50376
1979
160

UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE LILLE

N° 805 INSTITUT DE BIOLOGIE MARITIME ET REGIONALE DE WIMEREUX

50376
1979
160

THESE DE TROISIEME CYCLE

(biologie de la reproduction et du développement)

Jean-Marie DEWARUMEZ

ETUDE BIOLOGIQUE D'ABRA ALBA, WOOD

(mollusque lamellibranche)

DU LITTORAL DE LA MER DU NORD

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITAIRE
Section de SCIENCES
LILLE

présentée le 7 décembre 1979 devant la commission d'examen

M M	M. DURCHON	Président
	A. RICHARD	Rapporteur
	B. BOILLY	Examinateurs
	P. LUBET	Examinateurs

AVANT - PROPOS

Il m'est agréable de remercier respectueusement Monsieur le Professeur DURCHON, Directeur de l'Institut de Biologie Maritime et Régionale de Wimereux, de m'avoir accueilli dans son laboratoire et d'avoir accepté la Présidence de ce Jury.

Monsieur le Professeur BOILLY a accepté de juger le travail présenté dans ce mémoire. Je suis heureux de lui exprimer ici ma profonde gratitude.

Monsieur le Professeur LUBET, a bien voulu malgré ses nombreuses occupations, apporter dans ce Jury ses compétences dans le domaine de la Biologie des Mollusques Lamellibranches, qu'il veuille accepter l'expression de ma profonde et respectueuse reconnaissance.

Monsieur le Professeur RICHARD m'a formé dans le domaine de l'Ecologie Benthique. Depuis plus de six ans, il a su créer, malgré ses nombreuses activités, au sein de l'équipe travaillant sous sa direction scientifique, les conditions nécessaires à un travail efficace dans une excellente ambiance. Il s'est toujours montré disponible pour me conseiller et me permettre de mener à bien ce travail. Je suis heureux de lui faire part de mon amicale et respectueuse considération.

Je tiens à exprimer ma gratitude aux membres des équipes au sein desquelles j'ai travaillé pendant ces six années.

Je ne saurais oublier les membres du personnel technique de l'Institut de Biologie Maritime et Régionale de Wimereux qui tous m'ont aidé, chacun dans le domaine de ses compétences.

Je tiens à remercier chaleureusement Mesdames F. BONET et M. PANNIER qui ont mené à bien la dactylographie de ce mémoire.

Qu'il me soit permis, enfin, de remercier tout particulièrement mon épouse pour l'aide efficace et spontanée qu'elle m'a apportée lors de travaux parfois bien ingrats.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Pages

CHAPITRE I : ETUDE DES UNITES BIONOMIQUES

1. DESCRIPTION DU SITE 5
   1.1. Situation géographique 5
   1.2. Climatologie 5
   1.3. Hydrographie 5
      1.3.1. Marées 5
      1.3.2. Courants 7
         1.3.2.1. Courant général 7
         1.3.2.2. Courant de marée 7
   1.4. Topographie sous-marine 7
2. MATERIEL ET METHODES 9
   2.1. Travail à la mer 9
      2.1.1. Repérage des stations 9
      2.1.2. Prélèvements qualitatifs 9
      2.1.3. Prélèvements quantitatifs 10
   2.2. Travail au laboratoire 13
      2.2.1. Analyses granulométriques 13
         2.2.1.1. Opérations sur le sédiment 13
         2.2.1.1. Principes de l'analyse granulométrique . 15
      2.2.2. Etude de la macrofaune 16
         2.2.2.1. Etude systématique 16
         2.2.2.2. Méthodes de détermination des peuplements 16
         2.2.2.3. Etude des distributions d'abondance ... 17
         2.2.2.4. Distribution spatiale des espèces 18
3. DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS BENTHIQUES 19
   3.1. Peuplement de l'"Hétérogène envasé" 19
      3.1.1. Description du sédiment 19
      3.1.2. Analyse faunistique 19
      3.1.3. Aspects quantitatifs 22
      3.1.4. Organisation spatiale du peuplement 23
   3.2. Peuplement à *Ophelia borealis* 25
      3.2.1. Description du sédiment 25

3.2.2. Analyse faunistique 25
3.2.3. Aspects quantitatifs 25
3.3. Peuplement à *Abra alba* 29
3.3.1. Description du sédiment 29
3.3.1.1. Sédiment envasé 29
3.3.1.2. Sédiment propre 29
3.3.2. Analyse faunistique 29
3.3.3. Etude quantitative 30
3.3.3.1. Faciès envasé à *Nephtys hombergii* 30
3.3.3.2. Faciès propre à *Nephtys cirrosa* 31
3.3.4. Historique des descriptions du peuplement à *Abra alba* 35
3.3.5. Distribution géographique du peuplement à *Abra alba* dans les mers européennes 36
4. EVOLUTION DES PEUPLEMENTS 37
4.1. Etat de référence : Etude 1973 37
4.1.1. Résultats 37
4.1.2. Interprétation 43
4.2. Etude 1976 43
4.3. Evolution des communautés benthiques depuis 1973 43
4.3.1. Résultats 43
4.3.2. Conséquences bionomiques 47
4.3.3. Discussion 48
5. ETUDE PARTICULIERE DES VARIATIONS DE DENSITE ET DE LA DISTRIBUTION SPATIALE D'*ABRA ALBA* ET DE *TELLINA FABULA* A LA STATION B (PEUPLEMENT A *ABRA ALBA*, FACIES A *NEPHTYS HOMBERGII* 48
6. CONCLUSIONS 51

CHAPITRE II : BIOLOGIE SEXUELLE 53

1. DESCRIPTION DE L'APPAREIL REPRODUCTEUR 56
1.1. Anatomie sommaire de la gonade 56
1.2. Caractérisation du sexe 57
1.3. Cytologie de la gamétogenèse 58
1.3.1. Techniques 58
1.3.1.1. Fixations 58

1.3.1.2. Inclusions 58
1.3.1.3. Colorations 59
1.3.2. Spermatogenèse 59
1.3.2.1. Les gonies 59
1.3.2.2. Les spermatocytes 61
1.3.2.3. La spermiogenèse 61
1.3.3. Ovogenèse 63
1.3.3.1. Les gonies 63
1.3.3.2. Les ovocytes prévitellogeniques 63
1.3.3.3. Les ovocytes en cours de vitellogenèse 64
2. STADES DE MATURITE DE LA GONADE 66
2.1. Echelle de maturité de la glande génitale 67
2.2. Stades histologiques de la gametogenèse 71
2.2.1. Stades histologiques des mâles 71
2.2.2. Stades histologiques des femelles 72
2.2.3. Conclusions 72
3. LE CYCLE DE REPRODUCTION D'*ABRA ALBA* 73
4. ESSAIS DE REPRODUCTION *IN VITRO* 75
5. CASTRATION PARASITAIRE 75
6. DISCUSSION - CONCLUSION 75

CHAPITRE III : ELEVAGE D'*ABRA ALBA*

1. METHODOLOGIES - TECHNIQUES 81
1.1. Récolte des animaux 81
1.2. Mise en élevage 81
1.2.1. Acclimatation 81
1.2.2. Dispositifs expérimentaux 81
1.2.2.1. Sédiment 81
1.2.2.2. Installations d'élevage 82
2. ETUDE DE QUELQUES ASPECTS DU COMPORTEMENT D'*ABRA ALBA* EN ELEVAGE 85
2.1. Enfouissement 85
2.2. Reptation 86
2.3. Comportement alimentaire 86

3. ETUDE EXPERIMENTALE DE L'ALIMENTATION 88
3.1. Apports nutritifs dus à la turbidité de l'eau de mer . 88
3.2. Apports de différents types de nourriture 89
4. CONCLUSION 90

CHAPITRE IV : ETUDE DE LA CROISSANCE D'*ABRA ALBA*
1. METHODOLOGIE 93
1.1. Prélèvements 93
1.2. Mesures effectuées 94
2. Croissances relatives-allométries 95
2.1. Mesures 95
2.2. Principe des calculs 95
2.3. Calculs des paramètres des droites d'ajustement 96
2.4. Résultats 97
2.4.1. Relation d'allométrie hauteur-longueur 97
2.4.2. Relation d'allométrie taille-poids 101
3. CROISSANCE ABSOLUE - LONGEVITE 103
3.1. Méthodes 103
3.1.1. Mesures 103
3.1.2. Traitement des données 103
3.1.3. Choix d'un modèle mathématique de croissance 104
3.2. Résultats 105
3.3. Discussion 113
3.3.1. Stries de croissance 113
3.3.2. Longévité 117
3.3.3. Variation de composition de la population d'*Abra alba* 117
4. ETUDE EXPERIMENTALE DE LA CROISSANCE 117
4.1. Résultats 119
4.1.1. Elevage non thermostaté 119
4.1.1.1. Température de l'eau 119
4.1.1.2. Croissance 119
4.1.2. Elevage à température constante 121
4.2. Croissance relative 124
4.2.1. Allométrie hauteur-longueur 124
4.2.2. Allométrie taille-poids de la coquille 125
4.3. Discussion 125

5. CONCLUSION 127

RESUME ET CONCLUSION GENERALE 129

BIBLIOGRAPHIE 132

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

Pages

Fig. 1 - Emplacement de la zone d'étude 4
Fig. 2 - Précipitations à Gravelines par décades 6
Fig. 3 - Températures mini maxi moyennes par décades 6
Fig. 4 - Rose des courants dans la passe de Dunkerque ... 8
Fig. 5 - Drague "RALLIER DUBATY" modifiée 10
Fig. 6 - Benne "SMITH-McINTYRE" 11
Fig. 7 - Evolution du nombre d'espèces (A) du nombre d'individus (B) et de la biomasse (C et D) en fonction du nombre de coups de benne (mai 1979)
A et B 12
C et D 14
Fig. 8 - Emplacement des stations de prélèvements quantitatifs 20
Fig. 9 - Proportion des différentes classes granulométriques aux quatre stations subtidales 21
Fig. 10 - Distribution d'abondances des espèces à la station A 24
Fig. 11 - Distribution d'abondances des espèces à la station D 26
Fig. 12 - Evolution des différentes classes granulométriques du sédiment à la station B 28
Fig. 13 - Distribution d'abondances des espèces à la station B 32
Fig. 14 - Distribution d'abondances des espèces à la station C 34
Fig. 15 - Etude 1973 - Localisation des stations de prélèvements 38
Fig. 16 - Etude 1973 - Plan II/III de l'analyse factorielle 40
Fig. 17 - Etude 1973 - Carte de répartition des peuplements benthiques 41
Fig. 18 - Etude 1976 - Position des stations de prélèvements 42

Fig. 19 - Etude 1976 - Plan II/III de l'analyse factorielle 44
Fig. 20 - Etude 1976 - Carte de répartition des peuplements benthiques 45
Fig. 21 - Comparaison 73/76 - Plan II/III de l'analyse factorielle 46
Fig. 22 - Evolution des densités d'*Abra alba* et *Tellina fabula* entre octobre 1976 et juillet 1979 50
Fig. 23 - *Abra alba* : vue de l'animal, la valve gauche et le manteau enlevés 55
Fig. 24 - *Abra alba* : vue de l'intérieur de la coquille . 55
Fig. 25 - Comparaison des proportions des individus des deux sexes en fonction des classes de taille .. 56
Fig. 26 - *Abra alba* ♀ R2 57
Fig. 27 - *Abra alba* ♂ S3 59
Fig. 28 - *Abra alba* spermatogenèse 60
Fig. 29 - *Abra alba* ♂ S3 61
Fig. 30 - *Abra alba* ovogenèse 62
Fig. 31 - *Abra alba* ♀ 02 63
Fig. 32 - *Abra alba* ♀ 02 64
Fig. 33 - *Abra alba* ♀ 02 65
Fig. 34 - *Abra alba* ♀ 04 65
Fig. 35 - *Abra alba* ♀ 04 66
Fig. 36 - *Abra alba* ♀ 01 68
Fig. 37 - *Abra alba* ♂ : début du stade B 69
Fig. 38 - *Abra alba* ♂ S1 69
Fig. 39 - *Abra alba* ♂ S2 69
Fig. 40 - *Abra alba* ♂ S2 70
Fig. 41 - *Abra alba* ♂ S5 70
Fig. 42 - Cycle sexuel d'*Abra alba* 74
Fig. 43 - *Abra alba* - Vue générale de la fécondation 76
Fig. 44 - *Abra alba* - Image de fécondation 76
Fig. 45 - *Abra alba* - Image de fécondation 76
Fig. 46 - *Abra alba* - Développement de l'oeuf 77
Fig. 47 - *Abra alba* - Développement de l'oeuf 77
Fig. 48 - *Abra alba* - Développement de l'oeuf 77
Fig. 49 *Abra alba* - Larve trochophore 77
Fig. 50 - *Abra alba* - Castration parasitaire 78
Fig. 51 - *Abra alba* - Castration parasitaire 78

Fig. 52 - *Abra alba* - Castration parasitaire 78
Fig. 53 - Evolution comparée des stades de maturité et de la température (station C.N.E.X.O. M - 5 m) ... 79
Fig. 54 - Dispositifs d'élevage 84
Fig. 55 - Aquarium et claie d'élevage 85
Fig. 56 - Position d'*Abra alba* dans le sédiment 86
Fig. 57 - *Abra alba* - Section de fèces 87
Fig. 58 - Distribution des fréquences de taille des particules ingérées par *Abra alba* 88
Fig. 59 - Situation des zones de prélèvements d'*Abra alba* 92
Fig. 60 - Mesures de la taille effectuées chez *Abra alba* . 94
Fig. 61 - Relation d'allométrie hauteur-longueur 98
Fig. 62 - Distribution des fréquences de tailles de la longueur et de la hauteur des 222 animaux mesurés 99
Fig. 63 - Relation taille-poids 102
Fig. 64 - *Abra alba* - Histogrammes des fréquences 106
" 107
" 108
Fig. 65 - Evolution de la population d'*Abra alba* entre février 1975 et juillet 1979 110
Fig. 66 - Etude de la croissance d'*Abra alba* 111
Fig. 67 - Vitesse de croissance linéaire d'*Abra alba* 112
Fig. 68 - Courbe de croissance pondérale d'*Abra alba* 112
Fig. 69 - Strie annuelle de croissance 114
Fig. 70 - Stries de croissance d'*Abra alba* 116
Fig. 71 - Variations de la température de l'eau dans les bacs à circuit ouvert non thermostatés comparée à la station M (station C.N.E.X.O.) 118
Fig. 72 - Evolution de la longueur moyenne des lots d'*Abra alba* élevés en circuit ouvert non thermostaté .. 123
Fig. 73 - Evolution de la longueur moyenne des lots d'*Abra alba* élevés en circuit ouvert thermostaté à 20° C 123
Fig. 74 - Variation de l'accroissement de la coquille d'*Abra alba* dans les conditions expérimentales 126

LISTE DES TABLEAUX

Pages

Tableau 1 : 1979 - Pourcentages des différentes catégories granulométriques des différents types de sédiment ..... A I

Tableau 2 : 1979 - Paramètres granulométriques des quatre types de sédiment ..... A I

Tableau 3 : Etude statistique de la distribution spatiale de quelques espèces du benthos subtidal ..... A II

Tableau 4 : Pourcentage des différentes catégories du sédiment à la station B ..... A III

Tableau 5 : Paramètres granulométriques du sédiment à la station B ..... A III

Tableau 6 : Etude 1973 - Valeur des saturations selon les trois premiers axes d'inertie de l'analyse factorielle ..... A IV

Tableau 7 : Etude 1973 - Liste des espèces classées dans chacun des peuplements ..... A V

Tableau 8 : Etude 1973/1976 - Valeur des saturations selon les trois premiers axes d'inertie de l'analyse factorielle ..... A VI

Tableau 9 : Etude de la distribution spatiale de *Tellina fabula* ..... A VII

Tableau 10 : Etude de la distribution spatiale d'*Abra alba* ..... A VII

Tableau 11 : Etude 1973 - Abondance des espèces rencontrées à chaque station ..... A VIII

" A IX

" A X

" A XI

Tableau 12 : Avril 1978 - Etude quantitative du macrobenthos (nombre d'individus) ..... A XII

" A XIII

Tableau 13 : Avril 1978 - Etude quantitative du macrobenthos (biomasse en g) ..... A XIV

" A XV

Tableau 14 : Station A - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (nombre d'individus) .. A XVI
Tableau 15 : Station A - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (biomasse en g) ..... A XVII
Tableau 16 : Station B - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (nombre d'individus) .. A XVIII
Tableau 17 : Station B - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (biomasse en g) ..... A XIX
Tableau 18 : Station C - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (nombre d'individus) .. A XX
Tableau 19 : Station C - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (biomasse) ..... A XXI
Tableau 20 : Station D - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (nombre d'individus) .. A XXII
Tableau 21 : Station D - mai 1979 - Etude quantitative du macrobenthos (biomasse) ..... A XXIII
Tableau 22 : Caractéristiques granulométriques des sédiments utilisés 82
Tableau 23 : Evolution du nombre d'individus survivants au cours de la première expérience d'alimentation 87
Tableau 24 : Calendrier des campagnes 93
Tableau 25 : Description des quatre lots d'*Abra alba* mis en élevage non thermostaté 119
Tableau 26 : Valeurs des taux de croissance d'*abra alba* mis en élevage non thermostaté 120
Tableau 27 : Evolution de la taille moyenne du lot N1 .. 120
Tableau 28 : Evolution de la taille moyenne du lot N2 .. 120
Tableau 29 : Evolution de la taille moyenne du lot N3 .. 121
Tableau 30 : Evolution de la taille moyenne du lot N4 .. 121
Tableau 31 : Description des deux lots d'*Abra alba* maintenues en élevage thermostaté à 20° C 122
Tableau 32 : Valeur des taux de croissance des deux lots d'*Abra alba* mis en élevage à 20° C ... 122
Tableau 33 : Evolution de la taille moyenne du lot Θ 1 .. 122
Tableau 34 : Evolution de la taille moyenne du lot Θ 2 .. 124

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

Le littoral français de la Mer du Nord entre Calais et Dunkerque est en voie d'industrialisation, avec notamment à Gravelines la construction d'une centrale nucléaire*.

Le rejet des effluents menace directement les communautés benthiques littorales. Parmi les unités bionomiques le peuplement des sables fins à moyens plus ou moins envasés à *Abra alba* justifie une étude approfondie. La proximité de la côte et donc la faible profondeur des fonds sur lesquels elle est établie, la nature du substrat qui la constitue (sédiment envasé, site de fixation privilégié pour tous les polluants) et sa forte productivité rendent son étude particulièrement intéressante.

Une espèce du cortège spécifique de ce peuplement revêt un très grand intérêt par son abondance, sa productivité et son éthologie : *Abra alba*. Le régime alimentaire de ce mollusque lamellibranche ("deposit-feeder") le rend très sensible aux pollutions. *Abra alba* constitue également une partie de l'alimentation des poissons plats (notamment celle du flet).

Ces différents intérêts justifient donc qu'une étude biologique soit consacrée à *Abra alba*.

Dans la première partie de ce travail nous décrirons les différentes unités bionomiques de la zone d'étude. Nous envisagerons leurs aspects qualitatifs et quantitatifs. Nous mettrons ensuite en évidence les changements qu'ont provoqué des travaux de Génie Civil importants.

---

* Ce travail a été effectué dans le cadre des études précédant la mise en service des centrales nucléaires sur le littoral. Il a été réalisé grâce à des contrats passés entre Electricité de France et l'Université de Lille I (GECTN 73 : F41/ D52-8417) et entre le Centre National pour l'Exploitation des Océans et l'Université de Lille I (Contrats 74/1124 76/5238, 76/1526, 76/1526/B, 78/1970/B).

Dans une deuxième partie nous nous attacherons plus précisément à l'étude de quelques aspects de la biologie d'*Abra alba*

Après une description rapide de la gamétogenèse nous étudierons le cycle sexuel en soulignant les facteurs externes qui seraient susceptibles de le modifier.

Dans le troisième chapitre nous décrirons les méthodes employées pour l'élevage d'*Abra alba* et nous étudierons les aspects du comportement que nous avons pu observer.

En dernier lieu nous aborderons l'étude de la croissance d'*Abra alba*. Les croissances relatives (allométries), la croissance absolue en milieu naturel et en élevage seront envisagées successivement.

CHAPITRE I

ETUDES DES UNITES BIONOMIQUES

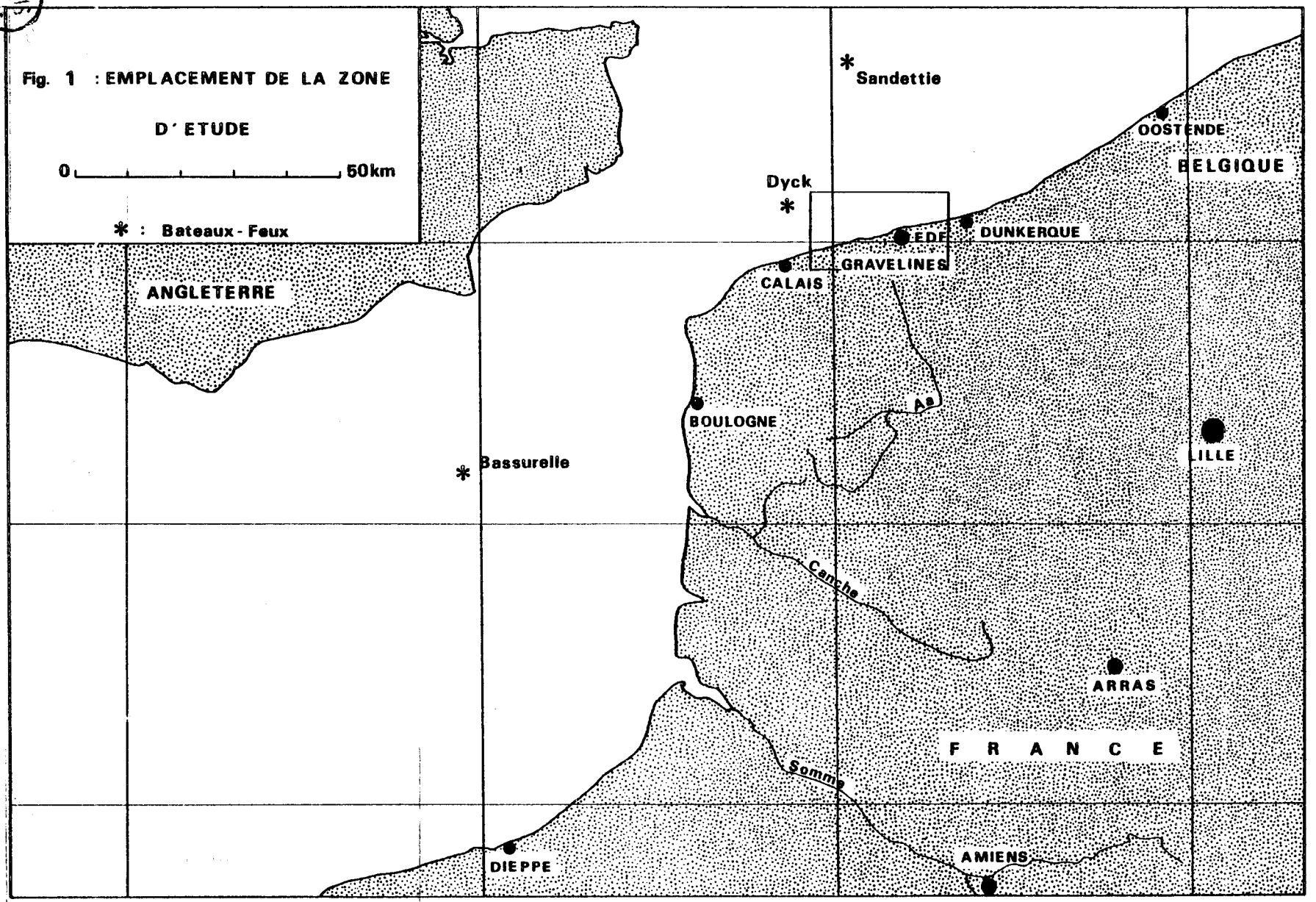


Fig. 1 : EMPLACEMENT DE LA ZONE D' ETUDE
0
50km
* : Bateaux - Feux
Sandettie
OOSTENDE
BELGIQUE
Dyck
EDF
DUNKERQUE
GRAVELINES
CALAIS
ANGLETERRE
BOULOGNE
Aa
LILLE
Bassurelle
Canche
ARRAS
F R A N C E
Somme
AMIENS
DIEPPE

ÉTUDE DES UNITÉS BIONOMIQUES

1. DESCRIPTION DU SITE

La répartition des peuplements benthiques se détermine en fonction d'un ensemble de structures édaphiques. Ainsi la situation géographique, l'hydrodynamisme et la topographie des fonds sous-marins régissent l'organisation bionomique spatiale et temporelle du benthos.

1.1. Situation géographique

La zone d'étude se situe entre Calais et Dunkerque (Fig. 1) dans la partie méridionale de la Mer du Nord.

1.2. Climatologie

Le climat est du type "océanique tempéré".

La pluviosité mensuelle moyenne excède rarement 100 mm à Gravelines. Les observations par décade à Gravelines (d'après le Bulletin Climatologique Départemental) (Fig. 2) montrent un maximum des précipitations de 150 mm au cours du mois de décembre 1979.

La température varie de façon sinusoïdale avec un minimum moyen (sur les 30 dernières années) de 2°C en février et un maximum moyen de 18°C au mois d'août. Les observations de 1978-79 (Fig. 3) au sémaphore de Dunkerque montrent, par contre, un minimum au début du mois de janvier 1979. De plus, depuis quelques années, une chute plus ou moins importante de la température se produit vers la fin du mois d'avril. La chute la plus forte a été enregistrée en 1977 : diminution de 5°C par rapport au début du mois.

1.3. Hydrographie

Les données hydrographiques proviennent des "Annuaires des marées" et de l'ouvrage "Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique" (Service Hydrographique de la Marine).

1.3.1. Marées

Les marées sont de type semi-diurne dont les caractéristiques sont les suivantes :

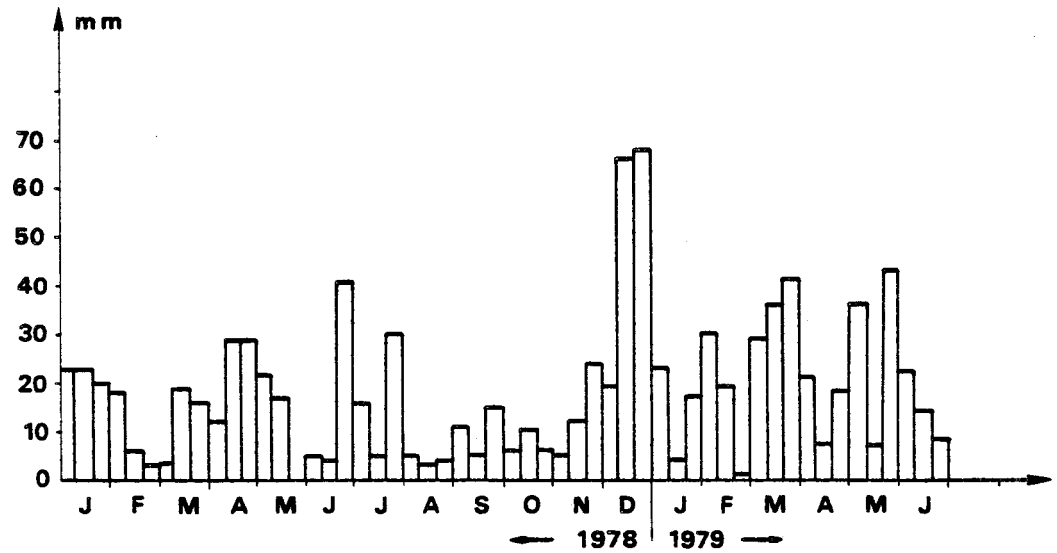
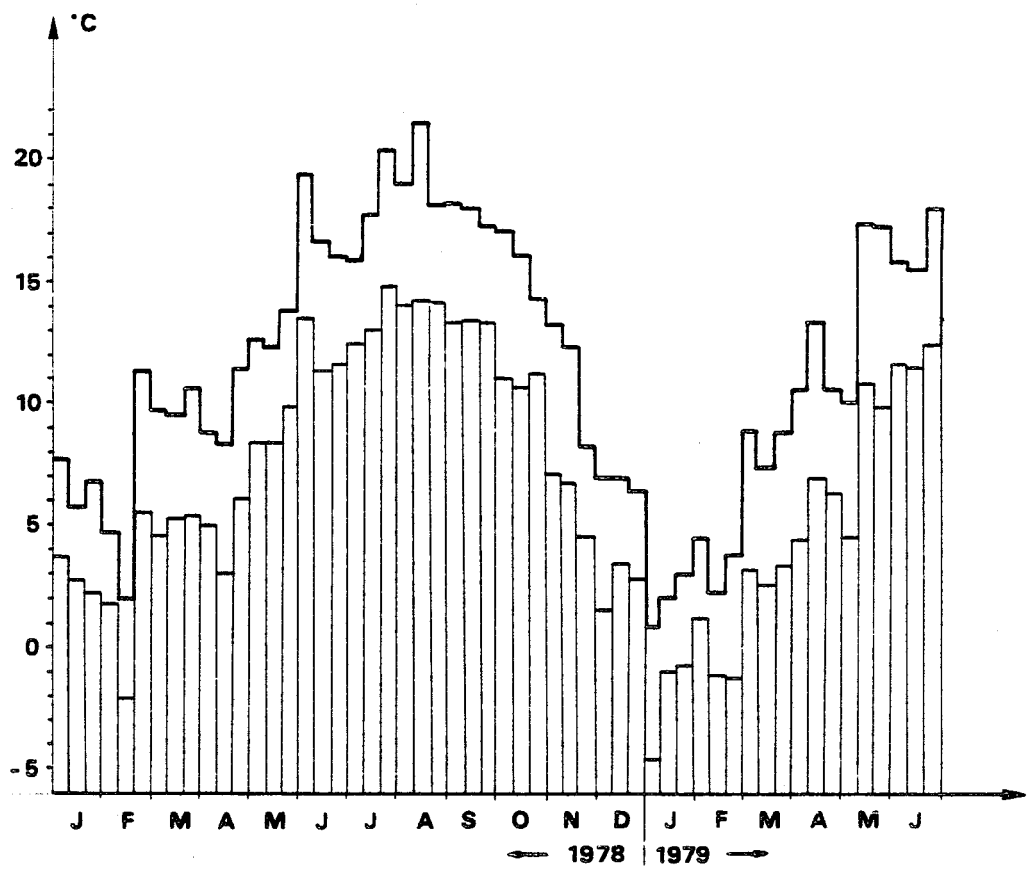


Fig. 2 : Précipitations à Gravelines par décade



BNS CLAF

Fig. 3 : Températures mini-maxi moyennes par décade à Dunkerque - Sémaphore

Type de marée	Coefficient	Hauteur d'eau	
		Pleine mer	Basse mer
Vive eau moyenne	95	5,80 m	0,50 m
Marée moyenne	70	5,30 m	0,90 m
Morte eau moyenne	45	4,80 m	1,40 m

La durée du montant est,dans tous les cas,inférieure de 2 h à la durée du baissant.

1.3.2. Courants

1.3.2.1. Courant général

Dans le Pas-de-Calais et dans la partie méridionale de la Mer du Nord on note un courant résiduel (de dérive) de 2,7 miles/jour environ portant au N.E. Cette vitesse, relativement faible, est très influencée (tout au moins en surface de la masse d'eau) par l'orientation et la force des vents.

1.3.2.2. Courants de marée

Ces courants sont alternatifs et parallèles à la côte.

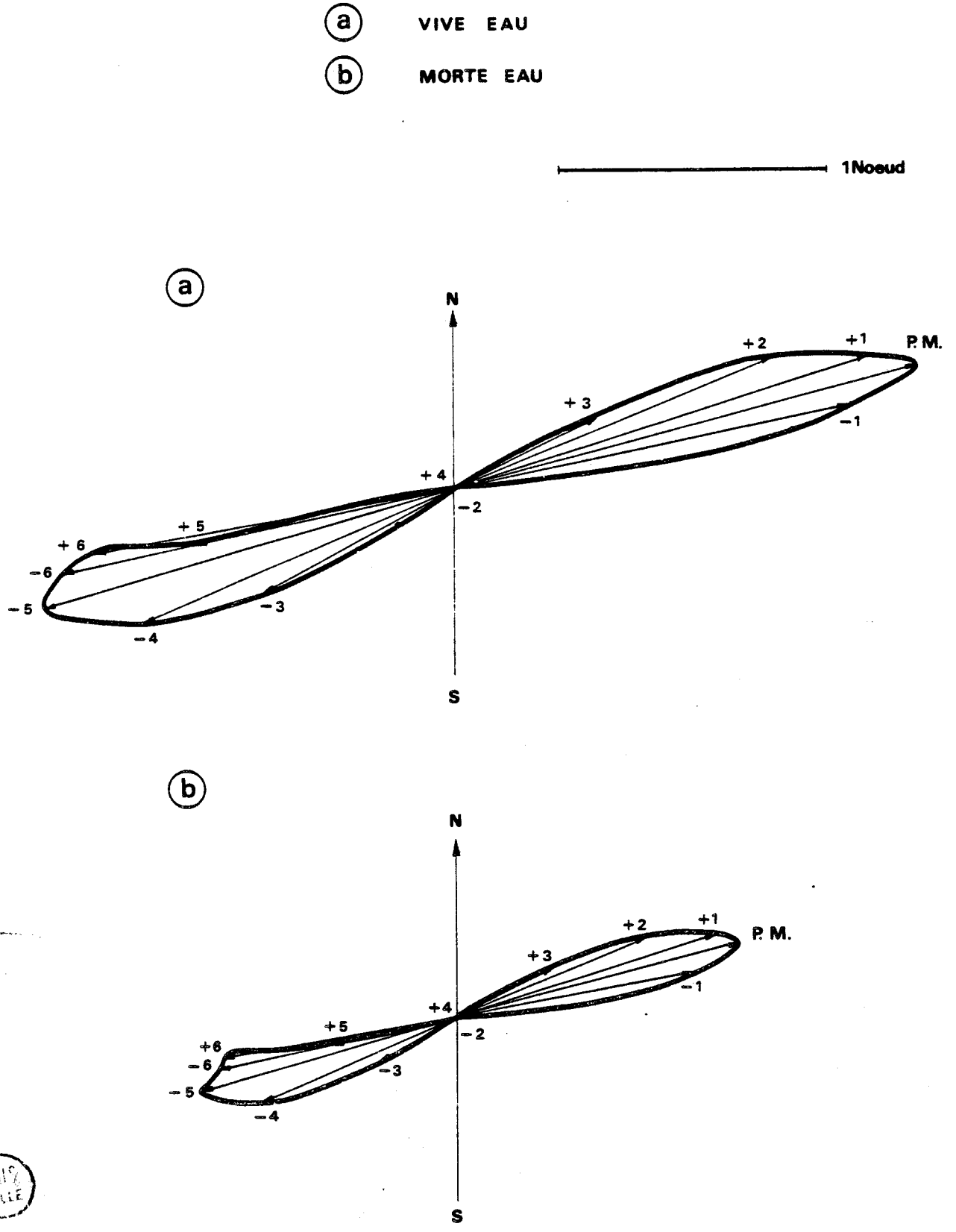
Pendant le flot, ils sont orientés E.N.E. et pendant le jusant W.S.W. (Fig. 4). La durée du flot est toujours plus longue que celle du jusant (Fig. 4).

La construction de l'avant-port de Dunkerque a apporté des modifications locales dans les champs de courant. On note, en effet, en marée de vive-eau moyenne, la présence de tourbillons et de turbulences à l'entrée de l'avant-port et le long de la jetée Ouest. Ces phénomènes sont atténués en période de morte eau.

1.4. Topographie sous-marine

Le resserrement en "entonnoir" du Pas-de-Calais provoque une augmentation de la vitesse des courants à ce niveau. L'hydrodynamisme important "nettoie" le fond de ses fines particules. Le substrat est constitué de cailloutis et parfois de fonds rocheux. La profondeur y est très importante (toujours inférieure à -30 m, pouvant atteindre -45 m).

Fig. 4 : ROSE DES COURANTS DANS LA PASSE DE DUNKERQUE



BU2 LILLE

L'atténuation de l'hydrodynamisme au niveau de Calais permet à nouveau une sédimentation de fines particules. Les fonds s'organisent en grands bancs de sable permaments, parallèles à la côte (Haut-fond de Gravelines, Dyck oriental, Out-Ruyti ngen) séparés par des dépressions dont les plus importantes constituent des passes pour l'accès aux ports.

Le développement des bancs prend une importance considérable au niveau de Dunkerque (Banc du Snow, Banc Breedt, Banc Hills, etc...), certains émergent en plusieurs points (Banc Hills). Les dépressions entre ces bancs sont plus étroites.

Dans cette partie de la Mer du Nord, la profondeur est faible et excède rarement - 25 m.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Travail à la mer

Plusieurs bateaux ont été utilisés pour effectuer les différentes campagnes de prélèvements.

Nous avons notamment utilisé le "Pluteus II" (Navire océanographique de la station de Roscoff) et le "Saint-Eloi" chalutier de Grand-Fort-Philippe*.

Deux autres bateaux ont, en outre, servi : la "Blanche-Etoile" de Grand-Fort-Philippe et le "Drakkar" de Calais.

2.1.1. Repérage des stations

Les stations sont repérées à l'aide du "Navigator DECCA" dont la précision des relèvements est excellente dans la région (de l'ordre de 50 à 100 m).

2.1.2. Prélèvements qualitatifs

La description des unités bionomiques ne nécessitant pas l'utilisation d'un engin qualitatif, nous avons utilisé la drague "RALLIER du BATY" modifiée (le diamètre de l'ouverture est de 45 cm) dont les performances sont excellentes dans tous

---

* Nous tenons à remercier tout particulièrement M. Eloi FOURNIER, patron du "Saint-Eloi" ainsi que son équipage pour l'aide efficace apportée lors du travail en mer.

les sédiments meubles. Le prélèvement consiste en une prise de 30 l de sédiment * (Fig. 5).

Fig. 5 : Drague "RALLIER Du BATY" modifiée

L'échantillon est tamisé sur des tamis à mailles successives de 1 cm et 1 mm (limite de taille inférieure couramment admise pour la macrofaune benthique).

Le refus de tamis supérieur à 1 cm est trié sur place s'il n'est pas trop important, dans le cas contraire, il est fixé intégralement au formol (neutralisé et salé) à 8-10 % .

Le refus de tamis compris entre 1 cm et 1 mm est également fixé intégralement.

Le tri est effectué au laboratoire.

2.1.3. Prélèvements quantitatifs

Nous avons utilisé la benne "SMITH-McINTYRE" (Fig. 6). Cette benne prélève sur une surface de 0,1 m^2 un volume de sédiment variant de 7 à 11 litres.

---

* Sur l'excédent de sédiment prélevé par la drague, un échantillon est extrait aux fins d'analyses granulométriques.

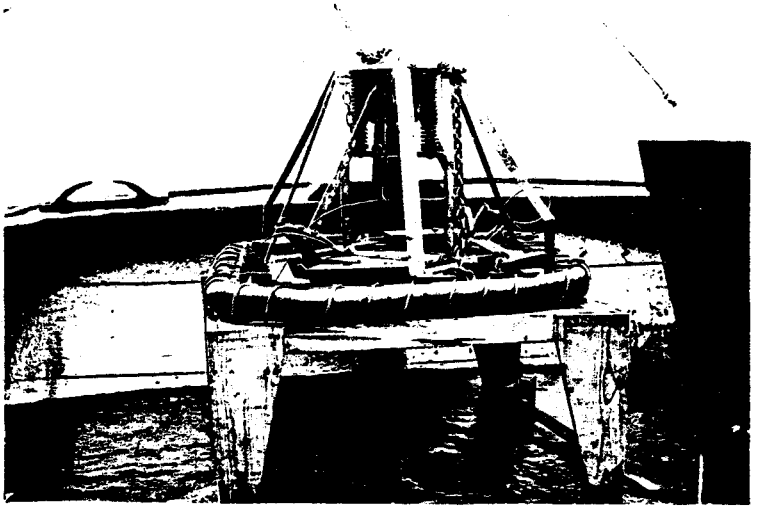


Fig. 6 : Benne "SMITH - McINTYRE"

Le volume prélevé dépend avant tout de la consistance du sédiment, les ressorts de la benne sont, en effet, moins efficaces dans un sédiment compact que dans un sédiment plus fluide. De plus, la présence dans le sédiment de particules de grande taille peut, en empêchant la fermeture complète des mâchoires, rendre le prélèvement nul*.

Le nombre de prélèvements a été fixé à 10 par station (en ce qui concerne les prélèvements bionomiques**).

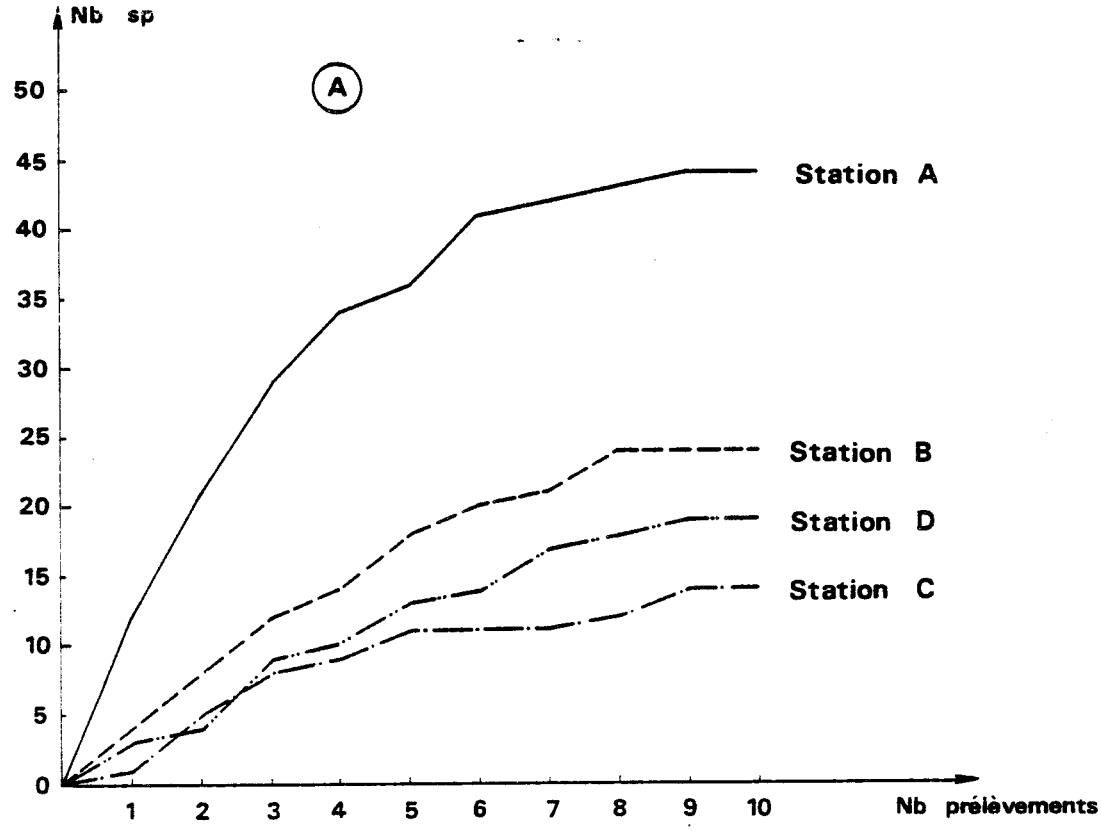
SOUPLET (1977) estimait que cinq prélèvements à la benne étaient suffisants pour appréhender convenablement les caractéristiques quantitatives de deux des peuplements de la zone étudiée. Il émettait ensuite des réserves pour un nombre de prélèvements aussi faible dans d'autres types de sédiments.

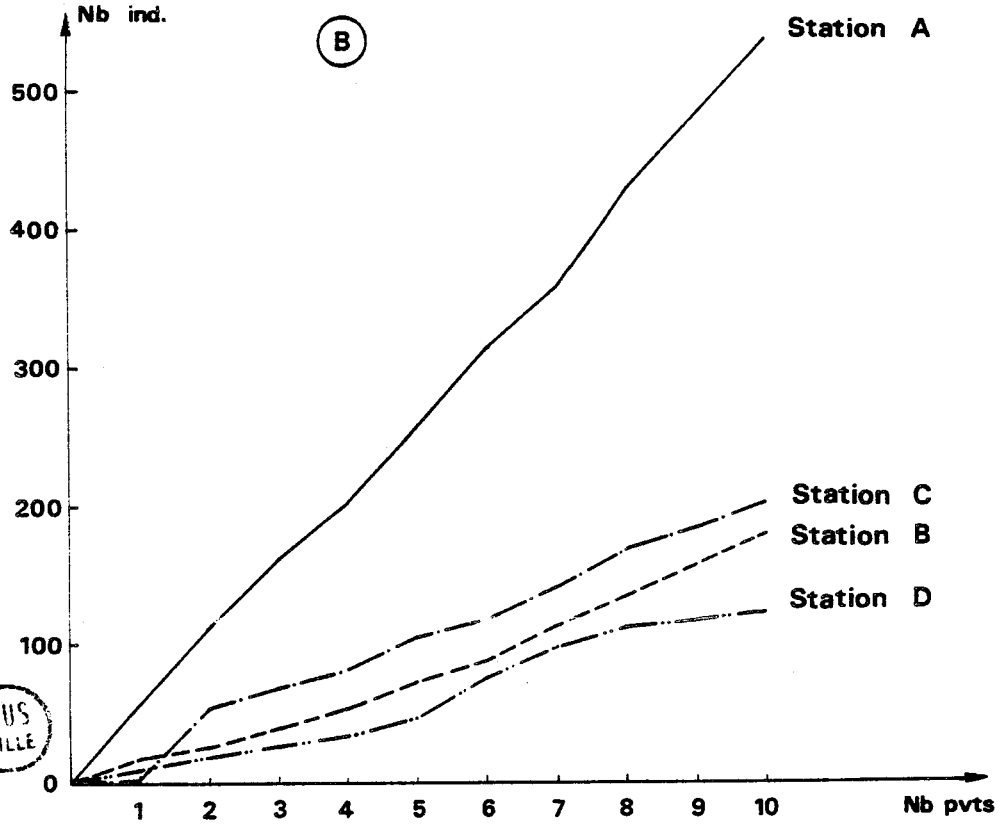
---

* Il a parfois été nécessaire de "filer" 15 fois la benne dans des sédiments hétérogènes pour échantillonner correctement la station.

** Un onzième prélèvement est effectué aux fins d'analyses granulométriques.

Fig. 7 : Evolution du nombre d'espèces (A), du nombre d'individus (B) et de la biomasse (C et D) en fonction du nombre de coups de benne (mai 1979)





BUS LILLE

Il s'est avéré au cours de notre étude quantitative que l'augmentation du nombre d'espèces après 5 "coups de benne" (Fig. 7A) n'était due,en fait,qu'à la récolte d'espèces communes à tous les peuplements ou caractéristiques d'autres peuplements. Les relations entre le nombre de coups de benne et le nombre d'individus ou la biomasse sont quasi linéaires (Fig. 7B, C et D) ; le "décrochement" observé dans l'évolution de la biomasse à la station D en 1979 est dû à la récolte d'un exemplaire de très grande taille de *Nephtys caeca*. Ceci prouve, par ailleurs, que le nombre de prélèvements est suffisant pour permettre la récolte de grands individus dont la densité est très faible.

Le tamisage est effectué sur la même table de tri que les prélèvements qualitatifs et les échantillons sont intégralement fixés.

2.2. Travail au laboratoire

2.2.1. Analyses granulométriques

2.2.1.1. Opérations sur le sédiment

Le sédiment*, une fois ramené au laboratoire, est, le plus rapidement possible, rincé plusieurs fois à l'eau douce**.

Il est ensuite tamisé sous jet d'eau modéré sur un tamis de 50 µ (limite supérieure couramment admise pour les pélites). Cette opération permet d'éviter, lors du séchage, la formation d'une croûte à la surface du sédiment.

Le sédiment est ensuite rincé à l'eau déminéralisée pour que tout le sel soit éliminé et éviter ainsi la formation, lors du séchage, d'aggrégats de sable et de sel ; puis séché à l'étuve à 110°C pendant une durée variant de 24 à 48 h***.

Les pélites (ce qui est passé au tamisage à l'eau à 50 µ) sont décantées puis séchées de la même façon que le sédiment, puis pesées à 0,1 mg près.

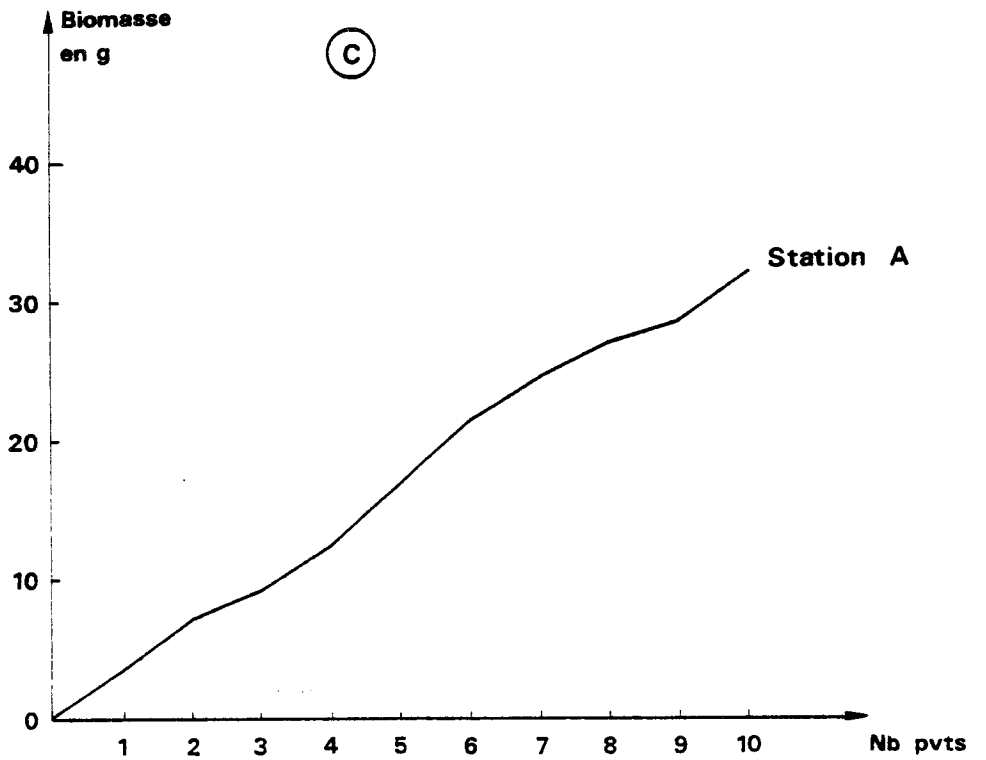
---

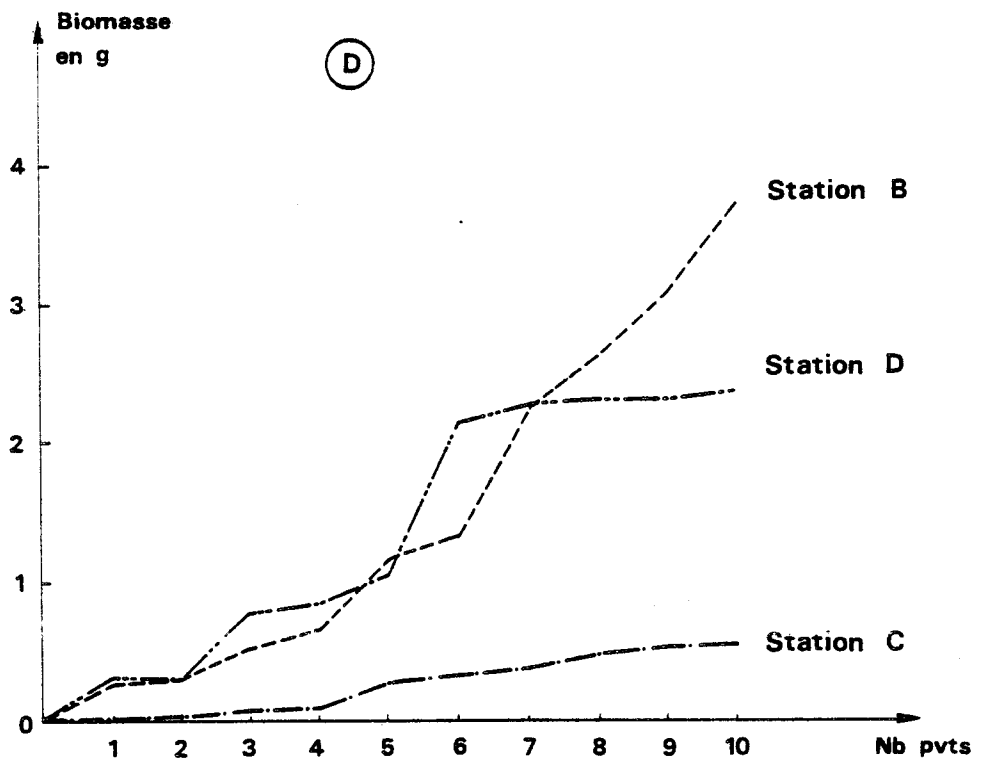
* Toutes les opérations en vue des analyses granulométriques se font sur la totalité de l'échantillon.

