

ÉVALUATION DE LA QUANTITÉ TOTALE D'UNE CATÉGORIE D'ORGANISMES PLANCTONIQUES DANS UN SECTEUR NÉRITIQUE

SERGE FRONTIER

Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé, Madagascar

Résumé: L'auteur décrit une méthode d'évaluation de l'effectif total d'une espèce planctonique dans une baie de 800 km². La méthode consiste à établir une carte de répartition d'abondance à partir d'un quadrillage de 44 stations, puis à planimétrer les différentes zones d'abondances. On peut alors suivre les variations d'abondance pour l'ensemble de la baie le long de l'année; ces variations se traduisent par des graphiques beaucoup plus lisses que ceux obtenus de la façon classique en suivant les variations en quelques stations isolées.

Abstract: A method is described for the evaluation of the number of a given species of a planktonic organism in a bay 800 km² in area. The method consists in establishing a chart of the distribution from 44 stations and then doing planimetry on the different zones of abundance. One can follow the seasonal changes in abundance more easily than when the variations at individual stations are examined.

Dans le cadre de l'étude approfondie d'une baie eutrophique tropicale (Frontier, 1971b), un quadrillage d'un secteur de 800 km² a été réalisé vingt fois entre novembre 1968 et novembre 1969. En chacune des 44 stations, espacées de 1 à 5 milles, que comportait ce quadrillage était effectué un trait oblique fond-surface d'un filet de type Clarke-Bumpus de 30 cm de diamètre, maille 180 μ (Petit & Bour, 1971). Le but était double: d'une part obtenir une cartographie de la répartition à l'échelle de la baie de divers organismes planctoniques; d'autre part estimer l'effectif total pour l'ensemble de la baie de chacune des catégories d'organismes considérées, et apprécier les variations de cet effectif au cours de l'année. Des études préalables avaient conclu à l'existence, dans la région marine considérée, d'un intense gradient côte-large et de variations saisonnières prononcées dans l'abondance planctonique. Mais les graphiques obtenus à partir de quelques stations isolées se montraient extrêmement irréguliers, traduisant une importante fluctuation résiduelle, reflet de la surdispersion des organismes. Il a paru intéressant d'adopter une méthode intégrant la variabilité horizontale à l'échelle de la baie; nous avons donc arrêté le protocole opératoire suivant.

La première étape consiste à réaliser à partir des données des 44 stations, pour chaque date de quadrillage et pour chaque catégorie zoologique, une cartographie d'abondance. On admet au départ une hypothèse de continuité: une certaine abondance planctonique constatée en un point de la baie fournit une présomption d'abondance voisine en un point géographiquement voisin; il est alors possible de faire passer à travers le quadrillage un ensemble d'isoplèthes. Celles-ci relient de la façon la moins heurtée possible des points d'égale abondance présumée, obtenus par

14 NOV 1973
O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n°

6437 Ocea.

interpolation entre les points observés: il se pose donc le choix de la progression numérique définissant le réseau d'isoplèthes, et le choix de la méthode d'interpolation.

Une étude statistique préalable de la microdispersion du zooplancton dans la même région (Frontier, 1971a) a montré l'existence de lois statistiques largement indépendantes du groupe zoologique. Ces lois permettent de déterminer la transformation non linéaire qu'il convient d'effectuer sur les effectifs d'organismes pour normaliser les distributions et stabiliser la variance. Nous avons ainsi adopté, pour les effectifs supérieurs à 10, une transformation logarithmique pondérée par une élévation au carré: une distribution ainsi normalisée coïncide avec une distribution log-normale dans les grands nombres et avec une distribution de Poisson dans les petits nombres, le passage d'une situation à l'autre étant progressif. Pour les effectifs inférieurs à 10 on admet la loi de Poisson, et l'on effectue une transformation racine carrée à un facteur près. Les données transformées sont alors distribuées à peu près normalement, avec une variance indépendante de la moyenne et de l'ordre de 0,7026.

