

Maître de stage : Mr Garen Pierre
Tuteur enseignant : Mr Parache Alain
Tuteur de recherche : Mr Thomas Yoann

Licence professionnelle
« Aquaculture et gestion
durable de son environnement »

Date
28 août 2007



Université de La Rochelle
Pôle sciences, Avenue Michel Crépeau, 17000 LA ROCHELLE

Mémoire de fin d'étude
Pour l'obtention du diplôme de
Licence Professionnelle
« **Aquaculture et Gestion Durable de son Environnement** »

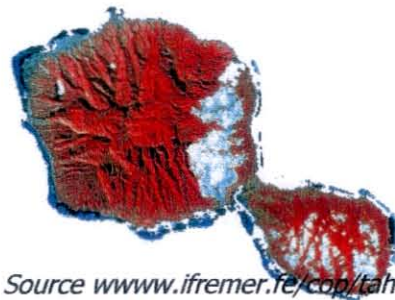
Etude des sources d'alimentation potentielles des larves de l'huître perlière à l'échelle d'un lagon des Tuamotu, Ahe (Polynésie française)

MAZZELLA Audrey

Etude réalisée au Centre Océanologique du Pacifique (COP)

IFREMER
Centre Océanologique du Pacifique
BP 7004
98719 TARAVALO
Tahiti
Polynésie Française

tél: 00 689 54 60 00
fax: 00 689 54 60 99
Site : www.ifremer.fr



Source www.ifremer.fr/cop/tahiti.htm

Sous la direction de Monsieur GAREN Pierre

-Année 2007-

REMERCIEMENTS

Au terme de ces quelques mois passés au Centre Océanologique du Pacifique, je tiens à remercier toutes les personnes qui de près ou de loin, ont scientifiquement ou moralement contribué à l'aboutissement de ce rapport.

Je tiens à remercier Dominique BUESTEL, directeur du centre, pour son accueil au sein du Centre Océanologique du Pacifique.

Je remercie toute l'équipe du laboratoire de domestication de l'huître perlière pour m'avoir prodigué des conseils et pour leur aide.

Je remercie Stéphane ROBERT, Yoann THOMAS, Pierre GAREN pour m'avoir permise de réaliser ce stage dans les meilleures conditions. Des remerciements tout particulier à Pierre et Yoann pour leur aide tout au long de ce stage enrichissant. Ces remerciements sont de rigueur pour ces semaines inoubliables au club med d'Ahe.

RESUME

Ce travail s'inscrit dans le cadre général d'une étude de la dispersion des larves de *Pinctada margaritifera* dans le lagon de l'atoll d'Ahe (Tuamotu, Polynésie Française). L'objectif de cette étude est de mettre en place un modèle couplant la croissance et la dispersion des larves au sein du lagon. Le principal objectif de cette étude était de décrire la variation des paramètres (chlorophylle et matière en suspension) selon différentes échelles spatiales et temporelles.

Au total, 1111 échantillons ont été prélevés en 12 stations du 21 avril au 28 mai 2007.

La campagne a montré un effet significatif de la vitesse et de la direction du vent sur la concentration des différents paramètres. La profondeur n'influence pas la quantité de la chlorophylle et de la matière en suspension ainsi que celle de leurs descripteurs qualité (proportion des cellules inférieures à 2 μm , celle des phéopigments pour la chlorophylle et la matière organique pour la matière en suspension). Les variations nycthémérales des différents paramètres sont non significatives sauf pour celle du picoplancton.

Ces résultats montrent que le lagon d'Ahe réunit des conditions favorables à un développement trophique des larves de *P. margaritifera*. La nourriture est abondante mais il reste à déterminer quelle est la part exploitable par les larves et connaître la proportion respective de nourriture assimilable par les adultes et les larves.

MOTS CLEFS : Ahe – collectage – temporel – spatial – chlorophylle – phéopigments – matière en suspension – matière minérale – matière organique

ABSTRACT

This work is part of a general study aiming at the modelling growth and dispersion of the larvae of *Pinctada margaritifera* in the lagoon of Ahe atoll (Tuamotu, French Polynesia). The general objective of this study is to set up a model coupling the growth and the dispersal of chlorophyll and particulate matter according to different spatial and temporal scales.

Totally 1111 samples were taken in 12 stations from April 21st to May 28th, 2007.

The speed and the direction of the wind had a significant effect on the different parameters. The depth has not influence on the variations of the chlorophyll and the particulate matter that of their quality descriptors (proportion of cells lower than 2 μm , that of the phaeopigments and the organic matter). A significant variations of the different parameters were not observed on a 24 hours survey safe for that of the picoplancton .

These results show that the lagoon of Ahe gathers favourable conditions for the trophic development of larvae of *P. margaritifera*. The food is abundant but it remains to determine when is the part that is exploitable by the larvae and to know the respective proportion of food assimilated by adults and larvae.

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	1
TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	3
LE CENTRE IFREMER.....	5
INTRODUCTION.....	7
MATERIELS & METHODES.....	11
1. Site étudié.....	11
2. Paramètres étudiés.....	11
3. Plan d'échantillonnage.....	12
3.1. <i>LES STATIONS D'ECHANTILLONNAGE</i>	12
3.2. <i>LES PRELEVEMENTS</i>	13
3.3. <i>LES PROTOCOLES EXPERIMENTAUX</i>	13
3.3.1. <i>Protocole de filtration</i>	13
3.3.2. <i>Protocole d'analyse</i>	13
3.3.2.1. Matière en suspension (MES ou seston).....	13
3.3.2.2. Chlorophylle-a et phéopigments.....	14
RESULTATS.....	15
1. Les paramètres météorologiques.....	15
2. Le lagon.....	16
2.1. <i>LA MATIERE EN SUSPENSION</i>	16
2.1.1. <i>Variation temporelle moyenne</i>	16
2.1.2. <i>Variation spatio-temporelle</i>	17
2.1.3. <i>Caractérisation de la MES par la MIP et MOP</i>	18
2.1. <i>LA CHLOROPHYLLE</i>	19
2.2.1. <i>Variation temporelle moyenne</i>	19
2.2.2. <i>Variation spatio-temporelle</i>	20
2.2.3. <i>Variation des particules phytoplanctoniques inférieures à 2 µm</i>	21
2.2.4. <i>Le rapport phéopigments sur chlorophylle-a totale</i>	22
3. Les radiales.....	23
3.1. <i>VARIATION DE LA MES</i>	23
3.2. <i>VARIATION DE LA CHLOROPHYLLE</i>	24
4. Les cycles verticaux.....	25
DISCUSSION.....	27
Echelle temporelle.....	27
Echelle spatio-temporelle.....	28
Echelle spatiale.....	28

CONCLUSION & PERSPECTIVES	29
GLOSSAIRE	30
BIBLIOGRAPHIE	32
MEDIAGRAPHIE	33
ANNEXES	34

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figures

Figure 1 : Vue aérienne du COP (Source www.futura-sciences.fr).

Figure 2 : Evolution des exportations et du prix net du gramme des perles de culture brutes (Source www.tahiti-export.pf)

Figure 3a : Cycle d'élevage de *Pinctada margaritifera* (Source photo Ifremer).

Figure 3b : Développement larvaire (Source Service de la perliculture).

Figure 4 : Répartition des concessions d'élevage et localisation de la principale zone de captage (Source carte Service de la Perliculture).

Figure 5 : Sonde CTD Sea-Bird.

Figure 6 : Répartition des stations d'échantillonnage dans le lagon d'Ahe (Source projet de thèse de Thomas, Y. 2007).

Figure 7 : Evolution des paramètres météorologiques mesurés à Ahe au cours des prélèvements durant la campagne

Figure 8 : Variation de la concentration moyenne en matière en suspension et de la proportion de matière organique durant la campagne. Les écarts type représentent la variation spatiale des données autour de la moyenne faite sur les 12 données correspondant aux 12 stations du lagon

Figure 9 : Identification schématique des zones du lagon présentant une concentration en matière en suspension supérieure (foncé) ou inférieure (clair) à la moyenne des concentrations sur la période (soit 1.9 mg/l, prélèvements à 5 mètres de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météorologique avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'eau (°C), la direction (degrés) et la vitesse ($m.s^{-1}$) du vent.

Figure 10 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant une concentration en matière en suspension supérieure (foncé) ou inférieure (clair) à la moyenne des concentrations sur la période (soit 1,9 mg/l, prélèvements à 5 mètres de profondeur).

Figure 11 : Identification schématique des zones du lagon présentant un rapport MOP/MES supérieur (orange), inférieur (marron) ou égal (beige) à la moyenne du rapport sur la période (soit 50%, prélèvements à 5 m de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degrés) et la vitesse ($m.s^{-1}$) du vent.

Figure 12 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant un rapport MOP/MES supérieur (orange), inférieur (marron) ou égal (beige) à la moyenne du rapport (soit 50%, prélèvements à 5 m de profondeur).

Figure 13 : (A) Variation de la concentration moyenne en chlorophylle a totale et (B) variation temporelle des rapports phéopigments / Chl-a total et Chl-a $<2\mu m$ / Chl-a totale, au cours des 28 jours de prélèvement à l'échelle du lagon. Les écarts type représentent la variation spatiale des données autour de la moyenne faite sur les 12 données correspondant aux 12 stations du lagon

Figure 14 : Identification schématique des zones du lagon présentant une concentration en Chlorophylle-a supérieure (foncé), inférieure (médian) ou égale (clair) à la moyenne des concentrations sur la période (soit 0.15 $\mu g.l^{-1}$, prélèvements à 5 m profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degrés) et la vitesse ($m.s^{-1}$) du vent.

Figure 15 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant une concentration en Chlorophylle-a supérieure (foncé), inférieure (médian) ou égale (clair) à la moyenne des concentrations (soit 0.15 $\mu g.l^{-1}$, prélèvements à 5 m de profondeur).

Figure 16 : Identification schématique des zones du lagon présentant un rapport Chl-a <2µm/Chl-a totale supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport sur la période (soit 87%, prélèvements à 5 m de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degrés) et la vitesse (m.s⁻¹) du vent.

Figure 17 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant un rapport Chl-a <2µm/Chl-a totale supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport (soit 87%, prélèvements à 5 m de profondeur).

Figure 18 : Identification schématique des zones du lagon présentant un rapport Phéo/Chl-a supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport sur la période (soit 49%, prélèvements à 5 m de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degrés) et la vitesse (m.s⁻¹) du vent.

Figure 19 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant un rapport Phéo/Chl-a supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport (soit 49%, prélèvements à 5 m de profondeur).

Figure 20 : Variation de la concentration en matière en suspension et de la proportion de matière organique particulaire des échantillons d'eau de mer prélevés à 5 mètres de profondeur au sein des radiales lors de la campagne

Figure 21 : Variation de la concentration en chlorophylle-a totale, du pourcentage de la chlorophylle-a inférieure à 2 µm et de la proportion des phéopigments, des échantillons prélevés à - 5 mètres sur chacune des 10 stations des deux radiales au cours des 4 jours d'échantillonnage

Figure 22 : Variation moyenne (A) de la concentration en matière en suspension et de la proportion de la matière organique particulaire , (B) de la chlorophylle a totale et des cellules chlorophylliennes inférieures à 2 µm , et (C) des phéopigments en fonction du temps (1) et la profondeur (2). Les barres d'erreurs sont des écart-types.

Tables

Table 1 : Résultats de l'analyse de variance à deux facteurs (profondeur & heure) sans répétitions (ou anova), sous forme de probabilité.

Annexes

Annexe 1 : Caractéristiques des différentes stations.

Annexe 2 : Schéma du montage de filtration pour la chlorophylle (Source Thomas, Y. 2007).

Annexe 3 : Détermination du coefficient de variation des données de matière en suspension et matière organique particulaire aux dates de prélèvements des échantillons sur les deux radiales afin d'obtenir un indice de variation quantitatif permettant une comparaison.

Annexe 4 : Détermination du coefficient de variation des données chlorophylle-a totale et de ces descripteurs qualité aux dates de prélèvements des échantillons sur les deux radiales afin d'obtenir un indice de variation quantitatif permettant une comparaison.

