

PHYTOPLANCTON DES EAUX NATRONÉES DU KANEM (TCHAD)

VII. STRUCTURE DES PEUPELEMENTS

A. ILTIS

Hydrobiologiste de l'O.R.S.T.O.M., B. P. 65, N'Djaména (République du Tchad)

RÉSUMÉ

La structure des peuplements phytoplanctoniques a été étudiée dans une série de mares temporaires et de lacs permanents natronés. Dans ces derniers, les valeurs de l'indice de diversité spécifique sont d'autant plus faibles que la teneur en sels dissous du milieu est forte. Les variations de la diversité tout au long d'une année n'ont pu être interprétées. Les fluctuations de l'équitabilité suivent celles de la diversité spécifique.

L'étude des différentes distributions d'abondance spécifiques montre que le modèle log-linéaire de Motomura peut s'ajuster à la plupart de celles-ci, la constante de milieu ou constante de Motomura étant d'autant plus faible que la concentration en sels dissous du milieu est forte.

ABSTRACT

Phytoplankton organization was studied in a series of natroned temporary ponds and permanent lakes. In permanent waters, the higher the salinity of the lake the lower the species diversity. Changes in the species diversity during one year are not interpretable. The variations of the equitability follow those of the species diversity.

The Motomura's log-linear law of distribution can be adjusted to almost all the different species abundance distributions, the constant of milieu or Motomura's constant is all the more low as the salt concentration of the water is high.

1. INTRODUCTION.

La composition du phytoplancton du Kanem du point de vue des espèces existantes et du volume de matière végétale présente ayant été déterminée, la structure des peuplements d'algues échantillonnés dans les différents milieux a maintenant été étudiée. La répartition des espèces à l'intérieur des biocénoses a été analysée dans le but de mettre en évidence les modifications entraînées par l'accroissement de la teneur en sels dissous. Les indices de diversité spécifique et les valeurs de l'équitabilité (définie par le rapport diversité observée sur diversité maximale) ont donc été calculés à partir des biomasses et des effectifs pour chacun des échantillons récoltés. Les distributions d'abondance des espèces dans les

biocénoses ont été ensuite étudiées en prenant en considération les biomasses des taxons à l'exclusion des effectifs.

2. VARIATIONS DE L'INDICE DE DIVERSITÉ SPÉCIFIQUE.

Le degré de diversité d'une communauté est déterminé par le nombre d'espèces présentes et la répartition de l'effectif (ou de la biomasse totale) entre ces espèces. La formule de Shannon $-\sum p_i \log_2 p_i$ (SHANNON et WEAVER 1949) a été retenue pour le calcul de l'indice de diversité. Dans les différents sous-échantillons analysés, celui-ci a été calculé (fig. 1) d'une part d'après les effectifs de chaque

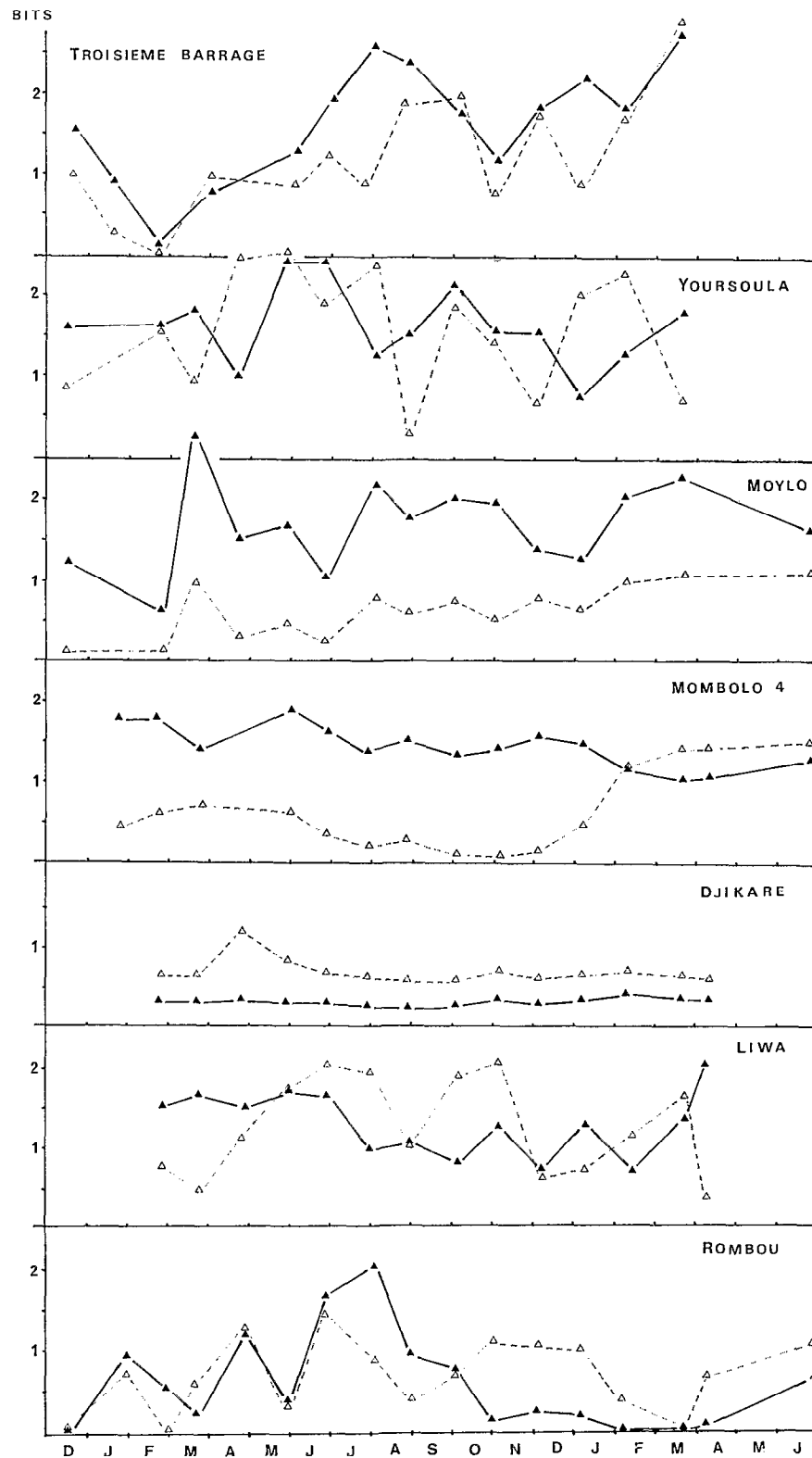


Fig. 1. — Variations de l'indice de diversité spécifique dans les lacs permanents du Kanem, calculé d'après l'effectif (en tireté) et la biomasse (en trait plein) de chaque espèce.

taxon présent (In), d'autre part d'après les biomasses (I).

Rappelons qu'en hydrobiologie marine l'indice de diversité est employé couramment pour suivre l'évolution des communautés planctoniques. Il permet d'évaluer l'âge et l'énergie potentielle d'une taxicénose. Les travaux de MARGALEF (1958-1967) sur le phytoplancton ont montré que le développement de celui-ci se faisait suivant des successions de cycles de durée variable comprenant chacun plusieurs stades, généralement au nombre de trois se succédant toujours dans le même ordre. Le premier est caractérisé par une population importante peu diversifiée, composée en général d'espèce à taux de multiplication élevée (le plus souvent des Diatomées), puis la diversité s'accroît au cours du second stade. La prédominance des Dinoflagellés et la disparition

presque complète des Diatomées caractérisent le troisième stade, marqué aussi par une diminution de la densité algale; la diversité spécifique arrive à son maximum puis diminue brusquement lors du passage au cycle suivant. La valeur de l'indice de diversité permet donc d'apprécier le degré de maturité du peuplement; une densité faible caractérisera une population jeune à haut pouvoir de multiplication avec dominance nette d'une ou d'un petit nombre d'espèces tandis qu'une diversité élevée caractérisera au contraire des populations mûres ou séniles présentant une composition spécifique complexe. L'unité employée est le bit (abréviation de binary digit) par individu lorsque l'on utilise les effectifs, par gramme de matière vivante si l'on part des biomasses.

La diversité est nulle dans le lac de Bodou où

	Bodou	Liwa	Rombou	Djilkare	Kono Boulom **	Mombolo 4	Karama**
In moyen	0	1,250	0,699	0,687	0,465	0,640	0,801
I moyen.....	0	1,306	0,602	0,324	0,125	1,452	0,868
max.....	0	2,022	2,012	0,408	0,160	1,895	1,028
min.....	0	0,696	0,002	0,244	0,090	1,033	0,708
s ²	—	0,15	0,34	0,002	0,001	0,065	0,026
s.....	—	0,39	0,58	0,04	0,035	0,25	0,16

	Mombolo 5 **	Moylo	Yoursoula	Nguska*	3 ^e barrage	Doun Amran*	Koukou*	Mayolo*
In moyen	1,324	0,629	1,579	1,903	1,224	0,626	0,689	1,697
I moyen.....	1,822	1,699	1,638	1,712	1,631	1,783	2,836	1,772
max.....	1,889	2,772	2,434	—	2,706	—	—	—
min.....	1,756	0,628	0,746	—	0,125	—	—	—
s ²	0,004	0,27	0,21	—	0,51	—	—	—
s.....	0,066	0,52	0,42	—	0,71	—	—	—

* 1 seul échantillon.

** 2 échantillons.

l'on a affaire à une population pratiquement monospécifique. Dans les autres lacs, la diversité calculée d'après les effectifs (In) est souvent bien différente de celle obtenue en tenant compte des biomasses (les deux séries de valeurs ont par exemple comme coefficient de corrélation 0,48 pour le lac de Rombou, 0,20 pour l'ouadi de Liwa et 0,57 pour le quatrième lac de Mombolo). Il convient de signaler à propos de l'estimation des effectifs, l'erreur due au fait que, lors des dénombrements au microscope inversé, filaments, cénobes et colonies sont comptés pour une unité. Aussi, pour la suite de cette étude,

nous tiendrons surtout compte des valeurs obtenues à partir de la biomasse, celles-ci permettant de connaître la façon dont la masse totale de matière vivante est répartie entre les diverses espèces qui la composent. Dans le tableau ci-dessus sont reportées les valeurs moyennes de l'indice de diversité dans les différents milieux classés par ordre de salinité décroissante (fig. 1).

Les indices de diversité sont en général peu élevés dans les milieux très concentrés en sels dissous, ce qui est en principe la caractéristique des peuplements jeunes à haut pouvoir de multiplication.

C'est ainsi le cas dans les lacs de Rombou et de Djikare, ce dernier lac possédant un peuplement remarquablement stable tout au long de la période étudiée. On remarquera l'exception de l'ouadi de Liwa qui possède des caractéristiques le rapprochant des mares temporaires. Dans les milieux plus pauvres en sels dissous vivent des populations plus diversifiées, correspondant théoriquement à un degré de maturité plus élevé.

Cette diminution de la diversité spécifique dans les lacs salés par rapport aux eaux douces, et particulièrement dans les milieux désertiques (COLE, 1968), est un fait connu depuis fort longtemps. L'analyse taxinomique des peuplements du Kanem a déjà laissé apparaître la diminution du nombre de taxons présents en relation avec l'augmentation de la salinité (une corrélation inverse significative, soit 0,78, existe en effet entre le nombre total d'espèces inventorié et la salinité moyenne des lacs permanents étudiés). Mais des données exactes manquent le plus souvent sur les valeurs de la diversité spécifique en relation avec celles de la salinité.

Récemment HUSSAINY (1969), WILLIAMS (1972) travaillant sur le plancton animal des lacs salés du sud-est australien ont donné quelques valeurs pour sept milieux dont les salinités vont de 0,4 à 57,5 grammes par litre et trouvé une corrélation négative hautement significative entre la diversité et la salinité. Plutôt que de calculer les moyennes par milieu, nous avons pris toutes les valeurs obtenues au cours de l'étude en excluant les valeurs trouvées à Rombou de février à septembre où

comme nous l'avons vu, l'on a affaire à des peuplements instables par suite des fortes variations de salinité et à Liwa et à Yoursoula où les résultats des numérations sont incohérents par suite soit des conditions d'échantillonnage soit de perturbations temporaires dans le milieu (fig. 2). Les valeurs trouvées pour le lac de Bodou où le phytoplancton est monospécifique s'alignent sur l'axe des abscisses de 30 à 55 gr/l. On a donc défini la valeur du coefficient de corrélation pour les valeurs de salinité de 2 à 30 gr/l, d'une part les observations effectuées précédemment sur la composition qualitative des peuplements et la biomasse ayant montré que l'influence de la salinité peut être masquée en dessous de 2 gr/l par les effets d'autres facteurs (la dispersion des valeurs de l'indice de diversité en-deçà de ce seuil tend à confirmer ce fait), d'autre part les peuplements des eaux d'une salinité supérieure à 30 g/l ayant des indices de diversité nuls. La droite obtenue a pour équation $I = -0,078 C + 1,56$ où C est la concentration exprimée en grammes par litre et I la diversité en bits. La corrélation inverse entre la diversité et la salinité est hautement significative et égale à $-0,786$, les limites de l'intervalle de confiance étant $-0,63$ et $-0,84$ pour un coefficient de risque de 0,025. La diversité devient pratiquement nulle pour des salinités dépassant 20 g/l. Si l'on calcule la droite en tenant compte des valeurs de la diversité jusqu'à des salinités de 0,3 g/l, on obtient une corrélation identique ($-0,77$) avec une droite de régression d'équation $I = -0,090 C + 1,62$.

