabl. XIX): une phase glacio-marine caractérisée par une variété faunistique faible (13 espèces en moyenne par site). Elle fut suivie d'une phase « pléni-marine » marquée par une faune abondante et variée (plus de 20 espèces par site). Au cours de la phase finale d'exondation, les faciès moins diversifiés, et la légère tendance saumâtre des eaux peu profondes, éliminèrent un certain nombre d'espèces; leurs populations migrant vers le golfe actuel du Saint-Laurent. On ne peut accorder à ce type d'observation un grand intérêt. En effet, dans la mesure où les faunes actuelles sont aussi sinon plus diversifiées que celles des dépôts de la mer de Goldthwait, l'évolution que nous avons relevée ne concerne absolument pas l'ensemble du bassin, mais reflète simplement la succession des faciès dans un territoire peu étendu. En particulier, l'appauvrissement faunistique de la phase finale d'exondation est lié à la paléogéographie locale: les populations correspondantes proviennent d'anciennes baies peu profondes, où l'influence des cours d'eau était considérable. En d'autres lieux plus ouverts de la Côte-Nord, les communautés fossiles de l'exondation sont beaucoup plus variées (cf. par exemple les sites décrits par DIONNE, 1971).

b) La mer de Tyrrell

Nous avons eu l'occasion d'examiner les assemblages de plus d'une cinquantaine de sites fossilifères dispersés sur la côte est de la baie d'Hudson. Il ne semble pas qu'il y ait eu une évolution générale des faunes et, selon le faciès auquel on s'intéresse, on n'observe aucune différence significative entre les populations fossiles ou actuelles correspondantes, à la seule exception, ici encore, de la phase glacio-marine caractérisée par sa communauté à *Portlandia arctica*. Cependant, comme dans les exemples précédents, l'exondation d'une région délimitée s'accompagna d'une évolution des faciès et de leurs faunes caractéristiques.

Les dépôts tyrrelliens de la grande rivière de la Baleine peuvent illustrer ce qui précède. À titre d'exemple, deux assemblages des argiles glacio-marines et marines ont été comparées à deux assemblages provenant des séquences silto-sableuses marquant l'exondation (fig. 24). Bien qu'il s'agisse de faunes partiellement thanatocénétiques, on peut cependant les considérer comme représentatives, dans la mesure où les premières s'apparentent clairement aux communautés endobenthoniques et épibenthoniques profondes (à *Macoma calcaria*), les secondes aux communautés plus littorales (à *Hiatella* ou à *Hemithyris*).

TABLEAU XIX

Évolution du nombre d'espèces dans les assemblages fossiles de la mer de Goldthwait, région de Sept-Îles (Côte-Nord)

	Lamellibranches Gastéropodes		Âge
Phase d'exondation	10	3	< 7 000 BP
Phase « pléni-marine »	13	9	8 000 ± 1 000 BP
Phase glacio-marine	7	2	9 000 ± 500 BP

L'accroissement du nombre d'espèces et, surtout, l'apparition des Gastéropodes et d'*Hemithyris psittacea* dans les derniers assemblages, reflètent bien un réchauffement des eaux lié à la diminution de profondeur du bassin. Si l'on compare ces faunes à celles du littoral actuel de la baie d'Hudson, on ne note aucune différence significative. Il semble donc que la mer de Tyrrell ait connu des conditions hydrologiques similaires à celles qui prévalent aujourd'hui dans la baie d'Hudson. Ce qui était également le cas de la mer de Goldthwait et du golfe du Saint-Laurent.

3) CONCLUSIONS À PROPOS DES PHASES PALÉOÉCOLOGIQUES (fig. 25)

Nous voyons que la seule évolution générale que l'on puisse relever dans les communautés faunistiques concerne la communauté à *Portlandia arctica*. Celle-ci caractérisa, dans chaque bassin, les faciès glacio-marins. Elle disparut donc assez rapidement après le retrait du glacier. Dans les mers ouvertes, les conditions hydrologiques, voisines de celles des bassins actuels, se maintinrent à peu près sans changement au cours du temps. Dans la mer et le détroit d'Iberville, cependant, quelques espèces thermophiles ont fait une incursion, probablement au cours de l'optimum climatique de l'Holocène; des refuges, tel celui à *Mya arenaria* dans la baie du Diana, en sont encore les témoins.

Enfin, dans les bassins fermés, telle la mer de Champlain que nous avons choisie comme exemple, les communautés littorales indiquent une tendance saumâtre permanente des eaux de surface. Au cours de l'exondation, les assemblages s'appauvrirent donc systématiquement. Le seul point encore non élucidé concerne la brutale disparition des faunes dans la mer de Champlain, vers 10 000 — 9 800 BP, et donc la transition rapide au faciès lacustre. Nous avons vu que vers 10 300 BP, toutes les communautés persistaient encore dans le bassin. Vers 10 200 — 10 000, seule celle à *Portlandia arctica* s'était éteinte.

En deux siècles (^{14}C !), toutes les autres communautés suivirent. Nous serions tenté d'y voir l'effet d'un événement catastrophique. OCCHIETTI (1979) avance

ESPÈCES / AFFLEUREMENTS	%				I			II			
	# 4	# 8	# 52	# 51	% 40	30	20	10	20	30	40 %
<i>Portlandia arctica</i>	1,5										
<i>Nuculana tenuisulcata</i>		1,5									
<i>Nucula tenuis</i>	1	1									
<i>Macoma calcoarea</i>	40	43	5	1							
<i>Clinocardium ciliatum</i>	29	12	2	16							
<i>Hiatella arctica</i>	22	19	54	7							
<i>Chlamys islandicus</i>	1	16	7	28							
<i>Mya truncata</i>	1,5	3	2	2							
<i>Mytilus edulis</i>	3	1,5	0,5	7							
<i>Nuculana perula</i>	1		2								
<i>Astarte montagui striata</i>			13								
<i>Astarte montagui warhami</i>			3								
<i>Astarte borealis</i>				1							
<i>Mya sp.</i>				1							
LAMELLIBRANCHES A	98,5	97	89,5	45							
<i>Lunatia pallida</i>	1,5	1									
<i>Buccinum tenue</i>		1		0,5							
<i>Littorina rudis</i>			1								
<i>Acmæa testudinalis</i>			8								
<i>Lora scalaris</i>			0,5								
GASTÉROPODES B	1,5	2	9,5	0,5							
<i>Hemithyris psittacea</i>				18,5							
<i>Balanus balanus</i>		1	0,5	36							
DIVERS		1	0,5	54,5							

FIGURE 24. Évolution des espèces de la mer de Tyrrell dans la région de Poste-de-la-Baleine: I) dans les argiles marines; II) dans les silt et sables d'exondation. A, Lamellibranches; B, Gastéropodes; C, Brachiopodes; D, Crustacés. Chaque échantillonnage étudié comprend de 150 à 250 valves ou individus (extrait de HILLAI-RE-MARCEL et BOUTRAY, 1975).

Evolution of the species of the Tyrrell Sea in the Poste-de-la-Baleine area: I) in marine clay; II) in silts and shoaling sand. A, Pelecypods; B, Gastropods; C, Brachiopods; D, Shellfish. Every sampling studied contains from 150 to 250 valves or individuals (from HILLAI-RE-MARCEL and BOUTRAY, 1975).

FIGURE 25. Les principales communautés types des mers post-glaciaires (HILLAI-RE-MARCEL, 1977).

Main type communities of the post-glacial seas (HILLAI-RE-MARCEL, 1977).

l'hypothèse d'une vidange lacustre importante, dans la mer de Champlain, qui aurait brusquement dilué les eaux du bassin. Il semble en effet que c'est vers cette période que plusieurs millions de kilomètres cubes d'eau provenant du lac Agassiz (cf. ELSON, 1967) se déversèrent vers l'est. Cet apport d'eau douce considérable pourrait bien avoir mis un point final à l'histoire de la mer de Champlain.