** Si le rinçage ne peut être effectué immédiatement, l'échantillon est conservé à la chambre froide.

*** La durée du séchage dépend de la nature du sédiment et de la quantité d'eau résiduelle après le rinçage.

Fig. 7 : (Suite)





BUS LILLE

Après le séchage, le sédiment est passé sur les colonnes de tamis (TamiseuseROTO-LAB) en trois séries :

- tamis de 5 mm de vide de maille (ou 20 mm quand c'est nécessaire) à 0,80 mm, pendant 10 mn ;
- tamis de 0,63 mm à 0,20 mm, pendant 20 mn ;
- tamis de 0,16 mm à 0,050 mm*, pendant 20 mn.

Le refus de chaque tamis est ensuite pesé à 0,1 mg près dans des récipients en matière plastique dont le faible poids (1 à 2 g) permet le tarage de la balance et ainsi une lecture directe du poids du sédiment. Les résultats sont ramenés en pourcentages du poids total de l'échantillon puis classés en catégories granulométriques. Nous avons adopté pour cela la classification suivante :

Tailles des particules	Catégories granulométriques
50 mm à 20 mm	Cailloutis
20 mm à 5 mm	Graviers grossiers
5 mm à 2 mm	Graviers fins
2 mm à 0,5 mm	Sable grossier
0,5 mm à 0,2 mm	Sable moyen
0,2 mm à 0,05 mm	Sable fin
inférieures à 0,05 mm	Pélites

2.2.1.2. Principes de l'analyse granulométrique

La courbe des fréquences cumulées permet de définir les paramètres utilisés pour la caractérisation du sédiment.

. le mode : fraction granulométrique présentant le plus fort pourcentage.

. la médiane (Md) : dimension théorique du vide de maille permettant le passage des 50 % pondéraux de l'échantillon.

---

* Aussi soigneusement que soient effectuées les opérations de tamisage sous jet d'eau modéré, il reste toujours une faible partie de pélites au sein du sédiment. Ce qui passe à 50 µ après le tamisage sur la ROTO-LAB est bien évidemment ajouté au résultat du tamisage à l'eau.

. les 1er et 3ème quartiles (Q_1 et Q_3) : dimension théorique du vide de maille permettant le passage respectivement des 25 et 75 % pondéraux de l'échantillon.

. l'écart interquartile géométrique (ou indice de TRASK, 1938 *in* GRIFFITH, 1967) $S_o = \sqrt{\frac{Q_3}{Q_1}}$: S_o permet de définir le classement d'un sédiment. S_o croît avec le mauvais triage.

. les pentes des quartiles : elles permettent d'évaluer la symétrie de la distribution des classes granulométriques ainsi que son extension.

  ◦ la pente arithmétique $SKa = \frac{Q_1 + Q_3}{2} - Md$

  la valeur de SKa tend vers 0 quand la distribution se restreint ;

  ◦ la pente géométrique $SKg = \sqrt{\frac{Q_1 \times Q_3}{Md}}$, la valeur de SKg tend vers 1 quand la distribution se restreint.

2.2.2. Etude de la macrofaune

2.2.2.1. Etude systématique

Le tri de la faune est effectué par la méthode d'agitation-flottaison. Les individus sont déterminés, dans la mesure du possible, jusqu'au niveau spécifique*.

En ce qui concerne les prélèvements quantitatifs chacun des 10 échantillons est analysé individuellement, ceci afin de pouvoir cerner le mode de distribution spatiale des différentes espèces. Après détermination et comptage, les animaux** sont passés à l'acide chlorhydrique 10 % jusqu'à décalcification complète, rincés abondamment à l'eau déminéralisée (afin d'éliminer les sels de calcium) et passés à l'étuve à 110°C pendant 24 h. Après dessication complète, les animaux sont pesés au 1/10 mg.

2.2.2.2. Méthodes de détermination des peuplements

Le principe de la détermination des peuplements est basé sur les affinités que les espèces animales peuvent avoir entre elles et avec un sédiment plus ou moins bien typé.

---

* La nomenclature utilisée est celle qui a été adoptée par GLAÇON (1977).

** Quand cela s'est avéré possible les tubes digestifs ont été vidés de leur contenu.

Un ensemble de prélèvements dont les compositions faunistiques sont similaires constitue un peuplement.

Un peuplement peut parfois être scindé en plusieurs aspects dont les compositions faunistiques (en général liées à un aspect particulier du sédiment) diffèrent par les prépondérances relatives des espèces entre elles. Ce sont les différents faciès de ce peuplement.

Pour appréhender la similitude entre deux prélèvements, il existe de nombreux indices de similarité. Pour établir la matrice de similitude, tous les prélèvements sont comparés deux à deux. Deux méthodes de détermination des groupes d'affinité ont été utilisées :

- la méthode du "Diagramme-Treillis" (BOUDOURESQUE, 1970 ; GUILLE, 1970). Elle consiste en une permutation des lignes et colonnes du diagramme obtenu tendant à rapprocher de la diagonale de la matrice les plus fortes valeurs des indices et à isoler ainsi des groupes à forte similitude. Cette méthode est utilisable quand le nombre de prélèvements est faible.

- La méthode d'analyse en composantes principales (HOTTELING, 1933 *in* DAGET, 1976). Une matrice de similitude est établie entre les observations. Celles ci sont représentées sous la forme d'un nuage de points dans l'hyperespace à N dimensions (N étant le nombre d'espèces dans notre cas). L'analyse en composantes principales se propose de définir un système d'axes hiérarchisés de manière à ce que la perte d'information soit la plus faible possible, en mesurant la distance euclidienne entre les différents points du nuage. En étudiant les combinaisons entre les premiers axes (ceux qui expliquent le maximum de la variance) on peut isoler les groupes et les sous groupes de points-station dont la disposition selon le système d'axes envisagé est donnée par les coordonnées (ou saturations) selon ces axes. Il s'agit ensuite d'expliquer la signification des différents groupes.

2.2.2.3. Etude des distributions d'abondance

La détermination du modèle de distribution d'abondances d'un peuplement consiste à ajuster à un modèle mathématique la courbe des effectifs** des espèces (classés

---

* Les calculs ont été effectués sur l'ordinateur IRIS 80 du Centre Interuniversitaire de Traitement de l'Informatique de l'Université de Lille I.

** Ou de leur valeur transformée (logarithme par exemple).

par ordre décroissant) en fonction de leur rang.

Il existe plusieurs types de modèles (le modèle de Mc ARTHUR 1957-1960, le modèle log-linéaire de MOTOMURA, 1947, le modèle log-normal de PRESTON, 1948) (*in* DAGET, 1976).

Nous avons testé ces deux derniers modèles.

Le modèle log-linéaire de MOTOMURA a pour formule : $\log q_i = a_i + b$

avec q_i = effectif de rang i

a et b = constantes

Dans ce modèle, les effectifs des différentes espèces sont en progression géométrique de raison (appelée constante de milieu) $m = 10^a$.

Dans le modèle log-normal de PRESTON, les logarithmes des effectifs sont distribués au hasard (fonction normale ou gaussienne) autour de leur moyenne.

La constante de milieu de PRESTON est égale à l'inverse de la variance du logarithme des effectifs :

$$m' = \frac{1}{\sigma^2}$$

Le test du χ^2 permet de vérifier la qualité de l'ajustement à ces modèles.

2.2.2.4. Distribution spatiale des espèces

Selon ELLIOTT et DESCAMPS (1973), 3 types de distributions spatiales existent :

- la distribution au "hasard",
- la distribution "régulière" (= "sous-dispersion" ou distribution "uniforme"),
- la distribution "contagieuse"* (= "sur-dispersion" ou en "aggrégats").

Le principe de la détermination du type de distribution est basé sur un test de conformité avec une loi de POISSON. Selon la valeur du χ^2 par rapport aux valeurs du seuil de signification à 5 % (Q = 0,975 et Q = 0,025) et en fonction du nombre de degrés de liberté on déterminera le mode de distribution spatiale :

---

* La formation d'aggrégats peut être due à différents facteurs :
  - nourriture,
  - reproduction,
  - niche écologique, etc...

- χ^2 inférieur à la valeur prévue pour Q = 0,975 : distribution régulière.
- χ^2 supérieur à la valeur prévue pour Q = 0,025 : distribution contagieuse.
- χ^2 compris entre les valeurs prévues pour Q = 0,975 et Q = 0,025 (donc conformité avec une loi de Poisson) : distribution au hasard.

3. DESCRIPTION DES PEUPLEMENTS BENTHIQUES *

Il est possible de distinguer dans la zone d'étude 3 peuplements (SOUPLET et Coll., en cours) : le peuplement des sables fins à moyens plus ou moins envasés à *Abra alba*, le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis* et le peuplement de l'"Hétérogène envasé".

3.1. Peuplement de l'"Hétérogène envasé"

Ce peuplement occupe une dépression située entre le banc du Dyck occidental, le Haut-fond de Gravelines et la côte.

3.1.1. Description du sédiment

(Type 1 - Station A) (Fig. 8)

La distribution des différentes classes granulométriques est plurimodale (Fig. 9). Elle présente un mode principal dans les graviers grossiers (25,15 %) et un mode accessoire dans les sables moyens (23,19 %) (Tableau 1). Le sédiment est riche en pélites (3,5 %). Il est du type "hétérogène envasé".

Ce sédiment est faiblement classé (S_0 = 3,07), sa distribution est asymétrique (SKa = 0,349) preuve de son hétérogénéite (Tableau 2).

3.1.2. Analyse faunistique

Le cortège d'espèces que l'on y rencontre est constitué d'espèces de sédiments envasés (*Stenelais boa*, *Nephtys hombergii*, *Abra alba*) et de sédiments sableux ou graveleux (*Psammechinus miliaris*, *Nephtys longosetosa*, *Spisula elliptica* et *Ophiura albida*). Mais l'espèce la plus importante est *Sagartia sp.*

---

* Les tableaux de résultats des analyses bionomiques sont placés en annexe.

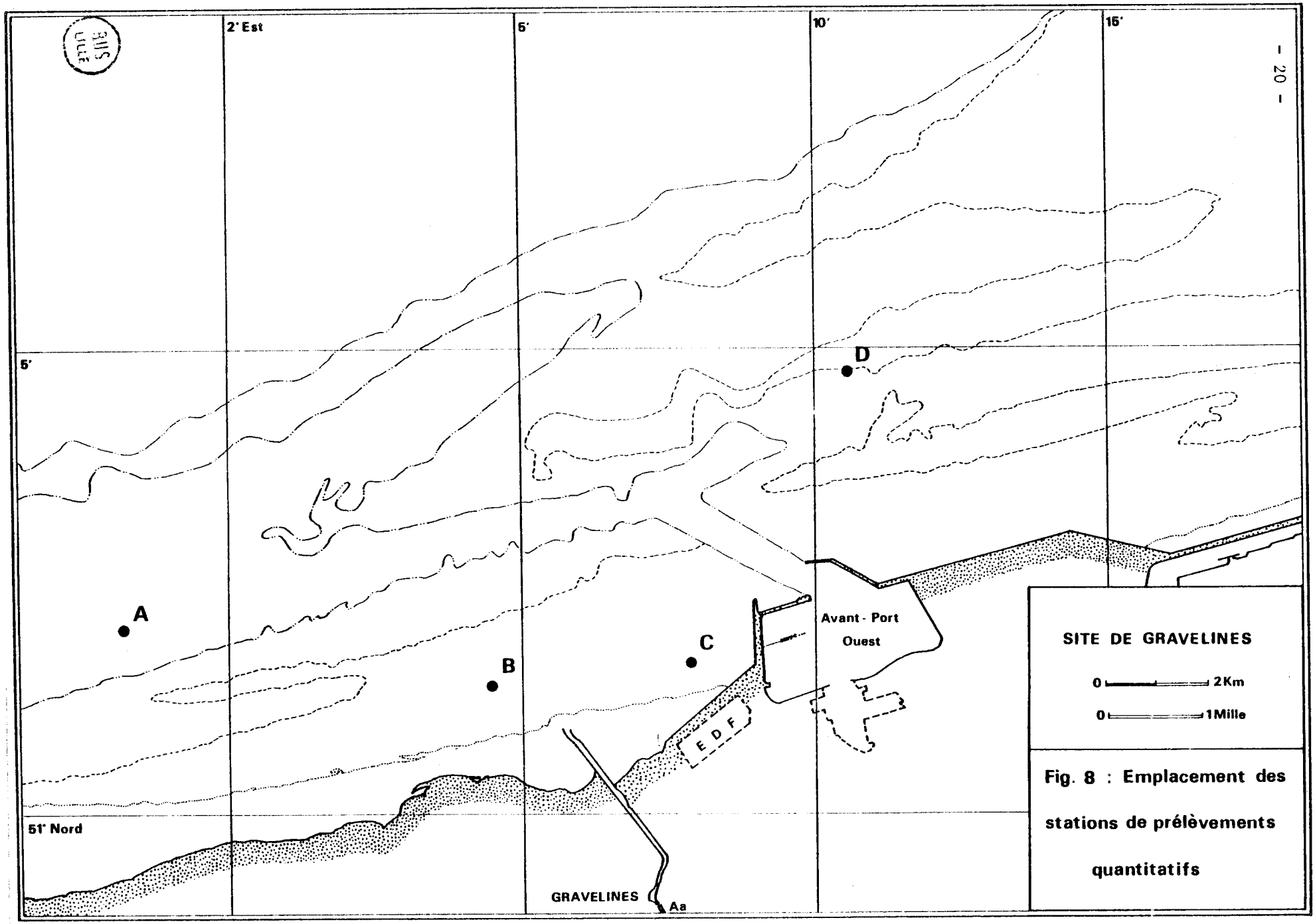
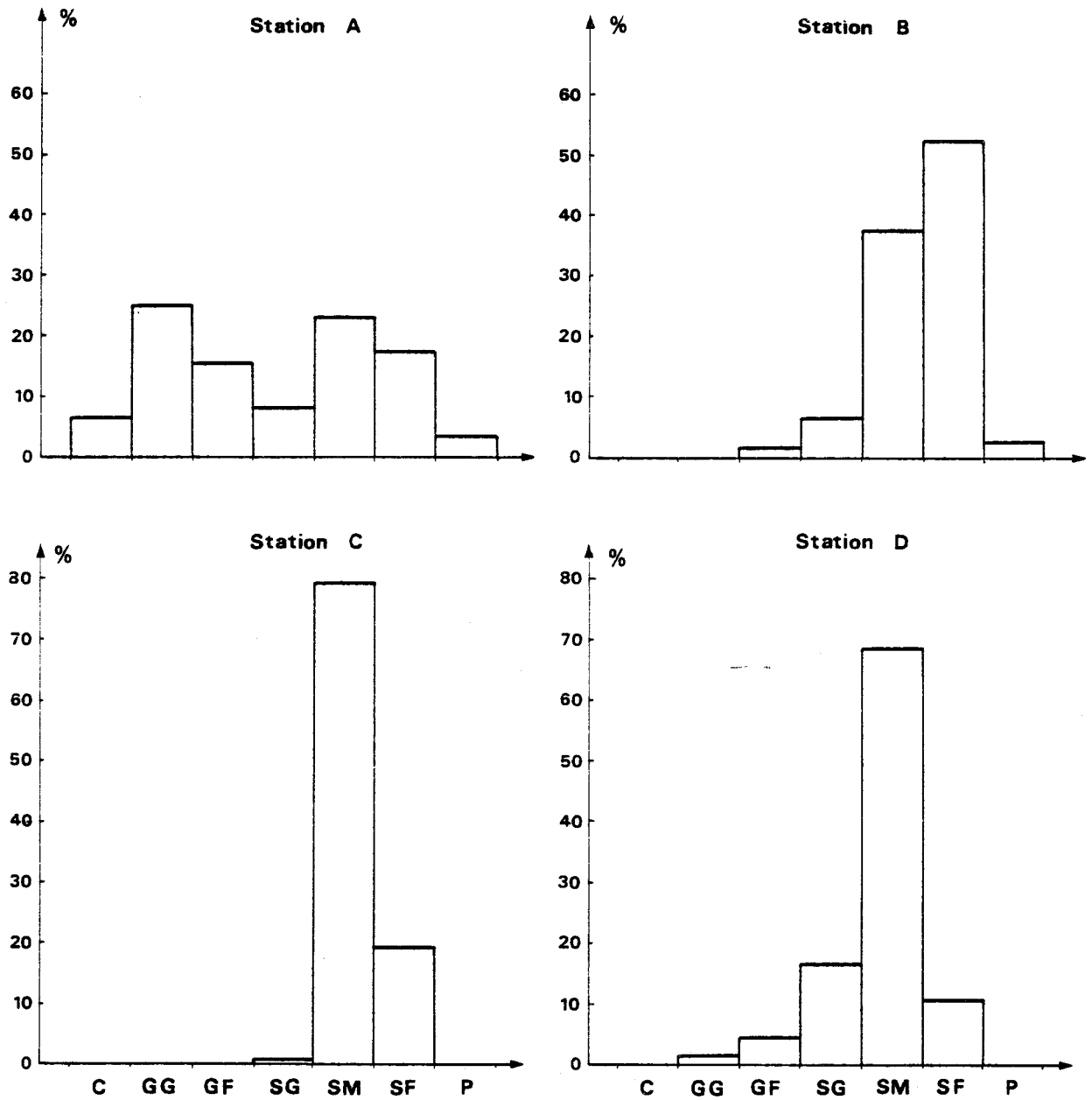


Fig. 8 : Emplacement des stations de prélèvements quantitatifs



C = cailloutis GG = graviers grossiers GF = graviers fins SG = sable grossier

SM = sable moyen SF = sable fin P = pelites

Fig. 9 : Proportion des différentes classes granulométriques aux quatres stations subtidales

BUS LILLE

Parmi le cortège d'espèces on notera également la présence d'*Owenia fusiformis*, *Scoloplos armiger*, *Sabella pavonina*, *Mya truncata* et *Cerianthus lloydii*. La richesse spécifique* y est très élevée (44 espèces : 19 espèces d'épifaune sessile ou vagile et 25 espèces d'endofaune). Les espèces d'endofaune dominent du fait du caractère meuble du sédiment.

3.1.3. Aspects quantitatifs

Ce peuplement est très productif. Au cours des deux dernières années on note peu d'évolution dans ce peuplement. La biomasse très importante dépasse les 30 g/m^2 (37 g/m^2 en 1978, 32 g/m^2 en 1979).

	1978				1979			
	Nb.ind. global (m^2)	Nb.ind. %	Biomasse globale (g/m^2)	Biomasse %	Nb.ind. global (m^2)	Nb.ind. %	Biomasse globale (g/m^2)	Biomasse %
Sagartia sp.	230	27,65	21,4	57,54	191	37,50	16,0	49,64
Cerianthus lloydii	143	17,19	4,87	13,10	29	5,42	0,28	0,87
Stenelais boa	71	8,53	1,39	3,74	23	4,30	0,20	0,62
Scoloplos armiger	14	1,68	0,03	0,08	22	4,11	0,08	0,25
Owenia fusiformis	72	8,65	0,72	1,94	38	7,10	0,32	0,99
Abra alba	83	9,98	0,46	1,25	69	12,90	0,45	1,40
Mya truncata	10	1,20	3,14	8,45	25	4,67	11,39	35,30

Hormis une espèce qui voit son effectif chuter considérablement (*Cerianthus lloydii*), la plupart des espèces conservent des effectifs et des biomasses équivalents. *Sagartia sp.* représente à elle seule plus de 50 % de la biomasse totale.

---

* Richesse spécifique : nombre d'espèces.

La diversité est très forte du fait de l'hétérogénéité du sédiment ,de plus, les valeurs sont stables. L'"Hétérogène envasé" constitue une unité bionomique bien charpentée et stable dans le temps.

	Diversité*	Equitabilité**	Constante de milieu
1978	3,670	0,69	0,204
1979	3,710	0,69	0,228

L'ajustement de la distribution d'abondances conduit à l'utilisation du modèle log-normal (Fig.10).

3.1.4. Organisation spatiale du peuplement

L'étude du mode de distribution spatiale des différentes espèces peut nous renseigner sur la façon dont le peuplement s'organise sur le sédiment en place.

Dans ce peuplement la plupart des espèces ont une répartition de type "hasard" (Tableau 3).

Sagartia sp., l'espèce la plus importante numériquement et pondéralement, se fixe sur des cailloutis*** qui sont répartis au hasard sur le fond, elle suit donc le type de distribution de la fraction grossière du sédiment.

Les espèces de l'épifaune vagile (*Stenelais boa*) se répartissent également au hasard.

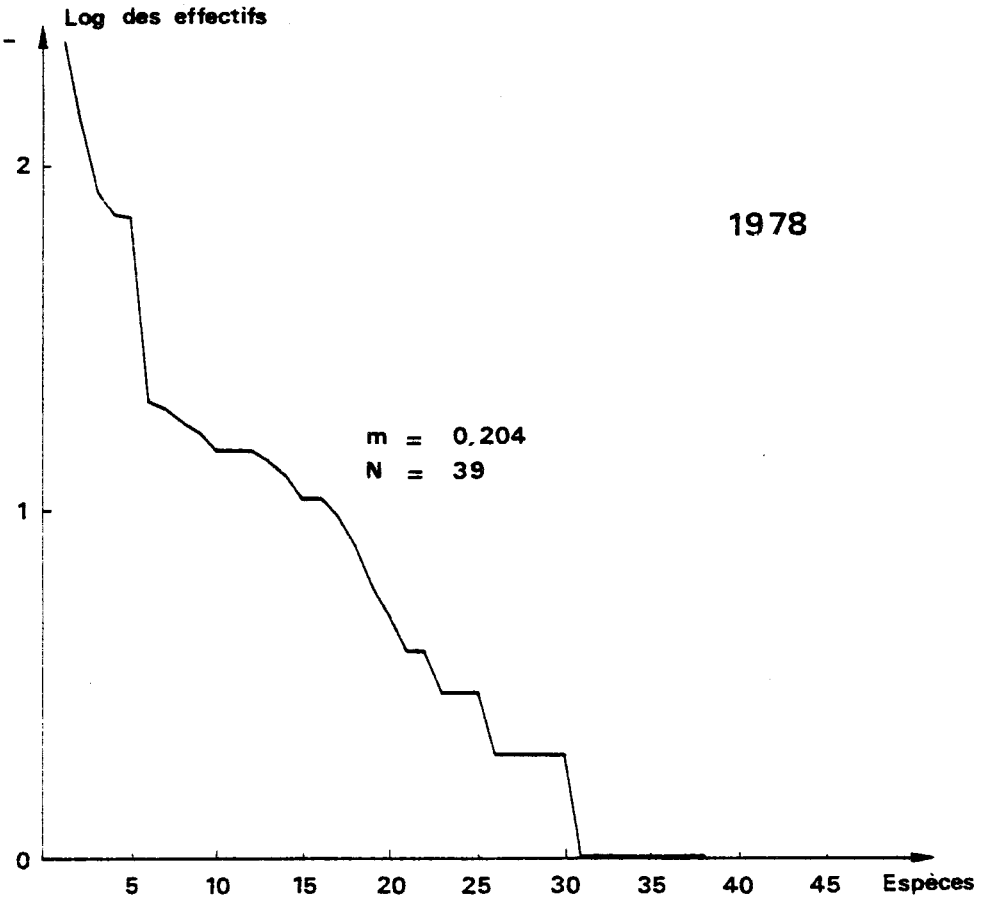
Les espèces de l'endofaune de grande taille (*Mya truncata*) ou tubicoles (*Cerianthus lloydii* et *Owenia fusiformis*) se répartissent également au hasard, profitant du caractère meuble du sédiment pour s'y implanter.

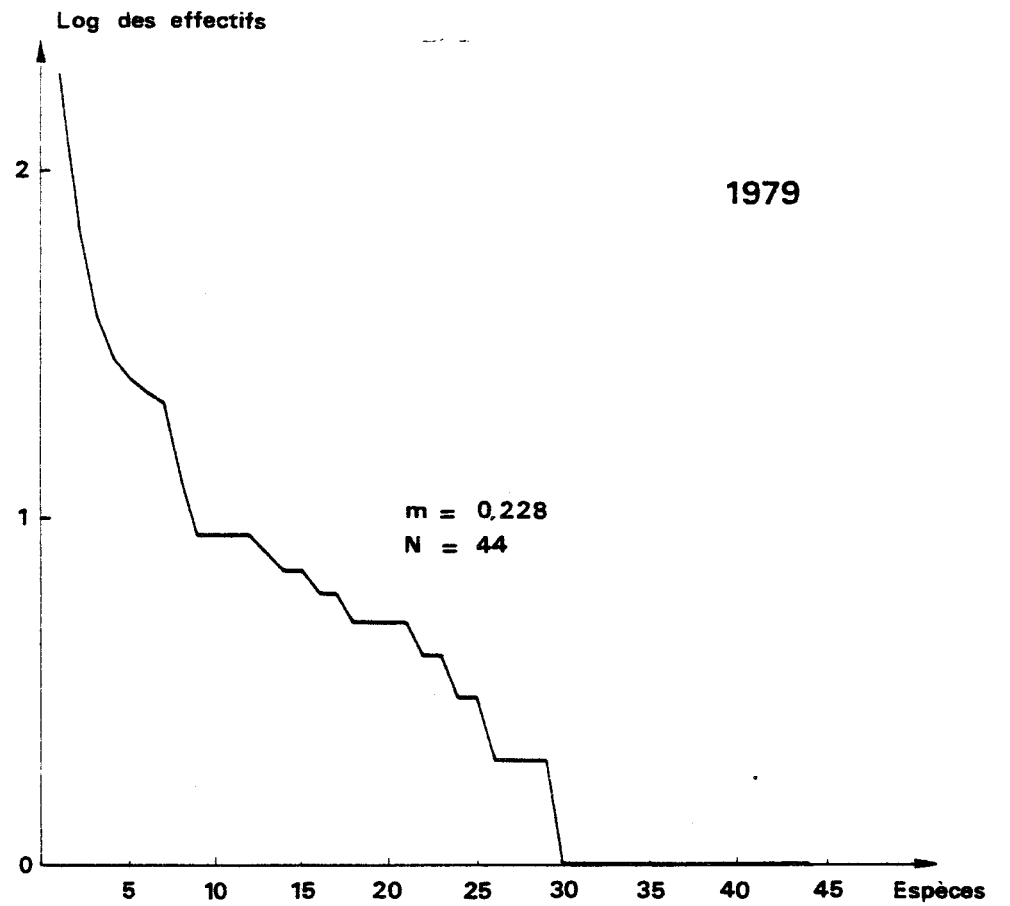
Par contre, en ce qui concerne *Abra alba*, elle ne peut s'implanter que dans des microdépressions où le sédiment est fin et vaseux. Selon la taille de la lentille vaseuse nous trouverons un nombre plus ou moins important d'*A. alba*, ceci en-

* Parmi les nombreux indices de diversité existant, nous avons adopté celui de SHANNON-WEAVER ayant pour formule $H = -\Sigma p_i \log_2 p_i$ avec $p_i = n_i/N$ (n_i = effectif de l'espèce i ; N = effectif total) Cet indice offre l'avantage d'être indépendant de la taille de l'échantillon.

** L'équitabilité est le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. La diversité maximale peut être estimée par $\log_2 N$ (DAGET, 1976). L'équitabilité a pour formule $E = \frac{H}{\log_2 N}$

*** Cette espèce peut se fixer également sur des graviers : il n'est pas rare de récolter des individus ayant un caillou de 4 à 5 mm collé sur le disque pédieux. Le support de cette espèce peut être enfoui dans le sédiment.





BUS LILLE

Fig. 10 : Distributions d'abondances des espèces à la station A

traîne pour cette espèce une répartition du type "contagieux" selon ELLIOTT et DESCAMPS.

3.2. Peuplement à *Ophelia borealis*

3.2.1. Description du sédiment

(Type IV - Station D) (Fig. 8)

La distribution des différentes classes granulométriques est unimodale (Fig. 9) avec un mode situé dans les sables moyens (67,65 %). La médiane est également située dans les sables moyens (0,266) (Tableau 1). Les sables fins représentent 10,83 % du poids total et les pélites sont quasiment inexistantes (0,02 %). Par contre, appraissent des éléments plus grossiers (22,54 %). C'est le sédiment typique des sommets de bancs trouvés en grand nombre dans la région (SOUPLET et DEWARUMEZ, à paraître ; SOUPLET et Coll., en cours). Le sédiment est très bien classé (So = 1,28)(Tableau 2).

3.2.2. Analyse faunistique

Les espèces les plus importantes sont *Nephtys longosetosa*, *Ophelia borealis*, *Spisula elliptica* et *Gastrosaccus spinifer*. Ce peuplement a déjà été décrit dans la partie méridionale de la Mer du Nord (SMIGIELSKI, 1976 ; GLAÇON, 1977*).

Ophelia borealis atteint sa limite sud de répartition géographique au large de Dieppe.

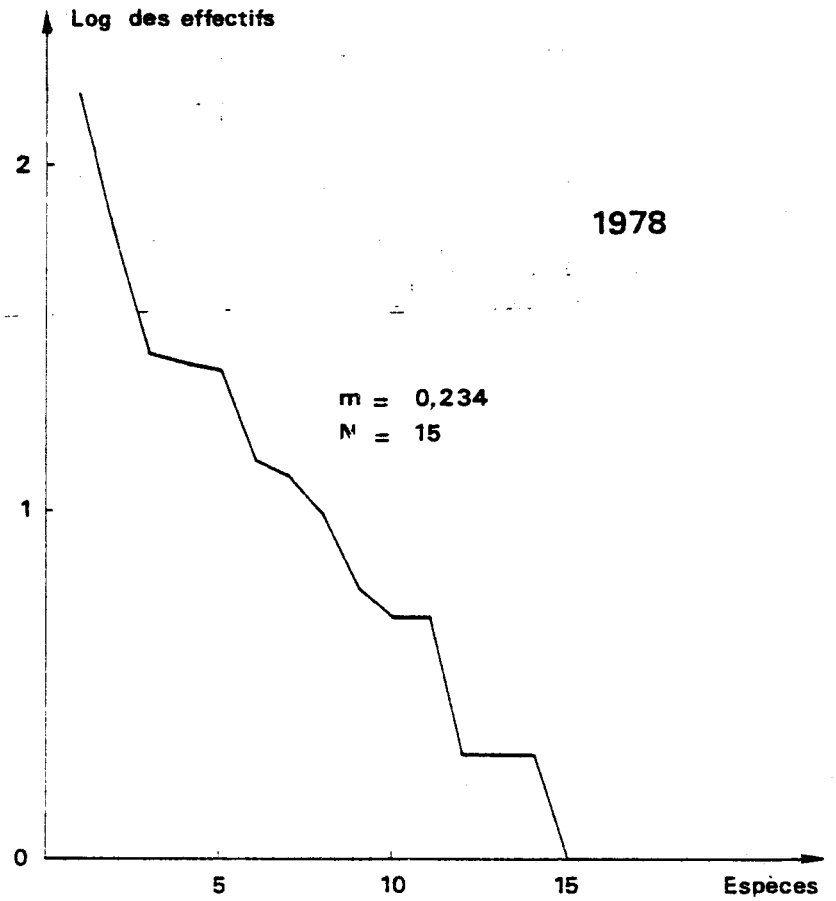
On rencontre ce peuplement, dans la zone étudiée, entre le Dyck et le Haut Fond de Gravelines. Il prend à l'est du site une très grande importance du fait de la présence de nombreux bancs de sable dont le sédiment est propice à son implantation (SOUPLET et Coll., publication en cours). La richesse spécifique y est faible : 18 espèces.

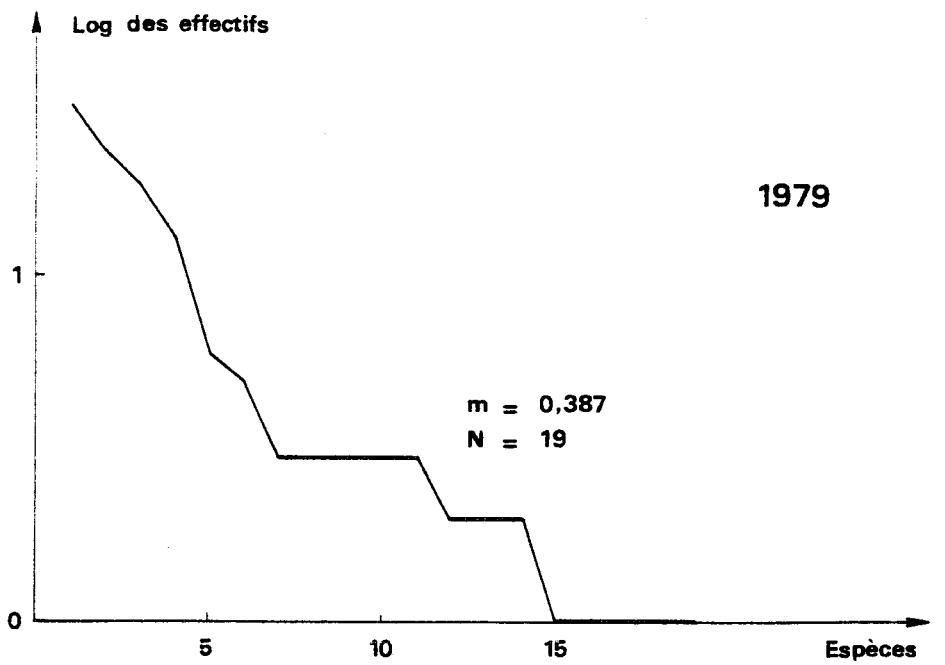
3.2.3. Aspects quantitatifs

Le peuplement est peu productif, la biomasse n'y est en effet que de 2 g/m^2. Ce peuplement est caractérisé par sa stabilité.

---

* GLAÇON R., 1977 - Etude de la pollution marine dans la frange côtière s'étendant du Cap Blanc-Nez à la frontière belge. Rapport S.E.C.A.D.U., diffusion restreinte.





BUS LILLE

Fig. 11 : Distributions d'abondances des espèces à la station D

	1978				1979			
	Nb.ind. global (/m²)	Nb.ind. %	Biomasse globale (g/m²)	Biomasse %	Nb.ind. global (/m²)	Nb. ind %	Biomasse globale (g/m²)	Biomasse %
Nephtys caeca	2	0,54	0,79	39,50	3	2,42	1,01	42,44
Nephtys cirrosa	14	3,78	0,13	6,50	23	18,55	0,20	8,40
Ophelia borealis	13	3,51	0,04	2,00	31	25,00	0,34	14,29

Les mêmes espèces se retrouvent d'une année sur l'autre dans des proportions similaires*.

La diversité, l'équitabilité et la constante de milieu de PRESTON**, augmentent, montrant ainsi la stabilisation de ce peuplement que son éloignement de la côte semble mettre à l'abri des variations à court terme.

	Diversité	Equitabilité	Constante de milieu
1978	2,693	0,69	0,234
1979	3,343	0,79	0,387

La faible densité enregistrée pour la quasi-totalité des espèces récoltées dans ce peuplement nous a obligé à n'effectuer les calculs de distribution spatiale que sur deux espèces (d'ailleurs les plus importantes de ce peuplement) : *Nephtys cirrosa* et *Ophelia borealis* (Tableau 3).

Si la répartition de *Nephtys cirrosa* (Polychète errante) est du type "hasard", celle d'*Ophelia borealis* (Polychète sédentaire) est du type "contagieux".

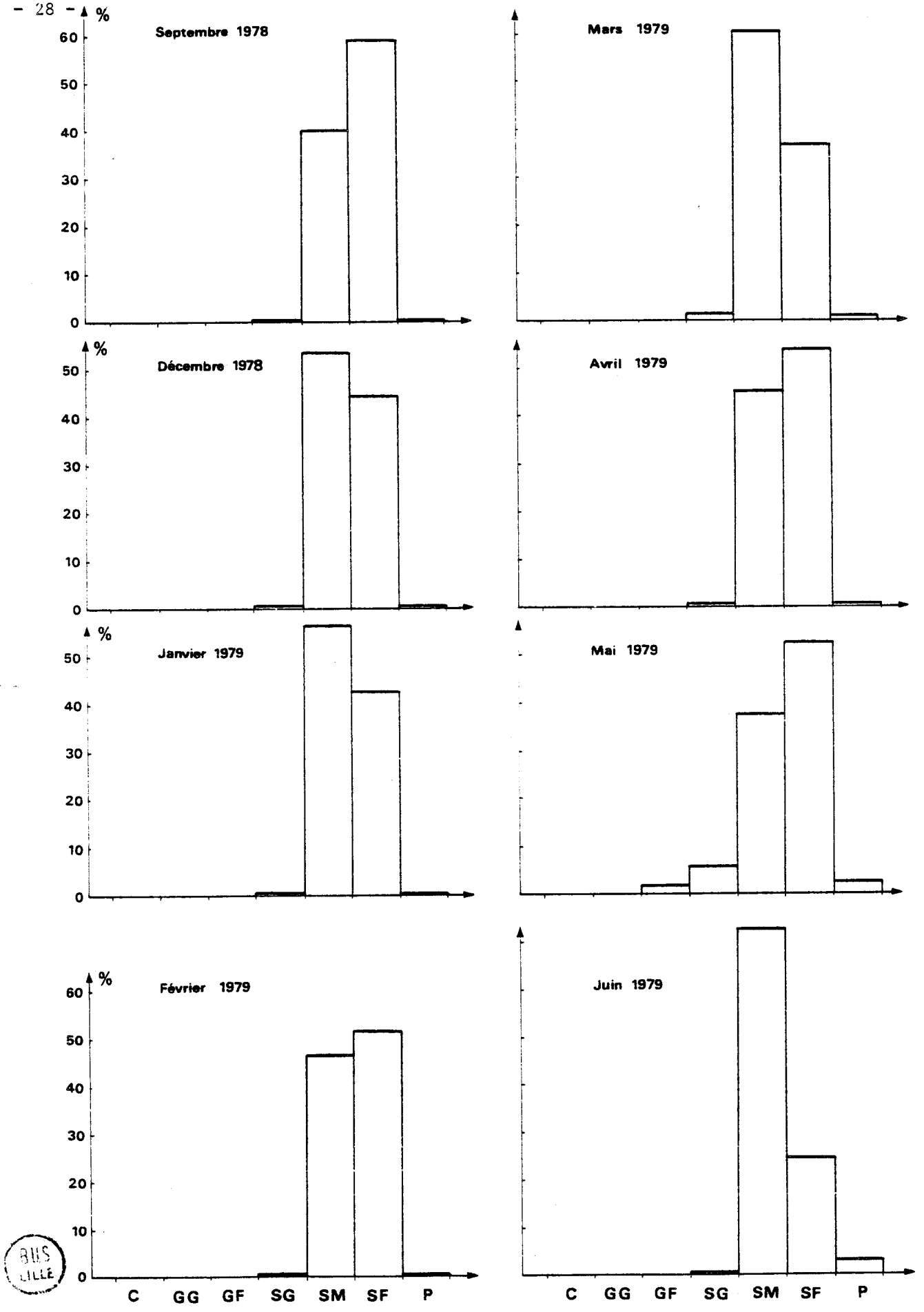
Ce type de distribution pour *Ophelia borealis* permet de supposer une distribution hétérogène du sable grossier nécessaire à son alimentation***, le comportement sédentaire de cette espèce l'oblige à se développer là où le sédiment est propice à son alimentation.

---

* Trois annélides de petite taille trouvées en 1978 (SMIGIELSKI et SOUPLET, 1978) : *Saccocirrus papillocercus* (163 ind./m²), *Polygordius sp.* (65 ind./m²), *Microphtalmus similis* (10 inf./m²) n'ont pas été récoltés en 1979.

** L'ajustement d'un modèle mathématique à la distribution d'abondance conduit à l'utilisation d'un modèle log-normal (Fig. 11).

*** *Ophelia borealis* ingère des particules de sable grossier et se nourrit des microorganismes vivant à leur surface.



BUS LILLE

Fig. 12 : Evolution des différentes classes granulométriques du sédiment à la station B

3.3. Peuplement à *Abra alba*

3.3.1. Description du sédiment

L'examen des résultats des analyses granulométriques nous a conduit à distinguer deux types de sédiments en fonction de leurs teneurs différentes en fraction fine.

3.3.1.1. Sédiment envasé
(Type II - Station B) (Fig. 8)

La distribution des différentes classes granulométriques est unimodale (Fig. 1), le mode se situe dans les sables fins (52,24 %) (Tableau 9) avec néanmoins une forte proportion de sables moyens (37,57 %). Le sédiment est très bien classé (1,11<So<1,18) (Tableaux 2 et 5). De septembre 1978 à mai 1979 la composition du sédiment a subi assez peu de variations (Fig. 12, tableaux 4 et 5). Le mode se situe tantôt dans les sables fins, tantôt dans les sables moyens. Il faut toutefois signaler que le pourcentage pondéral cumulé de ces deux classes n'est jamais inférieur à 90 %. La quantité de pélites peut représenter jusqu'à 2,37 % du poids total de l'échantillon*.

3.3.1.2. Sédiment propre
(Type III - Station C) (Fig. 8)

La distribution de ce sédiment est unimodale (Fig. 9), le mode se situe dans les sables moyens (79,28 %) (Tableau 1). Toutefois la médiane est située dans les sables fins (0,187) (Tableau 2). Il faut noter le pourcentage relativement faible des sables fins (19,32 %). Les sables fins et moyens représentent 98,6 % du poids total de l'échantillon.

La teneur en pélites y est très faible (0,08 %).

3.3.2. Analyse faunistique

L'analyse faunistique montre que les différences dans les teneurs en pélites sont confirmées au niveau des espèces.

Nous sommes en présence de deux faciès qui s'organisent de l'ouest vers l'est (dans le sens de la dérive des

---

* Si la teneur en pélites n'est pas importante pondéralement, elle l'est du point de vue biologique.

courants) comme suit : le premier, envasé, est caractérisé par la présence de *Nephtys hombergii*, on trouve en outre *Abra alba, Tellina fabula, Ophiura texturata, Lanice conchilega, Notomastus latericeus*.

Le second, dont le sédiment est moins chargé en pélites, est marqué par la présence de *Nephtys cirrosa*. Les autres espèces principales du cortège sont *Bathyporeia elegans*, *Urothoe brevicornis* et *Gastrosaccus spinifer*.

3.3.3. Etude quantitative

3.3.3.1. Faciès envasé à *Nephtys hombergii*

Cet aspect du peuplement à *Abra alba* se signale par son instabilité.

Certaines espèces voient leur densité varier considérablement sans que cela ne laisse augurer un quelconque dégraissement*.

	1978				1979			
	Nb.ind. global (/m²)	Nb.ind. %	Biomasse globale (g/m²)	Biomasse %	Nb.ind. global (/m²)	Nb.ind. %	Biomasse globale (g/m²)	Biomasse %
Nephtys hombergii	29	8,63	1,32	20,63	23	12,85	0,64	17,11
Nephtys cirrosa	6	1,79	0,01	0,16	0	0	0	0
Spiophanes bombyx	18	8,33	0,01	0,16	26	14,53	0,03	0,80
Notomastus latericeus	0	0	0	0	21	11,73	0,63	16,84
Abra alba	16	4,76	0,17	2,66	34	18,99	0,89	23,94
Tellina fabula	146	55,36	2,76	43,13	14	7,84	0,63	16,79
Ophiura texturata	28	8,33	1,36	21,25	1	0,56	0,01	0,27

En effet, si des espèces vasicoles voient leur densité chuter (*Tellina fabula* et *Ophiura texturata*), d'autres voient leur densité augmenter (*Notomastus latericeus* et *Abra alba*). Une stabilité évidente est enregistrée pour ce qui est de *Nephtys hombergii* et *Spiophanes bombyx*.

La disparition de *Nephtys cirrosa* n'est pas significative, on ne peut pas l'attribuer à une éventuelle augmentation de la fraction fine.

---

* Voir l'évolution du sédiment à cet endroit (§ 3.3.1.1.).

La chute de la biomasse entre les deux campagnes (- 2,7 g/m^2) s'explique par la diminution considérable de la densité de *Tellina fabula* (diminution de 90 % de l'effectif) et de celle d'*Ophiura texturata*.

La biomasse reste néanmoins très élevée : 3,7 g/m^2 en 1979 (contre 6,4 g/m^2 en 1978). La diminution de l'effectif de *Tellina fabula* provoque une augmentation importante de la diversité.

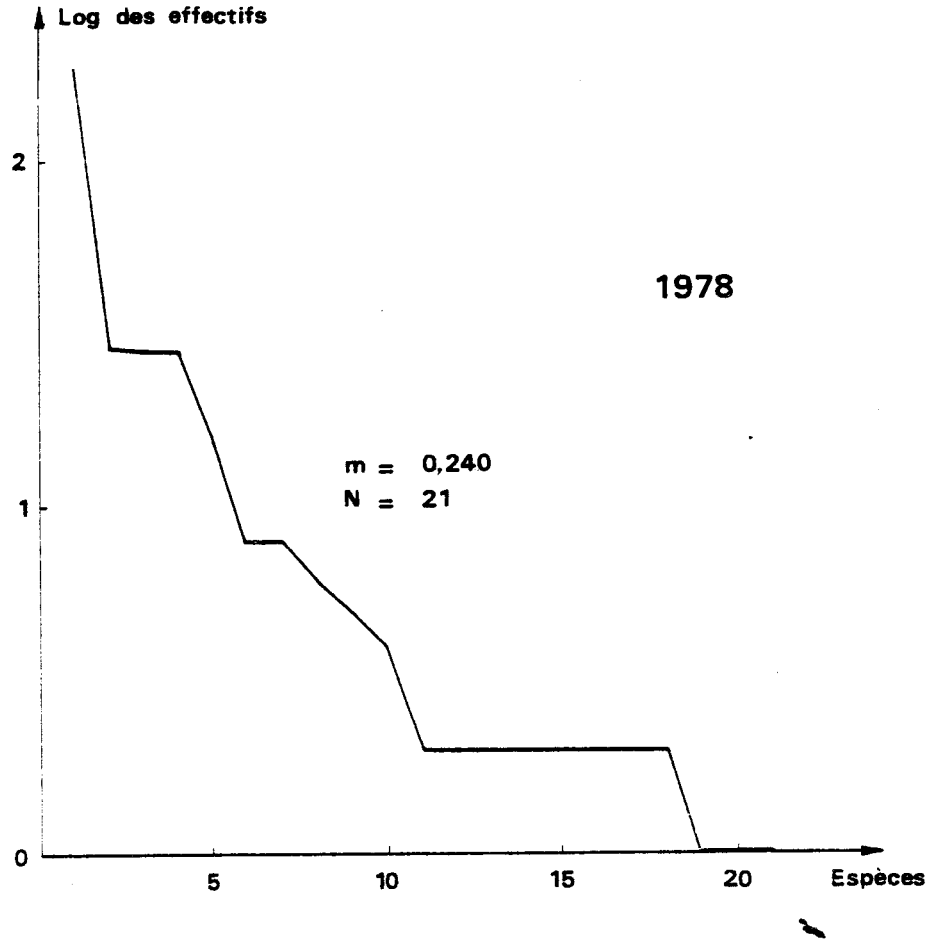
	Diversité	Equitabilité	Constante de milieu
1978	2,519	0,57	0,240
1979	3,690	0,81	0,307

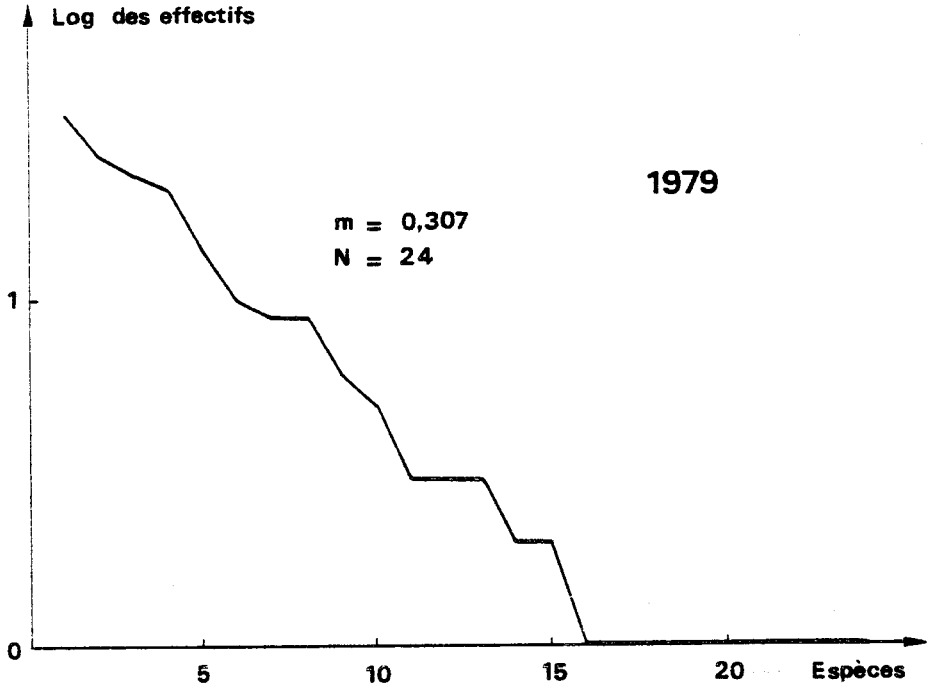
L'ajustement de la distribution d'abondances conduit cette fois encore à l'utilisation d'un modèle log-normal (Fig. 13). La distribution spatiale de *Nephtys hombergii* (Polychète errante) est du type "hasard" par le fait que sa mobilité au sein d'un sédiment homogène (cf. analyses granulométriques) lui permet de rechercher les conditions trophiques (ou autres) qui lui sont nécessaires.

