

S. FRONTIER

SUR UNE METHODE  
D'ANALYSE FAUNISTIQUE RAPIDE  
DU ZOOPLANCTON

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER

CENTRE ORSTOM DE NOSY BE

# SUR UNE METHODE D'ANALYSE FAUNISTIQUE RAPIDE

## DU ZOOPLANCTON

=====

Par S. FRONTIER

O.R.S.T.O.M. Centre de Nosy be.

Aux fins d'obtenir, dans des délais acceptables, une physionomie du zooplancton d'une région totalement inconnue à cet égard (Nosy be, Madagascar), j'ai été amené à rechercher une méthode semi-quantitative rapide d'analyse des quelques centaines de récoltes utilisées.

En raison de la variabilité considérable des échantillons (tenant à la surdispersion des organismes), de l'espacement des pêches dans le temps (généralement un mois) et dans l'espace (en moyenne 10 milles environ), il est apparu illusoire de vouloir exploiter la précision qu'auraient fourni, au prix d'un allongement considérable du temps d'exploitation, les comptages exacts des organismes. Par ailleurs, s'en tenir à la simple présence ou absence des différents taxons considérés conduit parfois à ignorer des phénomènes évidents. J'ai eu recours à une solution intermédiaire.

Des classes d'abondance ont été établies sur la base d'une progression géométrique de raison 4,3. Ce choix se jus-

.../...

tifiée à la fois par des considérations théoriques et par la cohérence des résultats auxquels il conduit.

La cotation d'abondance adoptée est alors la suivante (tableau 1 à gauche) :

=====

Tableau 1 :

<u>Côte (A) effectifs</u>	:	<u>Côte (A) effectifs</u>
0	:	0
1	:	1 à 3
2	:	4 à 17 : 2,5 environ 18
3	:	18 à 80 : 3,5 - 80
4	:	80 à 350 : 4,5 - 350
5	:	350 à 1500 : 5,5 - 1500
6	:	1500 à 6500 : 6,5 - 6500
7	:	6500 à 30000 : 7,5 - 30000
8	:	30000 à 120000 : 8,5 - 120000
9	:	120000 à 500000 : 9,5 - 500000
10	:	500000 à 2000000

=====

L'expérience montre qu'il est facile de savoir rapidement si l'effectif d'un taxon dans un échantillon est, par exemple, compris entre 350 et 1500 (A = 5) ou entre 1500 et 6500 (A = 6). Le doute s'établit cependant lorsque l'effectif se situe aux environs de 1500. Plutôt alors que de reprendre l'estimation d'abondance d'une façon plus précise, on adoptera par convention la cote 5,5. La cotation se complète ainsi par une liste de nombres intermédiaires (tableau 1 à droite). Sur les graphiques représentant des variations d'abondance l'adoption de cotes intermédiaires se traduira par des courbes moins heurtées.

CHOIX DE LA PROGRESSION GEOMETRIQUE DE BASE

Le choix du nombre 4,3 comme raison de la progression géométrique de base mérite quelques commentaires. Ce nombre a été, initialement, choisi intuitivement : après avoir noté, dans une centaine de cas, des taxons comme étant "très rare", "rares",.... "très nombreux" et "constituants fondamentaux de la récolte" (au total 7 classes d'abondance numérotées de 1 à 7) dans des échantillons obtenus toujours de la même façon, il a été procédé à des comptages précis. On a pu constater alors une proportionnalité très nette entre la cote d'abondance telle qu'estimée "à vue", et le logarithme de l'effectif exact. Le coefficient de proportionnalité était voisin de 4,3, valeur qui fut adoptée.

Cette valeur peut se justifier d'une autre façon en faisant appel à la théorie de l'Information.

On peut montrer que la détermination d'un nombre  $N$  ni trop grand ni trop voisin de 1 exige, dans la situation la plus simple que l'on puisse imaginer, exactement  $N$  unités d'information. Rappelons que la quantité d'information apportée par la réalisation d'un événement est définie comme une fonction de sa probabilité : on a  $I = -\log_2 P = \log_2 \frac{1}{P}$ . L'unité d'information ou bit est l'information apportée par la réalisation d'un événement choisi entre deux également probables (on a en effet dans ce cas :  $P = \frac{1}{2}$ , d'où  $I = 1$ ). Lorsqu'il s'agit de cas abstraits tels que celui de la détermination d'un nombre, la probabilité, donc aussi la quantité d'information, dépendent essentiellement d'une "situation expérimentale" précise : cette dernière détermine en effet les événements élémentaires.

Dans le cas qui nous préoccupe, nous nous trouvons dans la situation où, jouant à pile ou face, nous lançons successivement la pièce jusqu'à obtenir "pile" pour la première-

.../...

re fois ; ou encore, ce qui revient au même, dans la situation où, pour mesurer une grandeur sans aucune connaissance préalable la concernant, nous disposons uniquement d'un étalon de mesure et nous devons trouver qu'il est compris  $N$  fois ( $N$  entier dans une première approximation) dans la grandeur à mesurer. Dès lors la probabilité pour que le nombre de fois que l'on doit jeter la pièce soit  $N$ , ou celle pour que la grandeur à mesurer soit égale à  $N$  (en supposant que l'on essaie successivement les nombres entiers dans leur ordre naturel et en considérant chaque fois les deux réponses possibles "oui" et "non" comme également probables), est  $\frac{1}{2^N}$ . La quantité d'information apportée par la réalisation ou le choix de ce nombre  $N$  vaut exactement  $\log_2 2^N = N$ .

Dans le cas d'un nombre rationnel (par exemple 4,3) il semble légitime de se ramener au cas précédent en faisant intervenir la possibilité d'une erreur aléatoire de mesure, compensée par une répétition de l'épreuve. Les mesures individuelles ne pouvant aboutir qu'à un nombre entier, le nombre rationnel est "mesuré" un grand nombre de fois, et, à mesure que le nombre des déterminations croît, la valeur moyenne de ces dernières tend vers la valeur vraie (convergence en probabilité). On dira alors que la "mesure" du nombre 4,3 exige en moyenne 4,3 unités d'information.

En conclusion, la détermination d'un nombre  $N$  dans la situation théorique que nous avons envisagée, (et sans doute seulement dans les cas où  $N$  n'est ni trop grand ni trop voisin de 1 et en outre n'a qu'un très petit nombre de chiffres après la virgule - car dans le cas contraire la façon de déterminer le nombre doit être modifiée - exige un nombre d'unités d'information égal au nombre  $N$  lui-même.

Il y a lieu maintenant de se demander si la situation théorique envisagée est adaptée à notre problème concret, qui est celui de la détermination d'une progression géométrique de

base pour l'analyse d'échantillons écologiques. Il s'agit pour nous de décider, compte tenu du type de phénomènes que l'on étudie et de la précision qu'en conséquence on désire atteindre de la valeur à partir de laquelle un effectif B sera considéré comme significativement supérieur à un effectif préalable A : en dehors de toute hypothèse sur la distribution statistique des organismes considérés, on admettra que B est significativement supérieur à A si  $B = k A$ , k étant un coefficient représentant un "seuil d'exigence" dépendant en particulier de la variabilité interne du phénomène étudié. Le problème est donc de déterminer une ordre de grandeur de k, valeur dont on sait seulement qu'elle ne sera ni trop grande, ni trop voisine de 1. On se référera d'abord à un nombre entier et l'on constatera qu'intuitivement (c'est à dire en fonction d'une certaine expérience des échantillonnages planctoniques, ou de tout autre échantillonnage) on considère un effectif significativement supérieur à un autre s'il est au moins 4 à 5 fois plus grand. Par la suite, une étude statistique a abouti à une valeur moyenne proche de 4,3. En conclusion, la situation théorique envisagée plus haut correspond exactement au processus concret de la prise de connaissance d'échantillons de plancton au niveau d'observation que l'on s'est assigné.

Choisir 4,3 comme raison de la progression géométrique de référence, c'est donc ne considérer un effectif comme significativement supérieur à un autre que s'il est au moins 4,3 fois plus élevé. C'est aussi, dans notre "situation expérimentale", n'accorder de signification qu'à des quantités d'information au moins égales à 4,3 bits - des quantités inférieures étant considérées comme ne pouvant pas se distinguer du "bruit de fond" au sens de la théorie de l'information, c'est à dire de la variabilité aléatoire.