Une corrélation inverse entre la diversité et la

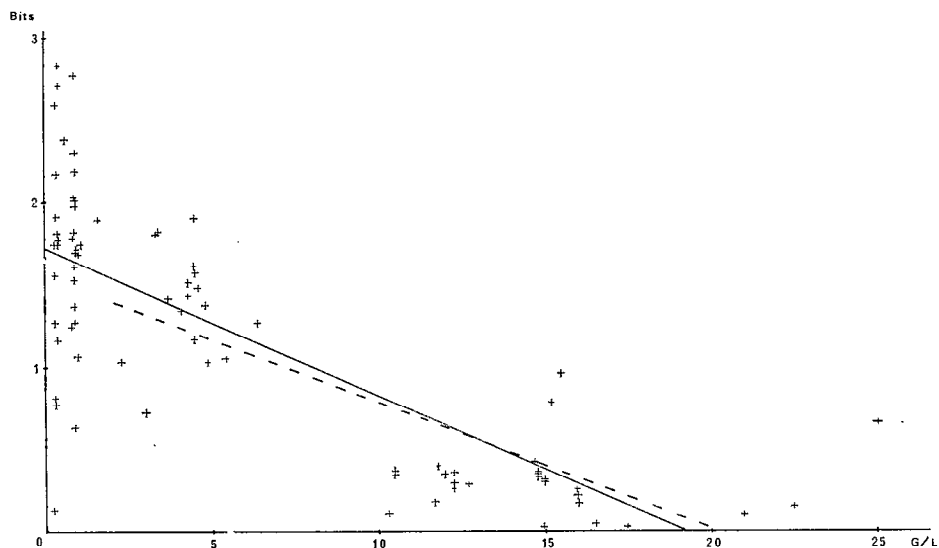


Fig. 2. — Relation entre la diversité spécifique des peuplements exprimée en bits et la concentration en sels du milieu exprimée en grammes par litre. La droite en tireté a été établie sans tenir compte des salinités inférieures à 2 grammes par litre.

biomasse de la communauté est signalée dans nombre d'investigations des écosystèmes marins et d'eau douce. De nombreux auteurs (YOUNT, 1956; SUTCLIFFE, 1960; MARGALEF, 1964; UHLMANN, 1966; LONGHURST, 1967; TIMONIN, 1971) font état de ce phénomène aussi bien pour le zoo- que pour le phytoplancton.

Nous avons donc vérifié ce fait et après transformation logarithmique ($\log n+1$) de nos données, le coefficient de corrélation hautement significatif est ici de $-0,76$, les limites de l'intervalle de

confiance étant approximativement $-0,65$ et $-0,83$ pour un coefficient de risque de $0,025$. La corrélation existante peut se représenter par l'équation : $\log (I+1) = -0,16 \log (B+1) + 0,56$, B étant la biomasse exprimée en microlitres par litre et I la diversité en bits (fig. 3). Cette relation ne fait d'ailleurs que confirmer les conclusions des paragraphes précédents; nous avons en effet vu plus haut qu'une relation inverse existe entre la diversité et la teneur en sels du milieu et d'autre part que la biomasse est reliée de façon positive à la salinité.

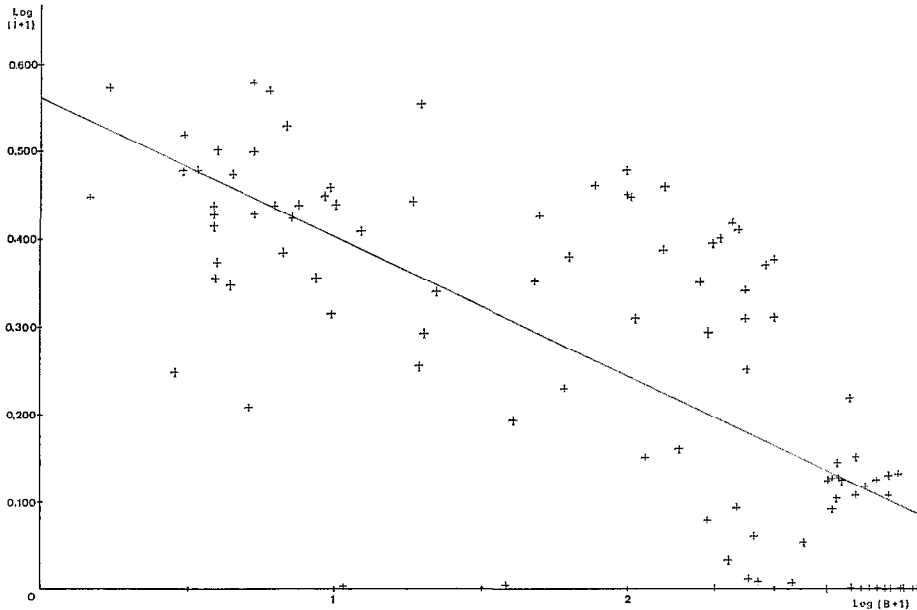


Fig. 3. — Relation entre la diversité spécifique exprimée en $\log (I+1)$ bit et la biomasse en $\log (B+1)$ microlitre par litre dans les lacs permanents.

Ces conclusions s'appliquent aux populations relativement stables qui occupent les milieux permanents; si l'on évalue maintenant la diversité des peuplements des mares temporaires, les valeurs obtenues sont toujours assez faibles et ne dépassent

jamais 2. Comme pour les lacs permanents, les indices de diversité ont été calculés d'après les effectifs et d'après les biomasses; il n'a été tenu compte pour la suite que de ces dernières valeurs (fig. 4).

	Latir P 1964-65	Latir P 1965-66	Latir P 1966	Latir P 1967-68	Maou-Leyla 1967-68	Mombolo ? *	Iseïrom **	Moro *	Latir A **
In moyen	0,725	0,972	1,234	0,621	0,710	0,254	0,910	1,057	0,077
I moyen.....	1,126	1,114	1,065	1,101	0,680	0,162	0,330	0,457	0,145
max.....	1,693	1,744	1,642	1,617	1,326	—	0,397	—	0,290
min.....	0,377	0,064	0,268	0,640	0,077	—	0,263	—	0,000
s ²	0,152	0,36	0,35	0,14	0,20	—	0,004	—	0,02
s.....	0,39	0,60	0,59	0,37	0,45	—	0,07	—	0,14

* 1 seul prélèvement.

** 2 prélèvements.

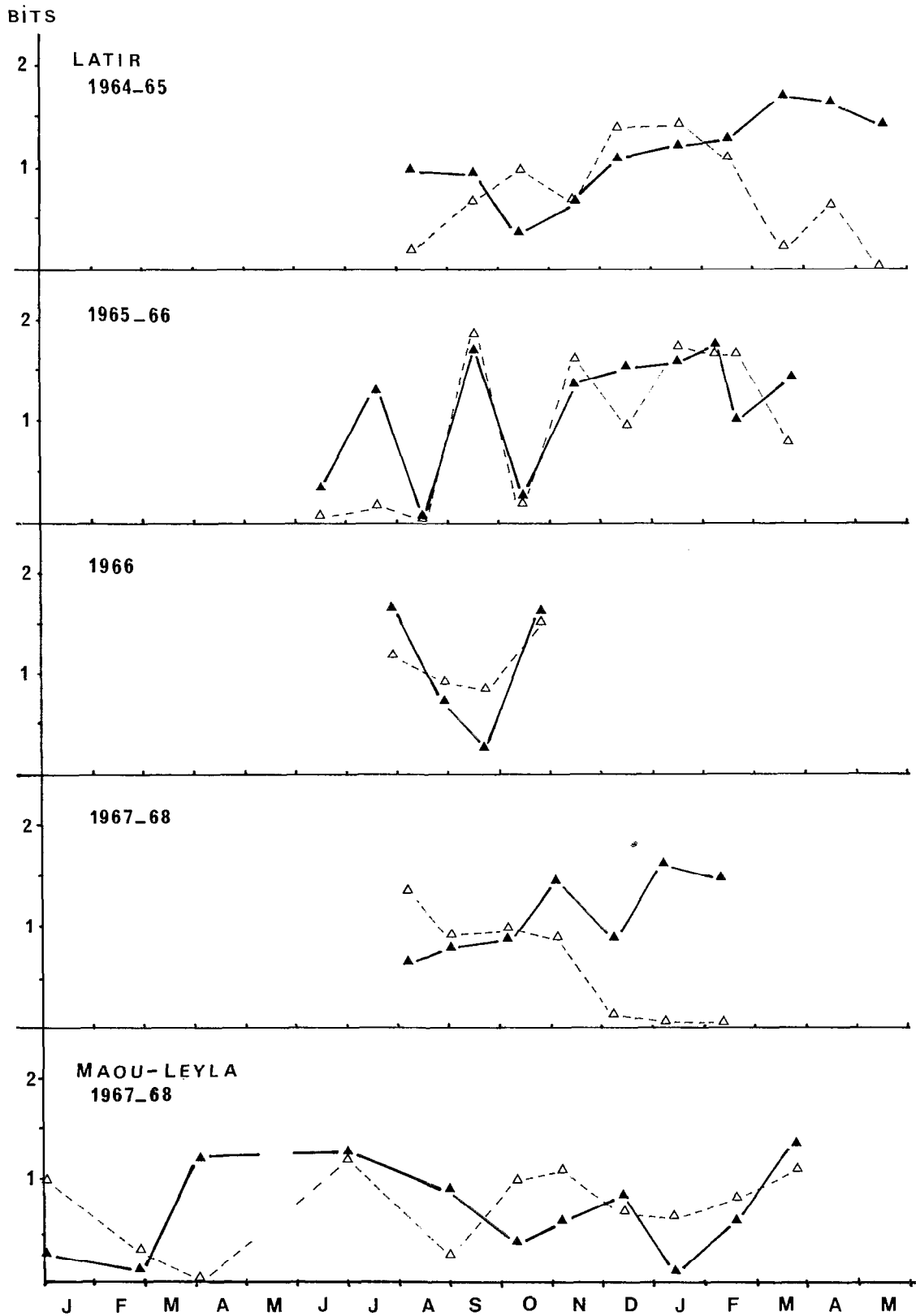


Fig. 4. — Variations de l'indice de diversité spécifique dans les mares temporaires de Latir au cours de quatre mises en eau successives et de Maou Leyla en 1967-68. La diversité a été calculée d'après l'effectif (en tireté) et d'après la biomasse (en trait plein) de chaque espèce.

Il apparaît difficile d'interpréter les variations observées au cours de la période d'inondation dans ces diverses mares. Comme il a été observé dans l'analyse des biomasses algales, on assiste aux dominances successives d'espèces qui se relaient rapidement à mesure que la salinité évolue. La diversité est donc très différente selon que l'échantillon a été prélevé au moment de la dominance maximale d'un ou deux taxons, ou durant une période où une espèce commence à dominer alors que le groupe dominant précédemment existe encore en quantité appréciable; les fins de période inondée

montrent une diversité en général plus élevée que la moyenne. Comme pour les milieux permanents, une corrélation a été recherchée entre la diversité et la teneur en sels du milieu; graphiquement on obtient une grande dispersion des points entre l'axe des salinités et un axe parallèle situé à hauteur de 2 bits (fig. 5). A l'inverse de ce qui existe dans les milieux permanents, le coefficient de corrélation trouvé est positif et égal à 0,43 soit une valeur hautement significative si l'on suppose que les 49 couples de valeurs utilisés sont approximativement distribués normalement.

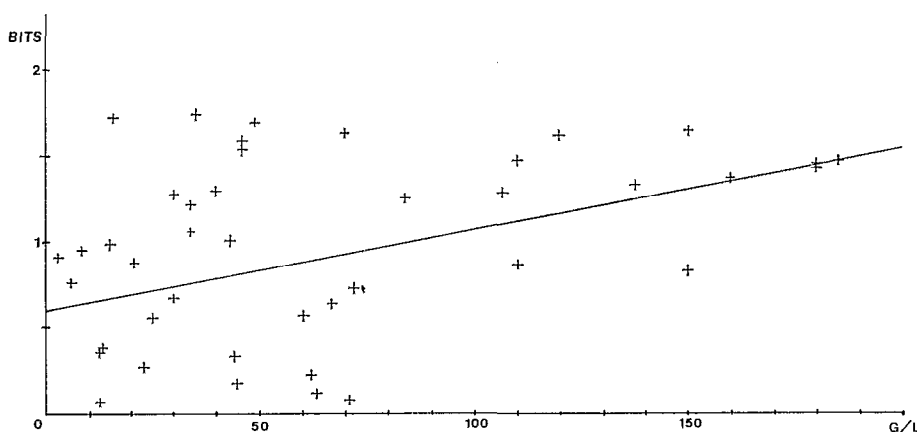


Fig. 5. — Relation entre la diversité spécifique des peuplements exprimée en bits et la concentration en sels du milieu en grammes par litre dans les mares temporaires étudiées.

