

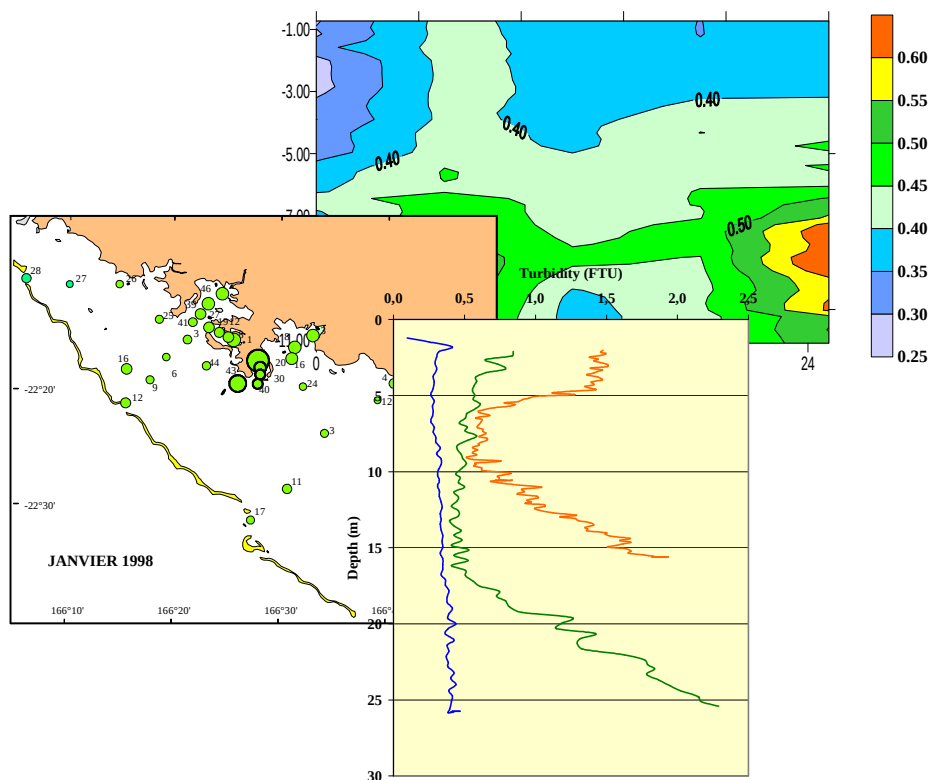
# ZoNéCo

PROGRAMME D'ÉVALUATION DES RESSOURCES MARINES  
DE LA ZONE ÉCONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE

## CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX DANS LE LAGON SUD-OUEST DE NOUVELLE-CALEDONIE.

### *Rapport d'activités pour l'année 2000*

**Renaud FICHEZ**  
Centre IRD, BP A5 Nouméa



**Mai 2001**

# **Caractéristiques physico-chimiques des eaux dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie.**

## **Introduction**

Cette opération menée dans le cadre du programme ZoNéCo a pour objectif d'assurer le transfert des connaissances et des données acquises pour large part dans le cadre du programme Ecotrope (1997-2000) puis de l'Unité de Recherche Camélia (2000-2004) de l'IRD. Les données qui portent sur les caractéristiques physiques et chimiques des eaux du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie sont issues de deux modes principaux d'acquisitions :

- 1) Des profils verticaux ont été effectués entre la surface et le fond avec une sonde CTD SeaBird SBE19 équipée de capteurs additionnels. Les paramètres enregistrés sont les suivants :
  - Profondeur
  - Température
  - Conductivité
  - Eclairement (PAR = éclairement disponible pour la photosynthèse)
  - Salinité
  - Turbidité (néphélométrie)
  - Fluorescence in situ (permet de déduire les concentrations en chlorophylle a).
- 2) Des prélèvements d'eau ont été effectués à une profondeur de -4 m pour la détermination chimique des composés suivants :
  - Ammonium
  - Nitrates et nitrites
  - Phosphates
  - Silicates
  - Azote total dissous
  - Phosphore total dissous
  - Azote organique dissous
  - Phosphore organique dissous
  - Carbone organique particulaire
  - Azote organique particulaire
  - Chlorophylle a
  - Phéopigments.

