

CONSÉQUENCES D'UN DÉVERSEMENT DE BOUE ROUGE D'ALUMINE SUR LE MÉIOBENTHOS PROFOND (CANYON DE CASSIDAIGNE, MÉDITERRANÉE)

Marie-Hélène VIVIER

Station Marine d'Endoume, 13007 Marseille, France.

Summary : since 1969, The Cassidaigne canyon, near Marseilles, has been selected for industrial wastes disposal, namely red muds from alumina plants. The fluid red-coloured waste (presence of iron oxyd) the grain size of which is very fine forms a thin deposit on the walls and some neighbouring zones of the submarine valley, while the main stream of mud invades the thalweg. The meiofauna of this area was quantitatively estimated. Densities of individuals which are usually found in the areas of thin (2-3 cm) and steady deposits, decrease by the mud flood, this being explained by the substrate instability. Meiofauna disappears in the flood itself. In the steady areas, meiofaunal densities range from 580 000 to 640 000 individuals/m², which is similar to data from bathyal muds on the slope. However, the vertical colonization of sediment by the animals is here particularly deep, most probably because of the mud fluidity.

Résumé : le rejet de boues d'alumine dans le canyon de Cassidaigne (région marseillaise), à une profondeur de 330 m, entraîne la formation d'un dépôt peu épais (de quelques mm à quelques cm) de matières minérales sur les flancs du thalweg principal et des diverticules avoisinants. Le flot de boues s'écoule au-delà de 1000 m de profondeur en empruntant l'axe du thalweg principal. La méiofaune colonise la "boue rouge" et ne semble pas affectée lorsque cette dernière est présente sous forme de traces ou d'une couche stabilisée de 2 ou 3 cm d'épaisseur. A proximité de la zone d'écoulement, l'instabilité du substrat conduit à un important appauvrissement de la méiofaune. Dans le thalweg d'écoulement, la mobilité permanente du matériel interdit toute installation d'organismes méiobenthiques. Dans le canyon de Planier et dans les secteurs de Cassidaigne non affectés par l'écoulement des boues, les densités d'organismes atteignent 580 000 à 640 000 ind./m², ce qui est tout à fait comparable aux valeurs signalées dans les régions de même profondeur, mais à relief plus régulier. La colonisation des couches profondes du sédiment par les méiobenthos semble être facilitée dans la "boue rouge", vraisemblablement en raison du faible colmatage du substrat.

La fréquence des déversements en mer de produits résiduels, solides ou liquides, issus de traitements in-

dustriels s'accroît progressivement. Quelques uns d'entre eux font l'objet d'études physico-chimiques, sédimentologiques ou écologiques, afin de surveiller l'évolution du biotope contaminé. C'est ainsi, par exemple, que l'immersion de boues d'oxyde de titane au large d'Helgoland (Mer du Nord) est à l'origine des travaux de Weichart (1972), Hickel (1969), Rachor (1972), Stripp et Gerlach (1969) et de Lorenzen (1974).

En Méditerranée, dans la région marseillaise, 3 800 tonnes de boues rouges d'alumine (poids sec) sont déversées quotidiennement dans le thalweg principal du canyon de Cassidaigne, depuis 1969. Des études biologiques et géologiques ont précédé les déversements afin d'analyser les conséquences potentielles d'une telle opération. Depuis 1971, des recherches ont été entreprises afin de contrôler l'extension du dépôt à faible profondeur et pour déterminer l'impact de la "boue rouge" sur la faune. Les modalités de transport du matériel rejeté (par mise en suspension ou sur le fond) ont été étudiées par Aubert et al. (1973) et par Coureau et al. (1973), la macrofaune par Bourcier & Zibrowius (1973), la courantologie dans le canyon par Bourcier (1976). Le présent travail concerne l'étude quantitative de la méiofaune des sédiments envahis par le déversement ; il a déjà fait l'objet d'une note préliminaire (Vitiello & Vivier, 1974). Des prélèvements, réalisés à l'aide d'un engin fiable et adapté à la nature du dépôt, ont fourni des données quantitatives destinées à mettre en évidence un éventuel appauvrissement des zones envahies ou un remaniement de la colonisation verticale du méiobenthos dans le sédiment.

METHODOLOGIE

L'étude quantitative du méiobenthos vivant dans des vases bathyales d'un canyon situé dans une zone bathymétriquement comprise entre 150 et 900 m a été effectuée à l'aide d'un carottier à section prismatique du type Reineck (1958), petit modèle, et dont l'étanchéité

de la boîte a été améliorée. Cet engin présente, à l'heure actuelle, la plus grande fiabilité et la meilleure adaptation à l'étude quantitative du méiobenthos, car il permet de disposer d'un échantillon du fond non perturbé en surface et sur toute son épaisseur, ainsi que d'un certain volume d'eau surmontant le sédiment.

Ce carottier a été employé avec succès lors de campagnes d'études du méiobenthos bathyal et abyssal (Thiel 1966, 1972 a et b ; Diné et al., 1973 ; Rachor 1975 ; Diné 1973 et 1976). L'emploi de cet engin est délicat lorsqu'on travaille sur un substrat vaseux et horizontal. Il s'avère encore plus malaisé quand on opère dans un canyon sous-marin et sur un sédiment constitué par de la "boue rouge". La fluidité de ce substrat et la finesse des particules qui le composent favorisent sa mise en suspension lors de l'arrivée de l'engin sur le fond. Celle-ci doit donc s'effectuer à vitesse très réduite. De plus, la faible compacité des "boues rouges" facilite l'enfoncement du carottier, aussi a-t-il paru nécessaire de placer des patins sur le cadre du carottier afin de diminuer la pression de l'engin sur le fond.

La topographie des lieux constitue, elle aussi, un obstacle important : les courants de dérive, les fortes pentes, ainsi que la présence de barres rocheuses ont souvent gêné le fonctionnement de l'appareil. Dans tous les cas, les échantillons dépourvus d'eau, ou dont la surface apparaissait perturbée ont été éliminés.

Afin de faciliter les opérations de tri, nous avons procédé à un sous-échantillonnage par carottage dans la boîte de prélèvement. En général, il s'avère suffisant d'effectuer deux carottes par station (Vitiello, 1968 ; Elmgren, 1973), à l'aide de tubes en plexiglass de 10 cm² de section. Chaque carotte obtenue est découpée en horizons dont le sédiment est immédiatement fixé au formol à 4 %.

Quelques gouttes d'une solution de Rose Bengale, colorant sélectif de la matière organique vivante, sont ajoutées au sédiment 24 heures avant l'extraction. Actuellement, une des meilleures méthodes permettant d'extraire un nombre maximal de méiobenthos est celle de la lévigation. Appliquée à l'origine sur des fractions sableuses (Bodin, 1964 ; Diné, 1972), elle s'est révélée efficace pour un sédiment vaseux. Les animaux sont recueillis sur un tamis de 40 µm de maille afin d'obtenir le maximum d'organismes, particulièrement les formes rares et de petite taille (Tardigrades, Kinorhynques etc.). Le refus de chaque tamis est trié dans sa totalité à la loupe binoculaire.