Pour ce qui est de *Spiophanes bombyx* (Polychète sédentaire), on peut expliquer son type de distribution spatiale (au hasard) par ses possibilités d'adaptation à un sédiment vaseux ou propre. En effet, EAGLE (1973) le signale comme une espèce affectionnant les sables propres. CABIOCH (1968) le signale dans le peuplement des sables fins plus ou moins envasés de la Pierre Noire. KIRKEGAARD (1969) l'a trouvé dans des sédiments envasés et dans des sables propres dans le Dogger Bank. Nous l'avons trouvé au cours des différentes études dans ces deux types de sédiment avec toutefois une légère préférence pour les sables envasés.

3.3.3.2. Faciès propre à *Nephtys cirrosa*

Il est difficile de définir exactement les aspects quantitatifs de la station témoin de ce faciès, du fait de l'hétérogénéité des résultats obtenus lors des deux campagnes. Les résultats faunistiques semblent prouver, par la régression d'espèces vasicoles (*Nephtys hombergii*, *Tellina fabula* et à un degré moindre *Spiophanes bombyx*), que le sédiment s'est appauvri en particules fines.





BUS LILLE

Fig. 13 : Distributions d'abondances des espèces à la station B

A l'inverse les espèces à tendances moins vasicoles profitent de ce dégraissement (*Bathyporeia elegans*).

	1978				1979			
	Nb.ind. global (/m²)	Nb.ind. %	Biomasse globale (g/m²)	Biomasse %	Nb.ind. global (/m²)	Nb.ind. %	Biomasse globale (g/m²)	Biomasse %
Nephtys hombergii	17	14,05	0,60	24,49	3	1,48	0,08	14,81
Nephtys cirrosa	21	17,36	0,08	3,27	8	3,94	0,04	7,41
Spiophanes bombyx	19	15,70	0,02	0,82	1	0,49	0,003	0,56
Abra alba	2	1,65	0,04	1,63	1	0,49	0,0004	0,49
Tellina fabula	32	26,45	0,87	35,51	0	0	0	0
Bathyporeia elegans	0	0	0	0	171	84,24	0,10	18,52

Si la proximité de la côte de la station de prélèvement permet de mettre en évidence la progression du dégraissement déjà observé en 1973 et 1976, elle ne permet pas d'augurer des aspects quantitatifs du faciès à *Nephtys cirrosa*.

Les résultats de biomasse sont, du fait de la disparition de *Tellina fabula* et de *Nephtys hombergii*, assez disparates : en 1978 on enregistrait une biomasse de 2,4 g/m², en 1979 elle n'était plus que de 0,5 g/m².

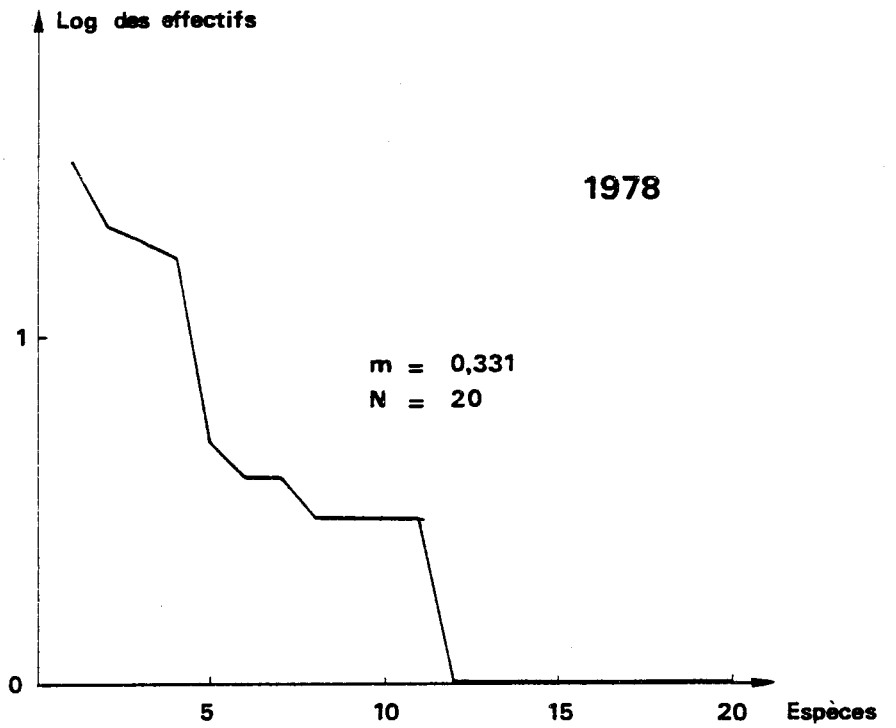
La disparition des espèces vasicoles et la très forte densité de *Bathyporeia elegans* fait chuter l'indice de diversité, l'équitabilité et la constante de milieu de PRESTON*.

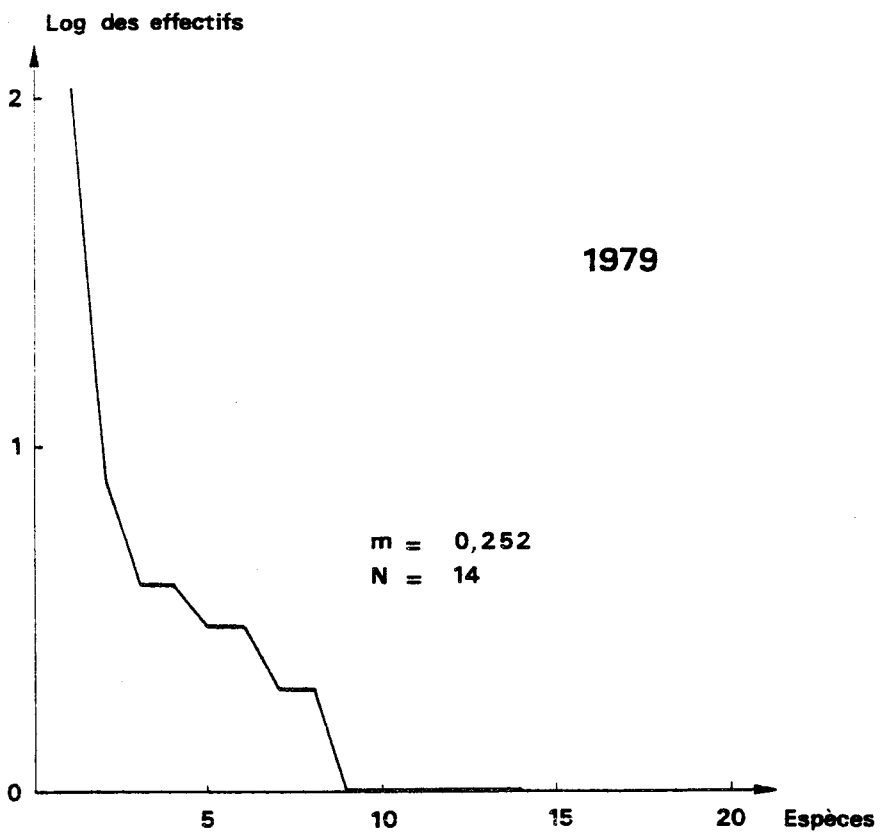
	Diversité	Equitabilité	Constante de milieu
1978	3,234	0,75	0,331
1979	1,153	0,30	0,252

Ces résultats prouvent que cette zone particulière du site est en pleine évolution et que l'établissement d'un peuplement stable y est difficile.

---

* Le modèle mathématique d'ajustement de la distribution d'abondances est le modèle log-normal (Fig. 14).





BUS LILLE

Fig. 14 : Distributions d'abondances des espèces à la station C

La faiblesse du résultat, tant au niveau du nombre d'individus qu'au niveau de la fréquence, nous a empêché de connaître l'organisation spatiale que présente le faciès à *Nephtys cirrosa* à cette station.

Seule, l'étude de la distribution spatiale de *Bathyporeia elegans* a pu être menée à bien (Tableau 3). La distribution de cette espèce est du type "contagieux". Ce type de distribution spatiale s'explique par le fait que le prélèvement a été effectué au moment de la reproduction de cette espèce. En effet, si le nombre de jeunes individus de petite taille était faible (9), le nombre de femelles gestantes était assez important (38). Le décalage de la reproduction par rapport à ce qui avait déjà été observé (DEWARUMEZ, 1976a) est certainement dû à l'hiver et au printemps particulièrement froids de cette année.

3.3.4. Historique des descriptions du peuplement à *Abra alba*

Dès les premières études bionomiques entreprises en Mer du Nord (PETERSEN, 1911, 1913, 1918), *Abra alba* a été retenue pour caractériser l'ensemble de caractères édaphiques et faunistiques que constitue un peuplement.

Le peuplement que nous décrivons ici correspond à la "*Abra*-community" décrite par PETERSEN (1918) et BOYSEN-JENSEN (1919) dans les eaux danoises.

FORD (1923) le fait intervenir au niveau de la "*E.c. V.g.**-community" dont il représente les aspects sablo-vaseux.

Dans la classification des peuplements d'endofaune de JONES (1950), le peuplement à *Abra alba* intervient au niveau du "Boreal Offshore Muddy-Sand Association".

CABIOCH (1968) décrit en Manche occidentale (La Pierre Noire en Baie de Morlaix) le peuplement composite des sables fins plus ou moins envasés à *Abra alba*.

EAGLE (1973, 1975) décrit en Baie de Liverpool deux associations "P" établies sur des sables fins envasés (*Pectinaria koreni*, *Mysella bidentata* et *Pholoe minuta*) et "M" (*Magelona papillicornis*, Mysidacés, *Nephtys cirrosa*, *N. longosetosa*,

---

* *E.c.* = *Echinocardium cordatum*.
V.g. = *Venus gallina*.

Spiophanes bombyx et *Scoloplos armiger*) établies sur des sables propres. Il décrit également deux associations intermédiaires "A et L" (où *Abra alba* et *Lanice conchilega* dominent tout à tour) sur des sédiments intermédiaires.

3.3.5. Distribution géographique du peuplement à *Abra alba* dans les mers européennes

D'une manière générale, le peuplement à *Abra alba* est à peu près constant en zone littorale de la Manche, que ce soit sur les côtes françaises ou anglaises. Il est d'ailleurs à signaler que sur les côtes anglaises,ce peuplement a une extension plus importante que sur les côtes françaises. Les conditions hydrodynamiques y sont plus favorables à l'établissement d'un sédiment envasé.

En Manche occidentale,ce peuplement n'est localisé que dans des sites privilégiés du point de vue courantologique (La Pierre Noire, CABIOCH, 1968).

Dans le Golfe Normanno-Breton, RETIERE (1975) le décrit également. Il est très peu étendu et localisé uniquement au fond du golfe.

CABIOCH et GENTIL (1975) le signalent à l'ouvert de l'estuaire de la Seine. GENTIL (1976), précisant davantage sa localisation, le décrit "formant une ceinture aux débouchés de la Seine et de l'Orne" et indique qu'en Baie des Veys (Baie de Seine occidentale) ce peuplement semble également exister.

En Manche orientale, le peuplement à *Abra alba* est quasiment constant. On le retrouve de Dieppe* au Cap Gris-Nez occupant une zone plus ou moins large (CABIOCH et GLAÇON, 1975 et 1977, DEWARUMEZ, 1976c).

Le resserrement du Détroit du Pas-de-Calais provoque une modification des conditions hydrodynamiques et affecte ainsi la sédimentation en empêchant le dépôt de sédiments fins.

Au Nord du Cap Blanc-Nez les conditions courantologiques redeviennent favorables et permettent à nouveau l'installation du peuplement à *Abra alba* (DEWARUMEZ, 1976a; SMIGIELSKI,

---

* Le peuplement à *Abra alba* est d'ailleurs annoncé à l'est de Fécamp par l'aspect envasé (faciès sub-côtier) du peuplement des cailloutis (DEWARUMEZ, 1979a).

1976 ; DEWARUMEZ et Coll., 1976 ; SOUPLET, 1977 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, à paraître ; SOUPLET et Coll., à paraître). Il occupe une bande côtière jusqu'à la frontière belge.

Les travaux d'autres auteurs permettent de supposer sa continuité le long des côtes de la Mer du Nord (EISMA, 1966, le long des côtes hollandaises ; STRIPP, 1969, dans la baie d'Helgoland ; et PERTERSEN, 1919, le long des côtes danoises).

Ce peuplement a une distribution très étendue : il a été décrit en zone atlantique : GLEMAREC (1969 et 1973) sur le plateau continental Nord Gascogne, WARWICK et DAVIES (1977) dans le canal de Bristol, EAGLE (1973) en baie de Liverpool.

4. EVOLUTION DES PEUPLEMENTS

Nous nous attacherons, dans ce paragraphe, à suivre les changements qui ont pu se produire depuis le début des études (1973) dans les communautés où *Abra alba* est présente.

4.1. Etat de référence : Etude 1973

Cette étude portait sur 49 dragages effectués durant l'été et l'automne 1973 (Fig. 15, Tableau II)

Nous avons utilisé la méthode de l'analyse en composantes principales pour la détermination des différentes unités d'affinités spécifiques.

4.1.1. Résultats

A partir des données brutes, une matrice de similitude portant sur les 49 stations a été bâtie en utilisant l'indice d'OCHIAI*. Trois des axes (Tableau 6) de l'hyperespace à 49 dimensions résultant de l'analyse factorielle semblent revêtir un certain intérêt. Ils rassemblent à eux trois 42,26 % de la variance.

L'axe I (27 % de la variance) n'est pas discriminant. Il permet de montrer l'homogénéité faunistique de la zone étudiée.

---

* Notre choix de l'indice d'OCHIAI a été orienté par les travaux de ROUX (*in* BENZECRI, 1976) et de BLANC et Coll. (1976). Cet indice a pour formule : $I = \frac{a}{\sqrt{b.c}}$

avec : b = nombre d'espèces du 1er prélèvement ; c = nombre d'espèces du 2ème prélèvement ; a = nombre d'espèces communes. Cet indice ne tient pas compte des doubles absences.

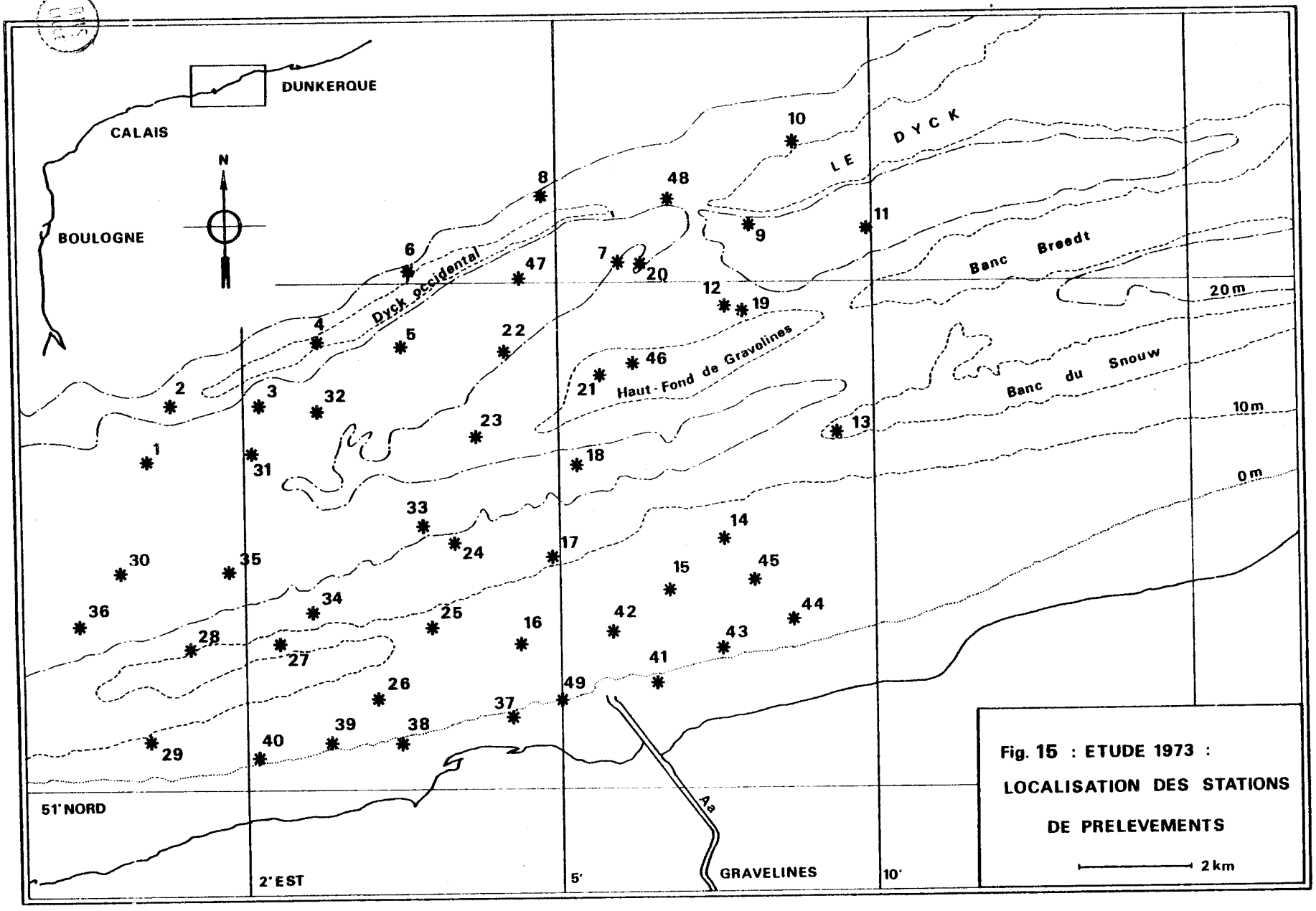


Fig. 15 : ETUDE 1973 :
LOCALISATION DES STATIONS
DE PRELEVEMENTS

Le deuxième axe (9 % de la variance) paraît chargé d'une signification écologique plus nette, à l'échelle relativement petite de la zone étudiée. Les saturations selon cet axe sont étroitement corrélées à la profondeur (r = 0,61 significatif à 99 %). L'axe II semble également être lié à la teneur en particules fines du sédiment. Les descriptions du sédiment avant le tamisage le montrent (DEWARUMEZ, 1973).

Le troisième axe (7 % de la variance) semble être lié à la fraction grossière du sédiment. L'hétérogénéité d'un sédiment permettant l'installation d'espèces plus nombreuses et par conséquent augmentant la diversité, on peut supposer que cet axe est lié à la diversité.

Des différentes combinaisons entre les axes d'inertie, le plan II/III (Fig. 16) semble être, dans notre cas, celui qui individualise le mieux les différentes unités d'affinités spécifiques. Il nous permet de mettre en évidence un gradient côte-large et par là même deux ensembles : un ensemble "côtier" (ensembles 1 + 2 + 3) et un ensemble du "large" (4 + 5).

L'ensemble "côtier" peut se scinder en trois sous unités qui s'organisent parallèlement à la côte en fonction de la profondeur :

- la première (1), très côtière, regroupe des stations (de l'ouest vers l'est : 40, 39, 38, 37, 49, 43, 44, 45) ayant une profondeur comprise entre 0 et 5 m ;
- la seconde (2),un peu plus profonde, rassemble des stations dont la profondeur avoisine les 10 m (stations 1, 12, 15, 25, 26, 27, 29, 42) ;
- la troisième (3), beaucoup plus profonde (23,5 m en moyenne), semble être localisée à une souille. Deux stations situées dans l'axe de l'embouchure de l'Aa, quoique moins profondes, s'y rattachent (stations 16, 17, 19, 30, 33, 35, 36).

L'ensemble du "large" peut se scinder en deux sous unités qui s'organisent également en fonction de la profondeur (ensembles 4 et 5).

Les calculs biocénotiques effectués sur les ensembles déterminés par l'analyse factorielle montrent la relative homogénéité de la zone d'étude (Tableau 8). Une espèce (*Nephtys cirrosa*) prédomine presque partout. Sa fréquence*, dans trois cas sur

---

* Fréquence = rapport du nombre de relevés d'un peuplement dans lesquels l'espèce est présente au nombre total de relevés dans le peuplement.

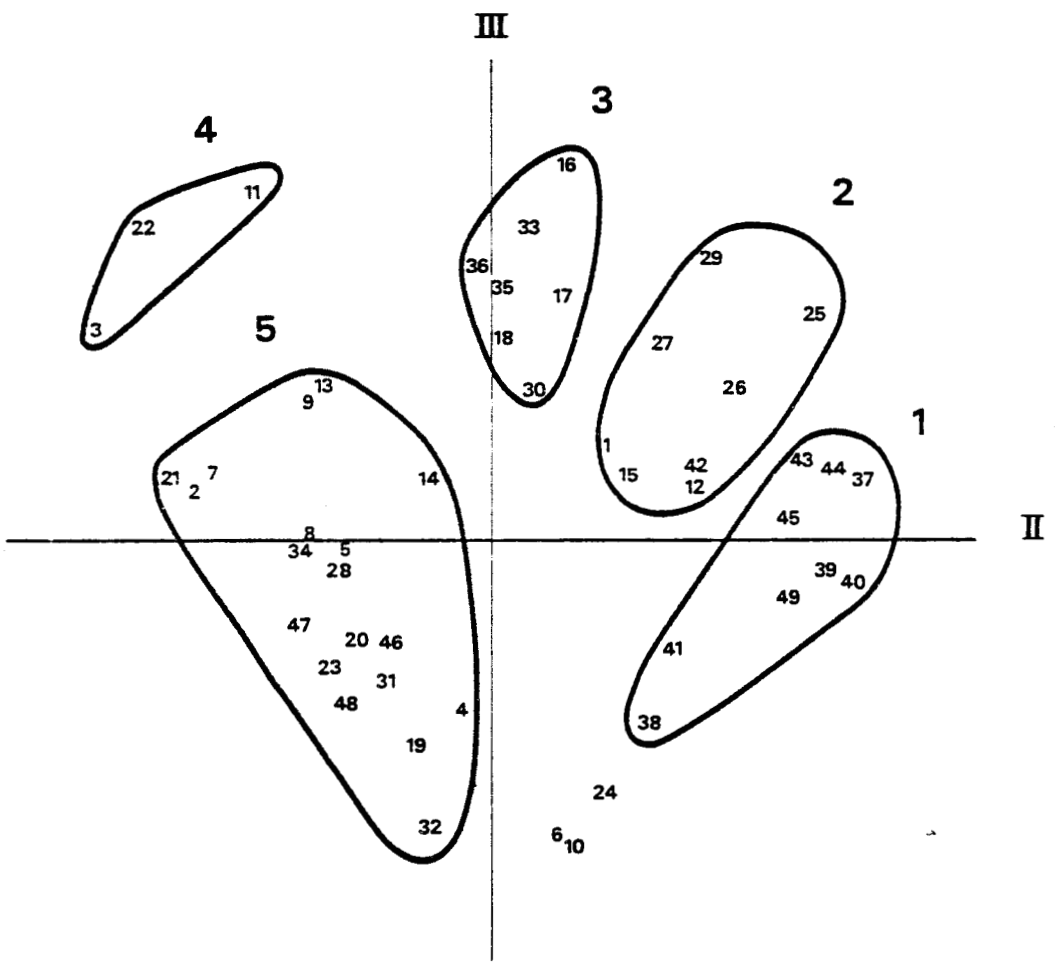


Fig. 16 : Etude 1973 Plan II / III de l'analyse factorielle

BUS LILLE

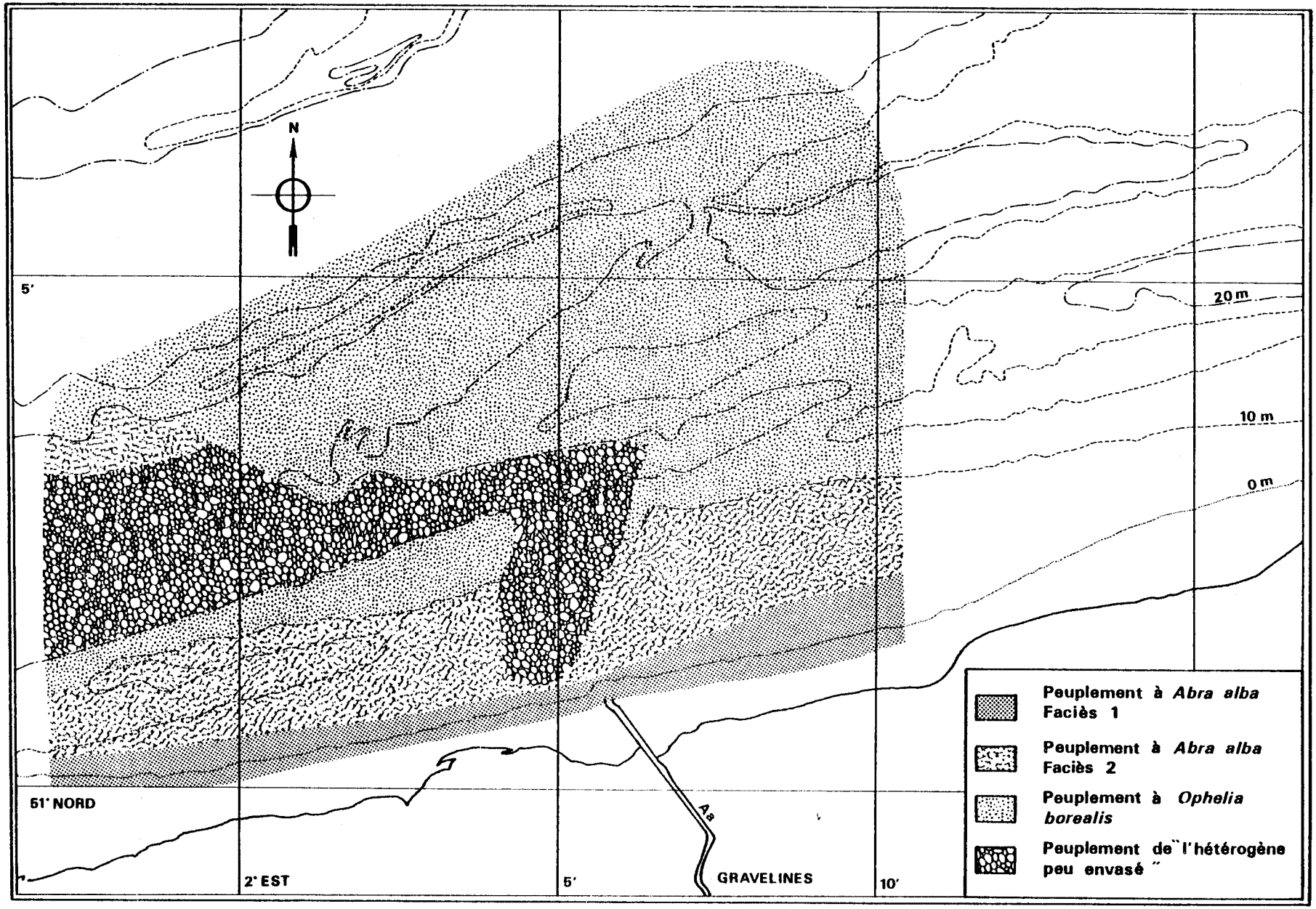


Fig. 17 : Etude 1973 Carte de répartition des peuplements benthiques

BUS LILLE

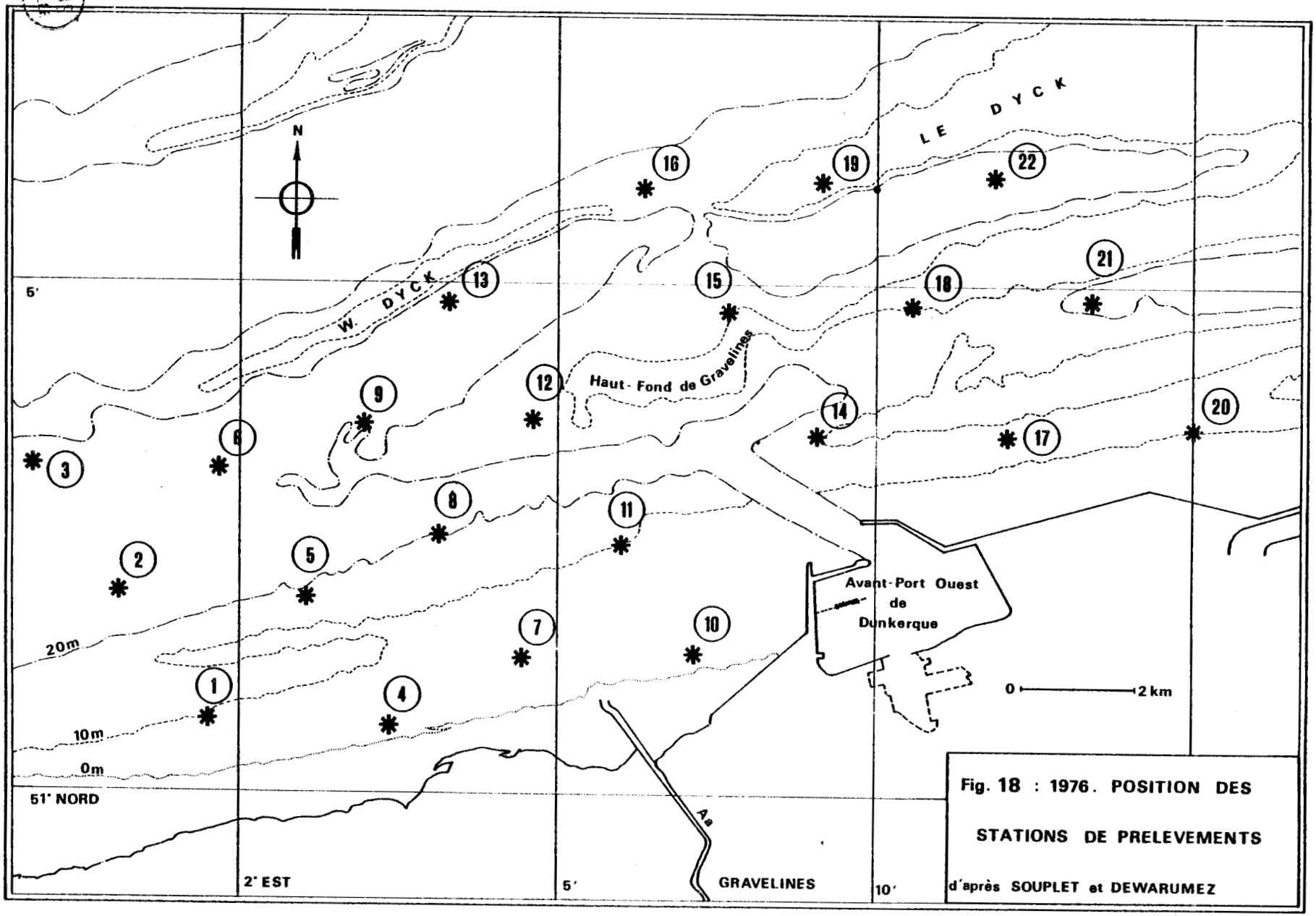


Fig. 18 : 1976. POSITION DES STATIONS DE PRELEVEMENTS

d'après SOUPLET et DEWARUMEZ

quatre supérieure à 75 % (espèce constante), montre le caractère littoral de la zone étudiée.

4.1.2. Interprétation

On retrouve les différentes unités faunistiques déjà décrites. Le peuplement à *Abra alba* dans lequel les deux faciès s'organisent parallèlement à la côte (Fig. 17).

Le peuplement de l'"Hétérogène envasé" dans lequel on note une prédominance des espèces de sédiments propres, par ordre de dominance décroissante* : *Ophiura albida*, *Psammechinus miliaris*, *Asterias rubens*, *Pagurus berhnardus*, etc... Des espèces vasicoles sont également rencontrées mais moins nombreuses (*Stenelais boa* et *Nephtys hombergii*) (Tableau 8).

Le peuplement à *Ophelia borealis* occupe la majeure partie du site étudié.

4.2. Etude de 1976

(d'après SOUPLET, 1977 ; SOUPLET et DEWARUMEZ, à paraître).

La matrice de Similitude des 22 stations prospectées (Fig. 18) a été traitée selon la méthode d'analyse en composantesprincipales.

Si le plan II/III fait apparaître les 4 unités faunistiques déjà décrites (Fig. 19), la carte de répartition des peuplements met en évidence des changements quant à la disposition des peuplements : on note un gradient décroissant en particules fines de l'ouest vers l'est (Fig. 20).

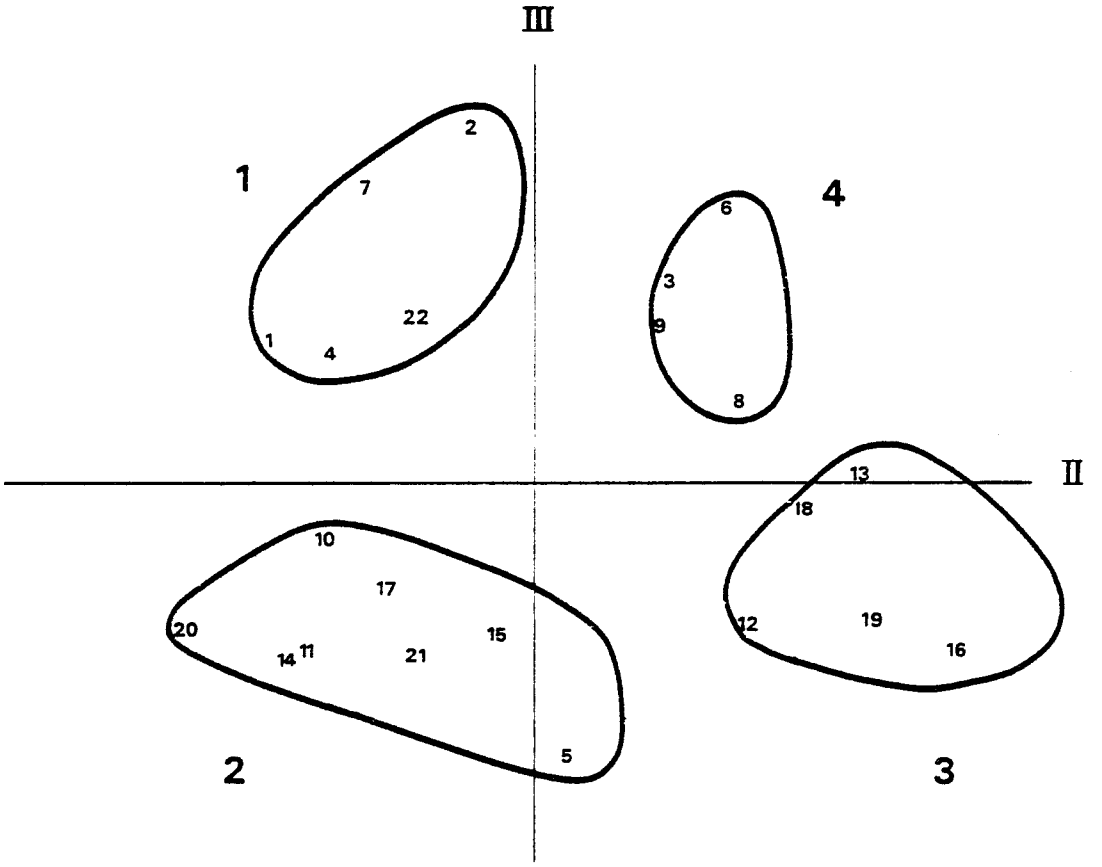
4.3. Evolution des communautés benthiques depuis 1973

4.3.1. Résultats

Nous avons appliqué la méthode d'analyse en composantes principales (indice d'OCHIAI) à un certain nombre de stations qui avaient été échantillonnées en 1973 et 1976 aux mêmes endroits (SOUPLET et DEWARUMEZ, à paraître). Du fait de l'incertitude

---

* Dominance = rapport du nombre d'individus d'une espèce et du nombre total d'individus dans un prélèvement (GUILLE, 1970).
Dominance moyenne = moyenne, exprimée en pourcentage, des dominances d'une espèce dans tous les prélèvements d'un peuplement (GLEMAREC, 1964 ; GUILLE, 1970).



d'après SOUPLET et DEWARUMEZ

Fig. 19 : Etude 1976 Plan II/III de l'analyse factorielle

BUS LILLE

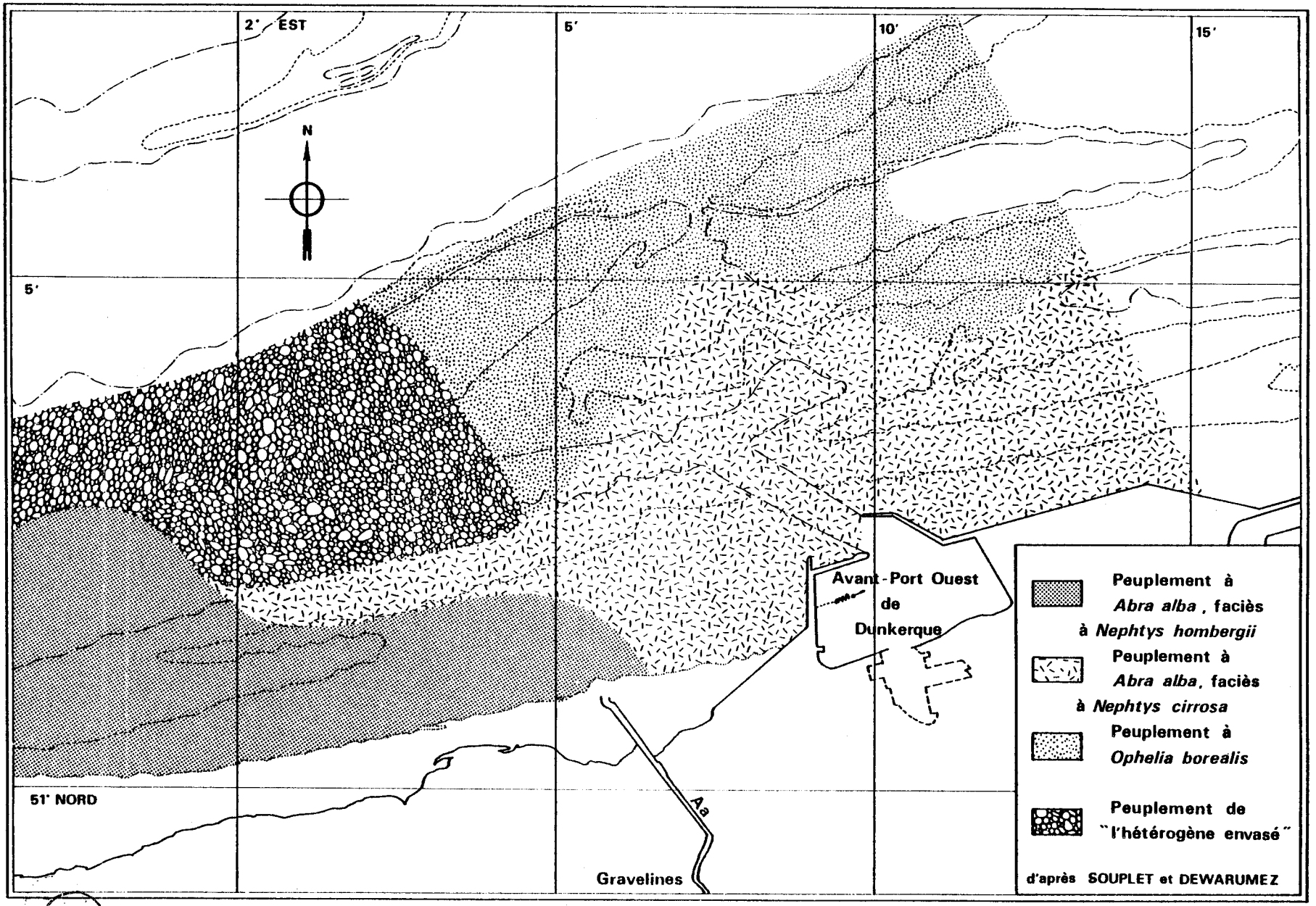
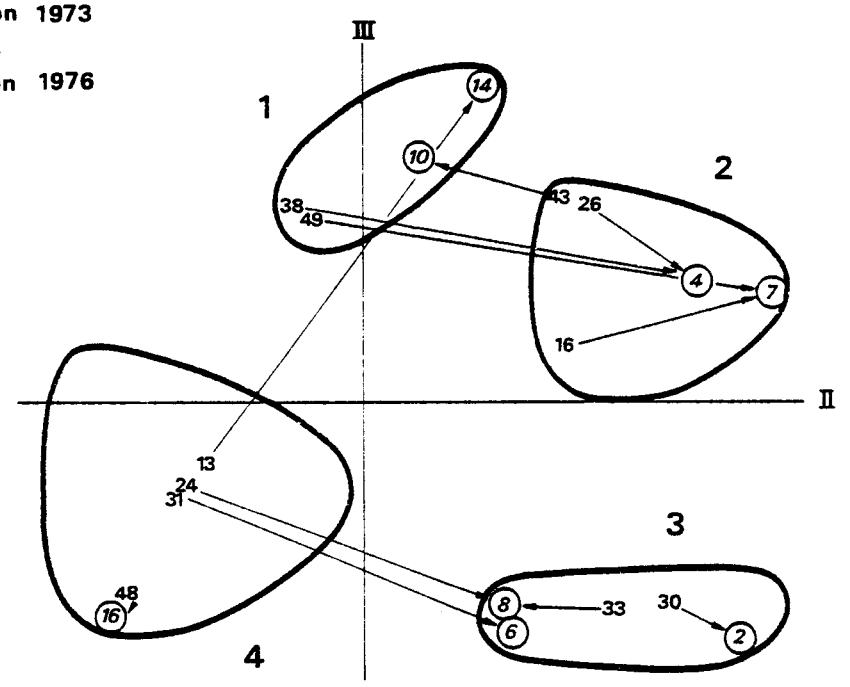


Fig. 20 : Etude 1976 Carte de répartition des peuplements benthiques

1 Station 1973

(1) Station 1976



1 : Peuplement à *Abra alba*, Faciès *Nephtys cirrosa*

2 : Peuplement à *Abra alba*, Faciès *Nephtys hombergii*

3 : Hétérogène envasé

4 : Peuplement à *Ophelia*

Fig 21 : Etude 1973/1976 : Plan II III de l'analyse factorielle

BUS LILLE

(environ 100 m) du "DECCA Navigator", deux stations de 1973 ont parfois été prises en compte pour une de 1976. Si le premier axe (25,8 % de la variance) (Tableau 8) est trivial et semble indiquer une relative stabilité de la zone étudiée, l'axe II (10 % de la variance) semble permettre de discerner l'évolution des stations entre 1973 et 1976.

Dans le plan des axes II/III quatre ensembles homologues à ceux décrits en 1976 se dégagent (Fig. 21).

Si les déplacements des points stations selon l'axe III semblent dénués de signification et totalement aléatoires, les variations le long de l'axe II s'effectuent toutes dans le même sens. Les points représentatifs de stations où la fraction fine était faible en 1973 se retrouvent, en 1976, dans un ensemble caractérisé par une fraction fine plus importante.

De même, en ce qui concerne les stations qui sont restées au sein du même ensemble, le déplacement est analogue.

Compte tenu de la signification proposée pour l'axe II dans les analyses précédentes, on peut donner comme raison à ces déplacements l'apparition d'espèces à tendances plus vasicoles.

Il est à remarquer que deux couples de points (43/10 et 48/16) échappent à ce modèle.

Le couple 48/16 représente une station située sur le banc du Dyck Occidental. L'augmentation des parties fines du sédiment liée à la prépondérance d'espèces vasicoles n'a, semble-t-il, pas atteint ce point situé très au large.

Le couple 43/10 représente une station de bas de plage. Cette station évolue dans le sens d'un appauvrissement en particules fines. Cet appauvrissement continue encore actuellement (§ 3.3.3.2.).

4.3.2. Conséquences bionomiques

Il résulte de cet envasement une extension vers le large du peuplement à *Abra alba*. Le peuplement à *Ophelia borealis* se trouve rejeté au large.

Le peuplement de l'"Hétérogène envasé devient plus typique : les espèces vasicoles dominent (*Sagartia sp.*, *Stenelais boa*, *Owenia fusiformis* et *Abra alba*). Il est à noter que l'envasement a permis l'implantation d'*Abra alba* au sein de ce peuplement. En effet, en 1973, un seul individu avait été récolté dans ce

peuplement sur les sept stations qu'il comportait, Alors qu'en 1978-79 la densité d'*Abra alba* y était de 75 individus au mètre carré.

4.3.3. Discussion

L'envasement mis en évidence par l'analyse factorielle confirme les observations effectuées lors de l'étude de 1975 pendant laquelle était apparue une extention vers le large du peuplement à *Abra alba* et une régression simultanée du peuplement à *Ophelia borealis* (DEWARUMEZ, 1976a). SOUPLET (1977) décrit une régression de ce phénomène au cours de l'année 1976. Malgré cette régression, il est resté un envasement résiduel important.

Ces modifications sédimentologiques et faunistiques sont apparues au moment où des travaux très importants ont eu lieu sur le site : la construction de l'Avant Port Ouest de Dunkerque.

Les travaux ont commencé en 1973 par la construction des digues et le creusement des bassins. De plus, l'ancien chenal d'accès a vu sa profondeur portée à 22 m, tandis qu'un nouveau chenal était creusé simultanément. Depuis, leur entretien est continu.

La digue de l'avant port peut provoquer une déviation notable des axes de courants entraînant un dégraissement du bas de l'estran (couple 43/10). Elle induit également des contre courants (BONNEFILLE et Coll., 1971) qui engraissent les hauts niveaux (SOUPLET et Coll., 1978 ; RICHARD et Coll., 1978).

Si l'évolution des stations proches de l'avant port s'explique par la présence des ouvrages portuaires, l'envasement des stations éloignées peut difficilement leur être imputé. Il semble que l'on soit également en présence de modifications générales de la région se manifestant par un apport de particules fines dans le sens de la dérive des courants.

Les mouvements de sédiments sont connus en Mer du Nord. JAEGER (1971), STRIDE et CARTWRIGHT (1958), estiment que sur les côtes belges et allemandes, 4 millions de m^3 de sable traversent par an une largeur de 40 miles. De même, BONNEFILLE et Coll. (1971) ont étudié l'étalement de traceurs radioactifs insérés dans un sédiment, ils montrent une dispersion latérale très

rapide du sédiment immergé (2,5 Km vers l'est et 750 m vers l'ouest pour un sédiment immergé à 1 Km de la côte).

Le creusement des chenaux et leur entretien ont mis à jour des sédiments tertiaires : argiles grises de l'Ypresien* (COLBEAUX, communication personnelle). Ces argiles sont remaniées dans du quaternaire et enrichissent ainsi en particules fines la zone littorale.

De plus, le depôt de dragages de l'avant port et du chenal (station 22 de l'étude 1976) provoque également une perturbation permanente, autre source de particules fines qui alimente la région orientale de la partie française de la Mer du Nord.

5. ETUDE PARTICULIERE DES VARIATIONS DE DENSITE ET DE LA DISTRIBUTION SPATIALE D'*ABRA ALBA* ET DE *TELLINA FABULA* A LA STATION B (PEUPLEMENT A *ABRA ALBA*, FACIES A *NEPHTYS HOMBERGII*)

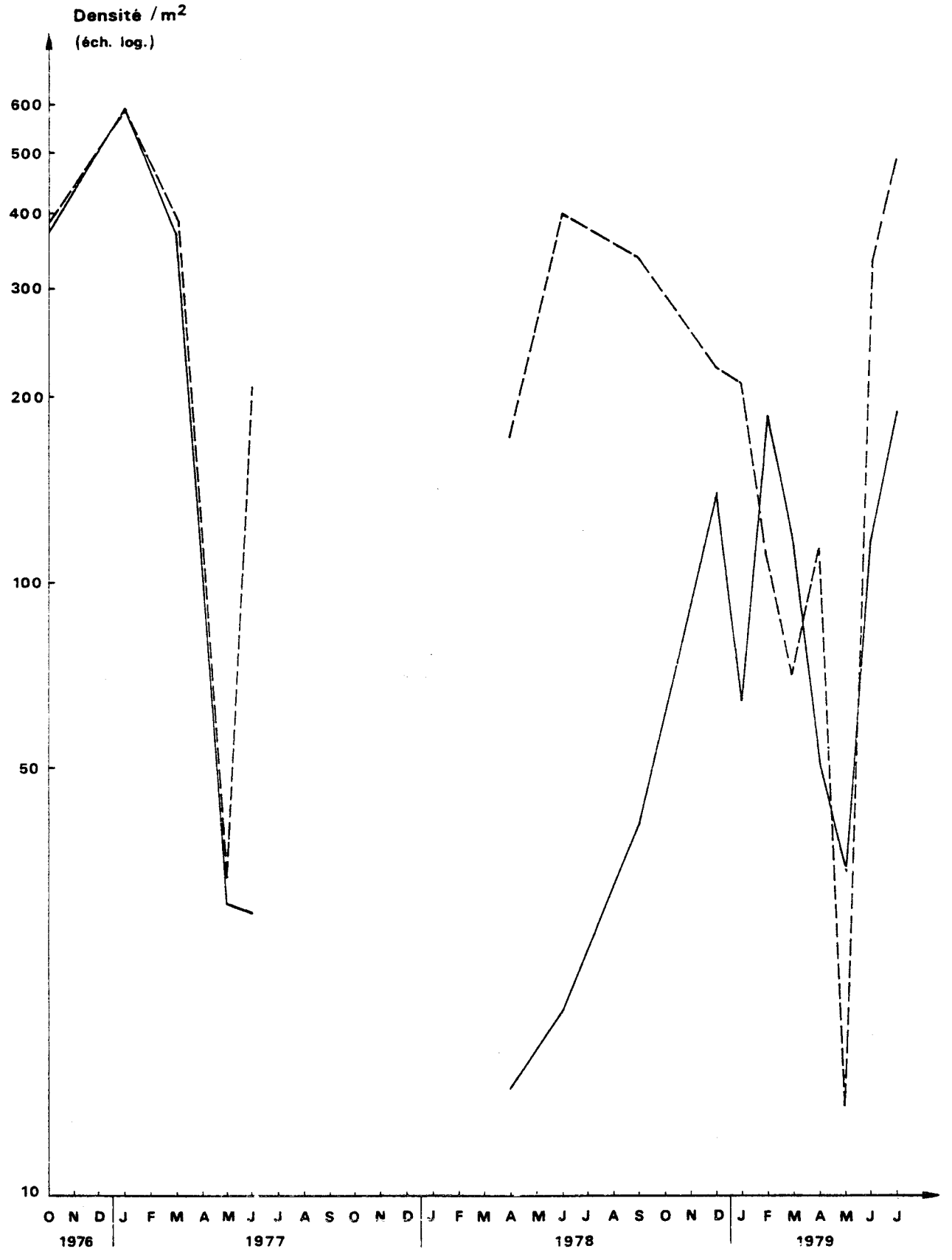
Les cycles de variations de densités d'*Abra alba* et de *Tellina fabula* montrent certaines analogies (Fig. 22). On note un minimum de densité printanier et un maximum automnal ou hivernal.

La forte mortalité printanière est due à la reproduction. La majorité des individus ayant pondu meurent après la ponte. La remontée plus rapide de la densité chez *Tellina fabula* confirme les résultats de MUUS (1973) qui estime que la période de reproduction est nettement plus courte chez *T. fabula* que chez *A. alba*. D'autre part, *T. fabula* n'est pas soumise à une prédation de la part des poissons plats comme l'est *A. alba* (notamment de la part du flet, DEWARUMEZ et Coll., 1976) tout au moins en ce qui concerne les jeunes individus.

La chute de densité de *T. fabula* en 1978 à partir du mois de septembre est difficilement explicable. Elle intéresse en effet toutes les classes d'âge. La remontée simultanée de la densité d'*A. alba* aurait pu faire croire à un phénomène de compétition interspécifique si ces deux espèces n'avaient pas déjà été récoltées ensemble en grande quantité (en janvier 1976 : près de 600 *Abra* et 600 *Tellina* ont été récoltées au sein du même prélèvement).