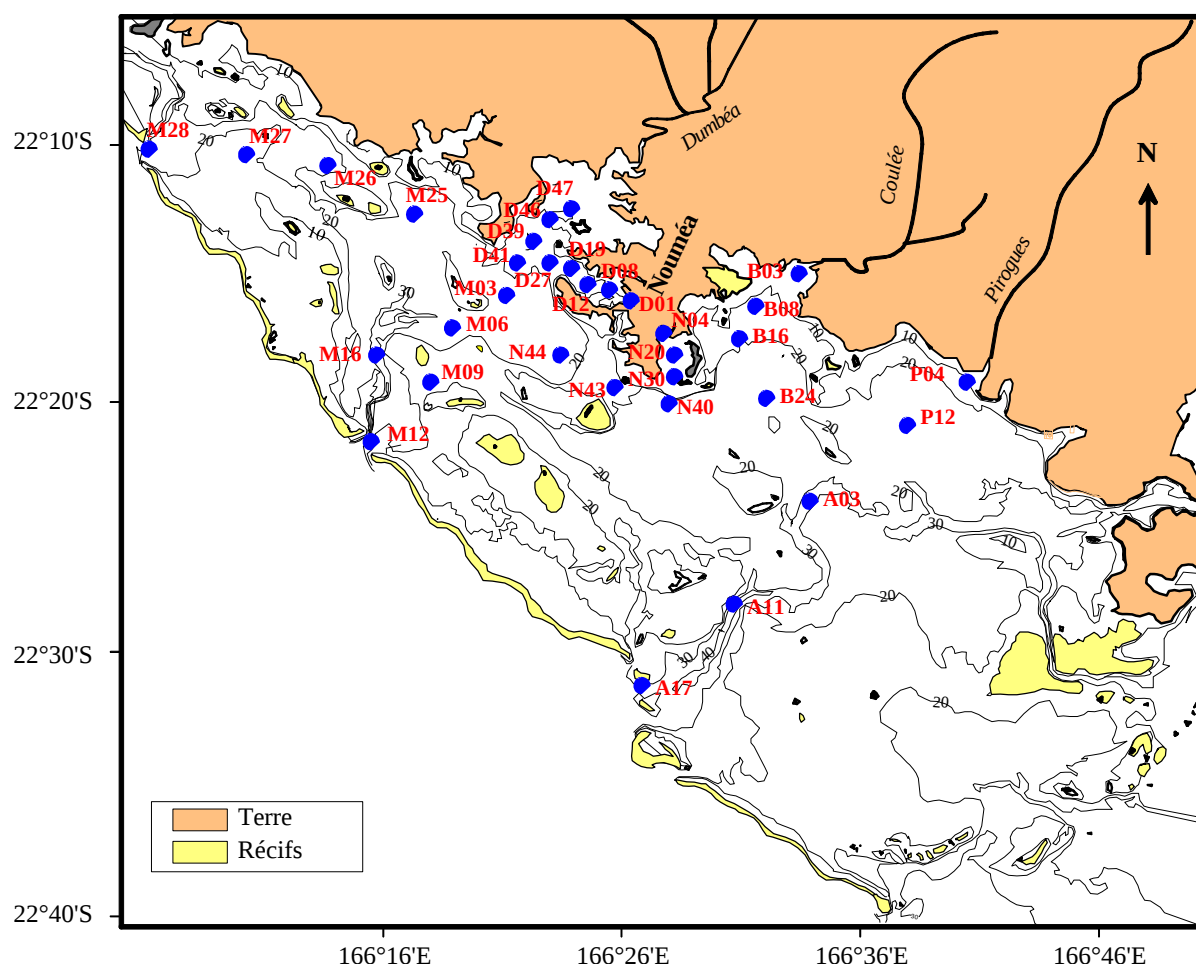
Les résultats des profils verticaux ainsi que les résultats des analyses chimiques sont regroupés sous la forme d'un ensemble de fichiers Microsoft Excel (voir détail en fin de rapport).

## Zone d'étude

Différentes stratégies d'échantillonnage ont été combinées afin de cerner au mieux les caractéristiques d'environnement.

### Années 1997-1999

Durant cette première phase, une première campagne exploratoire a été menée en mai-juin 1997 en ne procédant qu'à de profils verticaux avec la sonde CTD. Les résultats obtenus à partir de cette exploration préliminaire ont conduit à définir un ensemble de 29 stations dans un premier temps puis de 33 stations à partir de janvier 1998 (Figure 1) qui ont été suivies avec une fréquence mensuelle durant un peu plus d'un an, d'octobre 1997 à janvier 1999, puis de façon plus espacée ensuite (avril, août et novembre 1999).