Il n'est pas sans intérêt de rapprocher cette valeur 4,3 du seuil de signification de 5% habituellement adopté dans

.../...

le traitement statistique des données biologiques. En effet la quantité d'information apportée par un événement n'ayant que 5% de chances de se produire (par exemple l'évènement " $x > 1,96 \sigma$ " si la variable aléatoire  $x$  a une distribution normale de moyenne  $m$  et de variance  $\sigma^2$ ) est égale à  $\log_2 1/20 \approx 4,3$  bits. Une raison supérieure à 4,3 correspondrait à une exigence plus grande (on veut être plus sûr que  $B > A$ , ou bien les phénomènes étudiés possèdent une variabilité aléatoire plus grande). Par exemple une raison égale à 6,6 correspondrait à un seuil de signification de  $P = 1/2^{6,6} \approx 1/100$ , et signifierait qu'on n'attribue de réalité qu'à des événements n'ayant que 1% de chances de se réaliser par hasard. Si au contraire on diminue la raison de la progression géométrique de référence, c'est que l'on adopte un seuil de signification plus élevé en accordant de la signification à des augmentations plus faibles d'effectif.

Il reste que l'adoption d'une progression géométrique comme critère de variations d'abondance, bien qu'intuitive et en accord avec les lois de la perception chez l'homme, peut être l'objet de critiques. Nous voulons en effet tenir compte des fluctuations aléatoires, et pour cela nous ne considérons un nombre significativement supérieur à un autre que s'il est au moins  $k$  fois plus grand. Et, n'ayant aucune connaissance préalable concernant la distribution statistique de la grandeur à évaluer, nous posons que  $k$  (seuil d'exigence) reste constant. Or, dans le cas de la distribution spatio-temporelle d'organismes, nous possédons des données préalables qui, pour maigres qu'elles soient, ne nous autorisent pas à admettre une valeur du seuil d'exigence constante quel que soit l'ordre de grandeur de l'effectif. L'on sait en effet que, dans une très large mesure une même variation relative est d'autant plus significative qu'elle porte sur des nombres plus grands. Dès lors, utiliser une cotation d'abondance logarithmique revient, d'une part à atténuer et éventuellement masquer des maxima pouvant être significatifs, d'autre part à accentuer exagérément les fluctuations

dans le domaine des petits effectifs, domaine le plus sujet à la variabilité aléatoire.

### REPRESENTATION GRAPHIQUE DES RESULTATS

Toutefois il faut bien remarquer que, pour établir une cotation correspondant réellement à la signification statistique des phénomènes, il faudrait connaître de façon assez précise la distribution des organismes étudiés. Cette distribution, et avec elle la cotation appropriée, varierait de toute évidence suivant les types d'organismes, les conditions du milieu et aussi, il ne faut pas l'oublier, avec l'échelle d'observation (c'est à dire avec la taille des échantillons). En outre, alors qu'il est facile (pour des raisons tenant à la physiologie de la perception) de situer un effectif dans un ensemble de classes construit à partir d'une progression géométrique, rien ne dit que l'opération serait aussi aisée (et donc rapide) avec une cotation fondée sur une progression statistiquement significative.

J'ai donc préféré conserver la première méthode pour sa simplicité et sa valeur intuitive, et pallier en partie l'inconvénient exposé ci-dessus - à savoir qu'elle attribue une même valeur en signification à une variation relative donnée quel que soit l'ordre de grandeur de l'effectif - par un artifice de dessin : sur les graphiques représentant les variations d'abondance, les effectifs seront portés en échelle  $(\log)^2$  ; les cotes d'abondances seront également représentées par des ordonnées égales à leur carré. Par rapport à l'échelle arithmétique, les cotes faibles sont alors rapprochées de l'origine, et au contraire les cotes élevées sont écartées les unes des autres.

Si l'on accorde, comme il est naturel, la même valeur en signification à des longueurs égales prises le long de l'axe

.../...



des ordonnées, ces longueurs correspondront à des variations relatives plus grandes dans le domaine des petits effectifs que dans celui des grands effectifs : l'on se rapproche de la signification statistique. A titre d'exemple, la figure a, planche 1, représente le résultat de la multiplication d'un nombre (dont le logarithme est égal à l'abscisse et à l'ordonnée d'un point de la première bissectrice) par 2 et par  $\frac{1}{2}$ . On a, quel que soit n :

$$\log 2n = \log n + \log 2$$

$$\log \frac{1}{2}n = \log n - \log 2$$

d'où évidemment, pour l'ensemble des points représentatifs des nombres  $2n$  et  $\frac{n}{2}$ , deux droites déduites de la première bissectrice par translation de  $\pm \log 2$  parallèlement à l'axe des ordonnées.

En échelle  $(\log) 2$  par contre (planche 1, figure b)

on a :

$$(\log 2n)^2 = (\log n)^2 + (\log 2)^2 + 2 \log 2 \log n$$

$$(\log \frac{1}{2}n)^2 = (\log n)^2 + (\log 2)^2 - 2 \log 2 \log n.$$

Une augmentation du simple au double se traduit donc, sur le second graphique, par l'addition d'une constante :  $(\log 2)^2$ , et d'une quantité croissant avec n :  $2 \log 2 \log n$ . On trouve alors, au lieu de deux droites parallèles, une parabole axée sur la première bissectrice.

Pour qu'une même longueur de l'axe des ordonnées corresponde à une augmentation d'effectif de même signification statistique, il faudrait que l'augmentation d'ordonnée illustrant une augmentation du simple au double crût avec n d'une façon déterminée par la forme réelle de la distribution statistique - distribution qu'on connaît encore mal en ce qui concerne le plancton. On aboutirait sans doute à des courbes

d'allure parabolique mais ne coïncidant pas exactement avec la parabole calculée. L'échelle  $(\log)^2$  atténuera donc l'erreur sur la signification, mais ne constituera en aucun cas un modèle mathématique.

L'expérience du dépouillement d'environ 600 récoltes montre que la description des échantillons planctoniques par la méthode qui vient d'être exposée suffit largement, compte tenu de la variabilité fondamentale et des conditions d'échantillonnage, pour indiquer les tendances spatio-temporelles générales que nous recherchions. En d'autres termes, étant donné le niveau d'observation choisi, des comptages exacts ou une cotation plus serrée n'auraient apporté que peu de renseignements supplémentaires utilisables. Il va de soi, que, lorsqu'il s'agira d'étudier de plus près des phénomènes (microdistribution dans l'espace, migrations....) exigeant un quadrillage plus serré de récoltes, il y aura lieu d'adapter la précision des observations en adoptant une cotation plus serrée.

#### EXEMPLE D'APPLICATION

Pour illustrer (et justifier) la méthode proposée je donne ci-après quelques résultats concernant le zooplancton de surface recueilli dans la région de Nosy bé (Madagascar) entre avril 1963 et mars 1964. Quelques uns de ces résultats intéressants deux stations (l'une située au milieu du plateau continental, l'autre à l'aplomb du talus continental) ont déjà été publiés (FRONTIER, 1966). Les graphiques représentant les variations mensuelles d'abondance pendant un an ont des allures interprétables pour la plupart des taxons envisagés. Les courbes relatives aux Siphonophores, Doliolles et larves de Brachyours sont reprises ici à titre d'exemples (planche 2). Les figures a et b, planche 3, également publiées en 1966, rapprochent les cotations et les comptages exacts effectués sur une même série d'échantillons. La coincidence est manifeste.

Il est également possible de traiter globalement un ensemble de résultats en construisant des histogrammes de fréquences d'abondances, sur lesquels sont portés les pourcentages des différentes cotes d'abondances observées dans des conditions données. Pour la construction de ces histogrammes les cotes intermédiaires ont été arrondies à la cote entière supérieure.

Notons que l'ensemble des cotes d'abondances n'a été muni intentionnellement d'aucune structure algébrique (1).

En particulier, aucune signification n'est donnée à la somme ni à la moyenne de deux cotes. En effet, la moyenne de deux effectifs compris l'un entre 80 et 350 (cote 4), l'autre entre 350 et 1500 (cote 5), est un nombre compris entre 215 et 925 (moyenne arithmétique) ou entre 167 et 724 (moyenne géométrique) ; mais rien ne permet de penser qu'il se situe aux environs de 350 ainsi que le signifierait l'adoption de la cote conventionnelle 4,5. On présentera donc les histogrammes de fréquence d'abondance tels qu'ils sont, sans chercher à les décrire au moyen de paramètres indiquant une valeur centrale ou un étalement.

La répartition des abondances de Chaetognathes dans 282 récoltes effectuées pendant un an (202 récoltes au dessus du plateau continental, et 80 au large -voir carte planche 8) est commentée ci-dessous à titre d'exemple. Trois catégories d'organismes sont traitées séparément : Pterosagitta draco, Sagitta enflata, et autres espèces (une dizaine).

(1) Il existe seulement une relation d'ordre (totale) - d'où la qualification de "semi-quantitative" donnée à la méthode.