LE CENTRE IFREMER

Le Centre Océanologique du Pacifique (COP), a été créé en 1972 par le Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO) devenu depuis l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer). C'est un établissement à caractère industriel et commercial (EPIC). Le COP a pour mission de conduire et de promouvoir des recherches fondamentales et appliquées, des activités d'expertise et des actions de développement technologique et industriel. L'Ifremer se situe sur la commune de Vairao depuis plus de 30 ans, à 70 km au sud-ouest de Papeete. Il comprend 7200 m² d'infrastructure avec 46 agents permanents (site www.presidence.pf). Ce centre a axé ses travaux sur les besoins de la perliculture. Ces recherches sont menées en étroite collaboration avec le service de la perliculture de la Polynésie. Le COP poursuit des actions de transfert et d'assistance technique dans le domaine de l'élevage des poissons lagunaires et des crevettes, dans le cadre de convention avec le service de la pêche (site www.ifremer.fr). Ce travail de stage a été effectué au sein de l'équipe du Laboratoire de Domestication de l'Huître Perlière dirigé par J.C. Cochard. Ce laboratoire a pour objectif, en collaboration avec le Service de la Perliculture, doter la perliculture polynésienne d'un outil dont les applications sont nombreuses (www.ifremer.fr/COP/nacre.htm):

- Réguler la production de juvéniles par rapport aux aléas spatio-temporels du collectage en lagon
- Assurer, pour les fermes qui voudraient s'en doter, l'auto-suffisance en nacres pour la greffe
- Conforter les actions de repeuplement d'atolls en nacres tout en veillant au maintien de la biodiversité
- Améliorer par croisements raisonnés, des caractéristiques d'intérêt commercial de souches de nacres produites en éclosérie (croissance, couleur de la nacre donneuse de greffon)

Les moyens du COP sont :

- une salle de culture et de stockage des microalgues (20 colonnes de 300 L) ;
- une salle d'infection expérimentale.
- Une salle de conditionnement de 60 m²
- Deux salles d'élevage larvaire de 40 et 25 m²
- Une salle de micro-nurserie de 54 m²
- Une nurserie de 85 m²
- 4 bassins de cultures d'algues



Figure 1 : Vue aérienne du COP (Source www.futura-sciences.fr)

INTRODUCTION

La filière perliculture représente la deuxième ressource en devises du pays après le tourisme, avec 10,3 milliards de Francs CFP d'exportation en 2003. Les premières exportations de perles ont eu lieu en 1972. Depuis 1984, ce produit occupe le premier rang, en valeur déclarée, des exportations de Polynésie Française. Elle contribue en moyenne depuis 10 ans à 85 % des exportations de produits locaux. En 20 ans, les ventes des perles ont vu leur valeur multipliée par 112 alors que, dans l'intervalle, le produit intérieur brut du pays n'a été multiplié que par 6. Ces informations sont disponibles sur le site www.mer.gouv.pf.

Cette valeur à l'exportation est principalement générée par la vente des perles de culture brutes (10,2 milliards de F CFP en 2003) qui représente près de 99 % des ventes totales de perles (*Source mer.gouv.pf*). En 2003, les recettes pour le budget du pays s'élevaient à 1,3 milliards de F CFP malgré une baisse de la valeur d'exportation entre 2001 et 2003 (figure 2).

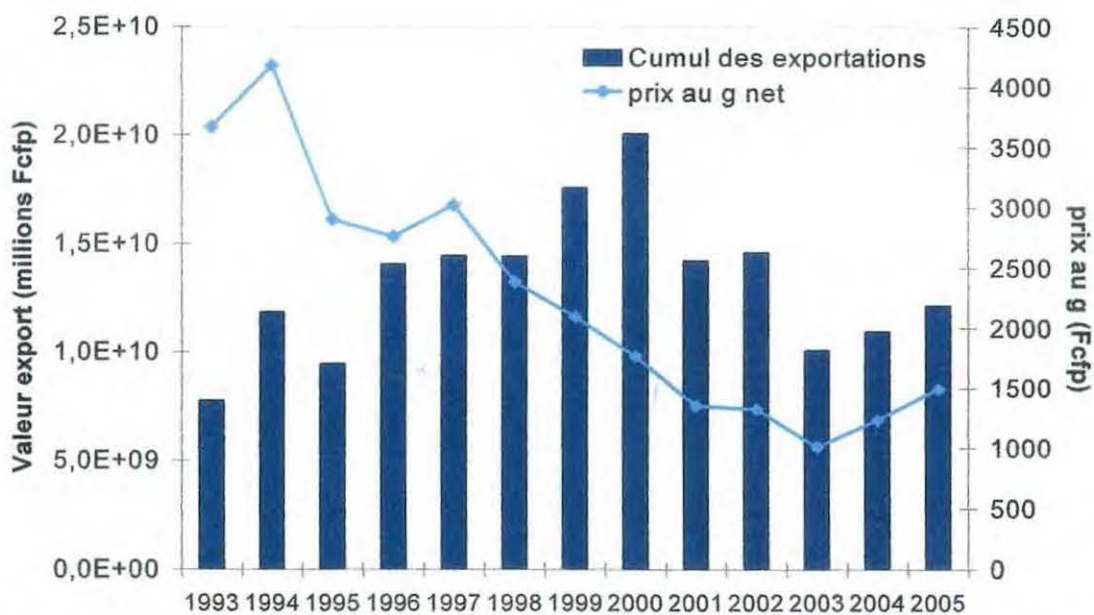


Figure 2 : Evolution des exportations et du prix net du gramme des perles de culture brutes (www.tahiti-export.pf)

Les impacts de la perliculture sont d'ordre économique et social, puisque la population de l'archipel qui n'avait cessé de régresser, est en augmentation depuis ces dernières années. Elle a permis de renverser la tendance de l'émigration des îles périphériques des Tuamotu et des Gambier vers Tahiti. Ce phénomène est notamment lié aux emplois dûs à l'implantation de fermes perlicoles dans les atolls et à la bonne santé du marché de la perle.

La nacre est l'une des premières richesses naturelles propres à la Polynésie. Elle est exploitée depuis le début du XIX^{ème} siècle dans l'archipel des Tuamotu. Elle avait alors une valeur utilitaire et décorative. En 1905, le japonais Mikimoto a réussi à obtenir au Japon des perles complètement rondes par une technique de greffe appelée « enveloppement complet » (www.moanaevasion.pf). En 1966, la première ferme perlière a été créée à Manihi par les frères Jacques et Hubert Rosental, fils et petit-fils de spécialistes de la perle. Par la suite Jean-Claude Brouillet a créé une ferme à Marutea et Robert Wan à Mangareva. Paul Yu et ses collaborateurs (qui introduisit la perliculture aux Iles Cook) avec un grossiste new-yorkais, Salvador J. Assael, ont réussi à imposer la perle noire sur le marché mondial. Il ne faut pas oublier de parler de William Reed qui a réalisé le transfert de la technologie japonaise en Polynésie (entre 1968 et

début des années 70). Et enfin, K. Mizumo qui a mis au point le collectage de naissains qui permettra à l'activité perlière de prendre son essor.

Le naissain de collectage trouve son origine dans les pontes naturelles du stocks de géniteurs présent dans le lagon d'Ahe. Les gamètes libérés dans le milieu sont fécondés en pleine eau (figure 3a). Six à huit heures après la fécondation, apparaît une larve « trocophore » (figure 3b) dépourvue de coquille. Puis se forme en 24 heures environ une coquille composée de deux valves égales pour donner une larve appelée larve D (figure 3b). Cette larve planctonique d'environ 60 µm dispose d'un velum lui permettant de se déplacer et de se nourrir d'organismes phytoplanctoniques de petites taille (3 à 4 µm). Cette larve véligère va se développer pendant deux à trois semaines en fonction de la température et de la qualité du phytoplancton présent dans le milieu. Vingt jours après la fécondation, la larve mesure 250 à 300 µm et un pied se développe. On parle de larve pédivéligère ou larve rampante (figure 3b). Elle va fabriquer du byssus et chercher à se fixer.

Le cycle d'élevage (figure 3a) de *Pinctada margaritifera* débute par le captage des larves dans le lagon. Il se fait avec deux types de collecteurs (collecteurs queue de chat et collecteurs fleurs) qui sont placés, de manière empirique, entre 5 et 10 mètres de profondeur selon les atolls et les exploitants. Les collecteurs restent environ un an dans le lagon. Sous le poids du naissain et des huîtres grandissantes, les collecteurs coulent jusqu'à une profondeur maximale de 15 mètres. Ce procédé permet de protéger les jeunes huîtres vulnérables aux prédateurs situés sur le fond et de les maintenir éloignées des remous de la surface qui peut entraîner un décrochage. Le naissain va croître sur le collecteur jusqu'à une taille d'environ 6 cm de diamètre. Après détrocage, les huîtres sont percées et enfilées sur des chapelets (de 10 à 20 nacres par chapelets) pour être remises dans le lagon. Une fois le sac perlier développé, elles sont greffées et remises en station d'élevage. Après environ un an, les perles sont récoltées.

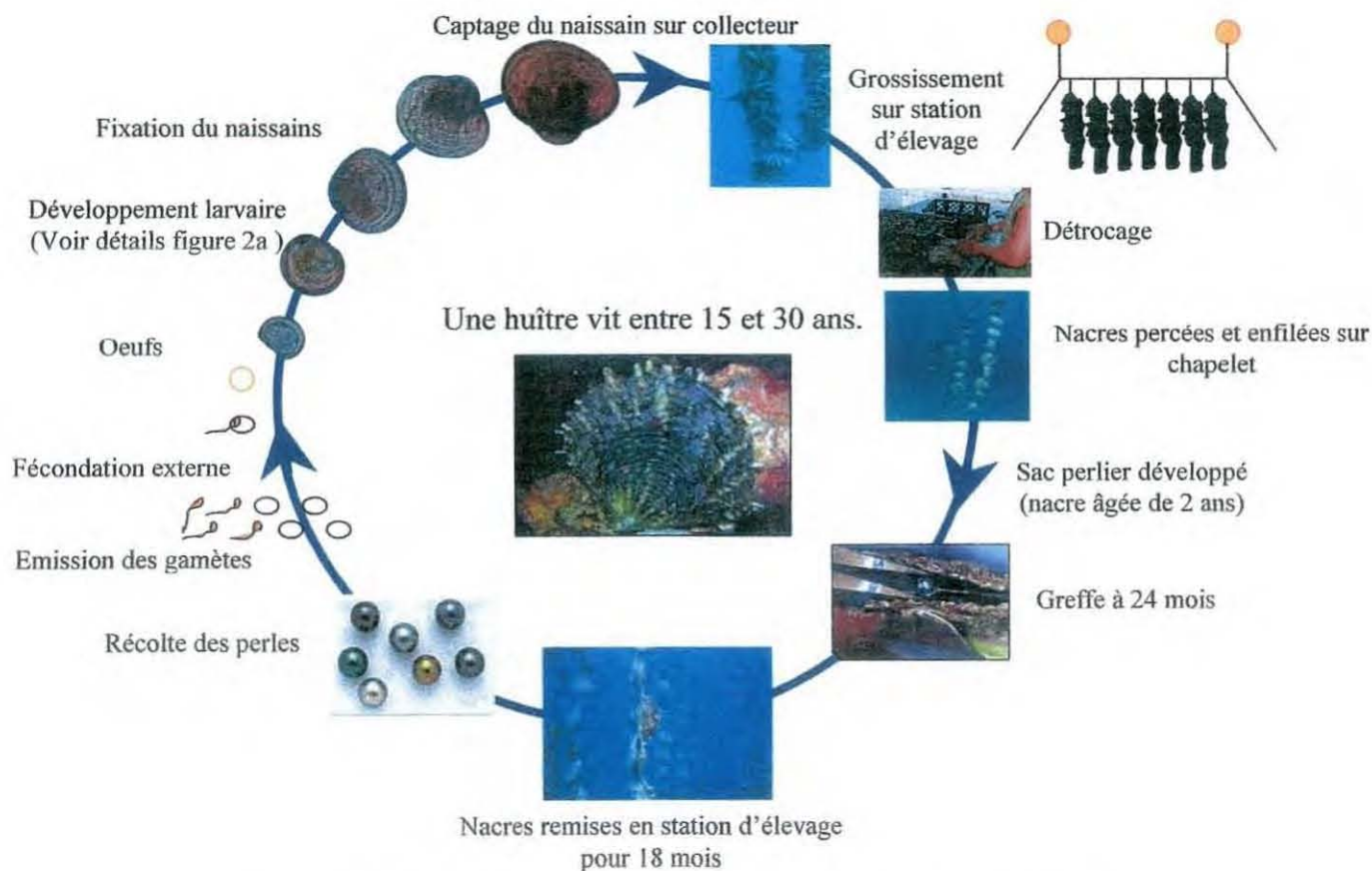


Figure 3a : Cycle d'élevage de *Pinctada margaritifera* (Source photo Ifremer)

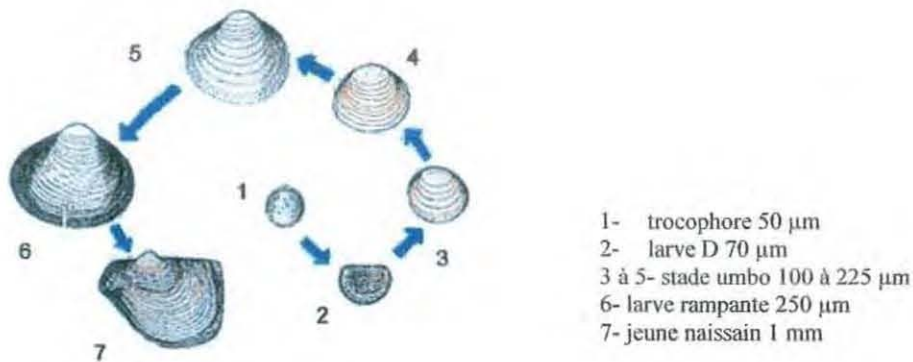


Figure 3b : Développement larvaire (Source Service de la Perliculture)

Pour pérenniser au mieux cette activité, il apparaît intéressant de pouvoir maîtriser le collectage. En effet, à l'heure actuelle ce dernier est très variable d'une année à l'autre et peut présenter une forte hétérogénéité spatiale au sein d'un même lagon. Cela entraîne des pratiques professionnelles empiriques visant à multiplier les collecteurs au sein du lagon pour être sûr d'avoir du naissain en quantité suffisante. Ainsi les filières occupent une grande partie de l'espace lagonaire. Le collectage étant peu important dans certains atolls, des transferts de juvéniles se multiplient entre les atolls. Outre les risques sanitaires et le transfert d'espèces invasives et de compétiteurs, ces pratiques sont susceptibles d'entraîner une uniformisation génétique des populations de *Pinctada margaritifera* en Polynésie Française. Malheureusement la connaissance des paramètres déterminant la survie, le développement et la dispersion des larves *in situ* fait défaut actuellement.