L'explication de ce fait assez inattendu réside en l'existence d'un phénomène d'inertie chez les espèces au cours de variations rapides de salinité et ce particulièrement dans les mares temporaires à l'approche de l'assèchement. Durant cette période, la concentration en sels croît rapidement par suite de l'évaporation, les formes unicellulaires (*Pyramimonas*, *Chlamydomonas*, *Cryptomonas*, *Synechococcus* et *Synechocystis*) apparaissent et viennent s'ajouter à des espèces (*Oscillatoria platensis* et *Anabaenopsis arnoldii* par exemple) qui, bien qu'étant dans des conditions défavorables à leur développement, survivent dans le milieu à la suite d'une période plus favorable où elles se sont multipliées en masse. Les indices de diversité se trouvent donc les plus élevés durant la période qui précède directement l'assec.

Pour vérifier cette explication, le coefficient de corrélation entre diversité et salinité a été calculé en excluant les valeurs trouvées dans des milieux dépassant 100 g/l de concentration, ce qui élimine pratiquement toutes les données récoltées un à deux mois avant l'assèchement complet des mares. On a alors obtenu un coefficient nul (0,05) montrant

l'indépendance de ces deux variables. On peut donc considérer que les mares temporaires sont des milieux particulièrement instables où le phytoplancton ne parvient pas à un équilibre, la diversité toujours faible pouvant être l'indice de la présence permanente de peuplements jeunes qui disparaissent, rapidement remplacés par d'autres, sans avoir eu le temps de se diversifier. En fait, les variations de la diversité spécifique, aussi bien dans les eaux temporaires que permanentes, ne paraissent pas pouvoir être liées au déroulement de cycles avec des stades successifs tels qu'ils ont pu être définis pour le phytoplancton marin. En principe, les valeurs en général relativement faibles de la diversité correspondent à des peuplements jeunes à haut pouvoir de multiplication. Mais l'analyse des variations observées dans l'espace et dans le temps ne permet de mettre en évidence qu'une corrélation inverse avec la concentration en sels, et ce uniquement dans les lacs permanents, les fluctuations observées dans les mares temporaires apparaissant incohérentes. Il semble donc bien que l'on ne puisse appliquer à des milieux extrêmes, de petite taille, que ce soit des mares natronées ou d'autres milieux

	Bodou	Liwa	Rombou	Djikare	Kono Boulom**	Mombolo 4	Karama**	Mombolo 5 **
En	0	49,2	39,9	34,3	23,2	28,1	36,2	57,0
E.....	0	49,7	33,0	20,1	7,9	55,9	40,9	58,1
E max.....	0	67,4	97,0	25,7	10,1	67,5	51,4	56,9
E min.....	0	24,6	0,2	15,4	5,7	45,2	30,5	46,1
s ²	—	145,0	823,0	5,9	4,8	41,4	109,2	83,7
s.....	—	12,0	28,7	2,4	2,2	6,4	10,4	9,1

	Moylo	Yoursoula	Nguska*	3 ^e barrage	Doun Amran*	Koukou*	Mayolo*
En	23,4	53,5	63,4	33,4	20,9	29,7	84,8
E.....	47,5	55,8	54,0	46,3	51,5	69,3	63,1
E max.....	69,2	76,1	—	72,3	—	—	—
E min.....	18,2	26,6	—	7,9	—	—	—
s ²	177,4	174,8	—	311,0	—	—	—
s.....	13,3	13,2	—	17,6	—	—	—

* 1 seul échantillon.

** 2 échantillons.

particuliers, les conclusions sur l'évolution des communautés phytoplanctoniques obtenues à partir de peuplements existant dans de grandes étendues d'eau.

Le fait le plus marquant est la faiblesse des valeurs obtenues (presque toujours inférieures à 2,5 bits) pour tous les milieux prospectés. Les causes influant sur les valeurs de la diversité sont fonction de deux composantes : le nombre des espèces présentes et l'égalité de biomasse de ces espèces dans le peuplement. Le degré d'organisation d'un écosystème étant directement relié à la stabilité de l'environnement (MARGALEF, 1968), le nombre d'espèces présentes en un lieu et temps donné est lié à la stabilité des conditions de milieu; de plus, l'égalité des volumes des espèces présentes est inversement proportionnelle à l'activité biologique de l'écosystème. Une diversité faible sera donc le résultat d'une activité biologique intense alliée à un environnement instable : c'est exactement le cas dans les mares natronées temporaires. Dans les lacs permanents où les conditions de milieu restent relativement stables, la faible diversité est due à une activité biologique élevée : TALLING *et al.* (1973), dans une étude faite en Éthiopie, signalent des taux de production photosynthétique particulièrement hauts dans les lacs à Spirulines; d'autre part, dans les milieux où la concentration saline est importante, le nombre des espèces susceptibles de se développer se limite aux halobiontes.

3. VARIATIONS DE L'ÉQUITABILITÉ.

Le rapport I/I max est employé pour l'estimation de l'équitabilité, I étant la diversité observée et I max la diversité maximale correspondant à une distribution théorique dans laquelle tous les taxons seraient représentés en volume égal. La notion d'équitabilité peut être définie comme la possibilité d'ajustement du nombre ou du volume d'individus de chaque espèce de façon que les espèces communes deviennent plus rares et les espèces rares plus communes. Seules ont été prises en considération les espèces représentant au moins un pour mille de la biomasse présente dans l'écosystème, soit un nombre de taxons variant entre 1 et 20. Des estimations faites en tenant compte des espèces plus rares (au moins 1/10.000 de la biomasse) n'ont mis en évidence qu'une très légère diminution de la valeur moyenne de l'équitabilité, les variations relatives de celles-ci restant sensiblement identiques dans tous les milieux étudiés. Les résultats obtenus sont reproduits pour les lacs permanents sur la figure 6, les moyennes pour chaque milieu étant reportées dans le tableau ci-dessus; l'équitabilité calculée d'après les effectifs (En) est mentionnée à titre simplement indicatif et il n'en a pas été tenu compte par la suite.

Pour les mares temporaires, les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant (fig. 7).

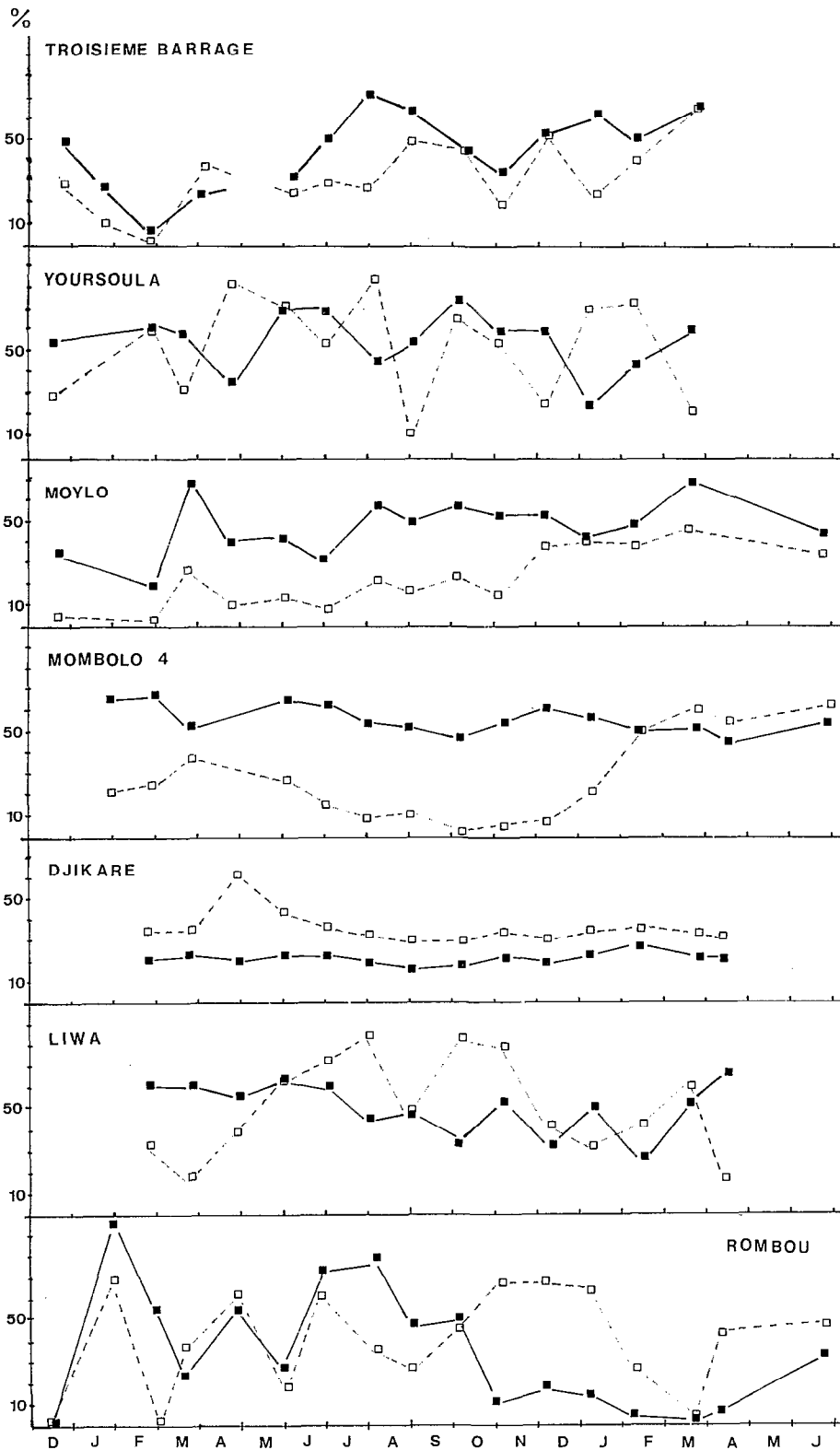


Fig. 6. — Variations de l'équitabilité dans les lacs permanents calculée d'après l'effectif (en tireté) et d'après la biomasse (en trait plein) des espèces présentes.

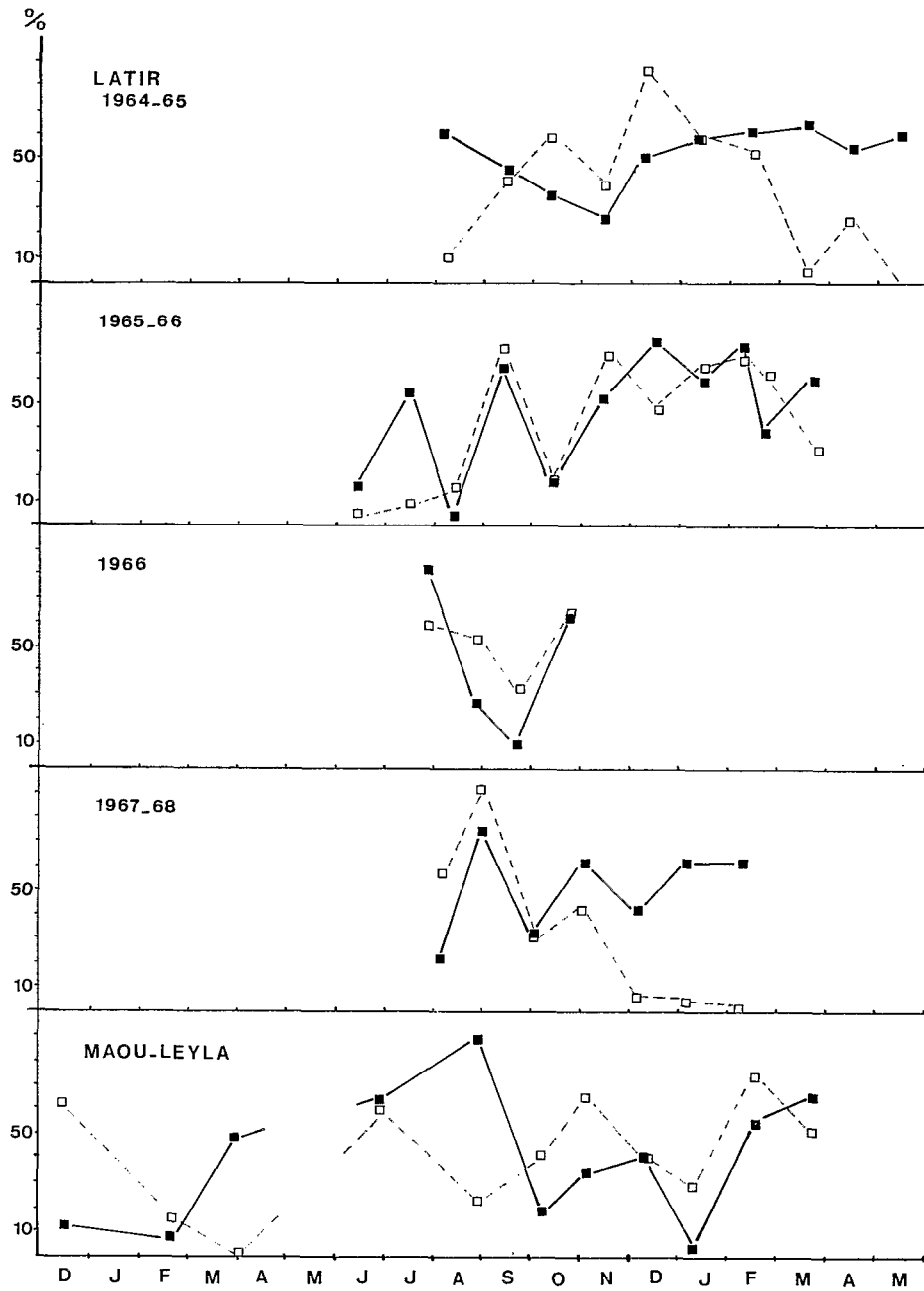


Fig. 7. — Variations de l'équitabilité dans les mares temporaires calculée d'après l'effectif (en tireté) et la biomasse (en trait plein) des espèces présentes.