Pterosagitta draco est connue comme espèce indicatrice d'eaux de pente. Sa présence en zone néritique doit être interprétée comme indiquant des apports d'eau du proche-large au dessus du plateau continental (FURNESTIN & RADIGUET, 1964). La répartition spatiale de cette espèce pour l'ensemble du cycle annuel envisagé donne lieu aux trois histogrammes de fréquences d'abondances donnés à la figure a, planche 4, se rapportant respectivement aux trois zones de peuplement reconnues précédemment (FRONTIER, 1966) : zones néritique interne, néritique externe et pélagique. Il apparaît aussitôt que l'espèce ne se rencontre, de façon notable, en surface qu'au delà du talus continental. Elle apparaît assez souvent mais en petit nombre, sur la partie extérieure du plateau continental. Elle ne se rencontre enfin que très sporadiquement en zone néritique interne. On remarque également que l'histogramme relatif aux stations du large est nettement bimodal, la cote 2 étant très peu représentée : cela pourrait être interprété comme reflétant une distribution composée d'une population très clairsemée (cotes 0 et 1) à laquelle se superposent des essaims denses (cotes 3 et 4).

En se limitant aux stations du large, on constate que la répartition des abondances dans le temps (planche 4, figure b) n'est pas quelconque : les cotes 3 et 4 (c'est à dire les effectifs compris entre 18 et 350 par récolte) ne se rencontrent que de mai à octobre, c'est à dire pendant la saison sèche - mises à part les abondances 4,5 et 5 observées le 20 décembre à la station 5, et qui semblent avoir un caractère exceptionnel. La figure c confirme ce caractère saisonnier de l'abondance de Pterosagitta draco, en suivant l'espèce pendant près de trois ans en une station du proche large : station 5A (au nord de la zone explorée) d'avril 1963 à juillet 1964, puis station 12 (sud de la zone) d'août 1964 à janvier 1966. Ces observations recoupent de nombreux indices d'après lesquels l'upwelling du talus continental, auquel est probablement liée la présence de Pterosagitta draco en surface, n'aurait lieu de façon décelable que pendant la saison sèche.

Sagitta enflata, ainsi qu'il avait été constaté dans une collection préliminaire (FURNESTIN & RADIGUET, 1964), est de loin l'espèce la plus abondante, constituant souvent près de la moitié des récoltes. Toutefois, les effectifs observés se caractérisent par une variabilité extrêmement forte, et la répartition des abondances dans le temps (planche 5) ne semble pas se disposer selon un schéma saisonnier net. Tout au plus constate-t-on que les cotes 6 (1500 à 6500 individus par récolte) ne sont fréquentes que de février à avril, c'est à dire en pleine saison humide, et sont absentes en octobre et novembre. Tout le long de l'année, les abondances les plus fréquentes sont les abondances cotées 5 (350 à 1500 par récolte), tant au large que sur le plateau continental.

La répartition des abondances pour l'ensemble des autres espèces de Chaetognathes aboutit, par contre, à un cycle annuel caractéristique du plateau continental (planche 6, figure a) : 87,5% (= 7/8) des points obtenus - chaque point représentant une récolte - se situent entre les deux courbes en traits interrompus qui relie un minimum accentué en septembre-octobre (80 à 1500 individus par récolte) à un maximum en février-avril (1500 à 30000 par récolte). Malgré l'extrême variabilité, des tendances saisonnières se manifestent donc sans équivoque. A cause du phénomène d'agrégation en essaims, des récoltes abondantes peuvent être observées en pleine saison sèche ; mais elles sont peu fréquentes.

On remarque aussi que les abondances très faibles (2 à 3,5) s'observent principalement entre mai et août, c'est à dire pendant la première partie de la saison sèche - et non au coeur de celle-ci -, caractère qui pourrait être en relation avec le renouvellement de l'eau du plateau continental qui se produit à cette époque de l'année.

La distinction entre saison sèche et saison humide peut être illustrés par des histogrammes de fréquences d'abondances relatifs à ces deux périodes de l'année (planche 6, figure c).

Les deux histogrammes obtenus apparaissent comme voisins, semblant être - à quelques variations près - simplement décalés l'un par rapport à l'autre d'une classe. L'abondance modale est toutefois plus fréquente en saison humide (cote 6 : 51%) qu'en saison sèche (cote 5 : 36%) cette constatation s'accorde avec l'observation, faite sur de nombreux groupes du zooplancton, d'une variabilité numérique plus forte en saison sèche (FRONTIER 1966).

Pour les stations du large (planche 6, figure b), aucun phénomène saisonnier ne semble se manifester. On observe seulement une diminution générale d'abondance entre avril 1963 et mars 1964.

Les graphiques de la planche 7, donnés à titre indicatif, figurent les variations d'abondance des Chaetognates - Pterosagitta draco et Sagitta enflata exclues - aux différentes stations occupées autour de NOSY BE entre avril 1963 et mars 1964. On peut ainsi comparer les stations entre elles. On remarquera par exemple le parallélisme entre les courbes se rapportant aux stations 3A et 9A, stations très éloignées l'une de l'autre mais situées toutes deux en face d'arrivées d'eau douce.

RESUME

Une cotation d'abondance de 0 à 10, complétée par des cotes intermédiaires 2,5 à 9,5 est proposée pour le repérage des effectifs d'organismes dans les récoltes de plancton. La cotation est construite sur la base d'une progression géométrique de raison 4,3 - valeur la plus appropriée, d'après des considérations relevant de la théorie de l'information. La méthode s'applique aussi bien à l'échelle de l'espèce qu'à celle de groupes taxonomiques plus importants. A titre d'illustration, est exposée une étude sommaire de la répartition des abondances des Chaetognathes (Pterosagitta draco - Sagitta enflata - autres espèces) dans la région de Nosy bé (Madagascar) pendant un cycle annuel.

B I B L I O G R A P H I E

- BRILLOUIN (L.) 1959 - La science et la théorie de l'information.  
Masson, Paris, 302 pp.
- FRONTIER (S.) 1966 - Zooplancton de la région de Nosy bé. I) Programme des récoltes et techniques d'étude ;  
II) Plancton de surface aux stations 5 et 10.  
Cah. ORSTOM série Océanographie, 4(3), pp 3-36
- FURNESTIN (M.L.) & RADIGUET (J.) 1964 - Chaetognathes de Madagascar (secteur de Nosy bé).  
Cah. ORSTOM série Océanographie 2(4), pp 55-98

PLANCHES

Planche 1 - Abaque donnant la représentation graphique d'une variation de  $n$  à  $2n$  et à  $\frac{n}{2}$  (le nombre  $n$  est représenté par un point de la première bissectrice)  
a : en échelle logarithmique ;  
b : en échelle logarithme au carré.

Planche 2 - Variations mensuelles d'abondance des Siphonophores (a) Doliolles (b) et larves de Brachyoures (c) à la station 10, entre mars 1963 et mars 1964. D'après FRONTIER 1966.

Planche 3 - Comparaison des graphiques obtenus à partir des cotation d'abondance et des comptages exacts effectués sur les mêmes échantillons. a : Pteropodes, station 10, 2 m. ; b : Chaetognathes, station 10, 2 m. D'après FRONTIER 1966. Les comptages ont été portés en échelle  $(\log)^2$  et les cotes en échelle  $A^2$ . La coïncidence entre les deux échelles a été établie pour les cotes 0 (placée en face de l'origine de l'échelle des comptages), et 5 (placée en face du point 723 - moyenne géométrique de la classe 5 - de l'échelle des comptages).  
On constate entre les deux types de graphiques une similitude suffisante pour qu'à ce stade de la description des peuplements planctoniques, les comptages exacts soient considérés comme apportant peu de renseignements supplémentaires, et soient donc abandonnés.

Planche 4 - Abondances de Pterosagitta draco

- a) histogrammes de fréquences d'abondances pour la période d'avril 1963 à mars 1964 ;
- b) variations mensuelles d'abondance aux stations du large (stations 5, 5A, 6, 7). Chaque point représente une récolte ;



c : variations mensuelles d'abondance d'avril 1963  
à janvier 1966 en une station du proche large  
(5 A puis 12)

Planche 5 - Abondances de Sagitta enflata. Chaque point représente une récolte

a : plateau continental ;

b : proche large

Planche 6 - Abondances des Chaetognathes - Pterosagitta draco  
et Sagitta enflata exclues - Chaque point représente une récolte.

a : plateau continental ;

b : proche large ;

Dans chaque graphique 87,5 % (7/8) des points sont situés entre les deux courbes en traits interrompus

c : histogrammes de fréquences d'abondances pour les périodes de juin à novembre, et de décembre à mai (approximativement : saison sèche et saison humide).

Planche 7 - Variations mensuelles d'abondance des Chaetognathes (Pterosagitta draco et Sagitta enflata exclues)

aux stations 1 à 10, entre avril 1963 et mars 1964

Le numéro de chaque station est entouré d'un cercle.