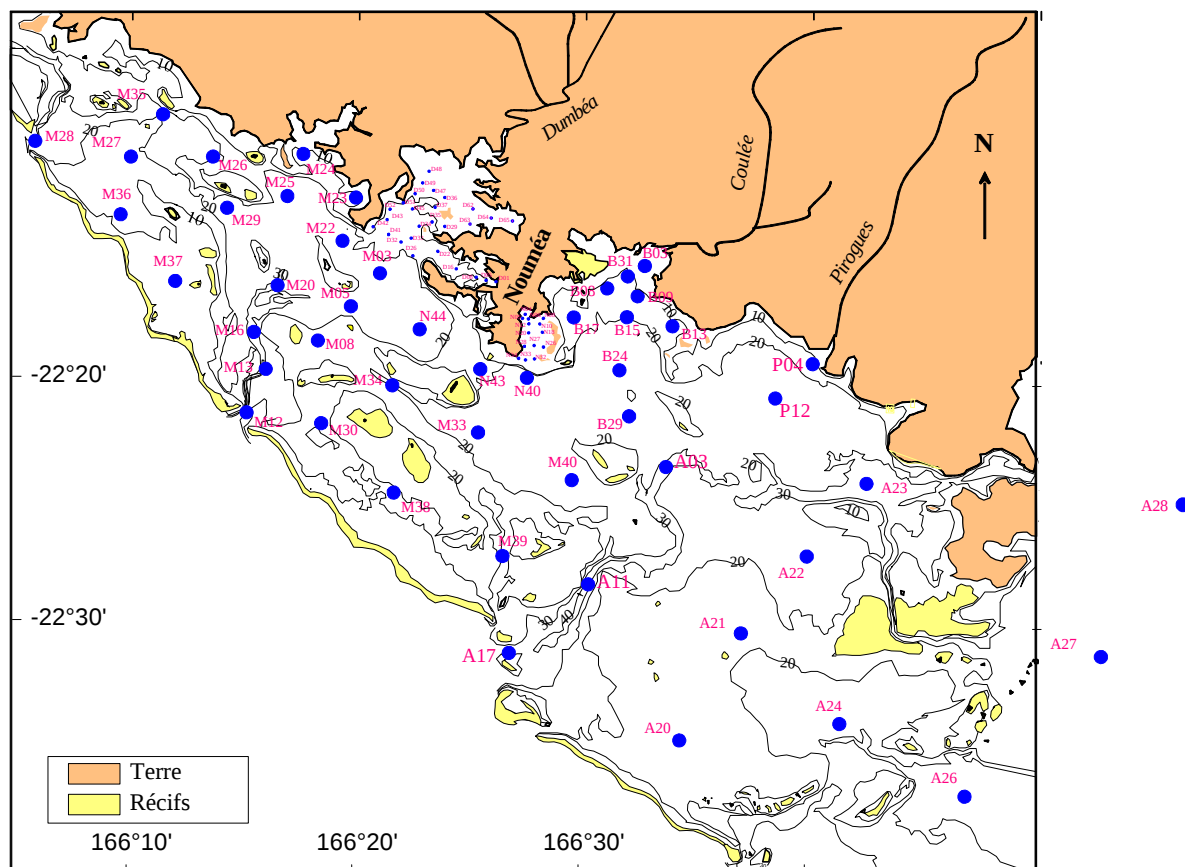


**Figure 1 :** Localisation des stations échantillonnées de façon répétitive d'octobre 1997 à novembre 1999 (les stations M25 à M28 n'ont été échantillonnées qu'à partir de janvier 1998).

En complément de ce suivi mensuel, la campagne Nouméa 5 effectuée à bord de l'Alis en août 1999 a permis de réaliser 153 profils verticaux avec la sonde CTD en vue d'une redéfinition de la stratégie d'échantillonnage.

### **Année 2000**

A partir de 2000 il a été décidé de procéder ponctuellement à des échantillonnages plus denses et sur une zone géographique étendue au sud-est, soit jusqu'à l'axe passant entre le Canal de la Havannah-et la passe de Mato. Cette intensification de l'échantillonnage, portant le nombre de stations à un total de 90 (Figure 2), a pour but de disposer d'une résolution suffisante pour permettre la cartographie par interpolation de la distribution dans l'espace des caractéristiques physico-chimiques des eaux.

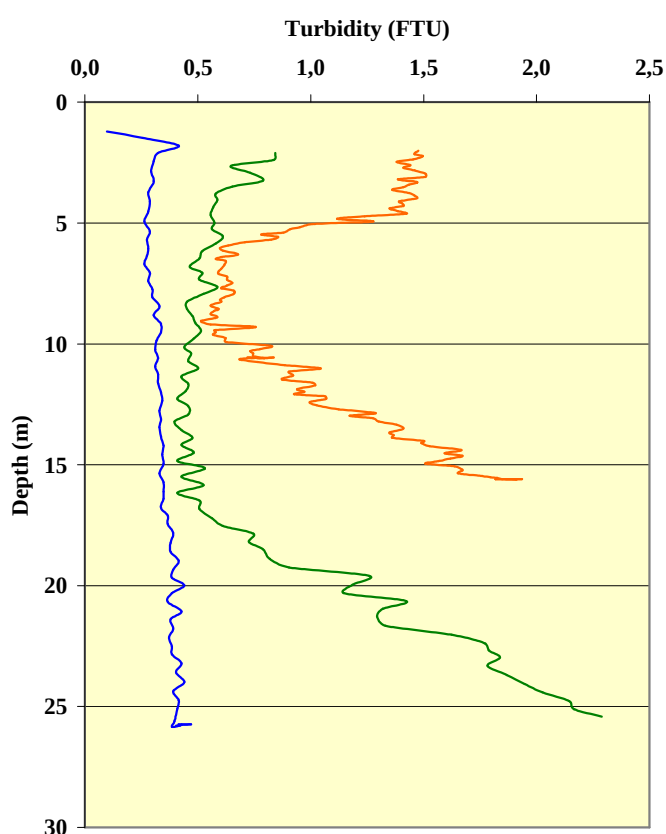


**Figure 2 :** Localisation des 90 stations échantillonnées à partir de septembre 2000 (emprise de la carte pas encore réactualisée à l'est).

