

Dynamique de la population algale au cours d'un cycle de culture dans une rizière sahélienne

PAR

Pierre ROGER et Pierre REYNAUD

O.R.S.T.O.M. - B.P. 1386 - Dakar - Sénégal

I. — INTRODUCTION

Le rôle des Cyanophycées dans l'équilibre azoté des sols de rizière n'est plus à démontrer et de nombreux travaux portant sur la répartition de ces organismes dans différents types de sols ont été publiés, principalement par des auteurs japonais et indiens (ROGER, 1972).

Par contre la dynamique des Cyanophycées en sol de rizière n'a, à notre connaissance, pratiquement pas été étudiée.

Nous avons suivi, au cours d'une saison de végétation, les variations de la flore algale sur une rizière cultivée en contre-saison dans le delta du fleuve Sénégal.

Des échantillonnages effectués toutes les trois semaines nous ont permis de chiffrer les variations quantitatives et qualitatives de la flore algale et plus particulièrement des Cyanophycées ; parallèlement nous avons mesuré la fixation d'azote par ces dernières.

Cette étude a été réalisée de février à juillet 1975 sur une parcelle expérimentale de l'Institut Sénégalais de Recherches Agronomiques.

II. — MÉTHODES ET TECHNIQUES

A) Prélèvements et échantillonnage.

Dans les rizières, la zone colonisée par les algues peut être, schématiquement divisée en trois strates :

— interface sol — eau

- eau de submersion
- interface eau — air où flottent des masses algales plus ou moins étendues (bloom).

Au niveau de l'interface sol-eau, la colonisation algale est principalement un processus de surface et l'on exprimera les résultats en nombre de germes ou en biomasse par unité de surface.

Dans le cas de l'eau de submersion, a priori, une numération par unité de volume semble plus logique mais cette méthode est imprécise car l'hétérogénéité des hauteurs d'eau de submersion rend difficile l'extrapolation au niveau de la parcelle.

D'autre part il faut considérer le fait qu'au cours de la journée les algues subissent d'importants déplacements verticaux liés à leur activité photosynthétique.

Ces différentes raisons nous ont fait adopter un mode de prélèvement global par carottage au moyen de tubes de 30 cm de long et de deux centimètres de diamètre intérieur. Le tube est enfoncé verticalement dans l'eau de submersion et le sol puis il est bouché à sa partie supérieure et retiré. L'échantillon, constitué par le premier centimètre de sol et l'eau de submersion est repris en chassant la carotte du tube au moyen d'un piston.

Les mesures sont rapportées à une colonne de un centimètre carré de section englobant l'horizon 0-1 cm de sol et l'eau de submersion située au dessus.

L'expérience nous ayant montré que la répartition des algues sur une rizière est très hétérogène nous avons choisi une forte densité d'échantillonnage : 1600 prélèvements/ha soit 400 prélèvements dans le cas de la parcelle étudiée.

Ces 400 échantillons sont réunis et très soigneusement homogénéisés pour constituer un échantillon moyen qui servira à la réalisation de suspensions-dilutions.

Afin de vérifier la validité de cette méthode nous avons divisé la parcelle étudiée en quarante sous-parcelles et à deux moments du cycle nous avons effectué la numération des différents types d'algues d'une part dans l'échantillon moyen composé de quatre cent carottes et d'autre part dans quarante sous-échantillons composés de dix carottes correspondant aux sous-parcelles.

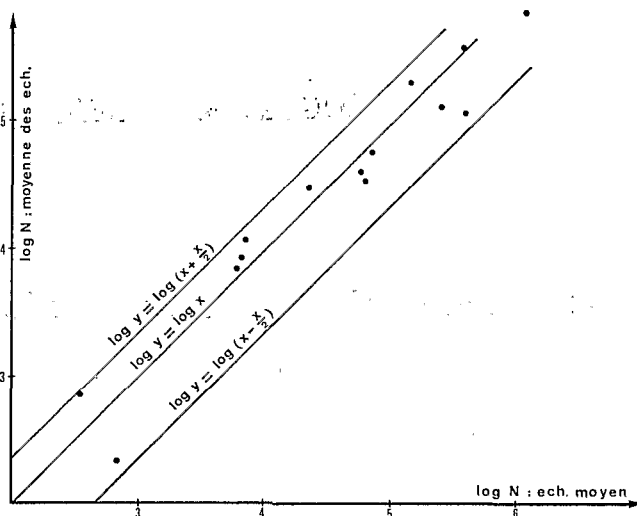


FIG. 1. — Corrélation entre numérations sur un échantillon moyen de 400 carottes et moyennes de quarante numérations sur des sous-échantillons de 10 carottes.

La comparaison de la numération sur l'échantillon moyen et de la moyenne des numérations sur les quarante sous-parcelles (Fig. 1) montre que l'on obtient une excellente corrélation entre les deux séries de résultats ($r = 0,9702$) et l'on constate que le nuage de points est compris entre deux parallèles à la droite d'équation $\log y = \log x$ et d'équations respectives $\log y = \log(x + \frac{x}{2})$ et $\log y = \log(x - \frac{x}{2})$.

Ceci montre que l'erreur relative sur la mesure est inférieure à 50 % ; pratiquement ce résultat se traduit par le fait que deux mesures ne pourront être considérées comme significativement différentes que si la plus élevée est au moins trois fois plus grande que la plus faible.

B) Numérations.