---

* L'analyse de ces sédiments donne les résultats suivants : faciès : argile sableuse de Roubaix ; âge : Cuisien (Ypresien supérieur) ; diagnose : argile sableuse et micacée + quelques débris de bois lignitifiés.



BIIS LILLE

Fig. 22 : Evolution des densités d'*Abra alba* (———) et *Tellina fabula* (— — —) entre Octobre 1976 et Juillet 1979

Quoiqu'il en soit, cette chute de densité observée chez *Tellina fabula* n'affecte en rien les capacités de reproduction de cette espèce car en juillet 1979 la densité atteignait 480 individus/m^2. La densité d'*Abra alba* remonte par contre plus lentement (187 individus/m^2 en juillet 1979) en raison de la prédation des poissons plats et de la période de reproduction plus longue.

La distribution spatiale de ces espèces est le plus souvent du type "contagieux" (Tableaux 9 et 10) ce qui laisse supposer l'existence au sein du peuplement à *Abra alba* de "lentilles" plus ou moins importantes de sable plus vaseux* permettant l'implantation d'un nombre plus important de ces lamellibranches.

6. CONCLUSIONS

Les différentes études entreprises ont permis de dégager plusieurs points importants.

Il existe dans la zone étudiée trois peuplements :

- le peuplement de l'"Hétérogène envasé", hautement productif ;
- le peuplement des sables moyens propres à *Ophelia borealis*, moyennement productif ;
- le peuplement des sables fins à moyens plus ou moins envasés à *Abra alba*. Celui-ci se décompose en deux faciès selon l'envasement :
  - . le faciès propre à *Nephtys cirrosa* où la biomasse est moyenne,
  - . le faciès envasé à *Nephtys hombergii* qui, grâce à l'abondance de certains lamellibranches, présente une valeur de biomasse assez élevée.

Un envasement a affecté la quasi totalité de la zone étudiée provoquant une extension vers le large du peuplement à *Abra alba* et une régression simultanée du peuplement à *Ophelia borealis* par rapport à ce qui avait été observé en 1973.

---

* L'hypothèse de l'existence de ces "lentilles" avait déjà été formulée lors de l'étude 1975 (DEWARUMEZ, 1976a).

Le peuplement à *Abra alba* est caractérisé par son instabilité. Cette instabilité réside dans le fait que dans ce type de peuplement très côtier et, par conséquent, établi à des profondeurs relativement faibles, des modifications importantes, brutales et imprévisibles des conditions écologiques locales font que dans le cortège des espèces habituelles, on assiste à des prépondérances successives au fil des années de quelques espèces de ce peuplement*. Le cas s'est encore produit cette année où ce fut *Lanice conchilega* qui domina. Une estimation (un calcul exact étant impossible) montre que la densité de *L. conchilega* atteignait 69 000 individus/m^2, dont une énorme majorité de jeunes individus** (diamètre du tube : 1,5 mm maximum). La densité était telle qu'un chalutier de Grand-Fort-Philippe a perdu un chalut à cause du colmatage des mailles par les tubes de *Lanice*. Il semble que cette "explosion" de *Lanice conchilega* soit maintenant passée mais les densités seront cette année, en ce qui concerne cette espèce, beaucoup plus importantes que les années précédentes.

Que ce soit telle ou telle espèce qui prédomine, l'important, en l'occurence, est de savoir que le peuplement à *Abra alba* est potentiellement capable de produire une grande quantité de matière organique et que cette production doit être équivalente d'une année à l'autre dans cette communauté connue pour sa forte productivité.

---

* Ce phénomène a d'ailleurs été constaté dans le même peuplement en Baie de Seine où *Abra alba* domina une année, puis, l'année suivante ce fut *Cultellus pellucidus* (GENTIL, communication personnelle).

** Ce résultat est confirmé par les études effectuées dans la région sur le zooplancton. Les larves de *Lanice* se sont révélées beaucoup plus abondantes que lors des années précédentes (6400/10 m^3 contre quelques centaines habituellement)(TOULARASTEL, communication personnelle).

CHAPITRE II

BIOLOGIE SEXUELLE

BIOLOGIE SEXUELLE

En règle générale, le sexe des Lamellibranches est difficile à déterminer sans étude histologique.

Chez *Abra alba*, aucune différence macroscopique (couleur, forme, etc...) ne permet de déterminer le sexe à l'aide d'une simple observation de la masse viscérale. Même si une coloration de la gonade apparaît au moment de la reproduction (crème-jaune ou crème-rose) nous n'avons pas pu relier une couleur à un sexe. Par contre, une coloration rose assez prononcée de la gonade est significative d'une femelle parasitée par un Trématode.

LUCAS (1965) estimait que, chez *Chlamys varia* : "La première difficulté résulte de ce qu'il faut faire une distinction entre la coloration dans la masse glandulaire et la coloration tégumentaire superficielle". Chez *Abra alba*, la coloration de la masse viscérale au niveau de la gonade est crème, on ne peut de toutes façons déterminer que très arbitrairement le passage de cette teinte à une couleur crème-jaune ou crème-rose.

Chez les Lamellibranches, un autre problème se pose quant à la détermination du sexe : ce sont les phénomènes d' hermaphrodisme.

Jusqu'aux travaux de LACAZE-DUTHIERS (1854) deux thèses s'affrontaient : le gonochorisme et l'hermaphrodisme. LACAZE-DUTHIERS, après avoir étudié 40 espèces de Bivalves, concluait : "Ainsi, l'opinion (...) sur un hermaphrodisme général doit être complètement rejetée et n'être plus considérée que comme applicable à quelques cas relativement assez rares".

Depuis, d'autres auteurs (ORTON, 1927 ; LUBET, 1959 ; LUCAS; 1965) ont envisagé ce problème d'un point de vue dynamique et mis à jour des phénomènes d'hermaphrodisme successif.

Au cours de cette étude nous n'avons pas mis en évidence chez *Abra alba* de phénomènes d'hermaphrodisme simultané. De plus, étant donné la durée de vie relativement courte de cette espèce dans notre région, le *sex ratio* de 1,09 et la récolte d'individus des deux sexes en proportions similaires dans toutes les classes d'âge (Fig. 25), on peut estimer

A : Anus
B : Bouche
C + L : Charnière + Ligament
Ct : Ctenidie
H.P. : Hépato-pancréas
I.P. : Intestin postérieur (avec fèces)
I.A. : Intestin antérieur
M : Manteau
M.A.P. : Muscle adducteur postérieur
M.A.A. : Muscle adducteur antérieur
P.L. : Palpes labiaux
P : Pied
S.E. : Siphon exhalant
S.I. : Siphon inhalant

C + L : Charnière + Ligament
E.M.A.P. : Empreinte muscle adducteur postérieur
E.M.A.A. : Empreinte Muscle adducteur antérieur
S.P. : Sinus palléal
S : Sommet

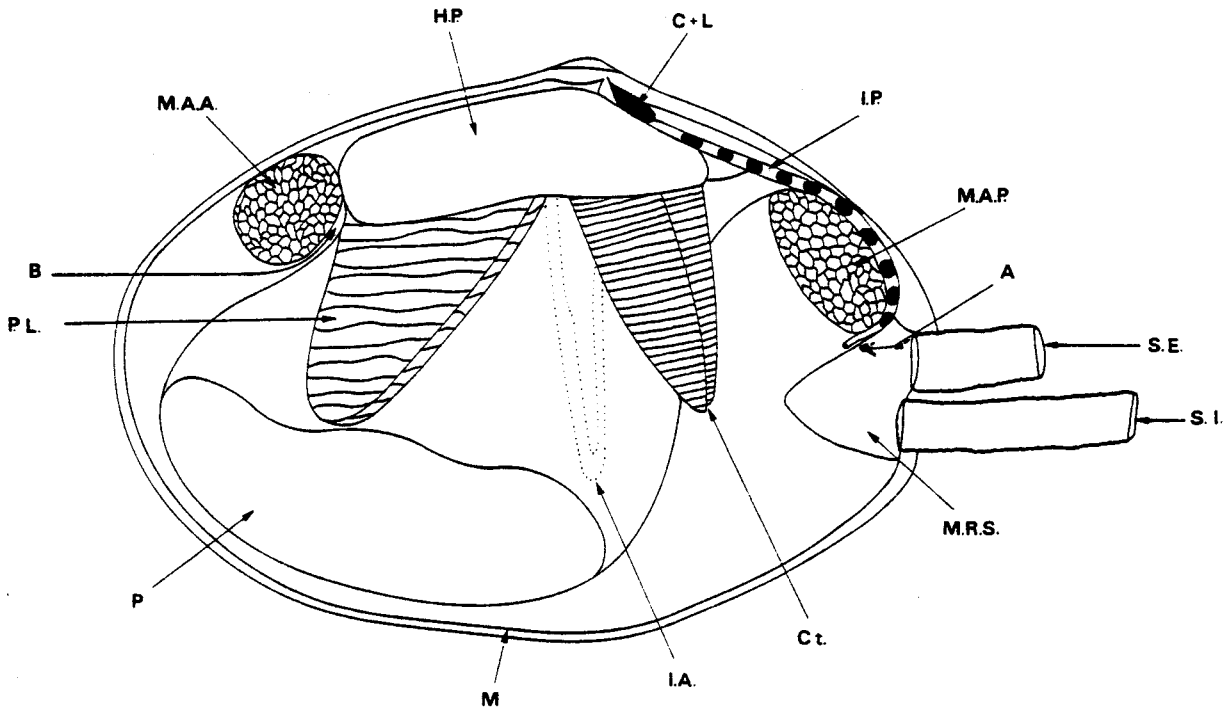


Fig. 23 : *Abra alba* : Vue de l'animal la valve gauche et le manteau enlevés

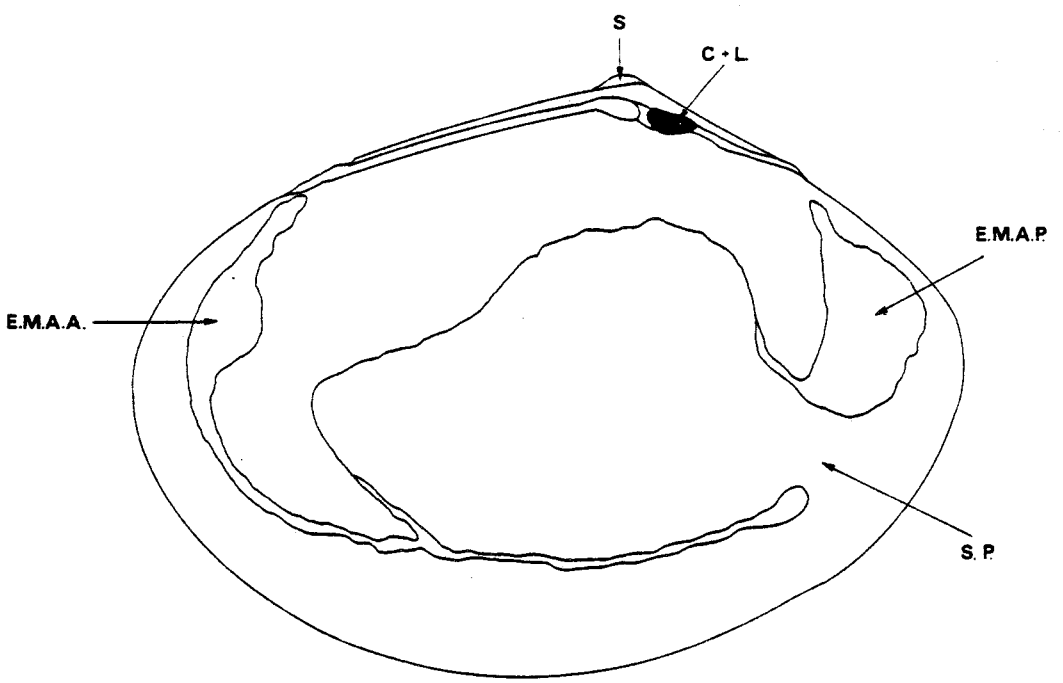


Fig. 24 : *Abra alba* : Vue de l'intérieur de la valve droite

BUS LILLE

qu'*Abra alba* ne présente pas non plus de phénomènes d'hermaphrodisme successif*.

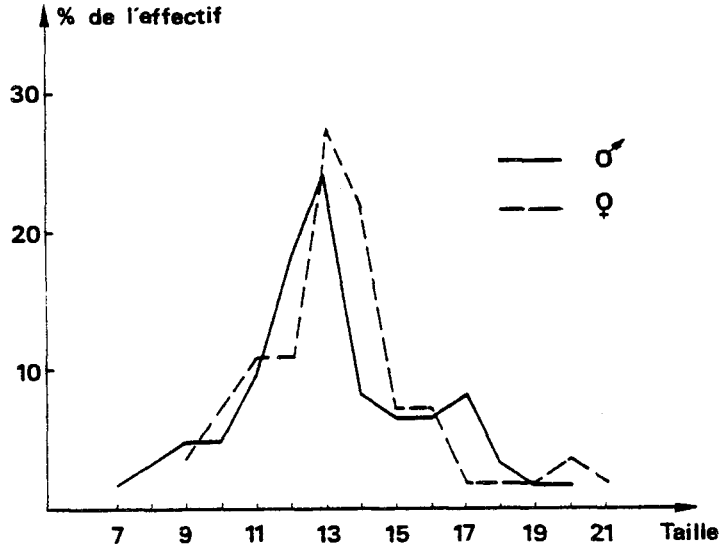


Fig. 25 : Comparaison des proportions des individus des deux sexes en fonction des classes de taille

Abra alba est donc, tout au moins dans la région étudiée, une espèce gonochorique.

I. DESCRIPTION DE L'APPAREIL REPRODUCTEUR

I.1. Anatomie sommaire de la gonade

La gonade d'*Abra alba* est une glande acineuse : elle est constituée de nombreux acinis ou follicules où s'effectue la maturation des gamètes.

Les acinis sont d'abord disposés de manière diffuse, noyés dans du tissu conjonctif et des fibres musculaires.

Puis, au fur et à mesure de la maturation des gamètes, ils prennent de plus en plus d'importance jusqu'à occuper la quasi totalité de la masse viscérale au moment de l'activité reproductrice maximale. Les masses musculaires régressent : les travées de muscles transversaux se réduisent, la paroi musculaire de l'animal s'amincit, l'hépato-pancréas et même le tube digestif régressent également (Fig.26)

---

* Il n'est pas dit que dans les régions où *Abra alba* vit plus longtemps (Clyde ; FORD, 1925 ; STEPHEN, 1932) on ne puisse pas assister à ce type de sexualité.

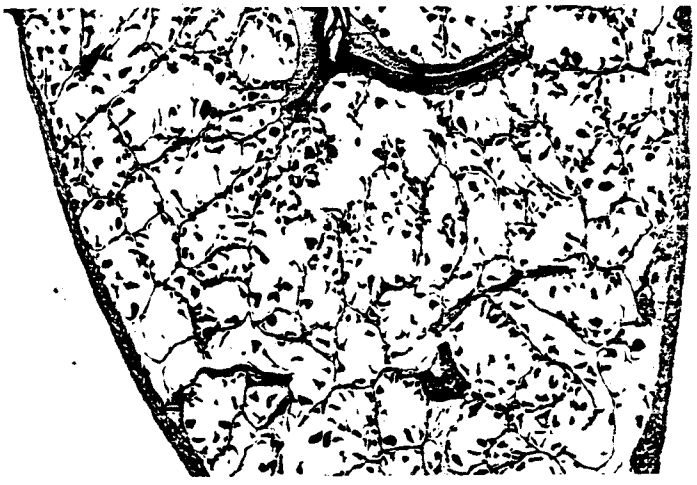


Fig. 26 : *Abra alba* ♀ R2 : la gonade occupe la totalité de l'animal. Noter la régression extrême des parois musculaires latérales et transversales.

Débarassé de sa coquille, l'animal apparaît à ce moment là turgescent, gonflé par les produits génitaux* et présente parfois une légère coloration.

Une fois la ponte terminée, la paroi de la masse viscérale prend un aspect flasque et ridé.

1.2. Caractéristisation du sexe

Il est difficile de caractériser le sexe pendant la période d'inactivité sexuelle : il est, en effet, impossible de distinguer des gonies au sein du tissu conjonctif d'un jeune animal.

Par contre, dès la présence des premières gonies, il est possible de définir avec certitude le sexe grâce au phénomène d'amphinucléolie (LUBET, 1959 ; LUCAS, 1965) que présentent les spermatogonies. Elles diffèrent en effet des ovogonies par la présence au sein de leur noyau de deux nucléoles.

---

* Une légère piqûre de l'animal suffit à laisser écouler les produits génitaux.

1.3. Cytologie de la gamétogenèse

1.3.1. Techniques

1.3.1.1. Fixations

Toutes les opérations se font sur des lots de 24 individus. Afin d'éviter d'abîmer le rasoir du microtome, on laisse jeûner les animaux pendant 24 h, de manière à ce qu'ils vident leur tube digestif de tout corps étranger (le sable enfermé dans la coquille est évacué pendant ce laps de temps). Pour ce faire, on isole les individus sur lesquels porteront les études histologiques dans des tubes individuels remplis d'eau de mer. Nous disposons dans la moitié supérieure des tubes un fragment de toile de 1 mm de vide de maille* sur lequel nous déposons l'animal qui, séparé du fond du tube, ne réaspirera pas ses déjections.

Les animaux sont conservés dans leurs tubes pendant 24 h à la chambre froide. Après ce délai ils subissent le traitement nécessaire aux études cytologiques.

Les muscles adducteurs antérieur et postérieur sont sectionnés permettant ainsi l'ouverture de la coquille et l'accès à l'animal. Pendant les trois premiers mois nous avons pratiqué, sur les individus sacrifiés pour les études cytologiques, à la fois des frottis et des coupes ; un petit morceau de la masse viscérale est prélevé pour les études de frottis, le reste est placé dans le fixateur.

Nous avons utilisé comme fixateurs : le liquide de BOUIN alcoolique et le liquide de BOUIN-HOLLANDE acétique pour les fixations en vue des coupes histologiques et le liquide de CARNOY pour certaines études de frottis (GABE, 1968).

1.3.1.2. Inclusions

Les inclusions ont été faites à la paraffine, selon la méthode classique :

- déshydratation à l'alcool à 95 %,
- imprégnation par le benzoate de méthyle-celloïdine avant paraffine à 58°C.

Les coupes (7 µ d'épaisseur) sont effectuées sur un microtome SARTORIUS et collées à l'albumine glycérinée.

---

* Nous avons utilisé la toile plastique "Textiglas".

1.3.1.3. Colorations

Les préparations sont colorées à l'hématoxyline de GROAT pour les noyaux et au picro-indigo-carmin pour la coloration de fond. Les lames sont montées au Xam neutral.

1.3.2. La spermatogenèse

Chez les mâles, la maturation des gamètes est centripète : elle s'effectue de l'extérieur vers l'intérieur de l'acinus (Fig.28)

1.3.2.1. Les gonies

A la périphérie des follicules on peut observer quelques cellules de grande taille (12-15 µ) (Fig. 27).

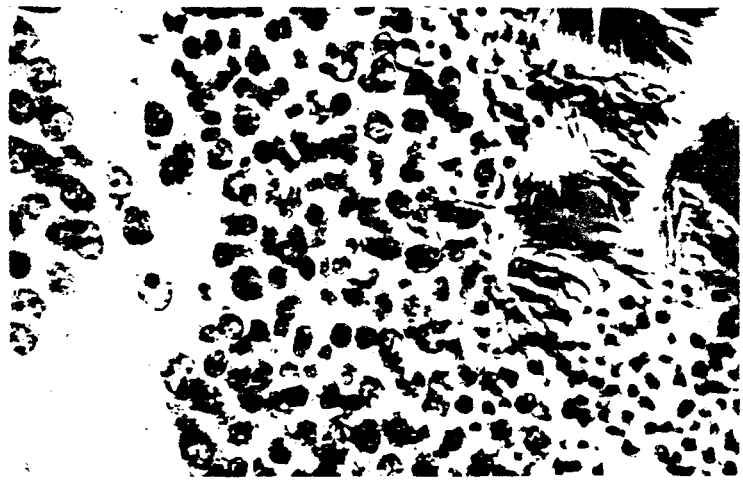


Fig. 27 : *Abra alba* ♂ S3 : remarquer les différents stades de la spermatogenèse : cellule mère, spermatogonie, spermatocytes 1, spermatides et spermatozoides.

Le noyau (7-8 µ), très clair et de forme allongée comporte un nucléole très colorable. La description de ces cellules correspond à celle que LUBET et LUCAS ont faite de ce qu'ils appellent "cellules mères des gonies".

Les noyaux des spermatogonies, très colorables et à chromatine granuleuse atteignent des diamètres de 5 à 7 µ. Ils possèdent deux nucléoles (amphinucléolie).

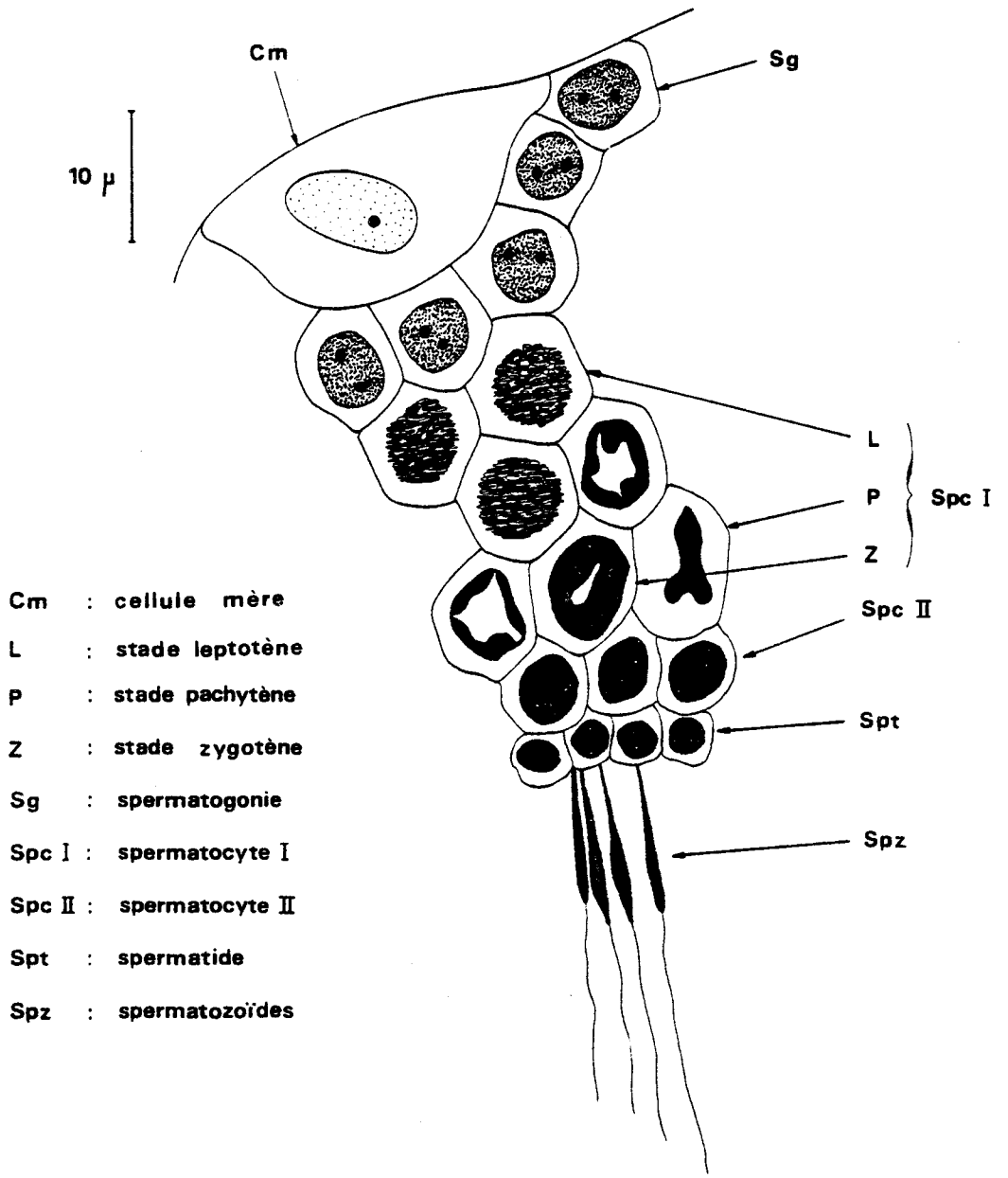


Fig. 28 : *Abra alba* : Spermatogenèse

BUS LILLE

1.3.2.2. Les spermatocytes

Les spermatocytes de premier ordre (spermatocytes I) sont reconnaissables aux figures de prophase de méiose, première division de maturation (Fig. 29)

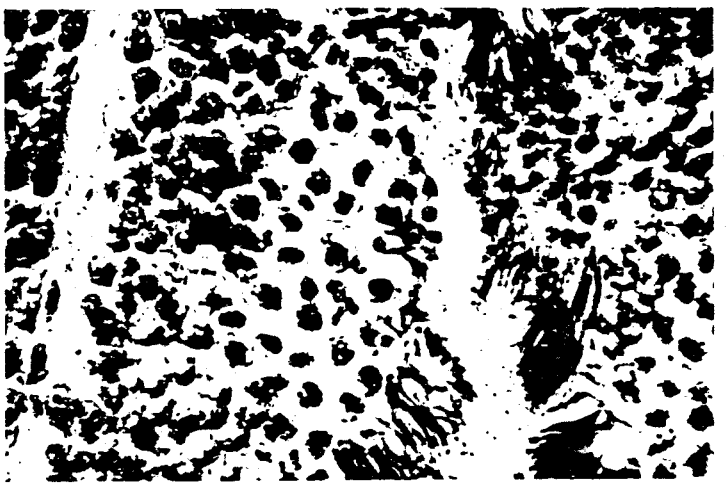


Fig. 29 : *Abra alba* ♂ S3 : spermatocytes I à divers moments de la prophase de méiose.

Les nucléoles ne sont plus visibles. La taille du noyau est de 6-8 µ. On peut observer sur une même coupe des spermatocytes I à différents stades de la prophase de la première division de la méiose (leptotène et zygotène surtout, ainsi que quelques pachytènes) (Fig. 29). Les spermatocytes II sont caractérisés par un noyau (5 µ) rond,au dense réseau chromatinien. Leur existence est très fugace, la 2ème mitose (équationnelle) est très rapide. Ils ne sont que rarement mis en évidence.

1.3.2.3. La spermiogenèse

Les spermatides sont encore plus petites, le noyau est rond et très dense (3 µ), le cytoplasme est très réduit.

La partie antérieure du spermatozoïde est très effilée avec un acrosome particulièrement aigu. La tête est à peine renflée (0,5 à 0,7 µ d'épaisseur), la partie intermédiaire mesure 1 à 2 µ.

L'ensemble acrosome + Tête + partie intermédiaire mesure enviton 10-12 µ. Le flagelle, assez long, a une taille qui varie entre 30 et 35 µ.

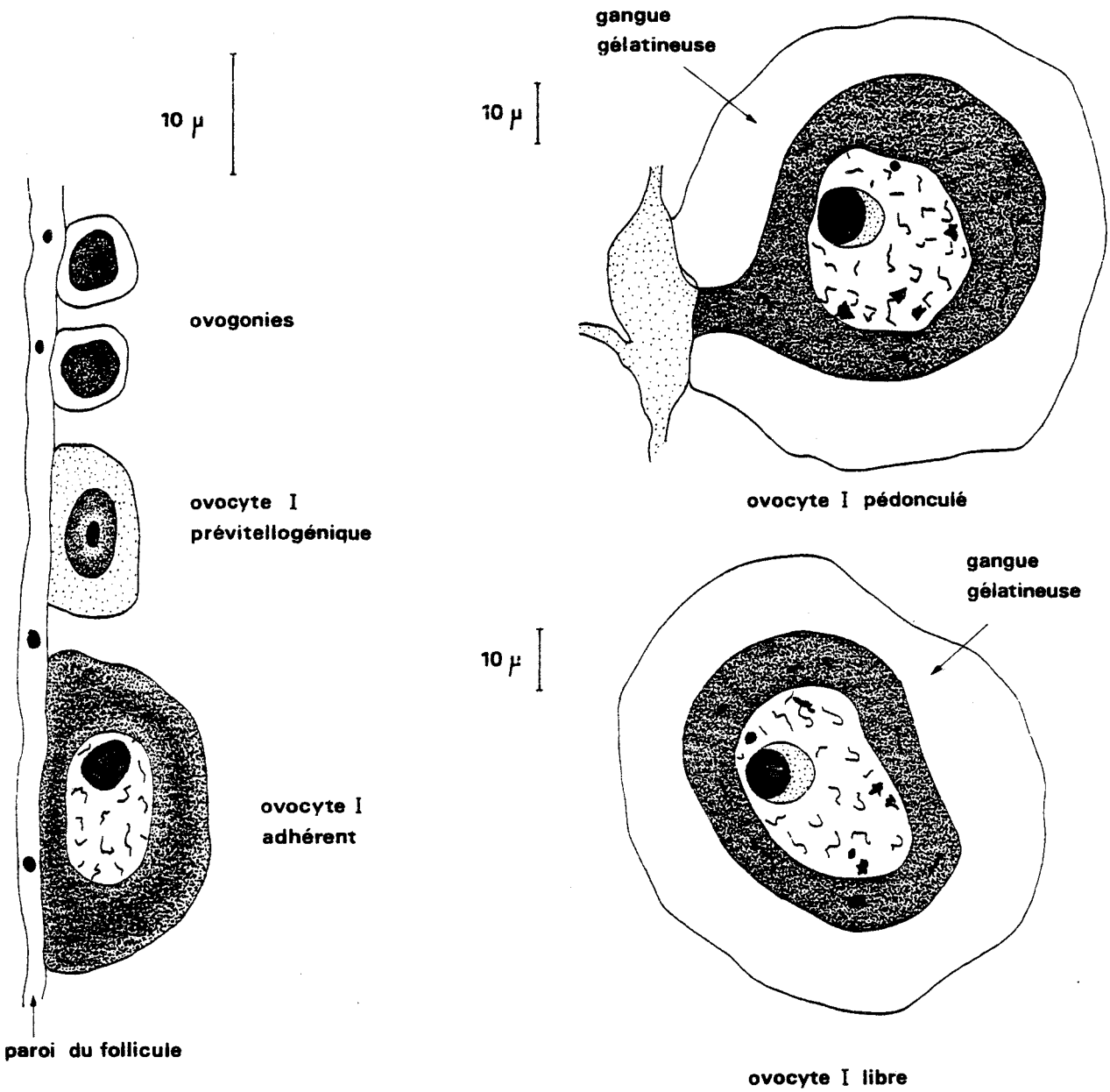


Fig. 30 : *Abra alba* : Ovogenèse

BUS LILLE

1.3.3. Ovogenèse

Comme dans la grande majorité des ovocytes, l'ovogenèse suspendue en prophase de méiose, ne se poursuit qu'avec la fécondation.

1.3.3.1. Les gonies

On trouve chez les femelles les mêmes types de cellules-mères que chez les mâles, mais elles sont plus rares et plus difficiles à mettre en évidence. Les ovogonies (5-6 µ) (Fig. 30) occupent la périphérie des follicules. Le nucléole unique est peu marqué, le noyau étant lui-même très intensément coloré par l'hématoxyline (Fig. 31)

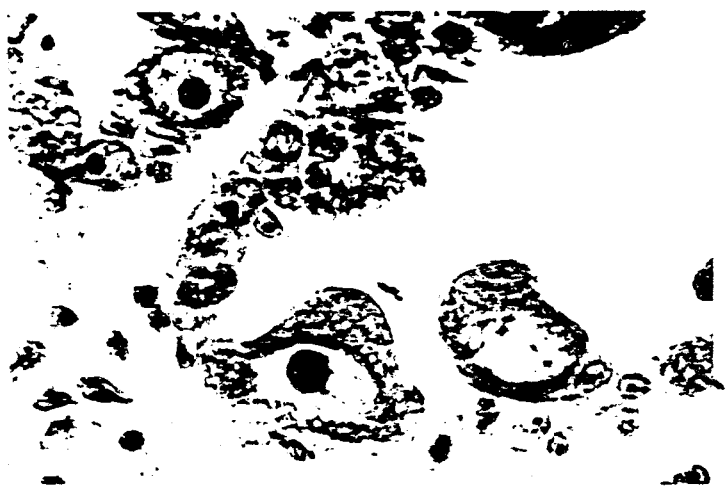


Fig. 31 : *Abra alba* ♀ 02 : remarquer différents stades de l'ovogenèse : ovogonies, ovocytes prévitellogéniques et ovocytes adhérents.

1.3.3.2. Les ovocytes prévitellogéniques

Ces ovocytes (10-15 µ) ont un cytoplasme dépourvu de vitellus. Le noyau de ces ovocytes est plus clair que celui des ovogonies du fait des modifications qui commencent à affecter la chromatine (aboutissant à la formation d'amas à la périphérie du noyau). Le nucléole devient, par là-même, beaucoup plus apparent et mesure environ 2 µ (Fig. 31)

Fig. 32 : *Abra alba* ♀02 : ovocytes adhérents.

1.3.3.3. Les ovocytes en cours de vitellogenèse

La synthèse du vitellus au sein du cytoplasme est mise en évidence par l'augmentation de la taille des ovocytes : ils atteignent 40 à 50 µ en fin de vitellogenèse. L'accroissement des tailles du noyau et du nucléole montre qu'ils subissent également des modifications.

Parallèlement à ces modifications histologiques, des transformations anatomiques se produisent : l'ovocyte tend à se détacher de la paroi de l'ovocyte et on assiste à la formation d'une gangue gélatineuse. Selon le degré d'intimité des contacts entre la cellule et la paroi du follicule (donc en définitive selon la maturité) on distinguera trois types d'ovocytes:

Ovocyte adhérent

La cellule adhère largement à la paroi des follicules (Fig. 32). Le cytoplasme commence à synthétiser le vitellus. L'ovocyte a alors une taille de 25 ou 30 µ, le noyau 12 µ et le nucléole 5 µ. Les croissances relatives du noyau et du nucléole sont nettement différentes, le nucléole subit une croissance plus forte que le noyau.

Fig. 33 : *Abra alba* ♀02 : vue générale de la gonade. Noter son extension déja importante.

Ovocyte pédonculé

L'ovocyte pénètre davantage à l'intérieur de l'acinus. Il tend à se séparer de la paroi du follicule. Il n'y est plus attaché que par un pédoncule plus ou moins large. La cellule a poursuivi sa croissance, elle mesure alors 40 à 50 µ, le noyau 25 à 35 µ, le nucléole 6 à 10 µ.

Le nucléole présente à ce moment-là des variations de structure.

La chromatine se répartit en 4 à 6 amas situés à la périphérie du noyau (Fig. 34).

L'ovocyte peut alors prendre une forme globuleuse ou polyédrique, la gangue gélatineuse a une épaisseur de 10 µ.

Fig. 34 : *Abra alba* ♀04 : ovocyte pedonculé.Noter la guangue gélatineuse(g).

Ovocyte libre

En fin d'évolution, le pédoncule de l'ovocyte se rompt libérant ainsi l'ovocyte et sa gangue.

L'ovocyte libre a une taille équivalente à celle des ovocytes pédonculés* (Fig. 35). On remarquera que si, jusqu'au stade ovocyte ahdérent, la croissance du nucléole était plus rapide que celle du noyau, cette évolution s'est inversée ensuite.

Fig. 35 : *Abra alba* ♀ 04 : ovocyte libre. Noter la gangue gélatineuse.

Les parois conjonctives des follicules s'amenuisent et disparaissent par endroits.

L'ovocyte est pondu avec sa gangue gélatineuse. LUCAS (1965) a montré l'existence d'une telle gangue chez *Scrobicularia plana*.

2. STADES DE MATURITE DE LA GONADE

2.1. Echelle de maturité de la glande génitale

Il est difficile de caractériser par une observation macroscopique l'état de maturité de la gonade. Ainsi, plusieurs auteurs (LUBET, 1959 ; REDDIATH, 1962 ; LUCAS, 1965 ; GALLOIS, 1973) ont établi des échelles de maturité en combinant les aspects macroscopiques et microscopiques de la glande génitale. Nous retiendrons les deux dernières : "l'échelle pratique"

---

* La vitellogenèse s'effectue totalement alors que l'ovocyte est attaché à la paroi du follicule. La libération des ovocytes ne se réalise qu'une fois la maturité atteinte.

de LUCAS et "l'échelle adaptée" à *Venerupis aurea* et *V. decussata* de GALLOIS, beaucoup plus simples que les deux autres. Le tableau ci-dessous donne la correspondance entre les échelles de maturité de LUCAS et de GALLOIS et celle que nous avons ajustée à *Abra alba*.

"Echelle pratique" (LUCAS)	"Echelle adaptée" (GALLOIS)	Echelle ajustée à *Abra alba*
Stade A : sexe indéterminable.	Stade A : sexe indéterminable.	Stade A : sexe indéterminable.
Stade B : sexe déterminable par grattage de la glande.	Stade B : sexe déterminable par grattage de la glande.	Stade B : sexe déterminable. présence de gonies.
Stade C : produits sexuels abondants.	Stade C : produits sexuels abondants. C_a : .gamétogenèse achevée. .spermatozoïdes peu mobiles. .ovocytes pédonculés. C_b : .émissions possibles. .spermatozoïdes mobiles. .Ovules ayant rompu leurs pédoncules.	Stade C : produits sexuels abondants. C_a : .émissions impossibles .spermatozoïdes groupés en rosettes .spermatozoïdes peu mobiles. .ovocytes pédonculés. C_b : .émissions possibles. .spermatozoïdes individualisés. .spermatozoïdes mobiles. .ovocytes ayant rompu leurs pédoncules.
Stade B : sexe déterminable par grattage de la glande.	Stade B : sexe déterminable par grattage de la glande.	Stade B : sexe déterminable par grattage de la glande.
Stade A ou B : selon qu'il existe ou non des gamètes résiduels.	Stade A ou B : selon qu'il existe ou non des gamètes résiduels.	Stade A ou B : selon qu'il existe ou non des gamètes résiduels.

Chez *Abra alba* la distinction entre les stades A et B tels qu'ils ont été définis par LUCAS peut difficilement se faire par un examen de frottis, étant donnée la petite taille de cette espèce et la faible extension de la gonade dans ces stades peu évolués (Fig. 36).

Fig. 36 : *Abra alba* ♀ 01 : noter la faible extension de la gonade diffuse entre les fibres musculaires.

En comparant frottis et coupes histologiques nous avons établi une "échelle de maturité ajustée" à *Abra alba* dont les étapes dans les lignées mâle et femelle sont les suivantes :

STADE A : sexe indéterminable. En coupe histologique on n'observe pas de structure bien définie, quelques amas de cellules le long des sections du tube digestif et de l'hépato pancréas. L'espace entre la paroi musculaire et le tube digestif est très réduit.

STADE B : sexe déterminable. Les frottis des stades précoces laissent difficilement apparaître des gonies. Seuls les aspects plus évolués (la gonade est alors suffisamment développée) donnent des résultats satisfaisants aux frottis.
En coupe histologique, dès l'apparition des premières gonies on peut déterminer le sexe. L'évolution du stade B chez le mâle est caractéristique (Fig. 37 à 39).

STADE C : La gonade, extérieurement, a un aspect turgescent, elle a atteint son développement maximal. Nous distinguerons deux stades selon le degré de maturité des gamètes.

STADE C_a En frottis, les spermatozoïdes sont peu mobiles et groupés, les ovocytes pédonculés sont en majorité.
En coupe histologique, les spermatozoïdes sont groupés en "rosettes" (Fig. 40).

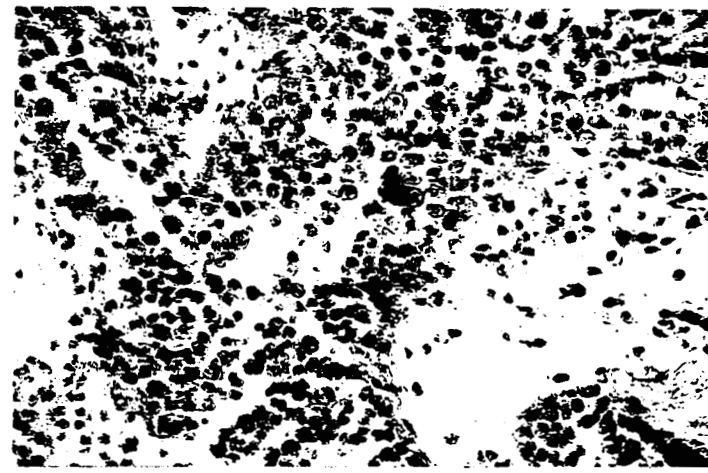


Fig. 37 : *Abra alba* ♂ :pas de follicules différenciés.

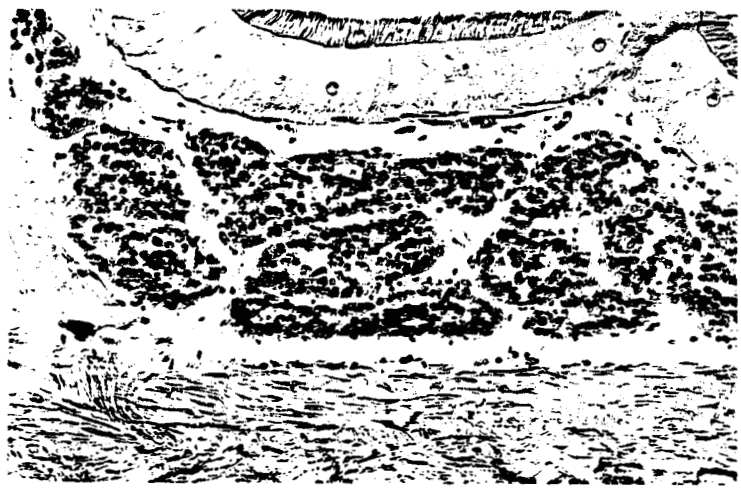
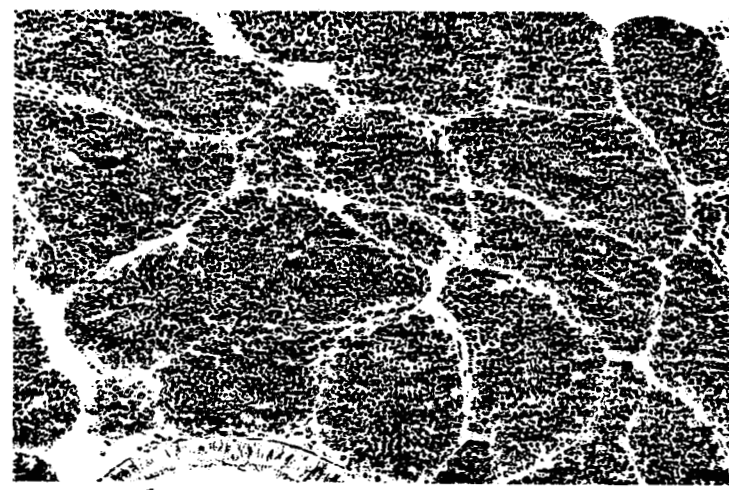


Fig. 38 : *Abra alba* ♂S1 : des follicules se différencient, la gonade est peu importante.



BUS LILLE

Fig. 39 : *Abra alba* ♂S2 : la gonade est très importante, pas de spermatozoides.

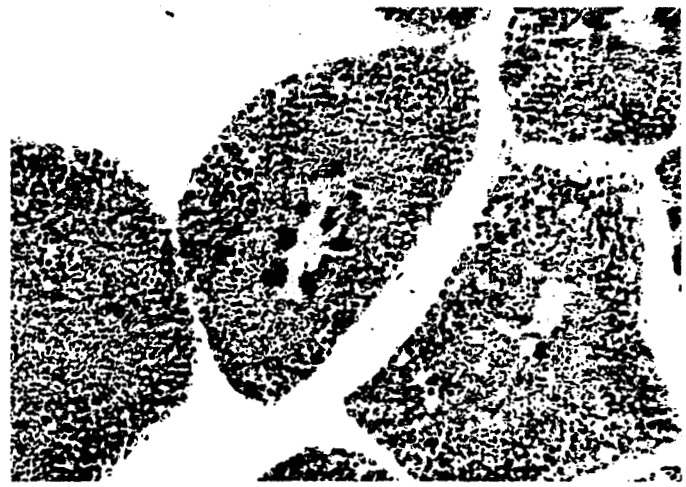


Fig. 40 : *Abra alba* ♂S2 : les rosettes de spermatozoides apparaissent

Les ovocytes sont pédonculés, on note encore la présence de quelques ovogonies et jeunes ovocytes qui n'évolueront pas. Très peu d'ovocytes sont libres. Les parois des follicules s'amincissent, la lumière des acinis est libre.

STADE C_b En frottis, les spermatozoïdes sont très mobiles, les ovocytes sont libres, de forme globuleuse ou polyédrique. En coupe histologique on note un déplacement des spermatozoïdes vers la lumière de l'acinus en vue de leur évacuation (Fig. 41).

Fig. 41 : *Abra alba* ♂S5 : noter le mouvement des spermatozoides vers le centre de l'acinus.

Les follicules se transforment également. Les ovocytes ont maintenant gagné le centre des acinis, les pédoncules sont rompus, les parois conjonctives des follicules se rompent. La ponte commence.

2.2. Stades histologiques de la gamétogenèse

A cette échelle de maturité basée sur des caractères généraux de la gonade peut se superposer une classification plus précise concernant les aspects histologiques.

Nous avons adapté la classification proposée par LUCAS (d'après TRANTER, 1958) en tenant compte des observations que nous avons pu effectuer sur *Abra alba*.

2.2.1. Stades histologiques des mâles

LUCAS distingue 5 stades de développement et trois stades de régression.

Deux des stades n'ont pas pu être observés lors de cette étude :

- le stade "mâle développement 5" que LUCAS décrit comme un testicule contenant uniquement des spermatozoïdes dans les acinis.

- le stade "mâle régression 1" où les acinis qui commencent à se vider ne montrent que des spermatozoïdes.

L'existence de ces deux stades sous-entend qu'il faut que les spermatozoïdes restent dans les follicules relativement longtemps. Il nous semble plus juste (tout au moins dans le cas de l'espèce étudiée) d'affirmer que les spermatozoïdes sont évacués régulièrement. Comme le montre la Fig. 41 , on note un mouvement d'expulsion des spermatozoïdes à l'intérieur d'un acinus. De plus nous n'avons jamais observé d'acinis ne comportant que des spermatozoïdes, et, un individu montre après la vidange des acinis la présence d'une couronne de spermatocytes autour d'une lumière dépourvue de sperme .

Enfin, nous avons observé des individus présentant des phénomènes de dégénérescence des acinis alors que la totalité des spermatozoïdes n'a pas été évacuée.

2.2.2. Stades histologiques des femelles

Nous ferons les mêmes remarques que celles concernant les mâles. Ainsi nous avons rassemblé les stades Fd5 (femelle développement 5) et Fr1 (femelle régression 1) dans le stade O 5 (ovogenèse 5).

2.2.3. Conclusions

Nous avons finalement adopté les classifications suivantes :

Lignée mâle			
LUCAS (1965)		Application à *A. alba*	
Stade	Caractéristiques	Stade	Caractéristiques
Md1*	Prédominance de Spg, peu de Spc	S 1*	Prédominance de Spg, peu de Spc
Md2	Prédominance Spg et Spc, peu de Spt et Spz	S 2	Prédominance Spg et Spc, peu de Spt et Spz
Md3	Autant de Spg et Spc que de Spt et Spz	S 3	Autant de Spg et Spc que de Spt et Spz
Md4	Prédominance de Spt et Spz	S 4	Prédominance de Spt et Spz
Md5	Exclusivement Spz	S 5	Prédominance Spz, la ponte commence
Mr1*	id. Md5, mais la ponte commence		
Mr2	Acinis encore plus vidés	R 1*	Acinis presque ou complètement vides
Mr3	Acinis complètement vides	R 2	Dégénérescence des acinis

Spg = spermatogonies, Spc = spermatocytes, Spt = spermatides, Spz = spermatozoïdes.

---

* Md1 = mâle développement Stade 1 ; S 1 = Spermatogenèse Stade 1 ; Mr1 = mâle régression Stade 1 ; R 1 = régression Stade 1.

Lignée femelle			
LUCAS (1965)		Application à *A. alba*	
Stade	Caractéristiques	Stade	Caractéristiques
Fd1*	Og + OPv	O 1*	Og + OPv
Fd2	Og + OPv + OV	O 2	Og + OPv + OV
Fd3	Oa ou Op	O 3	Oa ou Op
Fd4	Autant de Oa et Op que de O1	O 4	Autant de Oa et Op que de O1
Fd5	Pratiquement tous O1.	O 5	Prédominance O1 la ponte commence
Fr1*	la ponte commence		
Fr2	Acinis quasiment vides	R 1	Acinis quasiment vides
Fr3	Ovocytes résiduels cytolisés	R 2	Ovocytes résiduels cytolisés

Og = ovogonies, OPv = ovocytes prévitellogéniques , OV = ovocytes en cours de vitellogenèse, Oa = ovocyte adhérent, Op = ovocyte pédonculé, O1 = ovocyte libre

---

* Fd1 = Femelle développement Stade 1 ; O 1 = Ovogenèse Stade 1 ; Fr1 = Femelle régression Stade 1.

3. LE CYCLE DE REPRODUCTION D'*ABRA ALBA*

La période de reproduction est très étalée dans le temps (Fig. 42), on note la présence d'individus capables de pondre pendant au moins 8 mois de l'année, ce qui explique les différences de taille à la première strie hivernale que l'on a pu remarquer.

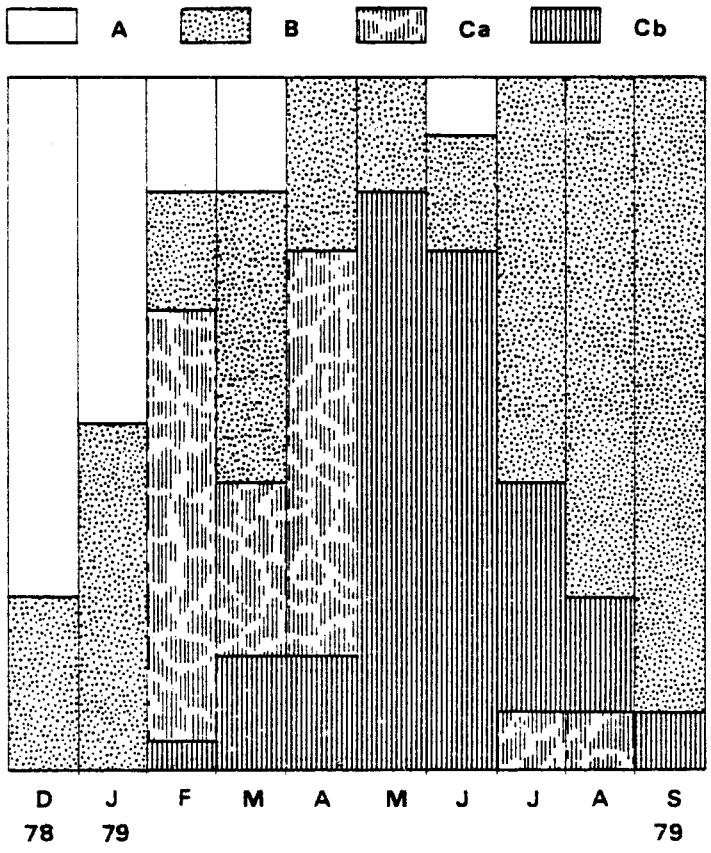


Fig. 42 : Cycle sexuel d'*Abra alba*

En période hivernale (décembre, janvier) on note une majorité d'individus dont le sexe est indéterminableetdont la taille peut parfois être importante (14 mm). Durant cette période la différenciation des gonades débute chez un nombre croissant d'individus. En janvier le sexe de 50 % des individus est déterminable.