V. REMARQUES SUR LES ÉLÉMENTS EN TRACE DANS LES COQUILLES

Dans la mesure où les études paléocéologiques avaient démontré que de larges gradients de salinité existaient dans les mers post-glaciaires, il était tentant d'essayer d'évaluer les salinités absolues à partir de la concentration, dans les coquilles, de certains éléments en trace. En effet, depuis les travaux de RUCKER et VALENTINE (1961), nombre de chercheurs ont abordé l'étude des éléments en trace, particulièrement chez les Mollusques, en relation avec la salinité, tels PILKEY et GOODEL (1963), DODD (1965), EISMA *et al.* (1975), pour n'en citer que quelques-uns. Hélas le moins que l'on puisse dire est que leurs conclusions sont contradictoires¹⁷. Certains ont établi une relation entre la salinité et la concentration de tel ou tel élément. D'autres, sur la même espèce et sur les mêmes éléments n'en ont observé aucune. Il se pourrait cependant que certains environnements se prêtent, plus que d'autres, à laisser une empreinte chimique dans l'aragonite ou la calcite des Mollusques. C'est pourquoi, malgré les conclusions peu encourageantes des analyses systématiques d'EISMA *et al.* (1976), sur des espèces euryhalines identiques aux nôtres, nous avons essayé d'aborder l'étude des paléosalinités par ce biais.

Le choix des éléments à analyser nous a été dicté par leur répartition actuelle dans l'estuaire du Saint-Laurent (SUBRAMANIAN et D'ANGLEJAN, 1976) et le fjord du Saguenay (YEATS et BEWERS, 1976). Les deux masses d'eaux ont d'une part des salinités et des températures qui, dans une certaine mesure, peuvent se comparer à celles des mers post-glaciaires, d'autre part par les mêmes bassins de drainage que la mer de Champlain et l'est de la mer de Goldthwait. SUBRAMANIAN et D'ANGLEJAN (1976) ont observé une corrélation inverse entre la salinité et certains éléments: Mn, Co, Ni, Zn. Parallèlement, YEATS et BEWERS (1976) notent, dans le Saguenay, une relation similaire entre salinité et Cd, Co et Fe. Dans les deux cas, cependant, les concentrations en fer présentent des anomalies que YEATS et BEWERS (1976) associent

au fait que l'élément est rapidement soustrait du bassin par la floculation et la sédimentation. Quoi qu'il en soit, à l'analyse de ces éléments, qui nous paraissent être de bons indicateurs continentaux, nous avons ajouté celles du strontium et du sodium; ce dernier pouvant être considéré comme indicateur marin¹⁸.

Plus de soixante échantillons, provenant de vingt-huit sites dispersés dans l'ensemble des bassins, ont ainsi fait l'objet d'analyses systématiques, par absorption atomique, des éléments retenus. Dans la mesure du possible, nous nous sommes efforcé de limiter le nombre d'espèces afin de permettre des comparaisons d'un site à l'autre. Les résultats de ces analyses sont indiquées sur le tableau XX. Enfin, nous avons dosé les traces de magnésium de deux espèces, en relation avec leurs taux de croissance; dans le premier cas, dans des sites différents; dans le second, dans une même population fossile (tabl. XXI et XXII).

Un examen, même rapide, des résultats permet d'écarter toute relation stricte entre la concentration de l'un ou de l'autre des éléments et la salinité. En effet, qu'il s'agisse de faunes euryhalines (*Macoma balthica*, *Mya arenaria*, *Mytilus edulis*, ...) ou sténohalines (*Macoma calcarea*, *Chlamys islandicus*, *Serripes groenlandicus*), provenant de sites que nous avons déjà reconnus comme saumâtres (golfe de Richmond, dépôts littoraux de la mer de Champlain) ou ultrahalins (baie du Diana, Sept-Îles,...), les concentrations des traces varient de façon désordonnée d'un cas à l'autre. Pour s'en convaincre totalement, il suffit de comparer les concentrations métalliques à la composition isotopique ¹⁸O/¹⁶O du carbonate qui varie proportionnellement à la salinité (cf. HILLAIRE-MARCEL, 1977 *et p.*).

Exceptionnellement, on peut avancer une explication pour une valeur particulière. À Sept-Îles, par exemple, de fortes teneurs en fer ne devraient pas surprendre, si l'on tient compte du fait que des croûtes ferrugineuses, atteignant parfois plusieurs mètres d'épaisseur, indurent le sommet des terrasses marines. Quel que soit le soin apporté au nettoyage des fossiles avant l'analyse, des traces de fer, laissées dans les coquilles plus ou moins poreuses par des circulations d'eaux, peuvent persister. Ceci expliquerait les 580 ppm de fer d'une *Macoma calcarea* (site 54-5; fig. 21).

Cependant, de telles anomalies sont rares et la forte variabilité des teneurs en éléments en trace exige d'autres explications qui sortiraient du cadre de notre ex-

17. Une discussion détaillée des données publiées à ce sujet pourra être trouvée dans EISMA *et al.* (1975).

18. Le bore, en concentration trop faible pour l'analyse par absorption atomique, avait été provisoirement négligé. Les résultats décevants des analyses nous ayant incité à abandonner cette voie, nous n'avons pas jugé utile de compléter la série des éléments en trace.

TABLEAU XX

Les éléments en trace dans les coquilles fossiles. Aucune relation systématique entre les concentrations et les paléosalinités n'apparaît. La composition $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, proportionnelle à la salinité, est indiquée pour comparaison