## Résultats obtenus

### *Les profils CTD*

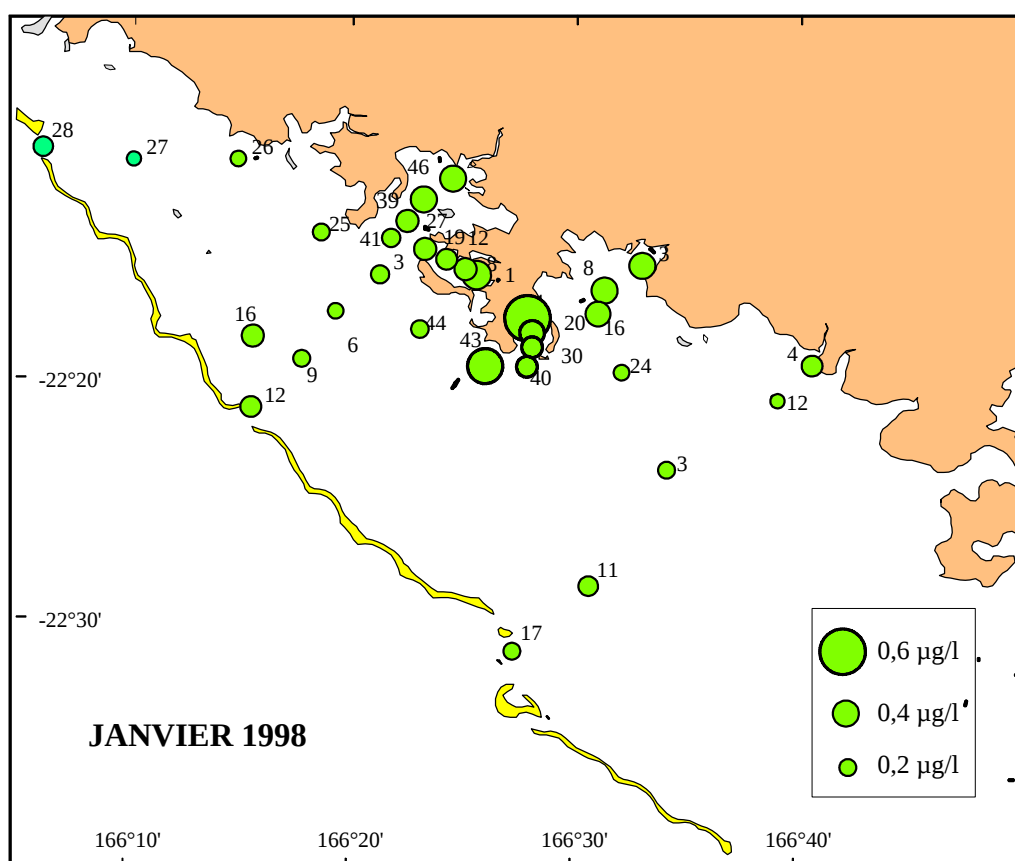
Les résultats obtenus avec la sonde CTD se présentent sous la forme de profils verticaux des paramètres température, salinité, éclairement, turbidité et fluorescence. Un exemple de l'évolution des profils verticaux de turbidité est présenté sur une radiale entre le milieu du lagon et le fond de la Baie de Dumbéa afin de montrer qu'il existe parfois de fortes différences dans la distribution verticale des caractéristiques physico-chimiques des eaux (Figure 3). Toutefois, les études conduites sur le lagon permettent de conclure que la combinaison des courants de marée et de la circulation due au vent, généralement très active dans le lagon, conduit à homogénéiser les eaux entre la surface et le fond ce qui conduit à une très faible stratification verticale.



**Figure 3 :** Profils vertical de distribution de la turbidité dans une station de milieu de lagon (trait bleu), dans une station à l'entrée de la baie de Dumbéa (vert) et dans une station du fond de la Baie de Dumbéa (rouge). On distingue nettement un néphéloïde de fond dans les deux stations de la Baie de Dumbéa et un néphéloïde de surface lié au panache estuarien de la rivière Dumbéa dans le fond de la Baie.