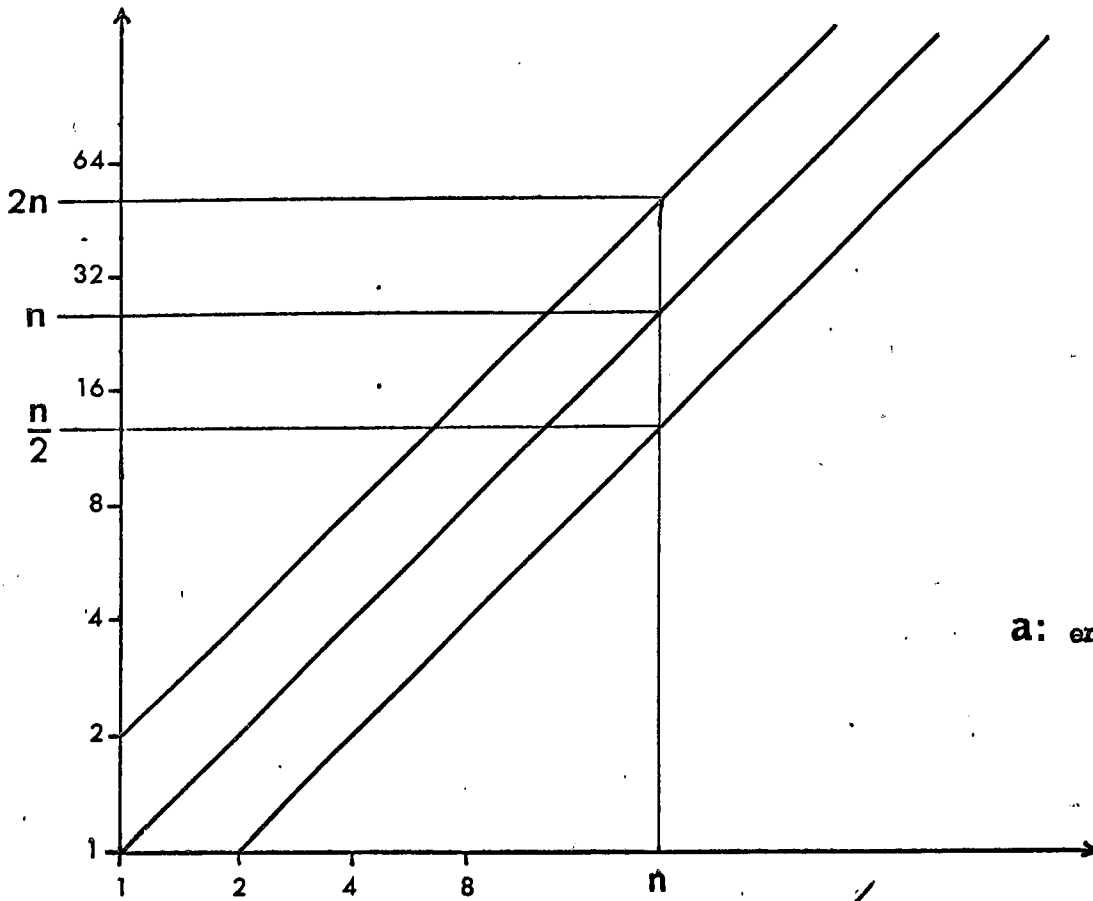
Première colonne : zone néritique interne ;

deuxième colonne : zone néritique externe ;

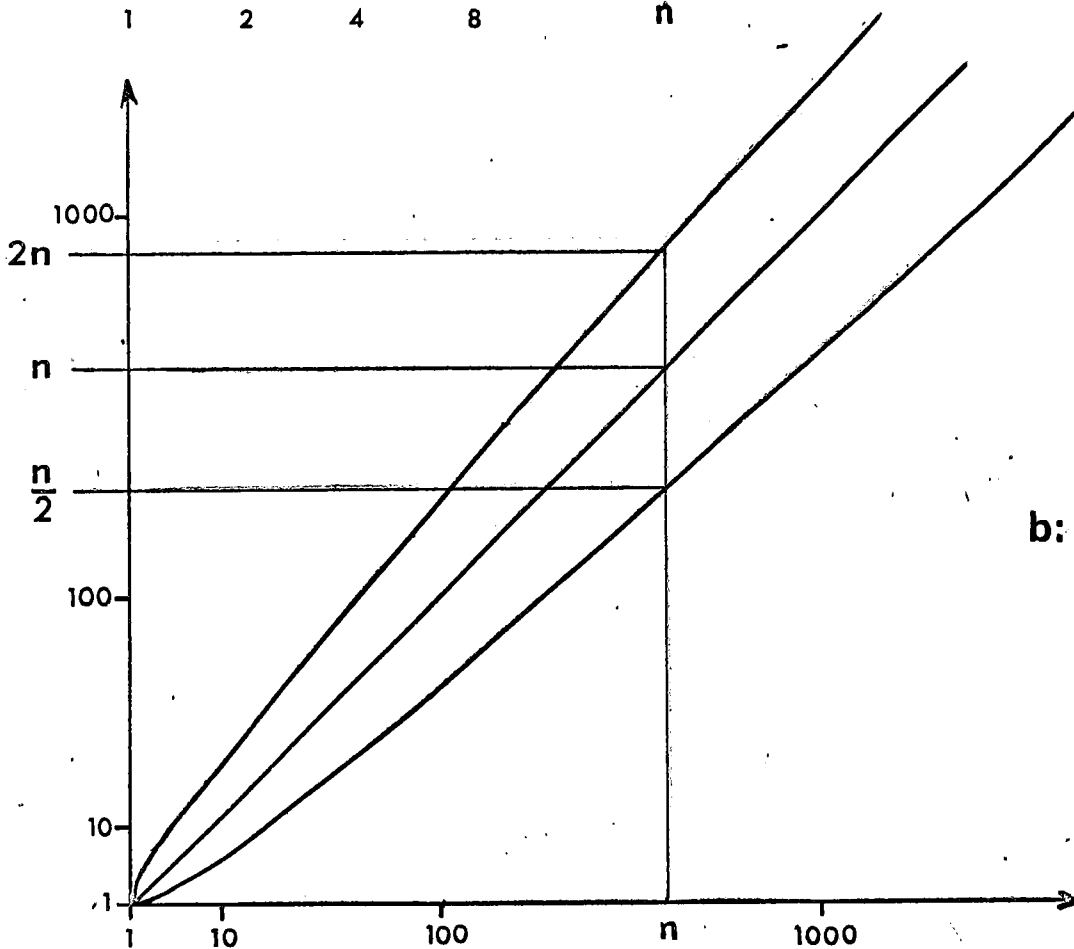
troisième colonne : zone pélagique.

Planche 8 - Carte des stations.