En février les premiers individus de stade C (Ca) apparaissent (63 %) et déjà quelques individus sont prêts à pondre (3 %).

Le stade Ca domine ensuite pendant trois mois. Les individus au stade Cb (ponte possible ou en cours) deviennent prépondérantsen fin de printemps - début été (mai à juillet). Puis, au fur et à mesure que les pontes se produisent, on note une augmentation du nombre des individus du stade B postérieur à la ponte (présence de gamètes résiduels). Ils représentent 90 % de la population au mois de septembre.

Il faut signaler que l'on rencontre à nouveau des individus au stade Ca pendant les mois de juillet-août. Ce sont des individus de grande taille (16 à 17 mm). Il est difficile de savoir si l'on est en présence d'individus ayant subi une maturation plus lente ou s'il s'agit d'individus présentant une deuxième période de maturation.

4. ESSAIS DE REPRODUCTION *IN VITRO*

Nous avons pu artificiellement provoquer la ponte de plusieurs individus au cours du mois d'avril 1979.

Les individus sont placés dans des cristallisoirs remplis d'eau de mer dont la température est voisine de celle de l'eau au moment de la récolte. On pratique ensuite des adjonctions successives d'eau froide et d'eau chaude. Ces chocs thermiques finissent par provoquer la ponte d'un certain nombre d'individus.

Chez les mâles la spermiation est continue. L'animal rejette à l'aide du siphon exhalant un sperme très fluide, d'apparence laiteuse et parfaitement miscible à l'eau.

La femelle par contre émet ses ovules de manière saccadée, le liquide émis est blanchâtre et d'aspect granuleux, il est de plus nettement moins fluide que le sperme : il reste plus ou moins longtemps sous forme de gouttes ou de cordons.

Nous avons pu provoquer des fécondations (Fig. 43 à 45) et suivre le développement de l'oeuf jusqu'au stade de la trochophore (Fig. 46 à 49) qui survient 4 jours après la fécondation.

5. CASTRATION PARASITAIRE

Chez *Abra alba* comme chez d'autres Lamellibranches (*Donax trunculus*, PELSENEER, 1896; LUCAS, 1965), on note l'existence de castrations parasitaires. Ces phénomènes ont pu être mis en évidence chez certaines femelles parasitées par un Trématode.

Dans un premier temps, le parasite n'occupe pas tous les follicules (Fig. 50) mais lesfollicules non parasités ne peuvent se développer et régressent rapidement.

Les acinis parasités acquièrent une paroi beaucoup plus nette du fait de la disparition des ovocytes et des ovogonies (Fig. 51). L'évolution aboutit à la formation de cercaires au sein des acinis (Fig. 52).

6. DISCUSSION - CONCLUSION

Abra alba est une espèce gonochorique.

La gonade se différencie au premier printemps qui suit la naissance. Le pourcentage élevé d'individus au stade B (25 %) en décembre permet de penser que la gonade reste différenciée entre deux périodes

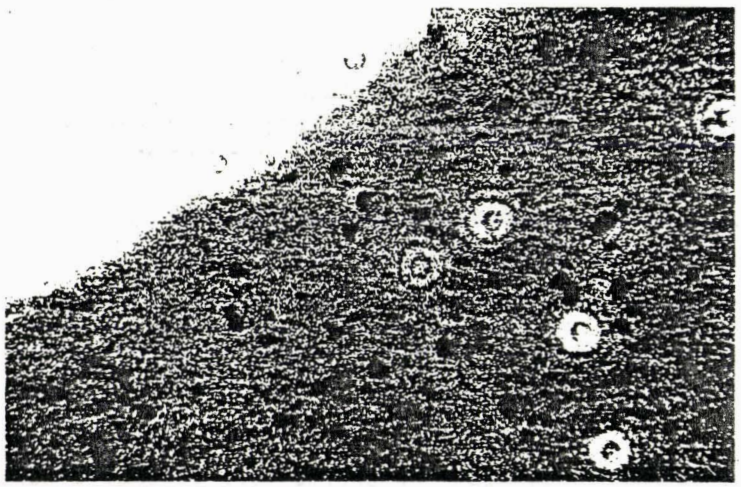


Fig. 43 : *Abra alba* :vue générale de la fécondation de plusieurs ovocytes.

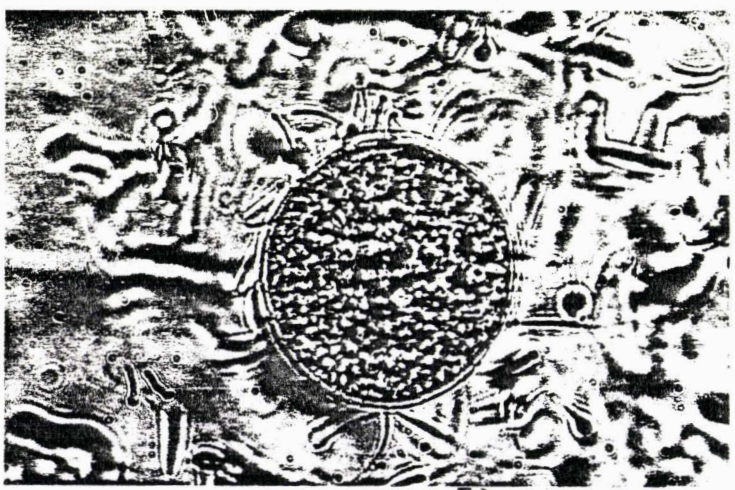


Fig. 44

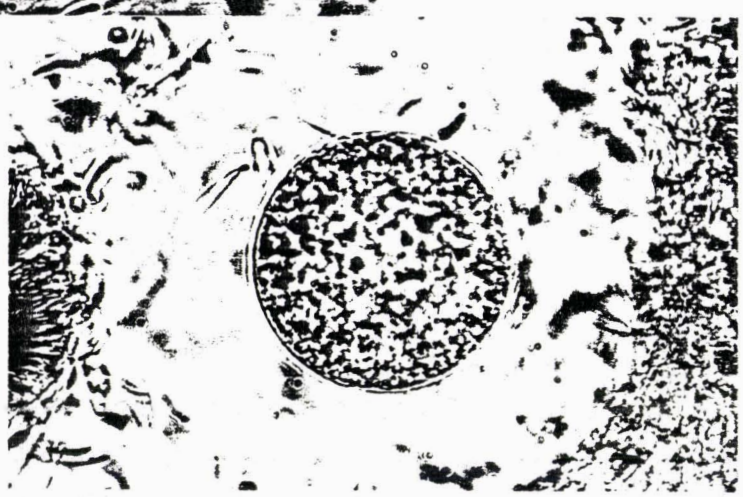


Fig. 45

BIUS LILLE

Fig. 44 et 45 : *Abra alba* : images de fécondation.

Fig. 46 : *Abra alba* : développement de l'oeuf, stade peu evolué

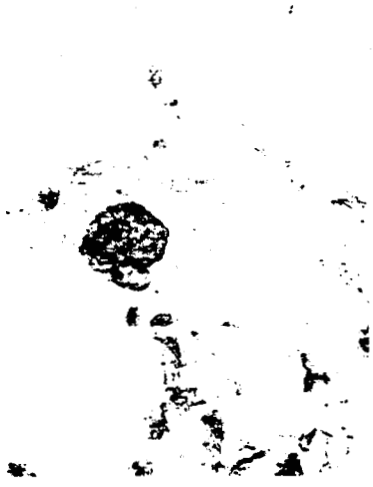


Fig. 47 : *Abra alba* Développement de l'oeuf - Stade plus évolué noter la présence de quatre macromères.

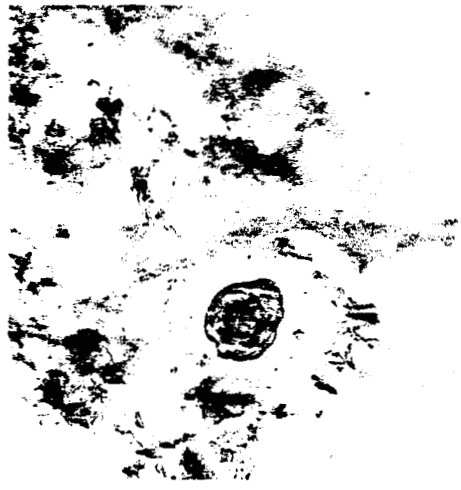


Fig. 48 : *Abra alba* Développement de l'oeuf - La larve est mobile à l'intérieur de la gangue.

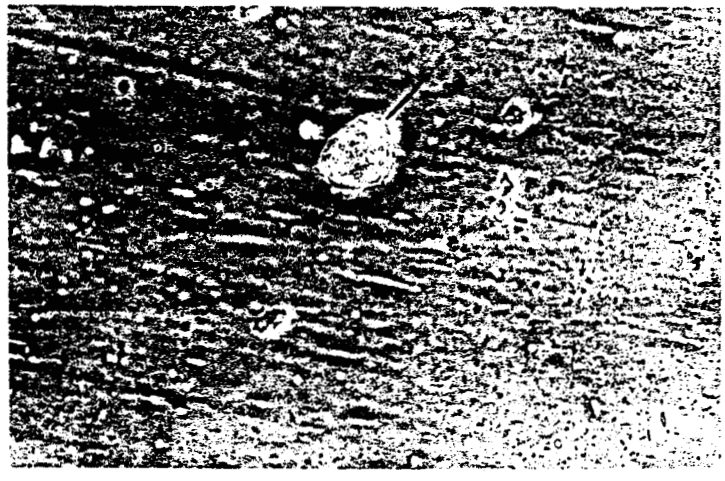


Fig. 49 : *Abra alba* : développement de l'oeuf, larve trochophore.

SIS LILLE

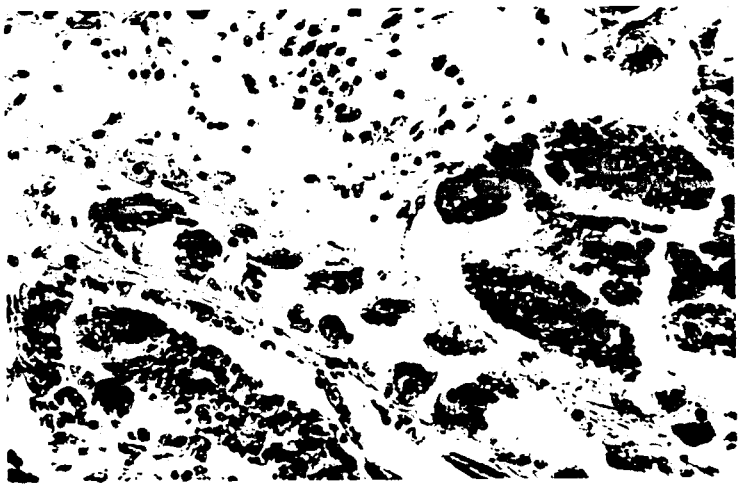
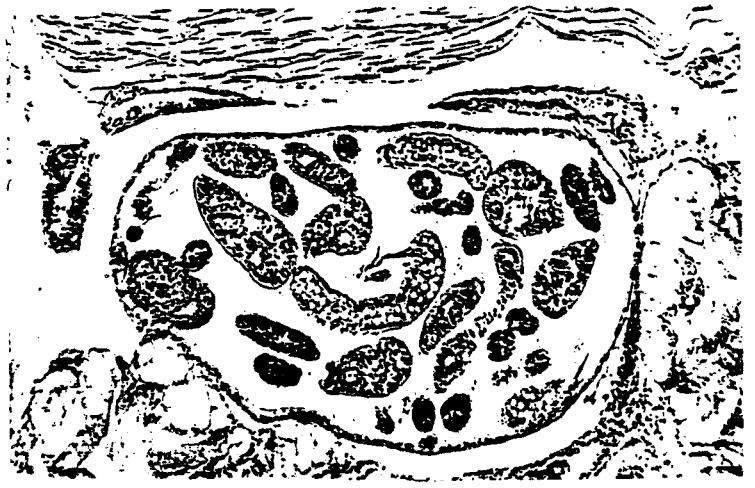


Fig. 50 : *Abra alba* : castration parasitaire, un follicule (03) n'est pas envahi par les sporocystes.

Fig. 51 : *Abra alba* : castration parasitaire, sporocystes à l'intérieur d'un follicule.



BUS LILLE

Fig; 52 : *Abra alba* : castration parasitaire, le développement s'achève par la formation des cercaires à l'intérieur des follicules.

de ponte. La diminution des stades B entre septembre et décembre est due à la mortalité importante affectant les individus âgés et à l'arrivée des jeunes individus dont la gonade n'est pas différenciée.

La durée du cycle de reproduction est longue : on trouve des individus prêts à pondre pendant au moins huit mois de l'année. MUUS (1973) observe des larves d'*Abra alba* dans le plancton entre mars et novembre avec un pic très important en août.

La température semble jouer un rôle très important dans le cycle sexuel d'*Abra alba*. En effet, si l'on compare l'évolution des stades B et C en fonction de la température de l'eau de mer (Station M, niveau -5 m, Station C.N.E.X.O.)* (Fig. 53) :

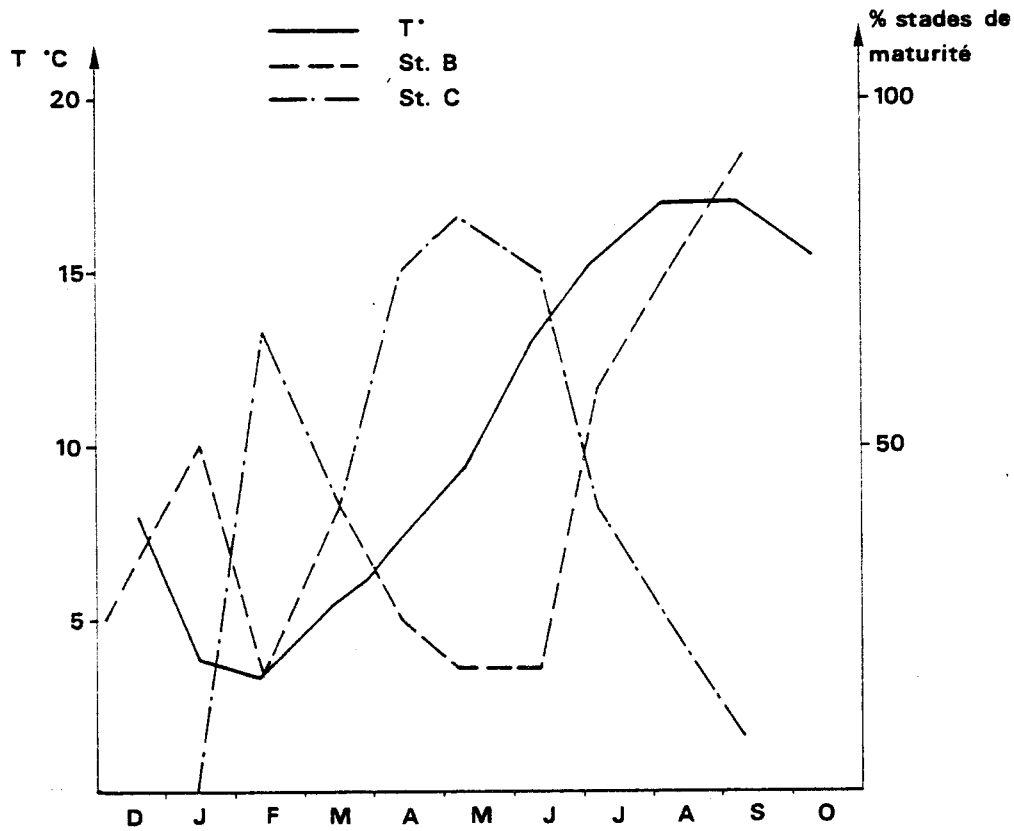


Fig. 53 : Evolutions comparées des stades de maturité et de la température (station CNEXO M - 5m)

on s'aperçoit que la période de maturation débute avec le réchauffement de l'eau (février 1979) et que l'eau de mer a une température de 10°C environ quand les pontes commencent.

---

* Etant donnéela faible épaisseur de la masse d'eau (moins de 20 m) à cette station et le fort brassage, il n'a jamais été mis en évidence de gradient thermique surface-fond très important. C'est pourquoi l'évolution de la température de l'eau mesurée à -5 m peut être considérée comme similaire à l'évolution de la température de l'eau du fond.

MUUS (1973) signale que,dans l'Øresund (Danemark),au moment du maximum de larves d'*Abra alba* dans le plancton,la température avoisine également les 10°C.

ANSELL (1974) décrit, dans la baie de la Clyde, un maximum d'activité reproductrice entre juillet et septembre. Nous n'avons pas de références concernant la température de l'eau à cette époque dansla baie de la Clyde.

On peut estimer qu'*Abra alba* est au maximum de maturité sexuelle quand l'eau de mer a une température proche de 10°C. Il conviendra de suivre régulièrement le cycle sexuel d'*Abra alba* en raison du réchauffement des eaux qui se produira dans la zone étudiée.

Ce réchauffement risque de provoquer une maturation sexuelle anticipée chez cette espèce, à moins que d'autres facteurs (par exemple la lumière* sous l'une de ses formes : photopériode, longueur d'onde ou énergie) n'entrent en ligne de compte dans le déclenchement des phénomènes de maturation. La reproduction précoce d'*Abra alba* pourra provoquer un excédent de larves dans le plancton au printemps et un déficit en été**. Ce décalage risque de perturber les chaînes trophiques et ainsi le fonctionnement des écosystèmes littoraux.

---

* LUCAS (1965) signale que des individus de *Chlamys varia* élevés à l'obscurité subissent des retards dans la maturation sexuelle.

** Dans le cas où le reste de l'écosystème réagirait d'une manière différente.

CHAPITRE III

ELEVAGE D' ABRA ALBA

ELEVAGE D'*ABRA ALBA*

1. METHODOLOGIE - TECHNIQUES

1.1. Récoltes des animaux

Le prélèvement des *Abra alba* est effectué à la drague. Après le tamisage du prélèvement, les animaux sont conservés avec le refus de tamis dans de l'eau de mer fréquemment renouvelée, de manière à leur conserver une vitalité maximale.

1.2. Mise en élevage

1.2.1. Acclimatation

Une fois les animaux séparés du refus de tamis, ils sont disposés pendant une durée maximale d'une semaine dans un bac d'eau de mer en circuit ouvert dont le fond est garni d'une couche de sable de 10 cm.

Ce maintien en observation permet d'opérer une sélection : seuls les animaux qui ont un comportement normal (qui s'enfouissent et se nourrissent) seront mis en élevage. Les individus qui restent en surface du sédiment sont éliminés.

1.2.2. Dispositifs expérimentaux

1.2.2.1. Sédiment

Dans chaque aquarium (37,64 ou 108 l selon le type d'expérimentation) on dépose une couche de sable de 8 à 10 cm*. Le sédiment utilisé pour les élevages est un sédiment naturel prélevé sur les lieux mêmes de la récolte. Il est tamisé à 1 mm afin d'être débarassé

---

* *Abra alba* s'enfonce de 4 à 5 cm dans le sédiment.

de sa fraction grossière et de la macrofaune, tout en conservant une forte teneur en vase indispensable à la survie d'*Abra alba**. (tableau 22).

Taille des particules (mm)	Type I (%)	Type II (%)
1 à 0,8	1,11	2,31
0,8 à 0,63	1,14	2,33
0,63 à 0,5	1,15	2,17
0,5 à 0,4	1,74	3,71
0,4 à 0,315	1,22	3,48
0,315 à 0,25	2,54	15,11
0,25 à 0,2	33,87	26,58
0,2 à 0,16	43,49	24,39
0,16 à 0,125	6,47	6,99
0,125 à 0,1	3,29	3,22
0,1 à 0,08	1,01	1,46
0,08 à 0,063	0,26	0,51
0,063 à 0,05	0,23	0,34
inf. à 0,05	2,48	7,42

Tableau : 22 Caractéristiques granulométriques des sédiments utilisés

1.2.2.2. Installations d'élevage

Quatre types d'installations ont été réalisées :

---

* Des essais préalables effectués sur un sédiment constitué de sable dunaire se sont avérés négatifs. *Abra alba* ne survit pas dans un sédiment dépourvu de pélites. Par contre l'utilisation d'un sédiment sableux enrichi d'une fraction importante de pélites a permis la survie des animaux en élevage.

- circuit ouvert non thermostaté
- circuit ouvert thermostaté
- circuit fermé thermostaté
- circuit fermé non thermostaté

circuit ouvert non thermostaté :

L'eau arrive directement du robinet dans l'aquarium d'élevage. Du fait du transit de l'eau dans les canalisations, la température est légèrement supérieure (1 à 2° C) à celle de l'eau de mer extérieure.

circuit ouvert thermostaté (Fig. 54) :

La technique employée est celle que RICHARD (1975) a utilisé pour l'élevage de la seiche en circuit ouvert. La température d'élevage est de 20° C.

circuit fermé non thermostaté :

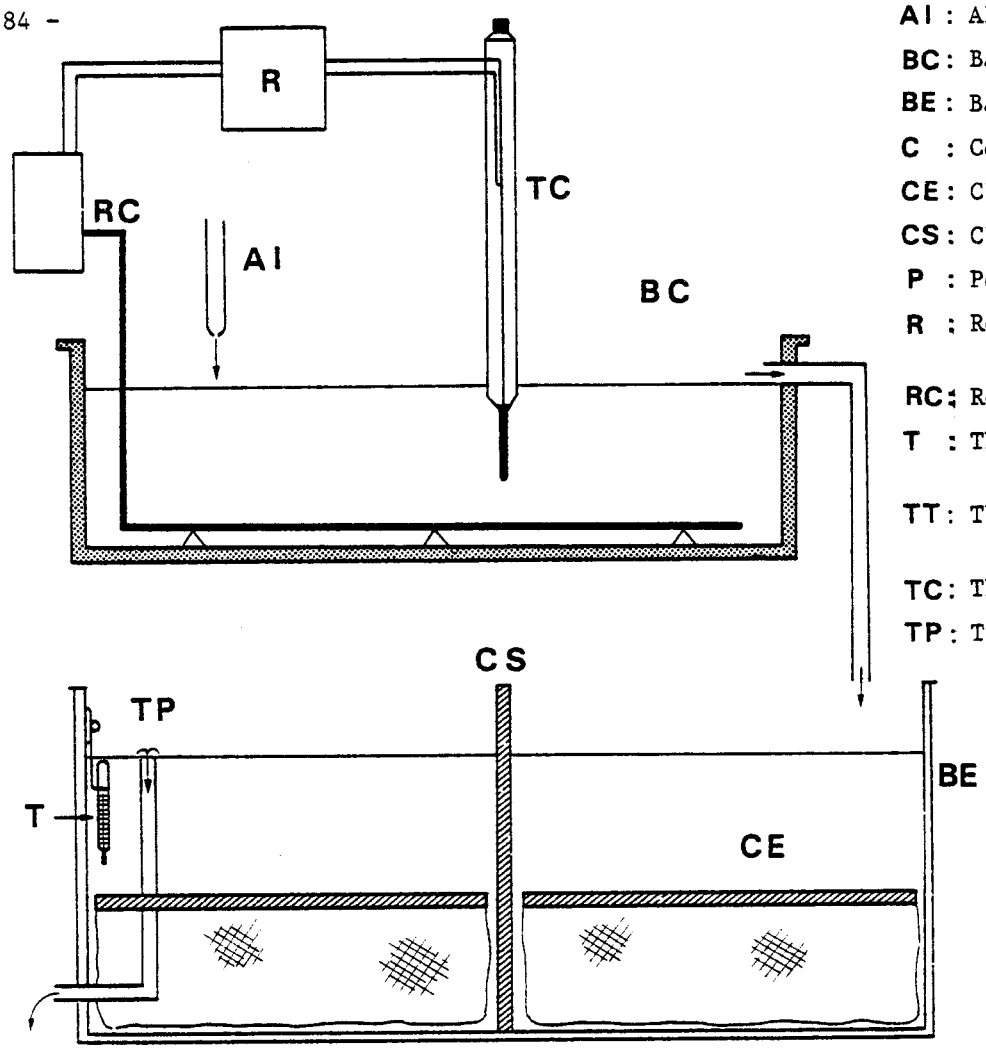
L'eau du bac d'élevage est mise en circulation par une pompe EHEIM dont le débit est choisi pour assurer un renouvellement total de l'eau en 1 heure.
L'oxygénation est maintenue par un aérateur relié à un compresseur ("belles-bulles").
Pour éviter l'évaporation importante due à l'oxygénation, les aquariums sont couverts de plaques en matière plastique. Le maintien de la salinité est effectué grâce à des adjonctions d'eau déminéralisée après calculs correctifs.

circuit fermé thermostaté (Fig. 54) :

Le dispositif est identique. Le chauffage de l'installation est assuré par un thermoplongeur thermostaté.
La manipulation des animaux a été grandement facilitée par l'utilisation de claies d'élevage* (Fig. 55). Les animaux qui y sont déposés peuvent ainsi être plus facilement sortis du sédiment.

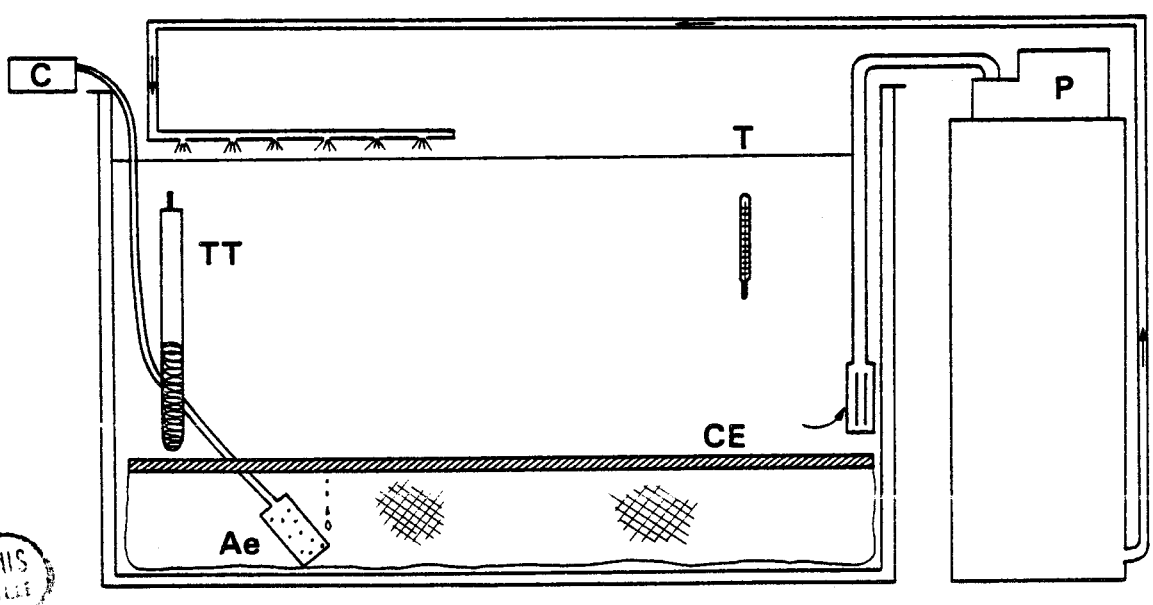
---

* Il s'agit en l'occurence d'une toile en matière plastique (TEXTIGLAS) de 1 mm de vide de maille fixée sur un cadre de bois.



Ae : Aérateur
AI : Alimentation
BC : Bac de chauffage
BE : Bac d'élevage
C : Compresseur
CE : Claie d'élevage
CS : Claie de séparation
P : Pompe
R : Relais à double contact
RC : Résistance chauffante
T : Thermomètre de contrôle
TT : Thermoplongeur thermostaté
TC : Thermomètre à contact
TP : Trop-plein

A Bac en circuit ouvert thermostaté



B Bac en circuit fermé thermostaté

Fig. 54 : Dispositifs d'élevage

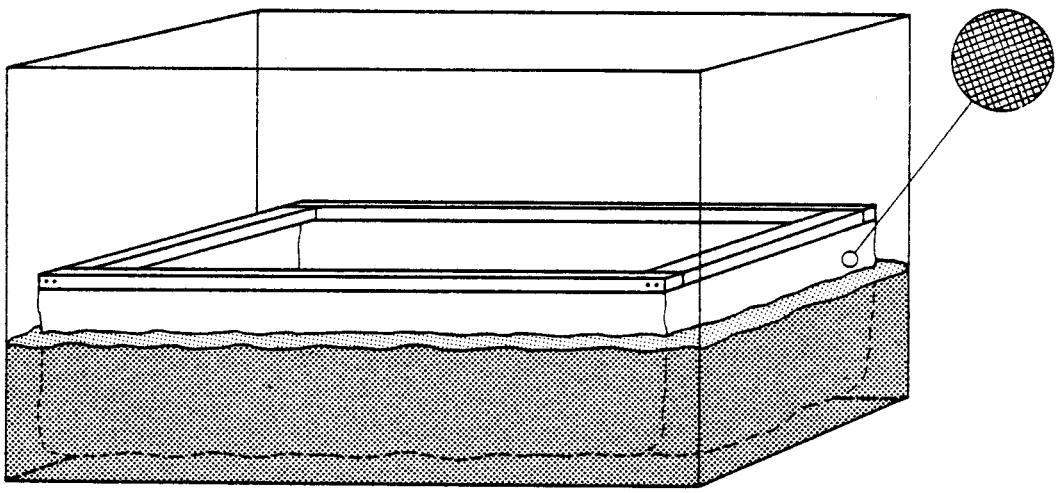


Fig. 55 : Aquarium et claie d'élevage

Le sédiment des aquariums est remplacé tous les deux mois.
Dans les quatre types d'installations le débit d'eau est réglé pour que l'eau soit complètement renouvelée en 1 heure.
Les animaux sont tous élevés dans des conditions d'éclairage photopériodique naturel.

2. ETUDE DE QUELQUES ASPECTS DU COMPORTEMENT D'*ABRA ALBA* EN ELEVAGE

2.1. Enfouissement

Les modalités d'enfouissement d'*Abra alba* sont les suivantes :
Les valves s'ouvrent, la pointe du pied s'insinue dans le sable, le pied s'allonge puis s'élargit formant une ancre qui permet à l'animal de se redresser et de s'enfoncer un peu dans le sable. Le pied s'enfonce à nouveau et beaucoup plus profondément (4 cm). L'animal crée un courant d'eau qui rend le sable plus fluide. Le pied se contracte brusquement et l'animal s'enfonce complètement dans le sable. Les siphons sortent 1 à 2 mn plus tard. L'enfouissement est très rapide : 15 à 25 sec. (AMOUROUX, 1979 fait des observations analogues chez *Tellina (Morella) donacina*.

L'animal enfoui a une position verticale (Fig. 56)

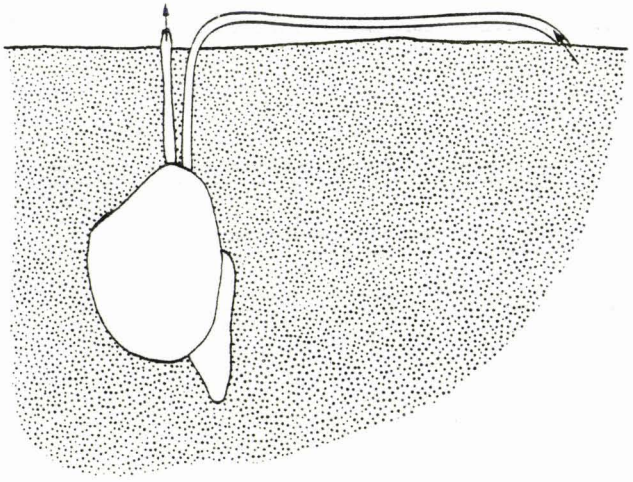


Fig. 56 Position d'*Abra alba* dans le sédiment

2.2. Reptation

Nous avons pu observer à la surface du sédiment des bacs d'élevage des traces de 20 à 30 cm de long. Il s'agit de traces de reptation.

L'animal sort du sédiment puis allonge le pied horizontalement. Le pied s'ancre dans le sédiment à une distance de 2 à 3 cm et se contracte. L'animal est ainsi halé et avance. Le mouvement est assez rapide et saccadé. Il permet d'envisager, dans le milieu benthique littoral de la mer du Nord soumis à des courants de marée violents, des déplacements par entrainement.

Ce comportement de reptation d'*Abra alba* laisse également supposer la possibilité pour cette espèce de rechercher dans la proximité immédiate de meilleures conditions (trophiques par exemple), HUGHES, 1969 signale que *Scrobicularia plana* ne présente pas contrairement à d'autres *Tellinidae* de phénomènes de migration horizontale à cause de l'abondance de la matière organique dans le sédiment dans lequel elle vit.

2.3. Comportement alimentaire

Abra alba est un "deposit-feeder" (YONGE, 1949 - FRANC, 1960) : le siphon inhalant "fouille" la surface du sédiment "à tâtons" (Fig. 56) et aspire les matières déposées sur le substrat.

Il n'est, tout d'abord, fait aucune sélection dans le matériel aspiré mais le rejet intermittent de pseudofèces constituées essentiellement de sable par le siphon inhalant montre qu'un tri est effectué à l'intérieur de l'animal. HUGHES (1975) signale que chez cette espèce la taille des particules dans l'estomac est significativement plus faible que celle des particules contenues dans la cavité palléale. OWEN (1974) décrit des phénomènes semblables chez *Scrobicularia plana* mais les pseudofèces de cette espèce contiennent également de la matière organique.

Ce type d'alimentation est confirmé par l'observation des fèces. On y trouve, en effet, beaucoup de débris non identifiables, des fragments de diatomées et quelques diatomées vivantes (*Paralia sulcata*)* (Fig. 57).

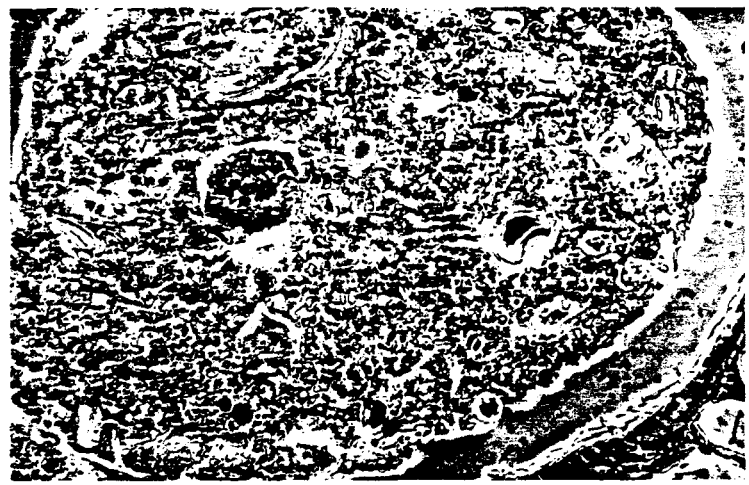


Fig. 57 : section de fèces

* Cette diatomée est caractérisée par une frustule siliceuse très rigide, ce qui pourrait expliquer que le transit dans le tube digestif d'*Abra alba* ne la détruit pas. La présence de nombreux débris d'autres phytoplanctontes (*Rhaphoneis amphiceros*, *Coscinodiscus* sp, Peridinien sp)ne peut pas être uniquement attribué à la digestion étant donné le mode d'alimentation d'*Abra alba*. Je tiens à remercier Mesdemoiselles E. ERARD et M. RYCKAERT pour les déterminations du phytoplancton contenu dans les fèces.

HYLLEBERG et GALLUCCI (1975) font la même observation sur *Macoma nasuta*.

HUGHES (1975) estime qu'*Abra alba* se nourrit presque exclusivement de particules d'une taille inférieure à 60 µ (Fig. 58).

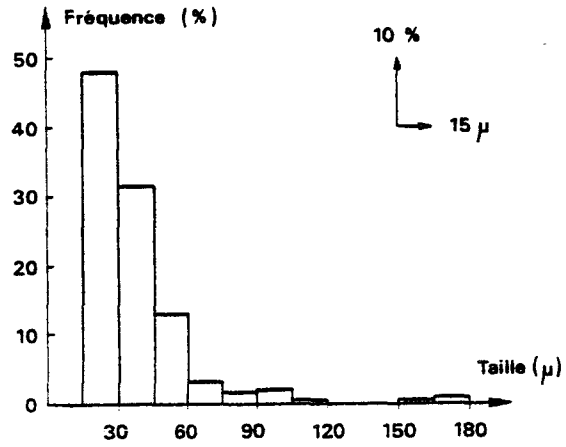


Fig. 58 : Distribution des fréquences de taille des particules ingérées par *Abra alba* (d'après HUGHES, 1975)

3. ETUDE EXPERIMENTALE DE L'ALIMENTATION

3.1. Apports nutritifs dus à la turbidité de l'eau d'élevage

L'eau de mer du laboratoire assure une alimentation des aquariums en eau non filtrée mais décantée. L'eau est donc relativement chargée en matières en suspension. (DEFRETIN, 1962).

C'est pourquoi nous avons cherché à connaître la quantité pondérale de matière nutritive amenée par l'eau d'alimentation des bacs d'élevage. Pour ce faire nous avons filtré sur filtres GELMAN 0,45 µ prépesés 10 échantillons de 1 litre d'eau de mer prélevés au cours d'une journée aux robinets d'alimentation des aquariums.

Après séchage des filtres à l'étuve à 110°Cune deuxième pesée donne le poids de matières en suspension*.

---

* 10 filtres témoins subissent les deux pesées et le passage à l'étuve de manière à pouvoir tenir compte de la perte en poids des filtres lors du séchage.

L'apport de matières en suspension de l'eau de mer est de 18,52 mg/l. (± 2,6 mg/l) soit 0,55 g/h ou 13,32 g/jour (± 1,63 g/jour)*.
Cet apport de nourriture jumelé au changement du sédiment tous les deux mois a permis le développement normal des animaux élevés dans ces conditions.

3.2. Apports de différents types de nourriture

Nous avons comparé à l'eau de mer naturelle (expérience 1, tableau 23) plusieurs aliments.
Trois types d'aliments ajoutés à l'eau de l'élevage ont été testés.

- un aliment liquide : "LIQUIFRY-MARINE" (Expérience 2, tableau 23)
- un aliment en poudre : "HOBBY-PLANCTON", constitué de phytoplancton séché. (Expérience 3, tableau 23)
- des granulés servant à l'alimentation des truites** broyés sur "pulvérisette" FRITSCH. (Expérience 4, tableau 23)

	Date / Lots	19.03 79	21.03 79	23.03 79	27.03 79	30.03 79	04.04 79	% survivants
Expérience 1	Lot 1	25	24	24	24	24	24	94
	Lot 2	25	25	23	23	23	23	
Expérience 2	Lot 1	25	24	20	14	12	9	40
	Lot 2	25	23	21	17	15	11	
Expérience 3	Lot 1	25	25	19	14	10	8	42
	Lot 2	25	21	20	16	13	11	
Expérience 4	Lot 1	25	24	22	18	16	13	50
	Lot 2	25	25	23	16	13	12	

Tableau : 23 Evolution du nombre d'individus survivants au cours de la première expéri . d'alimentation.

---

* Les aquariums alimentés de cette façon contiennent 30 litres d'eau.

** Je suis très reconnaissant à Monsieur SAUDEMONT, pisciculteur à ETRUN qui m' a fourni gracieusement ces granulés.

Les trois aquariums dans lesquels les animaux reçoivent une nourriture artificielle fonctionnent en circuit fermé non thermostaté. L'aquarium témoin (eau de mer naturelle courante) fonctionne en circuit ouvert. Il est chauffé de manière à ce que les températures des quatre bacs soient identiques.
Nous avons assisté après une quinzaine de jours à une mortalité très importante (58 %) des animaux vivant en circuit fermé. Par contre ce problème ne s'est pas posé dans le bac en circuit ouvert (Tableau 23) Cette expérience a été renouvelée deux fois (23-04-1979 et 19-05-1979) et,à chaque fois,les résultats ont été analogues.

4. CONCLUSION

Il ne faut pas conclure de cette expérience que les aliments testés ne conviennent pas à l'alimentation à *Abra alba*[*]. En effet d'autres élevages en circuit fermé dans lesquels l'apport de nourriture se faisait sous forme de vase prélevée sur les lieux de récolte d'*Abra alba* ont également échoué.
Il semble que ce soit plutôt le type d'élevage qui soit en cause.

---

[*] Le meilleur aliment artificiel serait,dans le cas présent,le granulé pour truites.

CHAPITRE IV

ETUDE DE LA CROISSANCE D'ABRA ALBA

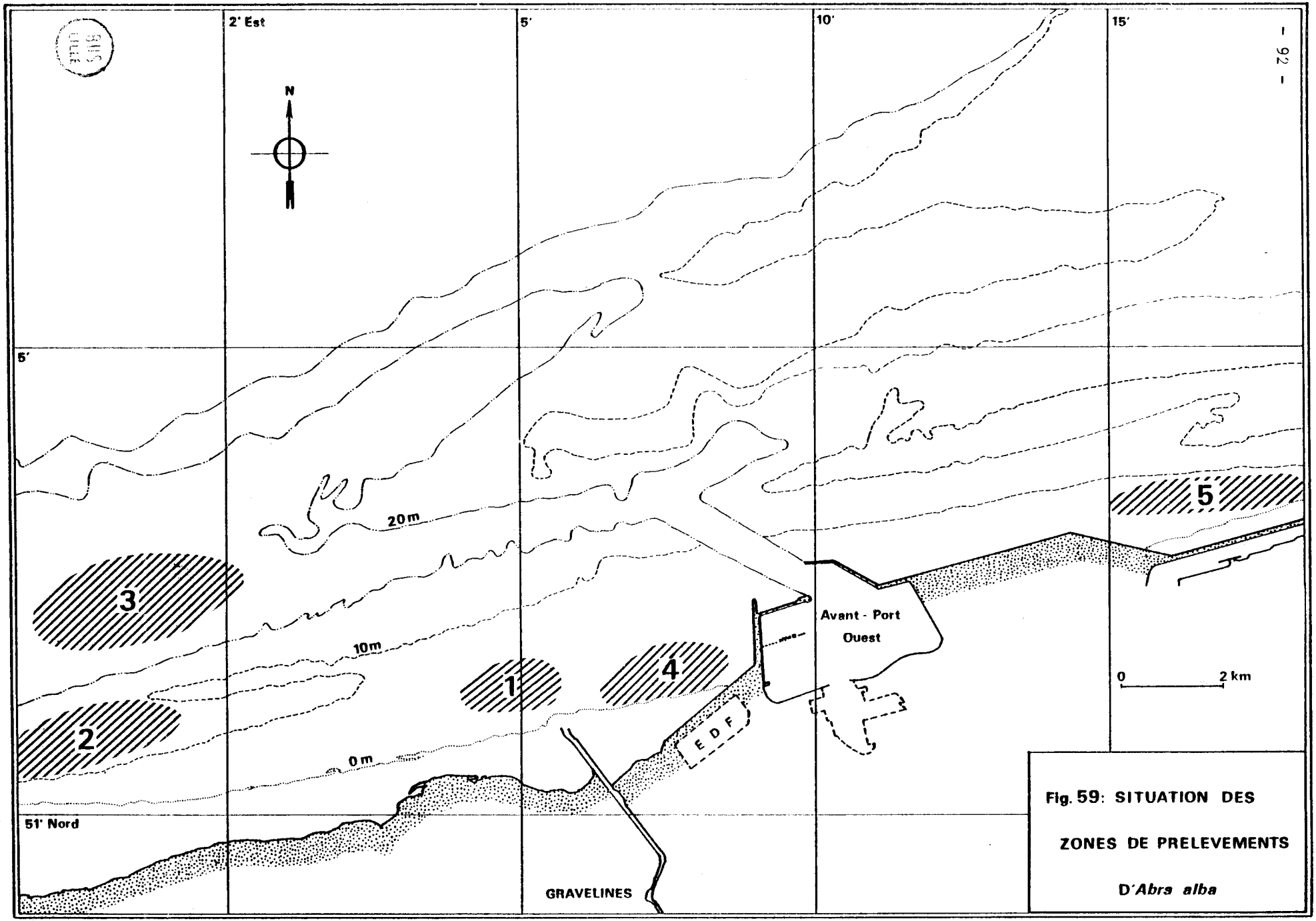


Fig. 59: SITUATION DES ZONES DE PRELEVEMENTS D'*Abra alba*

ETUDE DE LA CROISSANCE D' *ABRA ALBA*

1. METHODOLOGIE

1.1. Prélèvements

Lors des différentes sorties en mer (tableau 24) destinées à effectuer un suivi de la population d'*Abra alba*, des dragages ont été effectués en complément des prélèvements à la benne, afin d'obtenir un nombre d'individus suffisant pour les études démographiques.

TABLEAU 24 - Calendrier des campagnes

Date	Suivi de la population	Prélèvement complémentaire
20.04.78	Station B	zone 1
02.06.78	Station B	zone 2
14.09.78	Station B	zone 3
04.12.78	Station B	zone 4
15.01.79	Station B	zone 5
13.02.79	Station B	zone 5
16.03.79	Station B	zone 5
11.04.79	Station B	zone 5
05.05.79	Station B	zone 5
12.06.79	Station B	zone 5
05.07.79	Station B	zone 5

Nous avons tout d'abord prélevé autour de la station-référence du peuplement à *Abra alba* (Station B, Fig. 6 - Zone 1, Fig.59). Mais, pour éviter que des ponctions répétées ne perturbent les conditions locales nous avons prospecté d'autres sites où cette espèce abonde.

Dans la zone des "Hemmes de Marck" (zone 2) il est arrivé de récolter de nombreux individus lors d'études antérieures. Mais il s'est avéré qu'une forte mortalité a affecté toutes les classes d'âge de la population d'*Abra alba* à cet endroit. La récolte de très nombreuses coquilles vides englobées dans une vase assez compacte nous a amené à abandonner cette zone.

La souille de l'"Hétérogène envasé" (zone 3) dans laquelle *Abra alba* trouve un sédiment propice à son implantation, a été également prospectée. Mais les difficultés liées à une récolte difficile et relativement faible eu égard aux problèmes matériels nous ont également conduit à abandonner cette zone.

En face de la plage de Petit-Fort-Philippe, entre le chenal de l'Aa et la digue du Nouvel Avant Port Ouest (zone 4), les densités trop faibles d'*Abra alba* nous ont amené à chercher un nouveau site de prélèvements.

Une petite souille étroite, située au-delà de l'Avant Port (zone 5) s'était révélée très riche lors de l'étude 1975 (DEWARUMEZ, 1976a). Nous avons, en dernier ressort, décidé d'y effectuer des prélèvements en dépit de son éloignement. Les résultats satisfaisants nous ont conduit à continuer de prospecter cette zone.

Le sédiment remonté est tamisé sur les tables de tri sous lesquelles plusieurs récipients de grande taille sont disposés. Ces barils recueillent un sédiment suffisamment envasé, débarassé de ses éléments grossiers et de la macrofaune, qui servira aux élevages.

Les refus de tamis sont conservés dans l'eau de mer de manière à garder les animaux vivants jusqu'au tri au laboratoire.

1.2. Mesures effectuées

Pour les études de croissance absolue, le choix d'un paramètre que l'on peut relier à l'âge est indispensable.

Nous avons adopté des mesures qui sont classiquement choisies pour ce genre d'études : la longueur maximale (ℓ) et la hauteur (h) de la coquille (Fig. 60).

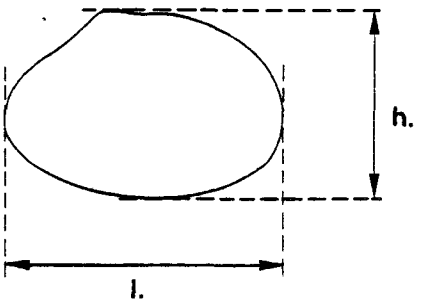


Figure 60 - Mesures de la taille effectuées chez *Abra alba*.

Une troisième mesure a été effectuée : le poids sec* de l'animal, après décalcification à l'acide chlorhydrique 10 % et séchage à l'étuve à 110°C pendant 24 heures.

2. CROISSANCES RELATIVES, ALLOMETRIES

2.1. Mesures

Les mesures de taille sont effectuées à l'aide d'un pied à coulisse au 1/50ème pour les grands individus et au micromètre oculaire pour les petits.

Les poids individuels sont mesurés sur une balance SARTORIUS à 0,05 mg.

2.2. Principe des calculs

La relation d'allométrie la plus couramment utilisée est la loi d'allométrie simple de HUXLEY et TEISSIER (1936) de formule :

$$y = bx^a$$

où x et y sont les valeurs des paramètres utilisés,
a = coefficient d'allométrie (ou pente),
b = indice d'origine.

Cette formule se linéarise par une transformation logarithmique, elle devient alors :

$$Lny = a\,Lnx + Lnb$$

Selon les valeurs de a on distinguera plusieurs types de relations :

. si a < 1 : allométrie minorante ou négative,
. si a = 1 : isométrie,
. si a > 1 : allométrie majorante ou positive.

Si la valeur de a est généralement considérée comme caractéristique d'une espèce, la valeur de l'indice d'origine est plus controversée. PARKER et LARKIN (1959) estiment que b est caractéristique de l'espèce considérée, tandis que pour MAYRAT (1965), elle varie selon les lieux de récolte et dans le temps pour un même lieu de récolte.

---

* De préférence au poids humide nous avons choisi le poids sec décalcifié en raison de la plus grande fiabilité des résultats obtenus par cette méthode sur des animaux formolés.

2.3. Calcul des paramètres des droites d'ajustement

Dans le cadre de l'étude d'une relation linéaire ou rendue telle par une transformation appropriée (logarithmique dans notre cas), il s'agit de déterminer une droite d'ajustement représentant le mieux possible le nuage de points obtenu.

Pour ce faire, il existe trois types de droites d'ajustement (DAGET, 1976) :

- la méthode des moindres carrés (régression de y en x ou de x en y) dans laquelle la pente a pour formule :

$$a_r = \pm \frac{\text{Cov } xy}{\text{Var } x} \quad \text{(pour une régression de y en x)}$$

- la droite de régression orthogonale ou axe majeur, de pente

$$a_m = \frac{2 \text{ Cov } xy}{\text{Var } x - \text{Var } y + \sqrt{(\text{Var } x - \text{Var } y)^2 + 4 \text{ Cov}^2 xy}}$$

- la droite de régression de TEISSIER ou axe majeur réduit, de pente

$$a_T = \pm \sqrt{\frac{\text{Var } y}{\text{Var } x}}$$

Toutes ces droites passent par le point moyen ($\overline{Lnx}/\overline{Lny}$). Sachant que :

$$\overline{Lny} = a\,\overline{Lnx} + \overline{Lnb}$$

on déduit aisément b.

Le problème réside dans le choix du modèle d'ajustement. En tenant compte des remarques de DAGET (1976) sur la méthode des moindres carrés, de TEISSIER (1961), DAGUZAN (1975), CUZIN-ROUDY (1975) et DAGET (1976) en ce qui concerne l'axe majeur et l'axe majeur réduit, et de nos observations, nous avons finalement opté pour la méthode de l'axe majeur.