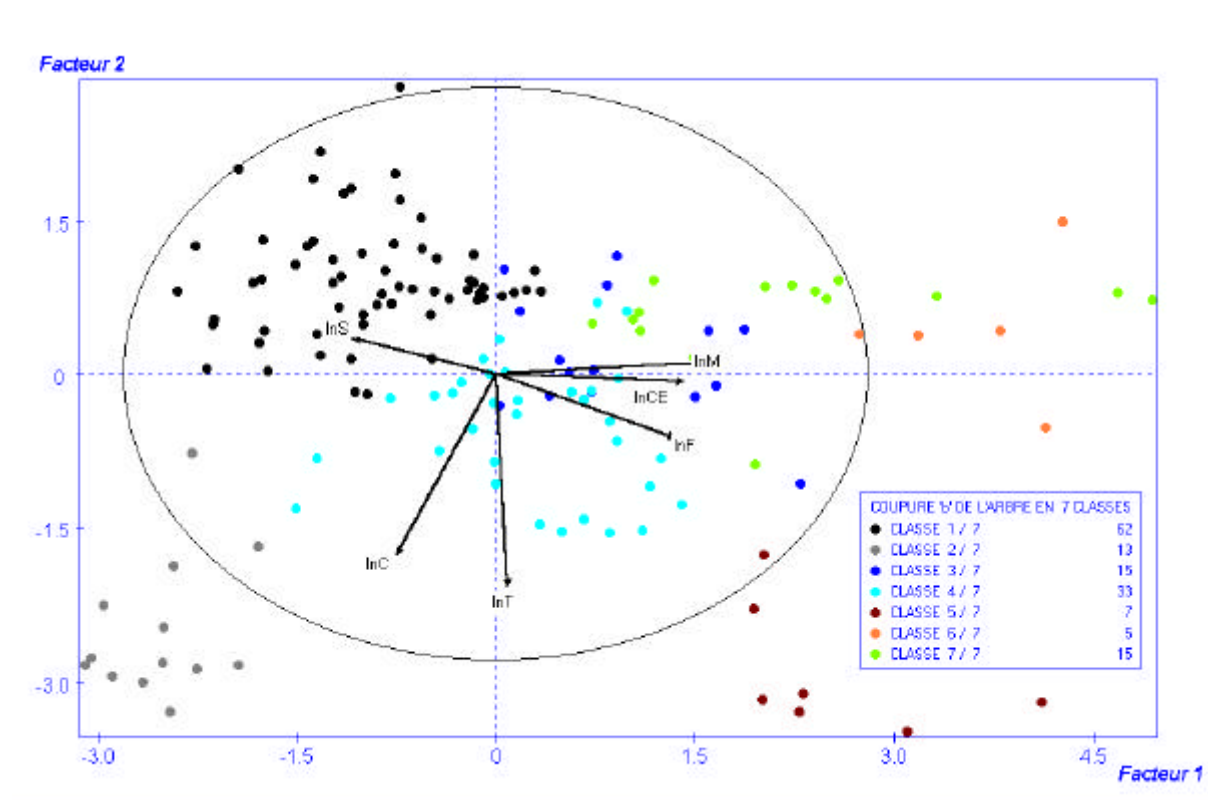
### ***Couverture spatiale***

Les résultats obtenus sur l'ensemble des 33 stations permettent d'obtenir des représentations simples de la répartition des conditions de milieu à un moment donné (Figure 4). L'exemple fourni constitue un mode de représentation de la distribution dans l'espace, la résolution spatiale ne permettant pas de pratiquer une interpolation entre les points. Les résultats montrent l'existence d'un gradient de concentration décroissant entre la côte et le récif avec des concentrations en chlorophylle *a* particulièrement élevées dans le fond de la Baie Sainte Marie et dans le fond de la Grande Rade. Ces deux zones apparaissent donc soumises à une eutrophisation artificielle du milieu liée aux apports en eaux usées riches en éléments nutritifs organiques et inorganiques.



**Figure 4 :** Représentation des concentrations en chlorophylle *a* dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie en janvier 1998.

Compte tenu de la masse de données accumulée, il est nécessaire de conduire des analyses statistiques pour arriver à extraire une information synthétique sur la structuration dans l'espace des caractéristiques physico-chimiques des eaux. Un exemple de classification est proposé à partir des résultats de CTD de la campagne d'août 1999. Ce traitement est basé sur la combinaison d'une analyse en composante principale (ACP) menée sur la matrice stations-paramètres suivie d'une analyse de classification hiérarchique menée sur la matrice des corrélations issue de l'ACP. Cette analyse statistique combinée permet d'identifier différentes classes qui sont déterminées par la situation des stations par rapport aux axes. Chaque axe explique un certain pourcentage de la variabilité des données et peut être associé à différents gradients d'influence (Figure 5). Dans l'exemple présenté, le premier axe qui explique 75 % de la variabilité, représente le gradient entre les eaux oligotrophes du large et les eaux côtières relativement turbides et eutrophisées. L'axe 2 qui n'explique que 11 % de la variabilité est principalement corrélé au gradient thermique qui est une fonction complexe des différentes eaux sources et de la géomorphologie.

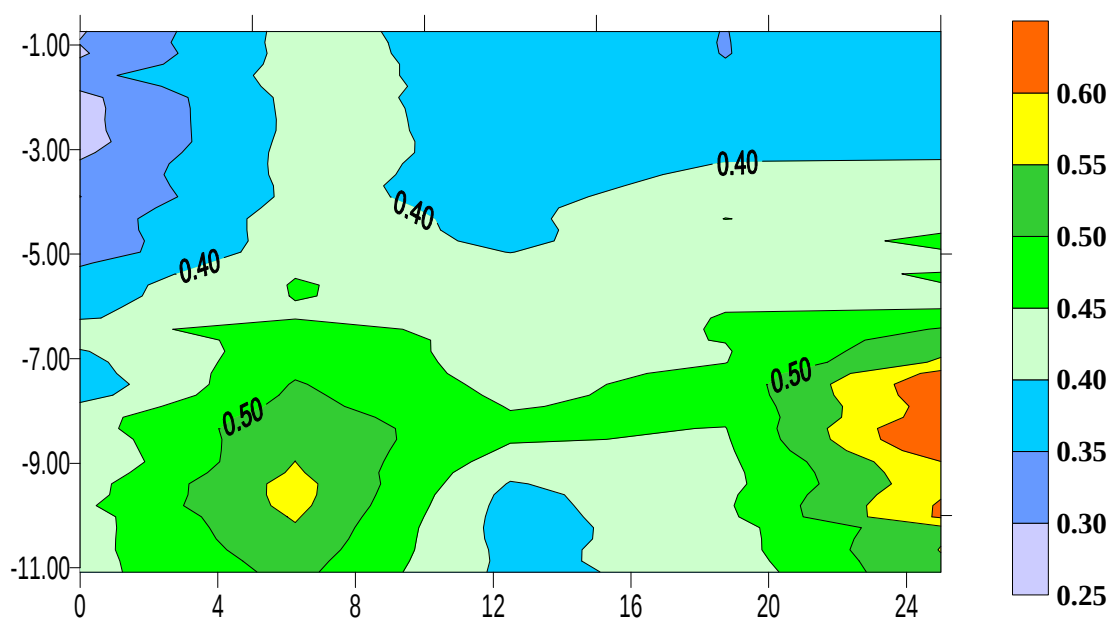


**Figure 5 :** La combinaison d'une analyse en composante principale avec une analyse de classification hiérarchique permet de déterminer les grands groupes hydrologiques présents dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. La classe 1 représente les stations de milieu de lagon, la classe 2 les stations océaniques, les classes 3 et 4 correspondent aux stations

d'entrée de baie, la classe 5 correspond au fond de la baie de Sainte Marie (eutrophisée), la classe 6 correspond au fond de la Baie de Boulari (fortement terrigène), la classe 7 correspond aux stations de la Grande Rade (terrigenes + eutrophisation).