	Latir P 1964-65	Latir P 1965-66	Latir P 1966	Latir P 1967-68	Maou-Leyla 1967-68	Mombolo 2 *	Iseirom **	Moro *	Latir A **
En	39,7	43,3	52,7	34,8	43,1	12,7	70,7	45,5	4,8
E.....	53,8	47,9	45,8	51,8	40,5	8,1	28,1	22,3	9,1
max.....	65,5	76,3	82,1	76,6	90,4	—	39,7	—	18,3
min.....	28,8	4,0	10,4	22,8	4,9	—	16,6	—	0,0
s ²	134,9	564,7	795,0	330,8	694,8	—	133,4	—	83,7
s.....	11,6	23,8	28,2	18,2	26,4	—	11,5	—	9,1

* 1 seul prélèvement.

** 2 prélèvements.

Comme on peut le voir en comparant les figures 1 à 6 et 4 à 7 l'équitabilité n'apporte que peu d'information supplémentaire par rapport à celle donnée par l'indice de diversité. Ses variations suivent celles de cet indice et la corrélation entre les deux est très forte aussi bien dans les milieux permanents ($r = 0,91$) que temporaires ($r = 0,86$).

4. DISTRIBUTION D'ABONDANCE DES ESPÈCES.

Tandis que l'indice de diversité spécifique caractérise par un seul nombre la structure d'un peuplement, l'étude de la distribution d'abondance des espèces présentes permet une description complète et éventuellement une représentation à l'aide d'un modèle mathématique approprié de la configuration d'une taxicénose. Les modèles qui paraissent les plus aptes à être utilisés en pratique sont le modèle log-linéaire de Motomura (1932), le modèle log-normal de Preston (1948) et les modèles de Mac Arthur (1957). Plusieurs auteurs parmi lesquels PATRICK, HOHN et WALLACE (1954), PATRICK et STRAWBRIDGE (1963), INAGAKI (1967) ont ajusté l'un ou l'autre de ces modèles aux données obtenues sur des peuplements phytoplanctoniques.

Avec les données recueillies sur le plancton végétal des mares natronées, en partant du volume de chacune des espèces trouvées dans chaque prélèvement, on a porté en abscisse les rangs des espèces en allant de la plus abondante à la plus rare et en ordonnée le logarithme de la biomasse de chacune, de préférence aux effectifs. Les points obtenus apparaissent dans la grande majorité des cas approximativement alignés et le modèle log-linéaire de Motomura est le modèle qui peut être, avec le plus de précision, ajusté à ces données. On s'est limité en premier lieu aux milieux permanents qui possèdent des peuplements stabilisés par opposition aux mares temporaires et aux ouadis comme Liwa ou Yoursoula où la taxicénose est continuellement en déséquilibre. La droite de régression entre le logarithme des biomasses estimées et leur rang de classement a été calculée pour chacun des relevés effectués. Les résultats pour chaque groupe de biotopes sont consignés dans les tableaux suivants (fig. 8) où r est le coefficient de corrélation, a la pente de la droite de régression et m la constante de Motomura appelée aussi constante de milieu; celle-ci est l'antilogarithme de la pente de la droite de régression et sa valeur caractérise le milieu étudié (INAGAKI, 1967).

Milieux polycarbonatés Rombou

	30-1-67	1-3-67	21-3-67	25-4-67	30-5-67	27-6-67	6-8-67	1-9-67	4-10-67
r.....	-0,956	-0,999	-0,989	-0,978	-0,937	-0,970	-0,948	-0,986	-0,973
a.....	-1,448	-1,600	-0,923	-0,684	-0,554	-0,638	-0,575	-1,008	-1,130
m.....	0,036	0,025	0,119	0,207	0,279	0,230	0,266	0,098	0,074

	2-11-67	5-12-67	5-1-68	8-2-68	9-4-68	26-6-68	21-1-69	Moy.	s ²	s
r.....	-0,993	-0,995	-0,999	-0,879	-0,900	-0,971	-0,976	-0,966	0,0011	0,0337
a.....	-1,083	-1,135	-1,399	-0,731	-1,216	-0,995	-1,112	—	—	—
m.....	0,083	0,073	0,040	0,186	0,061	0,101	0,077	0,122	0,0065	0,0809

Milieux mésocarbonatés
Djikare

	25-2-69	23-3-67	26-4-67	1-6-67	29-6-67	31-7-67	29-8-67	6-10-67
r.....	— 0,981	— 0,985	— 0,978	— 0,974	— 0,961	— 0,974	— 0,974	— 0,978
a.....	— 0,784	— 0,821	— 0,785	— 0,743	— 0,661	— 0,748	— 0,770	— 0,877
m.....	0,164	0,151	0,164	0,181	0,218	0,179	0,170	0,133

	5-11-67	6-12-67	10-1-68	12-2-68	23-3-68	11-4-68	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,980	— 0,987	— 0,979	— 0,980	— 0,971	— 0,950	— 0,975	0,00008	0,0092
a.....	— 0,778	— 0,835	— 0,837	— 0,838	— 0,795	— 0,766	—	—	—
m.....	0,167	0,146	0,146	0,145	0,160	0,171	0,164	0,00040	0,0201

Mombolo 4

	28-1-67	25-2-67	26-3-67	3-6-67	29-6-67	1-8-67	29-8-67	6-10-67	6-11-67
r.....	— 0,905	— 0,906	— 0,928	— 0,917	— 0,937	— 0,988	— 0,985	— 0,961	— 0,954
a.....	— 0,347	— 0,384	— 0,319	— 0,548	— 0,659	— 0,549	— 0,438	— 0,427	— 0,469
m.....	0,450	0,413	0,480	0,283	0,219	0,283	0,365	0,374	0,340
	7-12-67	9-1-68	12-2-68	23-3-68	13-4-68	29-6-68	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,962	— 0,931	— 0,975	— 0,964	— 0,973	— 0,982	— 0,951	0,00076	0,0275
a.....	— 0,495	— 0,571	— 0,568	— 0,697	— 0,711	— 0,719	—	—	—
m.....	0,320	0,269	0,270	0,201	0,195	0,191	0,310	0,00797	0,089

Kono Boulom

	N 16-12-66	S 16-12-66	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,965	— 0,988	— 0,976	0,00013	0,0115
a.....	— 0,988	— 1,008	—	—	—
m.....	0,103	0,098	0,100	0,000006	0,0024

Karama

	28-2-67	27-6-68	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,953	— 0,990	— 0,971	0,00034	0,0185
a.....	— 0,647	— 0,683	—	—	—
m.....	0,225	0,207	0,216	0,000081	0,009

Milieux oligocarbonatés et eaux douces relativement riches en sels dissous
Moylo

	17-12-66	28-2-67	21-3-67	25-4-67	30-5-67	28-6-67	6-8-67	31-8-67	4-10-67
r.....	— 0,949	— 0,938	— 0,988	— 0,974	— 0,978	— 0,982	— 0,964	— 0,982	— 0,979
a.....	— 0,166	— 0,182	— 0,137	— 0,165	— 0,145	— 0,227	— 0,192	— 0,196	— 0,205
m.....	0,682	0,658	0,729	0,684	0,716	0,593	0,643	0,637	0,624

	3-11-67	5-12-67	7-1-68	9-2-68	22-3-68	27-6-68	Moy.	s ²	s
r.....	- 0,958	- 0,980	- 0,987	- 0,988	- 0,972	- 0,980	- 0,973	0,000205	0,0143
a.....	- 0,182	- 0,357	- 0,322	- 0,250	- 0,281	- 0,220	—	—	—
m.....	0,658	0,440	0,476	0,562	0,524	0,603	0,615	0,00661	0,0813

3^e barrage

	20-12-66	21-1-67	23-2-67	3-4-67	6-6-67	1-7-67	28-7-67	28-8-67
r.....	- 0,939	- 0,932	- 0,869	- 0,956	- 0,968	- 0,972	- 0,988	- 0,991
a.....	- 0,179	- 0,194	- 0,226	- 0,249	- 0,197	- 0,184	- 0,191	- 0,205
m.....	0,662	0,640	0,594	0,564	0,635	0,655	0,644	0,624

	8-10-67	4-11-67	6-12-67	8-1-68	9-2-68	22-3-68	Moy.	s ²	s
r.....	- 0,981	- 0,983	- 0,973	- 0,967	- 0,967	- 0,970	- 0,961	0,00091	0,0302
a.....	- 0,190	- 0,282	- 0,255	- 0,286	- 0,222	- 0,161	—	—	—
m.....	0,646	0,522	0,556	0,518	0,600	0,691	0,611	0,00264	0,051

Divers

	Koukou	Mayolo	Doun Amran	Nguska	Mombolo 5	Mombolo 5			
	6-1-68	6-1-68	27-6-68	27-6-68	25-2-67	9-1-68	Moy.	s ²	s
r.....	- 0,933	- 0,992	- 0,990	- 0,992	- 0,969	- 0,986	- 0,977	0,000072	0,0085
a.....	- 0,156	- 0,445	- 0,261	- 0,314	- 0,281	- 0,395	—	—	—
m.....	0,698	0,359	0,548	0,485	0,523	0,404	0,463	0,0035	0,0595

De l'analyse de ces tableaux, il ressort que la loi de Motomura selon laquelle les biomasses dans une biocénose tendent à se distribuer suivant une progression géométrique se trouve rigoureusement vérifiée dans quatre cas sur seize à Rombou; elle l'est assez bien dans deux cas et approximativement dans six cas. On admet en effet que la valeur absolue du coefficient de corrélation entre les biomasses et le rang des espèces permet de tester l'ajustement d'une distribution à la loi de Motomura. Cette dernière est rigoureusement vérifiée pour des corrélations supérieures à 0,99, assez bien vérifiée pour celles supérieures à 0,98 et approximativement vérifiée pour des valeurs supérieures à 0,95. Les seuils définis n'ont aucune signification statistique et ont été choisis pour des raisons de commodité et de simplicité. Au-dessous de 0,95, l'ajustement est considéré comme mauvais.

Dans les lacs mésocarbonatés, cette loi est approximativement vérifiée dans neuf cas et assez bien dans cinq cas sur quatorze à Djikare. A Mombolo 4, elle est assez bien vérifiée dans trois

cas et approximativement dans six cas sur quinze tandis que pour Kono Boulom et Karama, sur 4 valeurs, on trouve un ajustement rigoureux, deux approximatifs et un assez bon.

Dans les lacs oligocarbonatés et les milieux d'eau douce relativement riches en sels dissous, l'ajustement est bon dans quatre cas relevés, assez bon dans onze cas et approximatif dans quatorze cas sur trente cinq; six prélèvements ne présentent pas un ajustement compatible avec la loi de Motomura.

Les moyennes calculées pour chaque milieu sont très voisines les unes des autres. Si l'on classe les résultats obtenus par groupe de salinité, les moyennes obtenues, 0,966 pour les milieux polycarbonatés, 0,964 pour les lacs mésocarbonatés, 0,969 pour les milieux oligocarbonatés ou d'eau douce relativement riches en sels dissous, ne présentent pas de différences significatives. On peut donc dire en conclusion que les biomasses des diverses espèces tendent dans tous ces milieux vers une distribution pouvant s'ajuster approximativement à la loi de Motomura, étant admis que seuls sont pris en considération les