L'analyse granulométrique du sédiment a été réalisée par tamisage pour la fraction grossière (> 50 µm) et par densimétrie pour la fraction fine (< 50 µm). Les catégories considérées pour caractériser l'indice de Trask et les différentes classes granulométriques sont celles adoptées par Vitiello (1974).

MILIEU

Le canyon de Cassidaigne est l'une des dix vallées sous-marines entaillant le plateau continental de la région provençale. D'après Bourcart (1949), celles-ci ont été formées par creusement fluvial sub-aérien, puis un mouvement de flexure a provoqué un abaissement du canyon sous le niveau marin et un soulèvement du domaine continental.

Ce canyon (fig. 1), situé à proximité de Marseille, débute à 3,5 milles des côtes environ ; il se prolonge par un thalweg orienté SW-NE (de 200 à 1 200 m) jusqu'à un étranglement qui joue le rôle de seuil, à 1040 m de profondeur. La vallée s'élargit ensuite et prend une direction S-N, puis SE-NW. En amont du seuil, s'étendent deux importants bassins, dont l'un (le plus proche du rétrécissement) est profond d'environ 200 m. Deux diverticules débouchent de part et d'autre de la tête du canyon. En 1971, des plongées effectuées avec le submersible SP 350 ont permis de préciser leur topographie (Bourcier & Zibrowius 1973).

Le diverticule ouest est une zone accidentée, constituée de crêtes et de marches rocheuses, ces dernières pouvant atteindre jusqu'à trois mètres de hauteur ; le diverticule est est un thalweg envasé, présentant une faible pente (en moyenne 8,7 %).

En raison de sa proximité du littoral et de sa situation par rapport aux usines de la firme Aluminium-Pechiney, le site du canyon de Cassidaigne a été choisi pour des déversements de résidus minéraux industriels résultant du traitement de la bauxite et de sa transformation en alumine. Depuis 1967, les déchets, provenant de deux usines de la firme, sont acheminés au moyen de conduites souterraines, puis sous-marines jusqu'à 3,5 milles au large. Le déversement est effectué au niveau de la tête du canyon à 330 m de profondeur (fig. 1 et 2), avec un débit de 530 m³h⁻¹, ce qui représente 150 tonnes de matières sèches par heure. Chaque litre de "boue rouge" contient 280 g de matière sèche, composée essentiellement d'oxyde de fer qui donne une couleur rouge caractéristique. La composition de ces "boues rouges" est mentionnée dans le tableau 1. L'eau qui imprègne la matière sèche contient 3 g l⁻¹ de soude. Celle-ci, au contact du chlorure de magnésium de l'eau de mer, est neutralisée et il y a précipitation, à proximité immédiate de la conduite, de magnésium sous forme de chandelles (observées par Bourcier & Zibrowius, 1973). La densité de la matière sèche est de 3,09 ; celle de la boue au sortir de la canalisation est de 1,2 ; sa température est alors de 25°C (35°C au départ de l'usine).

Au débouché des conduites, la "boue rouge" s'écoule d'une façon régulière, et sans aucune turbulence. Le flot emprunte le thalweg et doit atteindre actuellement la zone des deux bassins qui se remplissent peu à peu.

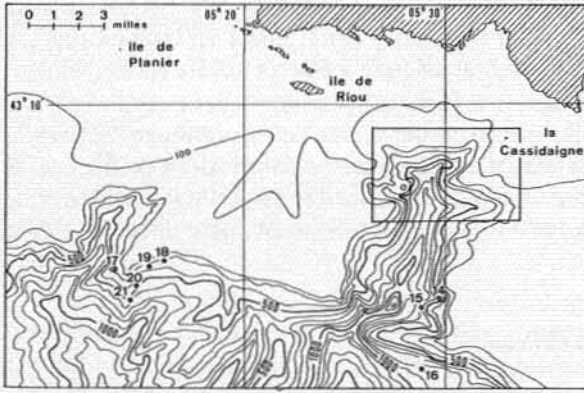


Figure 1 - Carte des prélèvements, d'après Bourcart (1958)

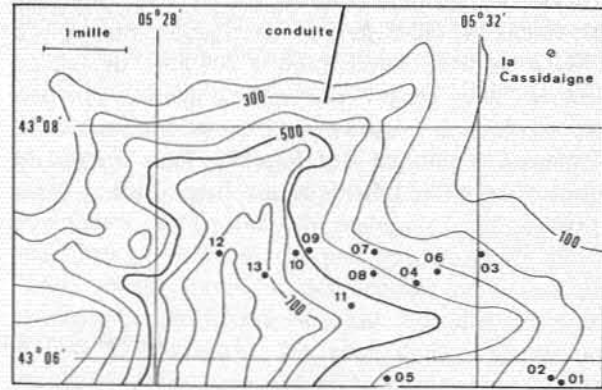


Figure 2 - Stations du diverticule Oriental du canyon de Cassidaigne

La boue ne franchit probablement pas le seuil d'une manière continue ; seules les suspensions, créées par un courant violent établi par régime de fort mistral, pourraient s'écouler dans la seconde partie du canyon et atteindre une profondeur plus importante (au moins 1800 m) (Bourcier, 1970 et 1976). Des traces de "boue rouge" ont été relevées à des profondeurs inférieures au débouché des conduites (Bourcier, 1970 ; Bourcier & Zibrowius, 1973), ce qui s'explique par une mise en suspension du matériel empruntant l'axe du canyon ; cependant, les auteurs n'ont pas observé de nuage de boue en suspension de l'eau.

Le diverticule oriental fut le site principal de nos prélèvements. Ouvert à l'Ouest (direction générale 270°), ce diverticule s'étend depuis 200 m de profondeur jusqu'à l'axe du canyon situé ici à 900 m. Il est perpendiculaire aux conduites sous-marines et distant, dans sa partie inférieure de 2 milles de leur débouchés. L'absence de courant (Bourcier comm. pers.) dans la partie inférieure du diverticule permet une sédimentation régulière de la "boue rouge" mise en suspension. Une radiale, comprenant 13 prélèvements s'échelonnant de-

puis 168 m jusqu'à 710 m de profondeur, a été réalisée (fig. 2). Le tableau 2 donne les caractéristiques de chaque station. L'épaisseur de "boue rouge" est aisément déterminée par observation à travers la paroi des tubes en plexiglas et surtout par le découpage des carottes en couches horizontales. Une étude granulométrique du sédiment a été réalisée sur 9 stations (tableau 3). Les observations visuelles et l'analyse du sédiment permettent de répartir les stations en plusieurs catégories (fig. 3).

