

Bilans de l'azote et du phosphore dans un atoll ouvert du Pacifique Central (Tikehau, Tuamotu, Polynésie Française)

Claude CHARPY-ROUBAUD et LOÏC CHARPY

Résumé – Les concentrations en azote et phosphore ont été mesurées dans le lagon et dans les eaux océaniques avoisinant de l'atoll de Tikehau de 1984 à 1987.

La présence de l'atoll perturbe les profils des sels nutritifs : la couche superficielle des eaux océaniques est enrichie, autour de l'atoll, en azote minéral et en orthophosphates. Les concentrations en nitrates du lagon varient avec le mois et l'année. Excepté pour NH_4 , les sels nutritifs sont moins abondants dans le lagon que dans les eaux océaniques de surface. Les bilans de l'azote et du phosphore ont été calculés à partir de la différence de concentration entre les eaux lagunaires et océaniques superficielles, et du flux d'eau par la passe et les chenaux de communications. Le budget du phosphore, établi à partir de l'apport (sous forme minérale) et l'exportation (sous forme organique particulière) de cet élément, est équilibré. L'azote est exporté sous forme organique et de NH_4 . L'apport de NO_3 , dû à l'enrichissement des eaux océaniques, et la fixation d'azote moléculaire dissous équilibre cette exportation. On peut donc conclure que l'atoll, par sa présence physique (masse) et par ses métabolismes récifal et lagunaire, est une source d'azote pour les eaux océaniques avoisinantes.

Nutrient budget in an open atoll

Abstract – Nutrient concentrations were measured in the lagoon and in surrounding waters of Tikehau atoll (Tuamotu archipelago, French Polynesia) from 1984 to 1987. Atoll mass effect disturbs the nutrients profiles; vertical turbulent mixings of the waters along the atoll induce an enrichment in mineral N and P in the surface layer. Nutrient concentrations change with year and month of sampling; inorganic nutrient levels are lower inside the lagoon than in surrounding waters except for NH_4 . N and P budgets were roughly calculated by using nutrient concentration differences between lagoon and oceanic surface waters and water exchange rate through the passage and the reef flat spillways. Phosphorus budget is balanced between mineral input and organic output. Nitrogen is exported as PON, DON and NH_4 . The nitrate input from oceanic waters explains a small part of N output; N_2 fixation should explain the remainder. The atoll mass effect added to biological processes enrich superficial oceanic waters, therefore, it is not a drain for nitrogen and phosphorus.

Abridged English Version – The purpose of this paper is to establish the nutrient budgets between the lagoon and the surrounding oceanic waters of the atoll of Tikehau (Tuamotu, French Polynesia) with the intent to answer the question: is an atoll a source or a drain for certain nutrients?

Oceanic stations were studied in March 1984 at four stations located one mile from the atoll and one station located seawards 60 km south of the atoll. The lagoon itself was sampled during 9 surveys between October 1984 and May 1987. Nutrient concentrations in the upper 200 m were higher at the stations located near the atoll than at the station 60 km southwards (OS7) (Fig.). Therefore, the atoll seemed to disturb the standard vertical profiles of nutrients observed at station OS7, producing an enrichment phosphorus and nitrogen in the euphotic layer (Table I). This nutrient increase could very likely be induced by a vertical turbulent mixing caused by the atoll mass effect or internal waves. In the lagoon, the nutrient concentrations varied with the year and the month of sampling but were homogenous in space; therefore, their weighted averages are calculated by the equation:

$$\text{Average} = (\sum C_{i,j}) / (i \cdot j)$$

$C_{i,j}$ = concentration of N or P, year (i) and month (j).

Note présentée par Jean-Marie PÉRÈS.

21 AOUT 1991

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 34227, ex 1

Cote : B

p 53

The fluxes between lagoonal and ocean waters are roughly calculated; using the equation: flux ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) = $F \cdot (C_L - C_0) / \text{LS}$; F = annual average flow through the passage and the reef flat spillways = $6 \times 10^7 \cdot \text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ [5]; LS = lagoon surface = $4 \times 10^8 \text{m}^2$; C_L and C_0 = concentration of total nitrogen ($\sum \text{N}$) or total phosphorus ($\sum \text{P}$) in the lagoon and ocean. $\sum \text{N}$ and $\sum \text{P}$ average concentrations used to establish budgets appear in Table II. For surface oceanic waters the average concentrations of N and P are calculated using data obtained at station 1.

