

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ À

L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

CARMEL LÉTOURNEAU

B.Sc. BIOLOGIE

INFLUENCE DES FACTEURS ABIOTIQUES SUR L'ABONDANCE,
LA CROISSANCE ET LA MORPHOLOGIE DU GASTÉROPODE PROSOBRANCHE
BITHYNIA TENTACULATA L. DANS LE SAINT-LAURENT (QUÉBEC)

OCTOBRE 1982

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à exprimer ma gratitude au docteur Guy Vaillancourt, directeur du Groupe de recherche sur les écosystèmes aquatiques (GRÉA), qui a bien voulu assumer la direction de ce travail.

Je suis aussi reconnaissante au docteur Bruno Vincent, chercheur rattaché au GRÉA, qui m'a proposé le sujet de cette thèse. Je le remercie pour les conseils pertinents apportés lors des analyses statistiques ainsi que pour les discussions stimulantes entreprises au cours de la révision du manuscrit.

Je remercie tous les membres du GRÉA pour leur appui et plus particulièrement Messieurs Marcel Gaucher, Michel Harvey et Normand Lafontaine pour leur précieuse collaboration sur le terrain, le docteur Leroy Pazdernik pour son aide didactique au cours des analyses physico-chimiques ainsi que Mesdemoiselles Sylvie Toupin et Johanne Paré pour l'aide apportée à l'élaboration des figures.

Je veux également souligner l'apport de Madame Lise Gauthier et de Monsieur Michel Daigle, affiliés au centre de calcul de l'Université du Québec à Trois-Rivières dans le domaine du traitement des données.

Enfin, je sais un gré infini à ma famille et à mes confrères diplômés de leur soutien tout au long de cette recherche.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
Remerciements.....	i
Table des matières.....	ii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	v
INTRODUCTION.....	1
 CHAPITRE 1- DESCRIPTION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE.....	3
Site A: Lac Saint-François.....	6
Site B: Lac Saint-Louis.....	6
Site C: Bassin de La Prairie.....	7
Site D: Pointe-aux-Trembles.....	7
Site E: Lavaltrie.....	8
Site F: Lac Saint-Pierre.....	8
Site G: Gentilly.....	9
 CHAPITRE 2- MATERIEL ET MÉTHODES.....	10
2.1 Facteurs abiotiques.....	10
2.1.1 Physico-chimie de l'eau.....	12
2.1.2 Nature du substrat.....	14
2.1.3 Vitesse du courant.....	14
2.2 <u>Bithynia tentaculata</u>	15
2.2.1 Abondance.....	15
2.2.2 Croissance et morphologie.....	16
2.3 Traitement mathématique des données.....	19
 CHAPITRE 3- RÉSULTATS.....	21
3.1 Facteurs abiotiques.....	21
3.1.1 Physico-chimie de l'eau.....	23
Oxygène dissous.....	23
Température.....	23
Turbidité.....	23
pH.....	23
Conductivité.....	24

	Page
Alcalinité.....	24
Cations (Ca° , Mg^{++} , Na^+ , K^+).....	24
3.1.2 Nature du substrat.....	24
Pourcentage de vase.....	24
Pourcentage de matière organique.....	24
3.1.3 Vitesse du courant.....	26
3.1.4 Relations entre les facteurs abiotiques.....	26
3.1.5 Ordination des habitats.....	28
3.2 <u><i>Bithynia tentaculata</i></u>	33
3.2.1 Abondance.....	34
3.2.2 Croissance.....	34
3.2.3 Morphologie.....	38
3.2.4 Relations entre les paramètres biologiques de <u><i>B. tentaculata</i></u>	40
3.3 Relations entre les facteurs abiotiques et <u><i>B. tentaculata</i></u>	40
3.3.1 Abondance.....	42
3.3.2 Croissance.....	45
3.3.3 Morphologie.....	45
DISCUSSION.....	47
CONCLUSION.....	60
RÉFÉRENCES.....	63
ANNEXE I : Données statistiques des facteurs abiotiques.....	68
ANNEXE II : Résultats du test de comparaison multiple de Duncan effectué sur les facteurs abiotiques ($F = 0,05$).....	73
ANNEXE III: Données statistiques des paramètres biologiques de <u><i>B. tentaculata</i></u>	76
ANNEXE IV : Résultats du test de comparaison multiple de Duncan effectué sur les paramètres biologiques ($P = 0,05$).....	79

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure 1: Emplacement des stations échantillonnées sur le tronçon Lac Saint-François (A) - Gentilly (G) du Saint-Laurent.....	4
Figure 2: Représentation des différentes longueurs mesurées sur <u>B. tentaculata</u>	18
Figure 3: Texture des sédiments.....	25
Figure 4: Représentation graphique des résultats de l'analyse factorielle des correspondances (stations - facteurs abiotiques) a. Plan axe 1 - axe 2: vue latérale b. Plan axe 1 - axe 3: vue surplombante.....	29
Figure 5: Représentation graphique des résultats de l'analyse factorielle des correspondances: stations reliées montrant l'hétérogénéité des sites a. Plan axe 1 - axe 2: vue latérale b. Plan axe 1 - axe 3: vue surplombante.....	31
Figure 6: Densité des populations de <u>B. tentaculata</u>	36
Figure 7: Longueur totale moyenne des jeunes de <u>B. tentaculata</u> pondus durant l'été (LT0) par station.....	37
Figure 8: Morphologie (LT/LA) moyenne de <u>B. tentaculata</u> par station.....	39
Figure 9: Relation entre la densité des populations de <u>B. tentaculata</u> et l'abondance de la végétation.....	44

LISTE DES TABLEAUX

	Page
TABLEAU I : Position et caractéristiques botaniques des stations.....	5
TABLEAU II : Méthodes utilisées pour la mesure des facteurs abiotiques.....	11
TABLEAU III : Valeurs minimale et maximale des facteurs abiotiques avec les stations correspondantes.....	22
TABLEAU IV : Corrélation de Pearson entre les facteurs abiotiques.....	27
TABLEAU V : Contribution des variables aux axes de l'analyse factorielle des correspondances.....	30
TABLEAU VI : Hétérogénéité des sites.....	32
TABLEAU VII : Valeurs minimale et maximale des paramètres biologiques de <u>B. tentaculata</u> associés aux stations correspondantes....	35
TABLEAU VIII: Corrélation de Pearson entre les paramètres biologiques de <u>B. tentaculata</u>	41
TABLEAU IX : Résultats de l'analyse discriminante par étape sur la densité de population de <u>B. tentaculata</u>	43
TABLEAU X : Résultats de l'analyse discriminante par étape sur l'abondance de la végétation.....	43
TABLEAU XI : Résultats de l'analyse discriminante par étape sur la morphologie de <u>B. tentaculata</u>	43
TABLEAU XII : Caractéristiques des habitats fréquentés par <u>B. tentaculata</u> selon différents auteurs.....	50
TABLEAU XIII: Comparaison de facteurs chimiques et biologiques des stations A2 et G1.....	56
TABLEAU XIV : Eléments du milieu affectant le développement de <u>B. tentaculata</u>	61

INTRODUCTION

Pour survivre, les gastéropodes d'eau douce ont dû s'adapter à des conditions ambiantes extrêmes (Calow, 1981). Dans ce travail, on s'intéressera à l'abondance, à la croissance et à la morphologie du gastéropode prosobranche Bithynia tentaculata L. dans les divers milieux peuplés par l'espèce.

Ce mollusque domine la faune benthique de la zone littorale du fleuve Saint-Laurent et du haut-estuaire supérieur; espèce originaire d'Europe, B. tentaculata occupe maintenant toute la partie nord-est de l'Amérique du Nord (Harman et Berg, 1971). L'étude de sa biologie est doublement justifiée, d'abord parce que ce gastéropode figure dans plusieurs chaînes alimentaires, et aussi parce qu'il pourrait éventuellement servir d'indicateur de l'état général du milieu.

Au cours de la dernière décennie, plusieurs chercheurs ont étudié les relations entre les mollusques et leur milieu. Ils ont surtout évalué l'influence des facteurs abiotiques tels que la concentration du calcium (Green, 1971, 1972; Sutcliffe et Carrick, 1973; Thomas et Lough, 1974; Nduku et Harrison, 1976), le pH de l'eau (Green, 1972; Sutcliffe et Carrick, 1973; Thomas et Lough, 1974), la température (Lévêque, 1971; Green, 1972) et le type de substrat (Green, 1972; Harman, 1972; Galluci et Hylleberg, 1976; Dussart, 1979). Par contre, nous avons relevé peu d'études sur le

rôle des facteurs biotiques dans le développement des mollusques. À cause de la multitude de données aléatoires qu'il comporte - l'influence de la date de ponte, la compétition inter et intraspécifique, la nutrition,- ce rôle a été beaucoup moins approfondi.

Le présent travail portera surtout sur l'influence des facteurs abiotiques, du fait qu'aucune étude de ce genre n'a été entreprise sur B. tentaculata, bien que son cycle de développement dans le Saint-Laurent soit d'ores et déjà connu (Pinel-Alloul et Magnin, 1971; Vincent et al., 1981). Toutefois, il serait essentiel, par la suite, de déterminer le rôle des facteurs biotiques dans le développement de cette espèce afin de cerner l'importance relative des facteurs abiotiques, voire même des facteurs génétiques.

Nous poserons donc les questions suivantes: quel est le poids de chaque variable ambiante étudiée? L'influence du milieu varie-t-elle avec l'âge des individus? Comment les facteurs du milieu agissent-ils sur l'abondance, la croissance et la morphologie de B. tentaculata? Le calcium, composante principale de la coquille, joue-t-il un rôle important chez ce gastéropode? Les facteurs biotiques et/ou génétiques joueraient-ils un plus grand rôle que les facteurs abiotiques?

Ainsi, des spécimens de B. tentaculata ont été prélevés dans des habitats différents et nous avons analysé les différences d'abondance, de croissance et de morphologie entre les populations, différences résultant des variations environnementales propres aux divers milieux.

CHAPITRE 1

DESCRIPTION DES STATIONS D'ÉCHANTILLONNAGE

La zone d'échantillonnage, située dans le Saint-Laurent, s'étend du lac Saint-François, en amont de l'île de Montréal, jusqu'au village de Gentilly. Il était inutile d'échantillonner plus à l'est, car B. tentaculata y disparaît peu à peu pour être remplacé par Viviparus georgianus Lea, gastéropode dominant la partie aval du haut-estuaire (Vincent, 1979). À l'ouest, nous n'avons pas poursuivi au delà du lac Saint-François puisque ses eaux sont typiques de celles en amont de Montréal (Gouin et Malo, 1977).

Le choix des stations a été établi en fonction de la présence de B. tentaculata notée par le Comité d'étude sur le fleuve Saint-Laurent (Levasseur, 1977). Les stations ont chacune environ 1,5 m de profondeur et elles sont situées dans des herbiers près du littoral. Nous avons retenu sept sites (figure 1) composés de 25 stations d'échantillonnage; leurs coordonnées géographiques ainsi que les caractéristiques de leurs herbiers sont exposées au tableau I.

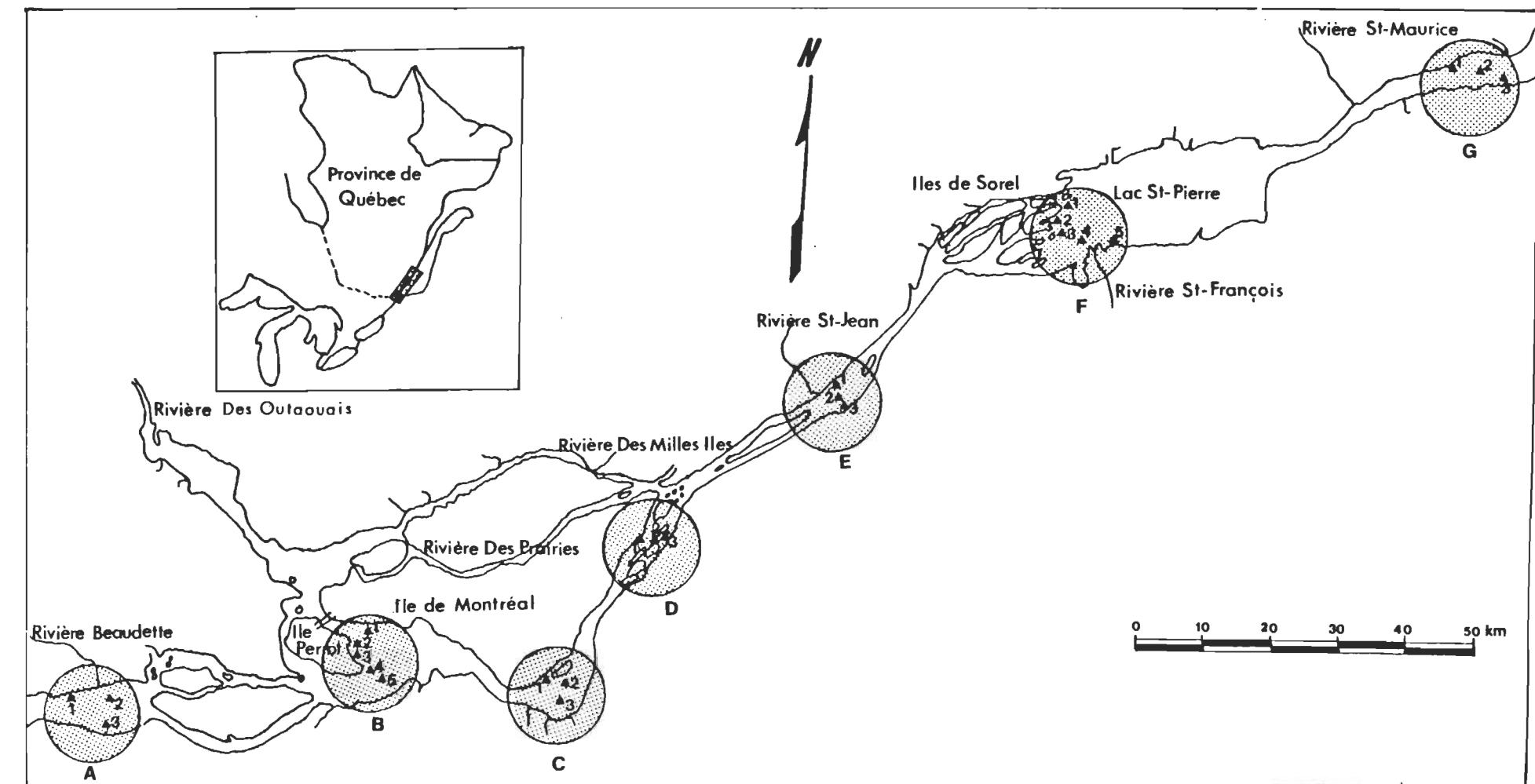


Figure 1. Emplacement des stations échantillonées sur le tronçon Lac Saint-François (A) - Gentilly (G)
du Saint-Laurent

TABLEAU I
Position et caractéristiques botaniques des stations

Station	Coordonnées géographiques				Espèces végétales ^a		Abondance de la végétation	
	Latitude (nord)	Longitude (ouest)	Dominantes	Compagnes	Éparse	Abondante		
deg. min. sec. deg. min.sec.								
A1	45 12 18	74 18 64	7				E	
A2	45 12 27	74 16 42	1-13				E	
A3	45 10 45	74 10 45	6				E	
B1	45 23 24	73 53 42	1	3-13			E	
B2	45 23 15	73 53 42	1	6			E	
B3	45 23 00	73 53 18	9-11				E	
B4	45 23 24	73 53 12	1				E	
B5	45 23 30	73 50 06	7				A	
C1	45 27 06	73 34 06	3				A	
C2	45 26 39	73 33 24	6				A	
C3	45 26 18	73 33 06	1	6-13			E	
D1	45 38 36	73 29 09	1				A	
D2	45 38 40	73 28 09	1-6				E	
D3	45 38 18	73 27 18	1-6				E	
E1	45 52 54	73 16 12	4-6-13				E	
E2	45 51 54	73 14 40	12	3-6			E	
E3	45 51 24	73 14 40	6	2			E	
F1	46 08 30	72 59 42	6	3-7-9-11			A	
F2	46 07 54	72 58 42	6	4			A	
F3	46 07 12	72 58 00	9				A	
F4	46 07 24	72 56 24	1	10-13			E	
F5	46 07 48	72 54 18	1-10				A	
G1	46 24 42	72 24 54	11	1-8-13			A	
G2	46 24 54	72 20 12	13	1-6			A	
G3	46 24 54	72 17 24	9	1-5-13			A	

a. Espèces végétales (Marie Victorin, 1964)

1. Alisma gramineum Gmelin
2. Elodea canadensis Michx.
3. Heteranthera dubia (Jacq.) MacM.
4. Lemma trisulca L.
5. Mitella diphylla L.
6. Myriophyllum exalbescens Fernald
7. Potamogeton richardsonii (A. Bennett) Rydb.
8. Sagittaria latifolia Willd.
9. Scirpus acutus Mühl.
10. Scirpus americanus Pers.
11. Scirpus fluviatilis (Torr.) Gray
12. Typha angustifolia L.
13. Vallisneria americana Michx.

Site A: Lac Saint-François

En tant qu'élargissement du Saint-Laurent, ce lac est relativement profond et contient des eaux vertes alcalines.

La station A1 est située à proximité de la rive nord, en amont de la rivière Beaudette.

La station A2 est située en aval de l'embouchure de la rivière Beaudette. L'eau est considérablement affectée par la structure géologique en amont, laquelle est caractérisée par l'affleurement de roches calcaires (Wilson, 1946).

La station A3 borde une petite île localisée au sud du lac Saint-François.