Ainsi, ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude visant à étudier *in situ* l'écologie des larves afin d'établir un modèle couplant la croissance et la dispersion des larves dans le lagon d'Ahe, atoll de l'archipel des Tuamotu. De nombreux facteurs apparaissent susceptibles d'influencer la croissance et la dispersion des larves. Parmi ces paramètres, la disponibilité en nourriture, comme sa qualité, est un des principaux facteurs affectant le développement larvaire et donc la fixation. Partant de ce constat, l'objectif de ce stage a été orienté vers l'étude de la disponibilité spatio-temporelle de la nourriture potentielle des larves d'huîtres perlières *in situ*.

Les organismes filtreurs, comme les larves de l'huître perlière, se nourrissent de particules organiques en suspension dans l'eau. La croissance de ces larves dépend donc de la qualité nutritive et de l'abondance de cette matière organique particulaire ou MOP (Charpy.L & al, 1993). Elle est constituée d'un mélange d'organismes morts et vivants comme le zooplancton, le phytoplancton (algues & cyanobactéries), bactéries hétérotrophes et de détritiques d'origine animale ou végétale. Les proportions de vivant par rapport au mort, de végétal par rapport à l'animal sont des critères de qualité pour la valeur nutritive de la MOP (Charpy.L et al, 1993). La MOP est un indicateur de la production primaire d'un écosystème lagonaire, qu'elle soit d'origine benthique ou planctonique (Charpy.L et al, 1986). Son stock est susceptible de varier en fonction du lieu et du temps. Selon Charpy et al (1993), certaines zones peuvent être plus ou moins riches en fonction de leur proximité aux chenaux de communication, à des pinacles coralliennes. La production de MOP n'est pas constante (en fonction de la profondeur) et dépend de l'ensoleillement et de l'agitation du lagon.

Au sein de cette matière organique, le phytoplancton apparaît comme la nourriture de base des bivalves (Loret, 1999). Le phytoplancton est constitué d'organismes vivants en suspension dans l'eau et photo-autotrophes, c'est-à-dire qui utilisent la matière minérale et l'énergie de la lumière pour fabriquer de la matière organique. Les pigments chlorophylliens permettent cette

photosynthèse. La chlorophylle apparaît comme un bon indicateur de la biomasse phytoplanctonique présente dans le lagon. La connaissance des proportions des différentes fractions de taille, présentes dans le phytoplancton, sert à évaluer la qualité de la nourriture disponible pour le développement des larves. En effet dans les eaux chaudes, le phytoplancton est généralement dominé par des espèces de très petite taille ($< 2 \mu\text{m}$) pouvant ne pas être retenues par le système de filtration des huîtres perlières (Charpy, L. *et al*, 1993).

Parmi les indicateurs potentiels de la ressource trophique, deux paramètres seront plus précisément étudiés dans ce travail : le seston total dont la qualité sera caractérisée par la matière minérale et organique ; le phytoplancton par le biais de la chlorophylle-a totale, dont la qualité sera définie par les particules phytoplanctoniques inférieures à $2 \mu\text{m}$ et par les phéopigments.

L'objectif de ce travail est de décrire la variation des paramètres choisis en différentes échelles spatio-temporelles, amenant aux questions suivantes :

- Y a t'il une hétérogénéité de ces paramètres à l'échelle du lagon au cours d'une période correspondant à la durée du développement larvaire ?
- Y a t'il une hétérogénéité de ces paramètres sur une échelle spatiale restreinte (centaine de mètre) ?
- Y a t'il une structuration verticale de ces paramètres au cours du temps?

Ces échelles correspondent à celles choisies pour l'étude de la croissance et de la dispersion des larves.

MATERIELS & METHODES

1. Site étudié

L'atoll d'Ahe se situe au nord-ouest de l'archipel des Tuamotu par 14°29' de latitude sud et 148°20' de longitude ouest. Ahe représente une superficie de 170 km². La couronne récifale entoure un lagon d'environ 139 km² (un peu moins de 23 km de long et 9 km de large). L'atoll possède une passe dans la partie ouest de son lagon, le caractérisant comme un atoll semi-fermé. La couronne est toutefois interrompue par des hoas (chenaux de communication). Ces interruptions dans la couronne récifale et la passe permettent des échanges d'eau avec l'océan. Dans cet atoll, l'activité perlicole est forte (107 fermes perlières) et le collectage est important. Les concessions occupent plus de 10% de la surface totale du lagon. Bien que les zones de captage soient majoritairement situées dans la partie ouest du lagon (*In Garen et al*, 2006), les fermes sont réparties de façon homogène (figure 4).



Figure 4 : Répartition des concessions d'élevage et localisation de la principale zone de captage
(Source carte Service de la Perliculture)

2. Paramètres étudiés

L'étude porte sur la disponibilité spatio-temporelle de la nourriture potentielle pour les larves de l'huître perlière. Deux types de paramètre environnementaux ont été mesurés durant la campagne.

▪ Les paramètres météorologiques :

La température de l'air, la pression atmosphérique, la vitesse et la direction du vent. Les mesures ont été faites chaque jour en milieu de matinée.

Ce suivi est important pour évaluer leurs effets sur les paramètres hydrobiologiques.

▪ **Les paramètres hydrobiologiques :**

➤ Par prélèvements d'eau :

- La chlorophylle-a et les phéopigments qui reflètent l'abondance du phytoplancton.
- La matière en suspension (MES) incluant la matière particulaire inorganique (MIP) et la matière particulaire organique (MOP).

➤ Via une sonde CTD Sea-Bird (fig. 4) (mesures directes sur le terrain) :

- La turbidité
- La profondeur
- La chlorophylle-a
- La température
- La salinité
- Le PAR (quantité de lumière à la longueur d'onde de la photosynthèse)

Cette sonde permet d'obtenir des profils verticaux de chacun de ces paramètres sur chaque station



Figure 5 : Sonde CTD Sea-Bird

3. Plan d'échantillonnage

3.1. Les stations d'échantillonnage

Trois types de stations (figure 6) ont été définis pour effectuer les prélèvements d'eau durant la campagne.

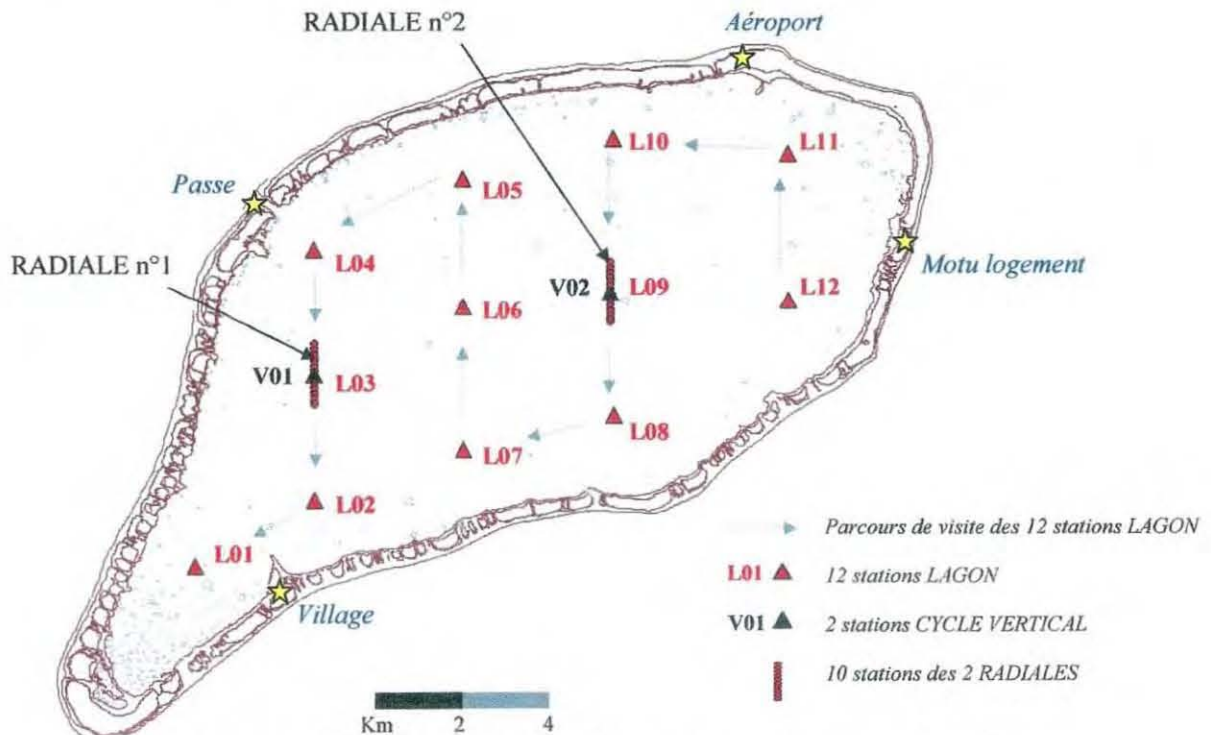


Figure 6 : Répartition des stations d'échantillonnage dans le lagon d' Ahe
(Source projet de thèse de Thomas, Y. 2007)

➤ 12 stations **lagon** (*triangle rouge*) réparties sur tout le lagon (suivies quotidiennement pendant 28 jours)

➤ 2 fois 10 stations **radiales**, espacées de 100 mètres les unes des autres, (*lignes rouges*) recoupant les deux stations verticales (échantillonnées pendant 4 jours sur toute la colonne d'eau).

➤ 2 stations **verticales** (*triangle noire foncé*) échantillonnées selon deux cycles de 24 heures sur cinq tranches de 10 mètres.

Leur profondeur varie de 25,5 mètres à 63,7 mètres (identifiée à l'aide d'un sondeur). Au total 44 stations identifiées ont fait l'objet de prélèvement d'eau (annexe 1). La position de chaque station a été relevée par GPS afin de faciliter leur localisation. L'échantillonnage de ces stations a été fait sur une période d'un mois et demi.

3.2. Les prélèvements

Les prélèvements d'eau sont effectués au moyen d'une pompe à moteur thermique ayant un débit d'environ 75 litres/min avec une vitesse de remontée de 9 mètres/min (soit 6,7 sec/m). La vitesse de remontée est plus faible (2 mètres/min soit 30 sec/m) pour les tranches d'eau de 10 mètres des stations verticales, mais le débit reste le même. Le tuyau d'aspiration est muni d'une crépine évitant la remontée des plus grands éléments. Tous les prélèvements d'eau utilisés pour la filtration sont faits à -5 mètres. Une fois l'eau transférée dans des bidons de 5 litres, les prélèvements sont placés dans une glacière afin de les maintenir au frais.

3.3. Les protocoles expérimentaux

3.3.1. Protocole de filtration

Une fois à terre, le volume d'eau contenu dans les bidons est réparti de la manière suivante :

(annexe 2 : Montage de filtration des échantillons)

○ 1,5 ml d'eau pour la cytométrie. Cet échantillon est traité et fixé au formol dans des cryotubes, congelés dans l'azote liquide puis conservés dans un congélateur à -80°C . L'analyse par cytométrie permet d'identifier les communautés nano et picophytoplanctoniques. Les résultats ne sont pas présentés dans ce travail.