# Planche 1

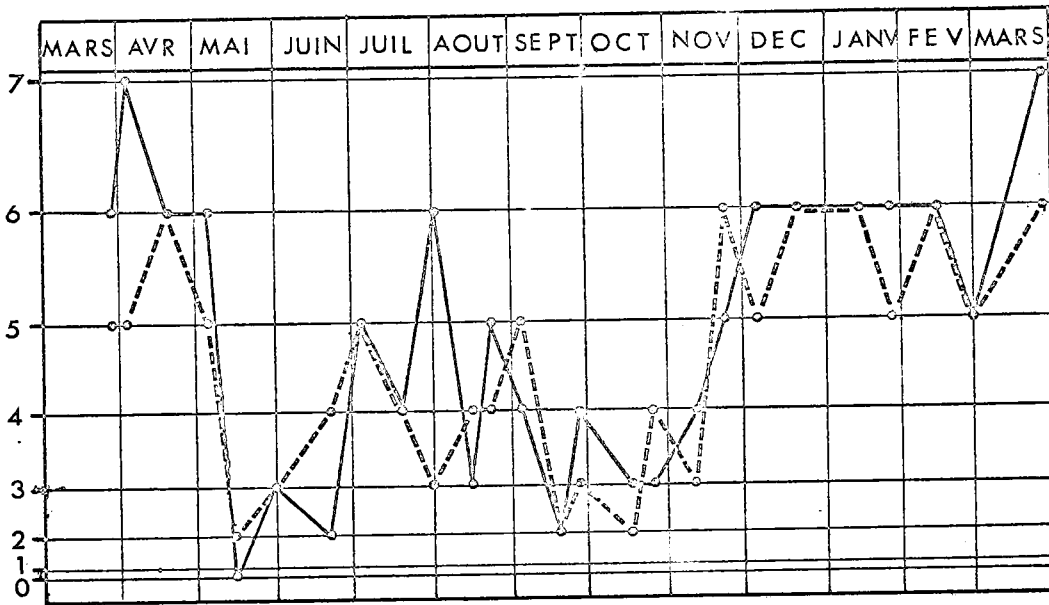


**a:** en échelle logarithmique

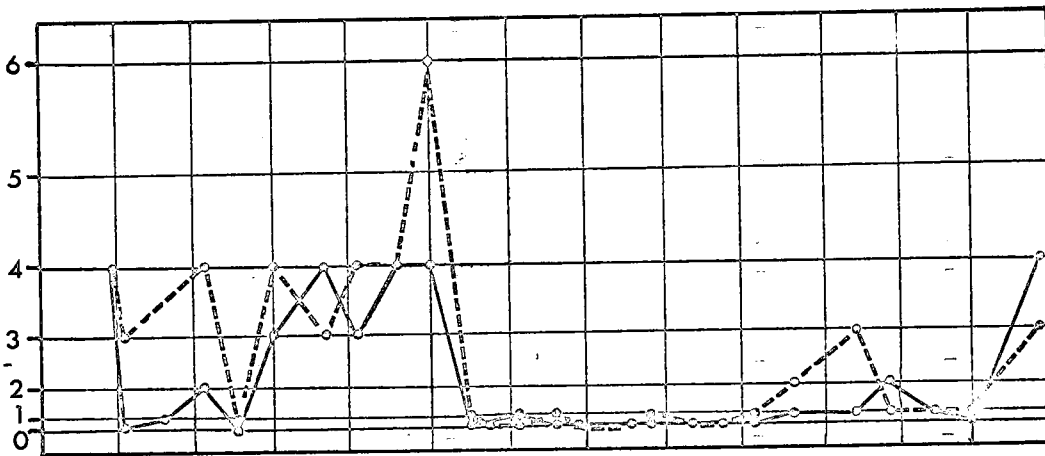


**b:** en échelle logarithme au carré

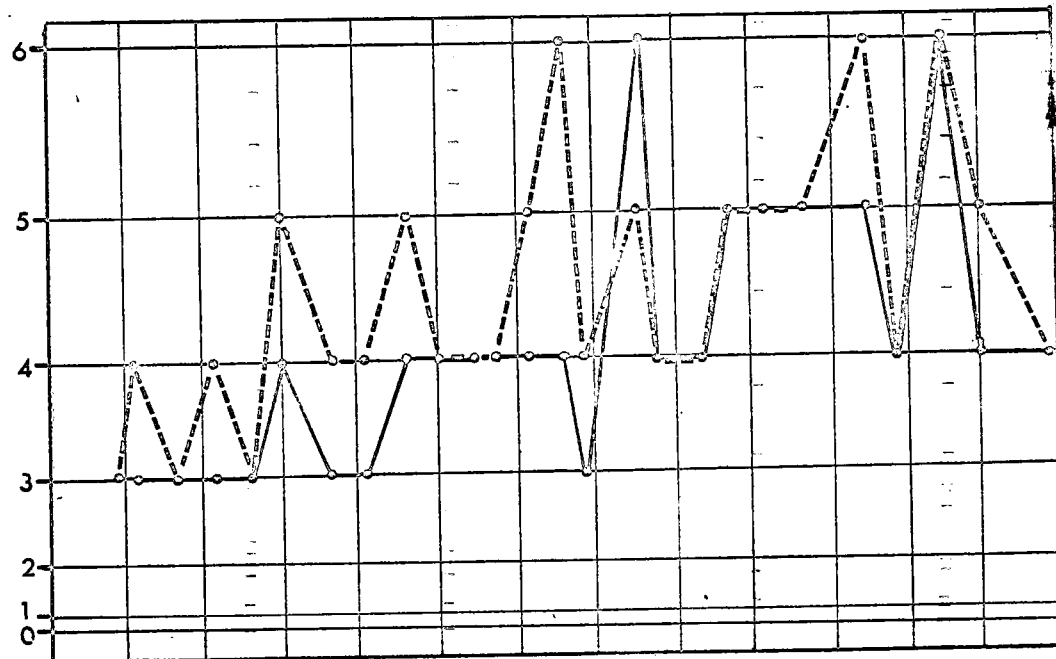
Abaque donnant la représentation graphique d'une variation de  $n$  à  $2n$  et à  $\frac{n}{2}$   
 (le nombre  $n$  est représenté par un point de la première bissectrice)



a



b



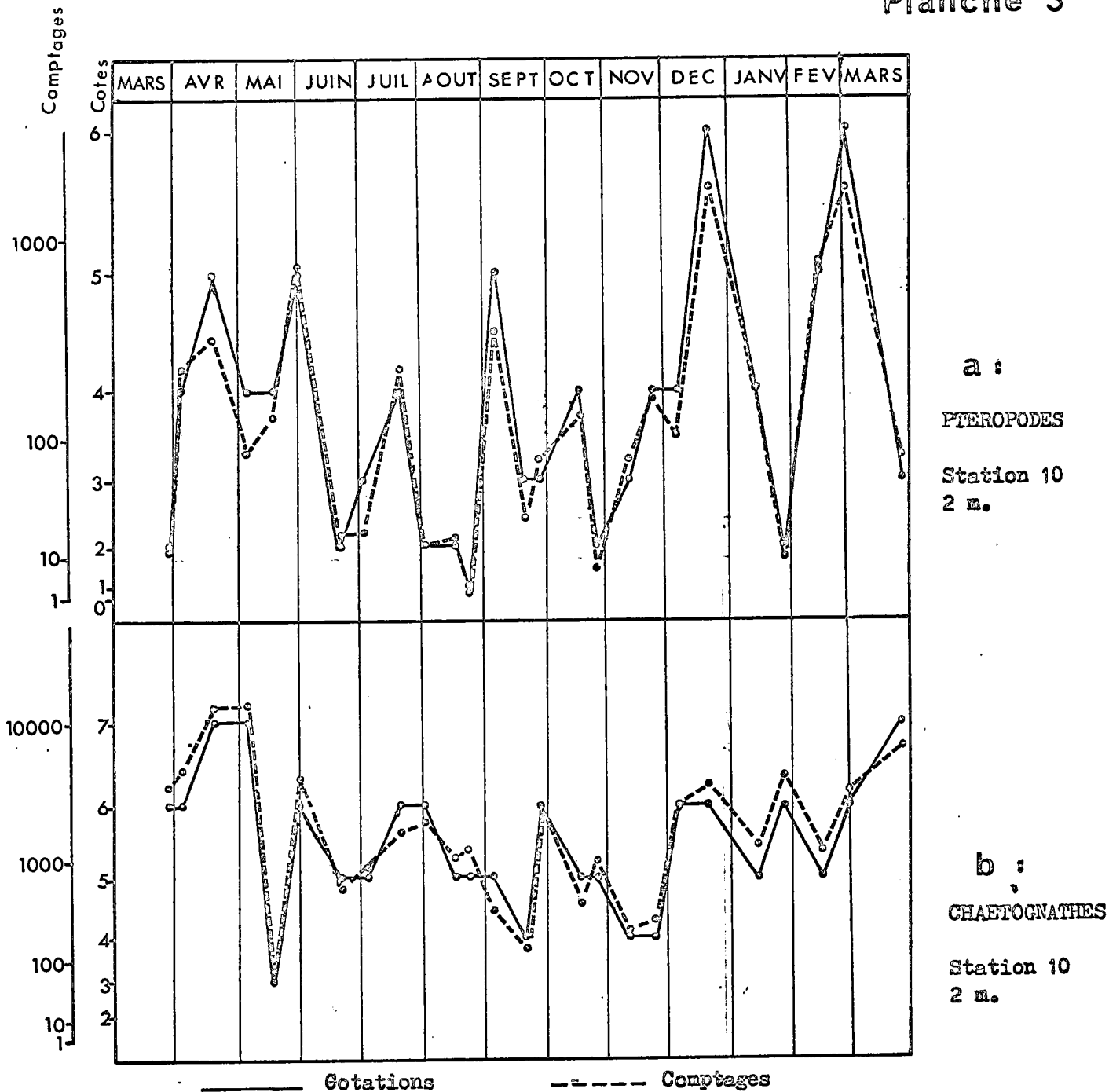
c

Variations mensuelles d'abondance des Siphonophores (a), Polioles (b) et larves de Brachyopes (c) à la station 10, entre mars 1963 et mars 1964.

D'après FRONTIER, 1966.