Site B: Lac Saint-Louis

Le lac Saint-Louis est un autre élargissement du Saint-Laurent. Situé au sud-ouest de l'île de Montréal, il est constitué de trois masses d'eau (Magnin, 1970). Au nord, on trouve les eaux brunes à faible teneur d'oxygène dissous en provenance de la rivière des Outaouais, au sud, les eaux vertes, alcalines et bien oxygénées du fleuve Saint-Laurent. La troisième masse d'eau résulte du mélange des deux premières. Ce site regroupe cinq stations.

La station B1, située à l'est de l'île Dowker, baigne dans les eaux provenant de la rivière des Outaouais.

La station B2 borde la pointe du domaine de l'île Perrot.

La station B3 est située au milieu de l'anse de l'île Perrot.

La station B4 borde la pointe du moulin de l'île Perrot.

La station B5 a été établie à proximité des îles aux Plaines, situées au sud du lac Saint-Louis; ainsi la station est localisée dans lès eaux du fleuve Saint-Laurent.

Site C: Bassin de La Prairie

Au nord de Montréal, le bassin de La Prairie couvre une vaste superficie et est très peu profond. Les eaux y sont bien oxygénées par les rapides de Lachine situés en amont.

La station Cl située au sud du bassin, baigne dans un milieu extrêmement productif. Nous y avons observé un phénomène intéressant: un amas excessif de coquilles vides de B. tentaculata tapissent le fond.

La station C2 est située près de la rive nord de l'île des Soeurs.

La station C3 borde un îlot au centre du bassin (île Mud Pie); la vitesse du courant y est relativement élevée.

Site D: Pointe-aux-Trembles

Nous avons choisi d'échantillonner cet endroit pour deux raisons: la proximité du port et le rejet des eaux usées de Montréal dans ces parages. Un transect de trois stations sépare les îles de Boucherville.

La station D1, côtoyant la rive sud de l'île de Montréal, avoisine le quai des pilotes à Pointe-aux-Trembles.

La station D2 borde l'île Saint-Patrice localisée au centre du fleuve.

La station D3 a été établie à proximité de la pointe ouest de l'île Gros Bois.

Site E: Lavaltrie

Le fleuve Saint-Laurent se rétrécit à ce niveau. Deux masses d'eau différentes longent ses rives (Gouin et Malo, 1977). Les eaux de la rive nord, provenant de la rivière des Outaouais, sont affectées par la pollution des rivières des Milles Iles et des Prairies qui côtoient l'île de Montréal; les eaux de la rive sud sont essentiellement celles du fleuve Saint-Laurent émanant des Grands Lacs.

La station E1, placée au nord, borde la pointe ouest de l'île Lavaltrie.

La station E2 se trouve dans un petit canal perpendiculaire au fleuve qui sépare des hauts fonds recouverts de typhaires.

La station E3, située au sud, borde la pointe ouest de l'île Viau.

Site F: Lac Saint-Pierre

Un autre élargissement relativement profond du Saint-Laurent forme le lac Saint-Pierre. Cinq stations furent établies à cet endroit. Quatre de celles-ci ont été localisées à l'est de Sorel et la cinquième a été fixée en aval de l'embouchure de la rivière Saint-François qui s'écoule de la rive sud.

La station F1 est située à l'extrême nord, à proximité de l'île de la Girodeau.

La station F2 est localisée près de la pointe est des îles aux Sables.

La station F3 borde le canal d'entrée d'une île en forme de U nommée île Plate. À l'exception de ce canal, la baie est entièrement occupée par une scirpaie.

La station F4 est située en amont de la rivière Saint-François, en face de la Pointe des Ilets.

La station F5 est fixée au sud, en aval de l'embouchure de la rivière Saint-François.

Site G: Gentilly

À ce niveau, le débit du fleuve est considérable. Soulignons que le site de Gentilly est le seul à subir les effets de la marée.

La station G1 a été établie entre la rive nord et l'île Valdor située en aval de l'embouchure de la rivière Saint-Maurice. L'eau acide de cette rivière (Dumas et al., 1976, Laferrière, 1980) longe la côte sur une certaine distance sans se mêler aux eaux du Saint-Laurent. Notre station se ressent donc de ce phénomène.

La station G2 est située sur un haut fond au milieu du Saint-Laurent, la batture de Gentilly.

La station G3 est fixée dans une petite baie de la rive sud faisant face au village de Gentilly.

CHAPITRE 2

MATERIEL ET METHODES

L'échantillonnage a été effectué aux mois de juin, juillet et août 1981, pendant lesquels mois nous avons prélevé les échantillons d'eau requis pour les analyses physico-chimiques. Chaque série d'échantillonnages a duré approximativement une semaine. Le prélèvement de B. tentaculata s'est fait au mois de juillet en raison de la densité accrue des populations suite aux pontes printanières; en même temps, nous avons recueilli le sédiment. Treize facteurs abiotiques ont été considérés. La physico-chimie de l'eau a été déterminée par la mesure de l'oxygène dissous, de la température, de la turbidité, du pH, de la conductivité, de l'alcalinité, du calcium, du magnésium, du potassium et du sodium. La nature du substrat a été déterminée par la granulométrie du sédiment et par la quantité de matière organique présente. Enfin, nous avons tenu compte de la vitesse du courant.

Par la suite, nous avons entrepris l'étude de l'abondance, de la croissance ainsi que de la morphologie de B. tentaculata.

2.1 Facteurs abiotiques

Au tableau II, nous présentons les méthodes utilisées pour la mesure

TABLEAU II
Méthodes utilisées pour la mesure des facteurs abiotiques

Paramètre	Méthode
Oxygène dissous (ppm)	Méthode de Winkler avec modification à l'azide (A.P.H.A., 1975) Précision: $\pm 0,05$ ppm
Température (°C)	Thermomètre de laboratoire Fisher gradué de -20°C à 110°C Précision: $\pm 0,5^\circ\text{C}$
Turbidité (mg/L SiO ₃)	Turbidimètre Hellige Précision: $\pm 8\%$
pH	Méthode électrométrique: pHmètre Fisher Acumet modèle 520 Précision: $\pm 0,02$ unité
Conductivité ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	Conductivimètre Myron-L-DS à lecture directe Précision: $\pm 0,5\%$
Alcalinité (mg/L CaCO ₃)	Titrage potentiométrique avec H ₂ S, 0,02N-(A.P.H.A., 1975) Précision: ± 1 mg/L CaCO ₃
Cations: Ca ⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , K ⁺ (mg/L)	Spectroscopie d'absorption atomique, Varian Techtron AA-6 Précision: $\pm 0,7\%$
Granulométrie du sédiment (% vase argile + limon)	Méthode de tamisage de Folk (1965) Précision: moyenne
Matière organique dans le sédiment (%)	Dissolution par le peroxyde d'hydrogène (25%) Précision: moyenne
Vitesse du courant (cm/s)	Courantomètre Endeco type 110 Précision: $\pm 3\%$

des treize paramètres retenus.

2.1.1 Physico-chimie de l'eau

Plusieurs facteurs, autant endogènes qu'exogènes à l'écosystème aquatique, contrôlent la teneur en oxygène dissous dans l'eau. Ce sont: la température, la pression atmosphérique, la charge polluante (matières oxydables), la respiration des animaux et des végétaux, l'ensoleillement, le vent, les précipitations (Klein, 1957). En raison de la grande variation journalière de l'oxygène dissous dans l'eau, ce facteur n'a été dosé que dans le but de s'assurer des conditions biologiques normales du milieu. Conséquemment, l'influence de l'oxygène dissous dans l'eau sur le développement de B. tentaculata n'a pas été examiné.

La température du milieu joue un rôle essentiel dans les réactions chimiques et biochimiques de l'organisme vivant. En effet, la loi de Van't Hoff stipule que la vitesse des réactions chimiques et biochimiques est presque doublée et parfois plus que doublée lors d'une augmentation de 10 °C. Le taux de croissance entre différentes populations de B. tentaculata pourrait donc dépendre de la température moyenne propre à chaque milieu.

La turbidité d'une eau dépend de la présence de fines particules de matière en suspension: argile, limon, matière organique, grains de silice, etc. Plusieurs auteurs (Loosanoff, 1961; Gaillard, 1965; Green, 1972) ont noté qu'une eau turbide gênait le développement des mollusques filtreurs. Puisque B. tentaculata peut, à l'occasion, filtrer sa nourriture (Fretter et Graham, 1962; Jorgensen, 1966), nous avons cru important de prendre en considération ce paramètre.

Le pH de l'eau a été mesuré car il affecte de façon déterminante le développement des mollusques. De nombreux chercheurs (Wilbur et Owen, 1964; Thomas et al., 1974) rapportent qu'un pH alcalin nuit au développement de la coquille. Cet énoncé est fondé sur deux phénomènes. Premièrement, un pH alcalin empêche la précipitation du calcium et réduit la disponibilité du CO₂ dissous; ce dernier, transformé en CO₃⁼, forme avec le calcium, le composé CaCO₃ de la coquille. Deuxièmement, il semble qu'un pH alcalin influence le système d'osmorégulation de façon à diminuer l'absorption du calcium par l'organisme.

La conductivité, l'alcalinité et la concentration de calcium sont intimement reliées et contribuent directement au développement de la coquille des mollusques, ce qui justifie l'examen de ces facteurs.

Le magnésium se comporte chimiquement comme le calcium; Thomas et al. (1974) ont démontré cependant, que l'influence du magnésium sur le développement des mollusques est relativement faible. Il serait néanmoins intéressant de vérifier l'influence du magnésium à celle du calcium. Les deux autres cations, le sodium et le potassium, peuvent aussi avoir une importance appréciable sur le gastéropode puisqu'ils exercent possiblement une action sur le système d'osmorégulation.

À chaque station nous avons prélevé un litre d'eau en profondeur. De plus, trois échantillons de 250 mL d'eau ont été recueillis pour l'analyse des cations. Il est à noter que les bouteilles Nalgène utilisées ont été préalablement rincées avec de l'acide nitrique - 14%; après l'échantillonnage de l'eau, cinq gouttes d'acide nitrique - 70% y ont été

ajoutées. L'acide nitrique a pour effet de tuer les bactéries permettant ainsi une analyse même après plusieurs semaines. Il empêche également l'adhésion des ions aux parois des bouteilles, permettant ainsi une mesure plus juste de leur concentration (Lind, 1979). Toutes les analyses physico-chimiques, à l'exception des cations, ont été effectuées en moins de 24 heures après le prélèvement des échantillons.

2.1.2 Nature du substrat

La nature du substrat, déterminé par la granulométrie du sédiment et le pourcentage de matière organique, influe directement sur la distribution des mollusques (Pratt, 1953; Wilbur et Owen, 1964; Rhoads et Panella, 1970; Vincent, 1979). Puisque des études (Wada, 1961; Borgh, 1962; Thomas et al., 1974) ont établi que les mollusques absorbent directement de l'eau la plupart des cations qui leur sont essentiels, le dosage du calcium, magnésium, sodium et potassium dans le sédiment n'a pas été effectué.

Les échantillons de sédiment ont été prélevés en même temps que les gastéropodes. En raison de la nature rocheuse du fond, il a été impossible de retirer du sédiment aux stations B1, B2 et E3. Au laboratoire, les sacs contenant le sédiment furent mis au congélateur (-20 °C) afin de préserver la matière organique; de ceci, la granulométrie du sédiment a pu être légèrement modifiée (Green, 1971).

2.1.3 Vitesse du courant

Une vitesse du courant élevée peut être bénéfique par l'apport de substances nutritives ou néfaste par son action mécanique sur les organismes.

En plus de délimiter leur distribution (Boycott, 1936; Sutcliffe et Carrick, 1973), la vitesse du courant influence le développement des mollusques (Pratt, 1953; Medcof, 1968).

Il est à noter que la vitesse du courant fut mesurée à toutes les stations sauf à C2 et D1 où une végétation abondante l'a empêchée.

2.2 Bithynia tentaculata

Nous avons étudié trois paramètres de la biologie de B. tentaculata, soit l'abondance, la croissance et la morphologie, différant tous d'un milieu à l'autre. Il s'agit maintenant de définir les méthodes utilisées pour mesurer ces paramètres.

2.2.1 Abondance

L'effet du nombre d'individus d'une population sur le développement des organismes est connu depuis longtemps. Chez les mollusques, plusieurs observateurs, dont Thomas et Benjamin (1974), ont constaté que plus la densité d'une population était grande, plus les individus étaient longs et ce, jusqu'à un niveau optimal de densité. Ce seuil dépassé, les individus deviennent plus courts avec une augmentation de la population.

Lors de notre étude, la densité des populations de B. tentaculata pouvait être calculée puisque les spécimens étaient prélevés avec la benne de Petersen ayant une surface connue de $0,1 \text{ m}^2$; la densité est donc exprimée en nombre d'individus par mètre carré. Toutefois, cette technique de prélèvement est plus ou moins efficace: la végétation retenue par la benne ainsi que le type de répartition de B. tentaculata s'avèrent des sources d'erreur assez considérables. Or, puisque nous n'examinions pas le cycle de développement de cette espèce, ces erreurs ont moins d'importance.

L'abondance de B. tentaculata sera utilisée en tant que variable indépendante (influence sur la croissance et la morphologie) et en tant que variable dépendante (relation habitat-densité).

2.2.2 Croissance et morphologie

Le taux de croissance des individus est une indication de la relation entre les organismes et le milieu. Les études de la morphologie complèteront l'analyse du comportement de B. tentaculata face à son environnement.

La mesure des stries de croissance servira à évaluer la croissance chez B. tentaculata. Précisons que cette méthode n'est pas valable pour l'ensemble des espèces (Spoel, 1959; Richardson et al., 1980). Les mollusques à coquille ne forment pas tous des stries; de plus, lorsqu'elles sont présentes, celles-ci ne sont pas nécessairement pertinentes. Les stries sont formées lors d'un arrêt de croissance qui peut être induit par plusieurs facteurs: baisse de température, manque de nourriture, gamétogénèse, sénescence (Comfort, 1957). Dans notre cas, nous ne voulions retenir que les indicateurs de temps (croissance) et non les indicateurs d'un état physiologique (gamétogénèse, sénescence). En ce qui concerne les stries de B. tentaculata, Vincent et Vaillancourt (1981) ont déjà prouvé leur validité en tant qu'indicateur de temps, celles-ci se formant au début de chaque hiver.

Trois bennes de Petersen ($0,1 \text{ m}^2$) ont été récoltées à chaque station; des coups supplémentaires ont été ajoutés là où la densité des populations paraissait faible. De plus, lorsque la nature rocheuse du fond ne permettait pas l'utilisation de la benne, nous avons dû prélever les individus sur

la végétation même (stations B1, B2 et F3). Au laboratoire, le benthos recueilli fut placé au réfrigérateur (4 °C). Par la suite, nous avons tamisé les échantillons sur des mailles de 0,5 mm d'ouverture afin de retenir même les plus jeunes spécimens, puis nous avons trié les individus un à un. Les spécimens de B. tentaculata, identifiés à l'aide de la clé taxonomique élaborée par Harman et Berg (1971), furent préservés dans une solution d'alcool à 70%.

Nous avions décidé d'effectuer une récolte d'environ 100 individus de B. tentaculata par station (Cridland, 1957; Rhoads et Panella, 1970; Bretos, 1980). Plus tard, une analyse séquentielle (Zar, 1974; Green, 1979) limitera à 70 le nombre d'individus à mesurer par station.

La croissance n'a été étudiée que pour les individus ayant zéro ou une strie. Certes, il aurait été intéressant d'examiner la croissance des individus plus âgés, soit ceux possédant deux, trois, voire même quatre stries, mais leur faible quantité ne permettait pas une analyse rigoureuse. Nous avons relevé un maximum de 30 individus à deux stries à la station E2 et un maximum de 5 individus à trois stries à la station D3. Aucun individu à quatre stries ne fut rencontré; Vincent et Vaillancourt (1981) n'ont retrouvé que 3 de ces derniers sur 2 843 individus analysés dans le secteur Gentilly du fleuve Saint-Laurent.

La figure 2 indique les différentes mesures de longueurs effectuées sur B. tentaculata. La longueur totale (LT) représente la distance entre l'apex et le bord distal du péristome. La largeur (LA) du spécimen se définit par la longueur maximale perpendiculaire à LT. Le rapport de la longueur sur la largeur dépeint une morphologie ronde ou allongée de la coquille. Finalement, la distance entre l'apex et le bord supérieur de la

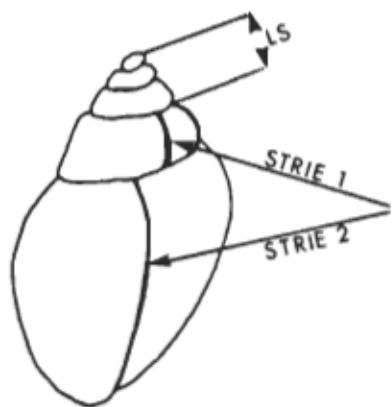
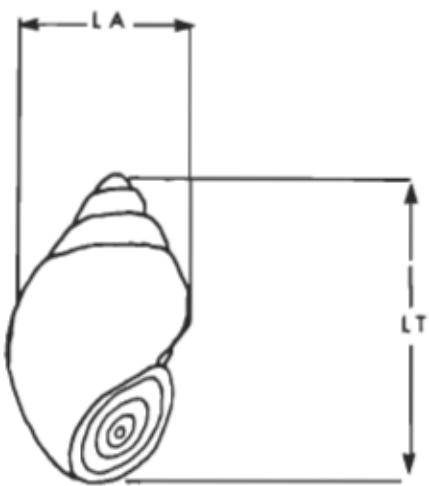


Figure 2. Représentation des différentes longueurs mesurées sur B. tentaculata

strie est désignée par le sigle LS. Dans les prochains chapitres, nous ferons usage des trois abréviations suivantes: LT0, LS1 et LT1. LT0 indique la longueur totale des jeunes pondus en 1981, soit l'année de l'échantillonnage; LS1 désigne la longueur entre l'apex et le bord supérieur de la strie, longueur qui détermine la croissance des jeunes pondus en 1980; LT1 marque la longueur totale des individus possédant seulement une strie, donc âgés d'un peu plus d'un an. La croissance exclusive de la deuxième année n'a pu être étudiée. Même si la croissance de la première année peut être calculée à l'aide de la relation allométrique appropriée (Owen, 1966), il est gênant de soustraire deux mesures de longueur non linéaires.