MERS POST-GLACIAIRES	LOCALISATION	No. d'échantillon	ESPECES	Zn ±1ppm	Sr ±3ppm	Cu ±3ppm	Mn ±3ppm	Na %	Cd ±2ppm	Co ±16ppm	Fe ±4ppm	$\delta^{18}\text{O}$
MER D'IBERVILLE	BAIE DU DIANA	DI-1-6	<i>Mya truncata typica</i>	8	922	18	13	.40	10	72	76	2,09
		DI-2-6	" " "	8	1177	18	33	.45	51	127	97	1,77
		DI-3-6a	" " "	8	1020	20	18	.45	10	72	75	1,12
		DI-4-6	" " "	9	1002	23	25	.40	8	132	76	2,03
		DI-2-7	" " ovata	12	1402	15	13	.42	14	240	120	2,13
		DI-2-3	<i>Hiatella arctica</i>	9	968	16	26	.48	10	75	95	1,18
		DI-3-3	" "	11	1104	28	23	.41	9	141	104	1,22
		DI-1-15	<i>Chlamys islandicus</i>	14	608	33	35	.16	8	139	130	1,09
		DI-3-8	<i>Astarte montagui striata</i>	11	1335	15	14	.40	13	230	80	0,70
		DI-3-2	<i>Macoma calcarea</i>	13	1598	28	18	.40	13	280	80	1,33
MER DE TYRRELL	BAIE DE JAMES	BJ-1-2	<i>Macoma calcarea</i>	11	1572	13	24	.37	14	260	100	2,03
		BJ-1-3	<i>Mya truncata ovata</i>	12	1603	13	17	.37	13	230	60	2,02
		BJ-1-4	<i>Mytilus edulis</i>	11	881	16	24	.31	13	330	100	-1,19
		BJ-1-5	<i>Hiatella arctica</i>	12	1141	11	21	.40	14	250	160	0,38
	GOLFE DE RICHMOND	R-16-1	<i>Macoma balthica</i>	28	1221	39	—	.41	14	520	100	-5,77
		R-18-3	" "	9	1452	27	15	.33	10	150	128	-3,00
		R-16-4	<i>Mytilus edulis</i>	8	637	14	19	.26	10	74	267	-3,98
		R-18-1	" "	13	736	22	20	.24	8	126	234	-1,75
		R-16-3	<i>Hiatella arctica</i>	9	803	16	23	.47	10	70	75	1,36
		R-17-3	" "	8	865	17	37	.42	8	128	84	-1,98
		R-18-2	<i>Mya truncata ovata</i>	9	1082	20	16	.39	7	133	111	-0,64
MER DE CHAMPLAIN	ST-LOUIS-DE-TERRERONNE	SLT-1	<i>Macoma balthica</i>	16	2079	48	22	.27	12	194	122	-12,27
	LACHUTE	L-1	<i>Hiatella arctica</i>	10	1017	19	35	.40	9	153	76	-2,77
	DION	D-3	<i>Hiatella arctica</i>	10	1060	21	40	.40	9	140	73	-8,74
	CHARETTE	CH-1	<i>Mya arenaria</i>	8	1470	29	26	.57	8	146	184	-10,27
		CH-2	<i>Macoma balthica</i>	15	1601	24	28	.28	16	480	100	-3,36
	ST-ALBAN	SA-3	<i>Macoma balthica</i>	24	1463	47	47	.38	17	90	400	-2,69
		SA-4	<i>Balanus hameri</i>	16	2512	23	511	.40	13	140	860	3,19
	MONT-JOHNSON	MJ-1	<i>Mya arenaria</i>	19	1507	26	45	.31	15	410	110	-14,42
		MJ-2	<i>Macoma balthica</i>	11	1651	15	24	.31	14	320	60	-13,21
	ST-REMI	SR-1	<i>Mytilus edulis</i>	9	640	20	330	.17	8	128	259	-8,12
		SR-3	<i>Hiatella arctica</i>	8	1145	26	33	.30	10	140	122	-1,32
	ST-JOSEPH	SJ-1	<i>Mytilus edulis</i>	13	908	13	33	.21	8	133	159	-5,10
		SJ-3	<i>Hiatella arctica</i>	8	1022	16	20	.41	8	125	84	-1,03
		SJ-20	<i>Balanus crenatus</i>	23	1978	42	135	.30	12	165	482	-1,12
	SHAWINIGAN	SH-1	<i>Mya arenaria</i>	11	1678	38	36	.30	21	167	127	-7,40
		SH-2	<i>Hiatella arctica</i>	14	1210	18	46	.42	13	450	90	-5,09
		SH-3	<i>Macoma balthica</i>	8	1521	33	29	.35	10	162	196	-7,66
	RANG STE-GERMAINE	A-I-7-3	<i>Macoma balthica</i>	12	1536	12	21	.42	13	70	220	-8,63
		A-I-9-1	<i>Mya arenaria</i>	13	1635	14	24	.35	12	250	59	-10,77
		A-III-2	<i>Mytilus edulis</i>	13	1146	19	22	.16	8	153	99	-8,33
		A-III-3	<i>Hiatella arctica</i>	13	1116	15	44	.42	12	400	70	-1,05
	STE-THERESE	ST-1	<i>Balanus hameri</i>	11	1561	19	98	.36	10	74	149	-0,11
		ST-2	<i>Hiatella arctica</i>	9	924	14	36	.45	8	128	68	0,20
		ST-3	<i>Macoma calcarea</i>	14	1547	15	458	.35	8	130	126	1,16
		ST-5	<i>Mya truncata typica</i>	11	957	12	25	.35	12	170	50	0,44
		ST-8b	<i>Macoma balthica</i>	11	1720	12	21	.33	12	210	120	-9,24
	ST-NICOLAS	SN-1	<i>Mya truncata typica</i>	11	1099	11	19	.39	14	290	50	2,25
		SN-3	<i>Hiatella arctica</i>	30	880	59	69	.39	15	410	300	-4,20
		SN-9	<i>Macoma calcarea</i>	17	1447	24	33	.33	14	480	130	-3,22
		SN-10	" <i>balthica</i>	18	1669	44	35	.50	17	208	131	-5,67
		SN-14	<i>Serripes groenlandicus</i>	8	892	14	22	.42	8	135	105	2,00
		SN-17	<i>Mya arenaria</i>	12	1464	11	18	.36	14	60	140	-8,31
		SN-18a	<i>Mytilus edulis</i>	12	1222	12	64	.31	14	330	130	-3,44
MER DE GOLDTHWAIT	SEPT-ÎLES	S-4-5	<i>Macoma calcarea</i>	7	1334	21	16	.33	7	134	581	0,48
		S-14-5	" "	8	1146	16	15	.38	8	124	124	2,16
		S-30-1	" <i>balthica</i>	8	1300	22	31	.50	7	130	151	0,74
		S-4-1	<i>Mytilus edulis</i>	12	555	10	48	.17	13	60	—	-1,95
		S-7-4	" "	10	483	14	23	.27	10	74	264	-0,41
		S-7-6	<i>Mya truncata typica</i>	27	1317	38	—	.33	136	570	120	2,97
		S-14-7	" <i>ovata</i>	9	1304	20	16	.39	8	127	163	2,75
		S-7-3	<i>Hiatella arctica</i>	9	710	17	9	.94	10	64	306	3,18

TABLEAU XXI

Variations de poids dans une population de *Hiatella arctica* de la mer de Champlain (site du mont Saint-Hilaire) et teneurs en magnésium

échantillon n°	Longueur mm	Poids mg	P/L	Mg ppm
1	19	202	10,6	218
3	21	228	10,8	395
9	19	150	7,9	277
11	14	93	7	328
12	17	164	9,6	259
21	17	141	8,3	190
36	26	473	18,2	217
39	19	156	8,2	314
40	17	170	10	270
41	17	102	6	162
42	19	113	6	420

posé. La seule relation éventuellement positive que nous ayons pu établir, après un examen attentif des résultats, concerne le strontium. Si l'on distingue, par exemple dans la mer de Champlain, les communautés intertidales ou de faible profondeur (*Mya arenaria*, *Macoma balthica*) et les communautés plus profondes (*Hiatella arctica*, *Macoma calcarea*), on note des teneurs moyennes respectives en strontium de 1 615 ppm et 1 072 ppm. Or les premières appartiennent aux faciès saumâtres des eaux de surface, tandis que les secondes bénéficiaient généralement d'une salinité plus élevée. Si l'on analyse un peu plus en détail cette relation, on s'aperçoit qu'à ce facteur — la salinité — s'ajoute apparemment une variable spécifique. En effet, si *Mytilus edulis*, *Hiatella arctica* et, en général, les espèces infralittorales, ont toujours de basses teneurs en strontium, *Macoma calcarea* et *Balanus hameri*, tous deux infralittoraux et à tendance sténohaline, ont des

concentrations systématiquement plus élevées (comme d'ailleurs *Balanus crenatus*), variant de 1 500 à 2 500 ppm.

La même observation s'applique aux communautés des autres bassins où, pourtant, la salinité était généralement élevée, même en surface. Cette remarque nous conduit ainsi à émettre des réserves sur la relation entre la salinité et les teneurs en strontium qui pourtant paraissait plausible.

Pour ne pas prolonger inutilement cette discussion, nous soulignerons simplement l'absence de lien entre les teneurs en magnésium et les taux de croissance, qu'il s'agisse de *Mya truncata typica* ou de *Hiatella arctica*.

En guise d'explication de cette variabilité géochimique et sans connaître exactement les taux de résidence des éléments dans les bassins post-glaciaires, nous pouvons supposer que d'une année à l'autre, la fonte des glaces variant considérablement, les eaux continentales en apportèrent des quantités très inégales. De surcroît, les drainages lacustres et la paléogéographie des bassins d'alimentation évoluant au cours du retrait glaciaire, les concentrations de tel ou tel élément purent changer rapidement, en fonction des sources continentales nouvelles.