Les numérations sont faites par la méthode des suspensions-dilutions avec étalement sur milieux gélosés à 1 % répartis à raison de 30 ml par boîte de Pétri. On effectue trois répétitions. Trois milieux ont été utilisés :

- milieu BG 11 (ALLEN et STANIER, 1968). Il permet le développement des Algues eucaryotes et procaryotes.
- milieu BG 11 additionné d'actidione (20 ppm). Il permet uniquement le développement des Algues procaryotes (HUNTER et McVEIGH, 1961).
- milieu BG 11 privé de NaNO_3 . Il permet uniquement le développement des Algues procaryotes filatrices d'azote (ALLEN et STANIER, 1968, 2).

Les incubations sont faites dans une étuve lumineuse à 30° C. L'intensité lumineuse, de 500 lux environ, est produite par des tubes au néon type lumière du jour (MAZDA FLUOR, T.F.R., 20 W).

Au cours de l'incubation on fait subir tous les trois jours une permutation aux boîtes de Pétri afin d'éliminer toute hétérogénéité due à la position des boîtes dans l'étuve.

Les comptages sont effectués, après vingt et un jours d'incubation, sous un microscope stéréoscopique (WILD, M5).

C) Évaluation de la biomasse.

Les données obtenues par numération sur boîtes de Pétri ont été transformées afin d'obtenir une évaluation de la biomasse algale.

Lors du comptage nous avons regroupé les algues par familles puis pour chaque famille nous avons multiplié le nombre d'organismes trouvé par la biomasse moyenne d'une cellule, d'un filament ou d'une colonie de l'espèce dominante (tabl. I).

TABLEAU I

Biomasses moyennes des unités de comptage des différentes espèces dominantes, exprimées en microns-cube

	Familles	Espèces dominantes	Unité de comptage (Volume de base)	Biomasse en μ^3 (Valeur moyenne)
Diatomées Clorophycées	Naviculacées	<i>Navicula</i> sp.	cellule	$4,63.10^2$
	Oocystacées	<i>Chlorella</i> sp.	cellule	$3,81.10^2$
	Zygnematacées	<i>Spirogyra</i> sp. <i>Mougeotia</i> sp.	filament	$7,60.10^6$ $9,40.10^4$
Gyanophycées	Nostocacées	<i>Anabaena</i> sp.	filament	$3,67.10^3$
	Scytonematacées	<i>Scytonema</i> sp.	filament	$8,04.10^4$
	Oscillatoriacées	<i>Pseudoanabaena</i> sp. <i>Oscillatoria</i> sp.	filament	$1,26.10^3$ $1,35.10^4$
	Chroococcacées	<i>Microcystis</i> sp.	colonie	$8,6.10^2$

Lorsque pour une famille il existe plusieurs espèces dominantes, les comptages ont été faits séparément et les espèces associées ont été reportées aux espèces dominantes morphologiquement les plus proches.

Les résultats sont donnés en microns-cube de matière vivante par colonne de 1 cm² de section regroupant le premier centimètre de sol et l'eau de submersion.

En attribuant aux algues une densité approximativement égale à celle du milieu où elles vivent on peut estimer qu'un microlitre (μ^3) correspond à un milligramme de matière vivante (ILRIS, 1972).

Afin de vérifier la validité de cette méthode d'évaluation nous avons comparé lors du 6^e prélèvement la valeur de la biomasse calculée à partir des numérations à une valeur obtenue par mesure directe : Vers 13 h, au moment où l'activité photosynthétique algale est maximale et où le bloom est à son maximum de densité, les algues remontant à la surface de l'eau, nous avons prélevé au moyen d'un tamis fin la masse algale correspondant à 40 cylindres de 100 cm de section, sur toute la hauteur d'eau de submersion.

La mesure directe donne un résultat de $2,1 \cdot 10^{10} \mu^3/\text{cm}^2$ soient 2,1 T/ha alors que l'évaluation à partir du comptage est de $3,44 \cdot 10^{10} \mu^3/\text{cm}^2$.

La mesure directe ne tenant pas compte des algues encore adhérentes à la surface du sol il est normal que le résultat soit plus faible que celui par mesure indirecte. On constate une concordance satisfaisante des deux méthodes d'évaluation.

D) Mesure de la Fixation d'azote par les algues.

L'évaluation de la fixation algale a été réalisée au moyen de la méthode de réduction de l'acétylène (STEWART et COLL, 1967).

On effectue tout d'abord une série de carottages, dont le nombre est fonction de la taille de parcelle étudiée, puis les carottes sont regroupées par cinq.

L'eau de cinq carottes est filtrée sur un même préfiltre « MILLIPORE » qui est ensuite placé dans un flacon en verre de 12,5 ml. Le premier centimètre des cinq carottes de sol est placé dans un même flacon-sérum de 125 ml.

Après addition de 10 % d'acétylène, les flacons, hermétiquement bouchés sont replacés dans la rizière. Au bout de 15 minutes on prélève un échantillon gazeux dans chaque flacon au moyen d'un tube « VACUTAINER ». Ces échantillons gazeux sont analysés au laboratoire par chromatographie en phase gazeuse.

III. — CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES DU MILIEU ET PRATIQUES CULTURALES

A) Caractères physico-chimiques du milieu.

La parcelle étudiée d'une surface de 0,25 ha, était à sec depuis environ trois mois au moment de la mise en eau.

Les caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface sont regroupées au tableau II. Si l'on compare ce sol à un échantillonnage des différents types de sol de rizière du Sénégal (GARCIA et COLL 1973) on constate qu'il s'agit d'un sol argileux, pauvre en matière organique, peu salé, à pH initial moyen (4,9) qui remonte fortement après submersion ($\Delta\text{pH} = 1,7$ en 4 semaines) (Fig. 2).

B) Pratiques culturales.