————— 2m

----- 10 m

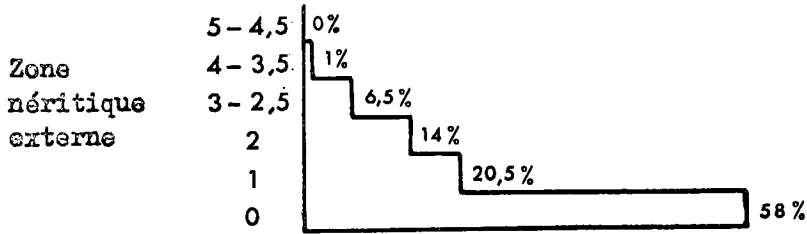
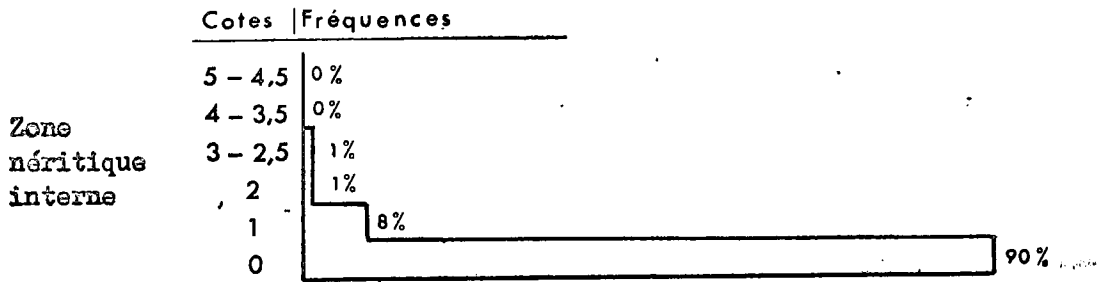


Comparaison des graphiques obtenus à partir des cotes d'abondance et des comptages exacts, effectués sur les mêmes échantillons.

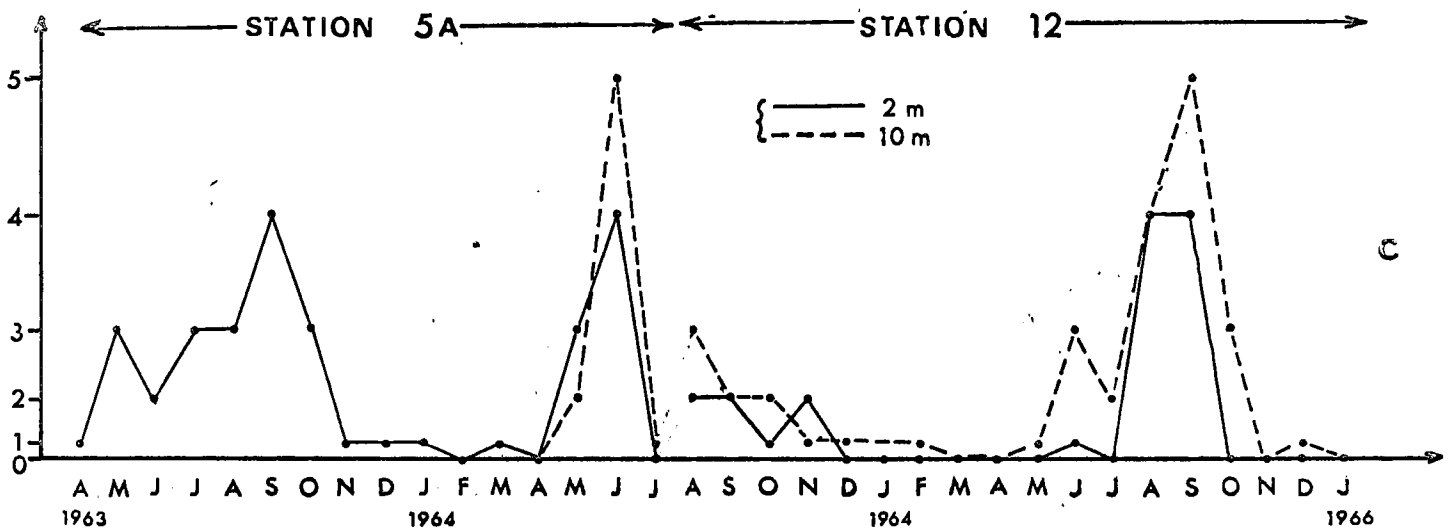
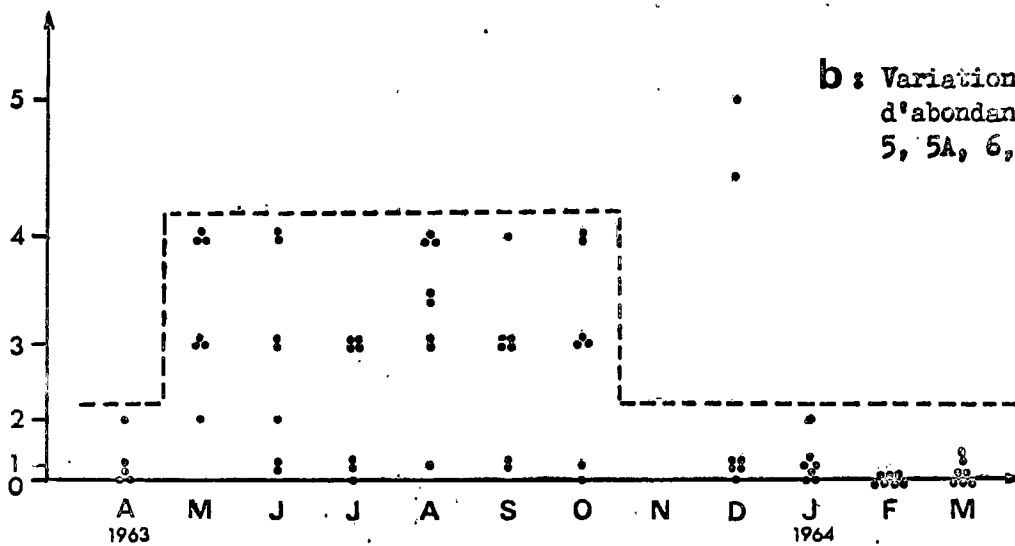
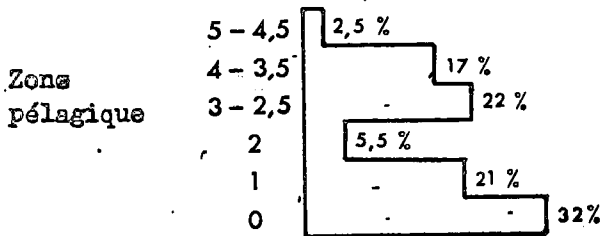
Les comptages ont été portés en échelle  $(\log)^2$  et les cotes en échelle  $A^2$ . La coïncidence entre les deux échelles a été établie pour les cotes 0 (placée en face de l'origine de l'échelle des comptages) et 5 (placé en face du point 725 - moyenne géométrique de la classe 5 - de l'échelle des comptages).

On constate entre les deux types de graphiques une similitude suffisante pour qu'à ce stade de la description des peuplements planctoniques, les comptages exacts soient considérés comme apportant peu de renseignements supplémentaires, et soient donc abandonnés.

Abondances de Pterosagitta draco.