CONCLUSION

Les faunes qui colonisèrent les bassins peuvent être regroupées en communautés types. Celle-ci, caractérisant des faciès bien tranchés, se succédèrent souvent dans le temps, en fonction de la diminution de profondeur des mers post-glaciaires. Elles ne reflètent donc pas une évolution climatique générale, mais simplement les variations hydrologiques accompagnant l'exondation de chacun des bassins. Exceptionnelle-

TABLEAU XXII

Taux de croissance, composition isotopique et teneurs en Sr et Mg de *Mya truncata* dans l'ensemble des bassins marins

		Taux de croissance (mm/an)	$\delta^{13}\text{C/PDB}$ ‰	$\delta^{13}\text{O/PDB}$ ‰	Sr (ppm)	Mg (ppm)
Mer de Goldthwait	(S. 30)	0,44	0,44	2,3	1668	183
Mer de Champlain	(ST)	0,44	1,4	0,45	1277	110
"	(SN. 1)	0,28	1,7	2,1	1271	—
Mer d'Iberville	(DI. 3-6a)	0,45	1,25	1,12	1523	87
Mer de Tyrrell	(PDB. 14-6)	0,26	2,17	2,9	1293	125
"	(PDB. 6)	0,26	—	—	1273	127
Golfe du St-Laurent	(S. 1)	0,41	—	—	1270	84
Baie d'Hudson	(R. 16)	0,36	2,5	1,75	2335 (?)	184

ment, on relève, au cours de l'Holocène, des incursions septentrionales d'espèces que l'on peut considérer comme relativement thermophiles. Quoique plus tardif qu'aux basses latitudes, l'optimum climatique semble donc s'être marqué dans les milieux arctiques.

Au-delà de cette conclusion très générale, nous avons vu que des analyses paléocéologiques très détaillées permettaient de reconstituer avec une assez bonne approximation, les paramètres hydrologiques d'un bassin ou d'un site déterminé. Cependant, ces études exigent une grande minutie et un travail considérable. En s'appuyant sur les données de la géochimie des isotopes du carbone et de l'oxygène des faunes (cf. HILLAIRES-MARCEL, 1977 et 1979), il est possible d'approcher, avec plus de précision et un travail moindre, ces mêmes paramètres hydrologiques. C'est en ce sens que nous conclurons, en suggérant de compléter systématiquement les études paléocéologiques par des analyses géochimiques.

REMERCIEMENTS

Michelle Laithier a dessiné la plupart des illustrations. Je la remercie sincèrement ainsi que Nicole Carette pour d'utiles suggestions d'amélioration du manuscrit. Les recherches à l'origine de cet article ont été financées par la Commission géologique du Canada, le ministère de l'Éducation du Québec et Conseil national de recherches du Canada.

RÉFÉRENCES

- ANDREWS, J. T. (1972): Recent and fossil growth rates of marine bivalves, Canadian Arctic, and Late-Quaternary Arctic marine environments, *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, vol. 11, n° 3, p. 157-172.
- ARSENAULT, M. (1979): *Étude morphologique de poissons fossiles de la Mer de Champlain en provenance de Green Creek, Ottawa*, Thèse M.Sc., Univ. Québec à Montréal, 140 p.
- BARTLETT, G. A. et MOLINSKY, L. (1972): Foraminifera and the Holocene history of the Gulf of St. Lawrence, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 9, p. 1204-1215.
- BAYFIELD, H. W. (1837): Notes on the geology of the north coast of the St. Lawrence, *Trans. Geol. Soc. London*, vol. 2, n° 5, p. 89-103.
- BELL, R. (1888): Proofs on the rising of the land around Hudson Bay, *Am. J. Sci.*, ser. vol. 4, n° 1, p. 219-228.
- BERTELSEN, E. (1937): Contributions to the animal ecology of the fjords in east Greenland, *Meddel. Gronland*, vol. 108, n° 3, p. 1-111.
- BOURGET, E. et LACROIX, G. (1973): Aspects saisonniers de la fixation de l'épifaune benthique de l'étage infralittoral de l'estuaire du Saint-Laurent, *J. Fish. Res. Board Can.*, vol. 30, n° 7, p. 867-880.
- BOUSFIELD, E. L. (1954): The distribution and spawning seasons of Barnacles on the Atlantic Coast of Canada, *Bull. Nat. Mus. Can.*, n° 132, p. 112-154.
- (1955): Studies on the shore fauna of the St. Lawrence estuary and Gaspé coast, *Bull. Nat. Mus. Can.*, n° 136, p. 95-101.
- (1956): Studies on shore Crustacea collected in eastern Nova Scotia and Newfoundland, 1954, *Bull. Nat. Mus. Can.*, n° 142, p. 127-152.
- (1958): Littoral marine Arthropods and Mollusks collected in western Nova Scotia, 1956, *Proc. Nova Scot. Inst. Sci.*, vol. 24, n° 3, p. 303-325.
- (1964): *Coquillages des côtes canadiennes de l'Atlantique*, Nat. Mus. Can., Ottawa, 89 p.
- BOUTRAY (de), B. et HILLAIRES-MARCEL C. (1977): Aperçu géologique du substratum et des dépôts meubles quaternaires dans la région de Blanc-Sablon, Québec, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 31, n°s 3-4, p. 207-215.
- BRADFIELD, A. E. et NEWELL, G. E. (1961): The behaviour of *Macoma balthica*, *J. Mar. Biol. Ass., U.K.*, vol. 41, p. 81-87.
- BRADY, G. S. et CROSSKEY, F. G. S. (1871): Notes on fossil Ostracoda from the Post-Tertiary deposits of Canada and New England, *Geol. Mag.*, vol. 8, p. 60-65.
- CLARKE, A. H. (1962): Sublittoral Mollusks and Brachiopods from the Gulf of St. Lawrence, *Nat. Mus. Can.*, bull. n° 183, p. 6-10.
- (1974): Mollusks from Baffin Bay and the northern north Atlantic ocean, *Nat. Mus. Can.*, publ. oceanogr. biol., vol. 7, p. 23.
- CRONIN, T. M. (1976): An arctic foraminiferal fauna from Champlain Sea deposits in Ontario, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 13, n° 12, p. 1678-1682.
- (1977a): Late Wisconsin marine environments of the Champlain valley (New York, Québec), *Quaternary Res.*, vol. 7, n° 2, p. 238-254.
- (1977b): Champlain Sea Foraminifera and Ostracoda: a systematic and paleoecological synthesis, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 31, n°s 1-2, p. 107-122.
- CYR, A. (1977): *L'invasion de la Mer d'Iberville dans la région d'Aupaluk (Baie d'Ungava)*, Mémoire B. Sc., Dép. Géogr., Univ. Montréal, 54 p.
- DAWSON, J. W. (1857): On the newer Pliocene and Post-Pliocene deposits of the vicinity of Montreal, *Can. naturalist*, vol. 2, p. 401-426.
- (1859): Additional notes on the Post-Pliocene deposits of the St. Lawrence valley, *Can. naturalist*, vol. 4, p. 23-39.
- (1878): Note on a fossil seal from the Leda clay of the Ottawa valley, *Can. naturalist*, vol. 8, p. 340-341.
- (1883): On portions of the skeleton of a whale from gravel on the line of the Canada Pacific Railway, near Smith's Falls, Ontario, *Can. naturalist*, vol. 10, p. 385-387.
- (1889): *Balanus hameri* and varieties of *Mya arenaria* & *Mya truncata* in the Pleistocene, *Can. Record Sci.*, vol. 3, p. 287-292.