Pour chacune des pentes calculées (a) on détermine l'intervalle de confiance avec une probabilité de 95 % (GREMY et SALMON, 1969) :

$$a - t_{0,95}\, S_a < \alpha < a + t_{0,95}\, S_a$$

α = pente réelle

$t_{0,95}$: valeur du t de STUDENT pour P = 0,05 et n - 2 d.d.l.*

S_a = écart-type de a

$$S_a = a \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 1}}$$

r = coefficient de corrélation linéaire = $\frac{S_{\ell h}}{S_\ell - S_h}$

---

* ddl = degré de liberté

On comparera ensuite deux pentes entre elles (GREMY et SALMON, 1969) :

$$t = \frac{a_1 - a_2}{S_{(a_1 - a_2)}} \qquad [S^2_{(a_1 - a_2)} = S^2_{a_1} + S^2_{a_2}]$$

le t obtenu est comparé avec les valeurs des seuils des tables des distributions de t pour $n_1 + n_2 - 4$ d.d.l.*

On pourra enfin comparer une pente à une valeur théorique (A) (GREMY et SALMON, 1969) :

$$t = \frac{a - A}{S_a}$$

le t obtenu est comparé avec les valeurs dans les tables pour n - 2 d.d.l.*

2.4. Résultats

2.4.1. Relation d'allométrie hauteur-longueur

Après les déterminations des écarts-types de la longueur et de la hauteur et de la covariance, calculés sur les transformations logarithmiques de 222 couples de valeurs,

s ℓ	0,590
s h	0,593
s ℓh	0,348
r	0,996

nous avons calculé les coefficients de régression (ou pente) selon les différentes méthodes.

---

* Selon la valeur de la probabilité on estimera que la différence est :
- non significative si P < 95 % (peut être due au hasard) ;
- significative si 95 < P < 99 % ;
- très significative si 99 < P < 99,9 % ;
- hautement significative si P > 99,9 %.

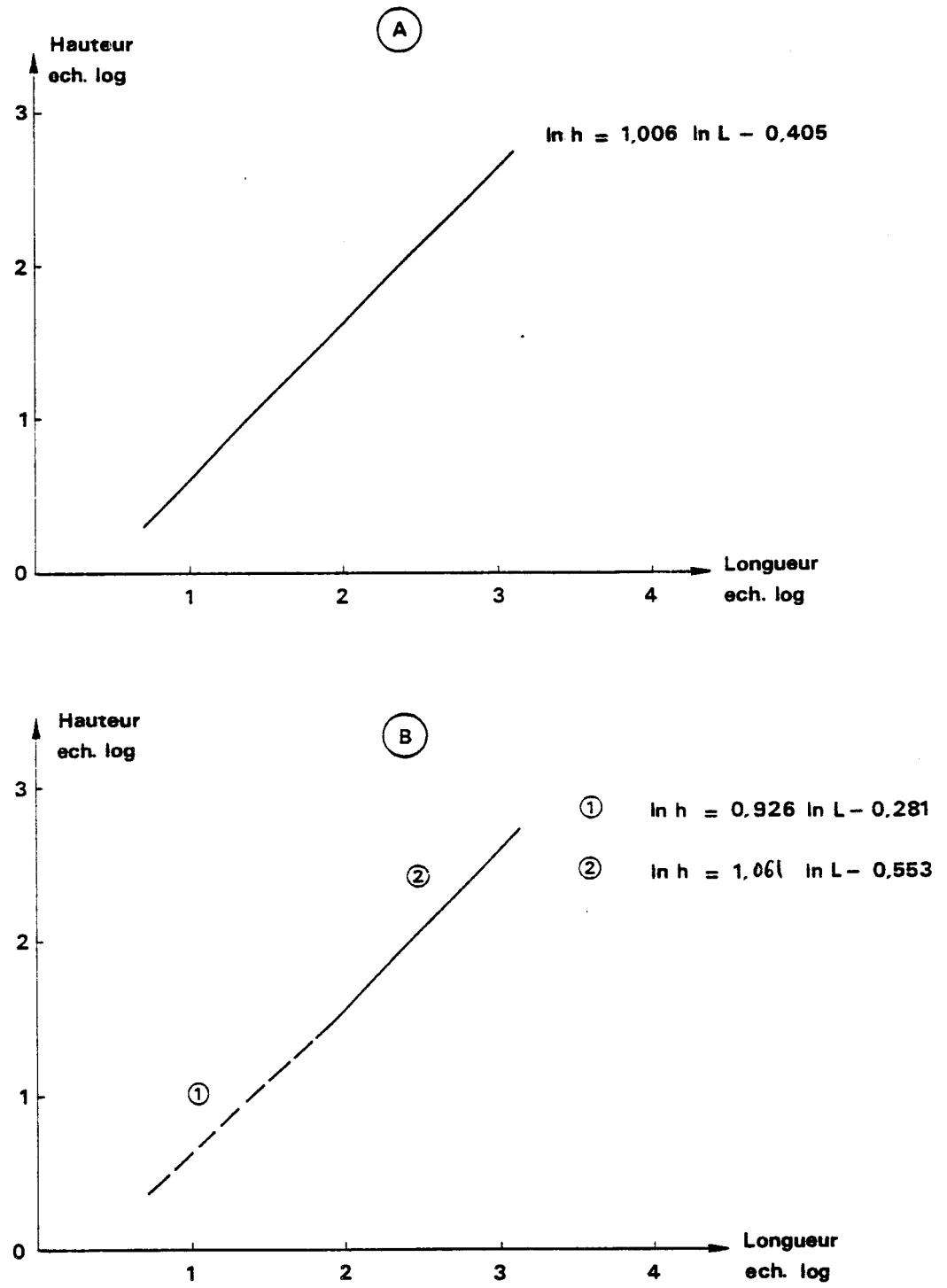


Fig. 61 : Relations d'allométrie hauteur - longueur

(A) relation globale

(B) relations [2-7[et [8-23[

BUS LILLE

	Pente de la droite de régression a	Indice d'origine
Axe majeur	1,0058	0,667
Axe majeur réduit	1,0057	0,667
Régression hauteur - longueur	1,0000	0,676
Régression longueur - hauteur	0,9886	0,695

L'équation de la relation selon la méthode de l'axe majeur conduit à la formulation suivante :

Valeurs arithmétiques	Valeurs logarithmiques	r	Intervalle de confiance de la pente
$h = 0,667\ \ell^{1,006}$	$\mathrm{Ln}h = 1,006\ell - 0,405$	0,996	± 0,013

Cette relation est très proche de la linéarité. En effet, la pente n'est pas significativement différente de 1 (P = 0,68). On peut donc estimer qu'il y a isométrie entre la longueur et la hauteur de la coquille d'*Abra alba* (Fig. 61 A).

BUS LILLE

Les mesures effectuées s'organisent , aussi bien pour la longueur que pour la hauteur, sous forme de trois distributions gaussiennes parfaitement individualisées ([2-7[, [7-15[et [16-23mm[en ce qui concerne la longueur) (Fig.62).

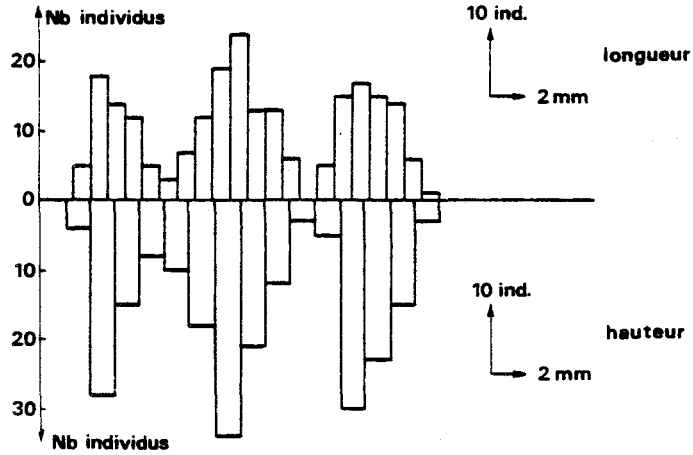


Figure 62 - Distribution des fréquences de tailles de la longueur et de la hauteur des 222 animaux mesurés.

Nous avons calculé les relations d'allométrie au sein de ces trois modes et les résultats obtenus nous ont conduit à rassembler les deux dernières distributions du fait de la similitude de leurs pentes (P = 0,64).

On aboutit finalement aux résultats suivants :

- Pour le premier mode [0-7 mm[

s_ℓ	0,269
s_h	0,250
$s_{\ell h}$	0,064
r	0,958

	Pente de la droite de régression (a)	Indice d'origine (b)
Axe majeur	0,9259	0,755
Axe majeur réduit	0,9289	0,752
Régression hauteur → longueur	0,8892	0,792
Régression longueur → hauteur	1,0305	0,650

La relation est une allométrie minorante, la différence entre la pente et la valeur 1 est hautement significative (P > 99,9 %).

La relation d'allométrie est la suivante (Fig. 61,B).

$h = 0{,}755\ \ell^{0{,}926}$ $\qquad r = 0{,}958$

intervalle de confiance de la pente ± 0,022.

- pour les deuxième et troisième modes [8-23 mm[

s_ℓ	0,288
s_h	0,306
$s_{\ell h}$	0,088
r	0,993

	Pente de la droite de régression (a)	Indice moyen (b)
Axe majeur	1,0612	0,575
Axe majeur réduit	1,0607	0,553
Régression hauteur → longueur	1,0529	0,587
Régression longueur → hauteur	0,9358	0,800

La relation est une allométrie majorante, la différence de la pente avec la valeur 1 est hautement significative (P > 99,9 %)/

La relation s'exprime ainsi (Fig.61,B).

$h = 0,575\ \ell^{1,061}$ $r = 0,993$

intervalle de confiance de la pente ± 0,018

Si l'on compare ces trois pentes ([2-7[, [7-23[et [0-23 mm[) entre elles, on s'aperçoit qu'elles sont toutes différentes (P > 99,9 %, différence hautement significative).

La relation globale isométrique serait ainsi la résultante d'une allométrie négative et d'une allométrie positive qui se suivraient au cours du développement de l'animal.

2.4.2. Relation d'allométrie taille-poids

L'utilisation de la méthode de l'axe majeur pour le calcul de cette relation nous donne comme équation (Fig.63 AetB)

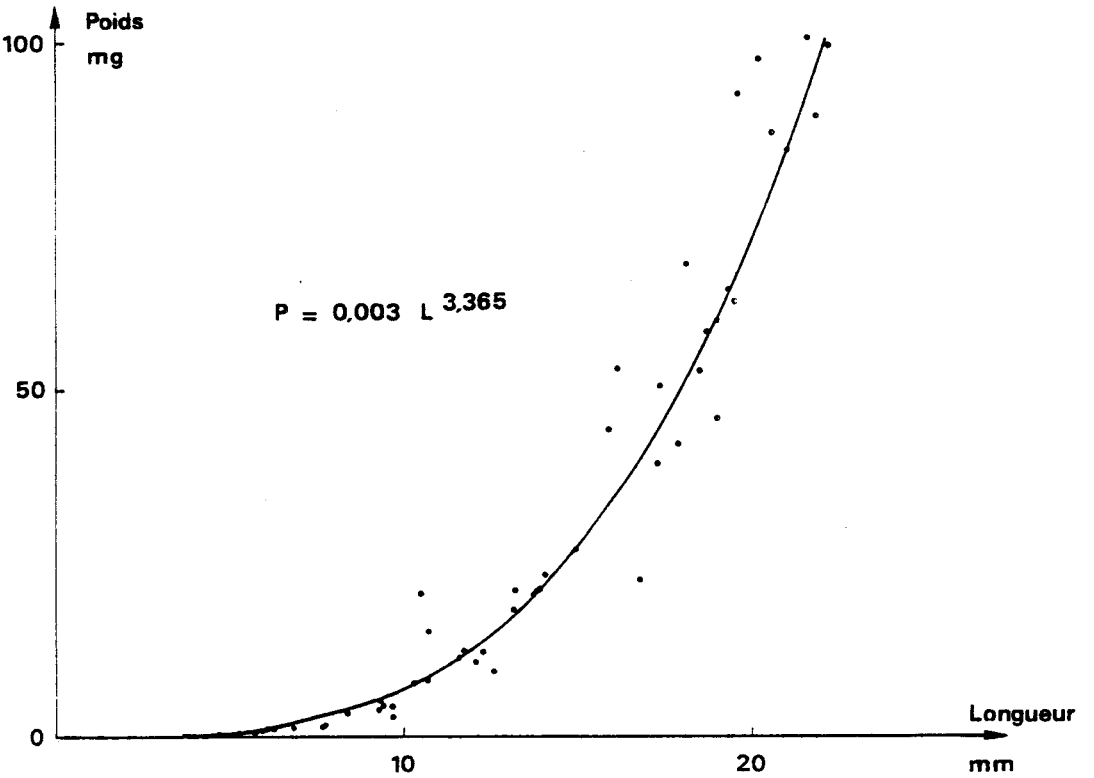
$P = 0,003\ \ell^{3,365}$

r = 0,991 Intervalle de condiance de la pente ± 0,123

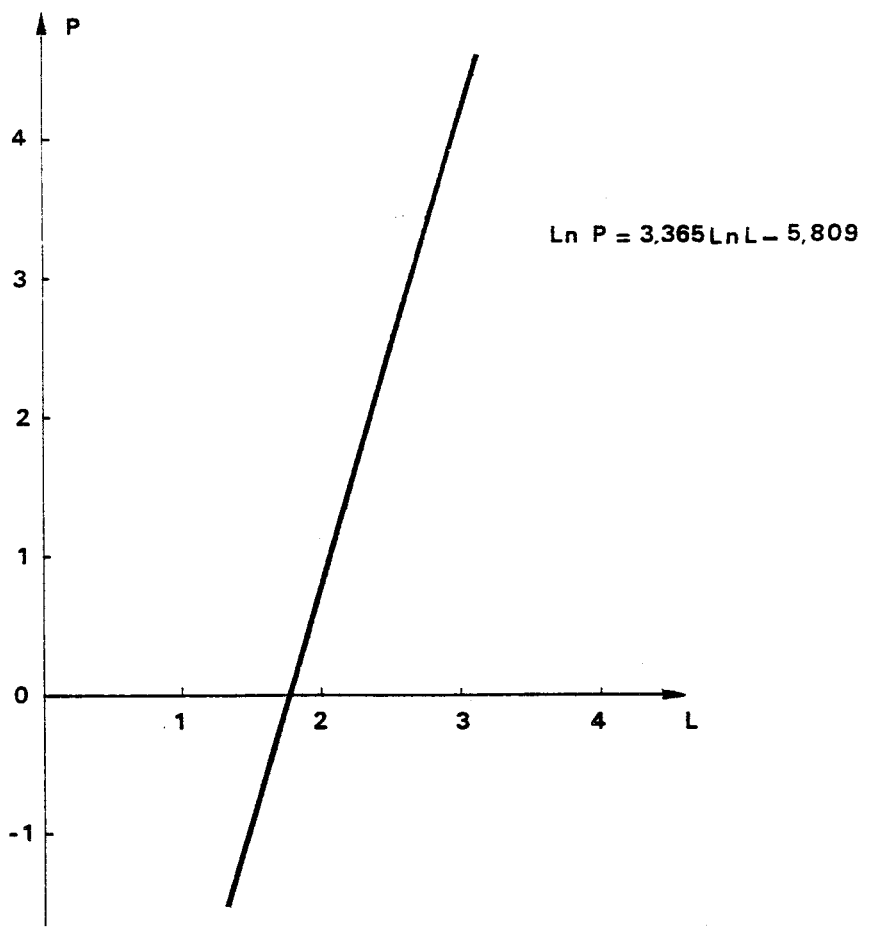
La valeur "3" pour la pente est admise dans les relations d'allométrie taille-poids comme repère de l'isométrie (CALOW, 1975 ; SOUPLET, 1977, chez des Gastéropodes).

La pente que nous avons calculée est différente de 3 d'une manière hautement significative (P > 99,9 %). Nous sommes donc dans le cas d'une allométrie majorante.

(A)



(B)



BUS LILLE

Fig. 63 : RELATION TAILLE - POIDS

(A) coordonnées arithmétiques

(B) coordonnées logarithmiques

3. CROISSANCE ABSOLUE - LONGEVITE

3.1. Méthodes

3.1.1. Mesures

Le principe est d'appréhender la croissance des différentes cohortes* à partir d'un nombre d'observations limité.

Nous avons retenu la longueur maximale comme paramètre pour cette étude.

3.1.2. Traitement des données

Le principe que nous avons adopté est que la distribution des fréquences de taille se répartit d'une façon normale autour de la moyenne. Le but est de faire apparaître les différentes courbes de GAUSS, théoriquement représentatives d'autant de cohortes.

Il existe plusieurs méthodes pour faire apparaître des courbes de GAUSS :

- La méthode empirique : les courbes normales qui apparaissent graphiquement sont repérées sans artifice de calcul. Dans le cas d'une croissance très rapide associée à une longévité brève, cette méthode peut parfois être valable. Dans le cas d'animaux vivant longtemps, elle biaise le résultat en sous-estimant le nombre de cohortes.

- La méthode de BATTACHARYA (1967) : si y(n) est la fréquence observée pour une classe dont x(n) est le point médian et h l'intervalle de classe, on reporte sur un graphe les valeurs de $y(n + h) - y(n)$ en fonction de x(n). Le graphique obtenu présente plusieurs droites de pente négative. Ces droites correspondent à autant de distributions normales.

- La méthode du papier "probit" ou papier probabilité (HARDING, 1949 ; CASSIE, 1954). Le papier probit est conçu de telle manière qu'une distribution normale cumulée, reportée sur ce papier, se traduit par une droite. Il y aura autant de courbes de GAUSS que de segments de droite, chaque point d'inflexion de la courbe lissée indique alors un changement de cohorte. On rapporte les effectifs des différentes cohortes à 100 % et les pourcentages cumulés sont portés sur le même graphique. Une simple lecture du diagramme suffit pour connaître la moyenne (elle correspond à la valeur 50 %) et l'écart-type : la lecture à 84,13 % (ou 15,87 %) donne $m + \sigma$ (ou $m - \sigma$).

---

* Une cohorte est un ensemble d'animaux du même âge.

Après comparaison des différentes méthodes, il s'est avéré que celle de BATTACHARYA était trop précise par le fait qu'elle met en évidence un nombre souvent trop grand de cohortes. Par contre, la méthode de HARDING, par le fait que l'on doive lisser la courbe, échappe à ces inconvénients.

Nous avons finalement retenu cette méthode qui, de plus, est très rapide.

Une fois les histogrammes scindés en cohortes, on reporte sur un graphique les ensembles moyenne-écart-type obtenus pour chacune des courbes gaussiennes dans tous les histogrammes.

Nous avons utilisé les résultats obtenus depuis 1975 et nous avons pu ainsi établir un profil de croissance. Les prélèvements n'ayant pas été effectués de manière continue pendant les quatre ans et demi, quand l'interprétation était difficile nous avons extrapolé les valeurs obtenues l'année précédente à la même époque selon une méthode déjà employée (RICHARD, 1971 ; MUUS, 1973 ; DEWARUMEZ, 1976 ; SOUPLET, 1977).

3.1.3. Choix d'un modèle mathématique de croissance

Une fois déterminé le profil de croissance théorique, il s'agit de l'ajuster à un modèle mathématique permettant de calculer une courbe de croissance théorique.

Plusieurs modèles, tous satisfaisants (GULLAND, 1969) s'offrent à nous. Cependant deux modèles sont plus couramment utilisés : l'équation de Von BERTALANFFY (1938) (BEVERTON et HOLT, 1957) et l'équation de GOMPERTZ (1825) (WEYMOUTH et THOMSON, 1931 ; WEYMOUTH et Coll., 1931).

Ces deux modèles donnent une formulation satisfaisante pour exprimer la croissance d'un animal quelconque mais chacune présente des avantages particuliers.

L'équation de GOMPERTZ s'ajuste mieux à la croissance des juvéniles (DAGET *in* SOUPLET, 1977). L'équation de Von BERTALANFFY s'utilise directement dans les modèles de production, mais la connaissance de t_o nécessite la connaissance d'au moins un couple "taille-âge" (DAGUZAN, 1975), ce qui n'est pas toujours aisé à déterminer.

THEISEN (1973) utilise chez la moule (*Mytilus edulis*) un modèle mixte formé de l'équation de GOMPERTZ pour les jeunes stades et de l'équation de Von BERTALANFFY pour les stades âgés.

Nous avons finalement choisi l'équation de GOMPERTZ pour modéliser la croissance d'*Abra alba*. Elle a pour formule :

$$\ell = L_{\infty}\, a^{bKt}$$

avec a, b et k = constantes

L_{∞} = longueur maximale théorique

Pour déterminer L_{∞}* on utilise le diagramme de FORD-WALFORD (BEVERTON et HOLT, 1957 ; RICHARD, 1971, etc...). On établit ce diagramme en portant la valeur de la taille au temps $t_{(x+1)}$ en fonction de la taille au temps $t_{(x)}$. On obtient ainsi une ou plusieurs droites de régression (les coefficients de régression permettent de choisir entre les différentes droites).

L'intersection de la droite (ou de la dernière dans le cas où il en existe plusieurs) avec la 1ère bissectrice ($\ell t_{(x+1)} = \ell t_{(x)}$) donne la valeur de L_{∞}.

Les valeurs mesurées sur le profil théorique de la croissance sont ajustées à l'équation de GOMPERTZ. L'intersection de la courbe obtenue avec la droite $L = L_{\infty}$ donne la longévité moyenne de l'espèce.

On peut calculer la vitesse de croissance en dérivant l'équation de GOMPERTZ. On obtient alors :

$$V = K.L_{\infty}.\mathrm{Lna}.\mathrm{Lnb}.a^{bKt}.b^{Kt}$$ (SOUPLET, 1977).

Enfin, connaissant la relation d'allométrie : $P = cL^{d}$ et l'équation de croissance linéaire $L = L_{\infty}\, a^{bKt}$ on en déduit facilement l'équation de croissance pondérale.

$$P = cL_{\infty}^{d}.a^{db^{Kt}}$$

3.2. Résultats

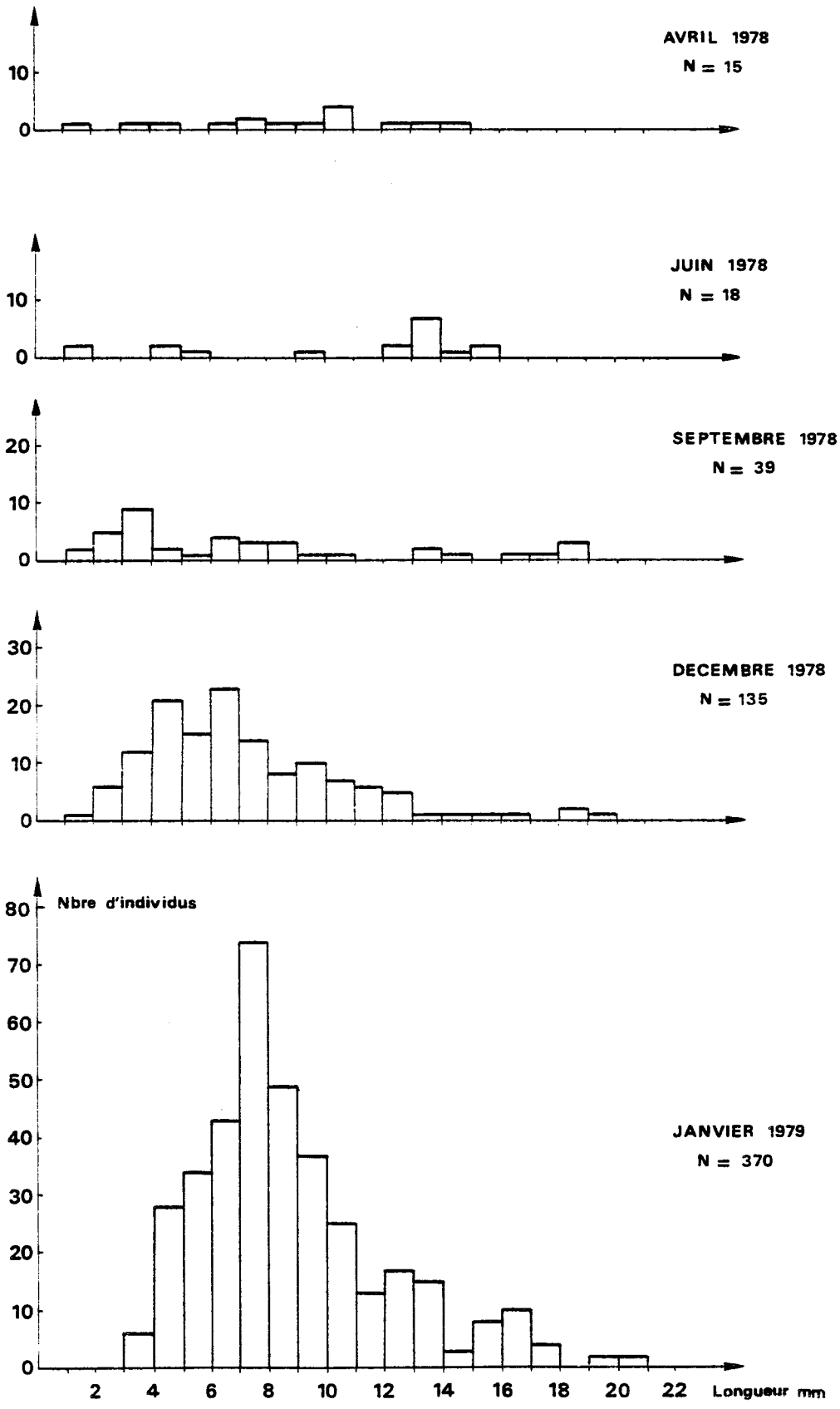
Les tailles extrêmes mesurées chez *Abra alba* sont 1,2 et 23,16 mm.

L'observation des histogrammes de fréquence de taille (Fig. 64) semble prouver qu'il n'existe qu'une génération annuelle, mais la récolte continue d'individus de petite taille montre que la période de reproduction est étalée dans le temps avec néanmoins un maximum à la fin du printemps.

Ceci confirme les résultats enregistrés au niveau de l'étude du cycle sexuel qui montre un maximum d'activité de reproduction fin printemps et début été. Il est à noter cependant que la durée de la vie

---

* L_{∞} est une valeur théorique qui ne présage en rien de la taille maximale réelle.



BUS LILLE

Fig. 64 : *Abra alba* Histogrammes des fréquences de taille

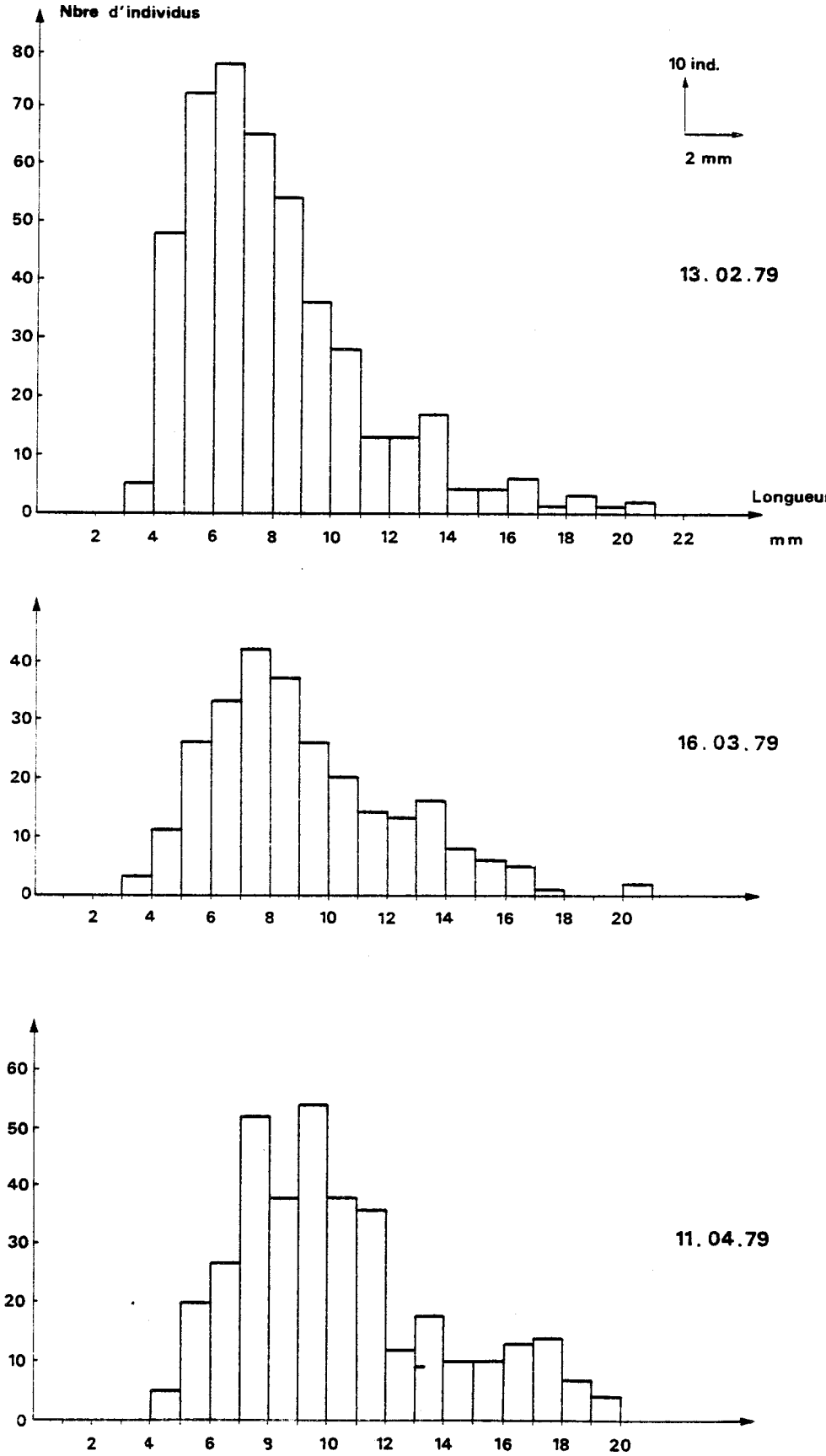
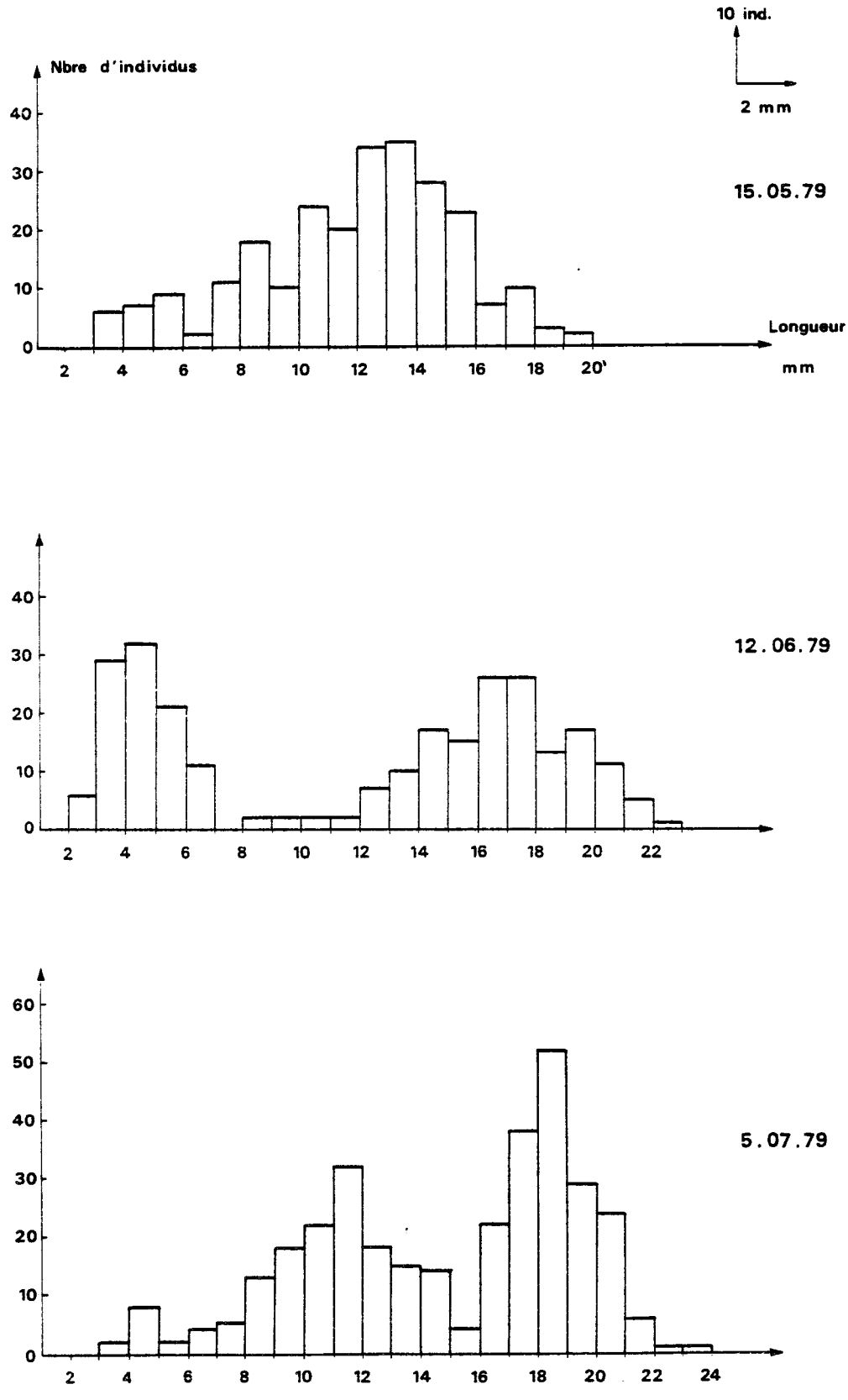

Nbre d'individus
10 ind.
2 mm
13.02.79
Longueur
mm
16.03.79
11.04.79

Fig. 64 : Suite



BUS LILLE

Fig. 64 : Suite

larvaire doit être courte étant donné le faible délai entre le maximum d'activité reproductrice et l'apparition des jeunes individus au niveau du benthos.

Les résultats enregistrés en 1978-79 se répètent tous les ans depuis 1975, on note, en effet, l'apparition en grand nombre de jeunes individus vers les mois de mai-juin-juillet (Fig. 65).

Le diagramme de FORD-WALFORD (Fig.66,A) fait apparaître une longueur maximale théorique moyenne de 20,2 mm. Cette valeur, bien que n'ayant pas de signification biologique stricte, n'est pas aberrante. En effet, seuls quelques individus dépassent cette taille. L'utilisation du modèle de GOMPERTZ nous donne comme équation de la croissance d'*Abra alba* :

$$L = 20{,}42.0{,}07^{0{,}72^{0{,}5t}}$$

avec un coefficient de corrélation de 0,993, significatif à 99 %. Cette équation permet d'estimer la durée de vie moyenne d'*Abra alba* à 34 mois. L'espèce passe donc trois hivers mais vit un peu moins de 3 ans (Fig.66,B).

La dérivation de l'équation de croissance nous donne la vitesse de la croissance théorique :

$$V = 8{,}82.0{,}07^{0{,}72^{0{,}5t}}.\ 0{,}72^{0{,}5\ t}$$

La vitesse de la croissance augmente jusqu'au premier hiver (5-7 mois après la naissance) (Fig. 67) elle atteint à ce moment là une valeur de 2,4 mm/mois. La vitesse décroît ensuite régulièrement jusqu'à la fin de la vie de l'animal, elle est alors de 0,1 mm/mois.

La diminution de la température en hiver coïncide donc chez *Abra alba* avec un ralentissement de la croissance.

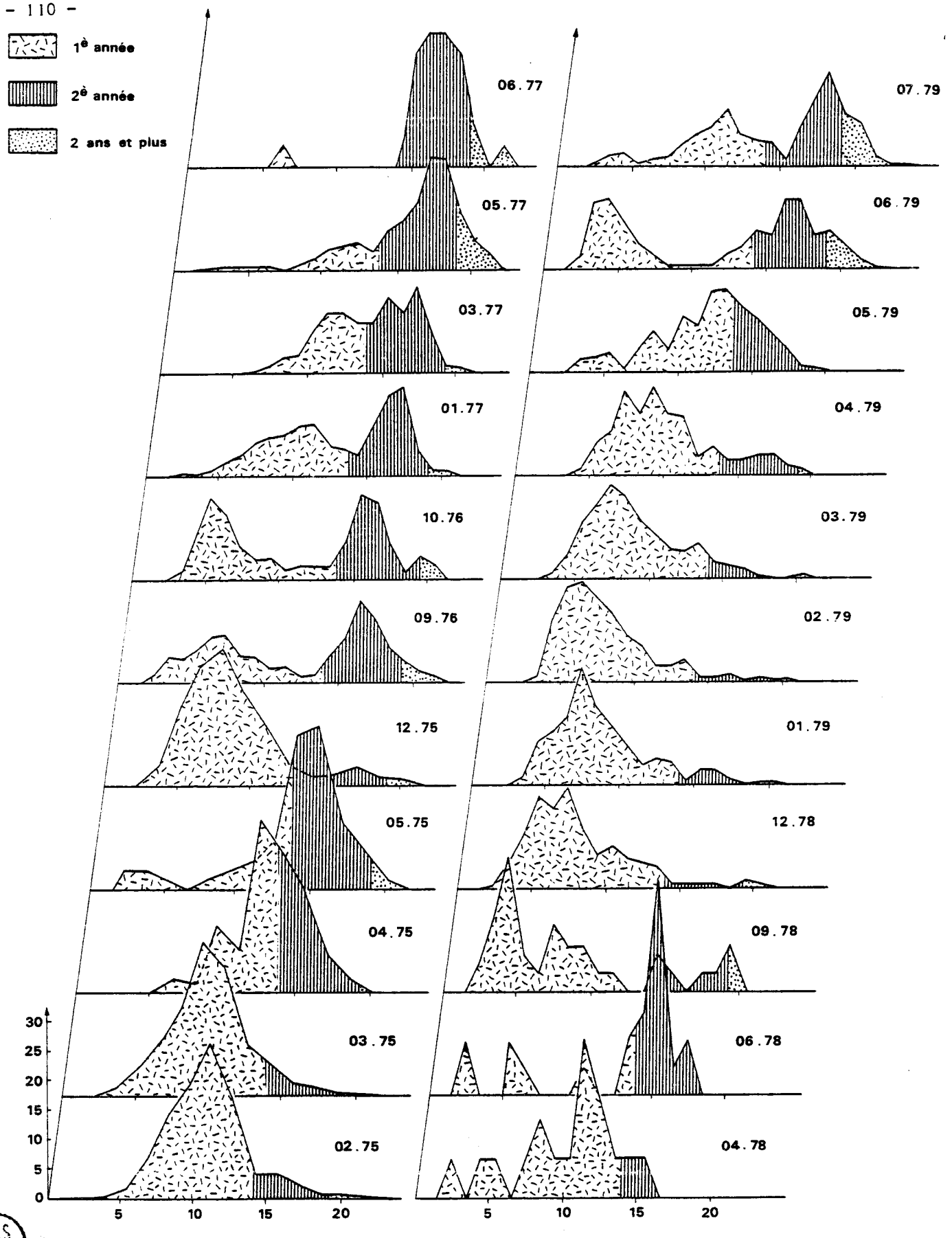
L'application de la relation taille-poids (cf allométrie) dans la formule de la croissance linéaire nous permet de calculer l'équation de croissance pondérale théorique :

$$P = 76{,}78.0{,}07^{3{,}36.0{,}72^{0{,}5t}}$$

Cette équation nous permet de déterminer le poids sec maximal théorique P_∞ : 74,06 mg (Fig.68).

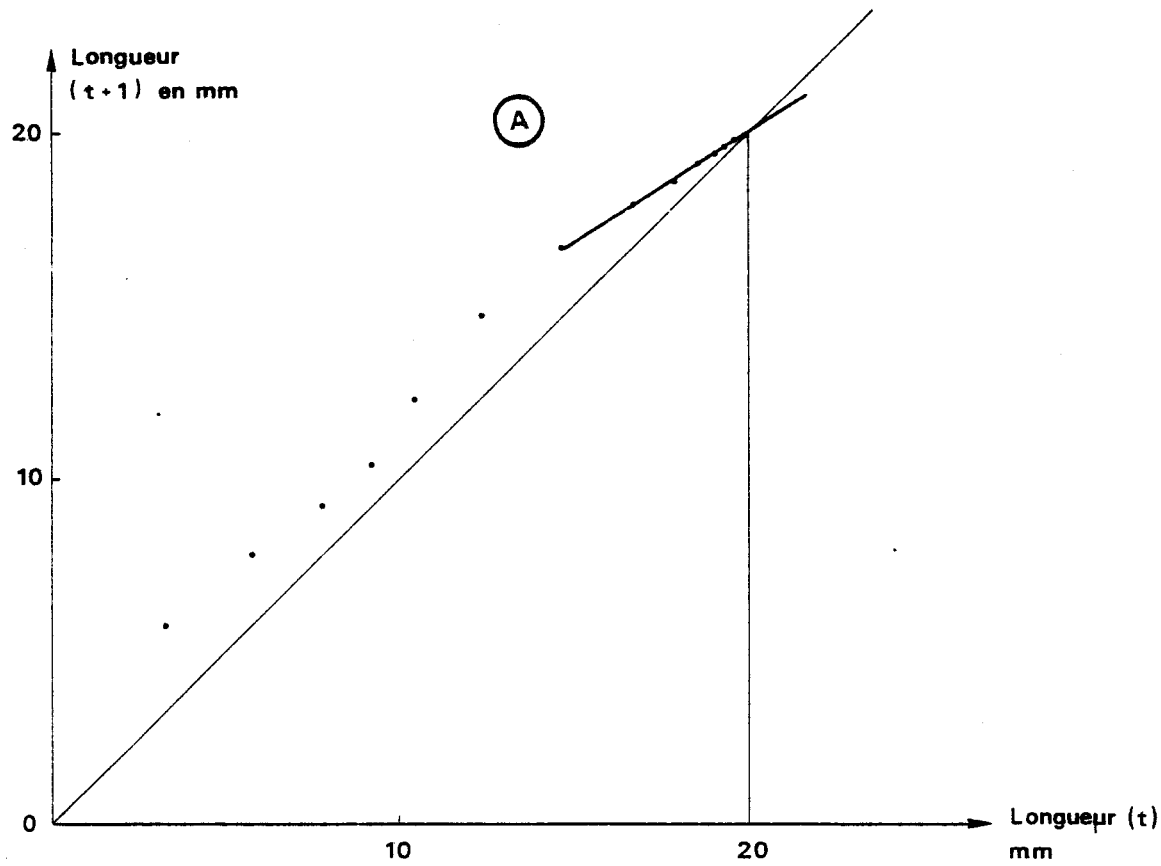
La comparaison des croissances linéaire et pondérale montre que l'accroissement en poids est encore important quand la croissance linéaire est faible.

Les équations de croissances linéaire et pondérale nous ont permis d'établir une relation entre l'âge, la longueur de la coquille et le poids sec de l'animal.



BIIS LILLE

Fig. 65 : Evolution de la population d'*Abra alba* entre février 1975 et juillet 1979



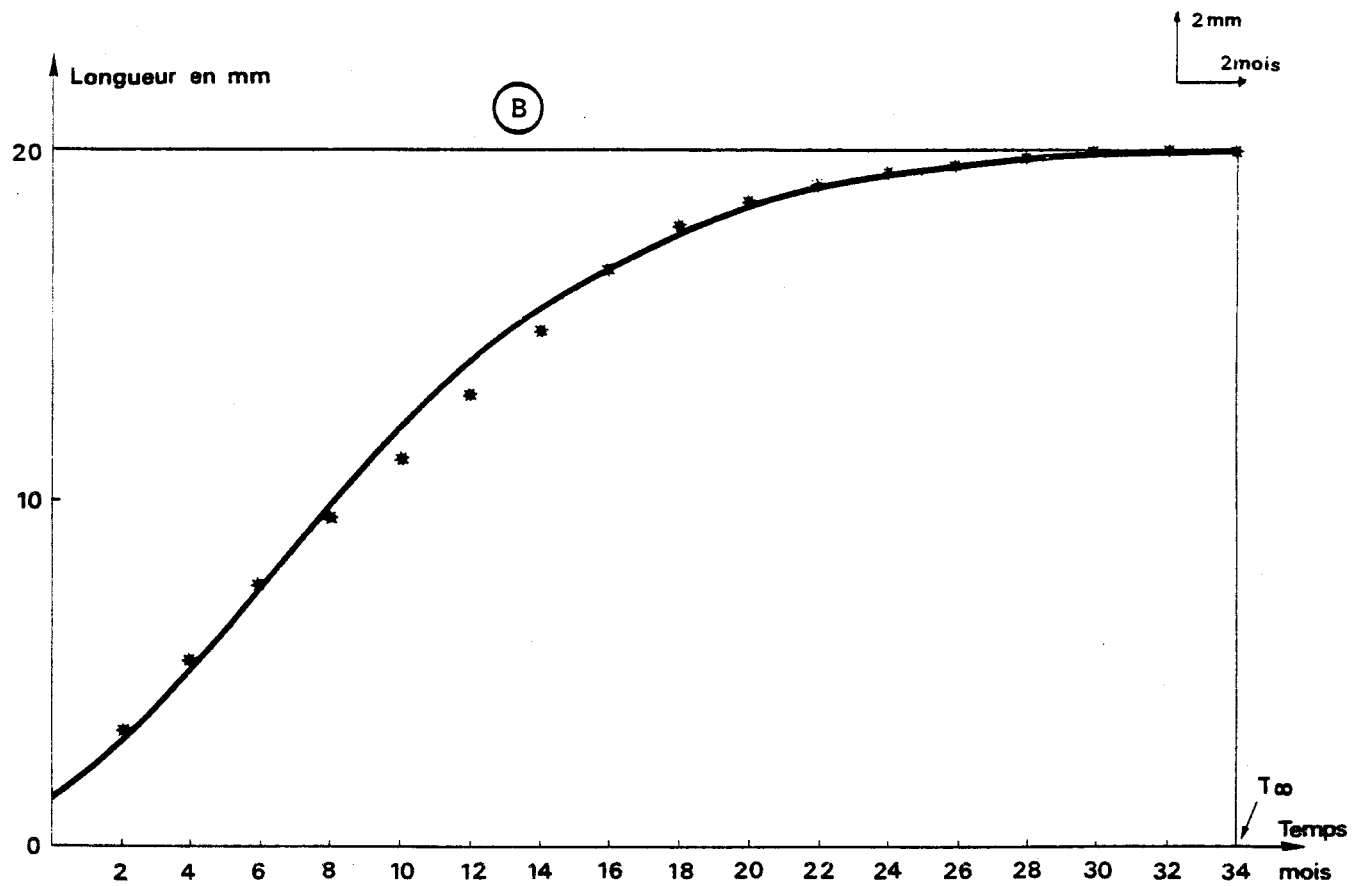


Fig. 66 : Etude de la croissance linéaire d'*Abra alba*

(A) Diagramme de FORD WALFORD

(B) Courbe de croissance théorique

BUS LILLE

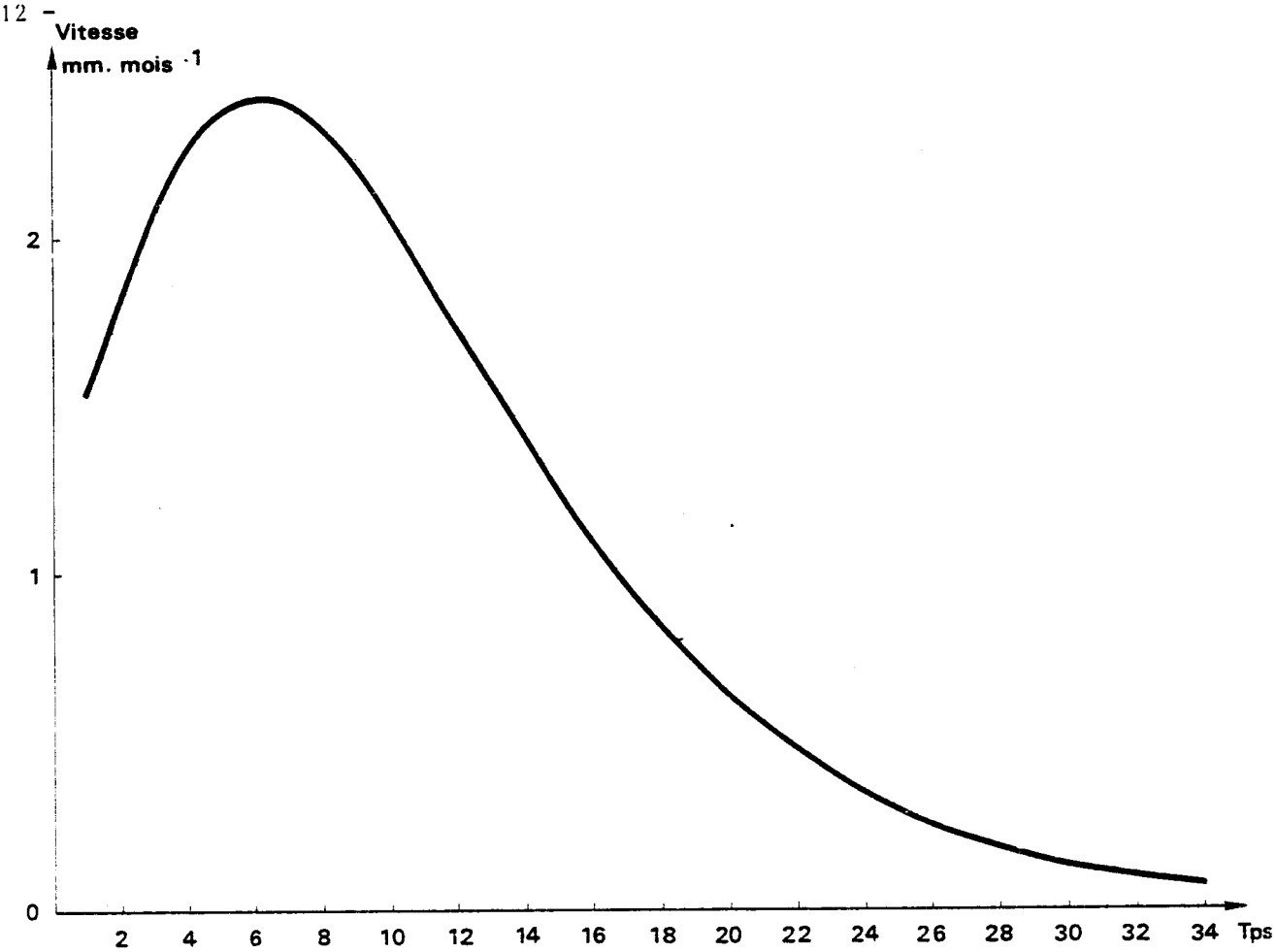
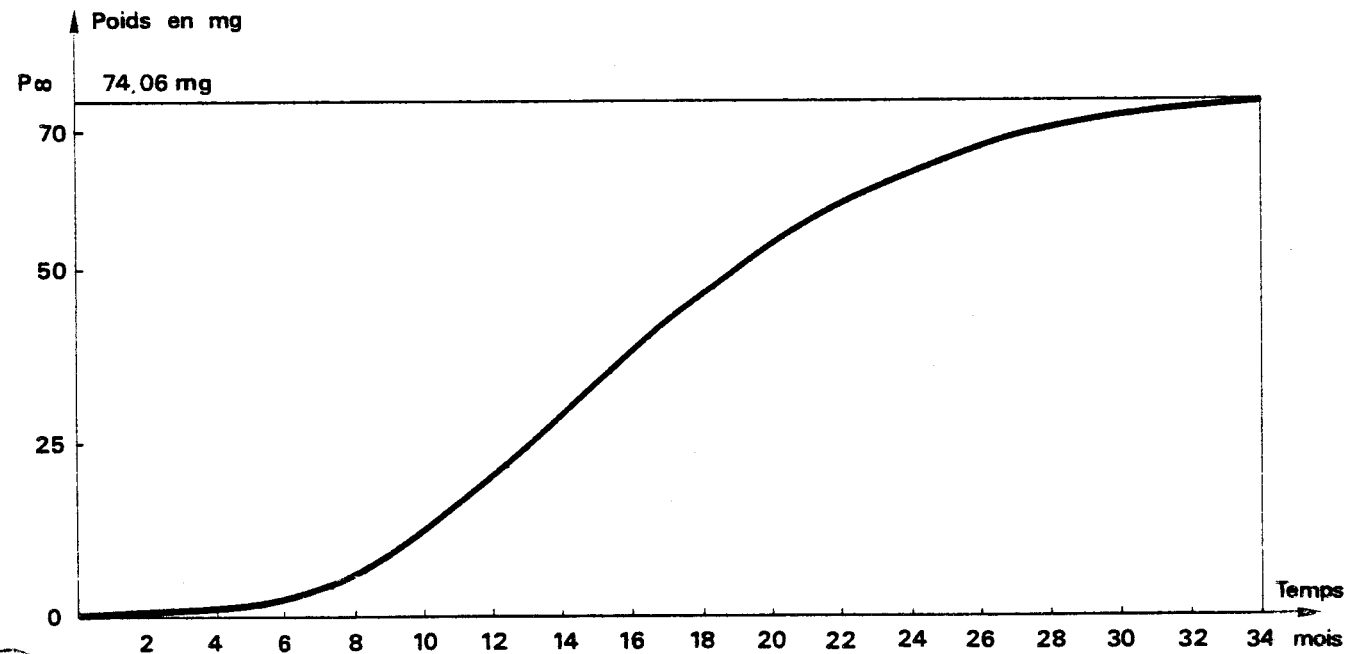


Fig. 67 : Vitesse de croissance linéaire d'*Abra alba*



BUS LILLE

Fig. 68 : Courbe de croissance pondérale théorique d'*Abra alba*

Age (mois)	Longueur mm	Poids mg
6	7,38	2,50
12	13,87	20,79
18	17,63	46,78
24	19,31	64,00
30	19,99	71,44
34	20,20	74,06

3.3. Discussion

Les courbes de croissances théoriques qui viennent d'être présentées sont des courbes moyennes.