○ 1500 ml d'eau pour les MES sont filtrés sur des filtres Whatman GF/F 47 mm (porosité $0,7\mu\text{m}$) cramés (450°C pendant 1 heure). Les filtres sont pré-pesés.

○ 3 x 300 ml d'eau pour la chlorophylle-a. Cet échantillon est filtré de manière à obtenir trois fractions différentes en terme de taille des cellules. Les filtres utilisés sont de porosité $0,7\mu\text{m}$ (donnant la fraction totale), $2\mu\text{m}$ et sur $0,7\mu\text{m}$ après pré-filtration sur $10\mu\text{m}$. Ils sont conservés dans des tubes ependorffs au congélateur à -20°C à l'abri de la lumière afin d'éviter la dégradation des pigments.

3.3.2. Protocole d'analyse

3.3.2.1. Matière en suspension (MES ou seston)

La méthode consiste à filtrer les échantillons d'eau de mer sur des filtres de type GF/F 47 mm de diamètre et de porosité $0,7\mu\text{m}$ afin de retenir le matériel particulaire. Le protocole utilisé est celui de Chabirand et Tiapari (1993). Les filtres GF/F avant utilisation sont calcinés (450°C pendant 1 h) et passés en étuve durant 1 h pour que l'eau s'évapore. Puis ils sont pré-pesés afin d'obtenir le poids initial du filtre (P_0). Après la filtration, les filtres sont rincés avec de l'eau distillée pour éliminer le sel. Les filtres sont conservés au congélateur dans des boîtes de Pétri hermétiques limitant toute modification d'ordre biologique. Puis deux pesées des

filtres sont effectuées, une pesée (P_1) après évaporation totale de l'eau dans une étuve à 60°C pendant 24 heures pour déterminer la quantité totale de MES (seston minéral et seston organique). La deuxième pesée (P_2) est faite après crémation à 480 °C pendant 4 heures des filtres afin de connaître la quantité de matière inorganique.

La concentration de chaque type de seston est connue grâce aux calculs suivant :

$$\text{Seston total ou [MES]} = (P_1 - P_0) / V$$

$$\text{Seston minéral ou [MIP]} = (P_2 - P_0) / V$$

$$\text{Seston organique ou [MOP]} = [\text{MES}] - [\text{MIP}]$$

Unités :

P_0, P_1, P_2 : poids des filtres en mg

V : volume d'eau de mer filtré en litre (L)

[MES], [MIP], [MOP] : concentrations en mg/L

3.3.2.2. Chlorophylle-a et phéopigments

La détermination de la chlorophylle-a a été faite par la méthode fluorimétrique qui est précise à $\pm 1,5$ % (Yentsch et Menzel, 1963) même pour de faibles concentrations. Selon la littérature, les échantillons peuvent être conservés jusqu'à quelques semaines s'ils sont placés au congélateur à -25°C. Le protocole utilisé pour ce type d'échantillon est celui de Chabirand et Tiapari (1993) et Aminot et Kérouel (2005). L'extraction des pigments est faite à l'éthanol 96 % (solvant). Après la filtration, le filtre est broyé avec 5 ml de solvant et le volume ajusté à 10 ml. L'extraction se poursuit toute une nuit au réfrigérateur. Une fois l'extraction terminée, les échantillons subissent une centrifugation de 10 minutes à 5000 tours par minute à une température de 15 °C afin d'éliminer les particules provenant du filtre dans le surnageant. Les dosages sont effectués au fluorimètre, préalablement étalonné. La fluorescence est mesurée avant (F_0) et après acidification (F_a) avec de l'acide chlorhydrique (HCL) à 37 %. L'acide agit pendant cinq minutes à l'abri de la lumière (tube recouvert de papier d'aluminium) avant la lecture. HCL va dégrader les cellules de chlorophylle afin de connaître la quantité de phéopigments présents dans l'échantillon. Les concentrations des pigments sont déterminées selon les calculs suivant :

$$[\text{chlorophylle a}] (\mu\text{g/l}) = K * (R_{\text{max}} / (R_{\text{max}} - 1)) * (F_0 - F_a) * (v / (1000 * V))$$

$$[\text{phéopigments a}] (\mu\text{g/l}) = K * (R_{\text{max}} / (R_{\text{max}} - 1)) * (R_{\text{max}} F_a - F_0) * (v / (1000 * V))$$

$$R_{\text{max}} = (F_0 / F_a)_{\text{Chlorophylle pure}}$$

Détails et Unités :

K : coefficient d'étalonnage (pente de la courbe d'étalonnage, égale à 1 pour nos mesures)

V : volume d'eau de mer filtré en litre (L)

v : volume de solvant d'extraction en millilitre (ml)

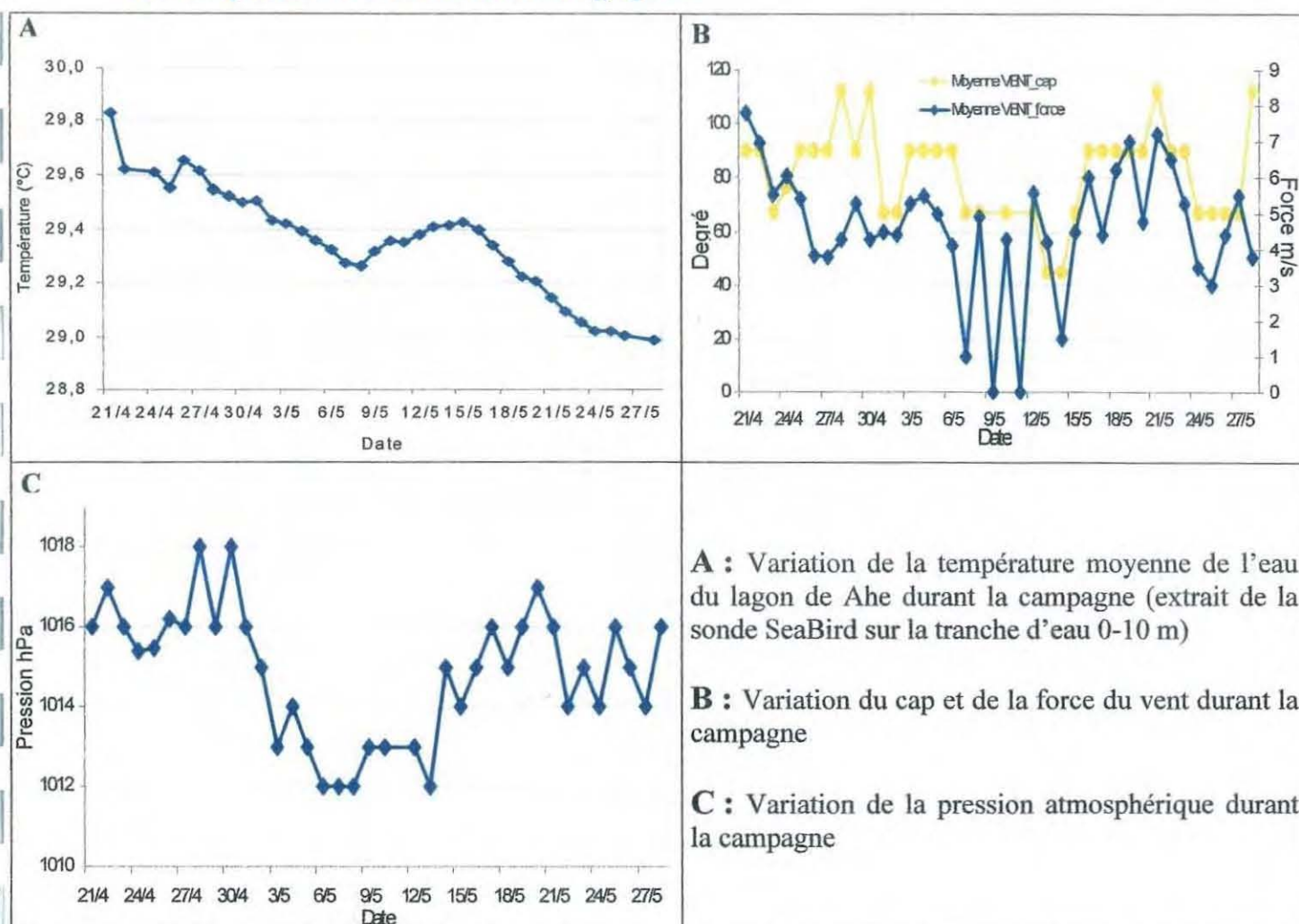
R_{max} : rapport d'acidification maximum (rapport F_0/F_a de l'étalon, égal à 2 pour nos mesures)

F_0 : fluorescence de l'échantillon non acidifié

F_a : fluorescence de l'échantillon acidifié

RESULTATS

1. Les paramètres météorologiques



A : Variation de la température moyenne de l'eau du lagon de Ahe durant la campagne (extrait de la sonde SeaBird sur la tranche d'eau 0-10 m)

B : Variation du cap et de la force du vent durant la campagne

C : Variation de la pression atmosphérique durant la campagne

Figure 7 : Evolution des paramètres météorologiques mesurés à Ahe au cours des prélèvements durant la campagne

Les données météorologiques sont présentées en figure 7.

La période choisie pour la campagne correspond au début de la saison hivernale en Polynésie Française, expliquant la baisse des températures (variant de 29,6°C à 29 °C) tout au long de la mission. Au niveau de la mer, la pression atmosphérique (Patm) de base est fixée à 1013,85 hPa (www.meteo.pf).

Ces quatre paramètres varient au cours de la campagne. On distingue quatre périodes :

- 21 au 27 avril et du 17 au 23 mai: Périodes anticycloniques (Patm > 1013,85 hPa)

Ce sont des conditions météorologiques attendues pour cette saison. La pression atmosphérique est relativement stable (1016 hPa), le régime de vent vient de l'est (90°) avec une vitesse moyenne élevée (5,2 m.s⁻¹) et la température de l'eau diminue.

- 28 avril au 5 mai : Période dite de « transition ».

La pression atmosphérique diminue fortement, accompagnée de vent d'est (vitesse moyenne $4,6 \text{ m.s}^{-1}$). La température continue à diminuer progressivement (température moyenne $29,5^\circ\text{C}$).

- 6 au 18 mai : Période dépressionnaire ($P_{\text{atm}} < 1013,85 \text{ hPa}$)

La pression atteint son minimum (1012 hPa) qui entraîne un changement des autres paramètres météorologiques. Le régime de vent est passé de secteur est-nord-est ($\sim 60^\circ$) emmenant des vents faibles, de vitesse moyenne de $3,3 \text{ m.s}^{-1}$. Les eaux du lagon sont peu agitées favorisant la montée de la température (température moyenne $29,4^\circ\text{C}$).

- 20 mai à la fin de la campagne : Période anticyclonique ($P_{\text{atm}} > 1013,85 \text{ hPa}$).

La pression atmosphérique est en moyenne de 1015 hPa durant cette période. Le régime de vent est nord-est (vitesse moyenne $4,04 \text{ m.s}^{-1}$). La température de l'eau s'est stabilisée (29°C).

2. Le lagon

2.1. La matière en suspension

2.1.1. Variation temporelle moyenne

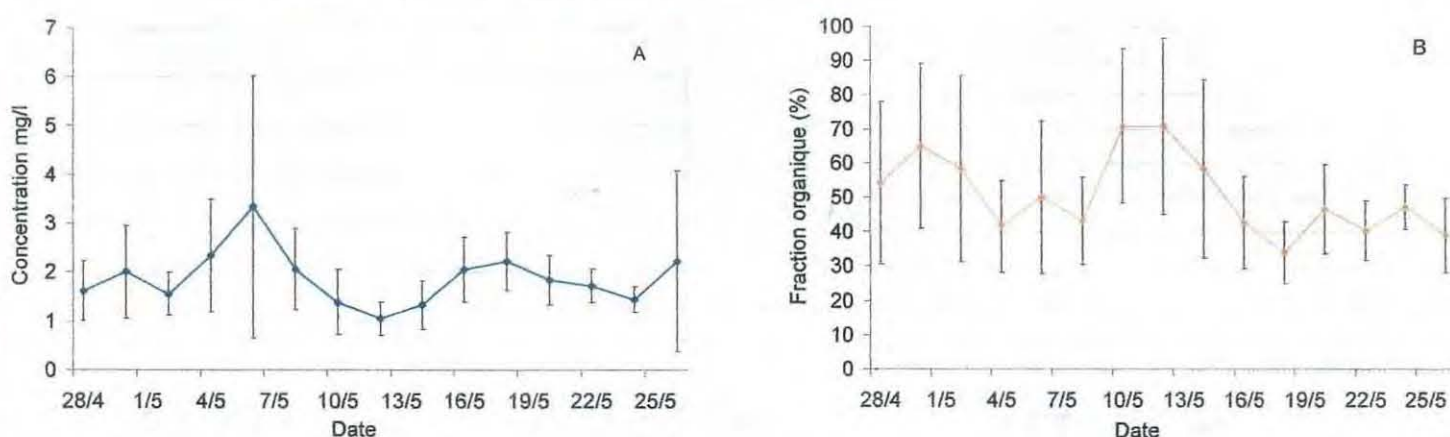


Figure 8: Variation de la concentration moyenne en matière en suspension et de la proportion de matière organique durant la campagne. Les écarts type représentent la variation spatiale des données autour de la moyenne faite sur les 12 données correspondant aux 12 stations du lagon.