Tableau 1 - Composition des boues rouges d'alumine, en pourcentage

eau de constitution	5.75
oxyde de fer (Fe ₂ O ₃)	38.25
oxyde d'aluminium (Al ₂ O ₃)	20.30
oxyde de silicium (SiO ₂)	13.00
oxyde de sodium (Na ₂ O)	9.00
oxyde de calcium (CaO)	5.00
oxyde de titane	5.50
carbonate de calcium	3.00
oxydes de manganèse, de vanadium etc...	0.20
	100.00

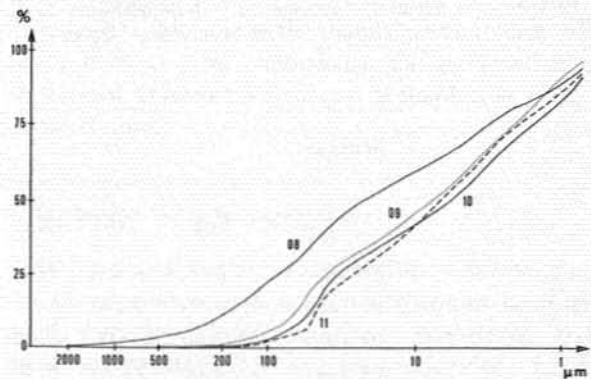
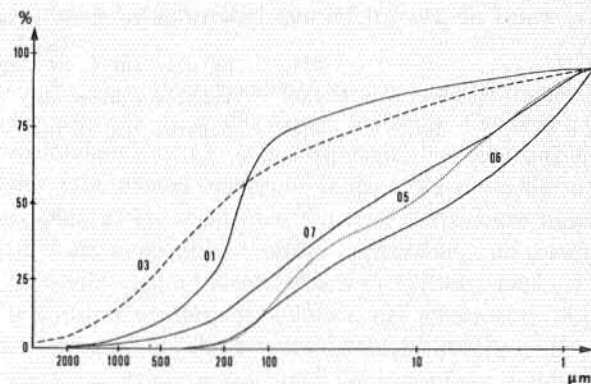


Figure 3 - Courbes granulométriques des stations du diverticule Oriental

— De 168 à 245 m (stations 01, 02, 03) : sédiment sablo-vaseux à faible teneur en fraction fine (22 à 31 %), à médiane élevée (160 à 204 μm), de faibles traces de "boue rouge" sous forme d'une très fine pellicule ou de taches éparses apparaissant à la surface du sédiment. Ces stations sont localisées dans la zone de transition entre le Détritique du Large et les Vases Bathyales.

— De 300 à 430 m (st. 04 à 08) : sédiment vaseux, mal classé, à forte teneur en fraction fine (38 à 72 %) et à médiane faible (11,5 à 21,5 μm) qui représente une vase bathyale typique. La couche superficielle comporte des traces de "boue rouge" mélangées à la vase. Ceci confirme les observations de Bourcier & Zibrowius qui ont noté l'existence de nombreux terriers et en ont déduit une possibilité d'intégration de la

Tableau 2 — Stations de prélèvement

Stations	Profondeur (m)	Épaisseur de "boue rouge"	Latitude	Longitude	Date
01	168	faibles traces (mm)	43°05'28"N	05°33'05"E	17.03.1972
02	180	faibles traces (mm)	43°05'30"N	05°32'00"E	17.03.1972
03	245	taches éparpillées	43°06'51"N	05°32'01"E	31.03.1972
04	300	taches sur 3 cm d'épaisseur	43°06'35"N	05°31'06"E	17.03.1972
05	340	mélange sur 3 cm d'épaisseur	43°05'44"N	05°30'40"E	17.03.1972
06	360	mélange sur 5 cm d'épaisseur	43°06'43"N	05°31'40"E	17.03.1972
07	387	3 cm de "boue rouge" pure	43°06'56"N	05°30'49"E	31.03.1972
08	430	2 cm de "boue rouge" pure	43°06'43"N	05°30'50"E	18.03.1972
09	485	5 cm de "boue rouge" pure	43°06'56"N	05°29'45"E	31.03.1972
10	525	5 cm de "boue rouge" pure	43°06'56"N	05°29'42"E	29.04.1972
11	580	6 cm de "boue rouge" pure	43°06'28"N	05°30'20"E	29.04.1972
12	630	5 cm de "boue rouge" pure	43°06'55"N	05°28'43"E	29.04.1972
13	710	< 10 cm de "boue rouge" pure	43°06'43"N	05°29'35"E	29.04.1972
14	550	mélange sur 2 cm d'épaisseur	43°03'10"N	05°29'30"E	15.06.1973
15	650	faibles traces (mm)	43°02'40"N	05°28'30"E	15.06.1973
16	810	faibles traces (mm)	43°00'45"N	05°28'20"E	15.06.1973
17	260		43°04'15"N	05°12'50"E	3.05.1972
18	315		43°04'25"N	05°16'30"E	7.07.1972
19	360		43°04'00"N	05°15'50"E	7.07.1972
20	460		43°03'30"N	05°15'10"E	7.07.1972
21	550		43°02'55"N	05°14'30"E	7.07.1972

Tableau 3 — Paramètres granulométriques de diverses stations : FF% : pourcentage de fraction fine ; Md ; médiane ; Q₁ et Q₃ : quartiles ; So : indice de Trask.

Stations	01	03	05	06	07	08	09	10	11
Profondeur (m)	168	245	340	360	387	430	485	525	580
F.F. %	22	31	72	79	68	71	88	93	93
Md (μm)	160.00	204.00	11.50	6.00	19.50	21.50	7.40	5.50	6.60
Q ₁ (μm)	242.00	600.00	65.00	48.00	96.00	84.00	56.00	45.00	27.00
Q ₃ (μm)	66.00	23.00	2.90	1.50	2.80	3.20	2.15	1.65	2.05
So	1.91	5.18	4.73	5.66	5.85	5.09	5.10	5.22	3.63

"boue rouge" dans le sédiment sous-jacent, grâce à l'activité de la faune fousseuse.

— De 485 à 630 m (st. 09 à 12) : sédiment vaseux dont la teneur en pelites (particules < 50 μm) varie de 79 à 93 %, et dont la médiane se situe entre 5,5 et 7,4 μm . Ce sédiment est recouvert d'une couche de "boue rouge" dont l'épaisseur varie de 2 à 6 cm et dont la fluidité augmente lorsque l'on se rapproche de l'axe du canyon.

— A 710 m (st. 13) : "boue rouge" très fluide, d'une épaisseur supérieure à 10 cm. L'extrême fluidité du substrat et, comme nous le verrons ultérieurement, l'absence totale d'organismes méiobenthiques, suggèrent que cette station est localisée dans la zone d'écoulement des boues.