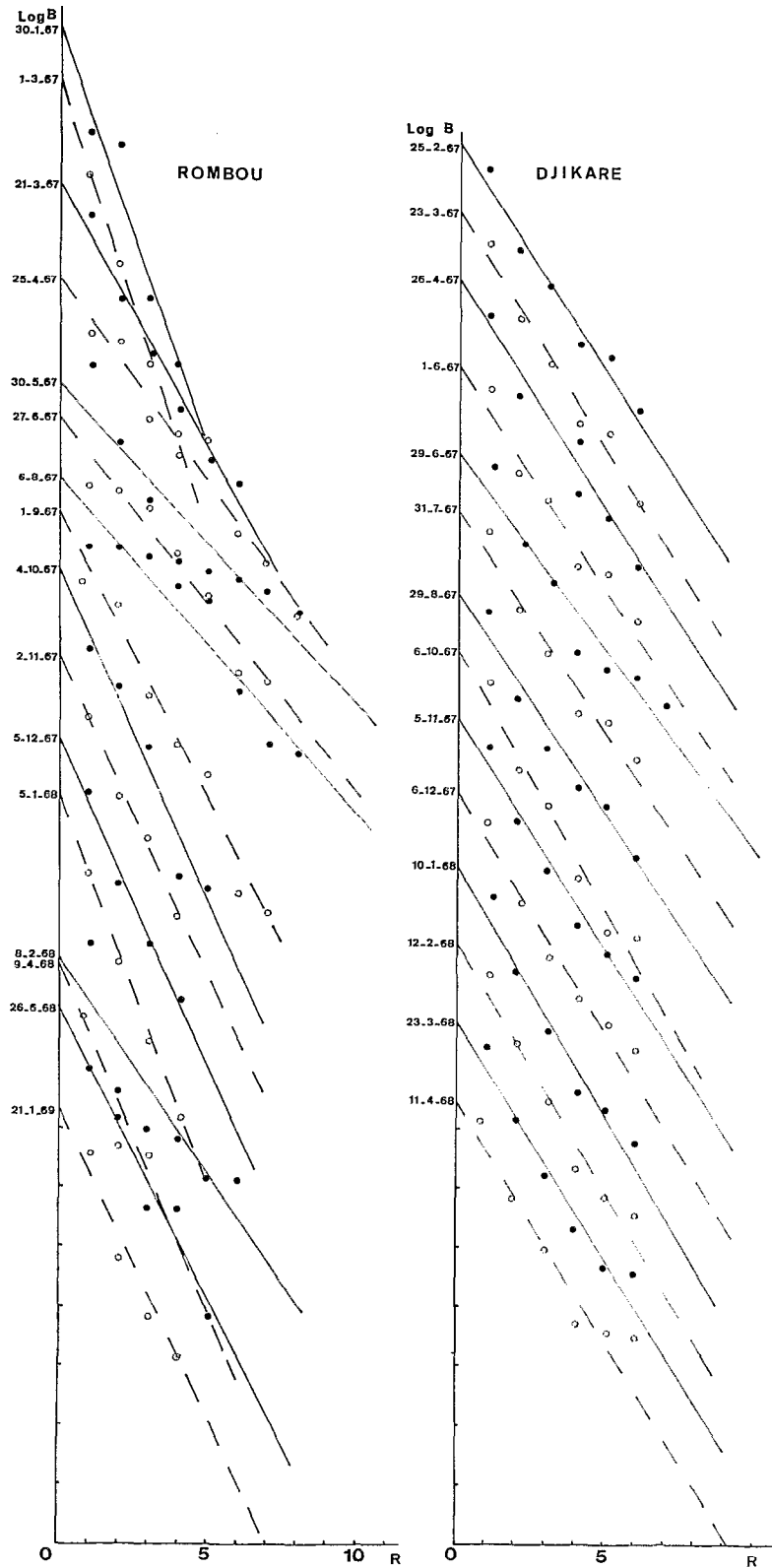


Fig. 8. — A) Distribution d'abondance des espèces dans les lacs de Rombou et de Djikare. En abscisse, le rang des espèces classées par ordre de biomasse décroissante ; en ordonnée, le logarithme de la biomasse totale de chaque espèce. L'axe des abscisses est décalé à chaque prélèvement, celui représenté correspondant à celui du dernier prélèvement effectué.

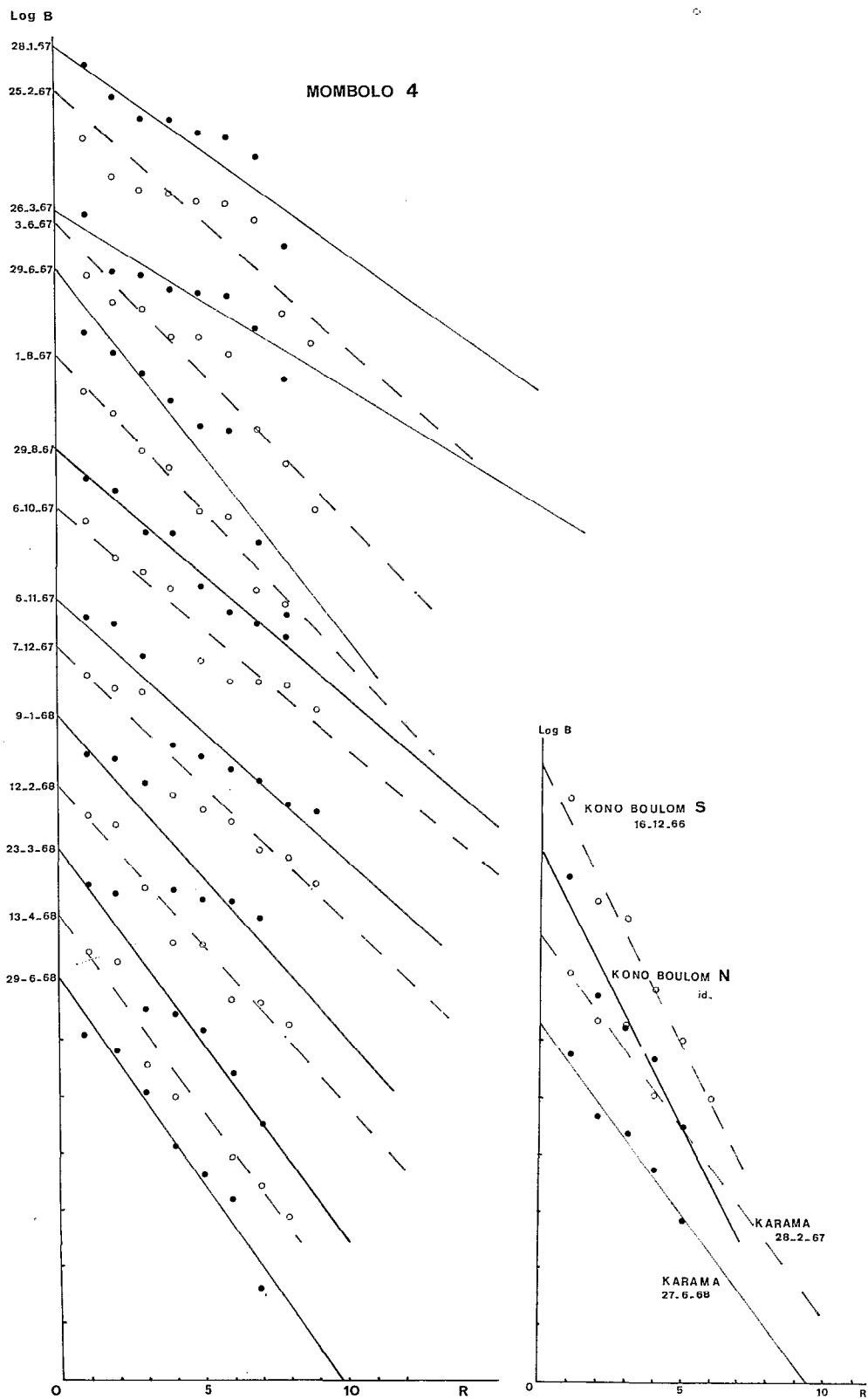


Fig. 8. — B) Distribution d'abondance des espèces dans les lacs de Mombolo 4, de Kono Boulom et de Karama.

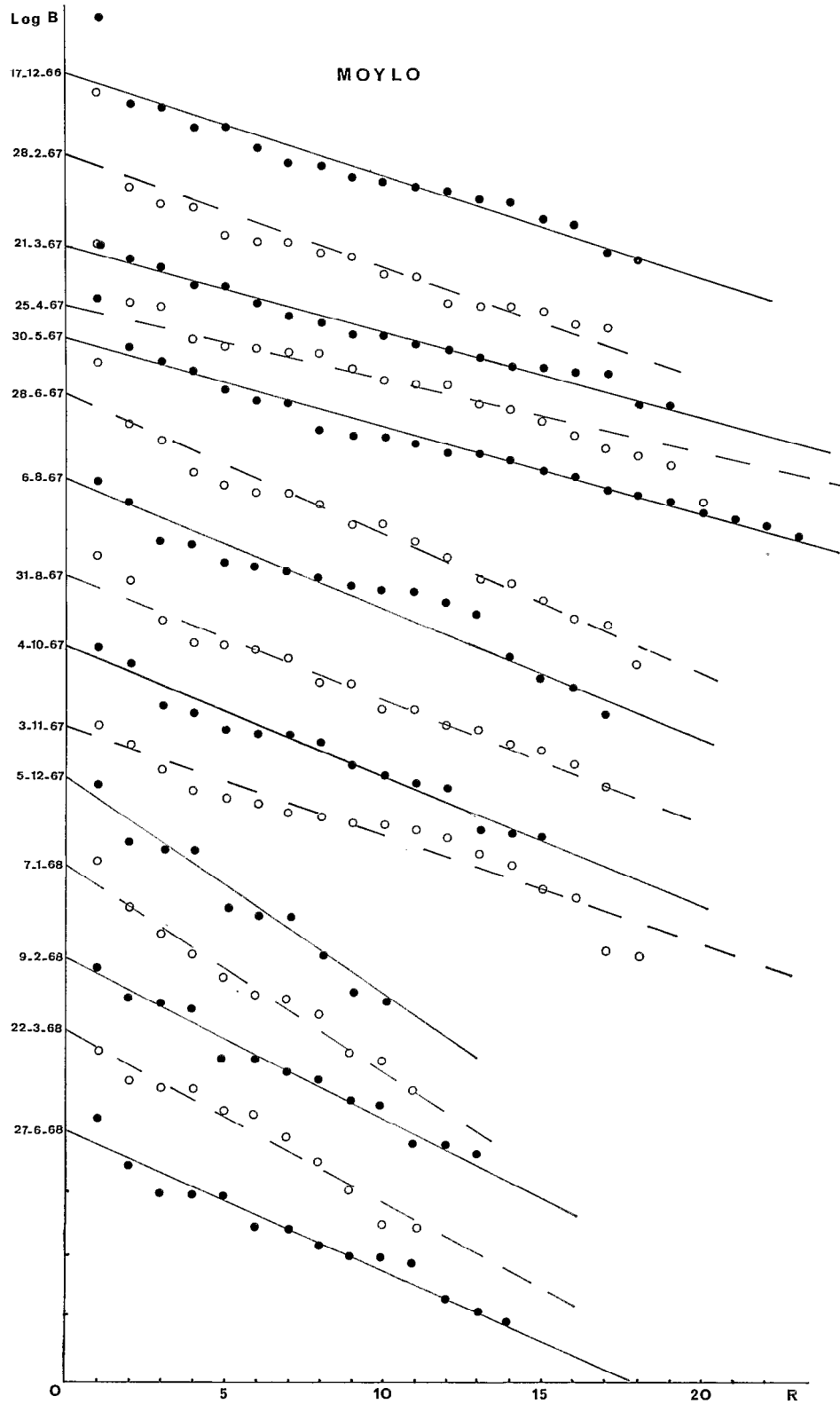


Fig. 8. — C) Distribution d'abondance des espèces dans le lac de Moylo.

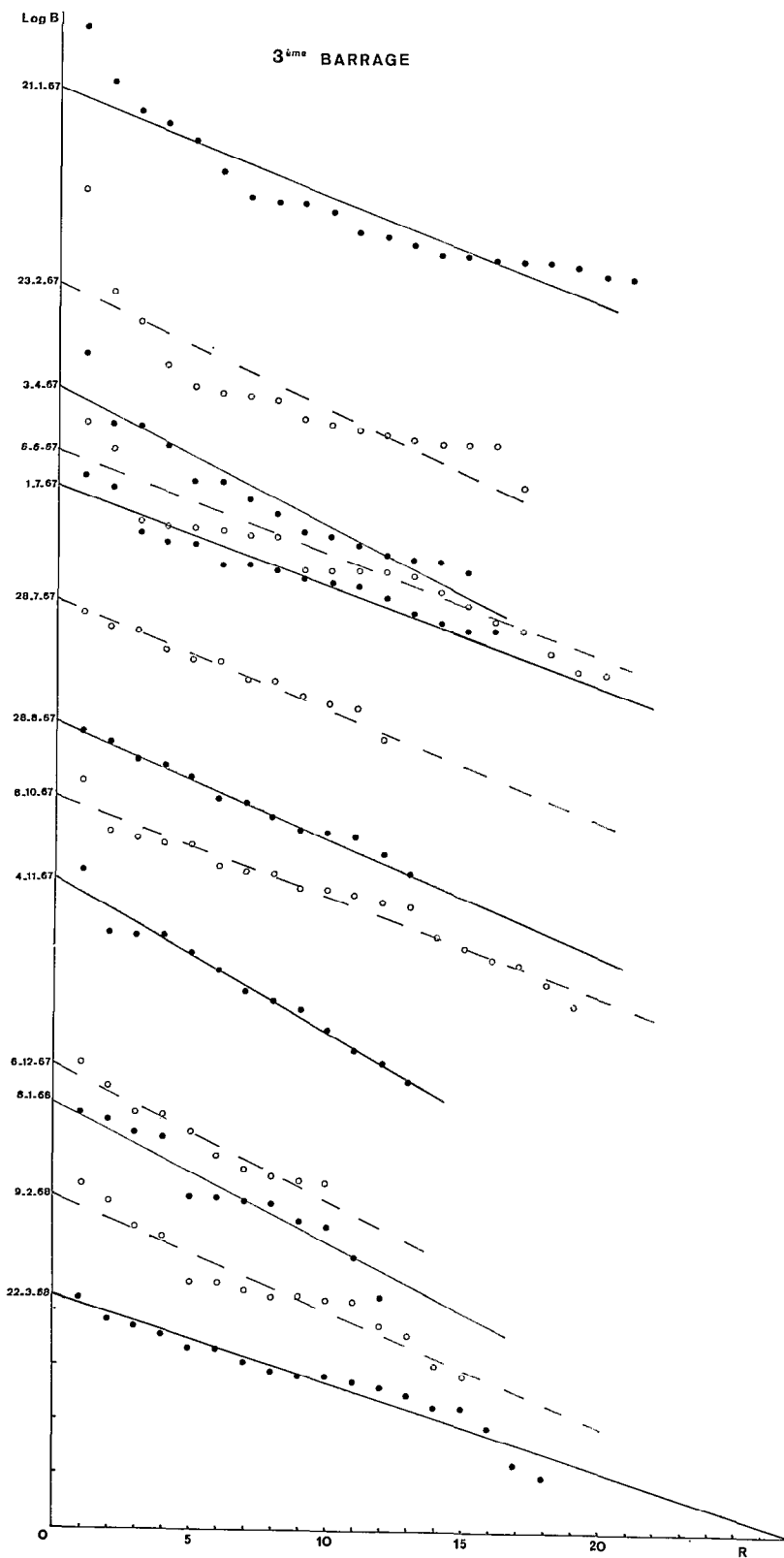


Fig. 8. — D) Distribution d'abondance des espèces dans la mare du troisième barrage.