Selon la date de naissance la croissance sera différente : un individu né au début du printemps bénéficiera plus longtemps de bonnes conditions de température qu'un individu né en automne.

3.3.1. Stries de croissance

Les croissances différentes dues au moment de la naissance sont mises en évidence par les stries de croissance.

En effet, comme chez tous les lamellibranches, l'accroissement de la coquille se fait par adjonctions successives de couches de calcaire se visualisant par des stries d'accroissement. L'été ces stries sont espacées par contre l'hiver elles sont plus rapprochées et il se matérialise sur la coquille une bande sombre que l'on appelle : "strie annuelle de croissance" ou "strie hivernale" (Fig. 69). Cette strie est plus ou moins évidente selon les espèces.

La longueur de la coquille (39 mesures effectuées) à la première strie hivernale varie de 7,7 mm à 14,8 mm, la majorité des mesures se trouvant entre 9,1 et 12,2 mm. Ces valeurs coïncident avec la taille théorique qu'un individu né en juin aurait en décembre-janvier (Fig.66,B).

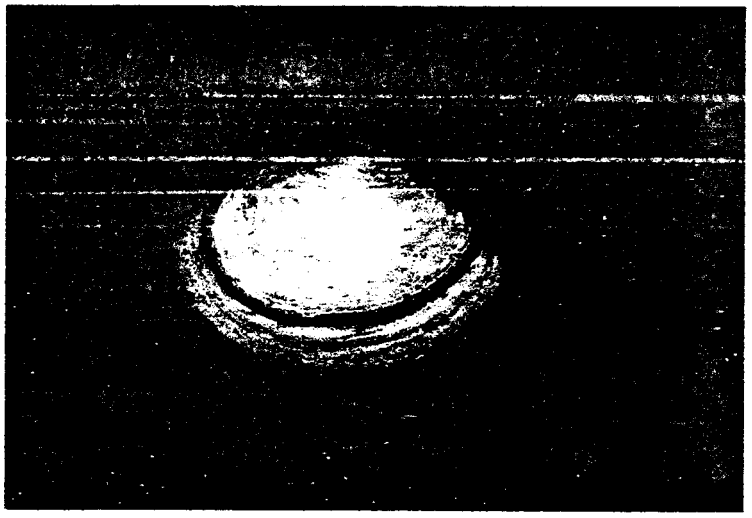


Figure 69 - Strie annuelle de croissance

Les calculs statistiques effectués sur les tailles à la première strie hivernale donnent les valeurs suivantes :

1ère strie hivernale	
taille moyenne	10,64 mm
intervalle de confiance	0,33 mm
écart-type	1,92 mm

La valeur élevée de l'écart-type est due aux naissances échelonnées pendant une grande partie de l'année.

Les résultats concernant les 2ème et 3ème stries sont moins nets du fait de l'imprécision de la mesure. En effet, si la 1ère strie hivernale se lit parfaitement, il en va différemment pour les deux autres. Les résultats obtenus sont inférieurs à ceux que laissait présumer l'équation de la croissance.

Les tailles extrêmes à la deuxième strie sont de 12,9 et 16,3 mm, en ce qui concerne la troisième strie, elles sont de 15,3 et 19,9 mm.

	2ème strie	3ème strie
Taille moyenne	14,69	17,89
Intervalle de confiance	0,20	0,28
Ecart-type	1,00	1,13

Les seules références bibliographiques faisant état de la croissance d'*Abra alba* se basent sur les stries de croissance annuelles.

FORD (1925), sur des *Abra alba* récoltées dans la région de Plymouth, estime que la première strie hivernale apparaît pour des longueurs de coquille allant de 4 à 14 mm avec un maximum (60 %) entre 8 et 10 mm.

La deuxième strie hivernale apparaît entre 8 et 15 mm (73 % entre 10 et 12 mm).

STEPHEN (1932) mesure sur deux générations d'individus récoltés en 1930 dans le Loch Striven (Baie de la Clyde - Ecosse) les tailles à la première et à la deuxième strie hivernale :

	1ère strie		2ème strie
Année de naissance	1928	1929	1928
"station 10"	8,7	12,7	15,7
"station 11"	7,2	10,7	17,2

Les résultats sont très différents d'une année à l'autre en ce qui concerne la première strie à la même station.

Sur trois générations récoltées en 1931 les mêmes calculs font apparaître les résultats suivants (STEPHEN, 1931):

	1ère strie			2ème strie		3ème strie
Année de naissance	1928	1929	1930	1928	1929	1928
Minimum	7,0	9,2	6,7	14,6	16,1	18,3
Maximum	9,0	11,0	10,4	18,0	16,7	18,7

ANSELL (1973) également dans la baie de la Clyde estime que la taille moyenne à la première strie hivernale est de 11 mm, 17 mm à la deuxième, 20 mm à la troisième et 21 mm à la quatrième.

Les tailles à la strie hivernale varient parfois considérablement selon les années. STEPHEN signale simplement que des différences dans les conditions externes d'une année à l'autre affectent de manière très importante le taux de croissance.

Nous nous sommes orienté vers une autre méthode d'estimation de la croissance en nous basant sur les stries plus fines. De nombreux auteurs ont mis en évidence des stries de cycle lunaire, de cycle de marée, voire des stries journalières (KENNISH et OLLSON, 1975 ; RHOADS et PANELLA, 1970 ; HOUSE et FARROW, 1968 ; KOIKE, 1973, 1975, 1979 a et b ; HAUKIOJA et HAKALA, 1978...). Ces résultats ont été obtenus sur des animaux dont la coquille est épaisse (*Mercenaria mercenaria*, *Cardium edule*, *Meretrix lusoria*, etc...). des problèmes techniques se posent pour *Abra alba* dont la coquille est très mince (0,1 à 0,3 mm d'épaisseur). Nous avons donc utilisé la technique de LEGALL (1969). Cet auteur préconise l'emploi du collodion. Une mince pellicule de collodion étendue sur une coquille préalablement préparée* permet de décalquer les stries de croissance. Si cette technique permet de visualiser quelques stries d'accroissement (Fig. 70) on ne peut pas dans le cas de notre espèce recourir à ces méthodes, les résultats obtenus sont trop faibles à cause du manque de relief de ces stries.

Figure 70 - Stries de croissance de la coquille d' *Abra alba*.

* Le périostracum est détruit à la potasse (50 g/l) chauffée et la coquille subit une légère attaque à l'acide chlorhydrique.

3.3.2. Longévité

Les résultats concernant la durée de vie varient selon les auteurs et les zones étudiées.

Abra alba semble vivre plus longtemps dans les eaux écossaises de l'estuaire de la Clyde que dans notre région. ANSELL (1973) y signale des individus portant 4 stries hivernales, donc dans leur quatrième ou cinquième année.

Par contre, dans la région de Plymouth, *Abra alba* ne semble pas vivre plus de deux ans : FORD (1925) n'a pas trouvé d'individus portant trois stries hivernales.

PETERSEN (1918) signale qu'*Abra alba* ne vit que deux ans dans les eaux danoises du fait de la prédation importante qu'exercent les poissons plats.

3.3.3. Variations de la composition de la population d'*Abra alba*

Abra alba, par le caractère côtier des sites dans lesquels elle vit, présente des fluctuations assez importantes dans la composition de sa population.

On assiste certaines années à des recrutements très médiocres. Ce fut notamment le cas en 1977 (Fig. 65). Le déficit dans le recrutement s'est également fait sentir l'année suivante : on observait en 1978 une diminution des individus de deuxième année. Ce n'est qu'en 1979 que, grâce à un bon recrutement en 1978, cette classe d'âge est redevenue importante.

Il arrive également que toutes les classes d'âge soient affectées par une mortalité très importante (cf. § 1.1. zone 2). La vase, préférendum sédimentologique d'*Abra alba*, est un site privilégié de fixation de tous les types de polluants. Si certains polluants ne semblent pas gêner cette espèce (les métaux par exemple : DEWARUMEZ et Coll., 1976), d'autres ont sans doute un effet plus néfaste.

4. ETUDE EXPERIMENTALE DE LA CROISSANCE

Deux types d'expérimentations ont été réalisées :

- un élevage en "conditions naturelles" : circuit ouvert non thermostaté,
- un élevage à "température constante" : circuit ouvert thermostaté.

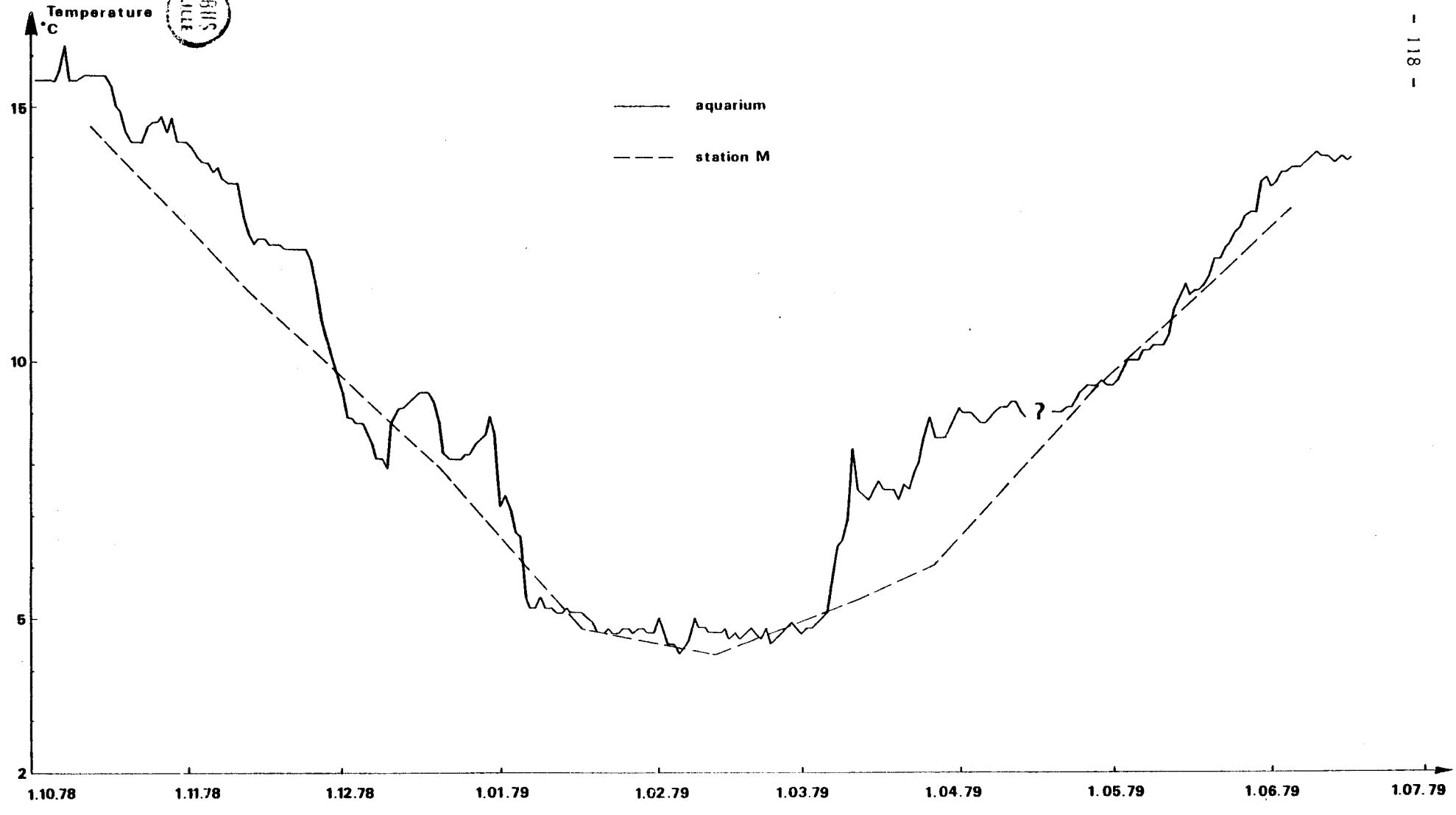


Fig. 71 : Variations de la température de l'eau dans les bacs à circuit ouvert non thermostatés comparée à l'évolution à la station M (station CNEXO)

Ces élevages ont été maintenus pendant 9 mois (du 16 septembre 1978 au 13-16 juin 1979).

4.1. Résultats

4.1.1. Elevage non thermostaté

4.1.1.1. Température de l'eau

La température de ce type d'élevage est légèrement différente de celle de l'eau de mer. Du fait du réchauffement dans les canalisations, on peut estimer que la température dans les bacs d'élevage est de 1 à 2°C supérieure à celle de l'eau de mer. Pendant la durée de l'élevage les variations de la température de l'eau d'élevage sont très proches des variations enregistrées à la station M (Fig. 71) (Station témoin du peuplement à *Abra alba* en ce qui concerne la température)*.
Des différences apparaissent néanmoins en automne et au printemps

4.1.1.2. Croissance

Quatre lots d'individus (25 à 50 selon le nombre disponible dans les différentes classes de taille) ont été mis simultanément en élevage le 16 septembre 1978. (tableau 25).

Lot	Nombre d'individus	Taille minimale mm	Taille moyenne mm	Taille maximale mm
N1	25	2,7	4,06	6,1
N2	50	6,8	11,44	13,8
N3	50	14,0	16,29	17,9
N4	33	18,0	19,00	21,2

Tableau 25 : Description des quatre lots d'*Abra alba* mis en élevage non thermostaté

* La température de l'eau de mer est en toutes saisons plus basse à Wimereux qu'à Gravelines, ceci explique que la température de l'eau des bacs d'élevage est peu différente de celle de l'eau de mer dans la région étudiée (Station M).

Les résultats sont différents selon les lots considérés (tableau 26)

Lot	Taille moyenne en sept. 1978	Taille moyenne en juin 1979	$\frac{\Delta L}{L\Delta t}$*
N1	4,06	12,75	0,00778
N2	11,44	13,64	0,00070
N3	16,29	17,00	0,00016
N4	19,00	19,47	0,00009

Tableau 26 : Valeurs des taux de croissance des quatre lots d'*Abra alba* mis en élevage non thermostaté

La croissance des animaux du lot N1 a été très forte : 8,69 mm en 9 mois soit un ΔL/mois de 0,97 mm. (Tableau 27 , Fig. 72 p.123).

Date / Paramètres statistiques	16.09 78	05.10 78	31.10 78	06.12 78	29.12 78	14.02 79	16.03 79	25.04 79	16.06 79
Moyenne	4,06	6,86	8,36	9,82	10,57	10,91	11,61	11,99	12,75
Ecart-type	0,93	1,45	1,47	1,47	1,77	1,76	1,79	1,85	1,85

Tableau 27 : Evolution de la taille moyenne du lot N1

La taille moyenne des individus du lot N2 augmente d'une manière significative pendant les quatre premiers mois de l'étude puis la croissance se ralentit (tableau 28 Fig. 72 p.123).

Date / Paramètres statistiques	16.09 78	03.10 78	30.10 78	07.12 78	02.01 79	15.01 79	20.03 79	26.04 79	14.06 79
Moyenne	11,44	12,41	13,04	13,17	13,42	13,46	13,53	13,58	13,64
Ecart-type	2,07	1,59	1,31	1,24	1,21	1,20	1,20	1,20	1,18

Tableau 28 : Evolution de la taille moyenne du lot N2

---

* $\frac{\Delta L}{L\Delta t}$ = taux de croissance

La croissance des animaux de ce lot est de 2,2 mm en moyenne pour 9 mois (soit un ΔL/mois de 0,24 mm). Il faut néanmoins remarquer que les petits individus ont grandi pendant la période considérée de 4 à 5 mm alors que la croissance des grands individus n'était que de 1,5 mm pendant le même laps de temps.
La croissance des individus des lots N3 et N4 est très faible. (Tableaux 29 et 30 , Fig. 72). Ces lots sont constitués des individus plus âgés.

Paramètres statistiques \ Date	16.09 78	06.10 78	01.11 78	13.12 78	06.01 79	19.02 79	21.03 79	24.04 79	18.06 79
Moyenne	16,29	16,60	16,89	16,86	16,93	16,93	17,00	16,99	17,00
Ecart-type	1,03	1,02	1,03	0,96	0,95	0,97	0,98	0,96	1,00

Tableau 29 : Evolution de la taille moyenne du lot N3

Paramètres statistiques \ Date	16.09 78	09.10 78	01.11 78	14.12 78	30.12 78	20.02 78	22.03 78	25.04 78	14.06 78
Moyenne	19,00	19,07	19,25	19,25	19,27 * 19,21	19,21	19,25 19,44	19,45	19,47
Ecart-type	0,73	0,78	0,79	0,69	0,77 0,61	0,65	0,69 0,69	0,69	0,68

Tableau 30 : Evolution de la taille moyenne du lot N4

4.1.2. Elevage à température constante

Deux lots de 25 et 50 individus ont été mis en élevage le 17.09.78 (tableau 31). La température de l'eau a été portée en quatre jours à 20° C.

---

* Lorsque des individus meurent juste avant ou juste après la mesure de la taille d'un lot, deux moyennes sont calculées : l'une tient compte de tous les individus, l'autre ne tient compte que des individus vivants (Exemple, dans le cas présent : 19,27 tient compte de tous les individus, 19,21 ne tient compte que des individus survivants.)
Ces deux moyennes servent à calculer les ΔL entre deux mesures de la taille d'un lot.

Lot	Nombre d'individus	Taille minimale mm	Taille moyenne mm	Taille maximale mm
Θ1	25	3,0	4,59	6,2
Θ2	50	6,4	12,56	16,8

Tableau 31 : Description des deux lots d'*Abra alba* maintenus en élevage thermostaté à 20° C

Selon les lots considérés la croissance est très différente.

Lot	Taille moyenne en sept. 1978	Taille moyenne en juin 1979	$\frac{\Delta L}{L\Delta t}$
Θ1	4,59	10,49	0,00473
Θ	12,56	13,59	0,00032

Tableau : 32 Valeurs des taux de croissance des deux lots d'*Abra alba* mis en élevage à 20° C

La croissance du lot Θ1 a été relativement forte jusqu'au mois de février 1979 (tableau 33 , Fig.73). Une mortalité importante a affecté au moment de la mesure du 8.02.79. Cette mortalité a biaisé les résultats ultérieurs.

Date / Paramètres statistiques	17.09 78	10.10 78	01.11 78	14.12 78	02.01 79	08.02 79	10.03 79	19.04 79	14.06 79
Moyenne	4,49	6,18	9,15	9,63	10,31	10,37 / 10,31	10,39	10,49	10,52
Ecart-type	0,96	2,09	1,78	1,69	1,63	1,63 / 1,69	1,69	1,66	1,64

Tableau 33 : Evolution de la taille moyenne du lot Θ1

Le lot Θ2 a été effectué pendant toute la durée de l'expérimentation par une mortalité régulière qui rend l'interprétation de l'évolution de la taille moyenne du lot délicate. (Tableau 34 , Fig.73).

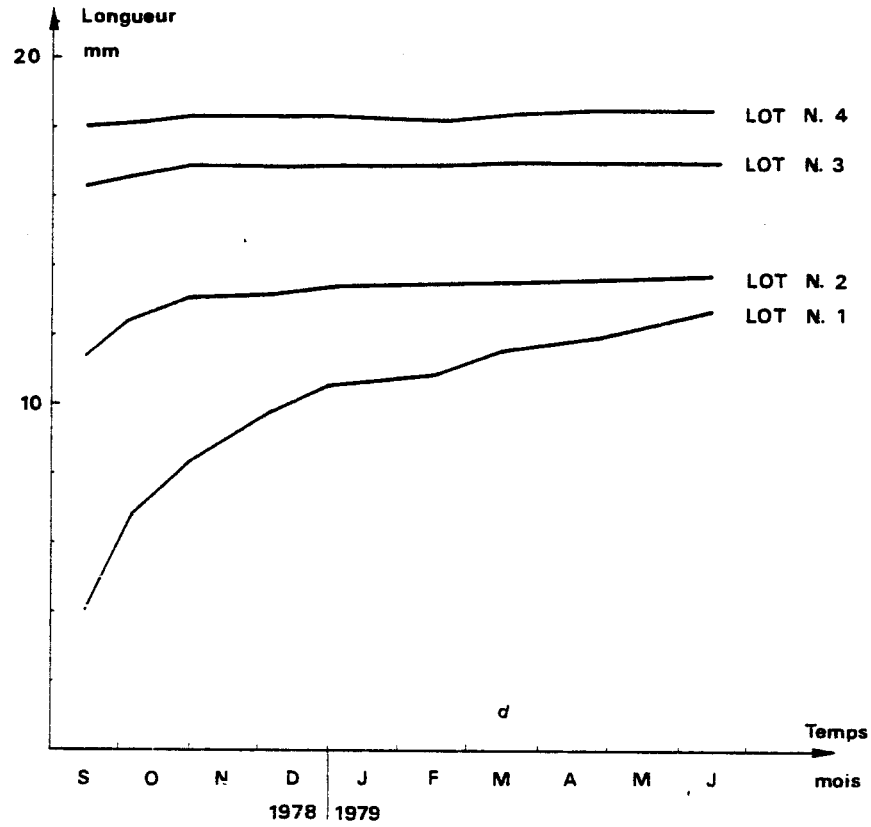


Fig. 72 : Evolution de la longueur moyenne des lots d'*Abra alba* élevés en circuit ouvert non thermostaté

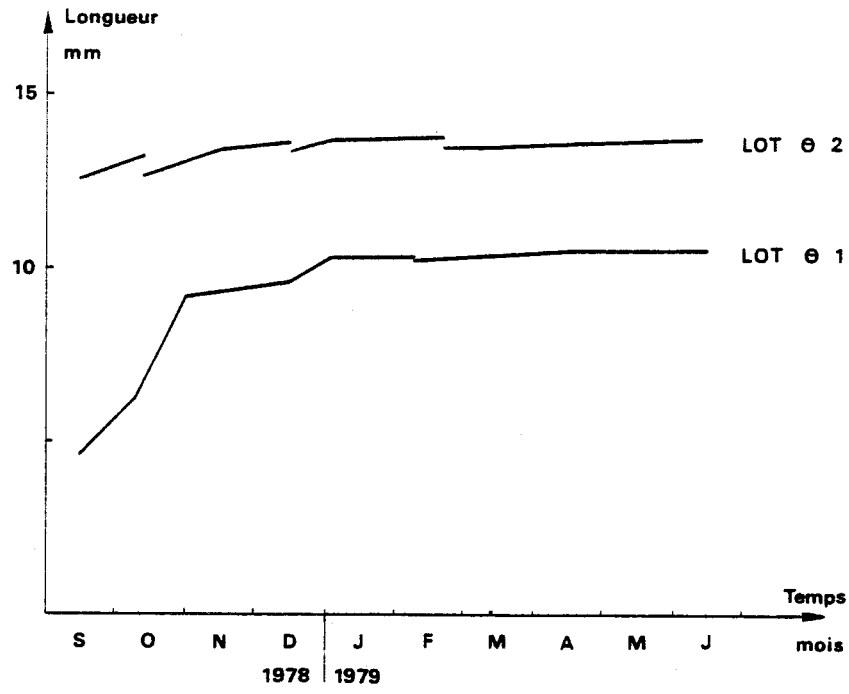


Fig. 73 : Evolution de la longueur moyenne des lots d'*Abra alba* élevés en circuit ouvert thermostaté à 20 °C

BUS LILLE

Paramètres statistiques \ Date	17.09 78	13.10 78	15.11 78	15.12 78	02.01 79	21.02 79	08.03 79	24.04 79	16.06 79
Moyenne	12,56	13,18 / 12,63	13,39	13,57 / 13,40	13,67	13,73 / 13,45	13,49	13,59	13,65
Ecart-type	3,01	2,23 / 2,20	1,77	1,68 / 1,67	1,52	1,52 / 1,49	1,49	1,49	1,50

Tableau 34 : Evolution de la taille moyenne du lot Θ2

La mortalité a surtout affecté, pendant un premier temps, les individus âgés (plus de 14 mm) puis au mois de février toutes les classes de taille ont été touchées.

4.2. Croissances relatives

4.2.1. Allométrie hauteur-longueur

Nous avons calculé les relations d'allométrie sur les animaux en élevage afin de vérifier si la croissance des individus maintenus dans de telles conditions s'effectue de la même façon que dans le milieu naturel.

Référence	Relation d'allométrie	r	Intervalle de confiance de la pente	≠ 1 ?	Type de relation
Milieu naturel (I)	Lny = 1,006 Lnx - 0,405	0,996	± 0,013	non, P = 68,2 %	isométrie
Elevage non thermostaté (II)	Lny = 1,017 Lnx - 0,424	0,986	± 0,023	non, P = 84,1 %	isométrie
Elevage thermostaté (III)	Lny = 0,968 Lnx - 0,277	0,901	± 0,221	non, P = 23,5 %	isométrie

Les pentes de ces trois relations ne sont pas significativement différentes :

- I = II : P = 34,9 %
- II = III : P = 28,1 %
- I = III : P = 58,7 %

Le maintien d'*Abra alba* en élevage ne modifie pas les relations d'allométrie de taille.

4.2.2. Allométrie longueur - poids de la coquille

L'allométrie longueur - poids de la coquille a été calculée également.

Référence	Relation d'allométrie	r	Intervalle de confiance de la pente	≠ 3 ?	Type de relation
Milieu naturel (I)	Lny = 3,389 Lnx - 5,227	0,991	± 0,174	oui P > 99,9 %	allométrie majorante
Elevage non thermostaté (II)	Lny = 3,601 Lnx - 5,719	0,875	± 0,249	oui P = 98,2 %	allométrie majorante
Elevage thermostaté (III)	Lny = 3,732 Lnx - 6,027	0,986	± 0,357	oui P > 99,9 %	allométrie majorante

Les pentes calculées ne sont pas significativement différentes :

- I = II : P = 57,8
- II = III : P = 35,7
- I = III : P = 92,8

Le maintien d'*Abra alba* en élevage ne modifie pas les relations d'allométrie taille-poids de la coquille.

Ainsi, dans le cas de croissances différentes, on peut affirmer que la coquille s'accroît d'une manière normale.

4.3. Discussion

On note au cours de l'expérimentation une diminution du taux de croissance $(\frac{\Delta L}{L\Delta t})$ au sein des différents lots d'élevage (Fig. 74).

Les lots de jeunes individus (N1 et Θ1) montrent des évolutions différentes.

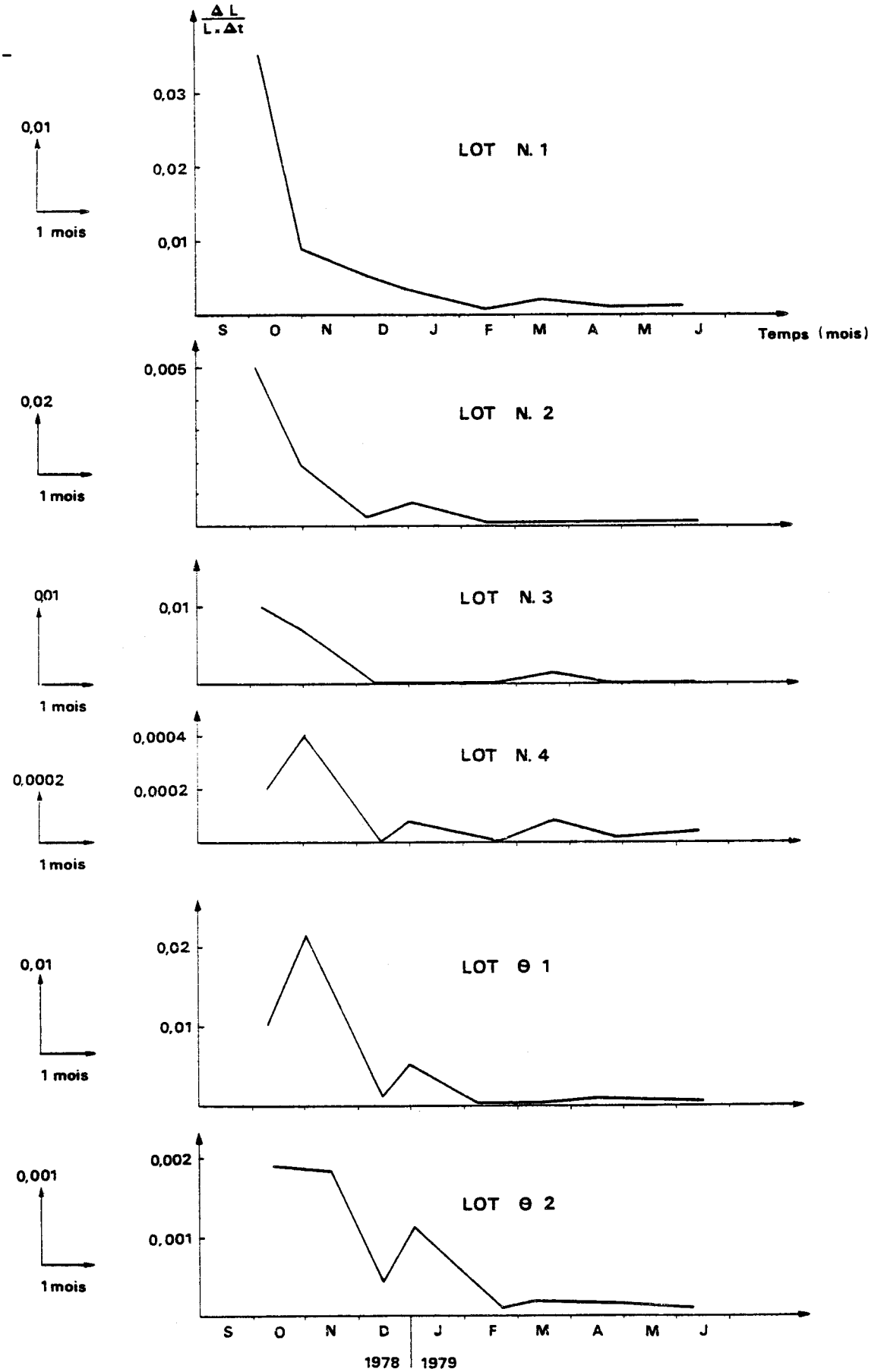
Si la croissance est forte dans les deux cas (tout au moins pendant les quatre premiers mois en ce qui concerne le lot Θ1) on note un taux de croissance plus élevé (et plus régulier) dans le lot N1 que dans le lot Θ1 :

$$\frac{\Delta L}{L\Delta t}\ N1\ (09/78 \rightarrow 02/79) = 0,00157$$

$$\frac{\Delta L}{L\Delta t}\ \Theta 2\ (09/78 \rightarrow 02/79) = 0,00119$$

L'évolution de la taille moyenne du lot N1 confirme la croissance très rapide d'*Abra alba* pendant la première année de sa vie.

La croissance moyenne du lot N1 est de 8,7 mm en 9 mois. On remarquera le fléchissement hivernal de la croissance (Fig. 72 lot N1).



BIS LILLE

Fig. 74 : Variation de l'accroissement de la coquille d'*Abra alba* dans les conditions expérimentales

Le maintien d'une température constante de 20° C dans les élevages semble avoir une action néfaste sur *Abra alba*. On note,en effet,chez les individus âgés,une mortalité importante (lot Θ2). La résistance des jeunes individus, quoique limitée également, semble être plus grande. La croissance (plus faible que dans les conditions normales) du lot Θ1 pendant les quatre premiers mois de la mise en élevage a été suivie par une mortalité importante. De tels phénomènes d'action défavorable des températures élevées ont également été mis en évidence par BODOY, 1975 ; SOUPLET, 1977.

5. CONCLUSION

L'étude des croissances relatives nous a permis de mettre en évidence plusieurs faits intéressants.

Si l'on observe le résultat du calcul portant sur les 222 couples de données pris en compte pour la relation d'allométrie hauteur-longueur, on en déduit que la relation est une isométrie parfaite (P > 99,9 %). Par contre, si l'on effectue les mêmes calculs à partir des modes isolés sur les histogrammes des fréquences de taille, on s'aperçoit que la relation globale n'est en fait que la résultante de deux allométries, l'une majorante, l'autre minorante.

Ces résultats prouvent que la croissance d'*Abra alba* se fait en deux temps :

- d'abord une croissance qui s'effectue davantage en longueur qu'en hauteur ;
- puis une phase inverse.

La délimitation arbitraire* qui a été utilisée ne présage en rien du moment à partir duquel le changement dans le mode de croissance a lieu.

La croissance linéaire absolue est très rapide, tout au moins pendant la première année. La vitesse de croissance augmente jusqu'en hiver puis elle décroît. A l'âge de 1 an l'animal a, en moyenne, atteint les 2/3 de sa taille définitive.

La croissance pondérale suit un décours plus atténué. Le gain en poids s'effectue plus lentement et il est encore important au cours de la troisième année.

La longévité d'*Abra alba* dans notre région semble être en moyenne de trois ans.

Ces résultats obtenus à partir d'équations théoriques semblent

---

* Mais guidée par la décomposition des histogrammes des fréquences de taille.

être confirmés dans une large mesure par l'examen des stries annuelles de croissance. La taille à la première strie annuelle (donc à la fin de la période hivernale) est en moyenne de 10,6 mm.

L'élevage d'*Abra alba* en circuit ouvert non thermostaté a permis de vérifier que la courbe de croissance théorique que nous avons calculée doit être proche de la courbe de croissance réelle. Cet élevage a, en effet, eu lieu dans des conditions de température très proches des conditions naturelles.

L'analyse des résultats fournis par Θ2 permet de penser que le maintien d'une température constante de 20° C a une action néfaste sur *Abra alba* . En effet si la croissance des jeunes individus (quoique plus faible que celle des animaux du même âge maintenus en élevage non thermostaté) est importante pendant les quatre premiers mois de l'expérimentation, une mortalité très importante affecte ensuite toutes les classes d'âge.

Les modifications des taux de croissances n'affectent pas la formation de la coquille: les relations d'allométrie ne sont pas affectées par des taux de croissance différents.

La concordance des résultats obtenus ne doit pas, cependant, dissimuler une relative incertitude. En effet, tout est basé sur l'échantillonnage d'une population, et on connaît les problèmes qui peuvent se poser quand on veut relier l'échantillon à la population réelle. Le hasard entre en ligne de compte. Il nous est arrivé au cours des quatre années d'étude de ne pas échantillonner une classe d'âge au cours d'une campagne de prélèvements. Cela peut être ennuyeux quand on ne prélève pas la nouvelle cohorte au moment où elle apparaît.

L'idéal dans les études de croissance est de mesurer les mêmes individus à différents moments de leur existence. C'est pourquoi nous envisageons de nous orienter vers des études du type "capture - marquage - recapture"(Les recaptures ne devraient pas être faibles comme dans le cas d'animaux très mobiles, étant donné le caractère relativement sédentaire de cette espèce). Pour ce faire, nous envisageons d'employer une méthode analogue à celle de HEALD (1978) qui préconise l'utilisation d'étiquettes en matière plastique collées sur la coquille avec de l'α-cyanoacrylate, une colle qui tient à l'eau de mer et qui sèche très rapidement, évitant ainsi l'exposition prolongée des animaux à l'air libre.

Ce type d'étude permettra d'affiner nos connaissances de la croissance d'*Abra alba* abordée dans ce travail.

RESUME

CONCLUSION GENERALE

RESUME ET CONCLUSIONS GENERALES

Au cours de cette étude nous nous sommes attachés, à décrire les caractères bionomiques benthiques d'une zone en pleine évolution. L'utilisation des méthodes d'analyse d'inertie nous a permis de faire apparaître 4 unités faunistiques.

Ces différentes unités se distinguent par la profondeur et la granulométrie différentes des fonds sur lesquels elles s'établissent.

Ainsi, on distingue le peuplement de "l'hétérogène envasé" situé dans une souille assez profonde. Le sédiment y est très envasé. La présence d'espèces vasicoles (*Sagartia* sp, *Abra alba*, *Stenelais boa*, etc...) l'atteste. On trouve également dans le cortège d'espèces des animaux dont les affinités sédimentologiques se situent dans les sédiments grossiers (*Psammechinus miliaris*, *Ophiura albida* etc...)

Le peuplement des sables moyens à fins propres à *Ophelia borealis* occupe les bancs de sable dont l'importance croît à l'est de la zone étudiée. Il est caractérisé par la présence d'espèces psammides (*Ophelia borealis*, *Glycera gigantea*, *Spisula elliptica* et *S. ovalis*).

Le peuplement des sables moyens à fins plus ou moins envasés à *Abra alba* se scinde en deux faciès:

- le faciès propre à *Nephtys cirrosa*
- le faciès envasé à *Nephtys hombergii*

Une analyse en composantes principales portant sur des stations échantillonnées en 1973 et 1976 nous a permis de mettre en évidence une modification dans l'extension de ces peuplements.

Le peuplement à *Ophelia borealis* voit son extension spatiale régresser considérablement. Le peuplement à *Abra alba* progresse vers le large. Le peuplement de "l'hétérogène envasé" reste stable dans son extension mais par contre les espèces vasicoles y deviennent prépondérantes. Ces modifications montrent qu'un apport de particules fines se fait dans le sens de la dérive des courants (d'ouest en est).

Cet envasement peut être expliqué de deux manières :

- un envasement généralisé de la zone dû à des phénomènes sédimentologiques. Il est difficile de préciser si ces phénomènes s'inscrivent dans un cycle périodique.

- une modification locale des conditions hydrodynamiques due à la construction des digues du Nouvel Avant Port Ouest de Dunkerque.*

Ces deux causes sont complémentaires car,si la modification des axes de courants peut expliquer la modification des caractéristiques granulométriques des stations situées à proximité des digues, on ne peut lui imputer l'évolution des stations éloignées. L'envasement de la zone d'étude nous a conduit à choisir comme espèce test une espèce vasicole. *Abra alba* présente cette particularité. Nous avons donc étudié plus particulièrement cette espèce.

Nous nous sommes d'abord intéressés à son cycle de reproduction.

Nous n'avons pas mis en évidence chez *Abra alba* de phénomènes d'hermaphrodisme : cette espèce est gonochorique.

La période de reproduction est très longue (au moins 8 mois de l'année). Le maximum de reproduction est observé fin printemps-début été, au moment où la température de l'eau de mer avoisine les 10° C. La concordance de ces résultats avec ceux déjà enregistrés pour cette espèce dans d'autres régions semble prouver que 10°C correspond à la température optimale à laquelle se déclenchent les pontes. Toute modification des conditions thermiques locales, à plus forte raison si des effets synergiques ont lieu du fait de l'action d'autres facteurs (chloration par exemple), entrainera un déséquilibre dans le cycle de reproduction de cette espèce.

L'étude de l'allométrie hauteur-longueur nous a montré que la relation d'allométrie est une isométrie. Mais si on scinde les données en deux lots (petits et grands individus) on s'aperçoit que cette isométrie n'est en fait que la résultante d'une allométrie minorante au début de la croissance puis une allométrie majorante ensuite. Ce qui montre que l'accroissement en taille se fait chez les jeunes individus en longueur, puis,chez les individus âgés elle s'effectue en hauteur.

La relation d'allométrie taille-poids est une allométrie majorante.

Nous nous sommes ensuite attachés à étudier la croissance absolue d'*Abra alba* .La formulation de la croissance théorique de cette espèce peut s'exprimer par une équation de GOMPERTZ.

La croissance absolue est très rapide : l'animal atteint les 2/3 de sa taille maximale en 1 an. La vitesse de croissance augmente jusqu'au premier hiver puis décroit. L'étude des stries hivernales confir-

---

* Des modifications sont également sensibles sur l'estran de Petit-Fort-Philippe si l'on assiste à un dégraissement des bas niveaux et à un enrichissement en vase dans les hauts niveaux.

me la rapidité de la croissance. La première strie hivernale apparaît en moyenne à 10,6 mm.

La longévité d'*Abra alba* sur nos côtes (3 ans) est intermédiaire à celles trouvées dans les eaux danoises (2 ans) et dans les eaux de la Manche occidentale (4 ans). La durée de vie peut être limitée par la prédation qu'*Abra alba* subit de la part des poissons plats.

Nous nous sommes attachés ensuite à étudier la croissance expérimentale d' *Abra alba*. Les résultats obtenus précisent le rythme de croissance élevé du début de la vie. Le maintien à une température constante de 20°C a un effet néfaste sur les animaux. On enregistre une mortalité très importante et rapide chez les individus âgés, plus tardive chez les jeunes. La mortalité des jeunes individus est précédée par une période de croissance plus faible que dans les conditions naturelles.

En conclusion cette étude aura permis de mettre en évidence l'évolution de la zone côtière à la suite de la déviation des axes de courants due à la construction des digues et de connaître certains aspects de la biologie d'*Abra alba* liés à la température.

Dans un proche avenir une perturbation rassemblera ces deux aspects thermiques et rhéologiques : le fonctionnement du circuit de refroidissement de la centrale nucléaire de Gravelines.

En effet le début de rejet d'eau échauffée de 11° C à la sortie du canal avoisinera 40 m^3/s par tranche de 950 MW (Anonyme, 1979 - E.D.F., 1976). La centrale comportera, finalement, 6 tranches de 950 MW. On peut donc estimer à plus de 250 m^3/s le débit de rejet en cas de fonctionnement de la totalité de la centrale.

D'après les données de MERTENS et PROUDHON, 1978 (in BOUGARD et coll. 1978) le débit de l'Aa au mois d'octobre 1976 était estimé à 4 m^3/s. Ces auteurs considéraient l'Aa en période d'étiage à cette époque. D'après les données I.S.T.P.M. concernant l'ouverture des vannes de Gravelines on peut estimer le débit maximum (crues fréquentes) à 4 ou 5 fois le débit d'étiage.

Le refroidissement d'une tranche de la centrale rejettera près de deux fois plus d'eau que l'Aa en période de crue. On imagine ainsi aisément les répercussions que le rejet d'eau (qui de surcroît sera échauffée et chlorée) de la centrale pourra avoir sur les fonds marins avoisinants ainsi que sur les différentes espèces qui les ont colonisés.

Une remise en suspension des particules fines risque de pertur-

ber *Abra alba* en "nettoyant" les fonds proches du rejet de la centrale de leurs éléments fins. Des études sédimentologiques permettront de cerner les évolutions des teneurs en particules fines indispensables à l'alimentation d'*Abra alba*.

Pour ces raisons nous pensons que le suivi d'*Abra alba* doit être maintenu, en surveillant plus particulièrement son cycle sexuel. Les premiers chocs thermiques sont prévus pour l'hiver 1979 1980. L'impact de l'élévation de la température sur la maturation génitale risque de se faire sentir dès le printemps 1980, tandis que l'impact sur la croissance devrait être plus perceptible sur la cohorte qui apparaîtra courant 1980.

Le déséquilibre éventuellement occasionné par les rejets d'eau chaude et par la chloration de ces effluents (pendant une partie de l'année) risque de favoriser d'autres espèces aux modes alimentaires différents. Nous pensons plus précisément à des espèces très productives notamment *Lanice conchilega*, *Pectinaria koreni* et *Cardium edule*. C'est pourquoi nous pensons qu'il faudra, en plus d'*Abra alba*, suivre plusieurs espèces aux types d'alimentation différents de manière à visualiser, par les variations réciproques qui affecteront ces espèces , l'impact des rejets de la centrale nucléaire. Une étude sédimentologique fine permettra de faire coïncider ces résultats avec des variations de la granulométrie des fonds littoraux.

BIBLIOGRAPHIE

AMOUROUX J.M., 1979. Etude monographique des siphons de quelques mollusques bivalves : adaptation et morphologie. *Oceanis*, 5 (1) : 33-89.

Anonyme, 1968. Courants de marée dans la Manche et sur les côtes françaises de l'Atlantique. *Service hydrographique et océanographique de la Marine, Paris*, 287 p., 39 c.

Anonyme, 1976. Centrale de Gravelines. Quatre groupes nucléaires de 900 MW. *E.D.F. ed.*

Anonyme, 1978-1979. *Bulletin Climatologique. Département du Nord*, n° 186 à 203.

Anonyme, 1979. L'énergie nucléaire, 25 questions, 25 réponses. *Sofedir édit. Paris*, 64 p.

ANSELL A.D., 1974. Seasonal changes in biochemical Composition of the Bivalve *Abra alba* from the Clyde Sea Area. *Mar. Biol.*, 25 : 13-20.

BATTACHARYA C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into gaussian components. *Biometrics*, 23 : 115-135.

BENZECRI J.P. et Coll., . L'analyse des données. I. La Taxinomie. *Dunod, Paris*, 631 p.

VON BERTALANFFY L., 1938. Quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10 (2) : 181-213.

BEVERTON R.J.H. et HOLT S.J., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest.* Sér. II, 19 : 1-533.

BLANC P., CHARDY P., LAUREC A., REYS J.-P., 1976. Choix des métriques qualitatives en analyse d'inertie. Implication en écologie marine. *Marine Biology*, 35 : 49-67.

BODOY A., 1975. Etude de l'influence de la température, liée à la pollution thermique, sur la survie et la biologie de quelques Mollusques des substrats meubles. *Thèse Spécialité, Université Aix-Marseille, C.U. Luminy*, 95 p.

BODOY A., MASSE H., 1976. Etude expérimentale de l'influence de la température sur la survie des Mollusques bivalves marins endogés. *Haliotis*, 7 : 131-132.

BONNEFILLE R., LE PETIT J.-P., GRAFF M., LEROY J., 1971. Nouvel avant port de Dunkerque. Mesures en nature. *E.D.F. Etudes et recherches*, Rap. n° 3, 35 p.

BOUDOURESQUE C.F., 1970. Recherche sur les concepts de biocénose et de continuum au niveau de peuplements benthiques sciaphiles. *Vie et Milieu*, 21 (1.B) : 103-136.

BOUGARD M., DEWARUMEZ N., MENU D., RICHARD A., SOUPLET A., 1978. Etude hydrobiologique du site de Dunkerque. *R.N.O. - I.B.M.R.W.*, 106 p.

BOYSEN-JENSEN P., 1919. Valuation of Limfjord. I. Studies on the Fish-Food in the Limfjord. 1909-1917. *Rep. Danish. Biol. Statn*, 26 : 1-44.

B.R.G.M., 1971. Carte géologique de la marge continentale française. Boulogne/Mer. Rouen. I. Géologie et structure. *Service géologique National ed.*, 12 p.

CABIOCH L., 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, 5 (suppl).

CABIOCH L. et GENTIL F., 1975. Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la Baie de Seine. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 280 (D) : 571-574.

CABIOCH L. et GLAÇON R., 1975. Distribution des peuplements benthiques en Manche orientale de la Baie de Somme au Pas-de-Calais. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 280 (D) : 491-494.

CABIOCH L. et GLAÇON R., 1977. Distribution des peuplements benthiques en Manche Orientale du Cap d'Antifer à la Baie de Somme. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 285 (D) : 209-211.

CALOW P., 1975. Length-dry weight relationships in snails : some explanatory models. *Proc. malac. Soc. Lond.*, 41 : 357-375.

CASSIE R.M., 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 5 (3) : 513-522.

CLARK G.R., 1974. Growth line in invertebrate skeletons. *An. Rev. Earth. Pl. Sci.*, 2 : 77-99.

CUZIN-ROUDY J., 1975. Etude de la variabilité et de l'allométrie de taille chez *Notonecta maculata* Fabricius (Insectes, Hétéroptères), par les méthodes classiques et par la méthode des composantes principales. *Arch. Zool. exp. gén.*, 116 : 173-227.

DAGET J., 1976. Les modèles mathématiques en écologie. *Collection Ecologie 8, Masson ed. Paris*, 172 p.

DAGUZAN J., 1975. Recherches sur les *Littorinidae*. *Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Rennes*, 400 p.

DAJOZ R., 1972. Précis d'écologie. *Dunod ed. Paris*, 434 p.

DEFRETIN R.,1962.Un circuit ouvert alimenté par une pompe immergée. *Bull. inst. Oceanogr. Monaco,* N° Spécial 1 B, 69-78.

DEWARUMEZ J.-M., 1973. Etude des peuplements benthiques, littoraux. *In* : Etude écologique du site de Gravelines. *Rapport préliminaire. Institut de Biologie Maritime et Régionale de Wimereux.*Contrat E.D.F. n° F 41 - D 52 Service GECTN :53-77.

DEWARUMEZ J.-M., 1976 a. Etude du macrobenthos subtidal de la région de Gravelines (Nord). *D.E.A., Université des Sciences et Techniques de Lille,* 164 p.

DEWARUMEZ J.-M., 1976 b. La zone subtidale - "Etude écologique du site de Gravelines". *E.D.F.-CNEXO-IBMRW,* 319 p.

DEWARUMEZ J.-M., 1976 c. Etude de la zone subtidale. *In* : "Etude écologique d'avant-projet sur le site de Dannes". *E.D.F.-CNEXO-IBMRW* : 38-57.

DEWARUMEZ J.-M., 1979 a. Etude du benthos. *In* : "Etude écologique du site de Paluel". *E.D.F.-CNEXO-IBMRW,* à paraître.

DEWARUMEZ J.-M., 1979 b. Etude du Benthos. *In* : "Etude écologique du site de Gravelines". *E.D.F.-CNEXO-IBMRW,* à paraître.