### Cycles de 24 heures

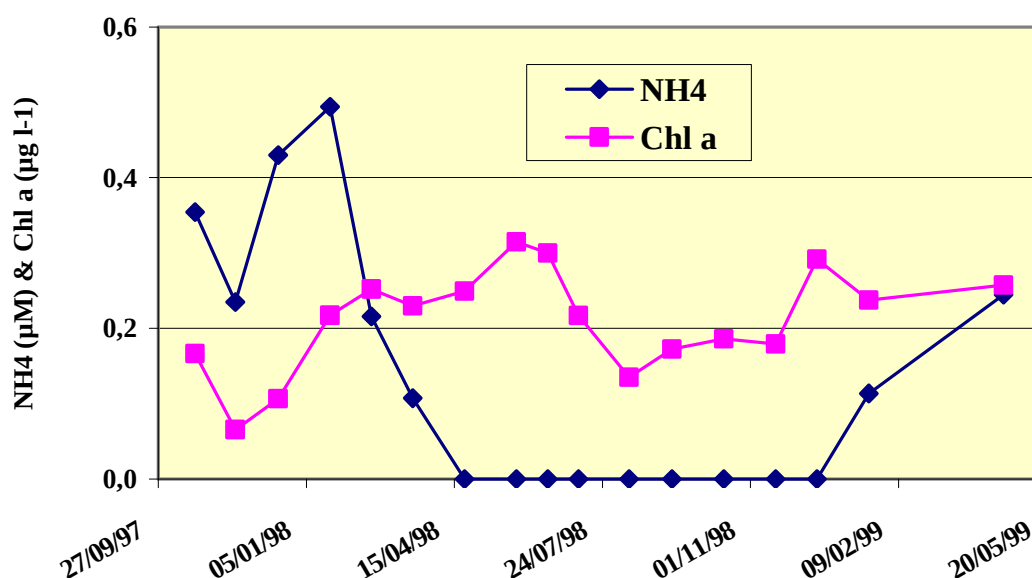
Les résultats obtenus à partir des cycles de 24 heures permettent de déterminer la variabilité à court terme du milieu et en particulier de mettre en évidence l'influence des cycles de marée et l'influence des cycles diurnes-nocturnes. Les résultats présentés portent sur l'évolution de la concentration en chlorophylle *a* ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ), déduites des valeurs de fluorescence *in situ*, durant un cycle de 25 heures dans la Baie de Sainte-Marie (Figure 6). Le facteur marquant sur un tel cycle est le renforcement dans le courant de la journée d'un maximum profond de chlorophylle *a*. Cette caractéristique démontre l'existence d'un flux de nutriments provenant du fond qui vient alimenter le système phytoplanctonique durant le jour et favorise donc la production primaire planctonique à un niveau où l'éclairement est suffisant. Le système benthique semble donc exercer un contrôle majeur sur la production primaire pélagique, même dans un site soumis à des apports artificiels en éléments nutritifs (eaux usées des bassins versants urbanisés environnant).



**Figure 6 :** Evolution de la concentration en chlorophylle *a* au fond de la baie de Sainte-Marie durant un cycle de 25 heures. En ordonnées la profondeur en m, en abscisses le temps en heure ( $t_0=12$  heure), les concentrations en chlorophylle *a* sont en  $\mu\text{g l}^{-1}$ .

### **Variabilité annuelle**

Les résultats obtenus permettent de déterminer les grandes tendances de la variabilité temporelles sur une année. Les principaux paramètres qui montrent une variabilité marquée à de telles échelles de temps sont les concentrations en ammonium et en chlorophylle *a* (Figure 7). Sachant que la production primaire est essentiellement limitée par l'azote en milieu lagunaire et que l'ammonium est la forme azotée préférentiellement absorbée par le phytoplancton, cette relation pourrait à première vue apparaître comme étant assez logique. Toutefois, l'évolution des concentrations respectives des deux paramètres ne correspond pas exactement à ce qui pourrait être attendu dans le cas d'un contrôle trophique de type « bottom-up » exercé par l'ammonium. En effet, on observe un maximum de chlorophylle *a* vers mi-juin soit près d'un mois et demi après la quasi totale disparition de l'ammonium. Il semble donc que le processus de contrôle de la production primaire qui conduit en particulier au maximum de chlorophylle *a* enregistré vers juin-juillet soit mal élucidé. Etant donné le rôle déterminant des producteurs primaires sur la chaîne trophique lagunaire il apparaît donc indispensable de déterminer avec précision la nature de ce contrôle afin d'en intégrer les paramètres dans un outil de modélisation prédictive du fonctionnement biologique du lagon.