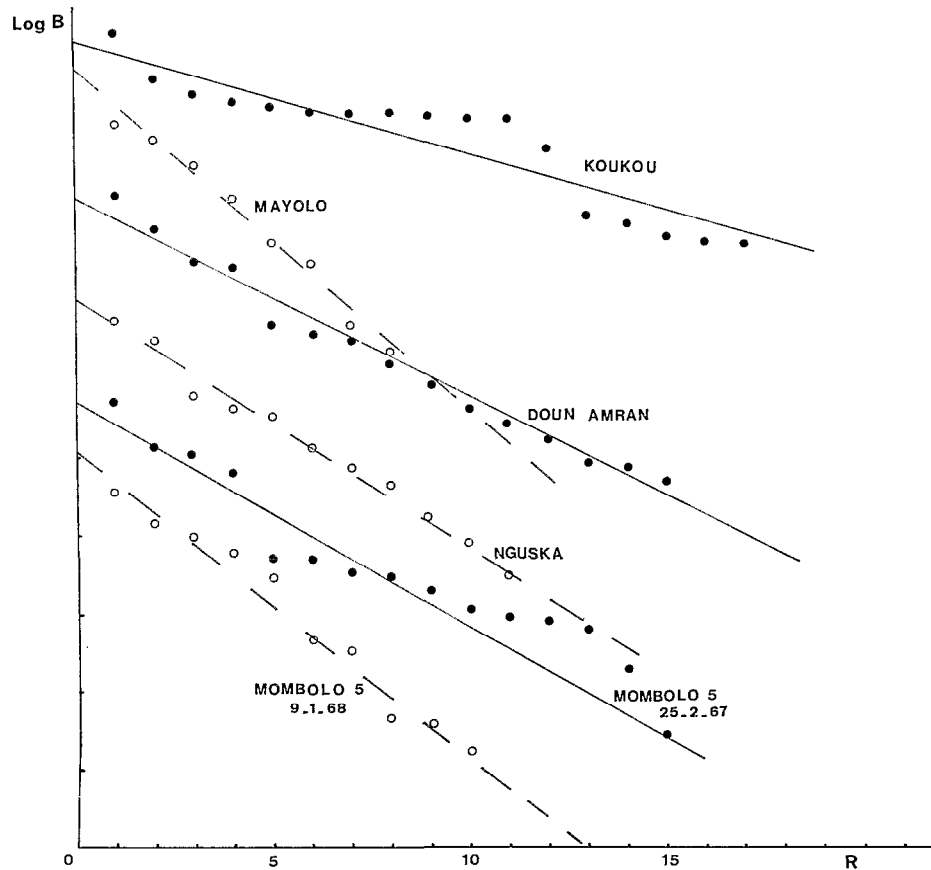


Fig. 8. — E) Distribution d'abondance des espèces dans les lacs de Koukou, MayoLo, Doun Amran, Nguska et Mombolo 5.

peuplements en équilibre existant dans les pièces d'eau permanentes où les conditions de milieu restent relativement stables en comparaison des modifications rapides qui interviennent dans les mares temporaires.

Dans l'ensemble des lacs permanents étudiés, la pente de la droite de régression de la biomasse spécifique exprimée en logarithme en fonction du rang de cette espèce varie entre $-0,137$ et $-1,600$. Elle est plus élevée dans les milieux peu concentrés en sels que dans les lacs très natronés. En partant des valeurs obtenues, la relation existant entre le logarithme de la pente de la droite de régression et la salinité du milieu a été recherchée (fig. 9). Les valeurs figurées par un point correspondent aux peuplements du premier semestre 1967 à Rombou, période qui est marquée par la présence d'un peuplement en cours de remaniement. Il n'en a pas été tenu compte pour les calculs suivants. Un coefficient de corrélation négatif de $-0,91$

a été obtenu pour une équation de la droite de régression pouvant s'écrire : $\log a = -0,45 C - 0,25$, C étant la concentration exprimée en grammes par litre.

Si l'on se limite maintenant aux relevés où la distribution quantitative des espèces suit au moins approximativement la loi de Motomura, la constante de milieu m qui est l'antilogarithme de la pente de la droite de régression est elle aussi reliée à la salinité par une relation du type : $m = -0,029 C + 0,55$, C étant la salinité exprimée en grammes par litre; le coefficient de corrélation égal à $0,86$ est hautement significatif (fig. 10). Les valeurs de la constante de Motomura diminuent à mesure que la concentration saline augmente, les valeurs les plus faibles existant dans les milieux les plus extrêmes.

Dans les milieux temporaires, la corrélation existant entre le logarithme de la biomasse de chaque espèce et son rang a de même été calculée; les résultats figurent dans les tableaux suivants (fig. 11).

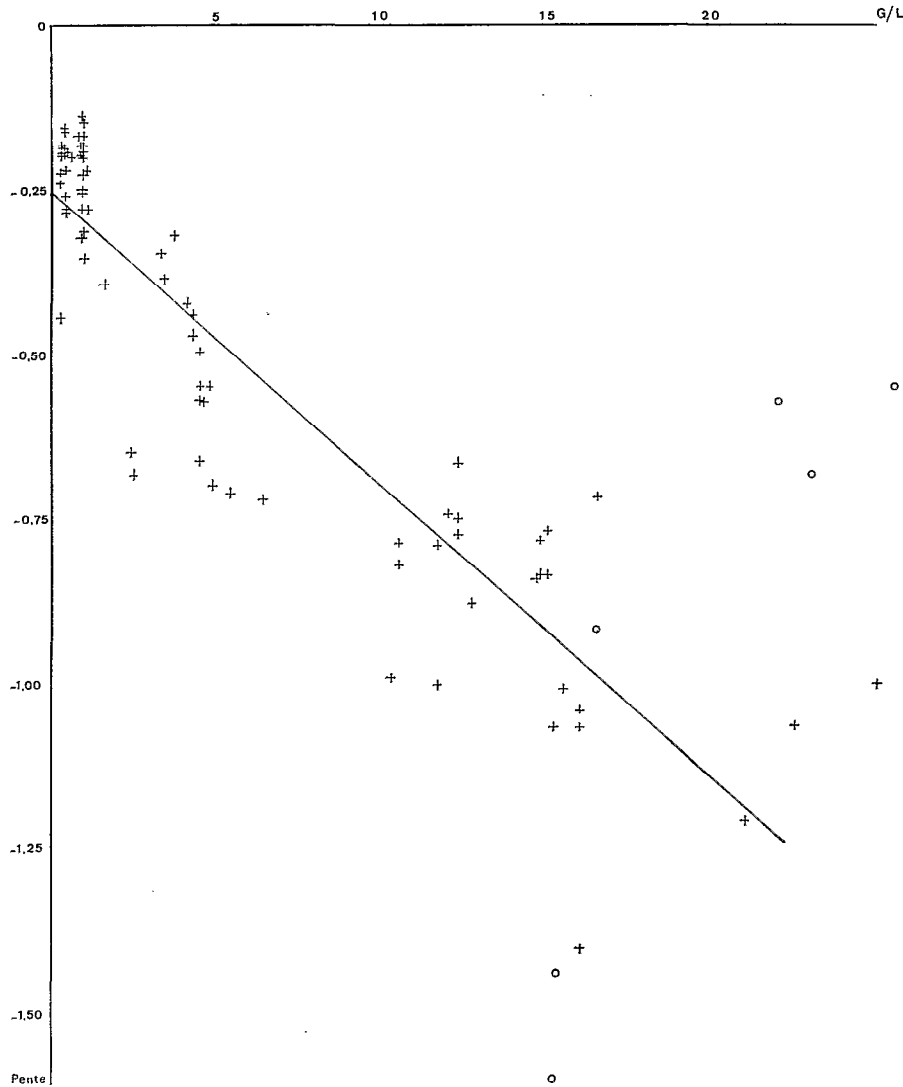


Fig. 9. — Corrélation entre la teneur en sels du milieu et la pente de la droite de régression entre logarithme de la biomasse et rang des espèces présentes. Les valeurs figurées par un point correspondent aux peuplements du premier semestre 1967 à Rombou.

L'ajustement à la loi de Motomura n'est pas réalisé pour l'ensemble des prélèvements faits à Latir (coefficient de corrélation 0,948), toutefois la moyenne pour les peuplements de 1964-65 et 1965-66 permet un ajustement approximatif à cette loi. A Maou Leyla, celle-ci est rigoureusement vérifiée dans deux cas sur dix, assez bien dans quatre cas et approximativement dans deux cas. On remarquera que l'ajustement est d'autant meilleur que la période en eau est longue.

5. CONCLUSIONS.

L'étude des structures des biocénoses algales des eaux natronées du Kanem permet de distinguer deux

catégories de peuplements qui apparaissent liées aux conditions hydrologiques des milieux où elles se trouvent. Ce sont en premier lieu les biocénoses équilibrées qui présentent un profil spécifique caractéristique s'ajustant au moins approximativement à un modèle log-linéaire. Elles se présentent dans les différents milieux permanents étudiés. Cette loi de progression géométrique concernant la distribution de la densité de population a été étudiée par UTIDA (1943), MOTOMURA (1947) dont elle porte le nom et INAGAKI (1967); elle est, d'après le second de ces auteurs, une conséquence de la lutte pour la vie des espèces vivant dans un même milieu, l'espèce la plus abondante ayant la plus grande puissance dans la lutte pour la vie; elle n'est, de plus, valable

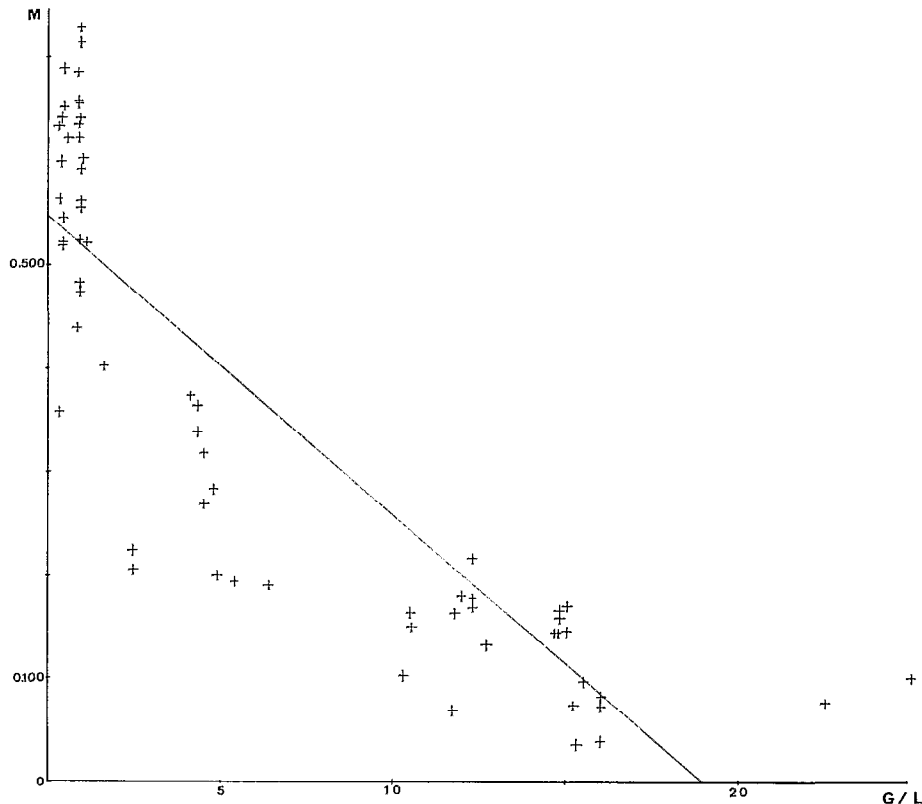


Fig. 10. — Corrélation entre la teneur en sels dissous du milieu et la constante de Motomura m des populations algales.

que lorsque les espèces ont des formes de vie et des tailles pas trop différentes. C'est pourquoi au vu des tailles très différentes des taxons présents et en accord avec le raisonnement de Motomura, nous avons ici utilisé les biomasses de préférence aux effectifs. Toutefois ce choix n'est pas sans inconvénients et il entraîne les deux imprécisions suivantes s'ajoutant à celles dues aux méthodes d'échantillonnage et de numération; en premier lieu, la conversion du nombre de cellules, de filaments ou de cénobes par litre en biovolume ne peut se faire sans erreurs dues à l'approximation de l'estimation du volume moyen de chaque cellule, filament ou cénobe. De plus, la place occupée par une cellule ou un groupe de cellules dans une biocénose n'est pas exactement fonction du volume de celle-ci mais de son état physiologique, de la taille des plastes, et, pour les Diatomées par exemple, du cytoplasme présent à l'intérieur du frustule. En regard de ces causes d'imprécision supplémentaires, les seuils du coefficient de corrélation entre le rang et le logarithme des biomasses spécifiques habituellement admis pour vérifier l'ajustement à un modèle log-linéaire, soit 0,95, 0,98 et 0,99, paraissent élevés et un

abaissement d'un centième d'unité pour chacun d'eux pourrait être appliqué dans les études à venir utilisant les biomasses algales.