2.3 Traitement mathématique des données

Les données obtenues après la mesure des facteurs abiotiques et des paramètres biologiques de B. tentaculata nous ont permis d'élaborer des histogrammes de fréquences. Ceux-ci indiquaient des distributions légèrement assymétriques. Afin de normaliser nos données, nous les avons transformées en logarithmes et en racines carrés; ceci n'ayant pas fourni de meilleurs résultats, nous avons décidé d'utiliser les données originales dans les analyses statistiques.

Le traitement des moyennes - calculées pour les facteurs abiotiques et biologiques - comporte les analyses suivantes: l'analyse de variance permet de vérifier si des différences existent pour un facteur d'une station à l'autre; le test de comparaison multiple de Duncan spécifie ces différences en regroupant les stations selon le profil de chaque variable (Norman et al., 1975).

Afin de cerner les relations entre les facteurs biologiques, nous nous sommes servi de l'analyse de corrélation de Pearson. Nous avons procédé de la même façon pour les facteurs abiotiques, après quoi l'analyse factorielle des correspondances (Massonie et al., 1971) nous a permis d'étudier les habitats obtenus et d'en vérifier leur hétérogénéité. Les données des facteurs abiotiques furent codifiées de 1 à 5 afin d'uniformiser le poids des variables lors de l'ordination. Le produit de l'AFC permet de visualiser, dans un espace réduit à deux dimensions, à la fois les affinités entre les facteurs abiotiques et les affinités entre les stations, et même les affinités entre ces deux ensembles de variables.

L'analyse de régression multiple a été appliquée afin d'examiner l'influence des facteurs abiotiques étudiés (variables indépendantes) sur l'abondance, la croissance et la morphologie de B. tentaculata (variables dépendantes). La condition préalable de cette analyse est une relation linéaire entre les variables concernées. En effet, l'analyse est faussée si une relation non-monotone lie les deux variables (Zar, 1974). Précisons que la régression multiple n'indiquera pas l'incidence d'une relation non-monotone entre les variables car elle prend pour acquise la linéarité des variables. Cette analyse demeure néanmoins utile dans ce genre d'étude.

Enfin, lorsque la régression multiple s'avérait inutile, nous avons utilisé l'analyse discriminante. Telle a été la situation lorsque nous avons étudié l'influence des facteurs abiotiques sur l'abondance et la morphologie de B. tentaculata. Dans ces cas, l'interprétation doit être prudente; la part de subjectivité manifestée lors de la formation des groupes impliqués dans l'analyse influence plus ou moins les résultats.

CHAPITRE 3

RÉSULTATS

Dans ce chapitre, nous caractériserons d'abord les habitats. Par la suite, nous analyserons les données obtenues à partir des populations de B. tentaculata et nous conclurons par l'étude des relations entre ces deux ensembles de données.

3.1 Facteurs abiotiques

Les valeurs obtenues pour les facteurs abiotiques diffèrent de façon significative ($P \leq 0,05$) d'une station à l'autre. Les valeurs minimales et maximales des facteurs abiotiques observées aux différentes stations apparaissent au tableau III. Les résultats obtenus sont détaillés à l'annexe I ; on y lit la valeur moyenne des facteurs pour chaque station, accompagnée du degré de liberté, de l'écart-type ainsi que les résultats de l'analyse de variance; à l'annexe II, le regroupement des stations formé à l'aide du test de Duncan est représenté.

TABLEAU III

Valeurs minimale et maximale des facteurs abiotiques avec les stations correspondantes

Facteur abiotique	Station -	valeur minimale	Station	valeur maximale
Oxygène dissous (ppm (% sat.))	G1	6,4 (74)	A2	14,8 (169)
Température (°C)	G1	18,5	A2	23,7
Turbidité (mg/L SiO ₂)	B3	16	E3	31
pH	G1	6,2	G2	7,9
Conductivité (µS.cm ⁻¹)	G1	89	A2	393
Alcalinité (mg/L CaCO ₃)	G1	27,5	A2	169,3
Calcium (mg/L)	G1	8	A2	82
Magnésium (mg/L)	G1	5,7	A2	21,5
Potassium (mg/L)	G1	1,22	F4	2,57
Sodium (mg/L)	F5	8,1	F4	14,8
Granulométrie du sédiment (% vase)	B3	2,9	E2	95,6
Matière organique dans substrat (%)	B3	0,43	C3	3,78
Vitesse du courant (m/s)	B2 B3 B4 E2	0	C3	0,35

3.1.1. Physico-chimie de l'eau

Oxygène dissous

Les eaux des stations sont en général très bien oxygénées. La teneur en oxygène dissous oscille entre 5,7 ppm (64% de saturation) et 14,8 ppm (167% de saturation). La faible teneur de 5,7 ppm mesurée à la station C1 résulterait de la forte demande en oxygène tant par la végétation que par l'extrême abondance des divers organismes benthiques. Cependant, la grande majorité des stations possède une eau sursaturée en oxygène; les stations des sites A et B manifestent les plus fortes teneurs, particulièrement les stations A1 (167%) et A2 (166%).

Température

La température moyenne des stations varie peu d'une station à l'autre: nous n'avons observé qu'un écart de 5,2 °C entre la valeur minimale de 18,5 °C et la valeur maximale de 23,7 °C. On remarque que la température moyenne mesurée à 19 des 25 stations se situe entre 19,3 °C et 21,2 °C, ce qui représente à peine une variation de 2 °C.

Turbidité

Les résultats obtenus pour la turbidité s'échelonnent uniformément de 16 à 31 mg/L de SiO₂, c'est-à-dire bien au-dessous de la valeur de 50 mg/L caractérisant les eaux très turbides (Nisbet et Verneaux, 1970).

pH

Le pH de l'eau diffère passablement entre les habitats échantillonnés; il varie de 6,2 à 7,9. Généralement, les eaux naturelles présentent un pH oscillant entre 6,6 et 7,8 (Nisbet et Verneaux, 1970). La gamme de variations obtenues s'avère donc importante.

Conductivité

La conductivité varie grandement entre les habitats; la valeur minimale mesurée est de $89 \mu\text{S.cm}^{-1}$ et la valeur maximale de $393 \mu\text{S.cm}^{-1}$. Cependant, la plupart des stations, soit 19 des 25, possèdent des eaux dont la conductivité se limite entre 183 et $288 \mu\text{S.cm}^{-1}$.

Alcalinité

L'alcalinité varie de $27,5$ à $169,3 \text{ mg/L}$ de CaCO_3 . Toutefois, il est à souligner que les valeurs mesurées à 23 des 25 stations se répartissent entre $58,1$ et $88,1 \text{ mg/L}$ de CaCO_3 . À ces concentrations, les eaux sont faiblement alcalines (Nisbet et Verneaux, 1970).

Cations

L'écart entre les concentrations minimales et maximales des ions de calcium et de magnésium est plus grand que celui entre la concentration de potassium et de sodium. En effet, les écarts observés pour le calcium et le magnésium sont respectivement de $73,7$ et de $15,8 \text{ mg/L}$. Les valeurs minimales et maximales des concentrations de ces cations sont inscrites au tableau III.

3.1.2 Nature du substrat

Le pourcentage de vase varie de $2,9$ à $95,6\%$ (tableau III). En examinant le triangle de Folk (figure 3), nous constatons que la plupart des stations possèdent des substrats où dominent les fractions sableuses. Toutefois, deux stations, soit E1 et E2, ont des sédiments qui se distinguent nettement par leur texture vaseuse.

Le pourcentage de matière organique du substrat varie de $0,43$ à $3,78\%$; or, la plupart des stations sont caractérisées par un substrat comprenant moins de 2% de matière organique.

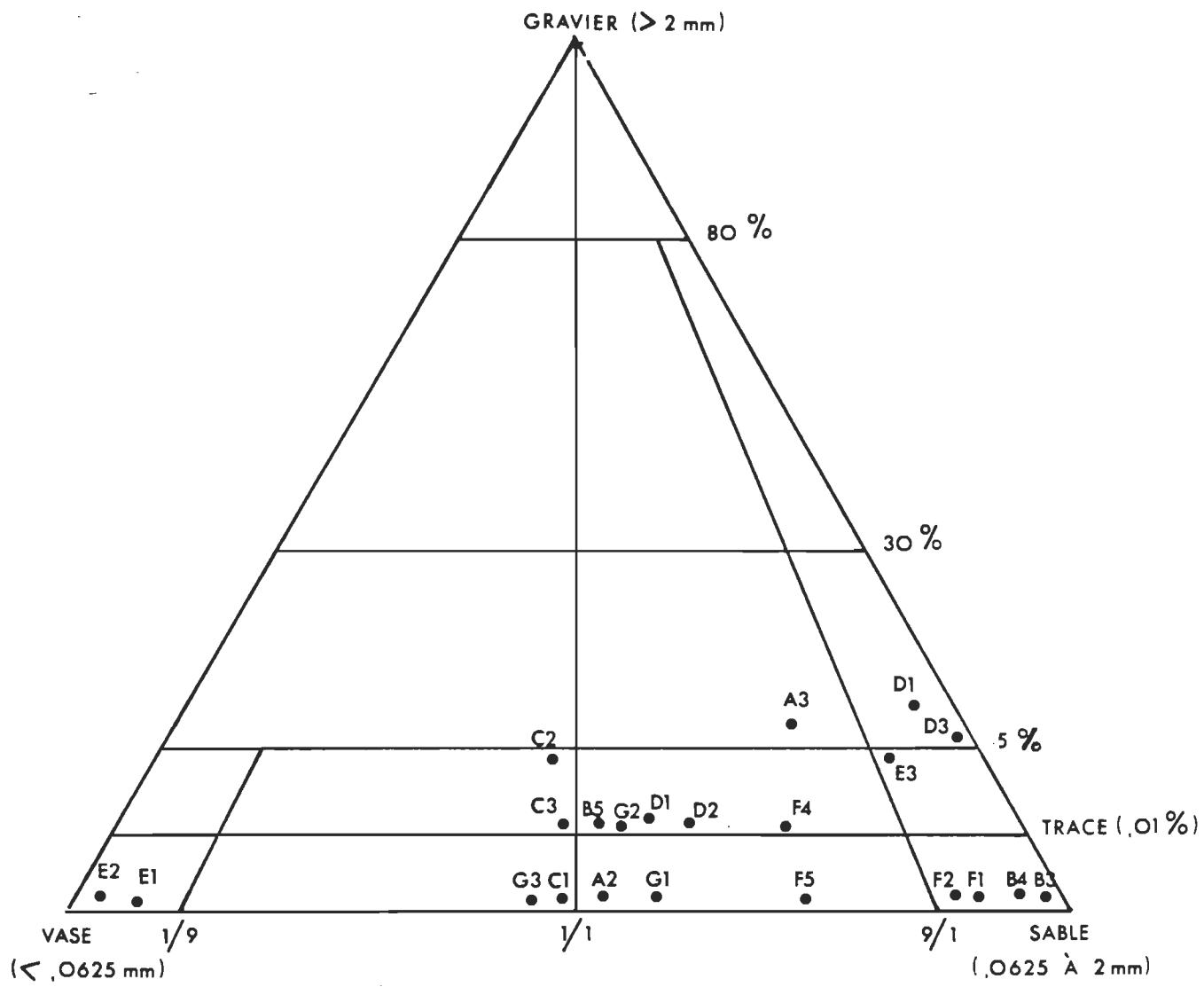


Figure 3. Texture des sédiments

3.1.3 Vitesse du courant

La vitesse du courant des 23 stations (la végétation dense empêchant la mesure aux stations C2 et D1) est uniformément faible. Souvent, elle est nulle, ou bien elle varie entre 0,01 et 0,35 m/s. Dans 15 des 23 stations, la vitesse du courant est inférieure à 0,10 m/s et elle est nulle dans quatre d'entre elles.

3.1.4 Relations entre les facteurs abiotiques

Les coefficients de corrélation calculés pour les facteurs abiotiques sont exposés au tableau IV. Nous ne considérerons ici que les coefficients significatifs ($P \leq 0,05$).

Nous avons noté une relation étroite entre la conductivité, l'alcalinité, le calcium et le magnésium. Statistiquement, le pH et la température sont liés avec ce dernier ensemble de variables. En somme, toutes les variables physico-chimiques de l'eau semblent être inter-dépendantes, laissant supposer la présence de masses d'eau différentes le long de l'aire d'échantillonnage.

Le pourcentage de matière organique est lié à la vitesse du courant ainsi qu'au type de sédiment, et ce, de façon plus marquée. D'autre part, on note que la turbidité n'est liée ni à la vitesse du courant ni à la présence de matière organique, pas plus qu'au type de sédiment. À plus grande échelle, le degré de turbidité dépendrait possiblement de la présence de masses d'eau différentes ou des conditions géographiques en amont (affluents, canaux, etc.).

TABLEAU IV
Corrélation de Pearson entre les facteurs abiotiques

	TT ^a	CO	Mg	K	Na	Ca	AL	pH	TU	CR	VA	MO
TT	—											
CO	0,50 *	—										
Mg	0,52 *	0,99 ***	—									
K	-0,05	0,37	0,40 *	—								
Na	-0,01	0,65 ***	0,68 ***	0,65 ***	—							
Ca	0,58	0,94 ***	0,92 ***	0,21	0,40 *	—						
AL	0,58 *	0,89 ***	0,87 ***	0,27	0,32	0,97 ***	—					
pH	0,42	0,56 *	0,60 **	0,28	0,32	0,53 *	0,54 *	—				
TU	-0,41 *	-0,51 *	-0,51 *	-0,17	-0,25	-0,44	-0,46	-0,34	—			
CR	-0,14	-0,30	-0,32	-0,03	-0,20	-0,25	-0,23	-0,23	0,21	—		
VA	-0,20	0,27	0,23	0,19	0,27	0,25	0,24	0,12	0,09	0,28	—	
MO	-0,31	-0,17	-0,19	0,02	-0,06	-0,11	-0,09	-0,27	0,32	0,53 *	0,74 ***	—

* $0,05 > P > 0,005$

** $0,005 > P > 0,001$

*** $P \leq 0,001$

a. TT: température, CO: conductivité, Mg: magnésium, K: potassium, Na: sodium
 Ca: calcium, AL: alcalinité, TU: turbidité, CR: vitesse du courant,
 VA: vase, MO: matière organique

3.1.5 Ordination des habitats

L'analyse factorielle des correspondances a été utilisée afin de cerner les relations entre les différents habitats. L'ordination a dégagé quatre axes dont les pourcentages d'inertie (α) sont de 45,18, 14,63, 13,17 et 7,95. Nous analyserons les trois premiers axes (figure 4) dont la somme des pourcentages d'inertie équivaut à 72,9%. Les variables les plus éloignées des axes sont les plus caractéristiques; les contributions de chaque variable à ces axes sont inscrites au tableau V.

Le pourcentage de matière organique et la vitesse du courant sont les caractéristiques du milieu qui ont les fortes contributions absolues (> 50%) à l'axe 1. Les stations F5 et G1, situées à la droite de l'axe 1, y contribuent à elles seules pour plus de 50%. En effet, celles-ci sont caractérisées par un pourcentage élevé de matière organique dans la composition du sédiment et par une vitesse de courant élevée. À l'autre extrémité de l'axe 1, B3 qui a une contribution de 8,7%, se distingue par un petit pourcentage de matière organique et une faible vitesse de courant. La contribution des autres stations est inférieure à 7%.

Ensemble, la granulométrie du sédiment et la température contribuent plus de 50% à l'axe 2. Les stations E2 et E3 (39,7%), placées au bas de l'axe 2, sont caractérisées par une texture vaseuse des sédiments ainsi que par une température de l'eau relativement basse. Les stations F5 et B1, situées à la droite au niveau supérieur de l'axe 2, baignent dans des eaux plus chaudes; le substrat de la station F5 est sableux (pas de données pour la station B1, la nature rocheuse du fond empêchant la cueillette du sédiment).