**Figure 7 :** Evolutions des concentrations en ammonium et en chlorophylle *a* d'octobre 1997 à avril 1999.

## Descriptif des fichiers de données

### *Fichiers CTD*

Un total de 25 fichiers de données présentés sous la forme de feuilles de tableur au format Microsoft Excel et totalisant près de 12 Mo de mémoire ont été remis en même temps que ce rapport sur disquette Zip.

### Couverture spatiale

20 fichiers totalisant un espace mémoire de 8, 91 Mo et concernant les données CTD relevant de la couverture spatiale ont été rassemblés dans un dossier « Spatial » :

- CTD2000-09.xls
- CTD1999-08.xls
- CTD1999-04.xls
- CTD1999-01.xls
- CTD1998-12.xls
- CTD1998-11.xls
- CTD1998-10.xls
- CTD1998-09.xls
- CTD1998-08.xls
- CTD1998-07.xls
- CTD1998-06.xls
- CTD1998-05.xls
- CTD1998-04.xls
- CTD1998-03.xls
- CTD1998-02.xls
- CTD1998-01.xls
- CTD1997-12.xls
- CTD1997-11.xls
- CTD1997-10.xls
- CTD1997-05.xls

Les fichiers se présentent sous le format suivant :

| Lagon sud-ouest 1999 08 |             |              |                |            |          |              |
|-------------------------|-------------|--------------|----------------|------------|----------|--------------|
| A02                     | 166,553667  | -22,381333   | 30/08/99 13:10 |            |          |              |
| Profondeur              | Température | Conductivité | Turbidité      | Irradiance | Salinité | Fluorescence |
| 0,976                   | 21,6438     | 50,184       | 0,433          | 196,1      | 35,466   | 0,1392       |

|            |             |              |                |            |          |              |
|------------|-------------|--------------|----------------|------------|----------|--------------|
| 1,03       | 21,6364     | 50,1691      | 0,409          | 186,3      | 35,4602  | 0,1363       |
| 1,298      | 21,6202     | 50,1674      | 0,403          | 197,5      | 35,4722  | 0,1387       |
| 1,538      | 21,5969     | 50,1294      | 0,409          | 204,1      | 35,4611  | 0,1409       |
| 1,806      | 21,5824     | 50,1211      | 0,452          | 174,5      | 35,4664  | 0,1397       |
| 2,181      | 21,5733     | 50,1062      | 0,482          | 149,7      | 35,4619  | 0,1399       |
| 2,609      | 21,5748     | 50,1178      | 0,433          | 158,7      | 35,4697  | 0,1404       |
| ....       | ....        | ....         | ....           | ....       | ....     | ....         |
| ....       | ....        | ....         | ....           | ....       | ....     | ....         |
| 28,978     | 21,2057     | 49,7526      | 0,958          | 96,61      | 35,4743  | 0,1675       |
| 29,246     | 21,206      | 49,7526      | 0,965          | 94,86      | 35,4739  | 0,167        |
| A03        | 166,5645    | -22,388667   | 30/08/99 13:20 |            |          |              |
| Profondeur | Température | Conductivité | Turbidité      | Irradiance | Salinité | Fluorescence |
| 0,789      | 21,9419     | 50,4738      | 0,372          | 155,3      | 35,4504  | 0,1389       |
| 1,003      | 21,9285     | 50,4539      | 0,256          | 157,5      | 35,4457  | 0,1389       |
| ....       | ....        | ....         | ....           | ....       | ....     | ....         |
| ....       | ....        | ....         | ....           | ....       | ....     | ....         |

Dans la première ligne de chaque bloc (exemple ci-dessous)

A02            166,553667   -22,381333   30/08/99 13:10

- A02 correspond à la station
- 166,553667 correspond à la longitude (longitude est en degrés et fractions de degrés, pas en degrés-minutes-secondes).
- -22,381333 correspond à la latitude (latitude sud en degrés et fractions de degrés, pas en degrés-minutes-secondes).
- 30/08/99 13 :10 correspond à la date et l'heure, soit dans cet exemple le 30 août 1999 à 13 heures et 10 minutes.

Les lignes suivantes correspondent à l'organisation des valeurs en colonnes. Les colonnes correspondent successivement de gauche à droite à : la profondeur en mètres, la température en degrés centigrades, la conductivité en milliSiemens par cm, la turbidité en FTU (Formazin

turbidity unit), l'irradiance en  $\mu\text{Einstein par m}^2$  et par seconde, la salinité en unités arbitraires de salinité (anciennes psu), la fluorescence en unité arbitraire de fluorescence.

### Cycles de 24 heures

4 fichiers totalisant un espace mémoire de 2,56 Mo et concernant les données CTD relevant des cycles de 24 heures ont été rassemblés dans le dossier « Cycle24H » :

- CYCLE N04 1998-10.xls
- CYCLE D47 1998-10.xls
- CYCLE D46 2000-09.xls
- CYCLE A24 2000-09.xls

L'organisation des fichiers est la même que précédemment excepté que chaque fichier correspond à une station et que les blocs successifs de valeurs correspondent aux profils espacés d'une demi heure et classés par ordre décroissant (en partant du dernier et en terminant par le premier).