- (1891): Note on a fossil fish and marine worm found in the Pleistocene nodules of Green's Creek on the Ottawa, *Can. Record Sci.*, vol. 4, p. 86-88.
- DIONNE, J.-C. (1968): Érosion glacielle littorale, estuaire du Saint-Laurent, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 23, n° 1, p. 5-20.
- (1971): *Mollusques pléistocènes du Québec III- Diverses localités fossilifères*, Centre rech. forest. Laurentides, Québec, rapp. Q-F-X- 22, 59 p.
- (1972a): Caractéristiques des schorres des régions froides, en particulier de l'estuaire du Saint-Laurent, *Z. Geomorph.*, suppl. Bd., vol. 13, p. 131-162.
- (1972b): *Le Quaternaire de la région de Rivière-du-Loup/ Trois-Pistoles, côte sud de l'estuaire du Saint-Laurent*, Centr. rech. forest. Laurentides, Québec, rapp. inf. Q.F.X.-27, 95 p.
- DIONNE, J.-C. et LAVERDIÈRE, C. (1969): Sites fossilifères du golfe de Laflamme, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 23, n° 3, p. 259-270.
- DODD, J. R. (1965): Environmental control of strontium and magnesium in *Mytilus*, *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 29, p. 385-398.
- DREDGE, L. A. (1971): *Late Quaternary sedimentary environments, Sept-Îles, Québec*, thèse M. Sc., McGill Univ., Montréal, 102 p.
- (1972): Surficial geology, Sept-Îles-Cap-Chat, *Geol. Surv. Can.* paper n° 72-1A p. 153-154; paper n° 73-1A, p. 192-193; paper n° 75-1A, p. 401.
- DUNBAR, M. J. (1951): *Eastern Arctic waters*, Ottawa Bull. Fish. Res., n° 88, 131 p.
- (1953): Arctic and subarctic marine ecology: immediate problems, *Arctic*, vol. 6, p. 75-90.
- EISMA, D., MOOK, W.G. et DAS, H. A. (1975): Shell characteristics, isotopic composition and trace element contents of some euryhaline molluscs as indicators of salinity, *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, vol. 19, n° 1, p. 39-62.
- ELLIS, D. V. (1955): Some observations in the shore fauna of Baffin Land, *Arctic*, vol. 8, n° 4, p. 224-236.
- (1960): *Marine infaunal benthos in Arctic North America*, Arct. Inst. North Am., techn. paper n° 5, 53 p.
- ELSON, J. A. (1967): *Geology of glacial Lake Agassiz, in Life, Land and Water*, Mayer-Oakes, édit., Univ. Manitoba Press.
- (1969a): Radiocarbon dates, *Mya arenaria* phase of the Champlain Sea, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 6, n° 3, p. 367-372.
- (1969b): Late Quaternary marine submergence of Québec, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 23, n° 3, p. 247-258.
- FILLON, R. H. (1974): Foraminiferal paleoecology of the Champlain Sea in the Champlain valley, *Geol. Soc. Am.*, abstr., vol. 6, n° 1, p. 27.
- FILLON, R. H. et HUNT, A. S. (1974): Late Pleistocene benthic Foraminifera of the southern Champlain Sea: paleotemperature and paleosalinity indicators, *Maritime Sediments*, vol. 10, n° 1, p. 14-18.
- FISHER, P. H. (1943): Répartition actuelle des Mollusques marins, envisagée comme base d'appréciation pour les géologues, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, vol. 5, n° 13, p. 441-458.
- FORSTER, R. W. (1946): The genus *Mya* in the western Atlantic, *Johnsonia*, vol. 2, n° 20, p. 29-35.
- GADD, N. R. (1960): *Surficial geology of the Bécancour map-area*, *Geol. Surv. Can.*, paper n° 59-8, 34 p.
- (1971): *Pleistocene geology of the central St. Lawrence Lowland*, *Geol. Surv. Can.*, memoir n° 359, 153 p.
- GADD, N. R., LASALLE, P., DIONNE, J.-C., SHILTS, W.W. et McDONALD, B. C. (1972): *Quaternary and geomorphology of southern Québec*, 24^e Congr. géol. int., Montréal, livret-guide excursion A44-C44, 69 p.
- GANGLOFF, P., GRAY, J. et HILLAIRES-MARCEL, C. (1976): Reconnaissance géomorphologique sur la côte ouest de la baie d'Ungava, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 30, n° 4, p. 339-348.
- GOLDRING, W. (1922): The Champlain Sea: evidence of its decreasing salinity southward as shown by the character of the fauna, *Bull. N.Y. State Mus.*, n°s 239 et 240, p. 153-187.
- GRAY, J. T., BOUTRAY (de), B., HILLAIRES-MARCEL, C. et LAURIOL, B. (1980): Post-glacial emergence of the west coast of Ungava Bay, Québec, *Arct. Alp. Res.*, vol. 12, n° 1 (sous presse).
- HARDY, L. (1976): *Contribution à l'étude morphologique de la portion québécoise des basses terres de la baie de James*, Thèse Ph. D., McGill Univ., Montréal.
- HARRINGTON, C. R. (1971a): The Champlain Sea and its vertebrate fauna, *Trail and Landscape*, vol. 5, n° 5, p. 121-144.
- (1971b): A post-glacial freshwater drum *Aplodinotus arumens* from Ontario, and comments on the zoogeography of the species, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 8, n° 9, p. 1137-1144.
- (1977): Marine mammals in the Champlain sea and the Great Lakes, *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, vol. 288, p. 508-538.
- HARRINGTON C. R. et SERGEANT, D. E. (1972): Pleistocene ringed seal skeleton from Champlain sea deposits near Hull, Quebec. A reidentification, *Can. J. Earth. Sci.*, vol. 9, n° 8, p. 1039-1051.
- HASELTON, G. M. (1970): Marine beach investigations in the Richmond Gulf area, eastern Hudson Bay, Quebec (part of 34C). *Geol. Surv. Can.*, paper n° 70-1A p. 174-175.
- HEDGPETH, J. W. (1957): *Treatise on marine ecology and paleoecology*, *Geol. Soc. Am.*, memoir n° 67, 2 vol.
- HÉTU, B. (1978): *La transgression marine ibervillienne sur la côte ouest de la baie d'Ungava*, Mémoire B. Sc., Dép. Géogr., Univ. Montréal, 67 p.
- HILLAIRES-MARCEL, C. (1972a): Exemples de biocénoses dans la faune champlainienne de la région d'Oka, *Ann. ACFAS*, vol. 39, p. 76.
- (1972b): Note sur une population pléistocène de *Mya arenaria*, St-Joseph du Lac, Québec, *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, vol. 12, p. 275-283.
- (1973): Commentaires sur la phase à *Mya arenaria* de la Mer de Champlain, 2^e Coll. Quat. du Québec, *Résumés des communications*, p. 11.