Nous avons décidé de prendre en considération l'axe 3 car sa valeur propre (13,2%) se rapproche beaucoup de celle de l'axe 2 (14,6%). Une variable,

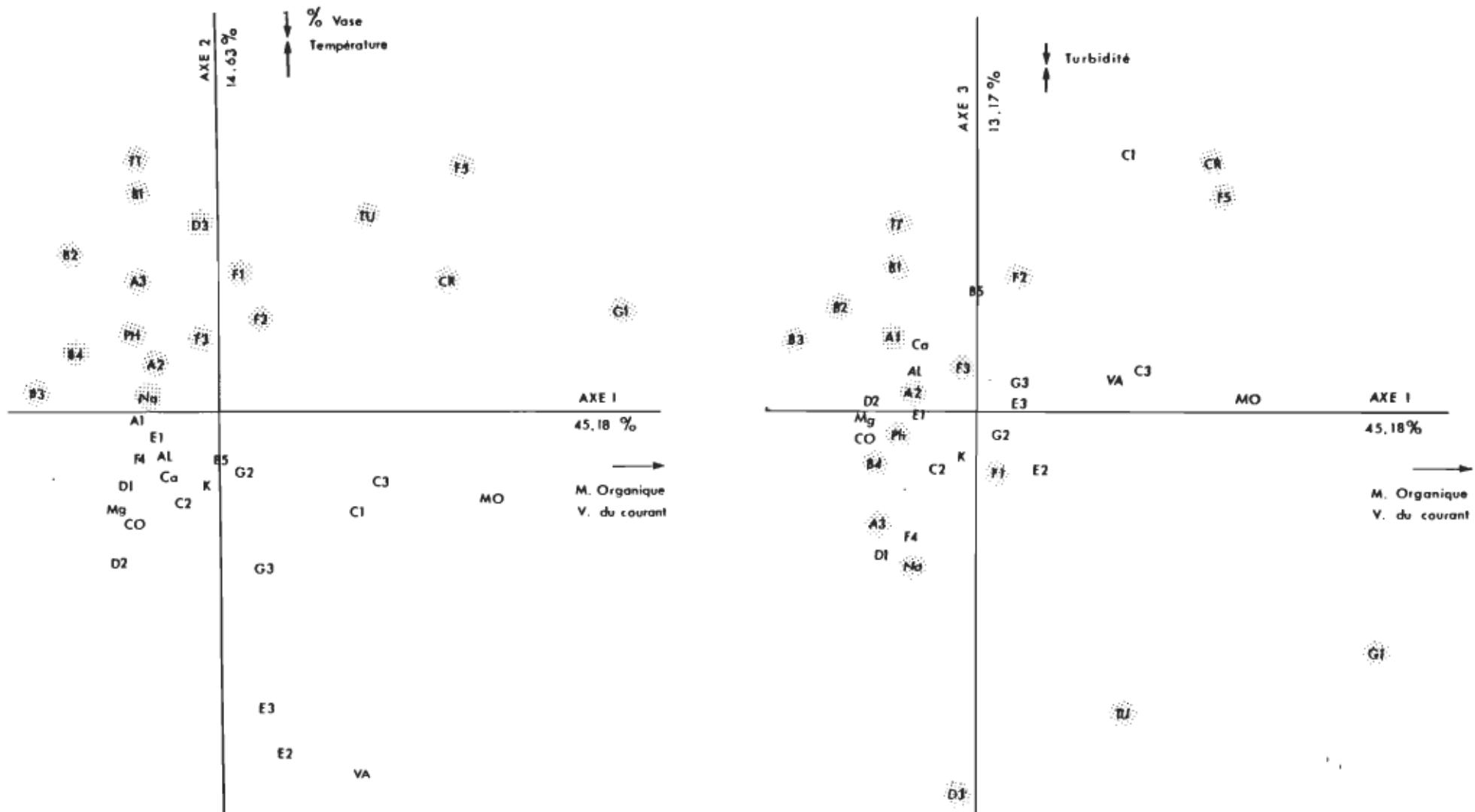


Figure 4. Représentation graphique des résultats de l'analyse factorielle des correspondances (stations - facteurs abiotiques)

- a. Plan axe 1 - axe 2: vue latérale
- b. Plan axe 1 - axe 3: vue surplombante

TABLEAU V

Contribution des variables aux axes de l'analyse
factorielle des correspondances

AXE 1: $\alpha = 45,18\%$			AXE 2: $\alpha = 14,63\%$			AXE 3: $\alpha = 13,17\%$		
Station	1 ^a	2 ^b	Station	1	2	Station	1	2
B3	8,70	0,82	E2	22,77	0,63	D3	32,29	0,71
B2	5,63	0,55	E3	16,88	0,75	G1	12,49	0,08
B4	2,91	0,61	G3	4,65	0,27	D1	4,49	0,23
D2	2,70	0,48	D2	4,33	0,25	F4	3,44	0,15
D1	2,18	0,39	C1	1,83	0,05	A3	3,32	0,15
B1	1,75	0,21	C2	1,49	0,11	E2	0,74	0,02
A1	1,74	0,46	D1	0,96	0,06	C2	0,69	0,05
A3	1,74	0,27	C3	0,86	0,03	F1	0,69	0,04
F4	1,54	0,23	G2	0,65	0,09	B4	0,30	0,03
A2	1,03	0,16	F4	0,43	0,02	G2	0,14	0,02
E1	1,02	0,17	B5	0,38	0,04	D2	0,00	0,00
C2	0,37	0,09	E1	0,11	0,01	E1	0,00	0,00
D3	0,12	0,01	A1	0,01	0,00	E3	0,00	0,00
F3	0,09	0,06	B3	0,11	0,00	A2	0,03	0,00
B5	0,00	0,00	B4	0,22	0,01	G3	0,14	0,00
F1	0,11	0,02	A2	0,47	0,02	C3	0,35	0,01
G2	0,13	0,06	F3	1,06	0,23	F3	0,41	0,08
F2	0,42	0,07	F2	1,62	0,09	A1	1,09	0,08
G3	0,44	0,08	G1	1,87	0,01	B3	1,10	0,03
E3	0,49	0,07	A3	3,21	0,16	B2	2,17	0,06
E2	0,95	0,08	F1	3,73	0,25	B5	3,84	0,39
C1	4,96	0,44	B2	4,78	0,15	F2	4,09	0,20
C3	6,54	0,82	D3	6,79	0,16	B1	4,55	0,16
F5	14,58	0,63	B1	9,23	0,36	F5	10,01	0,13
G1	39,83	0,87	F5	11,52	0,16	C1	13,60	0,35
Mg	6,07	0,59	VA	33,55	0,46	TU	43,22	0,40
CO	4,91	0,53	CO	4,45	0,15	Na	11,18	0,24
pH	6,06	0,39	Mg	4,16	0,13	K	0,81	0,02
TT	3,67	0,16	MO	2,49	0,02	pH	0,08	0,00
Na	3,08	0,22	K	2,30	0,08	CO	0,04	0,00
AL	2,29	0,43	Ca	1,19	0,07	Mg	0,00	0,00
Ca	1,93	0,36	AL	0,91	0,05	MO	0,04	0,00
K	0,14	0,01	Na	0,11	0,00	VA	0,31	0,00
VA	6,35	0,27	pH	3,61	0,08	AL	1,10	0,06
TU	11,65	0,36	CR	5,72	0,05	Ca	1,81	0,10
CR	22,65	0,61	TU	16,29	0,17	TT	16,67	0,22
MO	31,32	0,82	TT	25,20	0,36	CR	24,73	0,19

a. Contribution absolue en pourcentage

b. Contribution relative

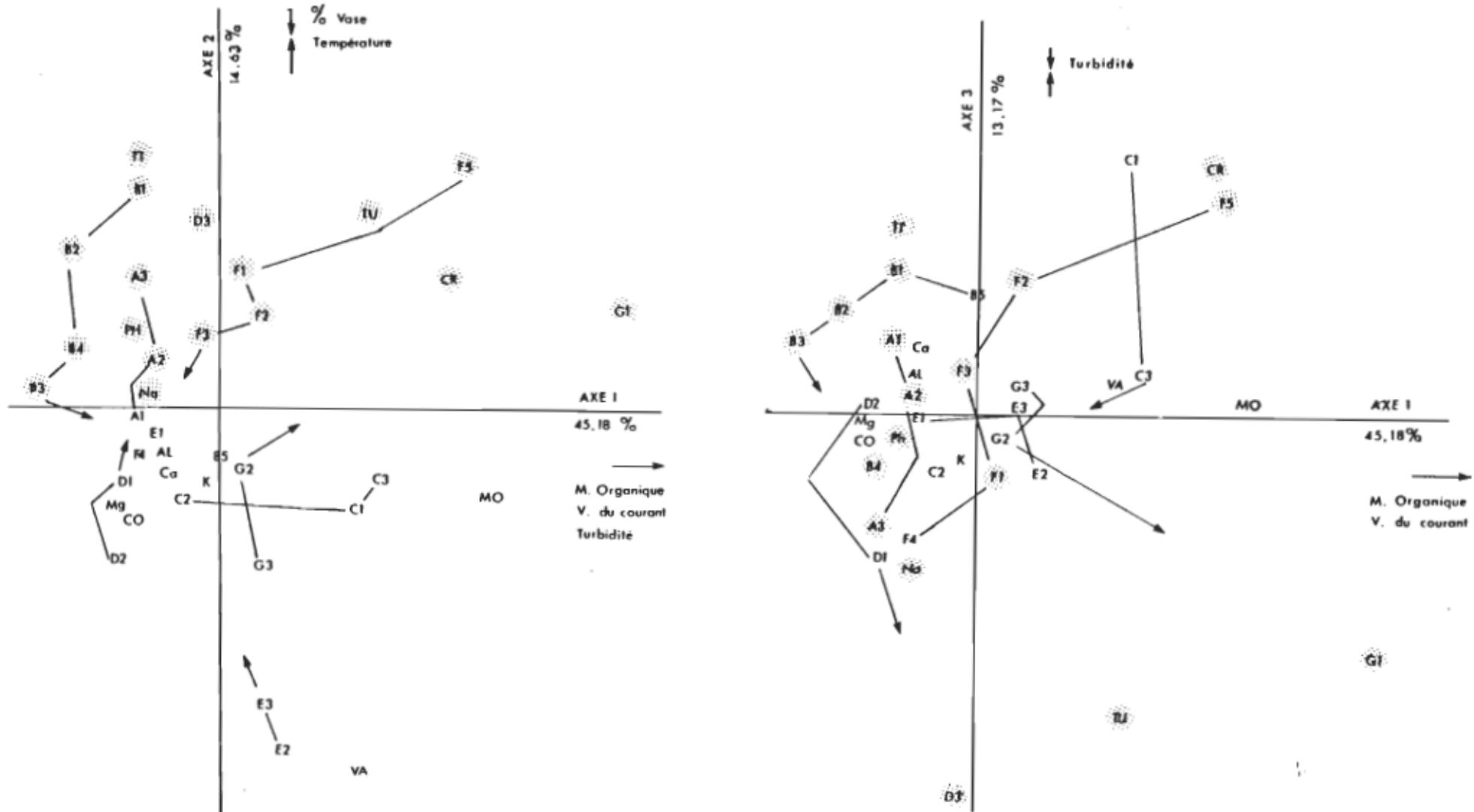


Figure 5. Représentation graphique des résultats de l'analyse factorielle des correspondances: stations reliées montrant l'hétérogénéité des sites

- Plan axe 1 - axe 2: vue latérale
- Plan axe 1 - axe 3: vue surplombante

TABLEAU VI
Hétérogénéité des sites

Site	Hétérogénéité	Axe déterminant hétérogénéité
A	faible	-
B	faible	-
C	moyenne	3
D	forte	2,3
E	forte	2
F	forte	1,2,3
G	très forte	1,2,3

soit la turbidité, contribue presque 50% à l'axe (43,2%). La station G1 très éloignée à la droite de l'axe 3, a en effet une turbidité relativement élevée de 30,0 mg/L de SiO₂. Il est à noter que nonobstant la contribution élevée de la station D3 (tableau V), celle-ci n'est guère caractéristique (20,0 mg/L de SiO₂); c'est ainsi qu'elle est juxtaposée à l'axe 3.

A la figure 4 (a et b), nous ne pouvons pas regrouper les stations de façon définitive. On note que les stations les plus distinctes soit F5 et G1, peu éloignées l'une de l'autre dans le plan limité par les axes 1 et 2 (figure 4a), sont nettement séparées dans le plan découpé par les axes 1 et 3 (figure 4b), par la turbidité qui a une valeur de 23,7 mg/L de SiO₂ à la station F5, et 30,0 mg/L de SiO₂ à la station G1.

Au plan des deux premiers axes, on voit que les points se succèdent sur une courbe en U ayant l'axe 1 comme axe de symétrie. Le long de cette courbe, on passe de stations à vitesse de courant élevée, pauvres en matière organique et ayant un substrat sableux (F1, F2, F3,-), à des stations à substrat vaseux, riches en matière organique et à faible vitesse de courant (E1, E2, -). La transition se fait par un ensemble de stations peu caractéristiques (proches de l'origine) associées à la minéralisation de l'eau (A1, A2, F4, -).

Il est intéressant de noter qu'en reliant les stations d'un même site, on obtient le degré d'hétérogénéité de ce site (figure 5). Au tableau IV, les sites sont caractérisés par leur degré d'hétérogénéité: on y note également les axes qui ont servi à leur classification. À l'exception des sites A et B, les sites échantillonnés sont relativement hétérogènes.

3.2 Bithynia tentaculata

Le tableau VII est un relevé des stations où la valeur de l'abondance, de la croissance et de la morphologie mesurée est minimale ou maximale. À l'annexe III, on lit les résultats obtenus pour chaque station, incluant la moyenne des variables accompagnée du degré de liberté, de l'écart type ainsi que les résultats de l'analyse de variance; à l'annexe IV nous avons présenté le profil des variables réalisé à l'aide du test de Duncan.

3.2.1 Abondance

La densité des populations diffère énormément d'une station à l'autre puisqu'elle varie de 80 à 14 530 individus par mètre carré. Nous remarquons à la figure 6, que 15 des 22 stations ont une densité inférieure à 1000 ind./m². De plus, on note que les sites du bassin de La Prairie ainsi que celui de Gentilly (D et G) semblent favoriser particulièrement la prolifération de B. tentaculata.

3.2.2 Croissance

Rappelons que les résultats obtenus sur la croissance de B. tentaculata sont basés sur les trois variables suivantes: la longueur totale des individus sans strie, représentant les jeunes de 1981 (LT0); la longueur entre l'apex et le bord supérieur de la strie, représentant les jeunes de 1980 (LS1); la longueur totale des individus à une strie (LT1).

La longueur totale des jeunes sans strie, c'est-à-dire ceux pondus durant l'été de l'échantillonnage (LT0), a d'abord été mesurée. La longueur totale moyenne de ces jeunes - dont on a trouvé des spécimens que dans 11 des 25 stations (figure 7) - varie de 2,18 à 3,58 mm. Il est intéressant de noter à la figure 7 qu'aux stations où la densité des populations est très grande (G2, G3), nous remarquons une absence totale de jeunes. Les causes ayant provoqué

TABLEAU VII

Valeurs minimale et maximale des paramètres biologiques de
B. tentaculata associés aux stations correspondantes

Paramètre biologique	Station	-	valeur minimale	Station	-	valeur maximale
Densité (ind./m ²)	F4		80	G3		14 530
Croissance-LT0 (mm)	F5		2,18	A3		3,58
Croissance-LS1 (mm)	E2		1,41	B1		2,64
Croissance-LT1 (mm)	B4		7,35	F5		9,88
Morphologie (LT/LA)	G3		1,72	D1		1,84