Afin de localiser l'extension des dépôts, et pour disposer de prélèvements profonds non perturbés par la présence d'une couche de "boue rouge" en état d'instabilité, des échantillons ont été prélevés dans une zone située au large (fig. 1). En raison des fortes pentes et du relief accidenté, nous n'avons pu obtenir que trois échantillons : les stations 14, 15 et 16 (tabl. 2). Deux d'entre eux comportent des traces de "boue rouge", le troisième (st. 16) est situé en aval du rétrécissement du canyon. La vase bathyale, très colmatée, présente en surface quelques taches de "boue rouge".

A titre de comparaison, il semblait intéressant d'évaluer les densités du méiobenthos dans un canyon dépourvu de déversement. Le choix s'est porté sur le canyon de Planier situé à l'Ouest de Cassidaigne. Les accidents de relief (barres rocheuses notamment) ne nous ont permis de réaliser que cinq carottages satisfaisants (stations 17 à 21) sur le flanc est du canyon. Ces prélèvements s'étagent de 210 à 550 m de profondeur (tabl. 2) ; le sédiment est parfois constitué d'une vase détritique de couleur jaune (couche oxydée) surmontant une vase compacte de couleur grise (couche réduite).

ANALYSE QUANTITATIVE DE LA MEIOFAUNE

Densité des organismes

A profondeur comparable, les densités d'organismes sont légèrement plus élevées dans le canyon de Planier que dans celui de Cassidaigne, mais les différences relevées ne sont pas significatives (tabl. 4). Il en est également ainsi des différences de densités en fonction de la profondeur (jusqu'à 600 m à Cassidaigne), mais la dis-

persion verticale des stations (de 168 à 810 m) est faible à l'échelle de l'étage bathyal, et en général, la variabilité des densités du méiobenthos semble être d'ordre géographique plutôt que bathymétrique (Rachor, 1975).

A partir de 600 m de profondeur, on constate, dans le canyon de Cassidaigne, un important appauvrissement de la faune (stations 12 et 13). Des prélèvements effectués à des profondeurs analogues (stations 14, 15, 16), mais situés à distance plus importante du flot de "boue rouge" montrent des densités nettement plus élevées (de 367 000 à 801 000 individus/m² contre 16 000 individus/m²). On peut donc supposer qu'à proximité de la zone d'écoulement des boues, l'instabilité sédimentaire est telle qu'elle provoque une diminution de la densité du méiobenthos. Dans l'axe du thalweg où se fait l'écoulement proprement dit (station 13), la mobilité permanente du fond interdit toute installation d'organismes méiobenthiques.

La comparaison de ces données à l'ensemble des travaux effectués à des profondeurs analogues (Vitiello & Vivier, 1974) montre que, à l'exception des parages de la dorsale Islande-Faroë (Thiel, 1972 a), zone connue pour son extrême richesse, la méiofaune est aussi abondante, sinon plus, dans le canyon de Cassidaigne que dans d'autres régions : Mc Intyre (1964) Wigley & Mc Intyre (1964), Thiel (1972 a et b, 1975), Tietjen (1972), Dinét (1976). Il est, bien sûr, toujours délicat de confronter des résultats obtenus par une méthodologie différente. Cependant, le présent travail a été réalisé dans les mêmes conditions de prélèvement et de traitement du matériel que les travaux de Dinét et de Thiel.

Par leur relief accidenté et par leurs fortes pentes, les canyons sont des zones instables. Cependant, la méiofaune paraît y être aussi riche que celle qui vit à des profondeurs analogues et dans des zones de topographie moins accidentée. En fait, l'expérience montre qu'il est impossible d'utiliser correctement un carottier dans une zone accidentée (barres rocheuses, falaises) où le substrat meuble est soumis à des glissements, et par là susceptible d'être considérablement appauvri. Ce n'est que dans des secteurs à faible pente et à sédimentation régulière (cas du diverticule est du canyon de Cassidaigne) que des prélèvements peuvent être effectués ; dans ce cas, l'abondance du méiobenthos est alors aussi importante dans ces secteurs que dans les autres régions.

Composition de la faune

Les groupes zoologiques constituant la méiofaune des canyons sont ceux que l'on rencontre habituellement dans les biotopes meubles : Nématodes, largement dominants (83,4 %) ; Harpacticoides (5,1 %) ; Annélides polychètes ; Tardigrades ; Kinorhynques ; crustacés divers et nombreuses larves.

Tableau 4 — Abondance de la méiofaune par 10 cm², donnée pour les 2 sous-échantillons A et B

Horizons (cm)	Station 01								Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers		
A 0-1	281	14	14	1	.	1	2	25	338	55.1
A 1-2	144	.	4	.	.	.	.	10	158	25.8
A 2-3	39	.	.	.	.	.	1	2	42	6.8
A 3-5	24	1	1	.	.	.	.	1	27	4.4
A 5-7	44	.	.	.	.	.	.	4	48	7.8
A Total	532	15	19	1	.	1	3	42	613	
B 0-1	184	26	32	.	.	1	27	32	302	54.4
B 1-2	102	2	4	.	.	.	.	8	116	20.9
B 2-3	49	.	.	.	.	.	.	6	55	9.9
B 3-5	38	1	2	.	.	.	.	2	43	7.8
B 5-7	37	.	.	.	.	.	.	2	39	7.0
B Total	410	29	38	.	.	1	27	50	555	
Moyenne	471	22	29	.	.	1	15	46	584	
%	80.6	3.8	4.9	.	.	.	2.7	7.9		

Horizons (cm)	Station 02								Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers		
A 0-1	119	20	10	1	.	3	16	20	189	44.4
A 1-2	148	6	4	.	.	.	3	12	173	40.6
A 2-3	22	.	1	.	.	.	.	1	24	5.6
A 3-5	23	.	2	.	.	.	.	.	25	5.9
A 5-7	12	.	.	.	.	.	.	3	15	3.5
A Total	324	26	17	1	.	3	19	36	426	
B 0-1	129	7	11	.	.	.	6	15	168	65.1
B 1-2	37	.	1	.	.	.	.	1	39	15.1
B 2-3	29	.	2	.	.	.	.	1	32	12.4
B 3-5	15	.	.	.	.	.	.	2	17	6.6
B 5-7	2	.	.	.	.	.	.	.	2	0.8
B Total	212	7	14	.	.	.	6	19	258	
Moyenne	268	16	16	.	.	1	13	28	342	
%	78.3	4.8	4.5	.	.	.	4.0	8.2		

Horizons (cm)	Station 03								Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers		
A 0-1	141	14	10	1	.	3	3	13	185	55.6
A 1-2	30	1	4	.	.	.	.	3	38	11.4
A 2-3	56	2	3	.	.	.	6	4	71	21.3
A 3-5	29	.	.	.	.	.	.	.	29	8.7
A 5-7	9	.	.	.	.	.	1	.	10	3.0
A Total	265	17	17	1	.	3	10	20	333	
B 0-1	188	45	26	2	2	6	56	11	336	75.3
B 1-2	53	.	1	.	.	1	1	3	59	13.2
B 2-3	29	3	.	.	.	.	2	.	34	7.6
B 3-5	14	1	.	.	.	1	1	.	17	3.8
B Total	284	49	27	2	2	8	60	14	446	
Moyenne	274	33	22	1	1	6	35	17	389	
%	70.5	8.5	5.6	.	.	2.0	9.0	4.4		