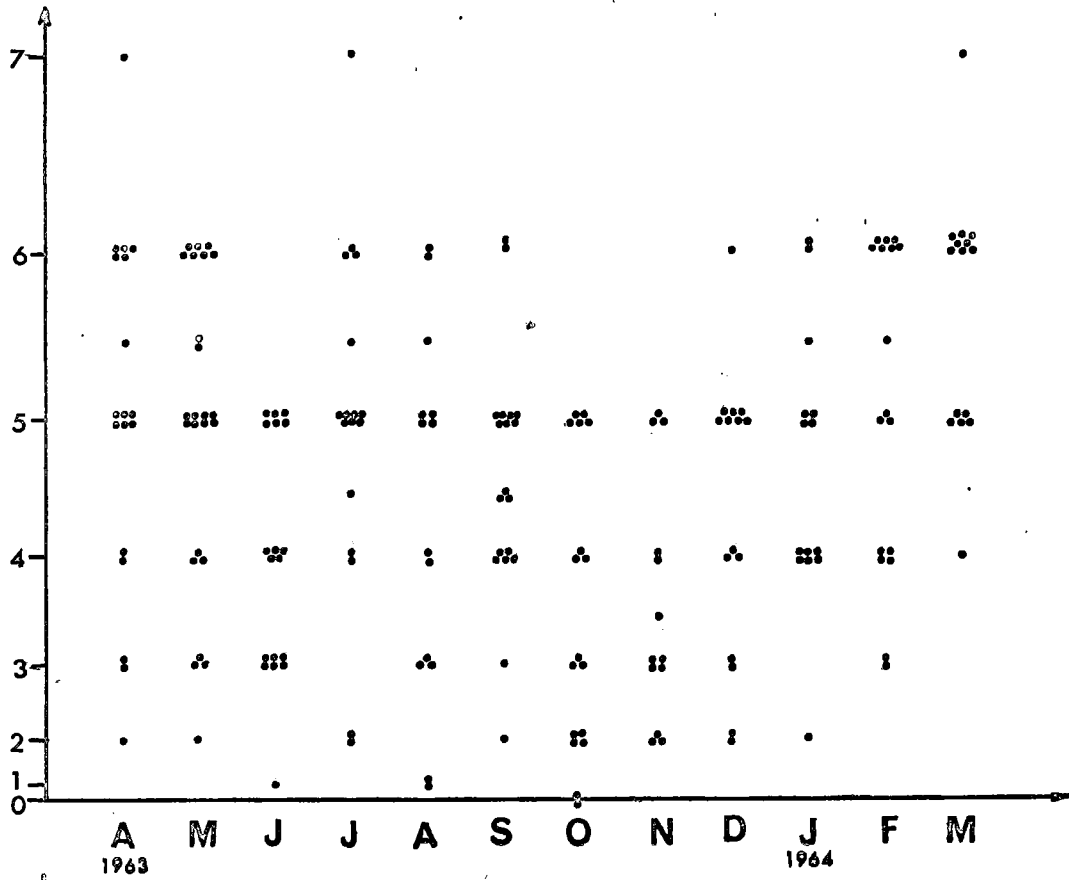


**a :** Histogrammes de fréquences d'abondances pour la période d'avril 1963 à mars 1964.

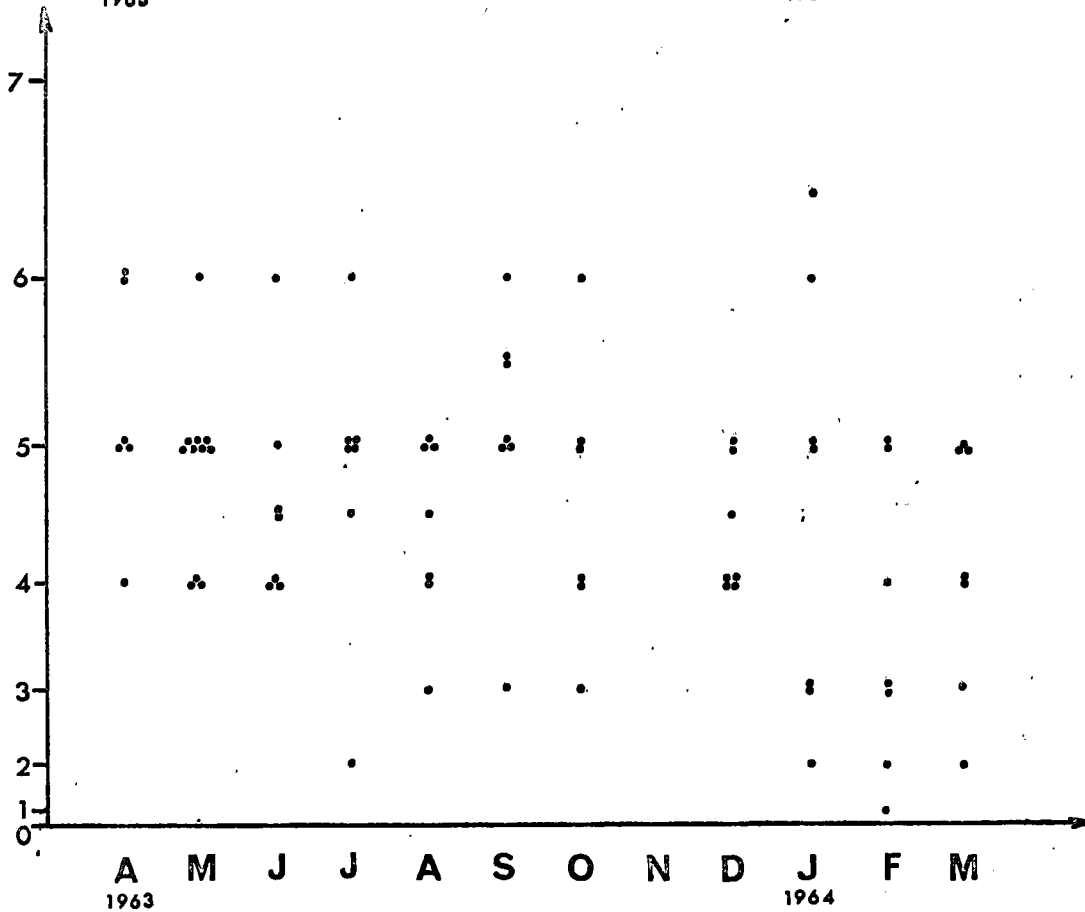


# Planche 5

Abondances des  
Sagitta inflata



a: Plateau  
continental



b: Proche large

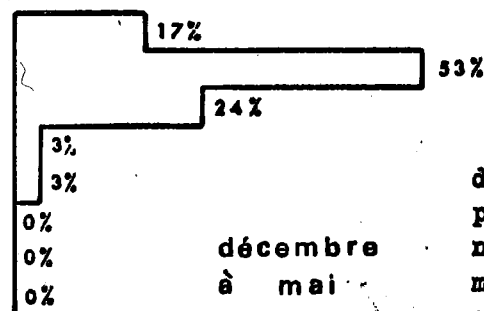
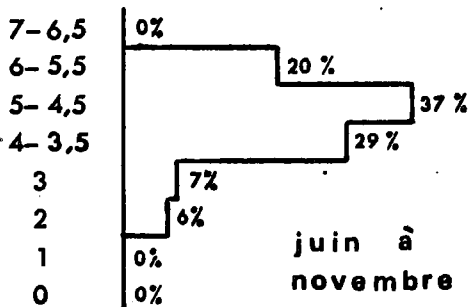
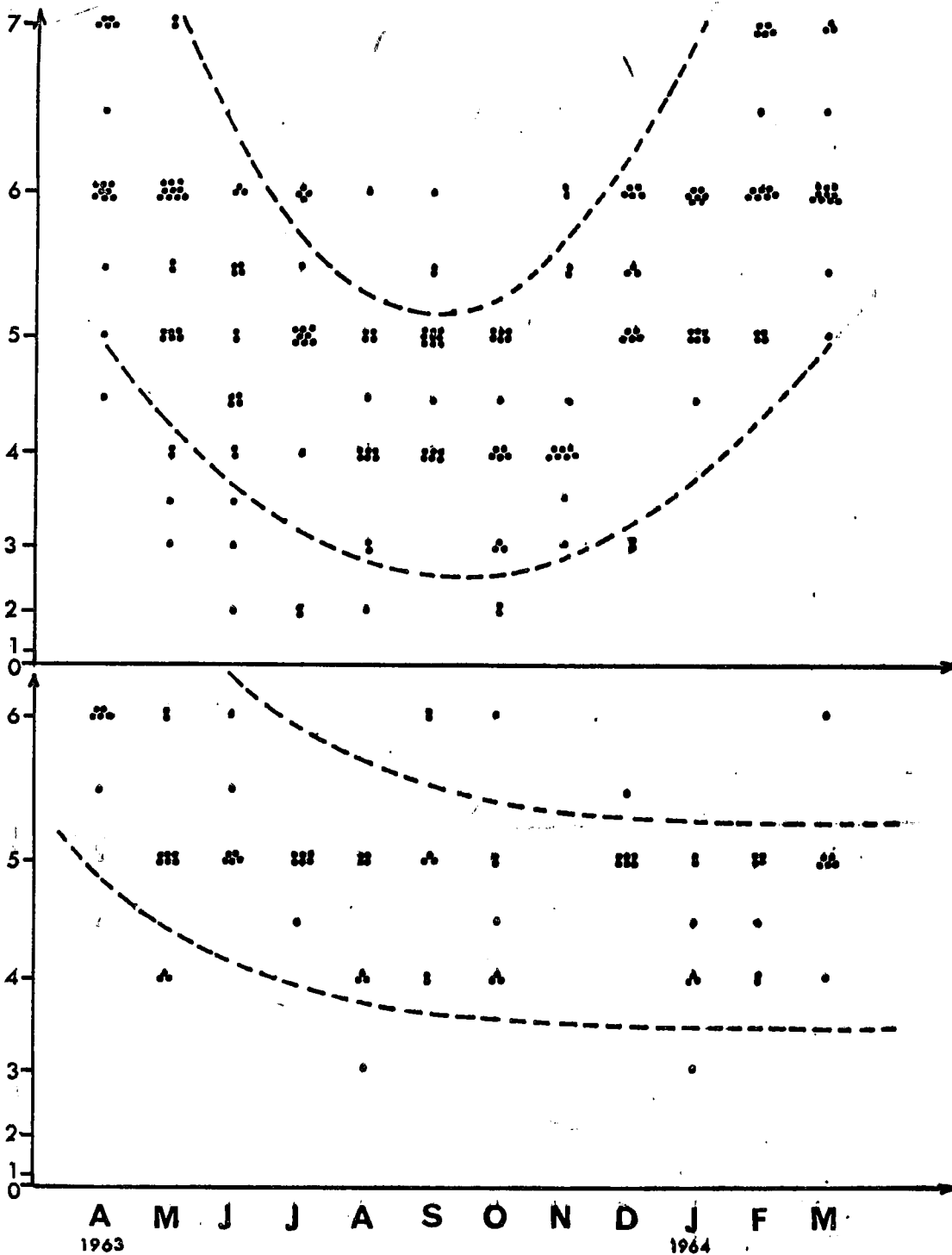
# Planche 6

Abondances des  
Chaetognathes  
- Pterosagitta  
draco et Sagitta  
enflata exclues -  
(chaque point repré-  
sente une récolte).