### **Fichier caractéristiques chimiques des eaux**

1 fichier de 215 Ko regroupant toutes les données de sels nutritifs pour la couverture spatiale a été placé dans le dossier « Chimie ».

- CHIMIE EAU 2000.xls

L'ensemble des données est rassemblé sur une seule feuille de calcul. Chaque campagne de mesure est séparée de la suivante par une ligne et les données sont organisées en colonnes dont la nature et les unités de mesure sont indiquées dans les deux premières lignes du fichier.

## Références bibliographiques liées à l'opération

### **Publications**

- Bujan S., 2000. Modélisation biogéochimique du cycle du carbone et de l'azote dans les écosystèmes côtiers tropicaux sous influences terrigène et anthropique. Thèse de l'Université d'Aix-Marseille II, 249 p.
- Bujan S., Grenz C., Fichez R., Douillet P., 2000. Evolution saisonniere du cycle biogeochimique dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Caledonie. Application d'un modele compartimental. *C. R. Acad. Sci. Paris, Life Sciences, Ecology*, **323** : 225-233.
- Bujan S., Pinazo C., Douillet P., Grenz C., Fichez R., 2001. A 3D coupled physical-biogeochemical model to simulate influences of major hydrodynamic forcing on the evolution of pelagic ecosystem in the south-west lagoon of New Caledonia. *Soumis à Coral Reefs*.
- Labrosse P., Fichez R., Farman R., Adams T., 2000. New Caledonia. In, *Seas at the Millenium, an environmental evaluation*. Sheppard C. (ed.), Elsevier, Amsterdam. Vol. 2, p. 723-736.

### **Présentations à congrès**

- Bujan S., Douillet P., Fichez R., Grenz C., 1999. Hydrodynamique d'un lagon côtier tropical : temps de résidence et variabilité saisonnière du système pélagique du lagon sud-ouest de Nouvelle-

Calédonie. 4<sup>ème</sup> Congrès de Limnologie & Oceanographie (AFL-UOF), Variabilités temporelles au sein des hydrosystèmes, Bordeaux, 7-10 Sept 99, présentation orale.

Bujan S., Grenz C., Fichez R., Douillet P., 1998. Modelling biogeochemical cycling in a coral reef lagoon subject to terrigenous inputs, results on the predicted yearly evolution of chlorophyll and nutrients. *ISRS European Meeting, Perpignan (France), 1-4 September 1998*, présentation orale.

Bujan, S., Grenz C., Fichez R., Douillet P., 1999. Contribution of occasional freshwater inputs on a coastal subtropical ecosystem, impact on nutrient and phytoplankton biomass described through a biogeochemical simulation model. *ASLO 1999 meeting, Santa Fe, USA, 1-5 February 1999*, présentation de poster.

Bujan S., Pinazo C., Douillet P., Grenz C., Fichez R., 2000. A 3D coupled physical-biogeochemical model to simulate influences of major hydrodynamic forcing on the evolution of pelagic ecosystem in the south-west lagoon of New Caledonia. *9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia, 23-27 octobre 2000*, présentation orale.

Chifflet S., Fichez R., Ferraris J., Gérard P., Douillet P., 2000. Trends in the distribution of water physical and chemical characteristics in the lagoon of New Caledonia : assessing the significance of terrigenous and anthropogenic inputs. *9<sup>th</sup> International Coral reef Symposium, Bali, Indonesia, 23-27 Octobre 2000*, présentation orale.

Fichez R., Bujan S., Chevillon C., Chifflet S., Douillet P., Ferland M., Fernandez J.M., Ferraris J., Gangaiya P., Gouyet R., Garrigue C., Kulbicki M., Newell P., Richer de Forges B., Schlacher T., Shorten G., Smith R., Todd H., 1998. Collaborative research action on the influence of anthropogenic inputs on lagoon environments. *27<sup>th</sup> SOPAC Annual Meeting, Suva, Fiji, 26 Septembre-3 Octobre 1998*, présentation de poster.

Fichez R., Bujan S., Breau L., Chevillon C., Chifflet S., Douillet P., Fernandez J.M., Ferraris J., Gouyet R., Garrigue C., Kulbicki M., Richer de Forges B., 2000. The influence of anthropogenic and terrigenous inputs on coral reef lagoon environments : the Ecotrope programme. *International Coral Reef Initiative Symposium, Nouméa, New Caledonia, 22-24 Mai 2000*, présentation de poster.

Fichez R., Chifflet S., Gérard P., Bujan S., Poleviak C., Manane A., 1998. Water physico-chemistry in a high island coral reef lagoon in response to terrigenous and anthropogenic inputs. *ISRS European Meeting, Perpignan (France), 1-4 Septembre 1998*, présentation de poster.

Fichez R., Newell P., South R., 1997. The Ecotrope programme : looking at terrigenous and anthropogenic influences on coral reef lagoons of the Pacific. *Marine Benthic Habitats Conference, Nouméa (New Caledonia), 10-16 Novembre 1997*, présentation de poster.

Magand O., Courp T., Fernandez J.M., Fichez R., 1998. Transfer of suspended particulate matter of continental and lagoon origin in the south west lagoon of New Caledonia : Preliminary qualitative and quantitative results. *ISRS European Meeting, Perpignan (France), 1-4 September 1998*, présentation de poster.