La matière en suspension varie tout au long de la campagne (figure 8A). Trois périodes distinctes ressortent de cette variation durant les 28 jours de prélèvements dans le lagon.

- Du 28 avril au 2 mai et du 18 au 26 mai : Durant ces périodes la concentration moyenne en matière en suspension se stabilise autour de $1,8 \text{ mg/l}$.

- Du 4 au 8 mai : La concentration moyenne en matière en suspension est très élevée ($2,8 \text{ mg/l}$). Elle correspond à la période de transition des paramètres météorologiques où les coups de vents sont fréquents avec une force relativement importante, pouvant créer une remise en suspension de la matière au sein de la colonne d'eau. A noter une variation spatiale élevée (au moment du pic de concentration en MES) des données autour de la moyenne traduisant une hétérogénéité importante des eaux.

- Du 10 au 16 mai : La concentration moyenne a atteint un minimum $1,5 \text{ mg/l}$. Cette forte diminution peut être mise en parallèle avec la période de calme des paramètres météorologiques, permettant au système de revenir progressivement à la normale.

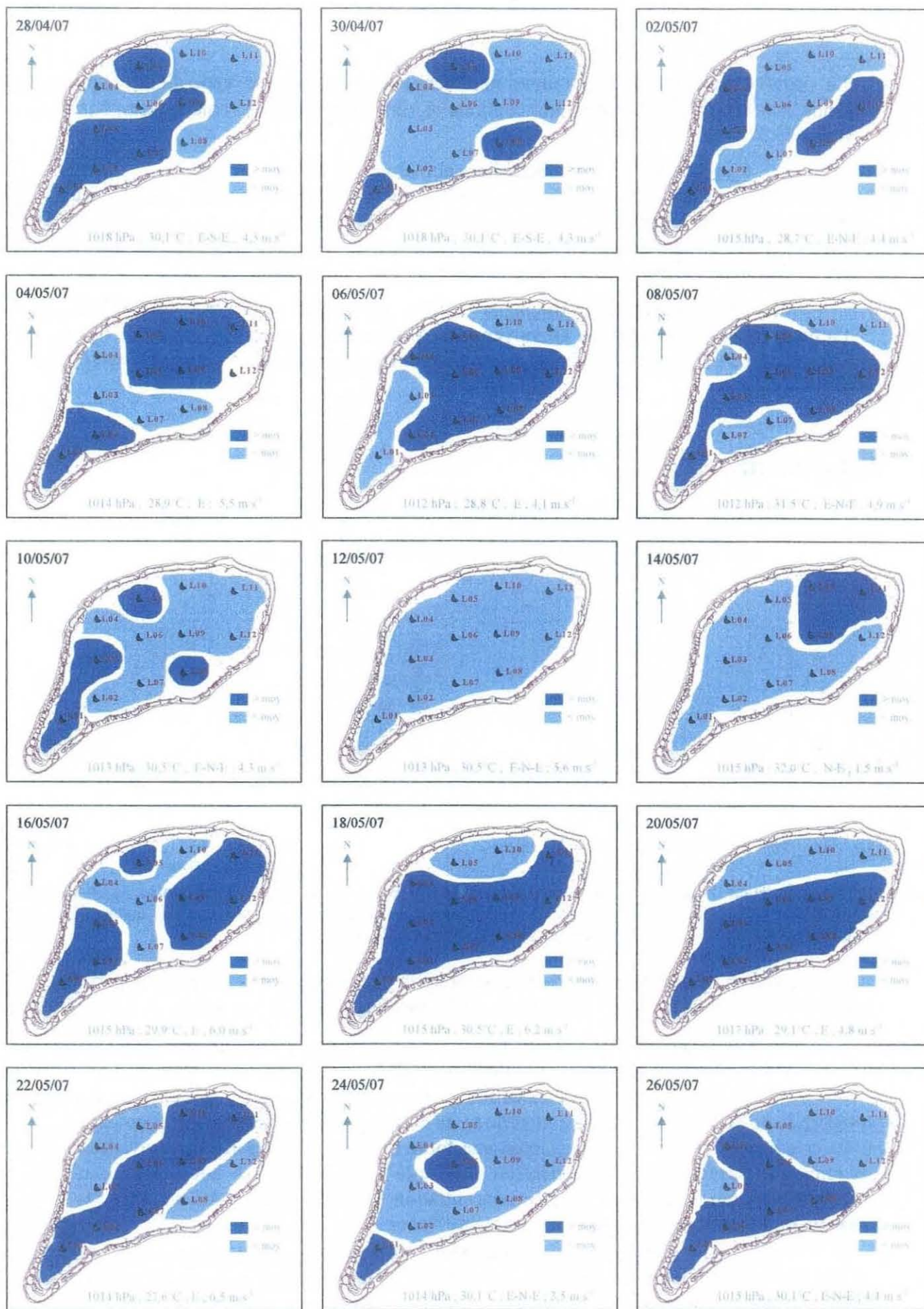


Figure 9 : Identification schématique des zones du lagon présentant une concentration en matière en suspension supérieure (foncé) ou inférieure (clair) à la moyenne des concentrations sur la période (1,9 mg/l, prélèvements à 5 mètres de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degré) et la vitesse (m.s⁻¹) du vent.

La proportion de matière organique au sein de la matière en suspension varie au cours des 28 jours de prélèvements dans le lagon figure 8B). Quatre périodes sont identifiables dans la variation de la matière organique. Trois de ces périodes de dates identiques à celles identifiées pour la matière en suspension se distinguent. Elles se caractérisent par une forte proportion de MOP quand la concentration en MES est faible et, inversement, une faible proportion de MOP lorsque la concentration en MES est élevée. La matière minérale semble être le paramètre le plus variable au sein de la matière en suspension.

- Du 28 avril au 2 mai : Durant cette période, la proportion de matière organique est stable. Cette proportion est en moyenne de 59 % au sein de la matière en suspension.
- Du 4 au 8 mai : Durant cette période, la proportion de matière organique ne représente que 44,5 % de la composition en matière en suspension. Comme pour la MES, la variation spatiale des données autour de la moyenne est élevée.
- Du 10 au 16 mai : La proportion de MOP représente en moyenne 60,4 % de la matière en suspension au moment où celle ci atteint sa concentration minimale au sein du lagon.
- Du 18 au 26 mai : La proportion de MOP se stabilise. Cette proportion moyenne est de 41 % au sein de la MES

2.1.2. Variation spatio-temporelle

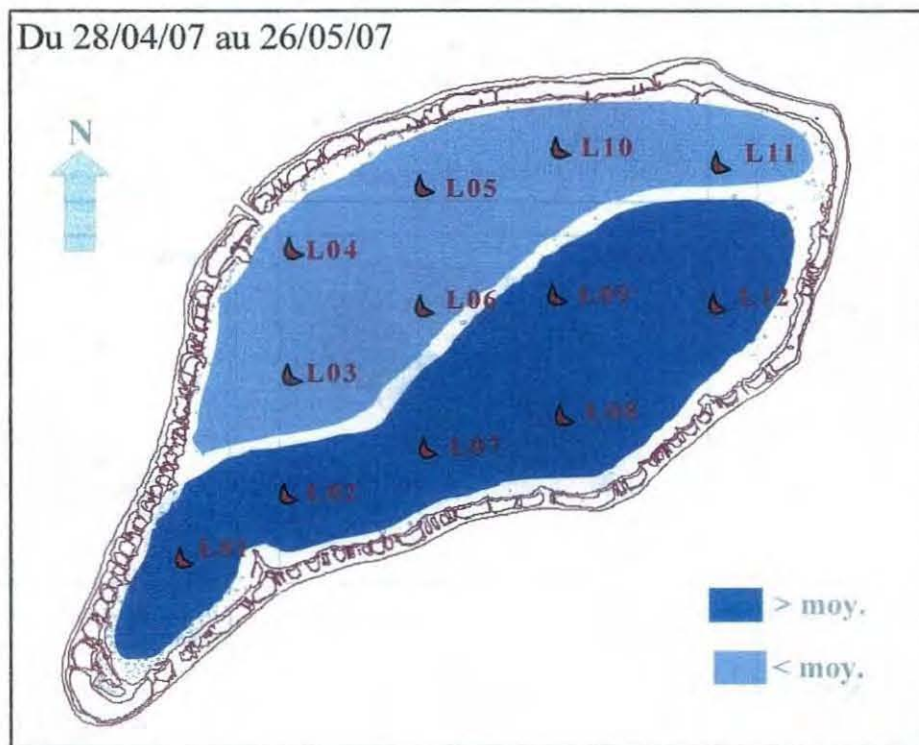


Figure 10 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant une concentration en matière en suspension supérieure (foncé) ou inférieure (clair) à la moyenne des concentrations sur la période (1,9 mg/l, prélèvements à 5 mètres de profondeur).

Une variabilité est visible au sein du lagon durant les 28 jours de prélèvements (figure 9). Durant la campagne les eaux lagunaires sont relativement hétérogènes notamment pendant les périodes du 28 avril au 4 mai et du 18 mai au 26 mai. Durant ces périodes, les eaux ont



Figure 11 : Identification schématique des zones du lagon présentant un rapport MOP/MES supérieur (orange), inférieur (marron) ou égal (beige) à la moyenne du rapport sur la période (soit 50%, prélèvements à 5 m de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degré) et la vitesse (m.s⁻¹) du vent.

tendance à être plus chargées en matière en suspension. On observe une structuration spatiale différente pour les deux périodes.

- Du 28 avril au 4 mai : Au sein de l'espace lagonaire un gradient de concentration nord-est sud-ouest de distingue.

- Du 18 au 26 mai : Le gradient de concentration est devenu nord-sud comme pour la représentation spatio-temporelle moyenne. C'est une période où les eaux de surface sont agitées par les vents d'est de vitesse élevée.

Pendant la période du 6 au 16 mai, les eaux s'homogénéisent au sein de l'espace lagonaire. Elles sont alors peu chargées en matière en suspension. Cette période correspond à la période de calme où le régime de vent est devenu nord-est de faible vitesse.

La situation moyenne (figure 10) montre que ce paramètre est variable au sein de l'espace lagonaire. Le système prend une configuration particulière divisant le lagon en deux. Le sud étant plus chargé en matière en suspension que le nord selon la moyenne faite sur la campagne.

2.1.3. Caractérisation de la MES par la MIP et MOP

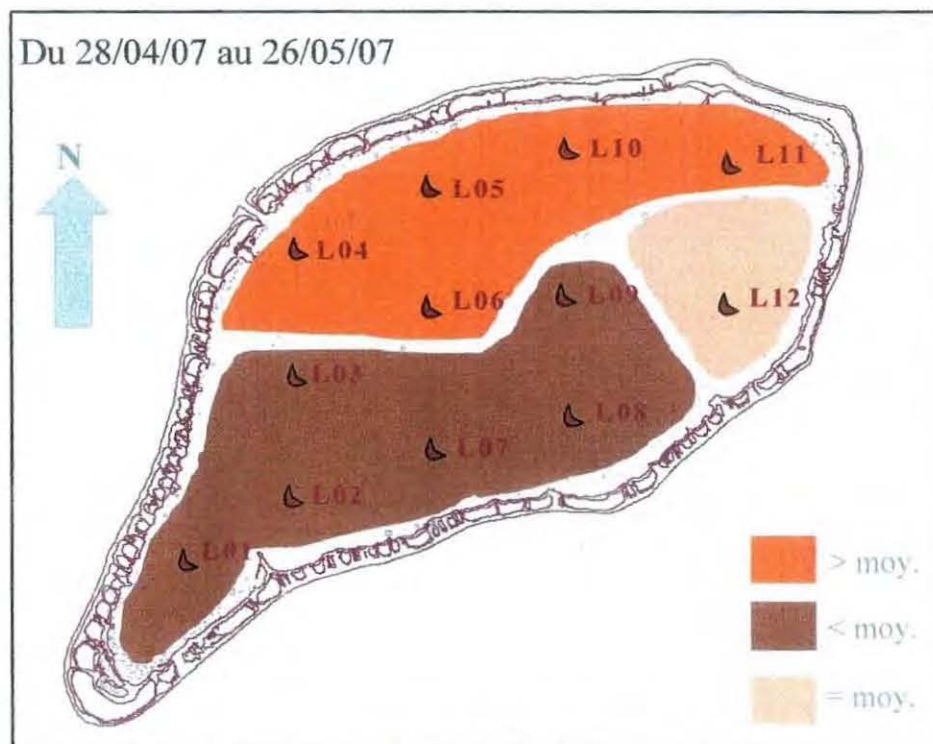


Figure 12 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant un rapport MOP/MES supérieur (orange), inférieur (marron) ou égal (beige) à la moyenne du rapport (soit 50%, prélèvements à 5 m de profondeur).