Les interpolations portent sur des nombres d'organismes par 10 m^3 d'eau filtrée. Les effectifs par unité de surface marine sont en effet soumis à une variation aléatoire supplémentaire: celle liée à la hauteur d'eau en chaque station. Il est d'ailleurs conforme à la notion de plancton de caractériser une masse d'eau par une densité d'organismes planctoniques. Le calcul de cette densité, à partir de l'effectif réel de la récolte et du volume filtré, est évidemment effectué *avant* transformation des données, puisque la variable transformée non linéairement n'est plus additive. Les volumes réellement filtrés n'étant jamais très éloignés de 10 m^3 pour une récolte, l'effet de la transformation \log^2 sur les effectifs – effet qui dépend de l'ordre de grandeur des effectifs – ne change pas lorsqu'on ramène ces effectifs à 10 m^3 . L'interpolation entre stations voisines est linéaire après transformation \log^2 sur les effectifs ramenés à 10 m^3 . Le choix des isoplèthes se fonde sur un intervalle d'amplitude $2 \times 1,96 \sigma \approx 3,29$ dans l'échelle des nombres transformés. D'où la progression, dans l'échelle des nombres non transformés ¹:

1	11500	540000
64	27000	1050000
365	62500	1900000
1400	135000	3450000
4200	275000	etc.

La cartographie effectuée, intervient une seconde étape du dépouillement des données qui consiste à rechercher une estimation du nombre total d'organismes présents dans la baie. Une simple moyenne sur les 44 résultats expérimentaux abouti-

¹ Cette progression diffère notablement de celle proposée antérieurement (Frontier, 1969): cette dernière, logarithmique, avait été choisie dans l'optique d'une analyse rapide des échantillons planctoniques, et correspondait à une échelle d'appréciation intuitive d'abondance et non à une appréciation de la variabilité dans le milieu naturel. Le problème est ici différent puisque nous tentons de décrire la variabilité réelle.

rait à une valeur généralement entachée de biais; en effet suite à des études préalables, la partie est de la baie, plus hétérogène dans son peuplement, comporte un réseau de stations plus dense que la partie ouest; les stations étaient également plus serrées près de la côte qu'au large. D'autre part, la netteté des gradients de répartition planctonique est telle que le quadrillage de la baie, en tant que réalisation d'une épreuve aléatoire, est presque toujours très loin de représenter un échantillonnage équitable des diverses zones d'abondance; en d'autres termes, la surdispersion étant extrêmement forte à l'échelle de la baie, la moyenne d'échantillonnage est entachée d'une erreur importante — quoique moins considérable que dans le cas d'une station isolée.

Nous avons préféré évaluer le peuplement de la baie par planimétrie après l'opération d'intégration horizontale que constitue la cartographie de l'abondance. Ainsi, l'estimation finale tient compte de l'information donnée par la contagion spatiale, information qu'ignore complètement une statistique centrale. Les abondances de la carte se rapportant à des volumes de 10 m^3 d'eau, nous avons procédé de la façon suivante. L'intersection du réseau d'isobathes et du réseau d'isoplèthes délimite un certain nombre de contours fermés à l'intérieur desquels on peut déterminer une valeur centrale de la profondeur et une valeur centrale de la densité d'organismes. On s'en tiendra aux approximations les plus simples de ces deux valeurs centrales en calculant la moyenne arithmétique des valeurs caractérisant les deux isobathes limites et (dans l'échelle des effectifs transformés) les deux isoplèthes limites. Le produit de cette profondeur centrale, par l'abondance centrale exprimée cette fois dans l'échelle des nombres non transformés, et par la surface intérieure au contour, fournit une estimation du nombre total d'organismes présents sous la surface marine délimitée — à un facteur près, dépendant de l'échelle de la carte et des unités employées. La somme des valeurs obtenues pour les différents contours qui partitionnent la carte est l'estimation cherchée.

L'aire étudiée est délimitée par le zéro des cartes françaises (niveau des plus basses mers de vive-eau), et par une ligne brisée fixée une fois pour toutes au nord de la baie. Les isobathes sont données par la carte marine, donc correspondent également aux plus basses mers de vive-eau, de sorte que la quantité totale de plancton calculée se rapporte au volume d'eau minimum contenu dans la baie. Les résultats obtenus aux différentes dates pourront ainsi être comparés entre eux.

En joignant les points obtenus on obtient une allure du cycle annuel d'abondance de la catégorie zoologique considérée. Il apparaît, comme il fallait s'y attendre, des graphiques beaucoup plus lisses que ceux obtenus de la façon classique, à partir de stations isolées. Une irrégularité importante peut néanmoins subsister dans le cas des organismes rares, l'erreur d'échantillonnage étant grande, mais il semble dans tous les cas possible de distinguer la variation phénoménologique de la variation aléatoire.