Le tableau III indique les dates des différentes opérations pratiquées sur la parcelle.

Différents points sont à relever :

— Le riz est semé ce qui donne un couvert végétal plus régulier que lorsqu'il est repiqué et limite considérablement, en fin de cycle, la pénétration de la lumière au niveau de l'eau de submersion.

— La fumure de fond apportée au semis est enfouie superficiellement ce

TABLEAU II

Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface du sol étudié

TEXTURE :	
Argile.....	54,2 ‰
Limon fin.....	15,8 ‰
Limon grossier.....	11,8 ‰
Sable fin.....	17,9 ‰
Sable grossier.....	0,27 ‰
pH $\left(\frac{\text{eau}}{\text{sol}} : 1,5\right)$	
Sol sec : 4,9 ; après 4 semaines de submersion : 6,6	
MATIÈRE ORGANIQUE :	
C organique : 9,40 ‰ N organique ‰ 0,77 C/N : 12,2	
PHOSPHORE :	
Total en P_2O_5 ‰ : 0,31. Assimilable en P_2O_5 ‰ : 0,025	
CATIONS : (en meq/l sur extrait au 1/5).	
Ce ⁻ : 5,3 SO ₄ ⁻ : 0,9 CO ₃ H ⁻ : traces $\Sigma = 6,2$	
ANIONS : (en meq/l sur extrait 1/5)	
Ca ⁺⁺ : 4,0 Mg ⁺⁺ : 0,8 K ⁺ : 0,2 Na ⁺ : 3,3 $\Sigma = 8,3$	
BASES ÉCHANGÉABLES : en meq/100 g	
Ca. : 7,8 Mg : 9,2 K : 0,7 Na : 1,7	

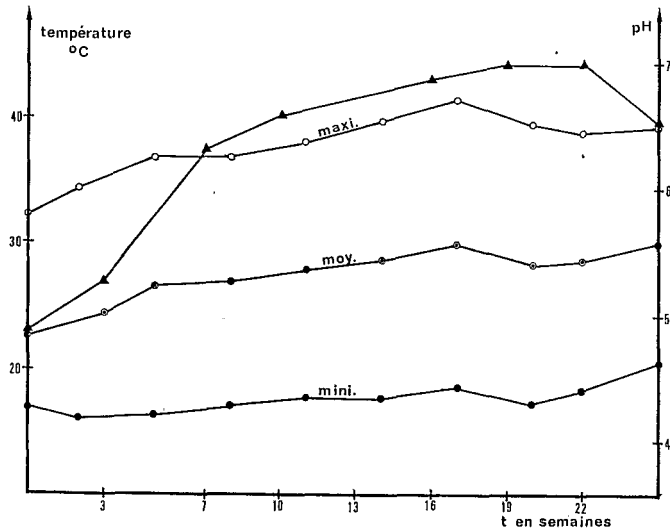


FIG. 2. — Variations du pH de l'horizon 0-1 cm : ▲—▲ et de la température ambiante journalière (moyenne sur 21 jours : température maximale : ○—○ ; température moyenne : — ; température minimale : ●—●).

qui a pour effet d'empêcher un développement explosif des Algues qui générerait la germination du riz.

— La variété cultivée (IR 8) demande une forte fumure azotée toutefois la quantité totale d'azote apporté au cours du cycle végétatif (160 kg) est très importante surtout si l'on considère le fait que le sol présente une activité dénitrifiante peu élevée (GARCIA, 1975).

— La durée du cycle végétatif importante (174 j) est due au fait qu'il s'agit d'une culture en contre saison avec en début de cycle des températures relativement basses qui ralentissent la croissance du riz (Fig. 2).

TABLEAU III

Calendrier des pratiques culturales et des prélèvements effectués sur la parcelle

Date	Pratiques culturales et prélèvements
28-1	1 ^{er} prélèvement
30-1	Semis et épandage de phosphate d'ammonium (18-46.0) a raison de 125 kg/ha
31-1	Mise en eau
1-2	Vidange
7-2	Irrigation et vidange
18-2	2 ^e prélèvement
21-2	Irrigation et vidange
27-2	Irrigation et vidange
3-3	Épandage de Perlurée à raison de 200 kg/ha
6-3	Irrigation
10-3	Augmentation du niveau d'eau
17-3	3 ^e prélèvement
17-3	Augmentation du niveau d'eau (environ 10 cm)
8-4	Apport d'eau
9-4	4 ^e prélèvement
14-4	Apport d'eau
24-4	Apport d'eau
27-4	5 ^e prélèvement
07-5	Desherbage manuel
10-5	Épandage de Lindanrais (Perlurée + Lindane) a raison de 100 kg/ha
12-5	Apport d'eau
20-5	6 ^e prélèvement
20-5	Apport d'eau
10-6	7 ^e prélèvement
2-7	8 ^e prélèvement
7-7	Mise à sec
13-7	Pluie de 14,3 mm
23-7	9 ^e prélèvement
24-7	Récolte

IV. — RÉSULTATS

Le tableau IV regroupe les résultats des comptages exprimés en :
 — nombre d'unités de comptage par cm^2 (cellules, filaments ou colonies),
 — biomasse en μ^3 par cm^2 ,
 — biomasse en % de la biomasse totale.

Dans le cas des Cyanophycées nous avons aussi calculé le pourcentage de la biomasse de chaque groupe par rapport à la biomasse de l'ensemble des cyanophycées.

Ces résultats et leurs représentations graphiques (Fig. 3 à 6) ont été séparés en deux zones (1 et 2). En effet il est important de remarquer que les résultats des deux premiers prélèvements (0 et 3 semaines) traduisent non pas un état de la flore algale dans le sol mais une potentialité.