Horizons (cm)	Station 04								Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers		
A 0-1	93	8	6	.	.	.	2	12	121	35.3
A 1-2	70	6	9	.	.	.	2	10	97	28.3
A 2-3	82	3	4	.	.	.	.	3	92	26.8
A 3-5	19	1	1	1	.	.	.	.	22	6.4
A 5-7	10	.	.	.	.	.	.	1	11	3.2
A Total	274	18	20	1	.	.	4	26	343	
B 0-1	29	6	4	1	.	3	6	4	53	11.9
B 1-2	118	15	9	.	.	.	12	9	163	36.6
B 2-3	103	4	7	.	.	.	.	4	118	26.5
B 3-5	86	1	3	.	.	.	.	3	93	20.8
B 5-7	15	1	.	.	.	.	.	3	19	4.2
B Total	351	27	23	1	.	3	18	23	446	
Moyenne	312	22	22	1	.	1	11	25	394	
%	79.2	5.7	5.7	.	.	.	2.9	6.5		

Horizons (cm)	Station 05								Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers		
A 0-1	41	2	10	.	1	.	.	14	68	26.6
A 1-2	54	3	.	.	.	.	2	7	66	25.8
A 2-3	36	.	1	.	.	.	.	5	42	16.4
A 3-5	46	1	.	.	.	.	.	5	52	20.3
A 5-7	23	2	.	.	.	.	.	3	28	11.0
A Total	200	8	11	.	1	.	2	34	256	
B 0-1	169	24	9	.	.	1	34	13	250	48.7
B 1-2	120	9	11	.	.	.	6	3	149	29.0
B 2-3	45	1	3	.	.	.	.	1	50	9.8
B 3-5	36	.	.	.	.	.	.	2	38	7.4
B 5-7	22	1	1	.	.	.	.	2	26	5.1
B Total	392	35	24	.	.	1	40	21	513	
Moyenne	296	22	17	.	.	.	21	28	384	
%	77.0	5.6	4.6	.	.	.	5.5	7.3		

Horizons (cm)	Station 06								Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers		
A 0-1	27	2	2	.	.	.	.	1	32	25.0
A 1-2	25	2	2	.	.	.	.	2	31	24.2
A 2-3	11	.	.	.	.	.	.	.	11	8.6
A 3-5	26	2	.	.	.	.	.	3	31	24.2
A 5-7	16	1	4	.	.	.	1	1	23	18.0
A Total	105	7	8	.	.	.	1	7	128	
B 0-1	35	1	1	.	.	.	.	.	37	33.7
B 1-2	21	.	.	.	.	.	1	1	23	20.9
B 2-3	21	.	2	.	.	.	.	2	25	22.7
B 3-5	16	.	.	.	.	.	.	.	16	14.5
B 5-7	9	.	.	.	.	.	.	.	9	8.2
B Total	102	1	3	.	.	.	1	3	110	
Moyenne	103	4	6	.	.	.	1	5	119	
%	87.4	3.2	4.5	.	.	.	.	2.8		

Tableau 4 - (Suite)

Horizons (cm)	Station 07										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A												
0 - 2	94	3	8	1	.	3	1	.	110	62.5		
2 - 3	40	.	2	.	.	.	.	1	43	24.4		
3 - 5	16	.	1	.	.	.	.	.	17	9.7		
5 - 7	6	.	.	.	.	.	.	.	6	3.4		
Total	156	3	11	1	.	3	1	1	176			
B												
0 - 1	39	2	4	.	.	.	5	.	50	27.8		
1 - 2	25	1	1	.	.	.	2	.	29	16.1		
2 - 3	36	1	1	1	.	.	1	.	40	22.2		
3 - 5	25	1	1	.	.	.	.	3	30	16.7		
5 - 7	30	.	1	.	.	.	.	.	31	17.2		
Total	155	5	8	1	.	.	8	3	180			
Moyenne	155	4	10	1	.	1	5	2	178			
%	87.4	2.2	5.3	.	.	.	2.8	1.1				

Horizons (cm)	Station 10										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A												
0 - 1	23	2	1	.	.	.	.	.	26	22.2		
1 - 2	13	.	1	1	.	.	.	1	16	13.7		
2 - 3	8	.	1	.	.	.	1	.	10	8.6		
3 - 5	43	4	2	.	.	.	.	.	49	41.9		
5 - 7	12	2	.	.	.	.	1	1	16	13.6		
Total	99	8	5	1	.	.	2	2	117			
%	84.6	6.8	4.3	.	.	.	1.7	1.7				

Horizons (cm)	Station 08										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A												
0 - 1	140	13	6	1	.	2	8	12	182	29.7		
1 - 2	110	10	9	.	.	1	1	5	136	22.1		
2 - 3	183	7	7	1	.	.	3	2	203	33.1		
3 - 5	56	2	4	.	.	.	1	1	63	10.3		
5 - 7	29	.	1	.	.	.	.	.	30	4.9		
Total	518	32	27	2	.	3	12	20	614			
B												
0 - 1	100	6	7	.	.	1	5	1	120	28.7		
1 - 2	95	7	9	.	1	.	8	4	124	29.7		
2 - 3	72	3	.	.	.	2	2	79	18.9			
3 - 5	75	.	5	.	.	.	1	81	19.4			
5 - 7	14	.	.	.	.	.	.	14	3.3			
Total	356	16	21	.	1	1	15	8	418			
Moyenne	437	24	24	1	.	2	14	14	516			
%	84.7	4.6	4.6	.	.	.	2.7	2.7				

Horizons (cm)	Station 11										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A												
0 - 1	16	1	.	.	.	.	.	1	18	14.2		
1 - 2	32	3	1	.	.	.	.	.	36	28.3		
2 - 3	36	5	1	1	.	.	.	.	43	33.9		
3 - 5	15	.	1	.	.	.	.	1	17	13.4		
5 - 7	7	.	.	.	.	.	.	5	13	10.2		
Total	106	9	4	1	.	.	.	7	127			
B												
0 - 1	13	2	.	.	.	.	.	.	15	26.2		
1 - 2	7	.	.	.	.	.	.	1	8	14.0		
2 - 3	11	.	.	.	.	.	.	.	11	19.3		
3 - 5	12	.	1	.	.	.	.	2	15	26.2		
5 - 7	8	.	.	.	.	.	.	.	8	14.0		
Total	51	2	1	.	.	.	.	3	57			
Moyenne	78	6	3	.	.	.	.	5	92			
%	84.8	5.9	2.7	.	.	.	.	5.6				