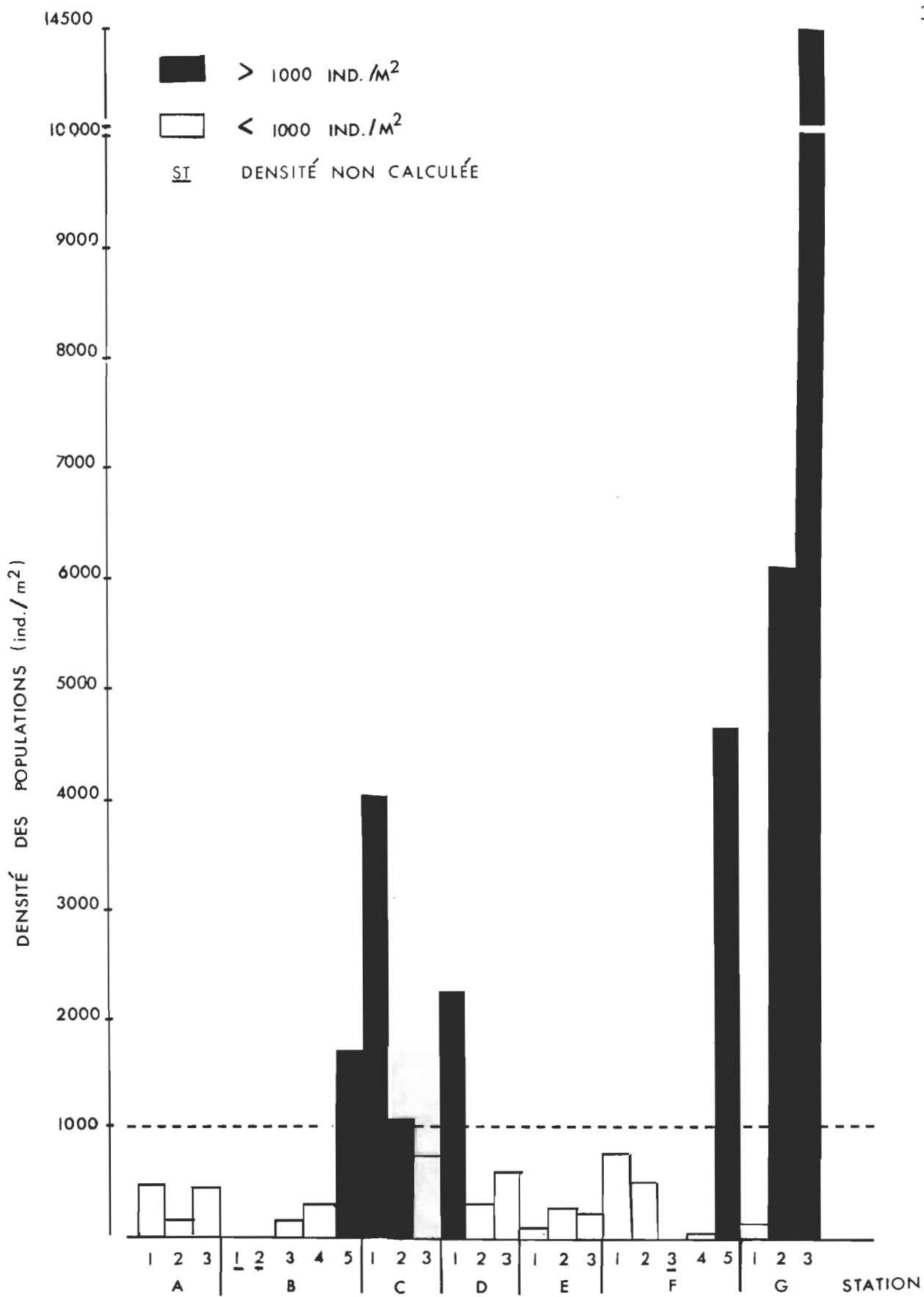


Figure 6. Densité des populations de B. tentaculata

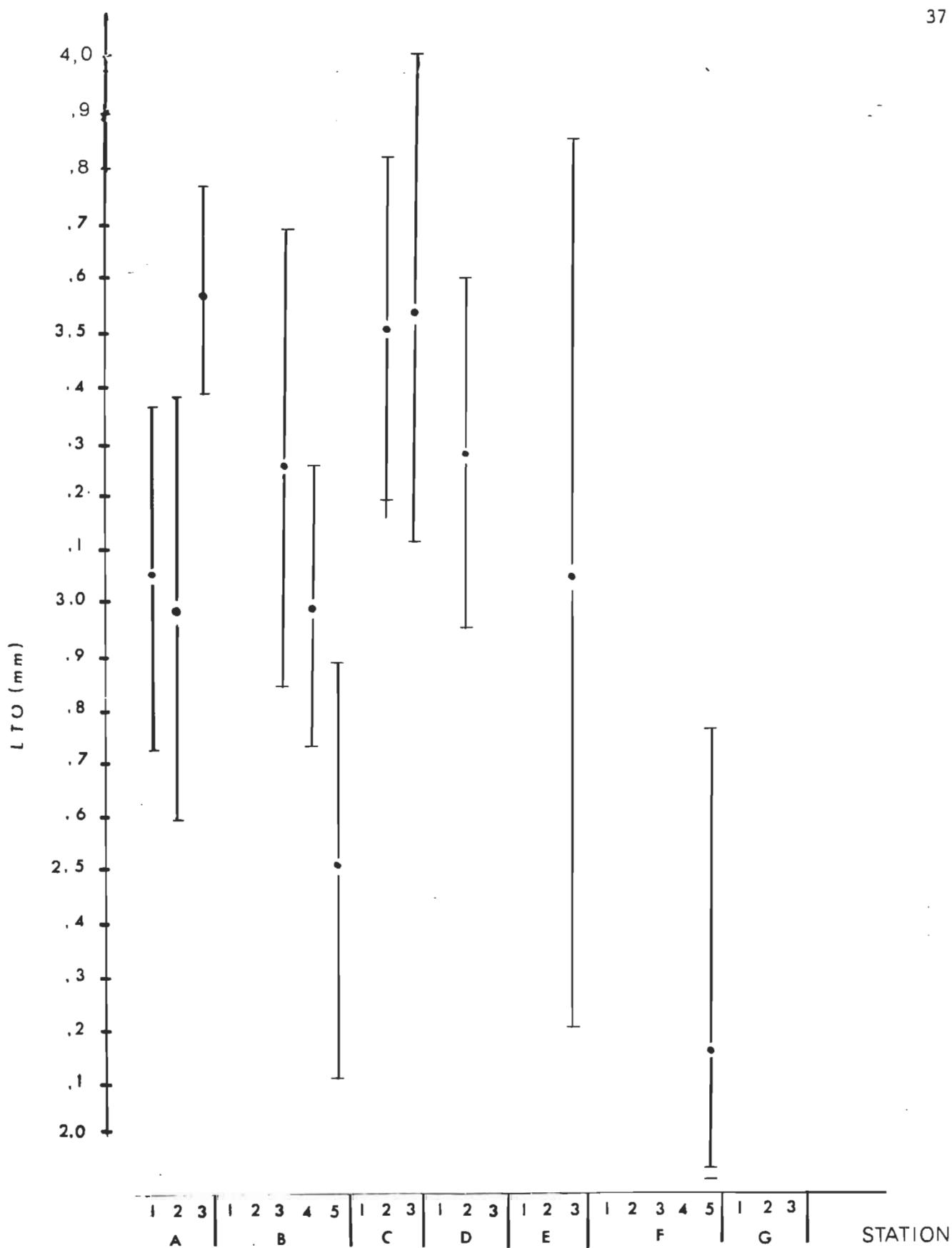


Figure 7. Longueur totale moyenne des jeunes de *B. tentaculata* pondus durant l'été (LTO) par station

cette absence n'ont pas été examinées lors de cette étude.

Les valeurs obtenues pour LS1 (croissance au premier hiver des individus de 1980) s'échelonnent uniformément entre 1,41 et 2,64 mm. Cependant, la station E2, dont le LS1 est minimal, et les stations B1, D1 et F5, dont le LS1 est relativement élevé, se différencient clairement des autres stations.

Finalement, la moyenne de la longueur totale des individus mesurés à chaque station varie de 7,35 à 9,88 mm, ce qui représente une différence de 2,53 mm. Les individus des stations F5 et G1 se distinguent nettement des autres stations par leur grande taille tandis que ceux des stations A2 et B4 sont caractérisées par leur petitesse. Le LT1 de la plupart des stations (18) se situe entre 8,14 et 8,90 mm (annexe III).

3.2.3 Morphologie

Le rapport de la longueur sur la largeur des individus de B. tentaculata varie de 1,72 (coquille ronde) à 1,84 (coquille allongée). Les différences entre les apports, quoique petites (figure 8), sont néanmoins significatives ($P < 0,05$).

Nous avons observé que les individus de la station G1 étaient dotés d'une coquille à forme particulière: l'apex était toujours tronqué. Puisque ce phénomène ne se répétait à nulle autre des 24 stations, nous avons tenté de trouver ailleurs des spécimens aux caractéristiques similaires afin de déterminer l'influence du milieu. Nous avons retrouvé des coquilles étêtées chez des spécimens prélevés près du pont de Sainte-Anne-de-Bellevue au lac Saint-Louis.

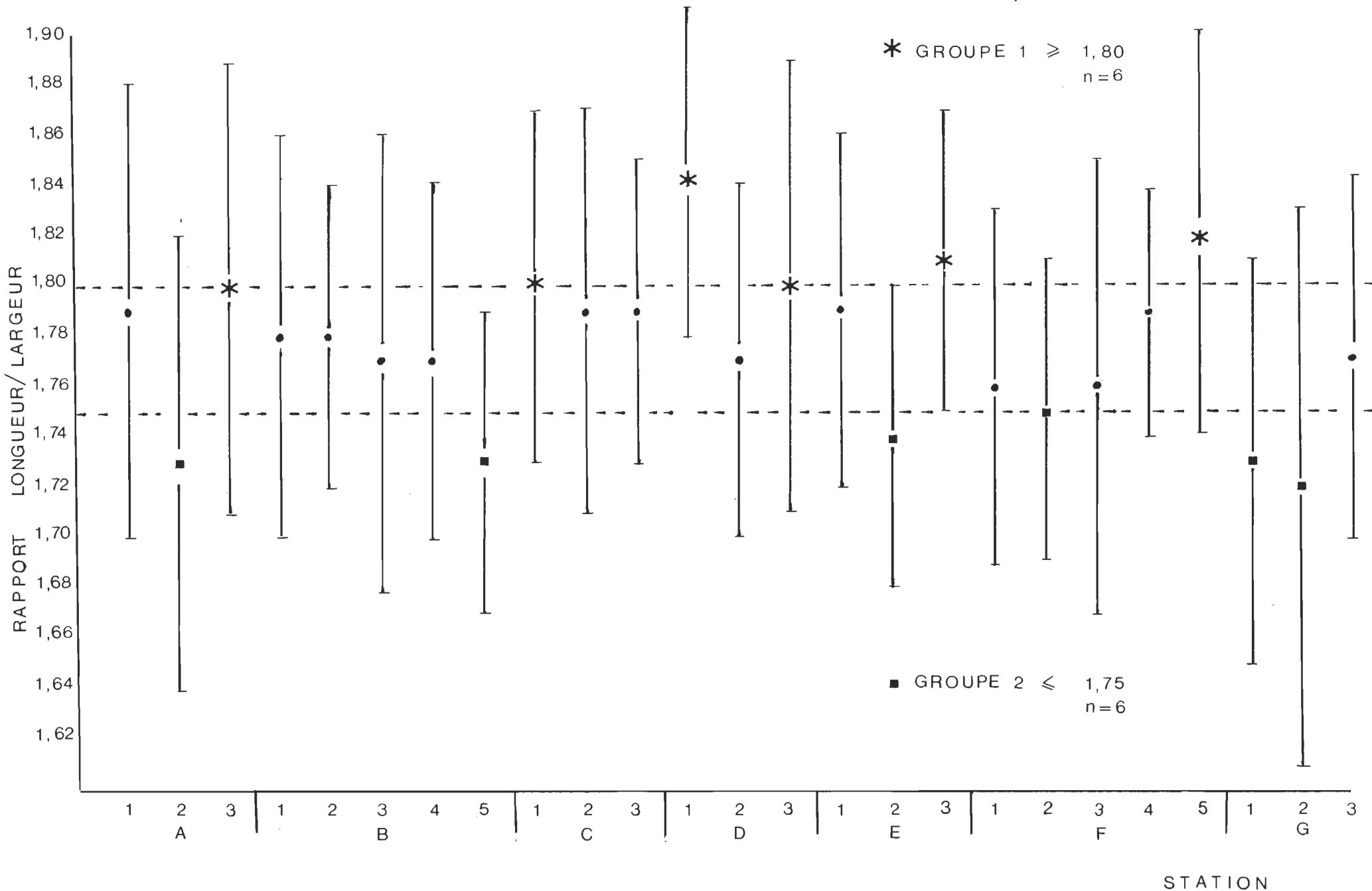


Figure 8. Morphologie (LT/LA) moyenne de B. tentaculata par station

3.2.4 Relations entre les paramètres biologiques de B. tentaculata

Les coefficients de corrélation entre l'abondance, la croissance et la morphologie de B. tentaculata sont présentés au tableau VIII. Certains de ces coefficients nous intéressent davantage du fait de l'importance de la relation qu'ils représentent.

La croissance des jeunes de 1981 (LT0) est inversement proportionnelle à la densité de la population: plus la population est importante, plus la taille des jeunes est faible. Par contre, la croissance des jeunes de 1980 (LS1) n'est pas liée à l'abondance de B. tentaculata; il n'est guère surprenant de constater qu'aucune relation n'existe entre LT0 et LS1 (tableau VIII). De ce constat, nous pouvons déduire que la croissance des jeunes lors de la première année n'est pas reliée à des facteurs constants d'une année à l'autre.

Y a-t-il une relation linéaire entre la croissance de la première année et la croissance totale de l'individu? C'est-à-dire: obtient-on une corrélation significative entre LS1 et LT1? Ayant procédé à la transformation des longueurs en logarithmes pour que la relation allométrique soit linéaire, nous constatons que LS1 est lié de façon significative à LT1 (0,43); il semblerait donc en général que plus LS1 est long plus LT1 le sera également.

3.3 Relations entre les facteurs abiotiques de B. tentaculata

L'influence des facteurs abiotiques sur l'abondance, la croissance et la morphologie du gastéropode B. tentaculata a été étudiée à l'aide de l'analyse de régression multiple et de l'analyse discriminante.

TABLEAU VIII

Corrélation de Pearson entre les paramètres biologiques de
B. tentaculata

	densité	LTO	LS1	LT1	Morphologie
densité	—				
LTO	-0,72 *	—			
LS1	0,06	0,11 ^a	—		
LT1	-0,07	-0,04 ^a	0,43 ^a *	—	
Morphologie	-0,19	b	b	b	—

* $0,05 > P > 0,005$

a. Les valeurs ont été transformées en logarithme pour que les relations allométriques soient linéaires.

b. Le coefficient a été omis car il était illogique de relier ces paramètres.

3.3.1 Abondance

L'analyse de régression multiple n'a pas discerné de relation linéaire entre les facteurs abiotiques mesurés et l'abondance de B. tentaculata. Nous avons donc eu recours à l'analyse discriminante afin de déceler l'influence possible du milieu sur la densité des populations. Les résultats de l'analyse sont inscrits au tableau IX. Les deux groupes ont été formés après l'examen de la figure 6. Nous avons fait un premier groupe avec les stations dont la densité de population était inférieure à 1000 ind./m² et un deuxième avec les autres. L'absence de valeurs pour certains facteurs abiotiques a eu pour effet d'éliminer 5 stations lors du passage à l'ordination.

Par la suite, nous avons formulé l'hypothèse suivante: l'abondance ne serait-elle pas liée à la présence de végétation? La figure 9 montre qu'une telle relation est plausible. L'analyse de variance, basée sur les deux classes d'abondance de végétation, soit peu dense et très dense, a révélé que la densité de population était effectivement différente dans les deux cas d'abondance de végétation ($P = 0,024$). L'abondance de végétation semble donc favoriser la prolifération de B. tentaculata.

Une analyse discriminante a été effectuée afin de déterminer lesquels facteurs du milieu agiraient sur l'abondance de la végétation. Une fonction hautement significative (tableau X) montre que la minéralisation de l'eau discrimine le plus entre les stations à végétation peu abondante situées surtout à l'ouest du secteur d'échantillonnage et les stations à végétation abondante concentrées principalement à l'est.

TABLEAU IX

Résultats de l'analyse discriminante par étape
sur la densité de population de B. tentaculata

Groupe 1: stations où la densité < 1000 ind./m ²	n = 15	
Groupe 2: stations où la densité > 1000 ind./m ²	n = 7	
Variable	Coefficient de discrimination	Probabilité de la fonction
Vitesse du courant	1,00	0,248

TABLEAU X

Résultats de l'analyse discriminante par étape
sur l'abondance de la végétation

Groupe 1: stations où la végétation est éparses	n = 14	
Groupe 2: stations où la végétation est abondante	n = 11	
Variable	Coefficient de discrimination	Probabilité de la fonction
Température	1,00	
pH	0,99	
Alcalinité	4,13	
Conductivité	5,90	0,006
Turbidité	- 0,73	
Magnésium	-13,06	
Potassium	- 0,74	
Sodium	3,53	

TABLEAU XI

Résultats de l'analyse discriminante par étape
sur la morphologie de B. tentaculata

Groupe 1: stations où le rapport LT/LA < 1,75	n = 5	
Groupe 2: stations où le rapport LT/LA > 1,80	n = 6	
Variable	Coefficient de discrimination	Probabilité de la fonction
Turbidité	1,00	0,031

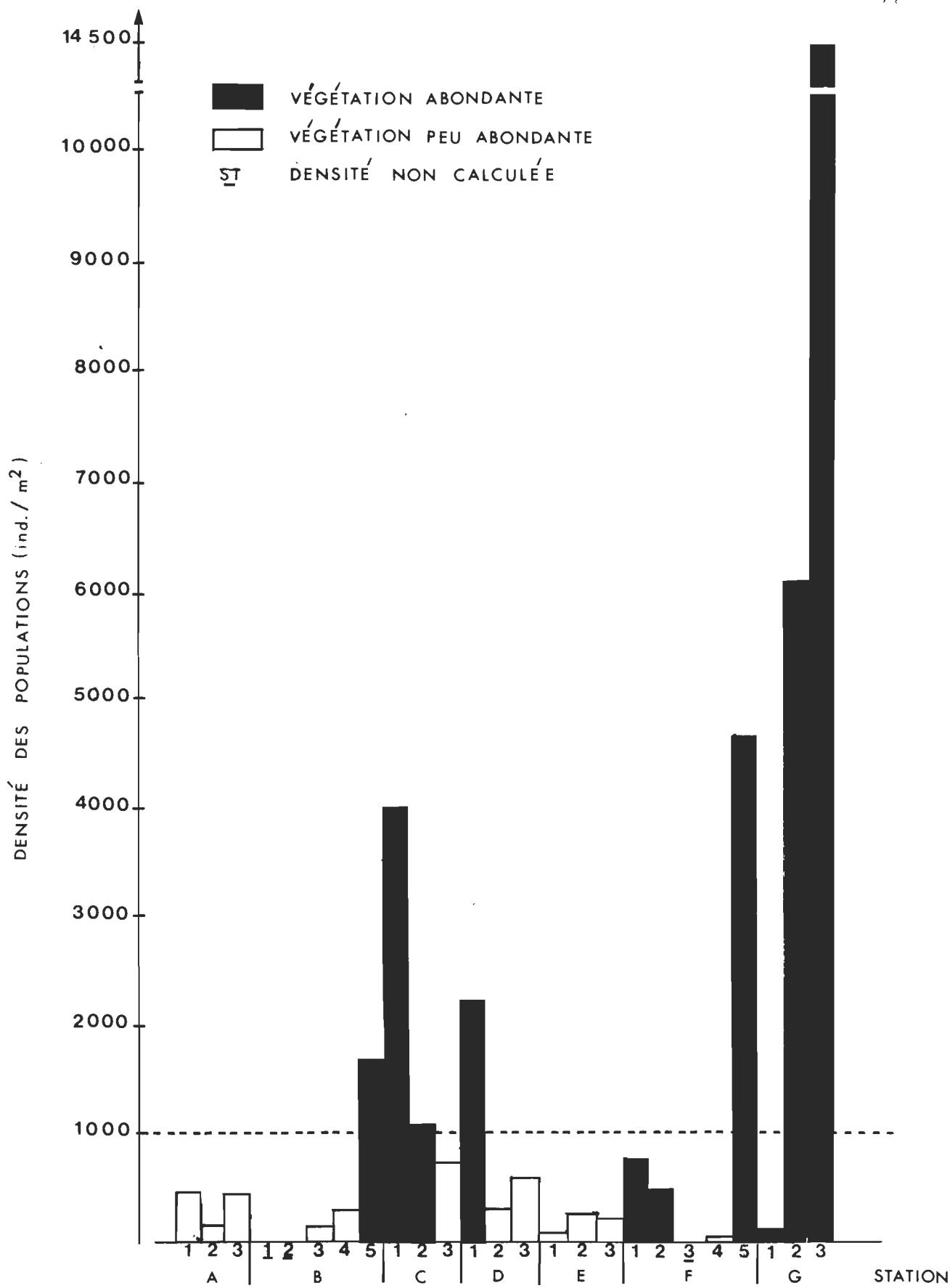


Figure 9. Relation entre la densité des populations de *B. tentaculata* et l'abondance de la végétation

3.3.2 Croissance

À l'examen des résultats de l'analyse de régression, aucune relation linéaire entre les facteurs abiotiques étudiés et la croissance des jeunes de 1981 (LTO) n'a pu être mise en évidence. Toutefois, nous avons déjà établi l'effet de la densité de la population sur la croissance des jeunes pondus durant l'été de l'échantillonnage.