Enfin, la loi de Motomura serait d'autre part rigoureusement vérifiée lorsque les conditions suivantes sont réalisées (INAGAKI, *ibid.*) :

1. Équilibre entre espèces en concurrence;
2. Homogénéité écologique des constituants de la population;
3. Utilisation suffisante de l'espace.

On peut admettre que les deux dernières conditions se trouvent remplies dans le cas de nos peuplements d'algues et les cas où la loi n'est pas vérifiée correspondront à des peuplements déséquilibrés en période de remaniement. Si pour vérifier cette hypothèse, on examine les taxicénoses analysées au cours de cette étude dans les lacs permanents, on trouve tout d'abord une population pratiquement monospécifique qui occupe le lac de Bodou tout au long de l'année; c'est le cas aussi du lac Werowrap dont la concentration en sels varie entre 23 et 56 g/l qui a été étudié en Australie par WALTER (1973); bien que,

Milieux temporaires

Latir P

1964-65

	9-8-64	14-9-64	11-10-64	14-11-64	8-12-64	14-1-65
r.....	— 0,968	— 0,989	— 0,985	— 0,995	— 0,985	— 0,905
a.....	— 0,756	— 0,949	— 1,584	— 0,719	— 0,790	— 1,282
m.....	0,176	0,112	0,026	0,191	0,162	0,052

	15-2-65	17-3-65	14-4-65	13-5-65	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,892	— 0,954	— 0,970	— 0,986	— 0,963	0,0012	0,034
a.....	— 1,221	— 0,259	— 0,349	— 0,511	—	—	—
m.....	0,060	0,551	0,448	0,308	0,209	0,0277	0,1665

1965-66

	13-6-65	19-7-65	13-8-65	13-9-65	13-10-65	14-11-65	13-12-65
r.....	— 0,948	— 0,969	— 0,911	— 0,979	— 0,918	— 0,985	— 0,957
a.....	— 0,792	— 0,591	— 1,315	— 0,523	— 0,925	— 0,521	— 0,832
m.....	0,162	0,407	0,048	0,300	0,119	0,301	0,147

	14-1-66	8-2-66	19-2-66	21-3-66	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,983	— 0,984	— 0,966	— 0,931	— 0,957	0,00066	0,0257
a.....	— 0,483	— 0,346	— 0,474	— 0,405	—	—	—
m.....	0,329	0,451	0,336	0,394	0,245	0,0201	0,1419

1966

	27-7-66	27-8-66	20-9-66	24-10-66	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,887	— 0,915	— 0,933	— 0,957	— 0,923	0,00065	0,0115
a.....	— 0,621	— 0,440	— 0,574	— 0,290	—	—	—
m.....	0,239	0,363	0,267	0,513	0,345	0,0115	0,1071

1967-68

	6-8-67	4-10-67	3-11-67	5-12-67	7-1-67	9-2-68	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,876	— 0,951	— 0,964	— 0,982	— 0,946	— 0,975	— 0,949	0,00122	0,0349
a.....	— 0,328	— 0,492	— 0,484	— 0,607	— 0,577	— 0,523	—	—	—
m.....	0,470	0,322	0,328	0,248	0,265	0,300	0,3222	0,00519	0,0720

Maou-Leyla

1967-68

	16-12-66	26-2-67	2-4-67	30-6-67	9-10-67	7-11-67	12-12-67	12-1-68	18-2-68	23-3-68	Moy.	s ²	s
r.....	— 0,974	— 0,981	— 0,981	— 0,980	— 0,968	— 0,994	— 0,997	— 0,933	— 0,940	— 0,989	— 0,974	0,000416	0,0204
a.....	— 1,129	— 1,403	— 0,617	— 0,847	— 0,727	— 1,025	— 0,743	— 1,036	— 1,253	— 0,406	—	—	—
m.....	0,074	0,039	0,242	0,142	0,188	0,094	0,181	0,092	0,056	0,393	0,150	0,01034	0,1017

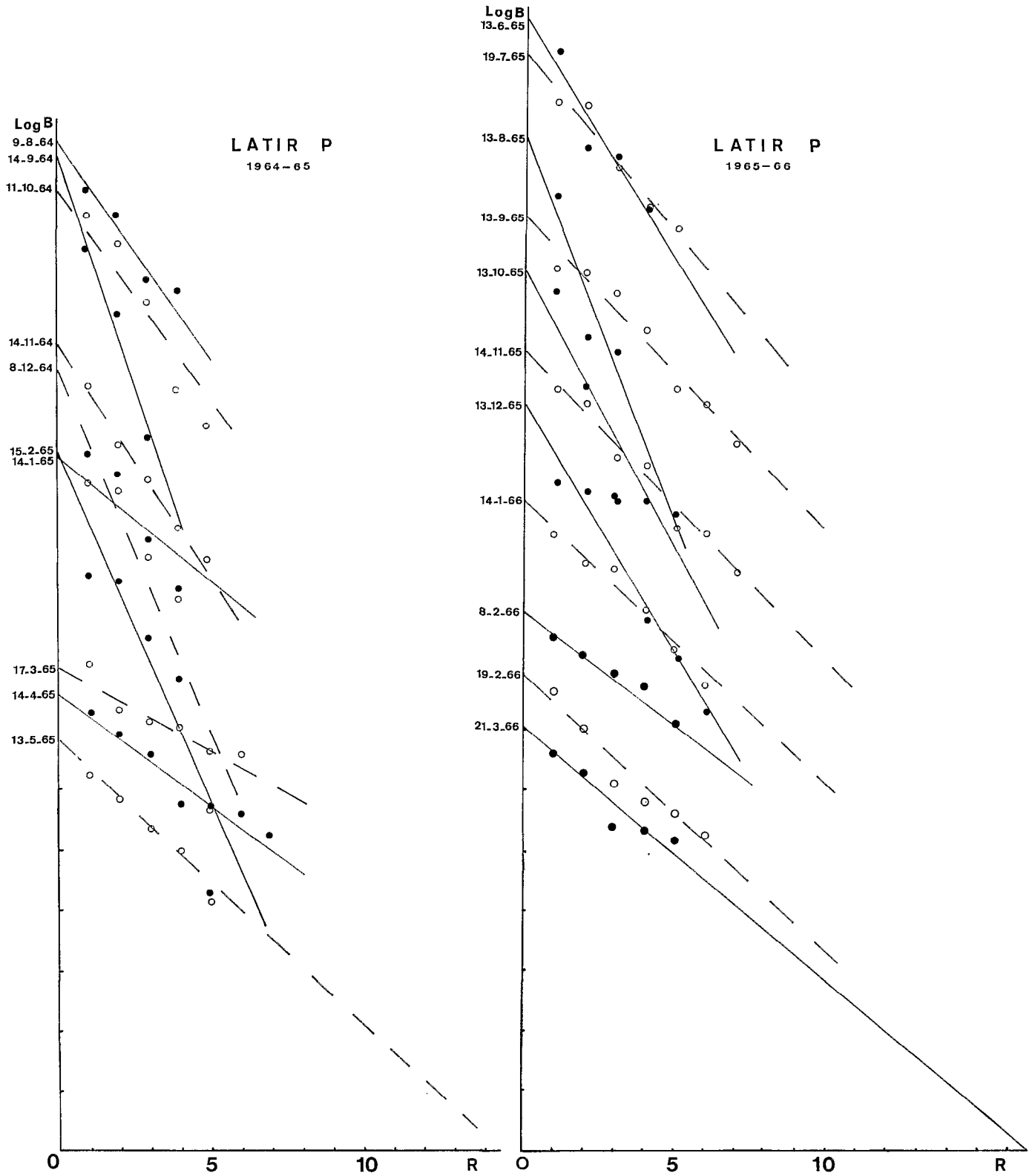


Fig. 11. -- A) Distribution d'abondance des espèces dans la mare de Latir P.

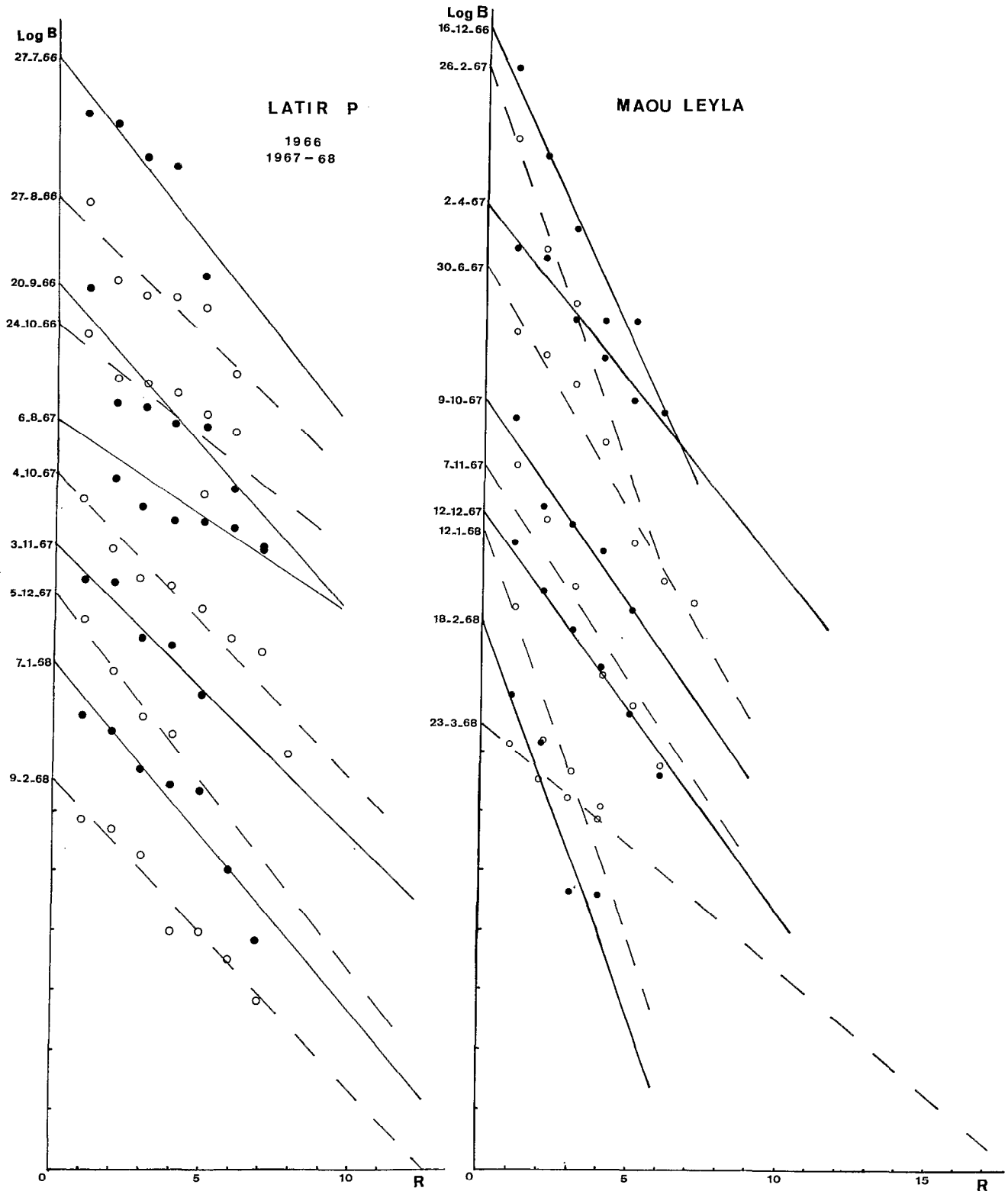


Fig. 11. — B) Distribution d'abondance des espèces dans les mares de Latir P et Maou Leyla.

au total, 19 taxons aient été trouvés à Bodou, 18 n'existent qu'à l'état de rareté et on peut considérer ce milieu comme un cas extrême. Dans le lac polycarbonaté de Rombou, la distribution spécifique peut approximativement être ajustée à une loi de Motomura, les irrégularités de peuplement qui existent dans ce milieu de février à fin août 1967 ne se traduisent pas par des coefficients de corrélation modifiés par rapport à l'ensemble mais par des variations importantes de la constante de milieu m . Dans les milieux mésocarbonatés, on remarque à Djikare la permanence d'un peuplement stabilisé au cours des quatorze mois étudiés, qui se traduit par un coefficient de corrélation le plus élevé pour les lacs étudiés sur une longue période; la constante de milieu varie très peu. Au quatrième lac de Mombolo, la loi est tout juste approximativement vérifiée, ce qui pourrait s'expliquer par le léger déséquilibre causé par le passage au cours de la période étudiée d'un peuplement à *Synechocystis salina* dominant à un autre à *Oscillatoria platensis* f. *minor* dominant; ce remaniement assez lent est dû à l'augmentation progressive de la salinité de 3 à 6 grammes par litre en 16 mois.