En effet, pour la première numération faite sur sol sec le calcul d'une biomasse n'a guère de signification les Algues étant sous forme de spores et lors de la 2^e numération, faite sur sol humide, il est difficile de préciser si les colonies obtenues sur boîte proviennent d'une spore ou d'un organisme développé.

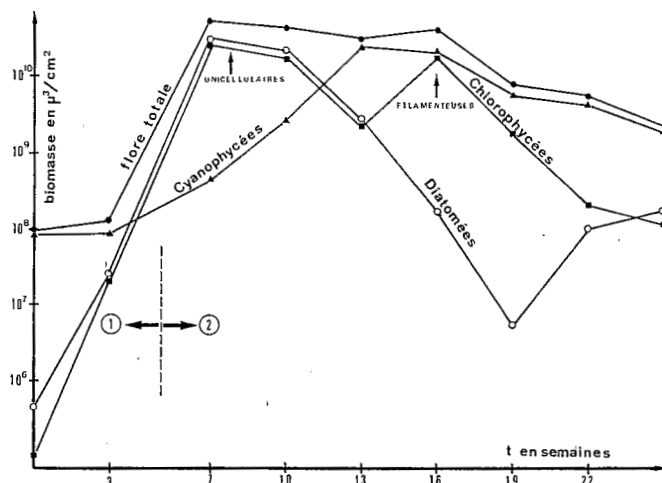


Fig. 3. — Variations des biomasses des différents composants de la flore algale totale au cours du cycle de végétation : flore totale : ●—● ; Diatomées : ○—○ ; Chlorophycées : ■—■ ; Cyanophycées : ▲—▲ (1) et (2) voir explication dans le texte.

Enfin il convient de remarquer qu'au cours du 1^{er} mois de culture la parcelle est soumise à plusieurs submersions suivies de vidanges qui perturbent notablement la composition floristique du milieu.

L'étude de la flore algale de l'eau d'irrigation nous a permis de chiffrer les modifications apportées à la flore algale sur sol sec lors de la mise sous

TABLEAU IV

Valeurs absolues et relatives des constituants de la flore algale
au cours du cycle de végétation :

N° Prélèvement	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Date	28.1.75	18.2.75	17.3.75	9.4.75	27.4.75	20.5.75	10.6.75	2.7.75	23.7.75
Jours	0	21	49	70	91	112	133	154	175
Diatomées	1,0.10 ³ 4,6.10 ⁵ 0,49 —	5,9.10 ⁴ 2,71.10 ⁷ 20,07 —	7,3.10 ⁷ 3,36.10 ¹⁰ 57,68 —	5,2.10 ⁷ 2,39.10 ¹⁰ 51,84 —	2,6.10 ⁶ 2,85.10 ⁹ 8,66 —	3,2.10 ⁵ 1,47.10 ⁸ 0,43 —	1,2.10 ⁴ 5,52.10 ⁶ 0,08 —	2,2.10 ⁵ 1,01.10 ⁸ 1,76 —	4,05.10 ⁶ 1,86.10 ⁸ 7,98 —
Chlorophycées Unicellulaires	2,6.10 ² 9,88.10 ⁴ 0,10 —	5,6.10 ⁴ 2,13.10 ⁷ 15,78 —	6,4.10 ⁷ 2,43.10 ¹⁰ 41,47 —	5,1.10 ⁷ 1,94.10 ¹⁰ 42,08 —	3,1.10 ⁵ 1,18.10 ⁸ 0,36 —	1,6.10 ⁵ 6,08.10 ⁷ 0,18 —	1,2.10 ⁴ 4,56.10 ⁶ 0,07 —	5,5.10 ⁵ 2,09.10 ⁸ 3,65 —	2,9.10 ⁵ 1,10.10 ⁸ 4,72 —
<i>Mougeotia</i> sp.	* — — —	* — — —	* — — —	* — — —	3,64.10 ² 3,42.10 ⁷ — —	2,03.10 ³ 1,81.10 ⁸ — —	2,5.10 ² 2,35.10 ⁷ — —	* — — —	* — — —
<i>Spirogyra</i> sp.	* — — —	* — — —	* — — —	* — — —	3,36.10 ² 2,55.10 ⁹ — —	1,87.10 ³ 1,42.10 ¹⁰ — —	2,3.10 ² 1,75.10 ⁹ — —	* — — —	* — — —
Chlorophycées Filamenteuses	* — — —	* — — —	* — — —	* — — —	7,0.10 ² 2,58.10 ⁹ 7,84 —	3,9.10 ³ 1,44.10 ¹⁰ 41,86 —	4,8.10 ² 1,77.10 ⁹ 25,07 —	* — — —	* — — —
Chlorophycées totales	2,6.10 ² 9,88.10 ⁴ 0,10 —	5,6.10 ⁴ 2,13.10 ⁷ 15,78 —	6,4.10 ⁷ 2,43.10 ¹⁰ 41,47 —	5,1.10 ⁷ 1,94.10 ¹⁰ 42,08 —	3,1.10 ⁵ 2,70.10 ⁹ 8,21 —	1,64.10 ⁵ 1,50.10 ¹⁰ 43,60 —	1,25.10 ⁴ 1,77.10 ⁹ 25,07 —	5,5.10 ⁵ 2,09.10 ⁸ 3,65 —	2,9.10 ⁵ 1,10.10 ⁸ 4,72 —
<i>Anabaena</i> sp.	1,23.10 ⁴ 4,55.10 ⁷ 48,66	6,72.10 ³ 2,47.10 ⁷ 28,52	1,1.10 ⁴ 4,07.10 ⁷ 8,60	8,05.10 ⁴ 2,98.10 ⁸ 10,53	4,7.10 ⁴ 1,74.10 ⁸ 0,63	1,1.10 ⁵ 1,51.10 ⁹ 7,82	7,62.10 ⁴ 2,82.10 ⁸ 5,34	6,73.10 ⁴ 2,49.10 ⁸ 4,59	2,3.10 ⁴ 8,51.10 ⁷ 4,19