DEWARUMEZ J.-M., SMIGIELSKI F. et RICHARD A., 1976. *Abra alba,* sa localisation en zone littorale de la Mer du Nord. *Haliotis,* 7 : 13-19.

EAGLE R.A., 1973. Benthic studies in the south east of Liverpool Bay. *Estuar. Coast. Mar. Sci.,* 1 : 285-299.

EAGLE R.A., 1975. Natural fluctuations in a soft bottom benthic community. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.,* 55 : 865-878.

EISMA D., 1966. The distribution of benthic marine molluscs off three main Dutch coast. *Nether. Jour. Sci. Res.* 3 (1) : 107-163.

ELLIOTT J.M. et DECAMPS H., 1973. Guide pour l'analyse statistique des échantillons d'invertébrés benthiques. *Annls Limnol.* 9 (2) : 79-120.

FORD E., 1923. Animals communities of the Level Sea-bottom in the waters adjacent to Plymouth. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.,* 13 : 164-224.

FORD E., 1925. On the growth of some Lamellibranchs in Relation to the Food-supply of fishes. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.,* 13 (3) : 532-539.

FRANC E. , 1960. Classe des Bivalves. *Traité de Zoologie, Masson ed., Paris,* 5 (2) : 1845-2133.

GABE M.,1978.Techniques histologiques.*Masson ed.,Paris,*1113 p.

GENTIL F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. *Thèse 3ème Cycle, Paris VI.*

GLAÇON R., 1977. Faune et Flore du littoral du Pas-de-Calais et de la Manche Orientale. *Edition Inst. Biol. Mar. Rég. Wimereux*, 51 p.

GLEMAREC M., 1964. Le genre *Abra* sur les côtes atlantiques de Bretagne. Systématique et écologie. *J. Conchyologie*, 14 : 15-28.

GLEMAREC M., 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. *Thèse Fac. Sci. Paris.*

GLEMAREC M., 1973. The benthic communities of the european North atlantic continental Shelf. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 11 : 263-289.

GREMY F. et SALMON D., 1969. Bases statistiques. *Dunod ed.*, 412 p.

GUILLE A., 1970. Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. *Vie et Milieu*, 21 (1.B) : 154-169.

GULLAND J.A., 1969. Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Première partie, Analyse des populations. *Manuel F.A.O. de Science Halieutique*, n°4 FRS/M4.

HARDING J.P., 1949. The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distribution. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 28 : 141-153.

HAUKIOJA E. et HAKELA T., 1978. Measuring growth from shell rings in populations of *Anodonta piscinalis* (Pelecypoda Unionidae). *Ann. Zool. Fenn.* 15 (1) : 60-65.

HEALD D., 1978. A successfull marking method for the saucer scallop *Amusium balloti* (Bernardi). *Austral. J. Mar. Freshwat. Res.*, 29 (6) : 845-851.

HOUSE M.R. et FARROW G.E., 1968. Daily growth banding in the Shell of the Cockie, *Cardium edule*. *Nature*, 219 : 1384-1386.

HUGHES R.N., 1969. A study of feeding in *Scrobicularia plana*. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 49 : 805-523.

HUGHES T.G., 1975. The sorting of food particles by *Abra sp.* (*Bivalvia Tellinacea*). *J. exp. mar. biol. Ecol.*, 20 : 137-156.

HUXLEY J.S. et TEISSIER G., 1936. Terminology of relative growth. *Nature*, 137 : 780-781.

HYLLEBERG J. et GALLUCCI V.F., 1975. Selectivity in Feeding by the Deposit-Feeding Bivalve *Macoma nasuta*. *Marine Biology*, 32 : 167-178.

JEAGER Ph., 1971. Charriage de fond, *in* : Modèle mathématique. Rapport de synthèse (I). *Projet Mer E.T.A.B.E.T.Y.P., Liège*, 4p.

JONES N.S., 1950. Marine bottom community. *Biol. Rev.*, 25 (3) : 283-313.

KENNISH M.J. et OLSSON R.K., 1975. Effect of Thermal Discharge on the Microstructural Growth of *Mercenaria mercenaria*. *Environmental Geology*, 1 : 41-64.

KIRKEGAARD J.B., 1969. A quantitative investigation of the Central North Sea Polychaeta. *Spolia zool. Mus. haun.*, 29 : 1-284.

KOIKE H., 1973. Daily growth Lines of the Clam *Meretrix lusoria*. A basic study for the Estimation of Prehistoric Seasonal Gathering. *J. Anthrop. Soc. Nippon*, 81 (2) : 122-138.

KOIKE H., 1975. The use of Daily and Annual Growth Lines of the Clam *Meretrix lusoria* in Estimating Seasons of Jomon Period Shell Gathering. *"Quaternary Studies, Selected Papers from IX INQUA Congress", Royal Society of New-Zealand Bull.*, 13 : 189-193.

KOIKE H., 1979 *a*. Seasonality of shell Collecting Activity and Accumulation Speed of Shell-Midden Siten in Kauto, Japan. *The quaternary Research*, 17 (4) : 267-278.

KOIKE H., 1979 b. Seasonal Dating and the Valve-pairing Technique in Shell-midden Analysis. *Journal of Archaeological Science*, 6 : 63-74.

LACAZE-DUTHIERS M., 1854. Recherches sur les organes génitaux des acéphales lamellibranches. *Ann. Sci. Nat. Zool.*, 2 : 155-248, 9 pl.

LE GALL P., 1970. Méthode d'étude des stries de croissance de *Mytilus edulis* L. Mise en évidence du rythme et des modalités de leur formation. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 170 : 509-511.

LUBET P., 1959. Recherches sur le cycle sexuel et l'émission des gamètes chez les Mytilides et les Pectinidés (Mollusques bivalves). *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.* 23, 387-548.

LUCAS A., 1965. Recherches sur la sexualité des mollusques bivalves. *Thèse d'état - Faculté des Sciences de Rennes*. 135 p.

MARGALEF R., 1974. "Ecologia". *Omega ed. Barcelona*, 951 p.

MAYRAT A., 1965 . La loi d'allométrie et les allométries. *C. R. Soc. Biol.* 159 : 544:548.

MERTENS J. L. et PROUDHON F., 1976. Pollution du littoral Calais-Gravelines-Dunkerque. Estimation des apports telluriques au milieu marin. *IRCHA-SECADU*, 51 p.

MUUS K., 1973. Settling, growth and mortality of youngs bivalves in the Øre sund. *Ophelia*, 12 : 79-116.

OWEN G., 1974. Feeding and digestion in the bivalvia. *Adv. Comp. Biochem. Physiol.*, 5 : 1-35.

PARKER R.E. et LARKIN P.A., 1959. A concept of growth in fishes. *J. Fish. Res. Board Canada*, 16 (5) : 721-745.

PETERSEN J., 1911. Valuation of the sea. I. Animal life on the sea bottom, its fodd and quantity. *Rep. Danish. Biol. Statn*, 20, 81 p.

PETERSEN J., 1913. Valuation of the sea. II. The animal communities of the sea-bottom and their importance for marine zoogeography. *Rep. Danish. Biol. Statn*, 21 : 44 p.

PETERSEN J., 1918. The Sea bottom and its production of fish food. *Rep. Danish. Biol. Stat.*, 25 : 1-62.

PICARD J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocoenoses marines des substrats meubles dragables de la région marseillaise. *Thèse*, 158 p.

RETIERE C., 1975. Distribution des peuplements benthiques des fonds meubles du golfe normanno-breton. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 280 : 697-699.

RHOADS D.C. et PANELLA G., 1970. The use of molluscan shell growth patterns in ecology and paleoecology. *Lethaia*, 3 : 143-161.

RICHARD A., 1971. Contribution à l'étude expérimentale de la croissance et de la maturation sexuelle de *Sepia officinalis* L. (Mollusque Céphalopode). *Thèse Doctorat d'Etat, Fac. Sciences Lille*, 264 p.

RICHARD A., 1975. L'élevage de la Seiche (*Sepia officinalis* L.). *10th European Symposium on Marine Biology*, 1 : 359-380.

RICHARD A., SOUPLET A., DEWARUMEZ J.-M. et VANDORPE B., 1978. Le littoral de la Mer du Nord ; les problèmes d'environnement liés à l'industrialisation et aux aménagements portuaires. *Colloque Franco-Japonais, Dunkerque, 6.X.78, C.N.R.S.*, à paraître.

SANDERS H.L., 1960. III. Structure of the soft-bottom community. *Limnol. Océanogr.*, 5 (2) : 138-153.

SMIGIELSKI F., 1976. Etude des peuplements benthiques en relation avec les teneurs en métaux des sédiments au large de Calais. *D. E. A. Univ. Sciences et Techniques de Lille*, 95 p.

SMIGIELSKI F. et SOUPLET A., 1977. Présence dans le Pas-de-Calais de trois espèces d'Annélides nouvelles pour la région. *Cah. Biol. Mar.*, 23 : 475-481.

SOUPLET A., 1977. Contribution à l'étude écologique d'un estran rocheux (Paluel, Seine-Maritime). *Thèse 3ème Cycle, Université de Bretagne Occidentale.*

SOUPLET A. et DEWARUMEZ J.-M., 1980. Les peuplements benthiques du littoral de la région de Dunkerque. *Cah. Biol. Mar.*, à paraître.

SOUPLET A., GLAÇON R., DEWARUMEZ J.-M. et SMIGIELSKI F.. Les peuplements benthiques du littoral français de la Mer du Nord. (Publ. en cours).

STEPHEN A.C., 1932. Notes on the biology of some Lamellibranchs in the Clyde Sea Area. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 18 : 51-68.

STRIDE A.H. et CARTWRIGHT N. , 1958. *The Dock and Harbour Authority*, 447 (38) : 323-324.

STRIPP R., 1969. Die Assoziationen des Benthos in der Helgoländer Bucht. *Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremesh.*, 12 : 95-141.

THEISEN B.F., 1973. The growth of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia) from Disko and Thule district, Greenland. *Ophelia*, 12 : 59-77.

TEISSIER G., 1961. Choix des paramètres définissant une relation structurale linéaire dans la pratique biométrique. *Biométrie-Praximétrie*, 2 : 137-158.

WARWICK R.M., DAVIES J.R., 1977. The distribution of sublittoral macrofauna communities in the Bristol Channel in relation to the substrate. *Est. Coast. Mar. Sc.*, 5 : 267-288.

WEYMOUTH F.W., MAC MILLIN H.C. et RICH W.H., 1931. Latitude and relative growth in the razor clam *Siliqua patula*. *J. Exptl Biol.*, 8 : 228-249.

WEYMOUTH F.W. et THOMPSON S.M., 1930. The age and growth of the Pacific Cockle (*Cardium corbis* Martyn). *Bull. U.S. Bur. Fisheries*, 46 : 633-641.

YONGE C.M., 1949. On the structure and adaptations of the *Tellinacea*, deposit feeding Eulamellibranchia. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 234 : 29-76.

ANNEXES

TABLEAU 1 : 1979 - POURCENTAGES DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES GRANULOMÉTRIQUES DES DIFFÉRENTS TYPES DE SÉDIMENT

Station / Catégories	Type I A	Type II B	Type III C	Type IV D
Cailloutis 5 cm < C < 2cm	6,81	0	0	0
Gravier grossier 2 cm < GG < 5 mm	25,15	0,30	0,13	1,52
Gravier fin 5 mm < GF < 2 mm	15,72	1,72	0,23	4,56
Sable grossier 2 mm < SG < 0,5 mm	8,12	5,79	0,98	16,46
Sable moyen 0,5 mm < SM < 0,2 mm	23,19	37,57	79,28	67,65
Sable fin 0,2 mm < SF < 0,05 mm	17,51	52,24	19,32	10,83
Pélites P < 0,05 mm	3,52	2,37	0,08	0,02

TABLEAU 2 : 1979 - PARAMÈTRES GRANULOMÉTRIQUES DES QUATRE TYPES DE SÉDIMENT

Stations / Paramètres	Type I A	Type II B	Type III C	Type IV D
1er quartile	0,171	0,133	0,164	0,204
Médiane	0,542	0,156	0,187	0,266
3ème quartile	1,610	0,184	0,236	0,335
Indice de Trask : So	3,07	1,18	1,20	1,28
Classement du sédiment	Faiblement classé	Très bien classé	Très bien classé	Très bien classé
Coefficient de dispersion	9,42	1,38	1,44	1,64
Pente arithmétique des quartiles Ska	0,349	0,003	0,013	0,004
Pente géométrique des quartiles SKg	0,97	1,00	1,05	0,98

BUS LILLE

TABLEAU 3 : ETUDE STATISTIQUE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DE QUELQUES ESPÈCES DU BENTHOS SUBTIDAL

Paramètres / Espèces et station	Nombre de prélèvements de 1/10m²	Nombre moyen d'individus par prélèvement ($\overline{X}$)	Variance (S^2)	Type de distribution (H = hasard) (C = contagieux)	Limites de confiance à 95 % (LC 95 %)	% d'erreur sur la moyenne ($\frac{LC\ 95}{\overline{X}}$)
Sagartidae Station A	10	19,10	4,63	H	$\overline{X} \pm 3,12$	33 %
Cerianthus lloydi Station A	10	2,90	5,43	H	$\overline{X} \pm 1,22$	77 %
Stenelais boa Station A	10	2,30	3,57	H	$\overline{X} \pm 1,08$	94 %
Owenia fusiformis Station A	10	3,80	5,96	H	$\overline{X} \pm 1,39$	73 %
Abra alba Station A	10	6,90	38,77	C	2,63→9,11	94 %
Mya truncata Station A	10	2,50	2,06	H	$\overline{X} \pm 1,13$	90 %
Nephtys hombergii Station B	10	2,30	3,57	H	$\overline{X} \pm 1,08$	94 %
Spiophanes bombyx Station B	10	2,60	1,41	H	$\overline{X} \pm 1,15$	88 %
Abra alba Station B	10	3,40	3,16	H	$\overline{X} \pm 1,32$	78 %
Tellina fabula Station B	10	1,40	11,60	C	0 →3,16	—
Bathyporeia elegans Station C	10	17,10	172,54	C	5,31→26,55	—
Nephtys cirrosa Station D	10	2,30	3,57	H	$\overline{X} \pm 1,08$	94 %
Ophelia borealis Station D	10	3,10	37,21	C	0,16→3,72	—

BUS CHILE

TABLEAU 4 : POURCENTAGES DES DIFFÉRENTES CATÉGORIES GRANULOMÉTRIQUES DU SÉDIMENT DE LA STATION B

Catégories \ Date	Septembre 1978	Décembre 1978	Janvier 1979	Février 1979	Mars 1979	Avril 1979	Mai 1979	Juin 1979
Cailloutis 5 cm < C < 2 cm	0	0	0	0	0	0	0	0
Graviers grossiers 2 cm < GG < 5 mm	0	0,02	0	0,08	0,07	0,12	0,30	0,02
Graviers fins 5 mm < GF < 2 mm	0	0,05	0,01	0,14	0,11	0,03	1,72	0,01
Sable grossier 2 mm < SG < 0,5 mm	0,07	0,95	0,41	0,74	1,36	0,61	5,79	0,41
Sable moyen 0,5 mm < SM < 0,2 mm	40,15	53,68	56,16	46,85	60,72	44,93	37,57	72,05
Sable fin 0,2 mm < SF < 0,05 mm	59,26	44,44	42,47	51,41	36,74	53,80	52,24	24,50
Pélites P < 0,05 mm	0,53	0,86	0,25	0,79	1,01	0,50	2,37	3,01

TABLEAU 5 : PARAMÈTRES GRANULOMÉTRIQUES DU SÉDIMENT À LA STATION B

Paramètres \ Date	Septembre 1978	Décembre 1978	Janvier 1979	Février 1979	Mars 1979	Avril 1979	Mai 1979	Juin 1979
1er quartile	0,134	0,138	0,140	0,136	0,142	0,136	0,133	0,162
Médiane	0,152	0,162	0,164	0,157	0,169	0,157	0,156	0,178
3ème quartile	0,174	0,183	0,182	0,178	0,186	0,178	0,184	0,195
Indice de Trask : So	1,14	1,15	1,14	1,14	1,14	1,14	1,18	1,11
Classement du sédiment	Très bien classé	Très bien classé	Très bien classé	Très bien classé	Très bien classé	Très bien classé	Très bien classé	Très bien classé
Coefficient de dispersion	1,30	1,33	1,30	1,31	1,31	1,31	1,38	1,24
Pente arithmétique des quartiles : SKa	-0,002	-0,002	0,003	0,000	-0,005	0,000	0,003	0,001
Pente géométrique des quartiles : SKg	1,00	0,98	0,97	0,99	0,96	0,99	1,00	0,99

BUS LILLE

TABLEAU 6 : ETUDE 1973 - VALEUR DES SATURATIONS SELON LES TROIS PREMIERS AXES D'INERTIE DE L'ANALYSE FACTORIELLE

	Axe I	Axe II	Axe III
Valeurs propres	13,110	4,342	3,259
% de la variance	26,75	8,86	6,65
% cumulé de la variance	26,75	35,61	42,26
Station 1	0,420	0,187	0,134
2	0,666	- 0,423	0,069
3	0,334	- 0,567	0,297
4	0,539	- 0,038	- 0,244
5	0,652	- 0,210	- 0,011
6	0,732	0,093	- 0,427
7	0,736	- 0,398	0,096
8	0,690	- 0,256	0,006
9	0,736	- 0,262	0,197
10	0,718	0,116	- 0,434
11	0,253	- 0,338	0,498
12	0,595	0,290	0,078
13	0,664	- 0,236	0,219
14	0,604	- 0,088	0,090
15	0,496	0,195	0,091
16	0,355	0,109	0,531
17	0,655	0,102	0,349
18	0,091	0,018	0,286
19	0,620	- 0,104	- 0,296
20	0,708	- 0,187	- 0,146
21	0,718	- 0,449	0,082
22	0,250	- 0,499	0,444
23	0,177	- 0,228	- 0,188
24	0,508	0,163	- 0,362
25	0,228	0,486	0,327
26	0,120	0,350	0,219
27	0,581	0,248	0,281
28	0,726	- 0,215	- 0,039
29	0,297	0,314	0,407
30	0,032	0,066	0,215
31	0,582	- 0,142	- 0,201
32	0,496	- 0,684	- 0,416
33	0,238	0,055	0,446
34	0,569	- 0,267	- 0,006
35	0,087	0,019	0,351
36	0,117	- 0,017	0,390
37	0,467	0,515	0,091
38	0,599	0,230	- 0,265
39	0,557	0,479	- 0,043
40	0,552	0,517	- 0,053
41	0,368	0,261	- 0,155
42	0,334	0,293	0,106
43	0,464	0,442	0,116
44	0,382	0,490	0,100
45	0,519	0,425	0,030
46	0,536	- 0,146	- 0,149
47	0,527	- 0,269	- 0,125
48	0,583	- 0,203	- 0,236
49	0,509	0,423	- 0,080

BUS LILLE

TABLEAU 7 : ETUDE 1973 - LISTE DES ESPÈCES CLASSÉES DANS CHACUN DES PEUPLEMENTS (Dm = DOMINANCE MOYENNE ; F = FRÉQUENCE)

Rang	Peuplement I A			Peuplement I B		
	Espèces	Dm	F	Espèces	Dm	F
1	*Nephtys cirrosa*	31,14	100	*Nephtys hombergii*	20,43	75,00
2	*Nephtys hombergii*	12,98	77,78	*Nephtys cirrosa*	15,44	75,00
3	*Abra alba*	18,12	66,67	*Nephtys longosetosa*	4,33	50,00
4	*Donax vittatus*	6,30	77,79	*Bathyporeia guilliamsoniana*	4,05	37,50
5	*Bathyporeia elegans*	7,18	44,44	*Donax vittatus*	1,98	37,50
6	*Pinnotheres pisum*	2,39	44,44	*Diastylis bradyi*	3,73	37,50
7	*Crangon crangon*	2,52	33,33	*Tellina fabula*	8,59	25,00
8	*Eulalia sanguinea*	1,95	22,22	*Lanice conchilega*	5,23	25,00
9	*Macropipus holsatus*	1,26	22,22	*Abra alba*	4,53	25,00
10	*Lanice conchilega*	1,22	22,22	*Lagis koreni*	1,32	25,00

Rang	Peuplement II			Peuplement III		
	Espèces	Dm	F	Espèces	Dm	F
1	*Stenelais boa*	9,38	71,43	*Nephtys cirrosa*	27,68	84
2	*Asterias rubens*	3,71	71,43	*Nephtys longosetosa*	10,27	52
3	*Ophiura albida*	12,33	57,14	*Spisula elliptica*	13,55	44
4	*Pagurus bernhardus*	3,51	57,14	*Ophelia borealis*	15,22	40
5	*Psammechinus miliaris*	10,01	42,86	*Gastrosaccus spinifer*	8,06	44
6	*Nephtys longosetosa*	2,41	42,86	*Bathyporeia elegans*	3,50	32
7	*Nephtys hombergii*	8,69	28,57	*Pagurus bernhardus*	4,30	28
8	*Spisula elliptica*	1,99	28,57	*Bathyporeia guilliamsoniana*	4,52	24
9	*Macropipus pusillus*	1,43	57,14	*Glycera gigantea*	1,92	12
10	*Buccinum undatum*	1,29	57,14	*Echinocyamus pusillus*	0,76	16

BUS LILLE

TABLEAU 8 - ETUDE 1973/1976 - VALEUR DES SATURATIONS SELON LES TROIS PRINCIPAUX AXES D'INERTIE DE L'ANALYSE FACTORIELLE

	Axe I	Axe II	Axe III
Valeur propre	7,480	2,918	1,983
Variance %	25,8	10,1	6,8
Variance cumulée %	25,8	35,9	42,7
13	0,580	-0,236	-0,087
16	0,405	0,304	0,086
31	0,479	-0,253	-0,120
26	0,186	0,336	0,285
30	0,161	0,439	-0,302
24	0,420	-0,271	-0,126
33	0,301	0,365	-0,304
38	0,520	-0,095	0,287
43	0,559	0,289	0,296
48	0,610	-0,351	-0,282
49	0,490	-0,070	0,276
2	0,418	0,540	-0,352
4	0,534	0,484	0,175
6	0,466	0,211	-0,334
7	0,355	0,594	0,156
8	0,619	0,201	-0,298
10	0,611	0,082	0,360
12	0,604	-0,034	-0,112
14	0,587	0,176	0,463
16	0,600	-0,371	-0,299

BUS LILLE

TABLEAU 9 - ETUDE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DE *TELLINA FABULA* À LA STATION B.

Paramètres / mois	Nombre de prélèvements de 1/10 m^2	Nombre moyen d'individus par prélèvements $\overline{X}$	variance S^2	Type de distribution H = hasard C = contagieux	Limite de confiance à 95 % <C 95 %	% d'erreur sur la moyenne $\frac{<C\ 95\ \%}{\overline{X}}$
avril 78	10	17,2	100,18	C	9,09→22,99	81
Sept. 78	10	33,4	295,60	C	16,90→46,14	88
Dec. 78	10	22,2	107,96	C	14,09→28,41	65
Janv. 79	10	21,0	284,2	C	8,64→28,58	95
Fév. 79	10	10,7	22,01	H	$\overline{X}$ ± 2,34	44
Mars 79	10	7,2	28,84	C	3,06→10,14	98
Avril 79	10	11,3	44,01	C	4,38→16,78	110
Mai 79	10	1,4	11,60	C	0,90→ 2,27	131
Juin 79	10	32,6	280,71	C	20,40→41,58	65
Juil. 79	10	48,1	264,99	C	35,05→58,00	3

TABLEAU 10 - ETUDE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE D'*ABRA ALBA* À LA STATION B.

Paramètres / mois	Nombre de prélèvements de 1/10m^2	Nombre moyen d'individus par prélèvements $\overline{X}$	Variance S^2	Type de distribution H = hasard C = contagieux	Limite de confiance à 95 % < C 95 %	% d'erreur sur la moyenne $\frac{<C\ 95\ \%}{\overline{X}}$
Avril 78	10	1,6	1,60	H	$\overline{X}$ ± 0,90	113
Sept. 78	10	4,0	84,44	C	1,30→ 4,81	88
Dec. 78	10	13,8	83,29	C	7,27→18,14	79
Janv. 79	10	6,4	111,82	C	1,48→10,73	145
Fev. 79	10	18,5	226,7	C	7,38→25,28	97
Mars 79	10	11,4	17,82	H	$\overline{X}$ ± 2,41	42
Avril 79	10	5,1	22,10	C	2,16→ 8,56	115
Mai 79	10	3,4	2,16	H	$\overline{X}$ → 1,32	78
Juin 79	10	13,0	89,78	C	5,40→20,96	122
Juil. 79	10	18,7	346,68	C	5,84→25,70	106

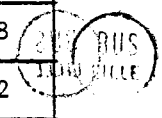


TABLEAU 11 : ETUDE 1973 : ABONDANCE DES ESPÈCES RENCONTRÉES À CHAQUE STATION

ESPECES \ STATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Actiniaires sp.	2																	2					
Cerianthus lloydii																							
Lepidonotus squamatus																		4				—	
Harmothoe lunulata																							
Harmothoe longisetis																							
Gattyana cirrosa																		1					
Polynoe scolopendrina																		2					
Stenelais boa																		14					
Phyllodoce lineata																							
Phyllodoce groenlandica																							
Phyllodoce mucosa																							
Eulalia sanguinea																							
Nereis longissima																							
Nephtys caeca																1							
Nephtys cirrosa	2	2		3	3	1	3	1	4	1		1	1	2	10		8		6	4	2		
Nephtys hombergii	1														2	17	1						
Nephtys longosetosa		2			2		1		1			2	1	2	1	1	1			3	1		
Glycera gigantea		3										1											
Eone normanni																							
Scoloplos armiger																							
Spio filicornis	1																						
Spiophanes bombyx															2	4							
Nerine bonnieri				1											1								
Nerine cirratulus																							
Magelona papillicornis															1								
Aranicola marina																1							
Notomastus latericeus																							
Stylarioides plumosa																							
Flabelligera affinis																							
Owenia fusiformis	1																						
Ophelia borealis		3		2			2											6			2		1
Legis koreni																							
Lanice conchilega																							
Thelepus setosus																		4					
Sabella pavonina																							
Cerebratulus sp.																							
Lineus bilineatus																							
Tubulanus superbus																							
Goldfingia elongata	2																						
Phascolion strombi																							
Lepidopleurus asellus																		3					
Buccinum undatum																		3					
Natica alderi																		2					
Gibbula cineraria																		5					
Arca lactea	1																						
Tapes rhomboides																							
Spisula elliptica		1	1				1	1	1		2		2			2	1				1	2	
Spisula ovalis												1											
Abra alba	1																						
Abra nitida																							
Tellina fabula																							
Tellina tenuis																							

BUS LILLE

TABLEAU 11: SUITE

24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
						1					1									1					
						2			14		3	1						9							
						1												1							
																		19				1			
																		1							
																		72	1	2					
																		46	1	10					
																		2							
											2							1			1				
1			10	2	1		2	1		7			8	1	6	4	4	43	6	3	2	6	2	4	10
	17	1	2		13								1		4	3			11	5	3				4
2			3	9	1				2													3	8	1	
								1																2	
																								1	
																		1				6			
																						6		5	
																						3			
																		5							
																									2
																		2		1					
						3					1							1	1						
											1														
									2		4														
							11	2										1				33	4	5	
					2	1												12	1						
	1										2						1	301	1						
									1		1														
		1									1														
						3																			
						2																			
1									1		3	1													
									3																
						1				1													1		
2																							4		
		2							1					1	2	3	1	244	17	21					
	2	6																		3	2				
			2															6			2				

X

TABLEAU 11 : SUITE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Telline pygmea		1																					
Macoma balthica																3							
Donax vittatus												1											
Mya sp.																		1					
Ensis arcuatus												5				1	1						
Nymphon brevirostris																		1					
Mesopodopsis slabberi																							
Gastrosaccus spinifer		1	1		1														3	9	1		
Idotea linearis																							
Diastylis bradyi															4								
Bodotria scorpioides																							
Urothoe brevicornis	1				1																		
Urothoe grimaldii																							
Bathyporeia guilliamsoniana	1								1			2		2					1				
Bathyporeia elegans		2		2	1																		
Pontocrates altamarinus																							
Podoceropsis nitida																		8					
Sthenotoides latipes																		2					
Nototropis swammerdami																							
Crangon crangon																							
Anapagurus hyndmanni																		11					
Pagurus bernhardus	1	1		2	1						1			1				9					
Pinnotheres pisum																		1					
Pisidia longicornis																		4					
Pilumnus hirtellus																		2					
Macropipus holsatus																					1		
Macropipus depurator																		2					
Macropipus pusillus																		10					
Hyas coarctatus																							
Macrocodis rostrata	1																	1					
Asterias rubens	1																	15					
Ophiura albida																							
Ophiura texturata															1								
Ophiothrix fragilis																		1					
Echinocyamus pusillus	1	1																1					
Psammechinus milieris																		115					
Echinocardium cordatum																							
Ammodytes tobianus																					1		
Ammodytes lanceolatus																							
Amphioxus lanceolatus																							
Diversité	2,450	3,175	1,000	2,468	2,419	0,000	1,842	1,000	1,664	0,000	1,000	2,500	1,922	1,950	2,093	2,099	1,854	3,136	1,295	1,420	2,500	0,000	0,000
Equitabilité	0,64	0,96	1,00	0,96	0,94	-	0,92	1,00	0,83	-	1,00	0,69	0,96	0,96	0,70	0,70	0,72	0,65	0,82	0,90	0,97	-	-

BUS LILLE

TABLEAU 11 : SUITE

24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
	1		1		4								3			1	1	1	1	5	4			1	
	1		1						6			1	1					19	2	1					1
				3					2													1	2	1	1
			4															6		1					
							1											1							
			3	1						17								1			2	1			
				2						2						1	1		1		15	7	2	3	2
												22													
											1		1							4					
					1								1		1		1	1							
											1														
			1	1			1		1		10	6							5						
													2						1		1		1		1
	1								1			2						1	1	6				1	
									1																
									1		1	1													
											2														
											1														
						1			1		5	4							1						
						1			1		29	40							1		1				
											1														
							1		1	1	1	6											1		
										1	10	6													
																	1					1			
								1																	
1,918	1,415	1,571	2,728	2,099	1,818	1,548	1,497	1,922	3,113	2,089	3,401	2,533	2,278	1,000	1,738	2,354	2,550	2,639	2,993	3,130	2,640	2,526	2,525	3,004	2,239
0,96	0,55	0,79	0,86	0,81	0,70	0,49	0,65	0,96	0,80	0,70	0,76	0,71	0,61	1,00	0,87	0,91	0,91	0,54	0,77	0,82	0,80	0,73	0,73	0,90	0,80

BUS LILLE

TABLEAU 12 : AVRIL 1978 : ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS
(NOMBRE D'INDIVIDUS)

Espèces \ Stations	A	B	C	D
Sagartia sp.	230			
Cerianthus lloydi	I43			
Cerebratulus sp.	I	2	3	
Nemerte sp.		2		
Golfingia elongata	I3			
Harmothoe lunulata		2		
Stenelais boa	7I			
Phyllodoce mucosa		I		
Eumida sanguinea	2			
Eteone longa	5		I	29
Microphthalmus similis				I0
Nephtys hombergii		29	I7	
Nephtys cirrosa		6	2I	I4
Nephtys caeca	2I			
Nephtys longosetosa	20			
Glycera lapidum				27
Glycera gigantea				2
Goniadella bobretzkii				26
Scoloplos armiger	I4			5
Spiophanes bombyx	I	28	I9	
Aonides oxycephala	II			
Pygospio elegans				5
Nerine bonnieri			5	
Magellona papillicornis		5	4	
Chaetozone setosa	I5	2		
Scalibregma inflatum	I			
Notomastus latericeus	I5		I	
Ophelia borealis				I3
Stylarioïdes plumosa	I			
Ampharete grubei	I			
Lanice conchilega	2	2		
Pectinaria koreni	I7	I		
Owenia fusiformis	72			
Sabella pavonina	I5			
Pomatoceros triqueter	Nbreux			
Saccocirrus papillocercus				I63
Polyordius sp. (appendiculatus?)				65
Alcyonidium gelatinosum	3			
Crepidula fornicata	2			
Modiolus barbatus	2			I
Mysella bidentata	I8	8	I	
Spisula ovalis				6

BUS LILLE

TABLEAU 12 : SUITE

Espèces \ Stations	A	B	C	D
Spisula elliptica		I		
Abra alba	83	I6	2	
Macoma balthica		I		
Tellina tenuis			I	
Tellina fabula		I86	32	
Ensis arcuatus			I	
Mya truncata	4			
Mya sp. (siphons)	6			
Gastrosaccus spinifer		2	I	
Diastylis bradyi		2	2	
Orchomenella nana	4			
Ampelisca brevicornis	I			
Urothoe grimaldii		8	4	2
Bathyporeia sp.			I	
Melita obtusata	3			
Photis longicaudata	9			
Pontocrates arenarius			2	
Crangon crangon		4		
Diogenes pugilator	I			
Pagurus bernhardus	2		I	
Macropipus holsatus	I			
Pinnotheres pisum	3			
Asterias rubens	8			
Ophuria albida	II			
Ophuria texturata		28		
Psammechinus miliaris	3			
Echinocardium cordatum			I	
Diversité	3,670	2,5I9	3,234	2,693
Equitabilité	0,69	0,57	0,75	0,69

TABLEAU 13 : AVRIL 1978 : ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS (BIOMASSE EN G)

Espèces \ Stations	A	B	C	D
Sagartia sp.	21,3920			
Cerianthus lloydii	4,8692			
Cerebratulus sp.	0,0722	0,2038	0,3081	
Nemerte sp.		0,0090		
Golfingia elongata	0,3576			
Harmothoe lunulata		0,0131		
Stenelais boa	1,3868			
Phyllodoce mucosa		0,0015		
Eteone longa			0,0018	0,0024
Nephtys hombergii		1,3241	0,6031	
Nephtys cirrosa		0,0112	0,0751	0,1332
Nephtys caeca	0,4712			0,7894
Nephtys longosetosa	0,0408			
Glycera lapidum				0,0135
Glycera gigantea				0,0747
Goniadella bobretzkii				0,0051
Scoloplos armiger	0,0335			0,0128
Pygospio elegans				0,0089
Nerine bonnieri			0,0204	
Spiophanes bombyx		0,0138	0,0160	
Aonides oxycephala	0,0080			
Magellona papillicornis		0,0012	0,0025	
Chaetozone setosa	0,0059	0,0003		
Notomastus latericeus	0,0917		0,0001	
Ophelia borealis				0,0419
Stylarioïdes plumosa	0,1973			
Ampharete grubei	0,0076			
Lanice conchilega	0,2651	0,0217		
Pectinaria koreni	0,7956	0,0594		
Owenia fusiformis	0,7213			
Sabella pavonina	1,1429			
Saccocirrus papillocercus				0,0147
Crepidula fornicata	0,4389			
Modolius barbatus	0,3051			
Mysella bidentata	0,0025	0,0012	0,0002	
Spisula ovalis				0,8998
Spisula elliptica		0,2382		
Abra alba	0,4632	0,1734	0,0422	
Macoma balthica		0,1893		
Tellina tenuis			0,0493	
Tellina fabula		2,7630	0,6862	
Ensis arcuatus			0,4177	
Mya truncata	3,1408			

BUS LILLE

TABLEAU 13 : SUITE

Espèces \ Stations	A	B	C	D
Gastrosaccus spinifer		0,00I2	0,0008	
Diastylis bradyi		0,0055	0,0009	
Urothoe grimaldii		0,003I	0,00I0	
Photis longicaudata	0,0047			
Pontocrates arenarius			0,00I0	
Crangon crangon		0,0I45		
Pagarus bernhardus	0,0773		0,0I98	
Macropipus holsatus	0,02I2			
Pinnotheres pisum	0,0504			
Asterias rubens	0,7020			
Ophiura albida	0,II40			
Ophiura texturata		I,36I7		
Total	37,I788	6,4I02	2,4462	I,9964
Diversité	2,39I	2,295	2,407	I,8I9
Equitabilité	0,50	0,52	0,58	0,53

TABLEAU 14 : STATION A, MAI 1979. ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS (NOMBRE D'INDIVIDUS)

espèces \ pvt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Rang
Sagartia sp.	19	25	15	15	17	25	11	21	20	23	191	1
Cerianthus lloydii	2	7	1		5	2	3	2	1	6	29	4
Laomedea dichotoma	+			+								
Cerebratulus sp.			1								1	30
Harmothoe lunulata								1			1	30
Lepidonotus squamatus		1		1		1					3	24
Pholoe synophtalmica						1					1	30
Stenelais boa	3	1	2	2	7		1	3	2	2	23	6
Eteone longa									1		1	30
Eumida sanguinea					4	1		1	3		9	9
Phyllodoce groenlandica	1			1			1	4	1		8	13
Nephtys caeca						2		3			5	18
Nephtys cirrosa							2	3			5	18
Nephtys hombergii			2								2	26
Nephtys longosetosa				1	1				1	1	4	22
Lumbriconereis gracilis		2	1	1	1	1				1	7	14
Scoloplos armiger		7	1		1	1	8	2	1	1	22	7
Aonides oxycephala			2		4					1	7	14
Spio filicornis			2	1			1	1		1	6	16
Spiophanes bombyx		1			1	1					3	24
Cirratulus cirratus				1							1	30
Heterocirrus alatus				2	1	3			3		9	9
Notomastus latericeus			1	1		1		3	3		9	9
Arenicola marina			1								1	30
Clymene oerstedi						1					1	30
Amphicteis gunneri			1			2	2	1	1	2	9	9
Thelepus setosus									1		1	30
Lagis koreni	1					1					2	26
Owenia fusiformis	1	3	6	3	3	3		6	8	5	38	3
Sabella pavonina	1	4			1		6		1		13	8
Branchiomma vesiculosum	1										1	30
Pomatoceros triqueter		+				+						
Goldfingia elongata						1					1	30
Goldfingia vulgaris	1			1		1			1		4	22
Abra alba	17	2	11	3	3	2	5	18	2	6	69	2
Mya truncata	1		1	1	1			1		1	25	5
Mya sp. (*truncata* ?) (siphons)	1	1	1	2	5	2	2	2	1	2		
Nymphon brevirostris	2										2	26
Achelia longipes	6										6	16
Ampelisca spinipes					1				1		2	26
Melita gladiosa				1							1	30
Photis longicaudata						3			1	1	5	18
Pagurus bernhardus			1								1	30
Asterias rubens				:							1	30
Psammechinus miliaris	1			1			2			1	5	18
Indice de diversité	2,887	2,567	3,201	3,314	3,276	3,229	3,143	3,134	3,300	2,877	3,710	
Equitabilité	0,76	0,74	0,80	0,81	0,84	0,75	0,88	0,80	0,78	0,76	0,69	

BUS LILLE

TABLEAU 15 : STATION A, MAI 1979. ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS (BIOMASSE EN G.)

espèces / prt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Sagartia sp.	1,4981	2,8711	1,4479	1,3976	1,6074	2,0313	0,7238	1,9000	1,1288	1,4078	16,0138
Cerianthus lloydii	0,0004	0,0005	0,0146		0,0329	0,0281	0,1078	0,0255	0,0047	0,0652	0,2797
Laomedea dichotoma											
Cerebratulus sp.			0,0067								0,0067
Harmothoe lunata								0,0007			0,0007
Lepidonotus squamatus		0,0033		0,0021		0,0069					0,0123
Pholoe synophtalmica						0,0008					0,0008
Stenelais boa	0,0153	0,0070	0,0133	0,0223	0,1141		0,0032	0,0082	0,0018	0,0073	0,2025
Eteone longa									0,0009		0,0009
Eumida sanguinea					0,0025	0,0037		0,0014	0,0009		0,0085
Phyllodoce groenlandica	0,0319			0,1163			0,1480	0,3588	0,0114		0,6664
Nephtys caeca						0,7389		0,0164			0,7553
Nephtys cirrosa							0,0032	0,0151			0,0183
Nephtys hombergii			0,0199								0,0199
Nephtys longosetosa				0,0018	0,0019				0,0109	0,0170	0,0316
Lumbriconereis gracilis		0,0051	0,0009	0,0041	0,0042	0,0014				0,0051	0,0208
Scoloplos armigea		0,0263	0,0048		0,0042	0,0104	0,0304	0,0031	0,0007	0,0034	0,0833
Aonides oxycephala			0,0035		0,0050					0,0012	0,0097
Spio filicornis			0,0014	0,0009			0,0009	0,0005		0,0009	0,0046
Spiophanes bombyx		0,0005			0,0015	0,0013					0,0033
Cirratulus cirratus				0,0006							0,0006
Heterocirrus alatus				0,0018	0,0010	0,0119			0,0036		0,0183
Notomastus latericeus			0,0017	0,0025		0,0047		0,0141	0,0030		0,0260
Arenicola marina			0,0032								0,0032
Clymene oerstedi						0,0015					0,0015
Amphicteis gunneri			0,0118			0,0178	0,0150	0,0086	0,0070	0,0074	0,0676
Thelepus setosus									0,0396		0,0396
Lagis koreni	0,0059					0,0940					0,0999
Owenia fusiformis	0,0064	0,0182	0,0518	0,0271	0,0121	0,0468		0,0531	0,0602	0,0459	0,3216
Sabella pavonina	0,0285	0,1017			0,0124		0,1641		0,0069		0,3136
Branchiomma vesiculosum	0,0033										0,0033
Pomatoceros triqueter											
Goldfingia elongata						0,0469					0,0469
Goldfingia vulgaris	0,0041			0,0053		0,0092			0,0057		0,0243
Abra alba	0,0560	0,0069	0,0155	0,0078	0,0039	0,0049	0,1402	0,1932	0,0138	0,0084	0,4506
Mya truncata	0,0056		0,0022	0,0005	0,0056			0,0007		0,0166	11,3888
Mya sp. (*truncata* ?) (siphons)	1,5273	0,5230	0,5072	1,4708	2,3992	1,6832	1,2764	0,0101	0,2483	1,7121	
Nymphon brevirostris	0,0005										0,0005
Achelia longipes	0,0004										0,0004
Ampelisca spinipes					0,0167				0,0031		0,0198
Melita glaciosa				0,0005							0,0005
Photis longicaudata						0,0016			0,0004	0,0008	0,0028
Pagurus bernhardus			0,0190								0,0190
Asterias rubens				0,0055							0,0055
Psammechinus miliaris	0,3394			0,3544			0,3283			0,2188	1,2409
Divers				0,0077	0,0127					0,0073	0,0277
Total	3,5231	3,5636	2,1254	3,4296	4,2373	4,7453	2,9413	2,6095	1,5617	3,5252	32,2620

BUS LILLE

TABLEAU 16 : STATION B, MAI 1979. ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS (NOMBRE D'INDIVIDUS)

espèces \ pvt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Rang
Sagartia sp.					1						1	16
Nematode sp.			1					1			2	14
Cerebratulus sp.	1		1					1			3	11
Pholoe synophtalmica			1								1	16
Phyllodoce groenlandica				1			2				3	11
Phyllodoce mucosa				1							1	16
Eumida sanguinea								1			1	16
Nephtys hombergii	1	1	1	2	2	2	2	1	7	4	23	3
Spio filicornis	2	3	1		1	2		1			10	6
Spiophanes bombyx	3	3	2	1	3	2		2	6	4	26	2
Cirratulus cirratus			1								1	16
Notomastus latericeus			1	1		4	2	1	3	9	21	4
Lagis koreni						1		2			3	11
Lanice conchilega	1		3	1		1					6	9
Abra alba	6	1	3	5	5	1	3	5	3	2	34	1
Tellina fabula						1	11		1	1	14	4
Diastylis bradyi					1	1		2	1		5	10
Gastrosaccus spinifer	1							1			2	14
Bathyporeia elegans					5		2	1		1	9	7
Urothoe grimaldii	3		1				1	2	2		9	7
Leucothoe incisa							1				1	16
Crangon crangon								1			1	16
Ophiura texturata								1			1	16
Gobius minutus					1						1	16
Indice de diversité	2,669	1,811	3,281	2,451	2,670	2,974	2,468	3,671	2,494	2,177	3,690	
Equitabilité	0,89	0,91	0,95	0,87	0,89	0,94	0,82	0,94	0,89	0,84	0,81	

BUS LILLE

TABLEAU 17 : STATION B, MAI 1979. ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS (BIOMASSE EN G.)

espèces \ pvt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Sagartia sp.					0,1688						0,1688
Nématode *sp.*		0,0205	0,0205					0,0216			0,0421
Cerebratulus sp.	0,0552		0,0632					0,2150			0,3334
Pholoe synophtalmica			0,0007								0,0007
Phyllodoce groenlandica				0,0332			0,1191				0,1523
Phyllodoce mucosa				0,0018							0,0018
Eumida sanguinea								0,0003			0,0003
Nephtys hombergii	0,0169	0,0205	0,0176	0,0248	0,0291	0,0055	0,0876	0,0378	0,2382	0,1656	0,6436
Spio filicornis	0,0104	0,0010	0,0031		0,0007	0,0010		0,0003			0,0165
Spiophanes bombyx	0,0015	0,0034	0,0080	0,0019	0,0022	0,0007		0,0050	0,0007	0,0070	0,0304
Cirratulus cirratus			0,0009								0,0009
Notomastus latericeus			0,0109	0,0068		0,0682	0,0729	0,0215	0,0834	0,3687	0,6324
Lagis koreni						0,0236		0,0178			0,0414
Lanice conchilega	0,0036		0,0158	0,0160		0,0070					0,0424
Abra alba	0,1668	0,0266	0,0708	0,0525	0,2401	0,0570	0,0921	0,0408	0,0801	0,0680	0,8948
Tellina fabula						0,0054	0,5405		0,0401	0,0416	0,6276
Diastylis bradyi					0,0014	0,0031		0,0041	0,0002		0,0088
Gastrosaccus spinifer	0,0029							0,0048			0,0077
Bathyporeia elegans					0,0024		0,0011	0,0006		0,0009	0,0050
Urothoe grimaldii	0,0020		0,0008				0,0008	0,0006	0,0009		0,0051
Leucothoe incisa							0,0005				0,0005
Crangon crangon								0,0010			0,0010
Ophiura texturata								0,0139			0,0139
Gobius minutus					0,0669						0,0669
Total	0,2593	0,0515	0,2123	0,1370	0,5116	0,1715	0,9146	0,3851	0,4436	0,6518	3,7383

BUS LILLE

TABLEAU 18 : STATION C, MAI 1979. ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS (NOMBRE D'INDIVIDUS)

espèces \ pvt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Rang
Nématodes									2		2	7
Phyllodoce groenlandica									1		1	9
Nephtys cirrosa					2	2		3		1	8	2
Nephtys homberyii		1	1		1						3	5
Nephtys longosetosa					1	1	1	1			4	3
Spio filicornis			1								1	9
Spiophanes bombyx			1								1	9
Abra alba	1										1	9
Diastylis bradyi				1							1	9
Gastrosaccus spinifer		2	1			1					4	3
Bathyporeia elegans		49	10	12	19	9	22	23	11	16	171	1
Bathyporeia pelagica		1							1		2	7
Urothoe brevicornis								1			1	9
Pontocrates arenarius			1				1			1	3	5
Indice de diversité	0,000	0,499	1,692	0,391	0,927	1,352	0,497	0,922	1,237	0,614	1,153	
Equitabilité	—	0,25	0,66	0,39	0,46	0,68	0,31	0,46	0,62	0,39	0,30	

BUS LILLE

TABLEAU 19 : STATION C, MAI 1979. ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS (BIOMASSE EN G.)

espèces \ pvt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Nématodes									0,0036		0,0036
Phyllodoce groenlandica									0,0326		0,0326
Nephtys cirrosa					0,0031	0,0114		0,0203		0,0087	0,0435
Nephtys hombergii		0,0082	0,0229		0,0480						0,0791
Nephtys longosetosa					0,1339	0,0387	0,0084	0,0740			0,2550
Spio filicornis			0,0024								0,0024
Spiophanes bombyx			0,0030								0,0030
Abra alba	0,0004										0,0004
Diastylis bradyi				0,0026							0,0026
Gastrosaccus spinifer		0,0078	0,0041			0,0031					0,0150
Bathyporeia elegans		0,0242	0,0062	0,0074	0,0090	0,0053	0,0153	0,0144	0,0076	0,0074	0,0968
Bathyporeia pelagica		0,0009							0,0007		0,0016
Urothoe brevicornis								0,0006			0,0006
Pontocrates arenarius			0,0007				0,0008			0,0007	0,0022
Total	0,0004	0,0411	0,0393	0,0100	0,1940	0,0585	0,0245	0,1093	0,0445	0,0168	0,5384

LILLE

TABLEAU 20 : STATION D, MAI 1979. ETUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS
(NOMBRE D'INDIVIDUS)

espèces \ pvt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total	Rang
Nématodes									2		2	12
Nephtys caeca						1				2	3	7
Nephtys cirrosa	5	1		2	3	4	5	2	1		23	2
Nephtys longosetosa	1	1						1			3	7
Glycera gigantea					1		1			1	3	7
Scoloplos armiger		4			1	2	8	3			18	3
Spio filicornis			1	3	1	1	2	4	1		13	4
Spiophanes bombyx			3			1		1			5	6
Nerine bonnieri				1							1	15
Ophelia borealis	4	3			1	20	2	1			31	1
Ensis ensis			1		1						2	12
Spisula elliptica							1				1	15
Gastrosaccus spinnifer			1	1				1			3	7
Bathyporeia elegans					3				2	1	6	5
Bathyporeia guilliamsonniana			2		1						3	7
Urothoe brevicornis							1				1	15
Pontocrates arenarium								1		1	2	12
Nototropis swammerdami					1						1	15
Pagurus bernhardus							1				1	15
Indice de diversité	1,361	1,753	2,156	1,842	2,969	1,533	2,506	2,753	1,918	1,922	3,343	
Equitabilité	0,86	0,88	0,93	0,92	0,94	0,59	0,84	0,92	0,96	0,96	0,79	

TABLEAU 21 : STATION D, MAI 1979, ÉTUDE QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS
(BIOMASSE EN G.)

espèces \ pvt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Nematodes									0,0066		0,0066
Nephtys caeca						0,9553				0,0528	1,0081
Nephtys cirrosa	0,0310	0,0103		0,0487	0,0218	0,0098	0,0716	0,0070	0,0080		0,2022
Nephtys longosetosa	0,0610	0,0165						0,0016			0,0791
Glycera gigantea					0,0020		0,0061			0,0023	0,0104
Scoloplos armiger		0,0176			0,0110	0,0012	0,0084	0,0163			0,0545
Spio filicornis			0,0003	0,0039	0,0018	0,0011	0,0011	0,0024	0,0017		0,0123
Spiophanes bombyx			0,0030			0,0025		0,0031			0,0086
Nerine bonnieri				0,0061							0,0061
Ophelia borealis	0,2152	0,0039			0,0014	0,1130	0,0045	0,0013			0,3393
Ensis ensis			0,4177		0,1657						0,5834
Spisula elliptica							0,0135				0,0135
Gastrosaccus spinnifer			0,0128	0,0005				0,0022			0,0155
Bathyporeia elegans					0,0057				0,0011	0,0009	0,0077
Bathyporeia guilliamsonniana			0,0015		0,0008						0,0023
Urothoe brevicornis							0,0014				0,0014
Pontocrates arenarius								0,0006		0,0004	0,0010
Nototropis swammerdami					0,0005						0,0005
Pagurus berhnardus							0,0313				0,0313
Total	0,3072	0,0483	0,4353	0,0592	0,2107	1,0829	0,1379	0,0345	0,0114	0,0524	2,3838

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITAIRE LILLE Section de SCIENCES