Nitrogen budget. — Total nitrogen concentration was equal to $3.8 \text{mmol N} \cdot \text{m}^{-3}$ in the ocean against $8.0 \text{mmol N} \cdot \text{m}^{-3}$ in the lagoon; therefore, nitrogen concentration increased with a rate of $0.6 \text{mmol N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$. Larkum *et al.* [9] give mean nitrogen fixation for the whole well developed lagoonal reef of One Tree Reef (Great Barrier Reef): 0.16 - $0.31 \text{mmol N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$; maximum nitrogen fixation rate occurs in the reef-flat and lagoonal patch-reef substrates (0.7 - $1.3 \text{mmol N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$). But in the water column of Tikehau lagoon, large quantities of cyanobacteria ($150,000 \text{cells} \cdot \text{ml}^{-1}$; [11]) were observed. Their productivity added to that of the benthic cyanophycean communities, is estimated to $0.7 \text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ [12]; that production requires a nitrogen assimilation in the order of $9 \text{mmol N} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ of which a part can proceed from dissolved N_2 .

MATÉRIEL ET MÉTHODES. — L'étude s'est déroulée de 1984 à 1987. Quatre stations océaniques situées aux quatre points cardinaux de l'atoll à 2 km de la barrière récifale et une station située à 60 km au sud de l'atoll ont été prospectées au cours de la mission TATI (*N.O. Coriolis*) (*fig.*). Les prélèvements ont été réalisés de 0 à 500 m. L'ensemble du lagon a été prospecté neuf fois; les prélèvements ont été effectués tous les 10 m de profondeur. Les stations de référence de l'océan (station 1) et du lagon (station Faufaa) ont été prospectées avec une fréquence plus élevée. Les paramètres étudiés et les méthodes d'analyse utilisées sont les suivants : PO_4 , NO_3 , NO_2 , NH_4 , N et P totaux dissous (ND et PD), par spectrophotométrie [3], N et P organiques dissous (DON et DOP), par différence entre N et P inorganiques dissous et DN et DP.

RÉSULTATS ET DISCUSSION. — La station OS7 (60 km au sud de l'atoll) présente des profils des sels nutritifs typiques d'eaux océaniques, avec augmentation des concentrations avec la profondeur : 0,1-0,2 mmol.m⁻³ de phosphate et nitrate jusqu'à 200 m, 2,5 mmol PO_4 et 15 mmol NO_3 .m⁻³ à 500 m. Cependant, les concentrations en NO_3 et PO_4 sont nettement plus élevées dans les 200 premiers mètres des stations proches de l'atoll (tableau I). Ainsi, au voisinage de l'atoll, les profils sont perturbés, présentant un enrichissement en N et P de la zone euphotique (*fig.*). Ce phénomène peut être la conséquence d'un mélange vertical turbulent, dû à la présence de l'atoll ou à des ondes internes [4].

Budgets lagon-océan. — Les concentrations en N et P des eaux lagonaires varient avec l'année et le mois de prélèvement, mais sont indépendantes du secteur prospecté. Les échantillons (1 057 analyses) n'ayant pas été obtenus synoptiquement, les meilleures estimations de leurs moyennes pondérées se calculent par :

$$\text{moyenne} = (\sum C_{i,j}) / (i \cdot j)$$

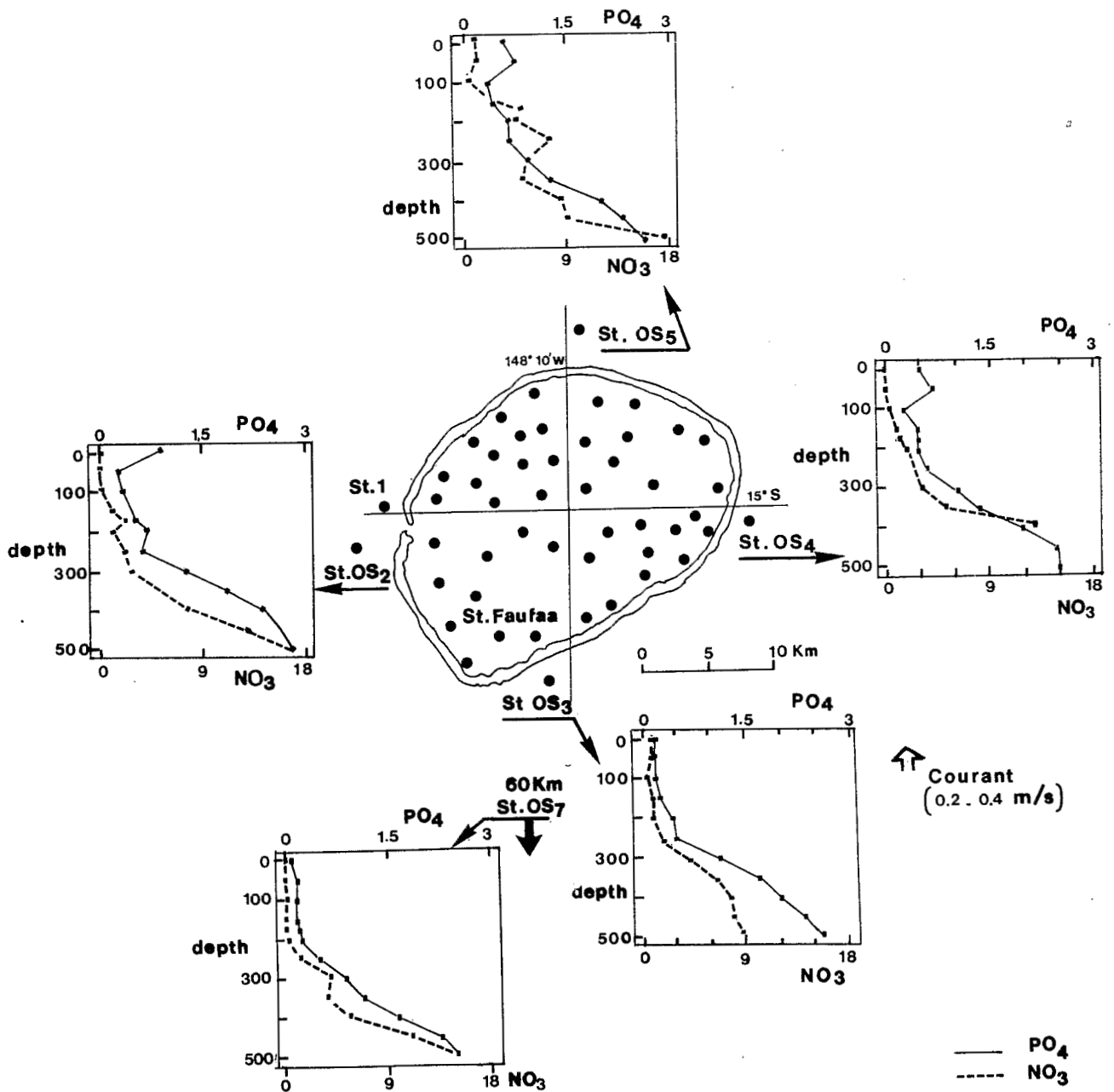
$C_{(i,j)}$ étant la concentration moyenne en N ou P de l'année i et du mois j .