Les paramètres (figure 11) caractérisant la matière en suspension sont variables au sein du lagon tout au long de la campagne. On distingue trois périodes au sein des 28 jours de prélèvement où la configuration spatiale du lagon est différente :

- Du 28 avril au 4 mai : La structuration spatiale se traduit par un gradient de concentration nord-est sud-ouest. Les eaux lagonaire sont plus chargées en matière organique particulaire. Durant cette période, des vents d'est, de force importante, dominent .

- Du 6 au 16 mai : Au sein de l'espace lagunaire, le gradient de concentration est nord-est sud-ouest. Les eaux ont tendance à s'homogénéiser, les quantités de matière organique et minérale étant équivalentes durant cette période de calme.

- 18 au 26 mai : Le système a changé de configuration spatiale. Le gradient de concentration est nord-sud. Les eaux sont beaucoup plus chargées en matière minérale. C'est une période où les vents d'est sont dominant et de vitesse élevée. L'espace lagunaire s'homogénéise.

La situation moyenne (figure 12) montre que durant la campagne, les paramètres définissant la qualité de la matière en suspension sont variable au sein du lagon. On obtient une configuration où apparaissent trois zones. En moyenne la partie nord est plus chargée en matière organique tandis que la partie sud apparaît plus minérale. A l'est, il se dessine une zone où les proportions de MOP et de MIP sont équivalentes au sein de la matière en suspension.

2.1. La chlorophylle

2.2.1. Variation temporelle moyenne

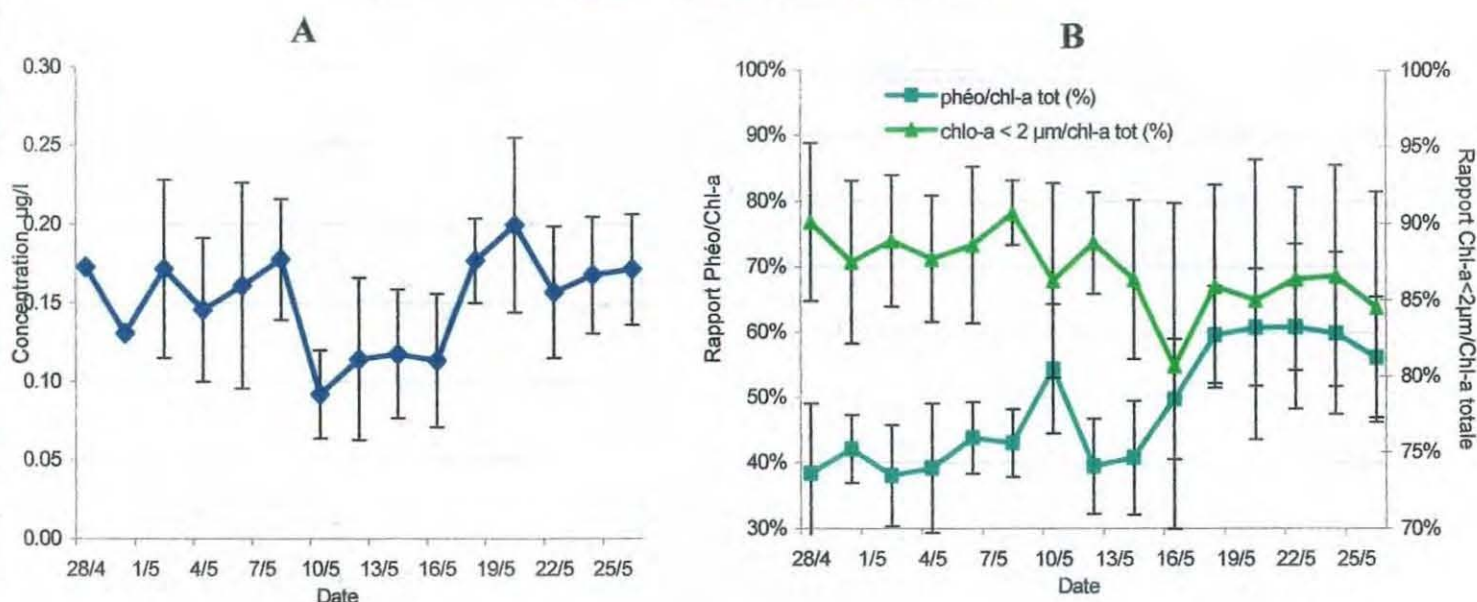


Figure 13 : (A) Variation de la concentration moyenne en chlorophylle a totale et (B) variation temporelle des rapports phéopigments / Chl-a total et Chl-a < 2µm / Chl-a totale, au cours des 28 jours de prélèvement à l'échelle du lagon. Les écarts type représentent la variation spatiale des données autour de la moyenne faite sur les 12 données correspondant aux 12 stations du lagon.

La concentration en chlorophylle-a totale durant la campagne au sein des eaux du lagon est variable (figure 13A). Deux périodes se distinguent :

- Du 28 avril au 8 mai et du 20 au 26 mai: Durant ces périodes la concentration en chlorophylle-a totale est stable au cours du temps. La concentration moyenne est de 0,17 µg/l.
- Du 10 au 18 mai : La concentration moyenne de chlorophylle diminue (0,12 µg/l).

Il y a une variation des deux paramètres au cours des 28 jours de prélèvements (figure 13B). Les profils des deux facteurs suivent une tendance similaire décrivant trois périodes :

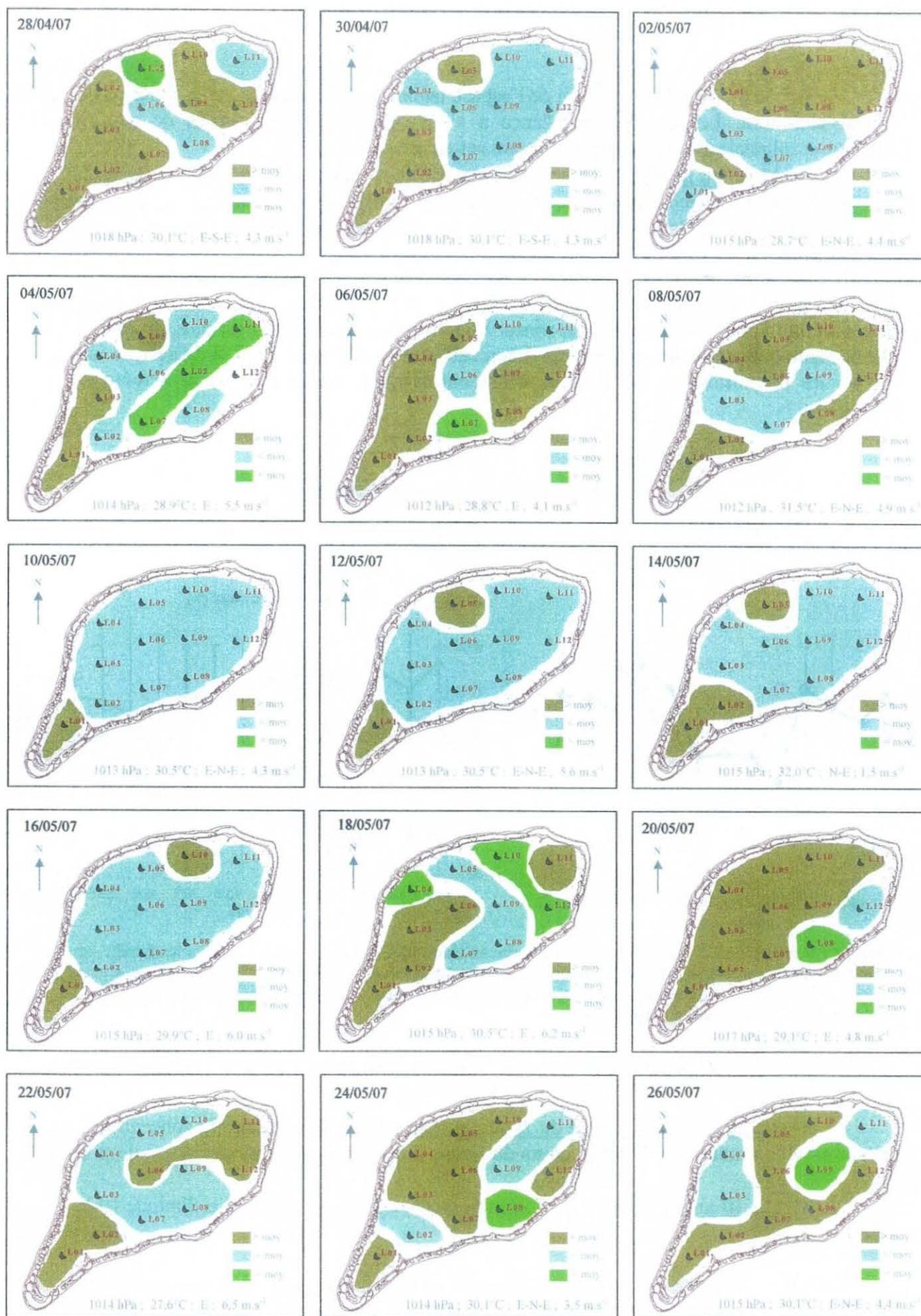


Figure 14 : Identification schématique des zones du lagon présentant une concentration en Chlorophylle-a supérieure (foncé), inférieure (médian) ou égale (clair) à la moyenne des concentrations sur la période (soit 0.15 µg.l⁻¹, prélèvements à 5 m profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degré) et la vitesse (m.s⁻¹) du vent.

- Du 28 avril au 8 mai : Période de stabilité avec une proportion moyenne de 89 % pour les petites cellules et de 41 % de phéopigments.
- Du 10 au 16 mai : Période d'instabilité durant laquelle les petites cellules diminuent fortement (proportion moyenne de 85 %) alors que la proportion de phéopigments est en forte augmentation (proportion moyenne de 46 %).
- Du 18 au 26 mai : Période de stabilité. La proportion moyenne de phéopigments, au sein du phytoplancton est de 59 %. La proportion de petites cellules au sein de la chlorophylle totale est constante et plus faible (avec une moyenne de 86 %) qu'en début de campagne.

2.2.2. Variation spatio-temporelle



Figure 15 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant une concentration en Chlorophylle-a supérieure (foncé), inférieure (médian) ou égale (clair) à la moyenne des concentrations (soit $0.15 \mu\text{g.l}^{-1}$, prélèvements à 5 m de profondeur).

La concentration en chlorophylle-a est variable au sein du lagon durant les 28 jours de prélèvements (figure 14). Les eaux lagunaires de surface sont hétérogènes notamment durant la période du 28 avril au 4 mai. Cette période correspond à une période de transition au niveau des conditions météorologiques (figure 7). Deux autres périodes se distinguent :

- Du 10 au 16 mai : La concentration en chlorophylle-a est inférieure à la moyenne (avec une concentration moyenne d'environ $0,13 \mu\text{g/l}$). Il y a une homogénéisation de l'espace lagunaire. C'est une période de calme au sein du lagon.
- Du 18 au 26 mai : Le système a changé, la concentration en chlorophylle-a est devenue élevée au sein du lagon. Les eaux de surface se sont enrichies en chlorophylle-a (concentration moyenne $0,17 \mu\text{g/l}$). Cette période est à mettre en parallèle avec la période de vent peu élevé. La structuration spatiale est hétérogène.