Horizons (cm)	Station 12										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A												
0 - 1	7	2	.	.	.	.	.	2	11	68.7		
1 - 2	4	.	.	.	.	.	.	.	4	25.0		
2 - 3	1	.	.	.	.	.	.	.	1	6.3		
3 - 5	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0.0		
5 - 7	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0.0		
Total	12	2	.	.	.	.	.	2	16			
%	75.0	12.5	.	.	.	.	.	12.5				

Station 13												
Aucun individu												
% A	88.0	5.0	1.3	.	.	.	.	.	5.0			

Tableau 4 - (Suite)

Horizons (cm)	Station 14										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A 0-1	56	4	.	.	3	.	3	1	67	13.0		
1-2	77	16	2	.	.	.	8	4	107	20.8		
2-3	114	9	1	.	1	.	6	3	134	26.0		
3-5	97	16	3	1	.	.	1	10	128	24.9		
5-7	69	9	1	.	.	.	.	.	79	15.3		
Total	413	54	7	1	4	.	18	18	515			
B 0-1	87	8	1	.	2	2	9	6	115	20.3		
1-2	120	17	2	1	.	.	1	3	144	25.5		
2-3	96	11	1	.	1	.	.	9	118	20.9		
3-5	74	12	1	.	1	1	2	5	96	17.0		
5-7	75	5	2	2	1	.	.	7	92	16.3		
Total	452	53	7	3	5	3	12	30	565			
Moyenne	432	53	7	2	5	2	15	14	540			
%	80.1	9.9	1.3	.	.	.	2.7	2.8				

Horizons (cm)	Station 15										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A 0-1	146	6	.	2	.	.	3	4	161	38.4		
1-2	147	2	.	.	.	.	.	1	150	35.8		
2-3	78	3	.	.	.	.	.	3	84	20.1		
3-5	13	.	.	.	.	.	.	.	13	3.1		
5-7	11	.	.	.	.	.	.	.	11	2.6		
Total	395	11	.	2	.	.	3	8	419			
B 0-1	120	1	1	.	.	.	.	.	122	38.6		
1-2	73	.	1	.	.	.	.	.	74	23.4		
2-3	68	1	.	.	.	.	.	.	69	21.8		
3-5	37	.	.	.	.	.	.	.	37	11.7		
5-7	14	.	.	.	.	.	.	.	14	4.4		
Total	312	2	2	.	.	.	.	.	314			
Moyenne	353	6	1	1	.	.	2	4	367			
%	96.1	1.8	.	.	.	.	.	1.1				

Horizons (cm)	Station 16										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A 0-1	286	41	1	5	5	4	29	14	385	48.4		
1-2	219	14	1	1	2	.	8	5	250	31.5		
2-3	58	.	1	.	.	.	.	1	60	7.5		
3-5	74	.	3	.	.	.	.	.	77	9.7		
5-7	23	.	.	.	.	.	.	.	23	2.9		
Total	660	55	6	6	7	4	37	20	795			
B 0-1	232	25	1	.	2	3	11	3	277	34.3		
1-2	259	20	2	1	5	4	28	8	327	40.5		
2-3	108	3	2	.	1	.	.	.	114	14.1		
3-5	78	.	.	.	.	.	.	.	78	9.6		
5-7	12	.	.	.	.	.	.	.	12	1.5		
Total	689	48	5	1	8	7	39	11	808			
Moyenne	674	51	6	3	7	.	38	16	801			
%	84.1	6.4	.	.	.	.	4.7	2.0				

Horizons (cm)	Station 17										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A 0-1	182	22	15	2	.	8	11	11	251	44.5		
1-2	101	10	4	.	1	.	2	7	125	22.2		
2-3	77	3	5	.	.	.	.	3	88	15.6		
3-5	85	.	3	.	.	1	.	3	92	16.3		
5-7	5	1	1	.	.	1	.	.	8	1.4		
Total	450	36	28	2	1	10	13	24	564			
B 0-1	164	29	7	5	1	2	10	7	225	31.1		
1-2	159	8	4	1	2	2	16	5	188	26.0		
2-3	237	4	4	.	.	.	4	1	250	34.6		
3-5	45	.	.	.	.	.	3	1	49	6.8		
5-7	11	.	.	.	.	.	.	.	11	1.5		
Total	607	41	15	6	3	4	33	14	723			
Moyenne	528	38	22	4	2	7	23	19	643			
%	83.1	6.0	3.3	.	.	1.1	3.6	2.9				

Horizons (cm)	Station 18										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A 0-1	249	19	8	2	.	2	5	.	285	63.0		
1-2	100	2	2	.	.	.	.	.	104	23.0		
2-3	48	.	.	.	.	.	.	.	48	10.6		
3-5	10	.	2	.	.	.	.	.	12	2.7		
5-7	2	.	.	.	.	.	.	.	2	0.7		
Total	409	21	12	2	.	2	5	.	451			
B 0-1	249	30	9	.	.	3	6	2	299	71.8		
1-2	82	2	2	.	.	.	.	.	86	20.6		
2-3	24	.	1	.	.	.	.	.	25	6.0		
3-5	4	.	.	.	.	.	.	.	4	1.0		
5-7	1	.	.	.	.	.	.	.	1	0.2		
Total	360	32	12	.	.	3	6	2	415			
Moyenne	384	26	12	1	.	3	6	1	433			
%	88.4	6.1	2.8	.	.	1.4	.	.				

Horizons (cm)	Station 19										Total	%
	Nématodes	Harpacticoides	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%		
A 0-1	52	3	1	.	.	1	.	4	61	23.0		
1-2	65	7	1	.	.	.	2	4	79	29.8		
2-3	83	2	6	.	.	.	1	3	95	35.8		
3-5	22	.	2	.	.	.	.	.	24	9.1		
5-7	4	.	2	.	.	.	.	.	6	2.3		
Total	227	12	12	.	.	1	3	11	266			
B 0-1	68	5	2	1	.	.	2	.	78	25.5		
1-2	77	1	2	.	.	.	3	.	83	27.3		
2-3	72	2	8	.	.	.	1	2	85	28.0		
3-5	35	.	3	.	.	.	.	.	38	12.5		
5-7	19	.	1	.	.	.	.	.	20	6.7		
Total	271	8	16	1	.	.	6	2	304			
Moyenne	248	10	14	.	.	.	5	7	284			
%	87.2	3.5	4.9	.	.	.	1.8	2.4				

Tableau 4 - (Suite)

Horizons	Station 20									
	Nématodes	Harpacticoïdes	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%
0 - 1	121	12	6	1	.	9	2	151	36.5	
1 - 2	135	6	3	.	.	3	7	155	37.4	
A 2 - 3	65	.	.	2	.	1	.	68	16.4	
3 - 5	17	1	4	.	.	.	.	22	5.3
5 - 7	16	.	2	.	.	.	.	18	4.4
Total	354	19	15	2	1	4	16	3	414	
0 - 1	75	12	7	1	.	3	6	104	27.0	
1 - 2	125	9	4	1	.	.	2	139	36.0	
B 2 - 3	96	1	6	.	.	.	.	103	26.7
3 - 5	22	.	.	.	.	.	.	22	5.6
5 - 7	17	.	.	.	.	.	.	17	4.4
Total	333	22	17	2	.	3	8	.	385	
Moyenne	343	20	16	2	.	4	12	2	399	
%	85.9	5.1	4.0	.	.	1.0	3.0	.		