<i>Scytonema</i> sp.	5,6.10 ²	6,72.10 ²	6,72.10 ²	2,8.10 ³	3,4.10 ⁴	5,5.10 ⁴	2,16.10 ⁴	2,16.10 ⁴	7,0.10 ³
	4,5.10 ⁷	5,40.10 ⁷	5,40.10 ⁷	2,22.10 ⁸	2,73.10 ⁹	4,42.10 ⁹	1,74.10 ⁹	1,74.10 ⁹	5,62.10 ⁸
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	48,13	62,36	11,42	7,95	9,96	22,90	32,95	32,10	27,68
Cyanophycées hétérocystées	1,28.10 ⁴	7,4.10 ³	1,1.10 ⁴	8,3.10 ⁴	8,1.10 ⁴	1,6.10 ⁵	9,8.10 ⁴	8,9.10 ⁴	3,0.10 ⁴
	9,05.10 ⁷	7,87.10 ⁷	7,47.10 ⁷	5,23.10 ⁸	2,90.10 ⁹	5,93.10 ⁹	2,02.10 ⁹	1,99.10 ⁹	6,47.10 ⁸
	96,17	58,30	0,16	1,13	8,81	17,24	28,61	34,73	27,77
	96,79	90,88	20,02	18,48	10,58	30,72	38,26	36,72	31,87
<i>Oscillatoria</i> sp.	—	—	—	3,1.10 ⁴	1,66.10 ⁵	5,8.10 ⁵	7,62.10 ⁴	4,7.10 ⁴	6,4.10 ⁴
	—	—	—	4,18.10 ⁸	2,24.10 ¹⁰	7,83.10 ⁹	1,03.10 ⁹	6,34.10 ⁸	8,64.10 ⁸
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	17,56	81,75	40,57	19,51	11,70	42,56
<i>Pseudanabaena</i> sp.	2,4.10 ³	6,27.10 ³	3,0.10 ⁵	1,5.10 ⁶	1,66.10 ⁶	4,1.10 ⁶	1,7.10 ⁶	1,83.10 ⁶	4,0.10 ⁵
	3,02.10 ⁶	7,90.10 ⁶	3,78.10 ⁸	1,89.10 ⁹	2,09.10 ⁹	5,17.10 ⁹	2,14.10 ⁹	2,31.10 ⁹	5,04.10 ⁸
	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	3,23	9,12	79,91	66,78	7,63	26,79	40,53	42,62	24,83
Cyanophycées Unicellulaires	*	*	*	*	2,16.10 ⁴	4,45.10 ⁵	1,05.10 ⁵	5,6.10 ⁵	1,5.10 ⁴
	—	—	—	—	1,86.10 ⁷	3,83.10 ⁸	9,03.10 ⁷	4,82.10 ⁸	1,29.10 ⁷
	—	—	—	—	0,06	1,13	1,28	8,41	0,55
	—	—	—	—	0,07	2,01	1,71	8,89	0,63
Cyanophycées non hétérocystée	2,4.10 ³	6,27.10 ³	3,0.10 ⁵	1,53.10 ⁶	3,34.10 ⁶	5,12.10 ⁶	1,88.10 ⁶	2,44.10 ⁶	4,79.10 ⁵
	3,02.10 ⁶	7,90.10 ⁶	3,78.10 ⁸	2,31.10 ⁹	2,45.10 ¹⁰	1,34.10 ¹⁰	3,26.10 ⁹	3,43.10 ⁹	1,38.10 ⁹
	3,21	5,85	0,64	5,01	74,47	38,95	46,18	59,86	59,23
	3,23	9,12	79,91	81,62	89,42	69,43	61,74	63,28	67,98
Cyanophycées totales	1,52.10 ⁴	1,37.10 ⁴	3,1.10 ⁵	1,58.10 ⁶	3,4.10 ⁶	5,4.10 ⁶	2,0.10 ⁶	2,53.10 ⁶	5,1.10 ⁵
	9,35.10 ⁷	8,66.10 ⁷	4,73.10 ⁸	2,83.10 ⁹	2,74.10 ¹⁰	1,93.10 ¹⁰	5,28.10 ⁹	5,42.10 ⁹	2,03.10 ⁹
	99,36	64,15	0,81	6,14	83,28	56,10	74,79	94,59	87,12
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Flore totale	1,56.10 ⁴	1,29.10 ⁵	1,37.10 ⁸	1,05.10 ⁸	6,33.10 ⁸	5,9.10 ⁶	2,0.10 ⁶	3,30.10 ⁶	1,2.10 ⁶
	9,41.10 ⁷	1,35.10 ⁸	5,86.10 ¹⁰	4,61.10 ¹⁰	3,29.10 ¹⁰	3,44.10 ¹⁰	7,06.10 ⁹	5,73.10 ⁹	2,33.10 ⁹
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

1^{re} ligne : nombre d'unités de comptage par cm² (cellules, filaments ou colonies)2^e ligne : biomasse en microns cubes par cm²3^e ligne : biomasse en % de la biomasse totale4^e ligne : biomasse en % de la biomasse des Cyanophycées

* : comptage non réalisé

— : non calculable ou non calculé

eau. Elle montre notamment que l'inoculation de la parcelle en Diatomée et Chlorophycées unicellulaires est due plus à l'eau d'irrigation qu'aux spores conservées dans le sol.