- (1974): La déglaciation au nord-ouest de Montréal: données radiochronologiques et faits stratigraphiques, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 28, n° 4, p. 407-417.
- (1976): La déglaciation et le relèvement isostatique à l'Est de la Baie d'Hudson, *Cah. géogr. Québec*, n° 20, p. 185-220.
- (1977): Les isotopes du carbone et de l'oxygène dans les mers post-glaciaires du Québec, *Géogr. phys. Quat.*, vol. 31, nos 1-2, p. 81-106.
- (1979): *Les mers post-glaciaires du Québec: quelques aspects*, Thèse D. Sc., Univ. Paris VI, 2 vol., 600 p.
- HILLAIRE-MARCEL, C. et BOUTRAY (de), B. (1974): *Côte Nord, Rapport mission n° 2*, Centre d'études nordiques, Univ. Laval, Québec, 4 p.
- (1975): *Les dépôts de la région du Poste de-la-Baleine (Nouveau-Québec)*, *Nordicana*, vol. 38, 47 p.
- HILLAIRE-MARCEL, C. et OCCHIETTI, S., (1977): Fréquence des datations au ^{14}C de faunes marines post-glaciaires de l'Est du Canada et variations paléoclimatiques, *Palaeogeogr. Palaeoclim. Palaeoecol.*, vol. 21, n° 1, p. 17-54.
- HILLAIRE-MARCEL, C., PRICHONNET, G. et BOUTRAY (de), B. (1974): Les faciès du Pléistocène marin des collines d'Oka, Québec, *Naturaliste can.*, vol. 101, p. 781-802.
- HILLAIRE-MARCEL, C. et VINCENT, J.-S. (1979): *Holocene stratigraphy and sea-level changes in southeastern Hudson Bay, Canada*, livret-guide excursion 1GCP61, 180 p.
- HUNTER, W. R. (1949): The structure and behaviour of *Hiatella gallicana* and *Hiatella arctica*, with reference to the boring habit, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh*, vol. 63-3, n° 19, p. 271-289.
- KINDLE, E. M. et WHITTAKER, E. J. (1918): Bathymetric check list of the marine invertebrates of Eastern Canada with an index to Whiteaves catalogues, *Contr. Can. Biol.*, Sess. paper n° 38A, p. 229-294.
- LAMMENS, J. J. (1967): Growth and reproduction in a tidal flat population of *Macoma balthica*, *Netherl. J. Soc. Res.*, vol. 3 n° 3, p. 315-382.
- LASALLE, P. (1965): Radiocarbon dates from the Lake St. John area, Québec, *Science*, vol. 149, p. 3686.
- (1966): Late Quaternary vegetation and glacial history in the St. Lawrence Lowlands, Canada, *Leidse Geol. Meded.*, vol. 38, p. 91-128.
- LAURSEN, D. (1966): The genus *Mya* in the Arctic region, *Malacologia*, vol. 3, n° 3, p. 399-418.
- LAVERDIÈRE, C. et MAILLOUX, A. (1956): État de nos connaissances d'une transgression marine post-glaciaire dans les régions du Haut-Saguenay et du Lac Saint-Jean, *Rev. Géogr. Montr.*, vol. 10, n° 4, p. 201-220.
- LAVOIE, R., TREMBLAY, J. L. et FILTEAU, G. (1968): Âge et croissance de *Macoma balthica* à Cacouna-E dans l'estuaire du St-Laurent, *Naturaliste can.*, vol. 95, p. 887-895.
- LESLIE, R. J. (1965): *Ecology and paleoecology of Hudson Bay foraminifera*, Rept. Bedford Inst. Oceanogr. 65-6, Dartmouth, N.S., Can.
- LOEBLISH, A. R. et TAPPAN, H. (1953): *Studies of arctic foraminifera*, Smithsonian Misc. Coll., vol. 121, n° 7, 150 p.
- LOGAN, W. E. (1842): Marine shells on Montreal Mountain, *Proc. Geol. Soc. London*, vol. 3, p. 769-770.
- (1847): *On the topography and geology of the Ottawa River and some of its tributaries, ...*, Geol. Surv. Can., Rept. Progr. 1846, vol. 46.
- LUBINSKY, I. (1958): Studies on *Mytilus edulis* of the Canalus expeditions to Hudson Bay and Ungava Bay, *Can. J. Zool.*, vol. 36, p. 869-881.
- (1972): *The marine bivalve molluscs of the Canadian arctic*, Thèse Ph.D. Univ. McGill, Montréal.
- LYELL, C. (1841): Remarks on some fossil and Recent shells, collected by Captain Bayfield, R.N., in Canada, *Trans. Geol. Soc. London*, Ser. 2, 6, part vol. 1, p. 135-141.
- McROBERTS, J. H. E. (1968): Post-glacial history of Northumberland Strait based on benthic Foraminifera, *Maritime Sediments*, vol. 4, p. 88-95.
- MOORE, H. B. (1958): *Marine Ecology*, Wiley, New York, 493 p.
- NEWCOMBE, C. L. (1936a): Validity of concentric rings of *Mya arenaria* L. for determining age, *Nature*, vol. 1, p. 191-192.
- (1936b): A comparative study of the abundance and the rate of growth of *Mya arenaria* L. in the Gulf of St. Lawrence and Bay of Fundy regions, *Ecology*, vol. 17, n° 3, p. 418-428.
- NEWCOMBE, C. L. et KESSLER, H. (1936): Variations in growth indices of *Mya arenaria* L. on the Atlantic coast of North America, *Ecology*, vol. 17, n° 3, p. 429-443.
- OCCHIETTI, S. (1979): *Le Quaternaire de la région de Trois-Rivières — Shawinigan, Québec, et corrélations stratigraphiques*, Thèse Ph.D., Dép. Géogr., Univ. Ottawa, 400 p.
- ORTON, J. H. (1920): Sea temperature breeding and distribution in marine animals, *Mar. Biol. Ass., V.K., Plymouth J.*, vol. 12, p. 339-366.
- PAGÉ, P. (1977): *Les dépôts meubles de la région de St-Jean de Matha — Ste-Émilie de l'Énergie, Québec*, Thèse M. Sc., Univ. du Québec à Montréal, 120 p.
- PARRY, J. T. (1963): *The Laurentians, a study in geomorphological development*, Thèse Ph.D., Dept. Geogr., Univ. McGill, Montréal, 222 p.
- PETERSEN, C. G. J. (1913): *Valuation of the sea II: the animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography*, Rept. Dan. biol. Stat., vol. 21, 44 p.
- PILKEY, O. H. et GOODELL, H. (1963): Trace elements in recent mollusc shells, *Limnol. Oceanogr.*, vol. 8, p. 137-148.
- PILSBRY, H. A. (1913): *The sessile barnacles (Cirripedia) contained in the collections of the United States National Museum*, Bull. U.S. Nat. Mus., vol. 93, 366 p.
- RICHARDS, H. G. (1936): Recent and Pleistocene marine shells of James Bay, *Am. Midl. Nat.*, vol. 17, n° 2, p. 528-545.
- (1940a): Marine Pleistocene fossils from Newfoundland, *Bull. Geol. Soc. Am.*, vol. 51, p. 1781-1788.