Horizons	Station 21									
	Nématodes	Harpacticoïdes	Polychètes	Kinorhynques	Tardigrades	Ostracodes	Nauplii	Divers	Total	%
0 - 1	35	3	1	.	.	.	2	2	43	21.9
1 - 2	58	1	4	.	.	1	4	1	69	35.2
A 2 - 3	29	1	1	.	.	.	.	.	31	15.8
3 - 5	42	.	7	.	.	.	.	.	49	25.0
5 - 7	1	.	3	.	.	.	.	.	4	2.1
Total	165	5	16	.	.	1	6	3	196	
0 - 1	46	7	3	.	.	.	3	.	59	25.1
1 - 2	75	12	3	1	.	.	.	.	91	38.7
B 2 - 3	58	3	1	.	.	.	.	.	62	26.4
3 - 5	20	.	.	.	.	.	.	.	20	8.5
5 - 7	3	.	.	.	.	.	.	.	3	1.3
Total	202	22	7	1	.	.	3	.	235	
Moyenne	183	13	12	.	.	.	5	2	215	
%	85.3	6.3	5.6	.	.	.	2.3	.		

Nématodes et Harpacticoïdes : Les pourcentages respectifs de Nématodes et d'Harpacticoïdes sont similaires dans les deux canyons (tabl. 5). A des profondeurs analogues, ces valeurs sont très proches de celles que l'on peut extraire des données bibliographiques (Vitiello & Vivier, 1974). Dans des zones plus profondes, le pourcentage de Nématodes augmente au dépens de celui des Harpacticoïdes ; c'est ainsi que Dinet (1973) note 94 % de Nématodes et 2,3 % d'Harpacticoïdes dans l'Atlantique Sud, entre 1400 et 5000 m de profondeur. Cette augmentation relative du pourcentage

rouge" sur les taux respectifs des deux groupes paraît nulle.

Autres groupes : La présence de groupes annexes diminue avec une forte épaisseur de "boue rouge". L'appauvrissement général de la faune provoquant alors la disparition de groupes dont les effectifs sont déjà peu importants à faible profondeur.

Les Tardigrades et les Kinorhynques sont relativement fréquents, mais peu abondants. Les densités des Annélides polychètes, des Ostracodes et des Isopodes sont peu significatives, car la méthode choisie pour l'extraction des organismes (lévigation) ne convient pas à ces divers groupes. Cependant, le pourcentage d'Annélides polychètes extraites du sédiment est sensiblement constant jusqu'à 500 m, puis décroît brusquement à partir de cette profondeur.

La répartition des nauplii dans les différents prélèvements est extrêmement hétérogène. L'abondance des larves est parfois très différente d'une carotte à l'autre dans une même station, et varie d'une station à l'autre de façon importante.

Quelques Acariens, Hydroïdes et une nouvelle espèce de Gastrotriche *Musellifer profundus* Vivier, 1974, auxquels il faut ajouter un certain nombre d'organismes indéterminés (abimés par la fixation) constituent la rubrique "Divers" dans les numérations.

Tableau 5 - Pourcentages respectifs des Nématodes et des Harpacticoïdes dans les 2 canyons

	Cassidaigne	Planier
Nématodes	86.2	85.8
Harpacticoïdes	5.7	5.4
Autres organismes	8.1	8.8

centage des Nématodes avec la profondeur est très discrète dans nos prélèvements. Sans doute l'écart des profondeurs extrêmes est-il trop faible pour qu'une telle variation soit décelable. L'influence de la présence de "boue

Distribution verticale des organismes

De nombreux auteurs se sont intéressés à la répartition verticale des organismes méiobenthiques (Coull 1970, Boucher 1972, Thiel 1966, 1972 a et b, Dinet 1973 et 1976, Rachor 1975, Dinet & Vivier 1977). Fenchel (1969), puis Dinet (1972) ont effectué des analyses en corrélation avec les caractéristiques physico-chimiques du sédiment.

Le découpage de chaque carotte en cinq couches de un ou deux centimètres d'épaisseur permet une étude de la distribution verticale des méiobenthos.

Répartition de la méiofaune : Pour l'ensemble des prélèvements, les pourcentages moyens des densités dans les différents horizons sont comparables aux données de la littérature référables aux fonds vaseux (tabl. 6). Toutefois, la faune des canyons semble coloniser beaucoup plus aisément les couches profondes du sédiment, au détriment de l'horizon superficiel. La distribution verticale de la faune est similaire dans les deux canyons.

Cependant, dans les stations les moins profondes (01, 02, 03, 18), dont la fraction détritique est élevée, le premier centimètre de sédiment paraît beaucoup plus riche (47 à 65 % de la faune des 7 premiers cm). Dans les autres stations, la décroissance verticale de la densité est peu marquée et irrégulière. L'horizon superficiel est parfois appauvri ; ainsi, l'on relève une densité

correspondant à moins de 20 % du total dans les stations 09 et 14.

Dans certaines stations (09 et 11), un enrichissement apparent se manifeste dans les couches inférieures. Ceci semble dû à un glissement de "boue rouge" le long de la paroi du tube plexiglass, et à une contamination des horizons profonds.

Répartition des Nématodes et des Harpacticoïdes : L'étude de la colonisation d'un sédiment par les deux groupes quantitativement les plus importants de la méiofaune est très significative (fig. 4).

La distribution spatiale des Nématodes dans la totalité des stations de Planier et dans les stations 01, 02, 03, 04, 07, 08 de Cassidaigne est tout à fait caractéristique : la densité des Nématodes est maximale (50 % du total) dans l'horizon superficiel ou dans le second centimètre ; puis la décroissance est plus ou moins régulière jusqu'à 7 cm, où le nombre d'animaux devient faible (4,6 %). Pour ces stations, le pourcentage moyen de Nématodes colonisant les trois premiers centimètres est de 86,0 %.