TABLEAU V

Modifications apportées à la composition floristique du sol sec lors de la première irrigation :

Classes	Nombre de germes par Cm ² dans le sol sec	Nomb. de germes par Cm ² apportés par l'irrigation	Total
Diatomées.....	1,0.10 ³ 6,07 %	1,8.10 ⁴	1,9.10 ⁴ 45,98 %
Chlorophycées.. (unicellulaires)	2,6.10 ² 1,58 %	6,6.10 ³	6,86.10 ³ 16,60 %
Cyanophycées..	1,52.10 ⁴ 92,34 %	2,6.10 ³	1,546.10 ⁴ 37,41 %
TOTAL.....	1,646.10 ⁴ 100 %		4,132.10 ⁴ 100 %

1^{re} ligne : nombre de germes par cm²

2^e ligne : % de la flore totale

A) Flore Totale.

Sur sol sec la flore totale presque uniquement composée de Cyanophycées (92,34 %) a une densité relativement élevée (1,56 10⁴ spores/cm²) à mettre en relation avec le pH du sol (GARCIA et COLL, 1974).

Après la mise en eau du sol on observe (Fig. 3) une phase de latence d'un peu moins de 3 semaines puis une augmentation importante de la biomasse qui atteint son maximum en quatre semaines et se stabilise pendant 9 semaines à une valeur approximative de 4 tonnes d'Algues par hectare (Poids humide).

A partir de la 16^e semaine on constate une diminution régulière de la biomasse algale. A cette date le riz atteint un stade intermédiaire entre montaison et épilaison et la couverture végétale est déjà très dense. A titre indicatif l'intensité lumineuse à 14 h mesurée au niveau de l'eau à la 22^e semaine varie entre 500 et 1500 lux alors que l'intensité au dessus du riz varie entre 35000 (ciel nuageux) et 70000 lux (ciel découvert).

La diminution de la biomasse algale est à mettre en relation avec la diminution importante de lumière disponible au niveau du sol et de l'eau de submersion.

B) Diatomées.

On observe un démarrage rapide des Diatomées dès la mise en eau du sol (Fig. 3). Elles atteignent leur maximum de développement vers la 7^e

semaine de culture ou elles constituent près de 60 % de la biomasse algale totale (Fig. 4).

On observe ensuite une diminution rapide consécutive à l'apparition des Chlorophycées filamenteuses. Un minimum est atteint vers la 19^e semaine ou ces algues ne constituent plus que 0,08 % de la flore totale puis on observe une légère remontée consécutive à la disparition des Chlorophycées filamenteuses. L'allure de la courbe suggère une compétition vis à vis de la lumière entre Diatomées et Chlorophycées filamenteuses. Les Diatomées sont des espèces benthiques alors que les Chlorophycées flottent à la surface de l'eau de submersion et constitueraient un écran qui empêche la lumière de parvenir au niveau de l'interface sol-eau.

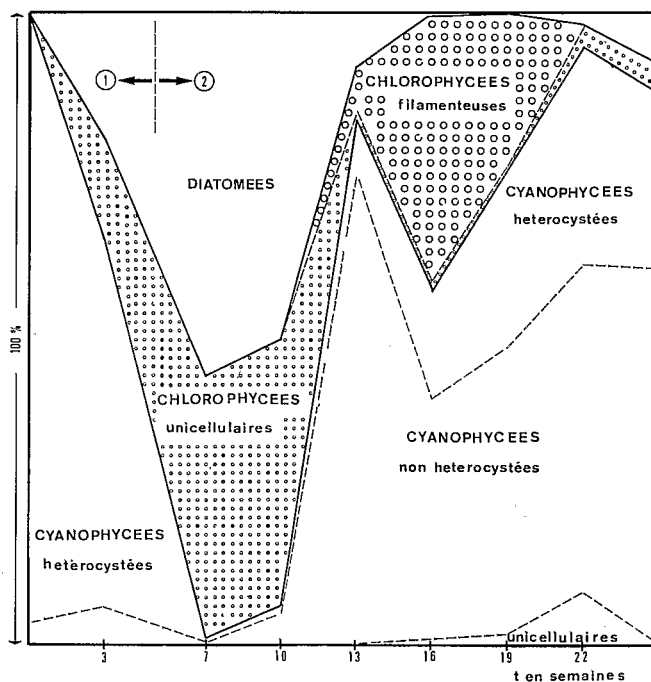


FIG. 4. — Variations des biomasses relatives des différents composants de la flore algale totale au cours du cycle de végétation (flore totale = 100 %).

C) Chlorophycées.

L'évolution de la biomasse des Chlorophycées (Fig. 3 et 4) est caractérisée par l'existence de deux pics vers la 7^e et la 16^e semaines correspondant respectivement au développement des formes unicellulaires et des formes filamenteuses.

L'évolution de la biomasse des formes unicellulaires est remarquablement identique à celle des Diatomées. Les formes filamenteuses apparaissent

plus tardivement ; la colonisation commence par se faire en bordure de rizière sur les zones non plantées vers la 13^e semaine puis on observe un envahissement de toute la rizière (16^e semaine) suivi d'une disparition progressive de ce groupe qui se traduit par une diminution nette de la biomasse totale.

Pour l'ensemble des Chlorophycées, la conservation et l'inoculation du sol semblent être assurés plus par l'eau d'irrigation que par la présence de spores dans le sol.