- (1940b): Pleistocene fossils from the Belcher Island in Hudson Bay, *Ann. Carnegie Mus.*, vol. 28, p. 47-52.
- (1941): Post-Wisconsin fossils from the West coast of Hudson Bay, *Notulae Naturae, Acad. Nat. Sci.*, vol. 84, p. 1-10.
- (1962): Studies on the marine Pleistocene: Part I- The marine Pleistocene of the Americas and Europe, Part II- The marine Pleistocene mollusks of Eastern North America, *Trans. Am. Philos. Soc.*, vol. 52, n° 3, 141 p.
- RUCKER, J. B. et VALENTINE, J. W. (1961): Salinity response of trace element concentration in *Crassostrea virginica*, *Nature*, vol. 190, p. 1099-1100.
- SEGERSTRALE, S. G. (1961): Investigations on baltic populations of the bivalve *Macoma balthica*, *Soc. Sc. Fennica Comment. Biol.*, vol. 24, n° 7, p. 3-26.
- SHIH, G. Y. (1937): Die Abhängigkeit der Grösse und Schalendicke mariner Mollusken von der temperatur und dem Salzgehalt des wassers, *Sitz. Ges. naturf. fr. Berlin*, p. 238-287.
- SUBRAMANIAN, V. et D'ANGLEJEAN, B. (1976): Water chemistry of the St. Lawrence estuary, *J. Hydrol.*, vol. 29, p. 341-354.
- SWAN, E. F. (1952a): Growth indices of the clam *Mya arenaria*, *Ecology*, vol. 33, n° 3, p. 365-379.
- (1952b): The growth of the clam *Mya arenaria* as affected by the substratum, *Ecology*, vol. 33, n° 4, p. 530-534.
- THORSON, G. (1933): Investigations on shallow water animal communities in Franz-Joseph Fjord (East Greenland) and adjacent waters, *Medd. Gronland*, vol. 100, n° 2.
- (1934): Contributions on the animal ecology of the Scoresby Sound Fjord Complex (East Greenland), *Medd. Gronland*, vol. 100, n° 3.
- (1936): The larval development, growth and metabolism of arctic marine bottom invertebrates, *Medd. Gronland*, vol. 100, n° 6, p. 1-155.
- TURNER, H. H. (1948): Report on investigations of the propagation of the soft-shell clam, *Mya arenaria*, *Woods Hole Oceanographic Inst. Contrib.*, vol. 462, p. 3-10.
- VILKS, G. (1969): Recent Foraminifera in the Canadian Arctic, *Micropaleontology*, vol. 15, p. 23-60.
- WAGNER, F. J. E., (1961): Paleontological remarks on shells collected on «operation Back River», *Geol. Surv. Can.*, paper n° 61-5, p. 7-8.
- (1967a): Published references to Champlain Sea fauna 1837-1966 and list of fossils, *Geol. Surv. Can.*, paper n° 67-16.
- (1967b): Additional radiocarbon dates, Tyrrell Sea area, *Maritime Sediments*, vol. 3, n° 4, p. 100-104.
- (1968a): Faunal studies, Hudson Bay and Tyrrell Sea, *Geol. Surv. Can.*, paper n° 68-53, p. 7-48.
- (1968b): Illustrated check-list of marine Pleistocene invertebrate fossils of Québec, *Naturaliste can.*, vol. 95, p. 1409-1433.
- (1970): *Faunas of the Pleistocene Champlain Sea*, *Geol. Surv. Can.*, bull. n° 181, 104 pp.
- (1975): *Mollusca and Foraminifera of Pleistocene and Holocene sediments in eastern Canada*, *Geol. Surv. Can.*, paper n° 75-1A.
- (1977): Paleocology of marine Pleistocene Mollusca, Nova Scotia, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 14, n° 6, p. 1305-1323.
- WALCOTT, R. I. et CRAIG, B. G. (1975): Uplift studies: southeastern Hudson Bay, *Geol. Surv. Can.*, paper n° 75-1A, p. 126-127.
- WEYMOUTH, F. W., McMILLIN, H. C. et RICH, W. H. (1931): Latitude and relative growth of the razor clam *Siliqua patula*, *J. Exp. Biol.*, vol. 8, p. 228-249.
- WHITTAKER, E. J. (1922): Pleistocene and recent fossils of the St. Lawrence valley, *Can. Dept. Mines*, publ. n° 549, p. 103-108.
- YEATS, P. A. et BEWERS, J. M. (1976): Trace metals in the waters of the Saguenay fjord, *Can. J. Earth Sci.*, vol. 13, n° 9, p. 1319-1327.
- ZENKEVITCH, L. (1963): *Biology of the seas of USSR*, Allen & Unwin Lond.

Planche I

Planche II

9a

9b

9c

10

11

12

13

14

15

16a

16b

18a

18b

18c

17a

17c

17b

19

20

Planche III

1a

2a

2b

2c

1b

3a

3b

3c

4a

4b

4c

5a

5b

6a

13

8a

8b

9a

9b

7

6b

14

12b

12a

10b

10a

11b

11a

17

18

16

15

19

PLANCHE I. Iconographie des faunes marines caractéristiques des mers post-glaciaires du Québec. 1) *Serripes groenlandicus*, mer de Goldthwait (Sept-Îles): a) valve gauche en vue externe ($\times \frac{1}{2}$); b) valve gauche en vue interne ($\times \frac{1}{2}$). 2) *Mytilus edulis*, mer de Champlain (collines d'Oka): a) coquille en vue ventrale ($\times 1$); b) valve droite en vue externe ($\times 1$); c) valve droite en vue interne ($\times 1$). 3) *Astarte montagui striata*, mer de Tyrrell (Poste-de-la-Baleine): a) valve droite en vue externe ($\times 2$); b) valve droite en vue interne ($\times 2$). 4) *Portlandia arctica*, mer de Champlain (La Gabelle): a) valve droite en vue externe ($\times 4$); b) valve droite en vue interne ($\times 4$). 5) *Macoma calcarea*, mer de Champlain (Saint-Nicolas): a) valve droite en vue externe ($\times 1$); b) valve droite en vue interne ($\times 1$). 6) *Mya truncata uddevalensis*, mer de Champlain (Sainte-Thérèse): a) valve gauche en vue externe ($\times 1$); b) valve gauche en vue interne ($\times 1$); c) détail du chondrophore de la valve gauche ($\times 1$). 7) *Mya arenaria*, mer de Champlain (collines d'Oka): a) valve gauche en vue externe ($\times 1$); b) valve gauche en vue interne ($\times 1$); c) valve gauche en vue dorsale ($\times 1$). 8) *Macoma balthica*, mer de Champlain (Saint-Rémi): a) valve gauche en vue externe ($\times 1$); b) valve gauche en vue interne ($\times 1$).

PLANCHE II. Iconographie des faunes marines caractéristiques des mers post-glaciaires du Québec. 9) *Hiattella arctica*, mer de Champlain (Collines d'Oka): a) coquille en vue dorsale ($\times 1$); b) valve droite en vue externe ($\times \frac{3}{2}$); c) valve droite en vue interne ($\times \frac{3}{2}$). 10) *Trichotropis borealis*, mer de Champlain (Saint-Nicolas) ($\times 2$). 11) *Natica clausa*, mer de Champlain (Saint-Nicolas) ($\times 1$). 12) *Neptunea despecta tornata*, mer de Champlain (Saint-Nicolas) ($\times 1$). 13) *Tachyrhynchus erosum*, mer de Champlain (Saint-Nicolas) ($\times \frac{3}{2}$). 14) *Cylichna alba*, mer de Champlain (Lachute) ($\times \frac{3}{2}$). 15) *Buccinum hancocki*, mer de Champlain (Saint-Nicolas) ($\times 1$). 16) *Balanus crenatus*, mer de Champlain (collines d'Oka): a) fixé sur un galet ($\times \frac{2}{3}$); b) fixé sur une valve de *Mytilus* ($\times 1$); c) capitulum détaché de son support. 17) *Balanus hameri*, mer de Champlain (Ste-Thérèse): a) rostre ($\times \frac{2}{3}$); b) carene (fragment) ($\times \frac{2}{3}$); c) plaque operculaire ($\times 1$). 18) *Hemithiris psittacea*, mer de Tyrrell (Poste-de-la-Baleine): a) coquille en vue dorsale ($\times 1$); b) coquille en vue de profil ($\times 1$); c) valve dorsale en vue interne ($\times 1$). 19) *Tethya logani*, mer de Champlain (Saint-Jérôme) ($\times 1$).