Dans les stations où l'épaisseur de "boue rouge" est égale ou supérieure à trois centimètres, la répartition des Nématodes est modifiée : les animaux sont régulièrement distribués dans le sédiment, les couches superficielles étant appauvries au profit des couches profondes ; 64,7 % des animaux vivent dans les trois pre-

Tableau 6 – Distribution verticale de la méiofaune (en pourcentage) dans divers biotopes vaseux profonds

Zone	Atlantique	Atlantique	Atlantique	Atlantique	Méditerranée	Méditerranée	
	seuil Islande Faroë	Atlantique mer Ibérique	Atlantique Sud-Ouest africain	Mer Egée	Atlantique golfe de Gascogne	Méditerranée canyon de Cassidaigne	Méditerranée canyon de Planier
Auteur	THIEL 1972a	THIEL 1972b	DINET 1973	DINET 1976	DINET & VIVIER 1977		
Profondeur (m)	290-2500	5271-5340	1440-5170	130-1209	2000-4700	168-810	260-550
Horizons (cm)							
0 - 1	44.4	} 85.5	52.8	55.0	47.9	37.3	36.9
1 - 2	28.2		17.9	27.3	25.0	25.2	29.6
2 - 3	17.2		12.5	14.7	16.3	17.0	22.4
3 - 4	9.6	} 14.5	6.8	3.0	10.7		
4 - 5			4.5			12.8	9.3
5 - 6							
6 - 7						7.2	2.4

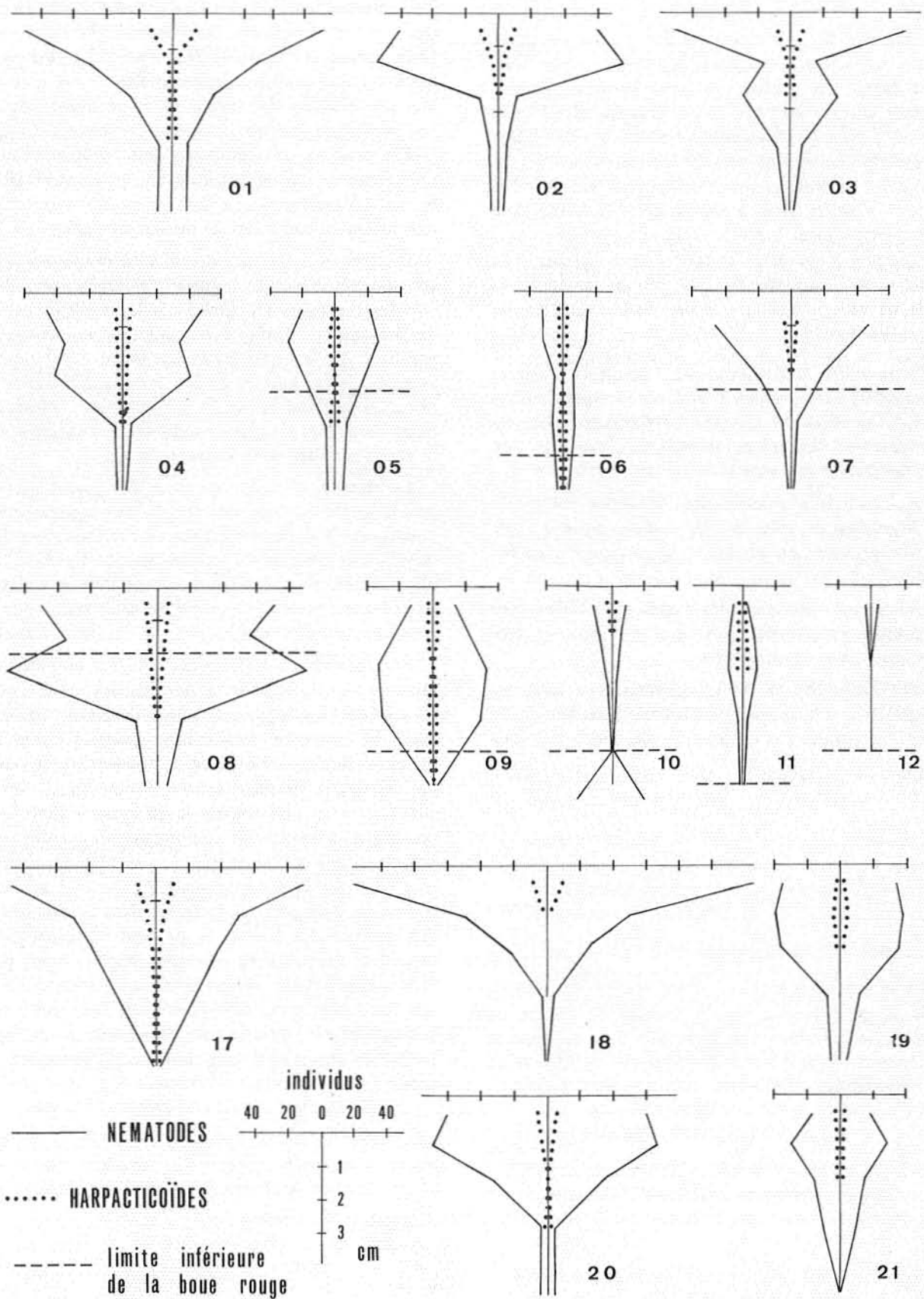


Figure 4 - Répartition verticale des Nématodes et des Harpacticoides dans diverses stations.

- Thiel H.**, 1966. Quantitative Untersuchungen über die Meiofauna der Tiefseebodens. *Ibid.*, Suppl. 2 : 131-148.
- , 1972 a. Häufigkeit und Verteilung der Meiofauna im Bereich des Island-Färöer Ruckens. *Ber. deut. wiss. Komm. Meeresforsch.*, 22, 1971 : 99-128.
- , 1972 b. Meiofauna und Struktur der benthischen Lebensgemeinschaft des Iberischen Tiefseebeckens. "Meteor" *Forsch. Ergeb.*, (Sér. D) 12 : 36-51.
- , 1975. The size structure of the deep sea benthos. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 60 : 575-606.
- Tietjen J.H.**, 1972. Ecology and distribution of deep-sea meiobenthos off North Carolina. *Deep-Sea Res.*, 18 : 941-957.
- Vitiello P.**, 1968. Variations de la densité du microbenthos sur une aire restreinte. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 59 (Bull. 43) : 261-270.
- , 1974. Peuplements de Nématodes marins des fonds envasés de Provence. 1. Sédiments Vaseux de Mode Calme et Vases Terrigènes Côtiers. *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 50 (2) : 145-172.
- Vitiello P., Vivier M.H.**, 1974. Données quantitatives sur la méiofaune d'une zone profonde de déversements industriels. *Bull. U.O.F. (Un. Océanogr. Fr.)*, 6 (1) : 13-16.
- Vivier M.H.**, 1974. *Musellifer profundus* n. sp., Gastrotriche (Chaetonotidae) des vases profondes de Méditerranée. *Bull. Soc. zool. France*, 99 (1) : 183-186.
- Weichart G.**, 1972. Chemical and physical investigation on marine pollution by wastes of a titanium dioxide factory. in : Ruivo M., ed., *Marine Pollution and Sea Life*. London Fishing News (Books) Ltd : 186-188.
- Wigley R., Mc Intyre A.D.**, 1964. Some quantitative comparisons of offshore meiobenthos and macrobenthos south of Martha's Vineyard. *Limnol. Oceanogr.*, 9 : 485-493.

Manuscrit accepté le 24 Octobre 1977