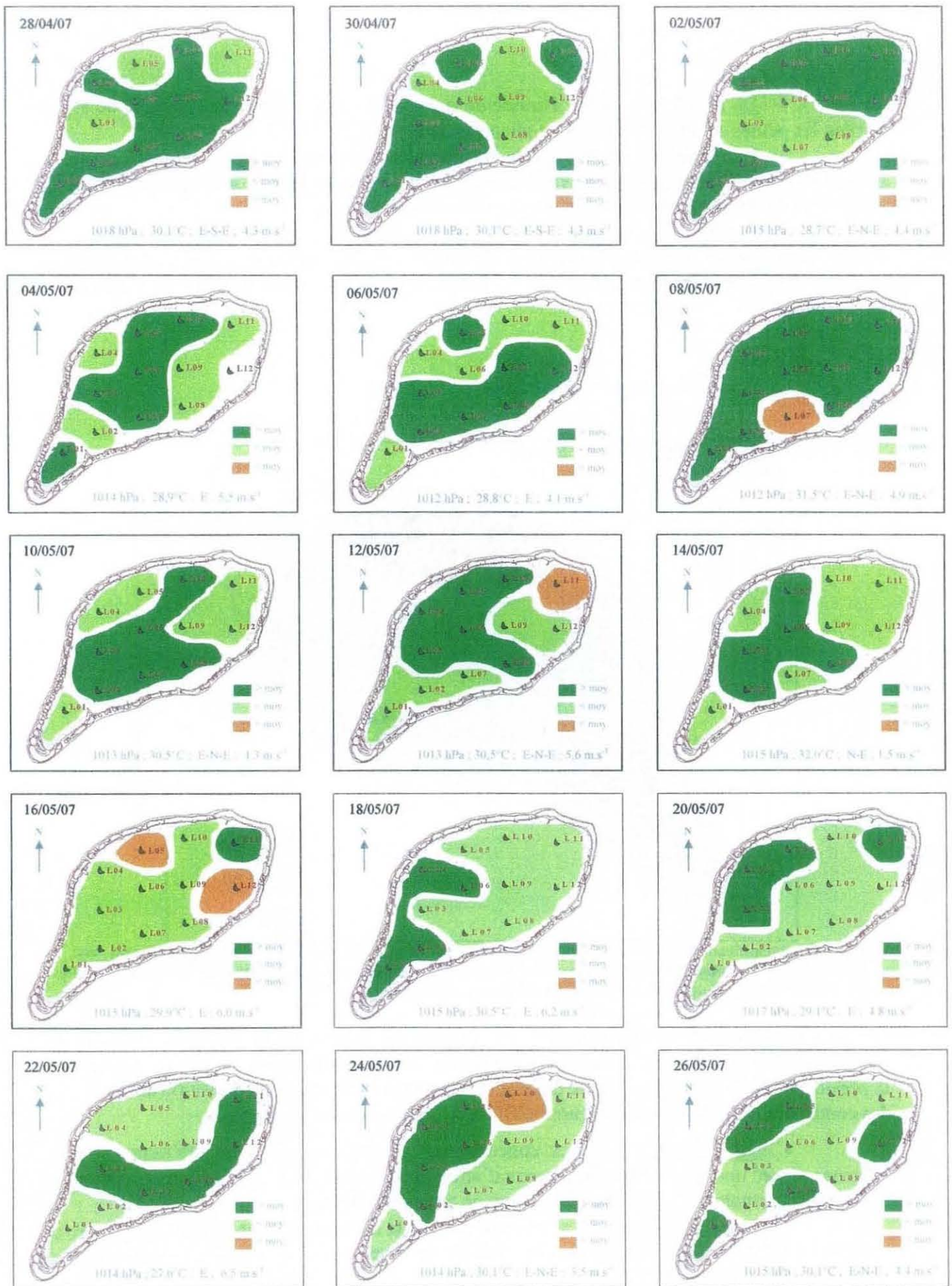


Figure 16 : Identification schématique des zones du lagon présentant un rapport Chl-a $< 2\mu\text{m}/\text{Chl-a}$ totale supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport sur la période (soit 87%, prélèvements à 5 m de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degré) et la vitesse (m.s^{-1}) du vent.

La zone sud-ouest du lagon (station L01) montre des eaux fortement chargées en chlorophylle-a (en moyenne 0,19 $\mu\text{g/l}$) durant la campagne de prélèvements. L'ensemble de l'espace lagonaire (figure 10) est hétérogène mais il se dégage une structuration spatiale particulière au sein du lagon durant la période du 10 au 16 mai.

La situation moyenne des 28 jours (figure 15) montre une variabilité des concentrations en chlorophylle au sein du lagon. On y retrouve la zone sud-ouest du lagon (station L01) ainsi que la partie nord, toujours chargées en cellules chlorophylliennes. Le centre du lagon est faiblement chargé et il se dessine, dans la partie est du lagon, une zone d'homogénéisation.

2.2.3. Variation des particules phytoplanctoniques inférieures à $2 \mu\text{m}$

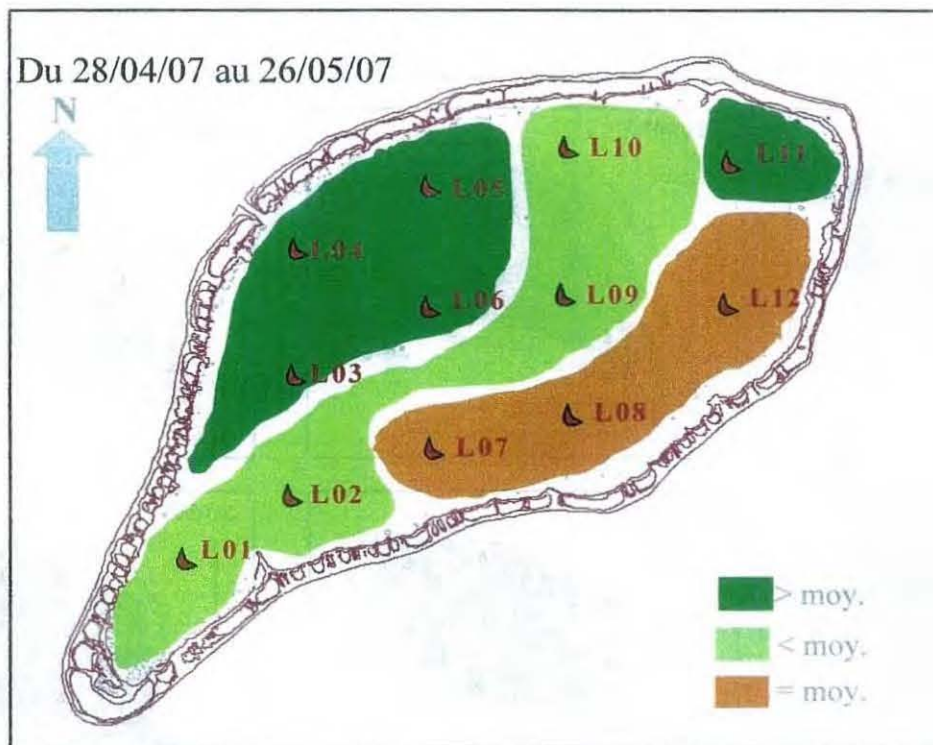


Figure 17 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant un rapport Chl-a $< 2 \mu\text{m}$ /Chl-a totale supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport (soit 87%, prélèvements à 5 m de profondeur).

La proportion des cellules inférieures à $2 \mu\text{m}$ (figure 16) est variable au sein du lagon au cours de la période de prélèvement. Malgré une forte hétérogénéité de l'espace lagonaire, il est possible d'observer un gradient de concentration nord-est sud-ouest tout au long des 28 jours de prélèvements dans le lagon. Deux périodes se dessinent :

- Du 28 avril au 14 mai : Les cellules inférieures à $2 \mu\text{m}$, qui composent 1 chlorophylle-a totale, représente en moyenne 88 %. Leur proportion dans les eaux de surface est supérieure à la moyenne.
- Du 16 au 26 mai : La proportion des cellules inférieures à $2 \mu\text{m}$ est en baisse et ne représente plus que 84 % de la chlorophylle-a totale.

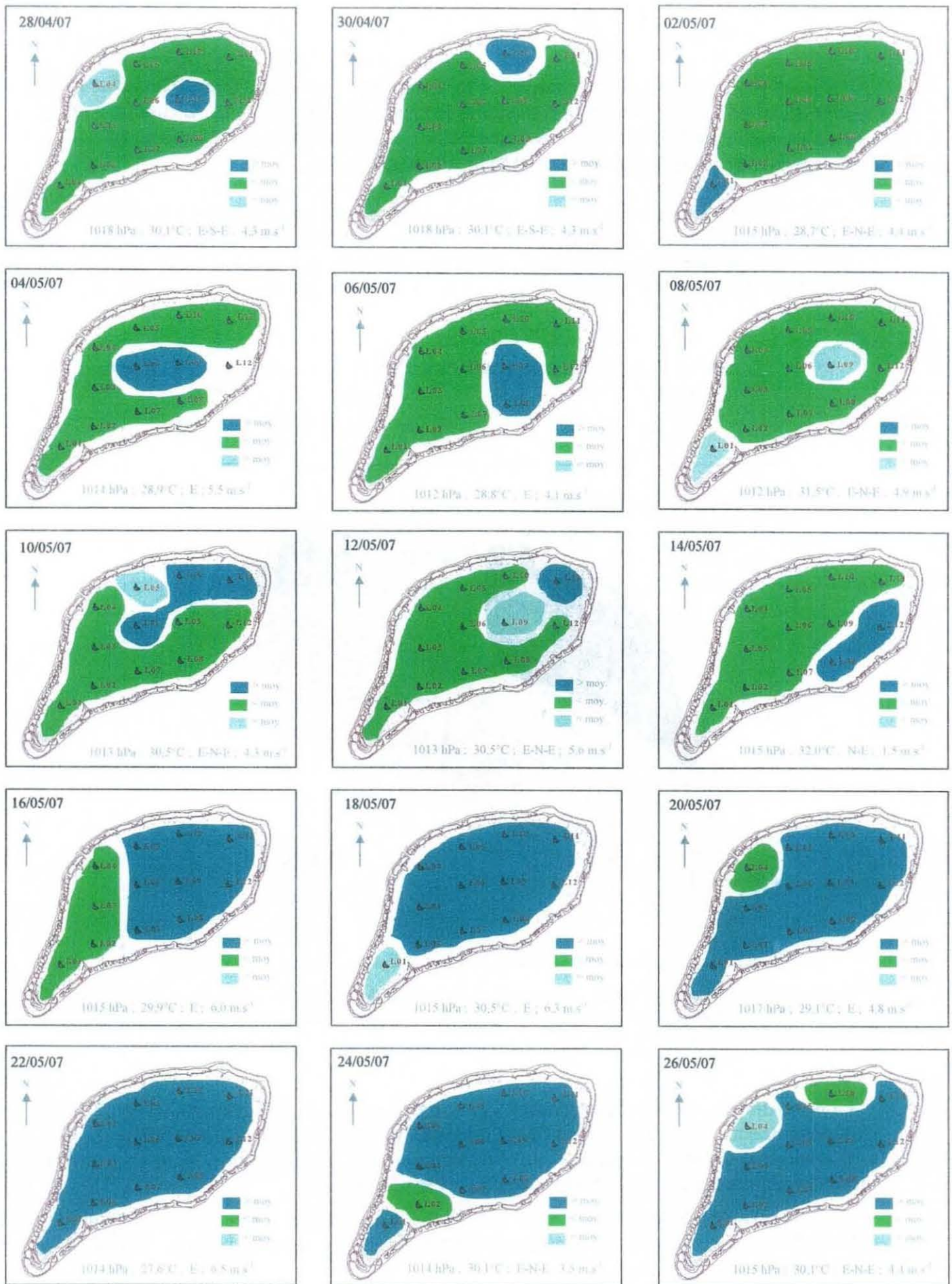


Figure 18 : Identification schématique des zones du lagon présentant un rapport Phéo/Chl-a supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport sur la période (soit 49%, prélèvements à 5 m de profondeur). Les cartes sont accompagnées d'un point météo avec la pression atmosphérique (hPa), la température de l'air (°C), la direction (degré) et la vitesse (m.s⁻¹) du vent.

La situation moyenne au cours des 28 jours (figure 15) montre une hétérogénéité des eaux. La partie nord est chargée en picoplancton tandis que les eaux de surface dans la partie sud du lagon sont homogènes. Le milieu du lagon est chargé en nanoplancton.