En ce qui concerne les jeunes de 1980 (LS1), nous avons observé que plus le sédiment était fin, plus la croissance des individus était faible; le coefficient de régression est de -0,66.

En dernier lieu, l'analyse de régression a mis en évidence une relation étroite entre la conductivité de l'eau et la longueur totale des individus (-0,67); plus la conductivité est grande, plus les individus sont courts.

3.3.3 Morphologie

D'après l'analyse de régression, la forme ronde ou allongée de la coquille n'est pas directement affectée par les facteurs abiotiques étudiés. Dans le but de repérer une action quelconque du milieu sur la morphologie, nous nous sommes servi de l'analyse discriminante à partir de deux groupes de stations où la forme ronde ou allongée des individus était très prononcée (figure 8). Le tableau XI indique que la turbidité serait le facteur discriminant entre les deux groupes, une forte turbidité induisant la forme allongée.

Le phénomène d'érosion de l'apex, déjà noté, semble relié à un manque de calcium. En effet, la concentration de calcium près du pont de Sainte-Anne-de-Bellevue et à la station G1 est très faible; il est intéressant de noter que l'eau près du pont est basique contrairement aux eaux acides

de la station G1, ce qui suggère que l'acidité du milieu n'exerce aucune influence notable sur l'érosion de la coquille.

Bien que les individus natifs de ces deux milieux d'eau douce aient tous l'apex de la coquille tronqué , ils ne sont pas identiques pour autant. Les spécimens récoltés à la station G1 ont une coquille épaisse et robuste tandis que ceux prélevés près du pont sont pourvus d'une coquille mince et fragile. L'épaisseur de la coquille ne semble donc pas être liée exclusivement à la concentration de calcium dans l'eau.

DISCUSSION

Les différences intraspécifiques sont notables parmi les 25 stations de B. tentaculata échantillonnées, tant au point de vue de l'abondance, que de la croissance et de la morphologie. Mis à part les facteurs génétiques, les divers habitats des gastéropodes contribuent en grande partie à cette diversification.

Les stations étudiées s'étendent sur plus de 250 km du fleuve Saint-Laurent. Le gradient chimique des eaux varie de la station G1, dont les eaux sont influencées par les eaux acides de la rivière Saint-Maurice, aux eaux alcalines de la station A2 réceptrices du déversement de la rivière Beaudette. Toutefois, d'après l'analyse factorielle (figure 4), les milieux se distinguent surtout par des facteurs physiques tels que la turbidité de l'eau, la vitesse du courant et le type de substrat , lesquels sont tous éloignés des axes 1, 2 et 3. Précisons que la valeur des deux premiers facteurs mentionnés demeure toujours relativement faible.

Par la suite, nous avons noté un lien étroit entre la plupart des facteurs abiotiques, ce qui suggère une action de la part de masses d'eau différentes (affluents) sur la composition physico-chimique des stations. Les affluents concernés dans le secteur étudié sont les rivières Beaudette

(site A), des Outaouais (site B), Saint-Jean (site E), Saint-François (site F) et Saint-Maurice (site G). Les variations physico-chimiques obtenues dans le Saint-Laurent sont probablement redevables à la proximité des stations de l'embouchure de ces affluents.

L'analyse factorielle des correspondances a également révélé que l'hétérogénéité des milieux allait grandissant vers l'est de l'aire d'échantillonnage. L'hétérogénéité d'un bassin dépend principalement de facteurs morphométriques (grandeur, forme, profondeur), édaphiques (qualité et quantité de substances nutritives dissoutes) et climatiques (effet des précipitations, du vent et de l'ensoleillement) (Northcote et Larkin, 1956; Green, 1971). Généralement, ces facteurs s'amplifient avec le cours de l'eau, particulièrement d'un fleuve (Morisawa, 1968); tel semble être le cas pour le Saint-Laurent.

De même que l'hétérogénéité des milieux, l'abondance de la végétation s'accroît à mesure que l'on va vers l'est. L'analyse discriminante a été utilisée afin d'observer l'influence des facteurs du milieu sur cette abondance. Elle a été effectuée à partir des stations à végétation peu abondante - lesquelles sont surtout caractéristiques des sites à l'ouest du secteur d'échantillonnage (sites A-B-C-D-E) - et des stations à végétation abondante qui sont surtout concentrées à l'est (sites F-G). Les facteurs discriminants sont reliés à la chimie de l'eau: magnésium, sodium et alcalinité (tableau X). La concentration de ceux-ci est relativement forte dans l'ouest et faible dans l'est. La cause exacte de cette discrimination n'a pas été étudiée en détail; or il est intéressant de noter que la géologie des abords du fleuve Saint-Laurent change abruptement à l'entrée du lac Saint-Pierre, avec l'affleurement du schiste sableux et du calcaire ordovicien (Dresser et

Denis, 1946).

Appuyés par l'analyse factorielle des correspondances, nous pouvons conclure que les milieux échantillonnés diffèrent passablement entre eux, et ce, de façon plus prononcée d'ouest en est, c'est-à-dire en conjonction avec le déploiement du fleuve Saint-Laurent. De plus, en comparant nos données physico-chimiques des milieux avec celles d'autres auteurs (tableau XII), nous pouvons affirmer que les habitats étudiés sont, en effet, représentatifs de ceux fréquentés par B. tentaculata.

B. tentaculata occupe un grand nombre d'habitats différents grâce à sa facilité d'adaptation tant au substrat qu'à la qualité de l'eau (Harman et Berg, 1971; Boycott, 1936; Clark, 1973). Ce potentiel d'adaptation lui a permis de dominer la faune benthique du haut-estuaire supérieur jusqu'aux Grands Lacs (Harman, 1968; Magnin, 1970, Vincent, 1979). En Amérique du Nord, ce gastéropode peut atteindre une taille de 12-13 mm (Harman et Berg, 1971; Clark, 1973); sur 2 449 spécimens prélevés dans le secteur ci-étudié, la taille maximale mesurée était de 11,9 mm. Le rapport longueur/largeur moyen calculé pour B. tentaculata (1,77) dépasse légèrement les données de Clark (1973) qui a calculé un rapport moyen de 1,62. En examinant ces chiffres, nous remarquons que les individus récoltés lors de notre étude ont tendance à être plus petits et plus allongés que ceux examinés par Clark (1973).

Influence du milieu sur l'abondance

L'analyse de régression multiple ne révèle pas de relation linéaire entre les facteurs abiotiques et la densité des populations de B. tentaculata. Ceci a déjà été observé par Green (1971) qui affirmait que la présence et l'abondance des espèces ne sont généralement pas reliées aux paramètres envi-

TABLEAU XII

Caractéristiques des habitats fréquentés par B. tentaculata
selon différents auteurs

Paramètre du milieu	Harmann et Berg (1971)	Dussart (1976)	Nos résultats
pH	7,2 - 8,1		6,2 - 7,9
Oxygène dissous (ppm)	4,8 - 13,0		6,4 - 14,8
Alcalinité (mg/L CaCO ₃)	80 - 329	30 - >80	27,5 - 169,3
Calcium (mg/L)	1 - 30	10 - >40	8,3 - 82,0
Substrat	végétation et tous les substrats sédi- menteux sauf les plus vaseux	favorise substrat vaseux	tous les substrats mais préfère sédiments sableux

ronnementaux de façon linéairement additive. De plus, l'analyse discriminante ne permet pas non plus de discerner aucune action de la part des facteurs abiotiques étudiés sur la présence du gastéropode. Or, après l'examen de nos données, nous pensons que l'abondance de B. tentaculata est liée à la vitesse du courant. En supposant que la relation soit directe, nous formulons l'hypothèse suivante: une vitesse de courant relativement élevée - pas assez forte toutefois pour nuire au gastéropode - favoriserait la présence des minéraux et des substances nutritives dans le milieu ambiant des organismes. Pratt (1953) souligne qu'une vitesse de courant élevée à proximité des espèces augmenterait l'apport en oxygène et éliminerait plus efficacement les déchets métaboliques. De plus, une filtration alimentaire et respiratoire facilitée résulterait probablement d'une vitesse accrue du courant.

Indirectement, des courants rapides fourniraient un apport constant de substances nutritives provoquant une végétation abondante laquelle favoriserait la prolifération des gastéropodes. Nous voyons également une liaison étroite entre la présence des mollusques et l'abondance des macrophytes. Aux stations où la densité est supérieure à 1000 ind./m², la végétation est toujours abondante; l'analyse de variance a mis en évidence cette relation entre l'abondance de B. tentaculata et celle de la végétation. On remarque que les stations F1, F2 et G1 font exception; la végétation y est dense or, le nombre d'individus par mètre carré ne dépasse guère 750. Les eaux acides et pauvres en calcium de ces endroits empêchent possiblement une plus grande prolifération de B. tentaculata. D'ailleurs plusieurs auteurs (Wilbur et Owen, 1964; Thomas et al., 1974) ont déjà montré l'importance de la présence de la végétation sur la distribution et l'abondance des mollusques.

Certains auteurs (Sutcliffe et Carrick, 1973; Dussart, 1976; Nduku et Harrison, 1976) ont pensé que le complexe pH-bicarbonate était le facteur déterminant dans la distribution des mollusques. Dussart (1979) a démontré qu'il existe un lien entre la répartition de B. tentaculata et la présence de potassium (+), de nitrate (-) ainsi que du substrat rocheux (+). Dans notre étude, nous avons vu que ni le calcium, ni le pH, ni le potassium et ni le substrat n'influençaient la densité de population de cette espèce. Il semble que l'abondance de végétation soit "le" facteur limitant le nombre de gastéropodes dans le Saint-Laurent.

Influence du milieu sur la croissance de la première année (LS1-LT0)

Pour les jeunes de 1981 (LT0), la densité de la population est le facteur dominant qui affecte le plus la croissance. Une forte densité de population limite la croissance de LT0. La cause principale en est probablement une diminution des réserves nutritives face à une plus grande compétition intraspécifique (Boycott, 1936; Thomas et Benjamin, 1974; Dussart, 1979).

L'analyse de régression multiple a établi une relation étroite entre la granulométrie du sédiment et la croissance des jeunes de 1980 (LS1). Plus le substrat est vaseux, plus LS1 est court. Par quels mécanismes les fines particules d'argile et de limon agissent-elles sur la croissance? En supposant une action directe du sédiment sur la croissance, deux hypothèses peuvent être avancées: les particules nuiraient soit à l'alimentation, soit à la respiration de ces animaux à filtration optionnelle (Loosanoff, 1961;

Fretter et Graham, 1962; Ghiretti, 1966; Owen, 1966). Loosanoff et Tommers (1948) ont montré que le taux de pompage pouvait être réduit jusqu'à 60% chez les huîtres lorsque l'eau présentait une turbidité de 100 mg/L de SiO₂. La plus grande turbidité obtenue parmi nos stations était de 31 mg/L de SiO₂. Les jeunes B. tentaculata qui sont beaucoup plus petits que les huîtres en subiraient probablement un taux de pompage réduit. Il est à noter cependant qu'aucun lien entre la turbidité et la croissance des jeunes de 1980 n'a été établi; ceci résulte possiblement de la méthode utilisée pour mesurer la turbidité, méthode qui tient compte surtout des particules dont le diamètre est supérieur aux particules d'argile et de limon. Enfin, d'autres auteurs tels que Pratt (1953), Rhoads et Panella (1970) et Galluci et Helleberg (1976) ont aussi trouvé que les mollusques croissant sur un substrat vaseux sont plus petits que ceux reposant sur un substrat sableux.

Le milieu agit donc de façon différente d'une année à l'autre sur la croissance des jeunes. La densité des populations et la nature du substrat sont-ils les seuls à exercer une influence sur la longueur des jeunes au cours des années? D'autres facteurs, tels que la période de ponte modifiaient-ils la taille des jeunes? Nous savons que la période de ponte est elle même influencée par la densité et la taille des géniteurs (Thomas et Benjamin, 1974), par la photopériode, le réchauffement local des eaux, la génétique des populations (Hunter, 1961a), ainsi que par la topographie du milieu (Calow, 1981). Toutefois, même si tous ces facteurs déterminent la date de ponte, celle-ci n'exerce pas nécessairement une influence sur la taille atteinte par les jeunes avant leur premier hiver (formation de la première strie). Les jeunes apparus à la fin de la période de ponte croîtraient plus rapidement et

"rattraperaient" en longueur les jeunes pondus dès le début de la période; c'est le phénomène de "compensation" décrit par Hunter (1961b). En d'autres mots, il y aurait synchronisation de la reproduction et de la croissance. En effet, il est possible que les mollusques produisent des substances chimiques qui synchronisent la période de ponte et la croissance. Un tel mécanisme se traduirait chez les mollusques à développement lent par l'inhibition de la croissance des individus à développement rapide, alors que les mollusques à développement rapide stimuleraient la croissance des individus à développement lent (Thomas et Benjamin, 1974). Ainsi, la période de ponte aurait peu d'influence sur la taille maximale atteinte au moment de l'arrêt de croissance du premier hiver.

Influence du milieu sur la croissance totale (LT1)

L'analyse de régression indique une étroite relation entre la conductivité de l'eau et la croissance totale des individus, soit la croissance des première et deuxième années. Nous avons déjà établi que la conductivité était fortement liée à la concentration de calcium et de magnésium dans l'eau. Des expériences in vitro où la concentration du calcium et du magnésium était contrôlée (Thomas et Lough, 1974), ont démontré que c'est essentiellement le calcium qui est impliqué dans le développement de la coquille. La longueur des individus est inversement proportionnelle à la concentration du calcium dans l'eau; plus il y a de calcium, plus LT1 est petit. Cette relation inverse de la taille des mollusques en fonction de la quantité de calcium a aussi été notée par d'autres chercheurs tels que Medcof (1968) et Green (1971).

Le tableau XIII nous permet une comparaison entre les milieux peuplés par des individus de petite taille et ceux qui sont peuplés par des individus de grande taille. La densité des deux populations est semblable; à ces densités, une concentration de 8,3 mg/L de calcium semble adéquate au développement d'une coquille robuste. Le calcium n'est donc pas le seul facteur qui influence directement la taille des individus.

Par ailleurs, on remarque que le pH de l'eau diffère sensiblement d'un milieu à l'autre. Ce paramètre chimique interférera sur le rôle du calcium lors de la croissance des mollusques (Borghi, 1962; Wilbur et Owen, 1964; Thomas et Lough, 1974); un pH alcalin nuirait à l'absorption du calcium en agissant sur le système d'osmorégulation de l'organisme, en plus d'empêcher la formation de bicarbonate, composé essentiel à l'élaboration de la coquille. Alors, même si la concentration du calcium est élevée à la station A2, la coquille des individus est frêle car l'absorption du bicarbonate y est inhibée. Nous n'avons pas obtenu de relation directe entre le pH et la taille des individus puisque la concentration du calcium dans l'eau reste toujours le facteur limitatif au développement de la coquille.

La relation inversement proportionnelle entre la calcium et LT1, surprenante à première vue, s'expliquerait comme suit. D'abord, plus la concentration de calcium est élevée, plus le pH devient basique. Sous l'effet d'un pH alcalin, le taux d'absorption du calcium par l'organisme diminue et la quantité de CO_2 disponible est réduite; la coquille en subit donc un ralentissement dans son développement.

Certes, d'autres facteurs pourraient affecter le développement de B. tentaculata lorsqu'ils sont présents sur un mode exceptionnel dans un

TABLEAU XIII

Comparaison de facteurs chimiques et biologiques des stations A2 et G1

Stations	Chimie de l'eau		<u>B. tentaculata</u>		
	calcium (mg/L)	pH	densité (ind./m ²)	longueur totale (mm)	coquille
A2	82,0	7,7	150	petite	mince
G1	8,3	6,2	130	grande	épaisse

milieu donné. Tel est le cas pour les eaux très turbides (Gaillard, 1965; Rhoads et Panella, 1970), et les eaux à vitesse de courant élevée (Thomas et Lough, 1974). Une baisse de température, un manque d'oxygène (Wilbur et Owen, 1964) ou une forte salinité des eaux (Green, 1972) nuiraient également à la croissance de la plupart des mollusques. Or, dans notre cas, ces facteurs n'ont jamais pris suffisamment d'ampleur pour freiner la croissance des spécimens recueillis de B. tentaculata.

D'après cette étude, il semble qu'à des endroits biologiquement favorables, les individus adultes soient plus affectés par la chimie de l'eau que par les facteurs physiques du milieu. Ceci est dû probablement à la plus grande robustesse des adultes qui résistent mieux aux éléments physiques de l'environnement; aussi, la croissance adulte demande une plus grande quantité de calcium en raison du développement accrû de la coquille.

Le taux de croissance et la longévité sont intimement liés. Nous avons remarqué que les individus de la station E2 se distinguent par leur âge avancé. En effet, 50% des adultes avaient plus de deux ans. Les facteurs suivants semblent favoriser cette longévité: un fort pourcentage de matière organique dans le sédiment, une faible densité de population (Hunter, 1961a) et une lente croissance des individus (Hunter, 1961a; Gaillard, 1965; Choquet, 1968; Seed et Brown, 1978). De plus, Calow (1981) observe que la longévité est accrue pour les individus prélevés en milieu fermé plutôt qu'en milieu ouvert.