Dans tous ces milieux, la distribution d'abondance spécifique apparaît tronquée, on trouve en effet des espèces représentant des biomasses fortes ou moyennes tandis que des espèces constituant des biovolumes faibles sont absentes. Pour les milieux oligocarbonatés, un ajustement approximatif à la loi de Motomura est possible dans les milieux étudiés. Dans la mare du troisième barrage, l'ajustement de la distribution n'est pas réalisé durant les premiers mois de 1967; la Diatomée *Cyclotella*, espèce dominante, apparaît toujours décalée vers le haut par rapport à l'alignement des autres taxons (fig. 8). Il semble que la biomasse réelle de cette algue, calculée d'après le volume moyen du frustule, ait été évaluée trop largement et une estimation du volume de la cellule active seule telle qu'elle a été préconisée par LOHMANN (1908) et SMAYDA (1965) aurait donné des valeurs plus faibles et mieux alignées avec les autres. On peut donc, en conclusion, considérer que l'hypothèse avancée par Inagaki se trouve confirmée dans les lacs permanents.

Partant de l'étude des distributions d'abondance spécifiques existant dans divers types de milieux, DAGET, LECORDIER et LÉVÊQUE (1972) ont pu définir la notion de nomocénose ou association d'espèces soumises aux mêmes facteurs et dont le profil spécifique se rapproche suffisamment d'un modèle mathématique connu.

Une nomocénose est caractérisée, lorsqu'on a affaire par exemple à une distribution d'abondance spécifique du type log-linéaire, par le nombre d'espèces constituantes, la constante de milieu m et la densité du peuplement. Une relation positive

lie la constante de milieu à l'indice de diversité spécifique, celle-ci est d'autant plus faible que m est lui-même plus proche de 0 et la diversité maximale correspond à $m = 1$ (la pente de la droite de régression est alors égale à 0). Il est donc normal que, comme la diversité spécifique (fig. 2), cette pente soit liée (fig. 9) à la concentration en sels du milieu. La richesse en espèces constituantes paraît être celui des trois éléments à considérer le plus difficile à définir avec une bonne précision; la plupart des taxicénoses analysées dans les lacs poly- et mésocarbonatés présentent comme on l'a vu une distribution tronquée et le nombre d'espèces observées ne correspond pas à celui qui devrait exister théoriquement si la distribution était complète. En fait, la constante de milieu et la biomasse présente constituent des paramètres les plus caractéristiques d'une nomocénose et la définition de celle-ci peut supporter une certaine imprécision concernant le nombre d'espèces qui la composent.

Avant de chercher à définir quelques-unes des nomocénoses existant dans les mares natronées, on peut se demander si les peuplements trouvés à la suite de nos échantillonnages correspondent bien à des groupements homogènes d'espèces ou si des apports extérieurs peuvent venir fausser la définition de ces nomocénoses. L'analyse qualitative de la flore algale a en effet montré d'une part la présence d'un certain nombre d'espèces marines probablement apportées par des oiseaux migrateurs et d'autre part l'existence d'algues qui, dans ces milieux dont la teneur moyenne en sels dissous peut varier considérablement en l'espace de quelques années, sont des restes d'anciens peuplements subsistant par des conditions locales devenues beaucoup plus défavorables. Après étude quantitative du phytoplancton, on peut affirmer que ces taxons exogènes n'existent qu'en très petit nombre et même à l'état de rareté dans les peuplements; certains auteurs (RAHAT et DOR, 1968) ont même pu parler à leur sujet de flore cachée existant dans les lacs salés et prête à se développer si les conditions de milieu viennent à évoluer favorablement. Ces espèces n'interviennent donc pratiquement pas dans la composition de la biomasse.

Ces remarques étant faites, il est possible de définir pour les lacs natronés des nomocénoses correspondant à différents degrés de salinisation. Nous nous bornerons à donner comme exemples trois types qui paraissent plus spécialement représentatifs des peuplements rencontrés.

1. La nomocénose de milieux polycarbonatés entre 16 et 25 grammes par litre de teneur en sels avec cinq à six espèces constituantes, une constante de milieu se situant entre 0,080 et 0,1 et une densité de 450 à 600 microlitres d'algues par litre.

2. La nomocénose de milieux mésocarbonatés entre 10 et 14 grammes par litre de concentration saline avec six à huit espèces constituantes, une constante de milieu se situant entre 0,150 et 0,170 et une densité de 310 à 400 microlitres d'algues par litre.

3. La nomocénose de milieux oligocarbonatés entre 0,8 et 1 gramme par litre de teneur en sels avec 20 à 25 espèces constituantes et une densité de 3,5 à 4 microlitres d'algues par litre. La constante de milieu se situe entre 0,5 et 0,6.

Le deuxième type de peuplement rencontré dans les eaux natronées comprend des taxicénoses non équilibrées, présentant une structure mal définie; elles se situent dans les biotopes où interviennent des modifications brutales, variations rapides de salinité par exemple. Ces milieux sont les mares temporaires de Latir et de Maou-Leyla où la teneur en sels varie de 5 à 200 g/l au cours de la période inondée. D'un mois à l'autre, la salinité peut être douze fois supérieure à celle du mois précédent. Ce sont aussi certains ouadis permanents présentant une profondeur de quelques dizaines de centimètres comme celui de Liwa où, par suite d'apports d'eau douce venant de la nappe phréatique ou pour d'autres raisons encore mal connues, des variations du simple au double de la teneur en sels ne sont pas rares d'un mois sur l'autre. Enfin les peuplements observés peuvent présenter des structures mal définies par suite de mauvaises conditions d'échantillonnage; ainsi les récoltes effectuées à Yoursoula dans les bordures de la mare ou dans des chenaux circulant entre la végétation ont en fait porté sur plusieurs types de biocénoses existant dans divers microbiotopes : algues planctoniques, périphyton, algues benthiques...

Dans toutes ces biocénoses en déséquilibre, les variations de l'indice de diversité spécifique, de l'équitabilité et l'étude des distributions d'abondance des espèces ne fournissent pas de renseignements

cohérents. Les relations entre les valeurs de la salinité et la diversité ou la distribution d'abondance des espèces sont masquées par des phénomènes d'inertie biologique qui font qu'un peuplement installé arrive à survivre pendant un certain temps lorsque les conditions deviennent défavorables et entrave ainsi le développement d'un autre peuplement mieux adapté aux nouvelles conditions existantes.

Dans certains cas, le nombre des espèces composant la biomasse n'est pas supérieur à deux. Pour les autres, les distributions d'abondance spécifiques peuvent, dans certains prélèvements, s'ajuster le plus souvent approximativement, mais aussi quelquefois rigoureusement, à une droite selon la loi de Motomura. Bien qu'il s'agisse de milieux très instables, on peut supposer ou bien que le peuplement arrive par moments à un certain équilibre, les cas où l'ajustement est le plus souvent réalisable se situant dans les mares dont la période en eau est longue et égale au moins dix mois, ou bien que si la loi de Motomura n'est par définition pas vérifiée lorsque la population algale n'est pas en équilibre, la réciproque n'est pas exacte et l'ajustement d'une distribution spécifique comprenant ici un nombre de taxons très faible à une loi de progression géométrique n'implique pas forcément que le peuplement est en équilibre.

En conclusion, c'est l'étude des distributions d'abondance spécifiques et l'ajustement de celles-ci à un modèle mathématique qui a permis de mettre le mieux en évidence, après exclusion des données sur les peuplements vivant dans des milieux instables, l'évolution de la structure des populations algales à mesure que la teneur en sels s'accroît. Des nomocénoses intermédiaires entre celle des eaux oligocarbonatées et celle des milieux fortement natronés peuvent être définies pour schématiser les étapes intermédiaires entre l'un et l'autre de ces types extrêmes de peuplement.

Manuscrit reçu au S.C.D. le 6 mars 1974.

BIBLIOGRAPHIE

- COLE (G. A.), 1968 — Desert limnology. *In Desert Biology*. G. W. Brown, Academic Press, 423-486.
- DAGET (J.), LECORDIER (C.), LÉVÊQUE (Ch.), 1972 — Notion de nomocénose : ses applications en écologie. *Bull. Soc. Ecol.*, 3, 4 : 448-462.
- HUSSAINY (S. U.), 1969 — Ecological studies on some micro-biota of lakes in western Victoria. Ph. D. thesis, Monash University, Victoria, Australia.
- INAGAKI (H.), 1967 — Mise au point de la loi de Motomura et essai d'une écologie évolutive. *Vie et milieu*, B, 18, 1 : 153-166.
- LOHMANN (H.), 1908 — Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen gehaltes des Meeres an Plankton. *Wiss. Meeresuntersuch. Abh. Kiel*. N. F., 10 : 131-170.
- LONGHURST (A. R.), 1967 — Diversity and trophic structure of zooplankton communities in the California Current. *Deep sea Res.*, 14 : 393-408.
- MAG ARTHUR (R. H.), 1957 — On the relative abundance of bird species. *Proc. Nat. Acad. Sc. Washington*, 43 : 293-295.
- MARGALEF (R.), 1958 — Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. *In: Perspectives in Marine Biology*. Ed. Buzzati-Traverso, Univ. California Press. Berkeley. Los Angeles : 323-347.
- MARGALEF (R.), 1961 — Algunas aplicaciones de la teoria de la informacion en el campo de la biologia y concretamente a la ecologia y al estudio de la evolucion. *Scientia*, 6, 55 : 1-7.
- MARGALEF (R.), 1964 — Correspondence between the classic types of lakes and the structural and dynamics properties of their populations. *Verh. Int. Verein. Theor. angew. Limnol.*, 15 : 169-175.
- MARGALEF (R.), 1967 — El ecosistema. Ritmos, fluctuaciones y succession. La vida suspendida en las aguas. *In: Ecologia Marina*, Fund. La Salla de Ciencias nat., Est. invest. mar. Margarita, Caracas, 377-453, 454-492, 493-562.
- MARGALEF (R.), 1968 — Perspectives in Ecological Theory. University of Chicago Press, Chicago.
- MOTOMURA (I.), 1932 — Étude statistique de la population écologique. *Doobutugaku Zasshi*, 44 : 379-383.
- MOTOMURA (I.), 1947 — Further notes on the law of geometrical progression of the population density in animal association. *Seiri Seitai*, 1 : 55-60.
- PATRICK (R.), HOHN (M. H.), WALLACE (J. H.), 1954 — A new method for determining the pattern of the diatom flora. *Notul Nat.*, 259-1-12.
- PATRICK (R.), STRAWBRIDGE (D.), 1963 — Variation in the structure of natural diatom communities. *Amer. Nat.*, 97, 51, 57.
- PRESTON (F. W.), 1948 — The commonness and rarity of species. *Ecology*, 29 : 254-283.
- RAHAT (M.), DOR (J.), 1968 — The Hidden Flora of a Lake. *Hydrobiologia*, 31, 2 : 186-192.
- SHANNON (C. E.), WEAVER (W.), 1949 — The mathematical theory of communication. Urbana. Univ. Illinois Press, 125 p.
- SMAYDA (I. J.), 1965 — A quantitative analysis of the phytoplankton of the Gulf of Panama. II : on the relationship between C_{14} assimilation and the diatom standing crop. *Inter-Amer. Trop. Tuna comm., Bull.*, 9, 7 : 467-531.
- SUTCLIFFE (W. H.), 1960 — On the diversity of the copepod population in the Sargasso Sea of Bermuda. *Ecology*, 41 : 585-586.
- TALLING (J. F.), WOOD (R. B.), PROSSER (M. V.), BAXTER (R. M.), 1973 — The upper limit of photosynthetic productivity by phytoplankton : evidence from Ethiopian soda lakes. *Freshwat. Biol.*, 3 : 53-76.
- TIMONIN (A. G.), 1971 — The structure of plankton communities of the Indian Ocean. *Mar. Biol.*, 9, 4 : 281-289.
- UHLMANN (D.), 1966 — Artendichte. *Limnologica*, 4 : 221-223.
- UTIDA (I.), 1943 — Relation entre les populations expérimentales de *Callosobranchius chimensis* Linné (coléoptères) et de son parasite (Hyménoptères). III. Influence de la densité de population de l'hôte sur la prolifération du parasite. *Seitai-gaku Kenkyu* 9 : 40-54.
- WALKER (K. F.), 1973 — Studies on a saline lake ecosystem. *Aust. J. mar. Freshwat. Res.*, 24 : 21-71.
- WILLIAMS (W. D.), 1972 — The uniqueness of salt lake ecosystems. Productivity problems of freshwaters. I. B. P. — UNESCO. Polish scientific publishers. Warszawa, Krakow : 349-361.
- YOUNT (J. L.), 1956 — Factors that control species numbers in Silver Springs, Florida. *Limnol. Oceanogr.*, 1 : 286-295.