Il reste que chaque estimation est entachée d'une erreur tenant à l'incertitude sur le tracé des isobathes et surtout des isoplèthes (erreur difficile à apprécier), et tenant au choix des valeurs centrales de profondeur et de densité d'organismes. En parti-

culier, l'isoplèthe '1' est certainement toujours mal placée (on constate, de fait, que la cartographie de la classe 'zéro' donne souvent des aires étroites et peu vraisemblables): la limite présomptive entre les zones de présence et d'absence d'une espèce est déterminée par des interpolations entre des points d'abondance non nulle, et des points d'abondance nulle déjà situés vraisemblablement à l'intérieur de la zone d'absence. Cette dernière se trouve ainsi sous-estimée. Toutefois l'erreur porte sur les plus petits effectifs: elle est donc faible en valeur relative, sauf dans le cas des espèces peu fréquentes dont l'abondance doit être considérée comme très mal évaluée. Une erreur plus importante tient sans doute à l'adoption comme valeur centrale d'abondance dans une zone, de la moyenne arithmétique des valeurs définissant les deux isobathes limites dans l'échelle des nombres transformés. Cette moyenne arithmétique représente, au mieux, la moyenne de la population des abondances transformées (supposées distribuées normalement), donc la médiane des abondances non transformées: les quantiles sont en effet invariants dans une transformation

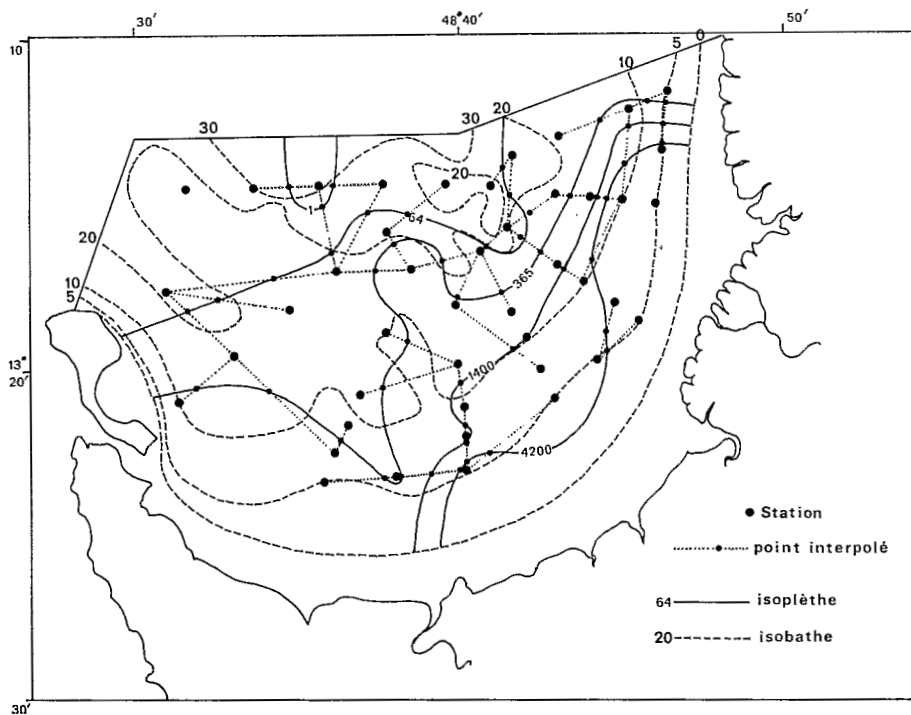


Fig. 1. Exemple de construction d'une carte d'abondance.

monotone non linéaire, alors que moyenne et mode subissent un biais. Or c'est la moyenne et non la médiane des effectifs non transformés qu'il eût en toute rigueur été convenable d'utiliser dans l'extrapolation à un volume supérieur à celui des récoltes. La méthode introduit donc une erreur systématique, qui n'a pas été calculée.

Notons enfin que le quadrillage était effectué en deux jours: de 07 h à 17 h le

premier jour, puis de 07 à 12 h le lendemain: l'intervalle de temps est a priori suffisant pour que la répartition du plancton subisse quelque changement. La représentation cartographique intègre donc à la fois des variations spatiales et des variations temporelles; toutefois il n'est jamais apparu, lors de l'établissement des cartes, de discontinuité pouvant être rapportée au changement de date entre le début et la fin d'un quadrillage. L'erreur de planimétrie (inférieure à 5 %) et l'arbitraire portant sur le tracé des courbes entre deux points interpolés, semblent faibles en regard de ces diverses incertitudes.