Toutes ces conditions sont remplies à la station E2. Elles contribuent donc à accroître la longévité de la population: l'abondance de matière organique crée des individus vigoureux; la faible densité de population atténue la compétition intraspécifique; la croissance lente taxe moins

la physiologie des individus; enfin, les mollusques habitant des milieux fermés dépensent moins d'énergie à lutter contre un environnement hostile. L'ensemble de ces conditions permet une prolongation de la vie après la reproduction (population itéropare), augmentant ainsi la longévité.

Influence du milieu sur la morphologie

L'analyse de régression multiple n'établit pas de relation linéaire entre le milieu et la morphologie ronde ou allongée de la coquille. Toutefois, l'analyse discriminante montre qu'une turbidité relativement grande induit la forme allongée chez B. tentaculata.

Gaillard (1965) nota cette même relation chez le gastéropode Littorina saxatilis (Olivi). La forme allongée a pour effet de diminuer la friction de l'eau, entraînant ainsi une dépense d'énergie moindre et une meilleure stabilité. De plus, Medcof (1968) a observé une forme allongée chez les mollusques croissant en milieu vaseux, une prévention contre l'envasement des individus non mobiles.

Des facteurs génétiques peuvent aussi être à l'origine des variations morphologiques. Puisque l'on connaît le rapport moyen de la longueur sur la largeur des individus d'une population de B. tentaculata, il serait intéressant de faire des transplantations d'individus de milieux naturels différents (station A2 et G1, par exemple) afin de déterminer l'importance respective des facteurs du milieu (exogènes) et des facteurs génétiques (endogènes) sur la morphologie. Lévêque (1971) effectua des expériences de ce genre sur des mollusques du lac Tchad en Afrique; il nota que les individus transplantés avaient acquis la même forme que les nouveaux individus côtoyés. Les espèces étudiées s'adaptèrent donc facilement aux

conditions ambiantes. Par contre, Gaillard (1965) et Eversole (1978) n'ont constaté aucun changement morphologique chez les spécimens transplantés. Un changement extérieur ne provoquerait donc pas inévitablement une modification de la sculpture de la coquille. Ceci confère une plus grande importance aux facteurs génétiques des populations qu'aux conditions écologiques à l'égard des variations morphologiques observées chez ces espèces. Nous pourrions nous interroger sur les particularités génétiques des populations échantillonées au cours de notre étude.

Nous avons prélevé des spécimens dont la coquille était caractérisée par certaines populations. L'apex tronqué est propre aux individus des eaux pauvres en calcium. Ce phénomène d'érosion a déjà été rapporté par quelques chercheurs, dont Clark (1973) qui travailla sur des spécimens de Campeloma decisum Say de la région du Saint-Laurent et des Grands Lacs. Fait intéressant chez B. tentaculata, même si la coquille présente un apex rongé, l'épaisseur de celle-ci peut être considérable lorsque les individus sont prélevés en eau acide; nous avons montré qu'un pH acide de l'eau permet une absorption maximale du calcium disponible dans l'eau.

CONCLUSION

Il semble que l'ensemble des habitats étudiés soit bien représentatif des divers milieux fréquentés par B. tentaculata. En comparant les biotopes entre eux, nous avons pu tirer quelques grandes lignes sur le développement de ce mollusque (tableau XIV).

L'abondance du gastéropode paraît être liée à la vitesse du courant qui agit directement sur l'alimentation et/ou sur la respiration, ou indirectement en favorisant le développement de la végétation. Le calcium, souvent cité comme "le" facteur de distribution, jouerait un rôle secondaire au niveau de la distribution et de la prolifération de cette espèce dans le Saint-Laurent.

La croissance des jeunes est affectée tantôt par la densité de la population, tantôt par le type de substrat sédimentaire. Il reste cependant beaucoup d'éléments à étudier en ce qui a trait à l'influence des facteurs biotiques tels que par exemple la périodicité de la ponte sur la croissance.

Le développement de la coquille chez les individus plus âgés est surtout affecté par la composition de l'eau. En effet, le calcium et le pH régularisent le développement de la coquille là où d'autres facteurs abiotiques tels que la turbidité de l'eau ($<30 \text{ mg/L SiO}_2$) et la vitesse du courant ($<0,35 \text{ m/s}$) caractérisent faiblement le milieu. Le type de

TABLEAU XIV

Éléments du milieu affectant le développement de B. tentaculata

Paramètre biologique	Élément du milieu	Action
Densité (ind./m ²)	vitesse du courant et/ou végétation	alimentation, respiration ventilation des déchets métaboliques
Croissance-LT0 (mm)	densité de la population	compétition intraspécifique
Croissance-LS1 (mm)	type de sédiment	alimentation, respiration
Croissance-LT1 (mm)	complexe calcium-pH	développement de la coquille
Morphologie (LT/LA)	turbidité	dépense énergétique à lutter contre la friction avec le milieu ambiant

de substrat ne détermine pas la croissance adulte de B. tentaculata; cette espèce, tel que nous l'avons vu, s'adapte bien à tout genre de substrat. Enfin, mentionnons que B. tentaculata pouvait vivre plus de deux ans lorsque les individus habitaient des milieux fermés à faible compétition intraspécifique; ceci favorise une plus grande longévité de la population.

Quoique la variation morphologique (forme ronde ou allongée de la coquille) est faible chez ce gastéropode, celle-ci existe néanmoins. Elle dépend surtout de la turbidité des particules fines d'argile et de limon dans le milieu, la forme allongée étant induite lorsque ce facteur est prononcé. Finalement, nous avons remarqué que l'apex de la coquille s'érodaît en eaux douces.

L'utilisation des stries de croissance nous a permis d'évaluer d'une façon précise et rapide, les variations de la coquille causées par différents facteurs exogènes. Un seul échantillonnage nous a permis d'étudier le comportement de B. tentaculata sur une période de plus de deux ans.

RÉFÉRENCES

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1975. Standard methods for the examination of water and wastewater. 14th ed., Washington, D.C., 1193p.
- BORGHT, O.V.D., 1962. Absorption directe du calcium et du strontium en solution dans le milieu ambiant par un gastéropode dulcicole: Lymnaea stagnalis L. Archs int. Physiol. Biochim., 70(5): 611-623.
- BOYCOTT, A.E., 1936. The habitats of fresh-water Mollusca in Britain. J. Anim. Eco., 5: 116-187.
- BRETOS, M., 1980. Age determination in the Keyhole Limpet Fissurella crassa (Archaeogastropoda: Fissurellidae), based on shell growth rings. Bio. Bull., 159: 606-612.
- CALOW, P., 1981. Adaptational aspects of growth and reproduction in Lymnaea peregra (Gastropoda: pulmonata) from exposed and sheltered aquatic habitats. Malacologia, 21(1-2): 5-13.
- CHOQUET, M., 1968. Croissance et longévité de Patella vulgata L. (Gastéropode: prosobranche) dans le Boulonnais. Cahiers de biologie marine, 9: 449-468.
- CLARKE, A.H., 1973. The freshwater molluscs of the Canadian Interior Basin. National Museum of Canada. Malacologia, 13(1-2): 131-509.
- COMFORT, A. 1957. The duration of life in molluscs. Proc. Malacol. Soc. London, 32: 219-241.
- CRIDLAND, C.C., 1957. Ecological factors affecting the numbers of snails in permanent bodies of water. Journal of tropical medicine and hygiene, 60: 250-256.
- DRESSER, J.A. et T.C. DENIS, 1946. La Géologie de Québec. Ministère des mines de Québec, Rapport géologique No 20, Vol.II, 647p.
- DUMAS, J.-P., J. MEUNIER, L. PAZDERNIK, D. BOUCHARD et A. DUFRESNE, 1976. Etude de la physico-chimie de l'eau du Saint-Laurent, secteur du site nucléaire de Gentilly. Groupe de recherche Thermopol éd., Université du Québec à Trois-Rivières, 69p.
- DUSSART, G.B.J., 1976. The ecology of freshwater mollusc in North West England in relation to water chemistry. J. Moll. Stud., 42(2): 181-198.
- DUSSART, G.B.J., 1979. Life cycles and distribution of the aquatic gastropod molluscs Bithynia tentaculata (L.), Gyraulus albus (Müller), Planorbis planorbis (L.) and Lymnaea peregra (Müller) in relation to water chemistry. Hydrobiol., 67(3): 223-229.

- EVERSOLE, A.G., 1978. Life cycles, growth and population bioenergetics in the snail Helisoma trivolvis (Say). *J. moll. Stud.*, 44: 209-222.
- FOLK, R.L., 1965. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill, Austin, 159p.
- FRETTER, V.A. et A. GRAHAM, 1962. Molluscs: their functional anatomy and ecology. British Press Branch - The Ray Society, London, 755p.
- GAILLARD, J.M., 1965. Aspects qualitatifs et quantitatifs de la croissance de la coquille de quelques spécimens de mollusques prosobranches en fonction de la latitude et des conditions écologiques. Mém. Mus. Nat. Hist. nat., série A Zoologie, T. XXXVIII, 155p.
- GALLUCI, V.F. et J. HYLLEBERG, 1976. A quantification of some aspects of growth in bottom feeding bivalve Macoma nasuta. *The Veliger*, 19(1): 59-67.
- GHIRETTI, G., 1966. Respiration. In *Phenology of Mollusca*. Vol. 2. Editeurs: K.M. Wibur et C.M. Yonge. Academic Press, New York, pp. 175-208.
- GOUIN, D. et D. MALO, 1977. Etude de la qualité générale de l'eau. Service de protection de l'Environnement (Comité d'étude sur le fleuve St-Laurent), rapport technique No 11, 363p.
- GREEN, R.H., 1971. A multivariable statistical approach to the hutchinsonian niche: Bivalve molluscs of Central Canada. *Ecology*, 52(4): 543-556.
- GREEN, R.H., 1972. Distribution and morphological variation of Lampsilis radiata (Pelecypoda, Unionidae) in some central Canadian lakes: a multivariate statistical approach. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 29: 1565-1570.
- GREEN, R.H., 1979. Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists. Wiley, New York, 257p.
- HARMAN, W.N., 1972. Benthic substrates: their effect on fresh-water mollusca. *Ecology*, 53(2): 271-276.
- HARMAN, W.N. et C.O. BERG, 1971. The freshwater snails of central New York. *Cornell Univ. Agric. Exp. Stn.*, 1(4): 1-68.
- HUNTER, W.R., 1961a. Annual variations in growth and density in natural populations of freshwater snail in the west of Scotland. *Proc. Zool. Soc. London*, 136: 219-253.
- HUNTER, W.R., 1961b. Life cycles of four freshwater snails in limited populations in Loch Lomond, with a discussion of intraspecific variation. *Proc. Zool. Soc. London*, 137: 135-171.
- JORGENSEN, C.B., 1966. Biology of suspension feeding. Pergamon, Oxford, 357p.
- KLEIN, L., 1957. Aspects of river pollution. Butterworths, London, 621p.

- LAFERRIÈRE, M., 1980. Conséquences de la dégradation de deux biotopes sur la faune benthique du fleuve Saint-Laurent, région de Gentilly. Thèse de maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières, 134p.
- LEVASSEUR, H., 1977. Etude du benthos du fleuve St-Laurent. Service de protection de l'Environnement (Comité d'étude sur le fleuve St-Laurent), rapport technique No 10, 280p.
- LEVEQUE, C., 1971. Equation de von Bertalanffy et croissance des mollusques benthiques du lac Tchad. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol., Vol. V (3/4): 263-283.
- LIND, O.T., 1979. Handbook of common methods in Limnology. C.V. Mosby, St-Louis, 199p.
- LOOSANOFF, V.L., 1961. Effects of turbidity in some larval and adult bivalves. Proc. Gulf and Caribbean fisheries Inst., 14: 80-95.
- LOOSANOFF, V.L. et F.D. TOMMERS, 1948. Effect of suspended silt and other substances on rate of feeding of oyster. Science, Jan.: 69-70.
- MAGNIN, E., 1970. Faune benthique littorale du lac St-Louis près de Montréal (Québec). I. Quelques données générales. Ann. Hydrobiol., 1(2): 181-195.
- MARIE-VICTORIN, 1964. Flore laurentienne. 2^e éd., P.U.M., Montréal, 924p.
- MASSONIE, J.P., D. MATTHIEU et J.C. WIEBER, 1971. Application de l'analyse factorielle à l'étude des paysages. Cah. Géogr. Besançon, 4(9): 1-51.
- MEDCOF, J.C., 1968. L'ostréiculture dans les provinces maritimes. Office des recherches sur les pêcheries du Canada, Bull. No 131, Ottawa, 178p.
- MORISAWA, M., 1968. Streams, their dynamics and morphology. McGraw-Hill, New-York, 175p.
- NDUKU, W.K. et A.D. HARRISON, 1976. Calcium as a limiting factor in the biology of Biomphalaria pfeifferi (Krauss) (Gastropoda: Planorbidae). Hydrobiol., 45(2): 143-170.
- NISBET, M. et J. VERNEAUX, 1970. Les composantes chimiques des eaux courantes. Annls. Limnol., 6(2): 161-190.
- NORMAN, H.N., C.H. HULL, J.O. JENKINS, K. STEINBRENNER et D.H. BERT, 1975. Statistical package for the social sciences (SPSS): 2^e éd., McGraw-Hill, New York, 675p.
- NORTHCOTE, T.G. et P.A. LARKIN, 1956. Indices of Productivity in British Columbia lakes. J. Fish. Res. Bd. Canada, 13(4): 515-540.

- OWEN, G., 1966. Feeding. In Physiology of Mollusca. Vol. 2. Editeurs: K.M. Wilbur et C.M. Yonge. Academic Press, New York, pp.1-51.
- PINEL-ALLOUL, B. et E. MAGNIN, 1971. Cycle vital et croissance de Bithynia tentaculata L. (Mollusca, Gastropoda, Prosobranchia) du lac St-Louis près de Montréal. Can. J. Zool., 49: 759-766.
- FRATT, D.M., 1953. Abundance and growth of Venus mercenaria and Callocardia morhuana in relation to the character of bottom sediments. J. Mar. Res., 12: 60-74.
- RHOADS, D.C. et G. PANELLA, 1970. The use of molluscan shell growth patterns in ecology and paleoecology. Prethaea, 3: 143-161.
- RICHARDSON, C.A., D.J. CRISP, N.W. RUNHAM et U.D. GRUFFYDD, 1980. The use of tidal growth bands in the shell of Carastodarma edule to measure seasonal growth ratio under cool temperate and sub-artic conditions. S. Mar. Biol. Ass. U.K., 60: 977-989.
- SEED, R. et R.A. BROWN, 1978. Growth as a strategy for survival in two marine bivalves, Carastoderma edule and Modiolus modiolus. J. Anim. Ecol., 47: 283-292.
- SPOEL, S.V.D., 1959. Age determination by winter rings. Basteria, 23(3): 36-38.
- SUTCLIFFE, D.W. et T.R. CARRICK, 1973. Studies on mountain streams in the English Lake District. I. pH, calcium and the distribution of invertebrates in the River Dudden. Freshwater Biology, 3: 437-462.
- THOMAS, J.D. et M. BENJAMIN, 1974. The effects of population density on growth and reproduction of Biomphalaria glabrata (Say) (Gastropoda: Pulmonata). J. Anim. Ecol., 43(1): 31-50.
- THOMAS, J.D. et A. LOUGH, 1974. The effects of external calcium concentrations in the rate of uptake of this ion by Biomphaleria glabrata (Say). J. Anim. Ecol., 43(3): 861-871.
- THOMAS, J.D., M. BENJAMIN, A. LOUGH et R.H. ARAM, 1974. The effects of calcium in the external environment on the growth and natality rates of Biomphaleria glabrata (Say). J. Anim. Ecol., 43(3): 839-860.
- VINCENT, B., 1979. Etude du benthos d'eau douce dans le haut-estuaire du Saint-Laurent (Québec). Can. J. Zool., 57(11): 2171-2182.
- VINCENT, B. et G. VAILLANCOURT, 1981. Méthode de détermination de l'âge, longévité et croissance annuelle de Bithynia tentaculata L. (Gastropoda: Prosobranchia) dans le Saint-Laurent (Québec). Can. J. Zool., 59(6): 982-985.
- VINCENT, B., G. VAILLANCOURT et M. HARVEY, 1981. Cycle de développement, croissance, effectifs, biomasse et production de Bithynia tentaculata L. (Gastropoda: Prosobranchia) dans le Saint-Laurent (Québec). Can. J. Zool., 59(7): 1237-1250.

- WADA, K., 1961. Cristal growth of molluscal shells. Bull. Nat. Pearl Res. Lab., 7: 703-828.
- WILBUR, K.M. et G. OWEN, 1964. Growth. In Physiology of Mollusca. Vol. 1. Editeurs: K.M. Wilbur et C.M. Yonge. Academic Press, New York, pp. 211-242.
- ZAR, J.H., 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, New Jersey, 620p.