D) Cyanophycées.

Bien que dans le sol sec on observe une concentration relativement élevée en spores de Cyanophycées ($1,5 \cdot 10^4/\text{cm}^2$) correspondant à 92 % de spores algales présentes dans le sol, cette classe présente un développement tardif qui n'atteint son maximum que vers le milieu du cycle de culture (Fig. 3 et 4).

Les figures 5 et 6 montrent les variations absolues et relatives des différentes familles ou espèces au cours du cycle cultural.

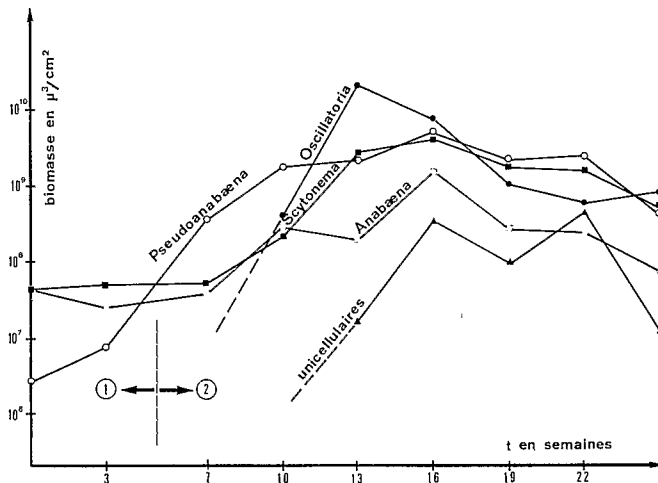


FIG. 5. — Variations des biomasses des Cyanophycées au cours du cycle de végétation : Anabaena : □—□ ; Scytonema : ■—■ ; Pseudoanabaena : ○—○ ; Oscillatoria : ●—● ; Cyanophycées unicellulaires : ▲—▲.

On constate que les formes filamenteuses non hétérocystées atteignent les premières leur maximum de développement avec une croissance spectaculaire du genre *Oscillatoria* vers la 13^e semaine et qu'elles gardent ensuite une importance relative élevée par suite d'un développement lent mais constant de *Pseudoanabaena*.

Les formes filamenteuses hétérocystées présentent leur développement maximum trois semaines plus tard. Les formes unicellulaires commencent à se développer vers la 15^e semaine : elles n'atteindront leur développement maximum qu'en fin de cycle vers la 22^e semaine.

E) Fixation d'azote.

A aucun moment du cycle les mesures de réduction d'acétylène n'ont donné de résultats significatifs. Ceci est confirmé par le fait que l'observation microscopique du bloom prélevé au champ montre que les Cyanophycées fixatrices sont sous une forme non hétérocystée.

Corrélativement une étude de la fixation d'azote dans la rhizosphère du riz au cours du même cycle indique un taux de fixation très faible (RINAUDO, 1975).

L'ensemble de ces résultats traduit le fait que le niveau de fertilisation azotée est suffisant pendant tout le cycle végétatif pour assurer à la fois la nutrition azotée du riz et des Algues y compris les Cyanophycées hétérocystées dont le pouvoir fixateur ne se manifeste pas et dont la biomasse relative reste faible pendant les deux premiers tiers du cycle et augmente ensuite sans dépasser 35 % de la biomasse algale totale.

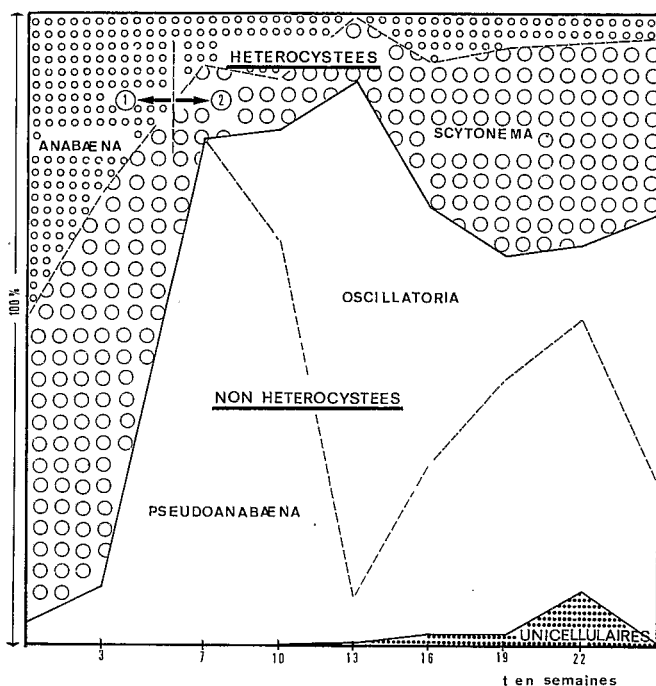


FIG. 6. — Variations des biomasses relatives des Cyanophycées au cours du cycle de végétation (total des Cyanophycées = 100 %).

CONCLUSIONS ET DISCUSSION

L'étude de la dynamique de la population algale dans un sol de rizière du Sénégal au cours d'un cycle de culture a donné les résultats suivants :

1°) Sur le sol sec, avant mise en culture, les formes de conservation appartiennent pour 92 % aux Cyanophycées avec une forte dominance des formes hétérocystées.

2°) L'inoculation du milieu en Diatomées et Chlorophycées semble être plus le fait d'un apport d'organismes actifs par l'eau d'irrigation que celui de la germination de formes de résistances présents dans le sol sec.