PLANCHE III. 1) *Clinocardium ciliatum*, mer de Tyrrell (Poste-de-la-Baleine): a) valve gauche en vue externe ($\times 1$); b) valve gauche en vue interne ($\times 1$). 2) *Balanus balan*, mer de

Tyrrell (Poste-de-la-Baleine): a et c) colonie fixée sur une valve de *Chlamys islandicus* ($\times 1$); b) capitulum détaché ($\times 1$). 3) *Mya arenaria*, détroit d'Hudson (baie du Diana): a) valve gauche en vue externe (noter le sinus palléal en V) ($\times 1$); b) valve gauche en vue externe ($\times \frac{2}{3}$); c) détail du chondrophore (noter le bord distal arrondi) ($\times \frac{2}{3}$). 4) *Nuculana pennula*, mer de Goldthwait (région de Sept-Îles): a) valve gauche en vue externe ($\times \frac{3}{2}$); b) valve gauche en vue dorsale ($\times \frac{3}{2}$); c) valve gauche en vue ventrale ($\times \frac{3}{2}$). 5) *Mya truncata uddevalensis*, mer de Goldthwait (région de Sept-Îles): a) valve droite en vue ventrale (noter le sinus palléal en U) et le bord postérieur tronqué en oblique par rapport à la charnière ($\times 1$); b) valve gauche: détail du chondrophore ($\times 1$), noter le bord distal sub-linéaire. 6) *Mya truncata ovata*, mer de Goldthwait (région de Sept-Îles): a) valve gauche détail du chondrophore — noter le bord distal sublinéaire ($\times \frac{2}{3}$); b) valve gauche en vue interne — noter le sinus palléal en U ($\times 1$). 7) *Mya truncata typica*, mer de Champlain (Saint-Nicolas): valve droite en vue ventrale — noter le sinus palléal en U et le bord postérieur tronqué perpendiculairement à la charnière. 8) *Astarte montagui striata*, mer de Champlain (Saint-Nicolas): a) valve droite en vue interne ($\times \frac{3}{2}$); b) valve droite en vue externe ($\times \frac{3}{2}$). 9) *Astarte sp.*, mer de Goldthwait (région de Sept-Îles): a) valve gauche en vue interne ($\times \frac{3}{2}$); b) valve gauche en vue externe ($\times \frac{3}{2}$), probablement une sous espèce d'*Astarte montagui*. Elle se distingue par des anneaux concentriques plus espacés que chez *A. m. wharhami* ou *A. m. striata*. 10) *Astarte sp.*, mer de Goldthwait (région de Sept-Îles): a) valve droite en vue interne ($\times 1$); b) valve droite en vue externe ($\times 1$), très proche également d'*A. montagui wharhami* cette coquille a cependant une taille exceptionnelle et des anneaux de croissance très resserrés. 11) *Astarte undata*, mer de Goldthwait (région de Sept-Îles): a) valve droite en vue interne ($\times 1$); b) valve droite en vue externe ($\times 1$). 12) *Nucula tenuis*, mer de Tyrrell (région de Poste-de-la-Baleine): a) valve droite en vue interne ($\times 2$); b) valve droite en vue externe ($\times 2$). 13) *Buccinum sp.*, mer de Champlain (Saint-Nicolas): espèce proche de *B. hancocki*, mais avec des côtes plus nombreuses et serrées ($\times 1$). 14) *Microporina borealis*, mer d'Iberville (baie aux Feuilles) ($\times 5$). 15) *Balanus hameri*, mer de Champlain (Sainte-Thérèse). 16) *Chlamys islandicus*, mer de Tyrrell (baie de James) ($\times 1 \frac{1}{2}$). 17) *Hiattella arctica uddevalensis*, mer de Champlain (collines d'Oka): valve droite en vue externe ($\times \frac{2}{3}$). 18) *Hiattella arctica*, mer de Champlain (Sainte-Germaine): valve gauche en vue externe — noter la différence avec *H. a. uddevalensis* ($\times 1$). 19) Vertèbre de *Delphinapterus leucas*, mer de Champlain (Saint-Nicolas) ($\times \frac{1}{20}$).

PLANCHE IV. 1) Moules internes de *Portlandia arctica* (mer de Tyrrell, petite rivière de la Baleine). 2) Silènes de la mer de Champlain (Green Creek) fossilisant un capelan (*Mallotus villosus*). 3) Contact entre les rythmites glacio-marines de la mer de Tyrrell (laminées noirâtres de sulfures) et les varves du lac Ojibway, à la latitude de la Grande Rivière, à l'est de la baie de James. Ces varves furent mises en place dans le prolongement septentrional du lac Ojibway. 4) La terrasse tyrrellienne de la petite rivière de la Baleine (baie d'Hudson orientale). À l'arrière plan (flèche), on aperçoit les basaltes de la série protérozoïque de Nastapoka. 5) Détail des rythmites glacio-marines à la base de la terrasse argileuse de la petite rivière de la Baleine. 6) Les rythmites à la base de la haute terrasse tyrrellienne de la grande rivière de la Baleine (baie d'Hudson orientale).

PLANCHE V. Dépôts littoraux de la mer de Champlain dans les collines d'Oka (ouest de Montréal). La terrasse culmine à 100 m d'altitude (rang Sainte-Germaine); 2) Détail des aréno-rudites fossilifères à fort pendage sédimentaire. Elles furent mises en place par sapement de falaises entaillées dans les dépôts glaciaires. 3) Détail des sables fossilifères de sommet de plages (transition top-set/fore-set). 4) Détail des lits de plage. Noter au milieu de la photo un lit fossilifère

à *Macoma balthica*, au sommet, un lit à *Mya arenaria* (flèches). 5) Détail d'une biocénose à *Macoma balthica* (plage d'Oka). 6) Détail d'une biocénose à *Mya arenaria* et *Macoma balthica* (sommet de la plage d'Oka); 7) Accumulations de coquilles en thanatocénose (site de Saint-Nicolas, région de Québec). 8) Perforations dans les galets carbonatés des rudites littorales d'Oka. S'agit-il de terriers de *Hiatella arctica*?

PLANCHE VI. Exemples de biocénoses (dépôts littoraux des collines d'Oka). 1 à 6) *Mya arenaria* en position de vie caractéristique dans les sables. La coquille est verticale, la charnière orientée à l'amont de la pente sédimentaire, le bord postérieur correspondant au siphon, vers le sommet des strates. Certaines sont fossilisées au cœur d'un «terrier» (3, 4 et 5) représentant les mouvements de la coquille vers le sommet de strates après un épandage de matériel grossier. 7) Biocénose à *Mya truncata ovata* dans les argiles de la Mer de

Goldthwait (région de Sept-Îles, moyenne Côte Nord). Remarquer la position verticale des coquilles, le bord postérieur vers le haut. 8) Grappes de *Mytilus edulis* conservées entre les blocs des rudites, sur lesquelles elles s'étaient fixées en compagnie de *Balanus crenatus* et de *Hiatella arctica*. 9) Une communauté à *Macoma balthica* apparaît dans la matrice sableuse des rudites sur lesquelles vivait une colonie de *Balanus crenatus*. La profondeur du plan d'eau diminuant, les *Macoma* purent s'installer.

PLANCHE VII. Pistes (d'étoiles de mer ou de polychète) sur les laminées des rythmites glacio-marines de la grande rivière de la Baleine (baie d'Hudson orientale). 2) Niveau à concrétion calcaire dans une laminée grossière des rythmites de la grande rivière de la Baleine. 3) Détail des rythmites de la grande rivière de la Baleine. À quelques centimètres des surfaces d'affleurement et des fentes de dessiccation, la coloration noire des sulfures réapparaît. Au sommet du lit qui a été dégagé, des pistes (près du crayon) et des concrétions calcaires centimétriques sont visibles (flèches). 4) Cailloux glaciaux dans les rythmites glacio-marines de la grande rivière de la Baleine. Noter les concrétions calcaires (flèches). 5 à 7) Les rythmites d'exondation de Saint-Nicolas. Sur les sables

coquillers (5) reposent les rythmites d'exondation (6), très épaisses (7), représentant un faciès de comblement d'une baie abritée. 8) Vue d'ensemble de la coupe de Lachute (nord-ouest de Montréal). Sur du matériel fluvioglaciaire, reposent les sédiments glacio-marins (argile avec cailloux) fossilifères, eux-mêmes surmontés de silts champlainiens. Au sommet de la coupe, apparaissent des rythmites silto-sableuses d'exondation. À la toute base de la coupe, on observe le till non délavé. 9) Région de Lachute (nord-ouest de Montréal). Poches d'argiles glacio-marines dans un chenal d'esker. À la base, le matériel fluvio-glaciaire; au sommet, les silts champlainiens.