ANNEXE I

Données statistiques des facteurs abiotiques

Station	Température (°C)			Alcalinité (mg/L)			pH		
	n	\bar{x}	S_x	n	\bar{x}	S_x	n	\bar{x}	S_x
A1	3	22,7	0,7	2	75,5	5,8	3	7,6	0,3
A2	3	23,7	1,3	2	169,3	28,8	3	7,7	0,2
A3	3	20,8	1,5	2	77,0	16,5	3	7,0	0,4
B1	3	22,5	0,7	2	68,3	11,5	3	7,2	0,7
B2	3	23,2	1,4	2	71,4	7,2	3	7,1	1,1
B3	3	22,4	1,6	2	77,0	2,1	3	7,4	1,0
B4	3	21,0	1,7	2	74,5	0,0	3	7,4	1,0
B5	3	21,0	2,1	2	83,1	3,6	3	7,6	0,5
C1	2	21,1	1,2	2	70,3	2,9	3	6,6	0,2
C2	2	21,0	0,0	2	66,8	0,7	3	7,6	0,6
C3	2	20,0	1,3	2	77,0	3,6	3	7,2	0,3
D1	2	20,1	1,0	2	76,0	2,1	3	7,2	1,0
D2	2	19,5	0,7	2	73,9	18,0	3	7,3	0,5
D3	2	19,6	0,5	2	84,6	5,7	3	7,2	0,5
E1	3	20,0	1,8	3	58,5	10,3	3	7,5	0,6
E2	3	19,5	2,0	3	88,1	2,4	3	6,9	0,2
E3	3	19,5	2,0	3	83,0	4,2	3	7,2	0,5
F1	3	19,9	1,9	3	60,2	6,7	3	7,4	0,8
F2	3	19,9	2,1	3	63,3	7,1	3	6,7	0,1
F3	3	20,0	1,6	2	58,1	2,9	2	6,9	0,3
F4	3	20,7	1,5	3	87,1	3,3	3	7,5	0,2
F5	3	21,2	2,3	3	48,3	11,6	3	7,0	0,4
G1	3	18,5	2,5	3	27,5	9,8	3	6,2	0,4
G2	3	19,9	2,0	3	87,4	11,9	3	7,9	0,2
G3	3	19,4	0,9	3	79,2	15,5	3	7,5	0,3

Analyse de variance	F rapport-F probabilité	F rapport-F probabilité	F rapport -F probabilité
3,37	0,00	13,98	0,00

ANNEXE I

(suite)

Station	Conductivité ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)			Turbidité (mg/L SiO_3)			Calcium (mg/L)		
	n	\bar{x}	S_x	n	\bar{x}	S_x	n	\bar{x}	S_x
A1	3	227	27	3	22,3	2,5	3	39,6	3,9
A2	3	393	8	3	19,3	6,4	3	82,0	8,9
A3	3	277	15	3	20,3	6,1	3	35,9	7,5
B1	3	212	33	3	19,0	4,0	3	30,2	4,8
B2	3	255	5	3	18,0	2,6	3	36,3	2,7
B3	3	255	5	3	16,0	6,9	2	35,4	3,3
B4	3	252	7	3	19,0	1,7	3	36,6	1,7
B5	3	278	13	3	19,3	4,5	3	40,4	2,9
C1	3	218	30	3	24,3	4,9	3	31,8	3,9
C2	3	210	21	3	21,7	3,0	3	32,3	4,2
C3	3	248	12	3	22,3	6,4	3	36,7	1,6
D1	3	250	11	2	26,0	5,6	3	36,8	1,5
D2	3	277	7	3	23,0	4,3	3	41,8	1,7
D3	3	280	5	3	20,0	3,0	3	41,5	2,7
E1	3	184	31	3	31,3	2,1	3	25,3	5,4
E2	3	288	3	3	23,0	1,0	3	41,5	1,7
E3	3	284	8	3	23,3	2,9	3	41,4	0,5
F1	3	183	9	2	22,0	2,8	3	25,1	1,0
F2	3	189	10	3	18,3	1,5	2	24,9	0,1
F3	2	191	4	2	19,0	1,4	2	26,5	0,7
F4	2	282	3	3	22,0	3,0	3	36,6	0,7
F5	3	130	9	3	23,7	4,2	3	18,0	1,4
G1	3	89	79	3	30,0	1,0	3	8,3	6,7
G2	3	219	18	3	23,0	6,2	3	36,4	1,1
G3	3	251	13	3	17,0	3,5	3	31,6	3,8

Analyse de F rapport- F probabilité F rapport- F probabilité F rapport- F probabilité variance

22,43	0,00	2,05	0,01	31,55	0,00
-------	------	------	------	-------	------

ANNEXE I

(suite)

Station	Magnésium (mg/L)			Sodium (mg/L)			Potassium (mg/L)		
	n	\bar{x}	$S\bar{x}$	n	\bar{x}	$S\bar{x}$	n	\bar{x}	$S\bar{x}$
A1	3	16,4	0,7	3	12,4	0,0	3	1,47	0,56
A2	3	21,5	1,1	3	9,4	2,0	3	1,38	0,32
A3	3	15,5	0,8	3	11,8	0,4	3	1,40	0,11
B1	3	12,2	1,8	3	10,2	1,8	3	1,22	0,18
B2	3	14,9	0,4	3	11,2	0,3	3	1,35	0,14
B3	3	15,0	0,6	3	10,1	2,2	3	1,57	0,31
B4	3	14,9	0,7	3	11,4	1,2	3	1,34	0,21
B5	3	15,7	0,3	3	12,2	0,7	3	1,50	0,19
C1	3	12,3	1,3	3	9,9	1,2	3	1,57	0,06
C2	3	12,3	1,2	3	10,0	0,7	3	1,40	0,00
C3	3	14,4	0,2	3	11,2	0,3	2	1,54	0,12
D1	3	14,4	0,4	3	12,3	0,4	3	1,61	0,07
D2	3	15,6	0,4	3	12,5	0,7	3	1,58	0,10
D3	3	16,0	0,4	3	12,2	0,4	3	1,58	0,02
E1	3	11,0	1,5	3	8,4	1,6	3	1,38	0,21
E2	3	16,0	0,4	3	12,2	0,3	3	1,59	0,12
E3	3	15,5	0,6	3	12,4	0,6	3	1,75	0,15
F1	3	10,4	0,4	3	8,1	0,7	3	1,29	0,10
F2	3	10,8	0,4	3	8,6	0,7	3	1,39	0,01
F3	2	10,8	0,0	2	9,2	1,1	2	1,31	0,08
F4	3	16,6	1,8	3	14,8	1,6	3	2,57	0,42
F5	3	7,7	0,9	3	5,9	1,3	3	1,30	0,08
G1	3	5,7	3,6	3	8,5	9,1	3	1,24	0,81
G2	3	14,5	0,5	3	11,3	1,0	3	1,63	0,06
G3	3	12,8	1,0	3	10,2	0,7	3	1,78	0,14

Analyse de variance	F rapport-F probabilité	F rapport-F probabilité	F rapport-F probabilité			
	25,38	0,00	2,80	0,00	2,85	0,00

ANNEXE I

(suite)

Station	Oxygène dissous (ppm - % saturation)	Vitesse du courant (cm/s)
A1	14,8 - 167,4	0,03
A2	14,7 - 166,3	0,04
A3	9,8 - 110,9	0,02
B1	14,2 - 160,6	0,07
B2	13,2 - 149,3	0
B3	14,4 - 162,9	0
B4	14,1 - 159,5	0
B5	12,4 - 140,3	0,24
C1	5,7 - 64,5	0,27
C2	12,9 - 145,9	
C3	9,3 - 105,2	0,35
D1	9,1 - 102,9	
D2	11,5 - 130,1	0,07
D3	10,0 - 113,1	0,01
E1	7,2 - 81,4	0,20
E2	8,0 - 90,5	0
E3	8,1 - 91,6	0,04
F1	8,1 - 91,6	0,09
F2	10,0 - 113,1	0,04
F3	8,2 - 92,8	0,15
F4	7,6 - 86,0	0,09
F5	11,4 - 128,9	0,26
G1	7,3 - 82,6	0,15
G2	9,9 - 112,0	0,19
G3	8,8 - 99,5	0,04

N.B. Un seul échantillonnage au mois de juin

ANNEXE I

(suite)

Station	Granulométrie du sédiment (% vase)	Matière organique dans substrat (%)
A1	31,5	1,15
A2	39,0	1,40
A3	12,8	0,55
B1		
B2		
B3	2,9	0,43
B4	4,6	1,38
B5	33,7	1,58
C1	52,6	1,68
C2	62,4	1,39
C3	56,2	3,78
D1	5,9	1,02
D2	22,0	0,75
D3	6,7	0,68
E1	94,8	2,82
E2	95,6	3,51
E3	8,8	1,03
F1	7,2	1,17
F2	7,9	0,60
F3		
F4	13,6	1,31
F5	13,6	2,72
G1	27,4	2,60
G2	30,5	1,60
G3	53,5	1,93

N.B. Un seul échantillonnage au mois de juillet 1981

ANNEXE II

Résultats du test de comparaison multiple de Duncan effectué sur les facteurs abiotiques ($\alpha = 0,05$)

Station	Température (°C)	Station	Alcalinité (mg/L)	Station	pH
G1	18,5	G1	27,5	G1	6,2
G3	19,4	F5	48,3	C1	6,6
E3	19,5	F3	58,1	F2	6,7
E2	19,5	E1	58,5	E2	6,9
D2	19,5	F1	60,2	F3	6,9
D3	19,6	F2	63,3	F5	7,0
F1	19,9	C2	66,8	A3	7,0
G2	19,9	B1	68,3	B2	7,1
F2	19,9	C1	70,3	C3	7,2
F3	20,0	B2	71,4	D1	7,2
E1	20,0	D2	73,9	E3	7,2
C3	20,0	B4	74,5	D3	7,2
D1	20,1	A1	75,5	B1	7,2
F4	20,7	D1	76,0	D2	7,3
A3	20,8	A3	77,0	F1	7,4
C2	21,0	B3	77,0	B4	7,4
B4	21,0	C3	77,0	B3	7,4
C1	21,1	G3	79,2	E1	7,5
F5	21,2	E3	83,0	G3	7,5
B5	21,3	B5	83,1	F4	7,5
B3	22,4	D3	84,6	C2	7,6
B1	22,5	F4	87,1	B5	7,6
A1	22,7	G2	87,4	A1	7,6
B2	23,7	E2	88,1	A2	7,7
A2	23,7	A2	169,3	G2	7,9

ANNEXE II

(suite)

Station	Conductivité ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	Station	Turbidité (mg/L SiO_3)	Station	Calcium (mg/L)
G1	88,7	B3	16,0	G1	8,3
F5	130,0	G3	17,0	F5	18,0
F1	182,7	B2	18,0	F2	24,9
E1	184,0	F2	18,3	F1	25,1
F2	189,0	F3	19,0	E1	25,3
F3	191,0	B4	19,0	F3	26,5
C2	210,0	B1	19,0	B1	30,2
B1	212,0	A2	19,3	G3	31,6
C1	218,3	B5	19,3	C1	31,8
G3	219,0	D3	20,0	C2	32,3
C3	248,3	A3	20,3	B3	35,4
D1	250,7	C2	21,7	A3	35,9
G2	251,3	F1	22,0	B2	36,3
B4	252,3	F4	22,0	G2	36,4
B3	255,3	C3	22,3	B4	36,5
B2	255,7	A1	22,3	F4	36,6
A3	277,0	G2	23,0	C3	36,7
D2	277,3	E2	23,0	D1	36,8
A1	277,3	D2	23,0	A1	39,6
B5	278,3	E3	23,3	B5	40,4
D3	280,0	F5	23,7	E3	41,4
F4	282,5	C1	24,3	E2	41,5
E3	284,3	D1	26,0	D3	41,5
E2	288,3	G1	30,0	D2	41,9
A2	393,3	E1	31,3	A2	82,0

ANNEXE II

(suite)

Station	Magnésium (mg / L)	Station	Sodium (mg/ L)	Station	Potassium (mg/ L)
G1	5,7	F5	5,9	B1	1,22
F5	7,7	F1	8,1	G1	1,24
F1	10,4	E1	8,4	F1	1,29
F2	10,8	G1	8,5	F5	1,30
F3	10,8	F2	8,6	F3	1,31
E1	11,3	F3	9,2	B4	1,34
B1	12,2	A2	9,4	B2	1,35
C1	12,3	C1	9,9	E1	1,38
C2	12,4	C2	10,0	A2	1,38
G3	12,8	B3	10,1	F2	1,39
D1	14,4	G3	10,2	C2	1,40
C3	14,4	B1	10,2	A3	1,40
G2	14,5	C3	11,2	A1	1,47
B4	14,5	B2	11,2	B5	1,50
B2	14,9	G2	11,3	C3	1,54
B3	15,1	B4	11,4	C1	1,57
E3	15,5	A3	11,8	B3	1,57
A3	15,5	E2	12,2	D2	1,58
D2	15,6	D3	12,2	D3	1,58
B5	15,7	B5	12,2	E2	1,59
E2	16,0	D1	12,3	D1	1,61
D3	16,0	E3	12,4	G2	1,63
A1	16,4	A1	12,4	E3	1,75
F4	16,6	D2	12,5	G3	1,78
A2	21,5	F4	14,8	F5	2,57

ANNEXE III

Données statistiques des paramètres biologiques de B. tentaculata

Station	Croissance-LT0(mm)			Croissance-LS1(mm)		
	n	\bar{x}	S \bar{x}	n	\bar{x}	S \bar{x}
A1	54	3,05	0,32	57	1,71	0,42
A2	21	2,99	0,39	24	1,72	0,53
A3	7	3,58	0,19	58	1,75	0,41
B1				53	2,64	0,83
B2				45	2,13	0,67
B3	5	3,26	0,43	44	2,41	0,73
B4	34	2,99	0,27	40	1,92	0,50
B5	24	2,50	0,39	61	1,88	0,47
C1				68	2,05	0,50
C2	4	3,50	0,33	51	1,89	0,56
C3	19	3,53	0,44	60	1,71	0,37
D1				70	2,54	0,60
D2	7	3,27	0,33	65	1,78	0,37
D3				50	2,30	0,70
E1				20	2,26	0,78
E2				35	1,41	0,45
E3	7	3,04	0,84	64	1,56	0,31
F1				68	2,13	0,57
F2				68	2,11	0,62
F3				20	1,75	0,41
F4				23	1,98	0,81
F5	134	2,18	0,56	70	2,55	0,79
G1				49	1,81	0,74
G2				61	2,33	0,72
G3				58	1,63	0,34
Analyse de variance	F rapport-F probabilité			F rapport- F probabilité		
	15,22	0,00		34,34	0,00	

ANNEXE III

(suite)

Station	Croissance-LT ₁ (mm)			Morphologie (LT/LA)		
	n	\bar{x}	S \bar{x}	n	\bar{x}	S \bar{x}
A1	57	8,17	0,96	57	1,79	0,09
A2	24	7,49	1,13	24	1,73	0,09
A3	58	8,57	0,79	58	1,80	0,09
B1	53	8,60	0,77	53	1,78	0,08
B2	45	8,54	0,56	45	1,78	0,06
B3	44	8,24	0,88	44	1,77	0,09
B4	40	7,35	1,26	40	1,77	0,07
B5	61	7,82	0,71	61	1,73	0,06
C1	68	8,88	0,84	68	1,80	0,07
C2	51	8,50	0,82	51	1,79	0,08
C3	60	8,61	0,62	60	1,79	0,06
D1	70	8,80	0,65	70	1,84	0,07
D2	65	7,75	0,91	65	1,77	0,07
D3	50	8,84	0,68	50	1,80	0,09
E1	20	8,88	0,63	20	1,79	0,07
E2	35	7,71	1,17	35	1,74	0,06
E3	64	8,89	0,84	64	1,81	0,06
F1	68	8,86	1,08	68	1,76	0,07
F2	68	8,34	0,72	68	1,75	0,06
F3	20	8,95	1,03	20	1,76	0,09
F4	23	8,97	1,04	23	1,79	0,05
F5	70	9,88	0,79	70	1,82	0,08
G1	49	9,73	0,81	49	1,73	0,08
G2	61	8,61	0,82	58	1,72	0,11
G3	58	7,74	0,83	61	1,77	0,07
Analyse de variance		F rapport-F probabilité		F rapport-F probabilité		
		26,52	0,00	9,32	0,00	

ANNEXE III

(suite)

Station	Densité de la population (ind./m ²)
A1	460
A2	150
A3	410
B1	
B2	
B3	130
B4	280
B5	1 700
C1	4 010
C2	1 080
C3	740
D1	2 240
D2	310
D3	610
E1	120
E2	310
E3	250
F1	770
F2	500
F3	
F4	80
F5	4 565
G1	130
G2	6 110
G3	14 530

N.B. Un seul échantillonnage au mois de juillet - moyenne de trois coups de benne de Petersen

ANNEXE IV

Résultats du test de comparaison multiple de Duncan effectué sur les paramètres biologiques ($\alpha = 0,05$)

Station	LTO (mm)	Station	LS1 (mm)
F5	2,18	E2	1,41
B5	2,50	E3	1,46
B4	2,99	G3	1,63
A2	2,99	A1	1,71
E3	3,04	C3	1,71
A1	3,05	A2	1,72
B3	3,26	F3	1,75
D2	3,27	A3	1,75
C2	3,50	D2	1,78
C3	3,53	G1	1,81
A3	3,58	B5	1,88
		C2	1,88
		B4	1,92
		F4	1,98
		C1	2,05
		F2	2,11
		F1	2,13
		B2	2,13
		E1	2,26
		D3	2,30
		B3	2,31
		G2	2,33
		D1	2,54
		F5	2,55
		B1	2,64

ANNEXE IV

(suite)

Station	LT1 (mm)	Station	LT/ LA
B4	7,35	G3	1,72
A2	7,49	B5	1,73
E2	7,71	G1	1,73
G3	7,74	A2	1,73
D2	7,75	E2	1,74
B5	7,82	F2	1,75
A1	8,14	F1	1,76
B3	8,24	F3	1,76
F2	8,34	B3	1,77
C2	8,50	B4	1,77
B2	8,54	D2	1,77
A3	8,57	G2	1,77
B1	8,60	B1	1,78
C3	8,61	B2	1,78
G2	8,61	F4	1,79
D1	8,80	E1	1,79
D3	8,84	C2	1,79
F1	8,86	C3	1,79
C1	8,87	A1	1,79
E1	8,88	D3	1,80
E3	8,89	A3	1,80
F3	8,95	C1	1,80
F4	8,97	E3	1,81
G1	9,73	F5	1,82
F5	9,88	D1	1,84