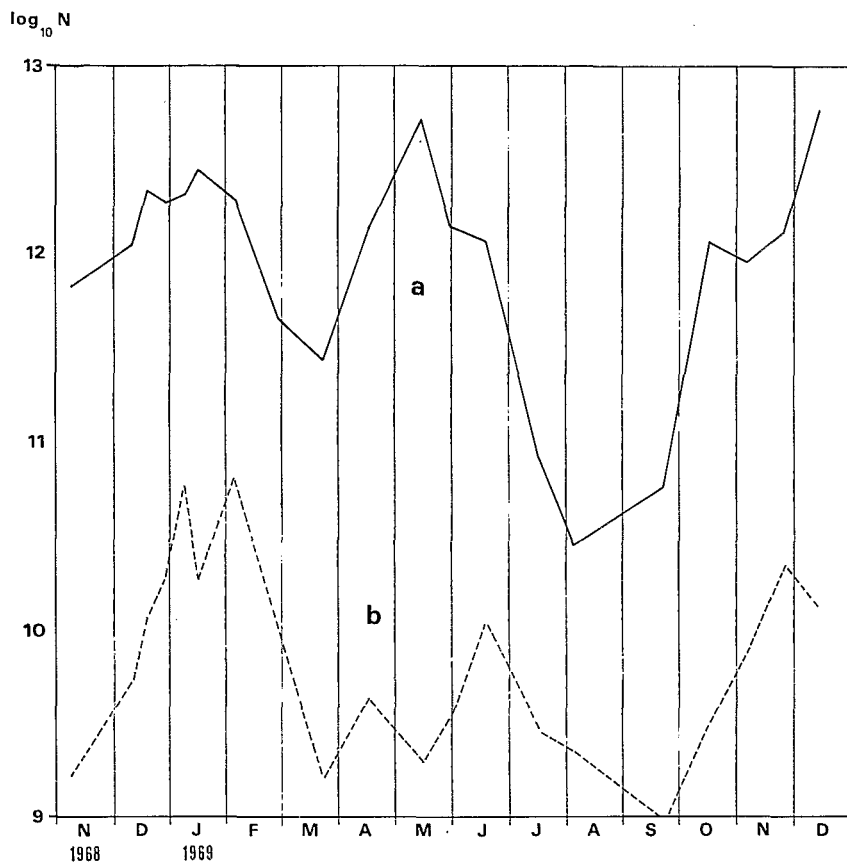


Fig. 2. Variations saisonnières de l'effectif total de la baie pour *Creseis acicula* (a) et *Pneumodermopsis* sp. (b).

Au total, il paraît impossible dans l'état actuel d'établir un calcul d'erreur. Cependant l'allure des graphiques annuels suggère un ordre de grandeur du résidu aléatoire, donné par l'amplitude des irrégularités subsistant après élimination des variations les plus importantes, à signification saisonnière évidente. Ces irrégularités doivent provenir pour une part des variations aléatoires du peuplement de la baie,

c'est à dire des variations liées aux mouvements d'eau à travers la limite arbitraire assignée à la zone étudiée, et des fluctuations réelles à court terme des peuplements. On peut en conclure que l'erreur liée à la méthode est, au moins pour les grands effectifs, très faible. L'impossibilité actuelle de déterminer l'erreur statistique sur l'effectif total fait que la représentation des variations saisonnières de ce dernier n'a qu'une valeur descriptive. Pour cette raison, nous avons porté sur les graphiques les abondances en échelle logarithmique simple, échelle qui visiblement ne stabilise pas la variance résiduelle.

Nous donnons à titre d'illustration la construction d'une carte d'abondance (Fig. 1) et le graphique annuel obtenu pour *Creseis acicula* Rang, espèce très abondante (Fig. 2a) et pour *Pneumodermopsis* sp., plus rare, prédateur de la précédente (Fig. 2b).

BIBLIOGRAPHIE

- FRONTIER, S., 1969. Sur une méthode d'analyse faunistique rapide du zooplancton. *J. exp. mar Biol. Ecol.* Vol. 3, pp. 18-26.
- FRONTIER, S., 1971a. Zooplancton d'une baie eutrophique tropicale. 5. Étude statistique de la microdispersion. *Doc. Sci. Centre ORSTOM Nosy-Bé* No. 24, pp. 55-95, multigr.
- FRONTIER, S., 1971b. Présentation de l'étude d'une baie eutrophique tropicale: la baie d'Ambaro (côte nord-ouest de Madagascar). *Cah. ORSTOM, Sér. Océanogr.*, T. 9, pp. 147-148.
- PETIT, D. & W. BOUR, 1971. Zooplancton d'une baie eutrophique tropicale. 2. Méthodologie des prélèvements. *Doc. sci. Centre ORSTOM Nosy-Bé*, No. 24, pp. 8-24, multigr.