3°) Après mise en eau les différents groupes algaux s'établissent dans l'ordre chronologique suivant :

- Diatomées et Chlorophycées unicellulaires
- Chlorophycées filamenteuses et Cyanophycées filamenteuses non hétérocystées
- Cyanophycées hétérocystées
- Cyanophycées unicellulaires

et l'on peut schématiquement diviser le cycle en deux phases sensiblement égales, la première étant caractérisée par la dominance des Algues eucaryotes et la seconde par celle des Algues procaryotes. Cette succession peut être mise en relation avec certains facteurs.

En début de cycle une température basse (ALLEN et STANIER, 1968) un apport d'engrais phosphaté et azoté, un pH bas et une teneur élevée en CO₂ du milieu, consécutive à la réhumectation du sol sec (KING, 1970, SHAPIRO, 1973) favorisent le développement des Algues eucaryotes.

Dans la seconde partie du cycle, la remontée de la température et du pH favorisent le développement des Algues procaryotes.

De nombreux autres facteurs en particulier nutritionnels et de compétitivité (VANCE, 1965) interviennent sur l'évolution de la flore, toutefois leur mise en évidence et leur étude demandent la réalisation d'expériences en modèles simplifiés.

4°) Dans le cas du système cultural et du sol étudié, un fort niveau de fertilisation azotée a bloqué la fixation d'azote par les Cyanophycées hétérocystées dont la biomasse relative reste pratiquement inférieure à 15 % de celle de la flore totale pendant les deux premiers tiers du cycle et ne dépasse pas 35 % à son maximum de développement.

L'ensemble de ces résultats suggère l'intérêt de rechercher si l'emploi d'un niveau de fertilisation azoté plus bas ne permettrait pas à la fois une nutrition convenable du riz et la mise en place dans le sol d'une activité fixatrice d'azote permettant à l'agriculteur une économie non négligeable au niveau de la fumure azotée.

RÉSUMÉ

L'étude de la dynamique de la population algale dans un sol de rizière du Sénégal au cours d'un cycle de culture a donné les résultats suivants :

— L'inoculation du milieu est due principalement à un apport de l'eau d'irrigation dans le cas des Diatomées et des Chlorophycées et à la germination de spores de résistances conservées dans le sol sec dans le cas des Cyanophycées.

— Après mise en eau on peut schématiquement diviser le cycle en deux phases sensiblement égales, la première étant caractérisée par la dominance des Algues eucaryotes et la seconde par celle des Algues procaryotes.

SUMMARY

A study of population dynamics of algae was made during a growing season in an inundated rice field in Senegal.

The primary source of Diatoms and Chlorophyceae was irrigation water; whereas the appearance of Cyanophyceae was attributed to germination of spores in the soil.

After submersion, the population cycle could be divided into two roughly equal parts : the first characterized by dominance of eucaryotic algae and the second by procaryotic algae.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leurs remerciements à Monsieur MOURARET pour les conseils qu'il leur a prodigués, à Monsieur Youssoupha N'DIAYE pour son assistance technique.

Que Monsieur le Directeur de l'ISRA et Monsieur le Directeur de la Station expérimentale de Richard-Toll trouvent ici l'expression de notre gratitude pour avoir bien voulu mettre à notre disposition une parcelle expérimentale ainsi que la compétence de leur personnel technique.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (M. M.) and STANIER (R. Y.), 1968. — (1) Growth and division of some unicellular blue-green algae. *J. Gen. Microbiol.*, **51**: 199-202.
- ALLEN (M. M.) and STANIER (R. Y.), 1968. — (2) Selective isolation of Blue-Green Algae from water and soil. *J. Gen. Microbiol.*, **51**: 203-209.
- GARCIA (J.-L.), RAIMBAULT (M.), JACO (V.), RINAUDO (G.) et ROGER (P.), 1973. — Activités microbiennes dans les sols de rizière du Sénégal : relations avec les caractéristiques physico-chimiques et influence de la rhizosphère. *Rev. Écol. Biol. du Sol*, **11**: 169-185.
- GARCIA (J.-L.), 1975. — Évaluation de la dénitrification dans les rizières par la méthode de réduction de N₂O. *Soil Biol. Biochem.*, **7**: 251-256.
- HUNTER (E. D.), and McVEIGH (I.), 1961. — The effects of selected antibiotics on pure culture of Algae. *AM. J. of Bot.*, **48**, 2: 179-185.
- ILTIS (A.), 1974. — Le phytoplancton des eaux natronées du Kanem (Tchad). Influence de la teneur en sel dissous sur le peuplement algal. Thèse d'état. Janv. 1974. Université de Paris IV.
- KING (D. L.), 1970. — *J. Water. pollut. Control. Fed.*, **42**: 2035.
- RINAUDO (G.) and HAMAD-FARES (I.), 1975. — Non Symbiotic N₂ Fixation by rhizosphere bacteria. Symp. I.I.T.A., Ibadan (Nigeria), 20-23 oct. 1975 (*in press*).
- ROGER (P.), 1972. — Bibliographie sur le problème de la fixation d'azote par les Cyanophycées. *Rapport ORSTOM, mutigr.*, 48 p.

- SHAPIRO (J.), 1973. — Blue-green Algae : why they become dominant. *Science*, **179**: 382-384.
- STEWART (W. D. P.), FITZGERALD (G. P.) and BURRIS (R. H.), 1967. — In-situ studies on N_2 fixation using the acetylene reduction technique *Proc. Nat. Acad. Sci. Biochem.*, **58**: 2071-2078.
- VANCE (B. D.), 1965. — Composition and succession of Cyanophycean water blooms. *J. Phycol.*, **1**: 81-86.