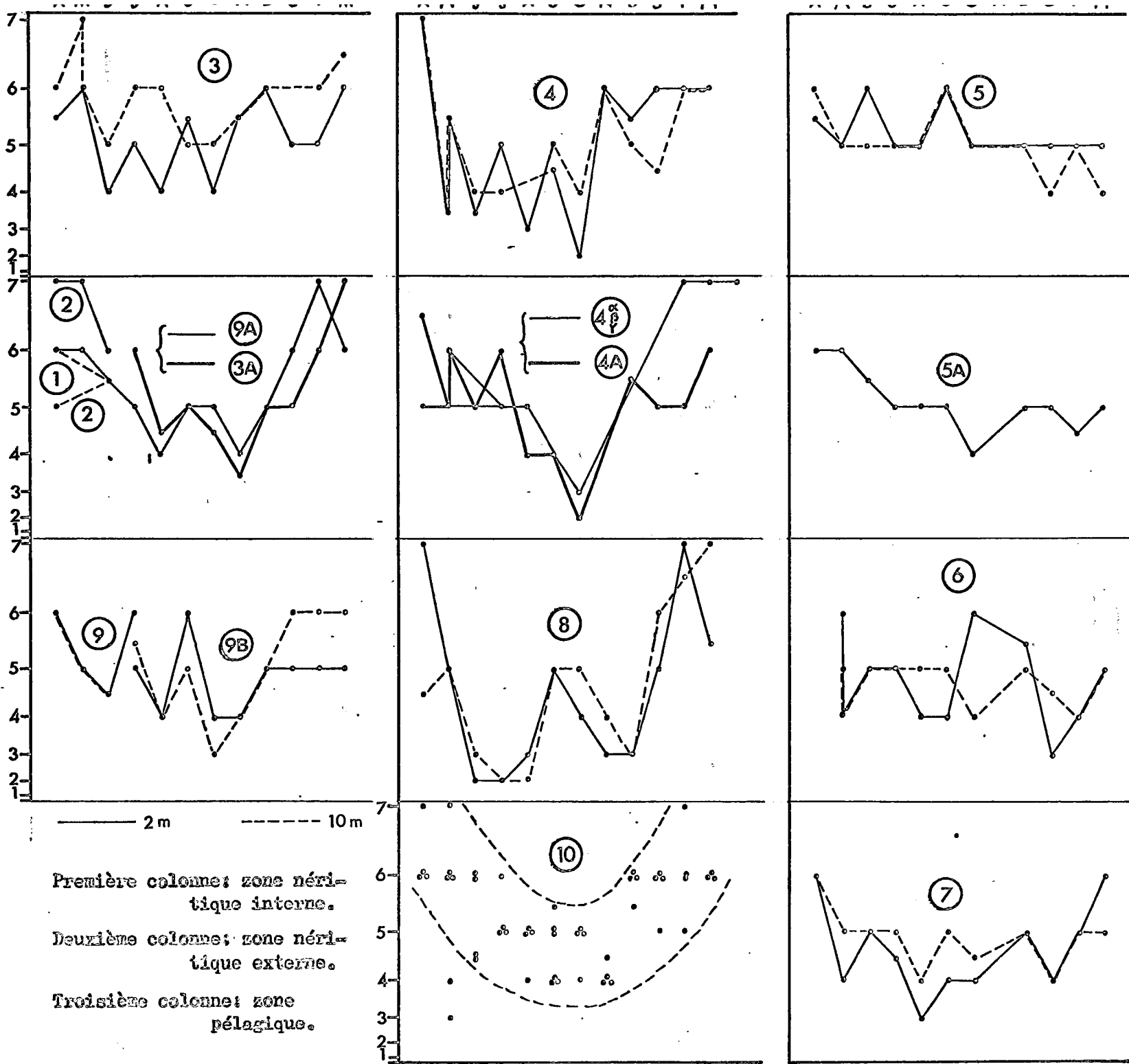
**a** : Plateau  
continental.

87,5 % (7/8) des  
points sont situés  
entre les deux  
courbes en traits  
interrompus.

**b** : Proche large  
87,5 % (7/8) des  
points sont situés  
entre les deux  
courbes en traits  
interrompus.

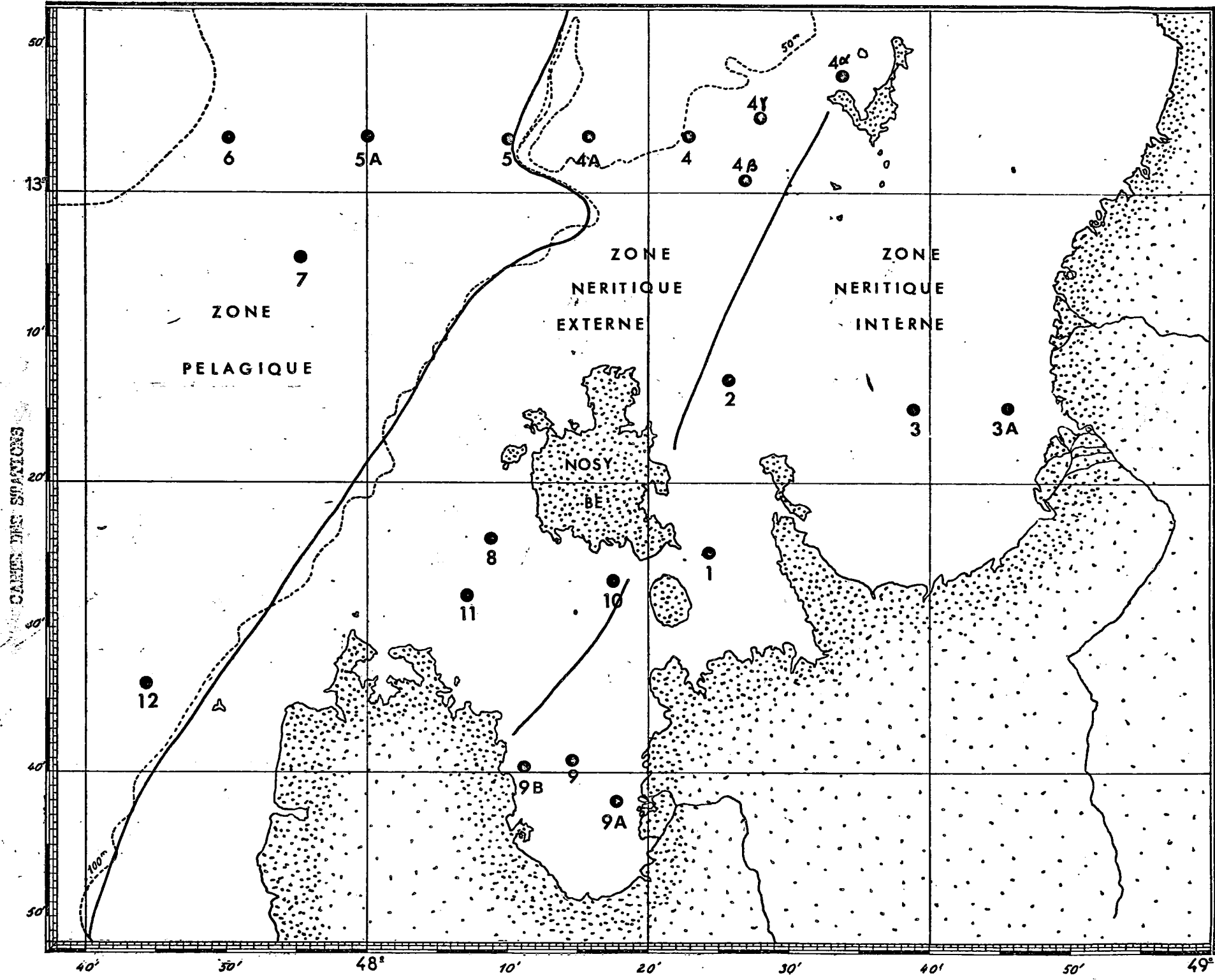


**C**: Histogrammes  
de fréquences d'abondances  
pour les périodes de juin à  
novembre et de décembre à  
mai (approximativement: sai-  
son sèche et saison humide).



Variations mensuelles d'abondance des Chaetognathes  
 (*Pterognathus davisii* et *Sarothra inflata*) aux  
 stations 1 à 10, entre avril 1963 et mars 1964.





CARTES DES STATIONS

CARTES DES STATIONS

Planche 8