Les moyennes des concentrations des eaux océaniques de surface sont obtenues à partir des 108 données de la station de référence (station 1). Les flux de sels nutritifs des eaux océaniques vers le lagon ont été calculés à partir de l'équation :

$$\text{flux (mmol.m}^{-2}.\text{j}^{-1}) = F(C_L - C_0) / SL$$

F est le débit moyen qui franchit la passe et les hoas, il est égal à $6 \cdot 10^7$.m³.j⁻¹ [5]; SL est la surface du lagon, égale à $4 \cdot 10^8$ m²; C_L et C_0 sont les concentrations (mmol.m⁻³) en azote ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3 + \text{NH}_4 + \text{DON} + \text{PON}$) ou phosphore ($\text{PO}_4 + \text{DOP} + \text{POP}$), qui sont indiquées dans le tableau II.

Azote. — La concentration totale en azote est de 3,8 mmol.m⁻³ dans l'océan et de 8,0 mmol.m⁻³ dans le lagon. Durant leur passage sur la couronne récifale et leur résidence dans le lagon, les eaux sont appauvries en NO_2 et NO_3 et enrichies en NH_4 . Le taux d'augmentation de N est de 0,6 mmol.m⁻².j⁻¹. L'augmentation des eaux en N durant leur transit sur le récif a été observée sur d'autres écosystèmes coralliens ([6], [7], [8]) et serait essentiellement due à la fixation d'azote atmosphérique par les cyanobactéries [9], organismes très bien représentés dans ce type d'écosystème ([6], [10]). Larkum et coll. [9] donne un taux de fixation de 0,16 à 0,31 mmol.m⁻².j⁻¹, pour la Grande Barrière de Corail. Nos résultats nous conduisent à estimer un taux de 0,6 en ces mêmes unités. A Tikehau, les cyanobactéries pélagiques atteignent 150 000 cellules.ml⁻¹ dans la colonne d'eau [11]. Leur production, associée à celle des cyanophycées benthiques est estimée



Localisation des stations et profils des concentrations en sels nutritifs ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-3}$) au voisinage de l'atoll de Tikehau en mars 1984.

Sampling stations location and inorganic nutrient concentration profiles ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-3}$) near Tikehau atoll in March 1984.

à $0,7 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ [12]; les $9 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$ d'azote nécessairement assimilés doivent provenir de l' N_2 dissous.

Phosphore. — Durant leur transit sur le récif et leur temps de résidence dans le lagon les eaux océaniques s'appauvrissent en PO_4 et s'enrichissent en P organique. Le bilan de P est équilibré entre les eaux extérieures ($0,66 \text{ mmol P} \cdot \text{m}^{-3}$) et le lagon ($0,65 \text{ mmol P} \cdot \text{m}^{-3}$).

TABLEAU I

Moyennes des concentrations en PO_4 et NO_3 ($mmol.m^{-3}$)
dans les 200 premiers mètres des eaux océaniques en mars 1984.

Average PO_4 and NO_3 concentrations ($mmol.m^{-3}$)

PO 0 4 0.2 0.5 0.5 0.2