2.2.4. Le rapport phéopigments sur chlorophylle-a totale

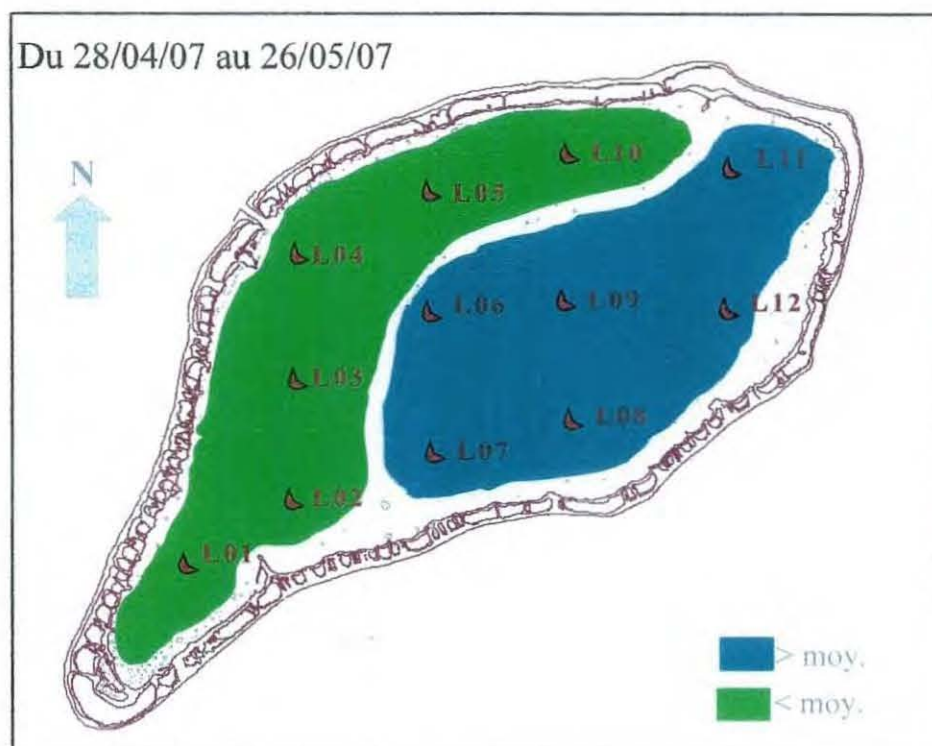


Figure 19 : Identification schématique, moyennée sur la période, des zones du lagon présentant un rapport Phéo/Chl-a supérieur (foncé), inférieur (médian) ou égal (clair) à la moyenne du rapport (soit 49%, prélèvements à 5 m de profondeur).

La quantité de phéopigments au sein du phytoplancton est variable dans l'espace lagonaire tout au long des 28 jours de prélèvements (figure 18). On observe une structuration spatiale homogène tout au long de cette période. La tendance générale est à la hausse c'est à dire que la quantité de phéopigments augmente vers la fin des 28 jours. On distingue alors deux périodes :

- Du 28 avril au 14 mai : Les phéopigments sont peu importants au sein du phytoplancton car il ne représente en moyenne que 42 % de celle-ci.
- Du 16 au 26 mai : La proportion de phéopigments est élevée au sein du phytoplancton, ils représentent alors en moyenne, durant cette période, 58 % de celle-ci.

La situation moyenne des 28 jours de prélèvements (figure 19) montre une variation au sein du lagon. Le lagon est divisé en deux parties avec l'ouest peu chargé en phéopigments et les eaux de la partie est dont la proportion de phéopigments est élevée.

3. Les radiales

3.1. Variation de la MES

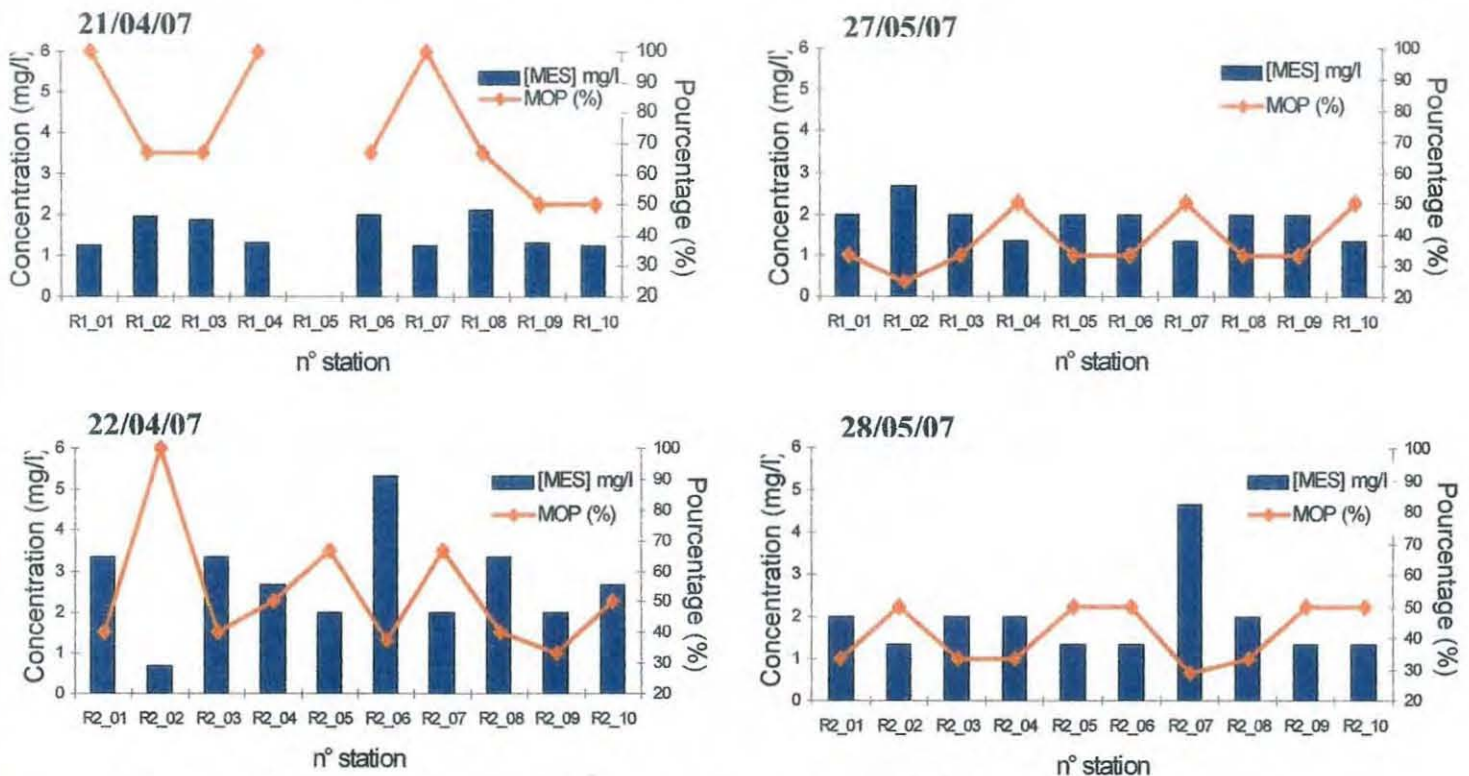


Figure 20 : Variation de la concentration en matière en suspension et de la proportion de matière organique particulaire des échantillons d'eau de mer prélevés à 5 mètres de profondeur au sein des radiales lors de la campagne

Un indice de variation (annexe 3) a été déterminé par le calcul du coefficient de variation ((écart type/moyenne)*100) pour permettre la comparaison de la dispersion des données le long des radiales.

- **Les radiales 1 et 2 :**

Pour une radiale donnée, les profils des paramètres sont différents d'une période à une autre. Pendant la période d'avril, les paramètres sont beaucoup plus variables qu'au mois de mai le long des deux radiales. En effet, les indices de variation du mois d'avril sont de manière générale plus élevés (annexe 3). Ce phénomène est à mettre en parallèle avec les paramètres météorologiques de chaque période.

- **MES :**

Ce paramètre varie de manière irrégulière, sur une échelle spatiale comprise entre 100 et 200 mètres le long des radiales (figure 20). La variation de ce paramètre est la plus importante le 22 avril (indice de variation de 45 %) et le 28 mai (indice de variation de 53 %) le long de la radiale 2 (annexe 3). Le long de la radiale 1, la concentration en matière en suspension est relativement stable.

- **MOP :**

Sa variation est irrégulière le long des radiales (figure 20). Elle correspond à une échelle spatiale comprise entre 100 et 200 mètres. La variation de ce paramètre, au vu des indices de variation (annexe 4), est plus marquée durant la période d'avril (radiale 1 et 2).

Lorsque la concentration en matière en suspension est peu élevée ($< 2 \text{ mg/l}$), la proportion de matière organique dépasse les 50 % au sein de la MES, et inversement. La matière minérale semble être le paramètre le plus variable au sein de la matière en suspension.

3.2. Variation de la chlorophylle

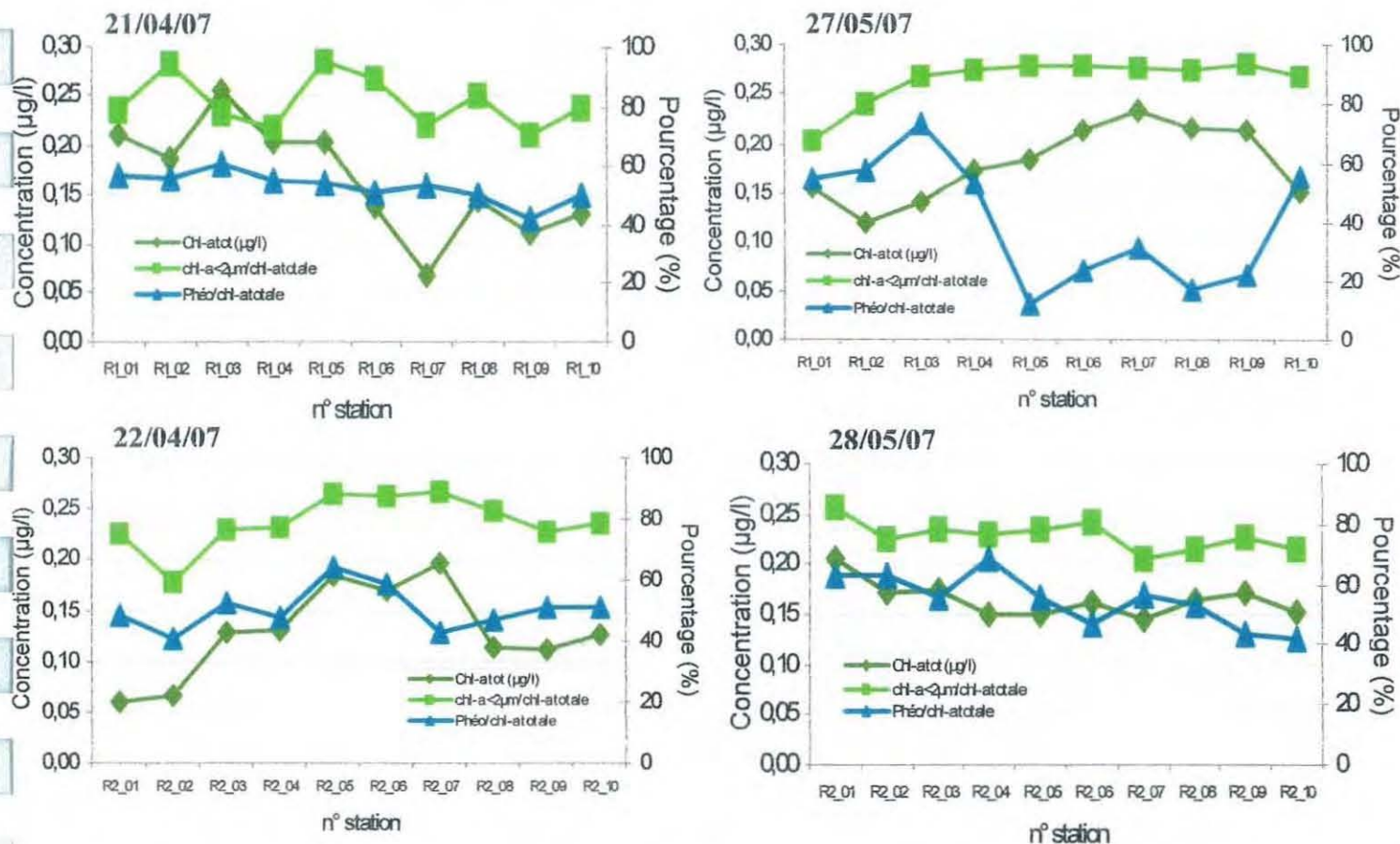


Figure 21 : Variation de la concentration en chlorophylle-a totale, du pourcentage de la chlorophylle -a inférieure à 2 μm et de la proportion des phéopigments, des échantillons prélevés à - 5 mètres sur chacune des 10 stations des deux radiales au cours des 4 jours d'échantillonnage.

Un indice de variation (annexe 4) a été déterminé par le calcul du coefficient de variation ((écart type/moyenne)*100) pour permettre la comparaison de la dispersion des données le long des radiales.

- **Les radiales 1 et 2 :**

Pour une radiale donnée, les profils des paramètres sont différents d'une période à une autre. Pendant la période d'avril, les paramètres sont beaucoup plus variables qu'au mois de mai le long des deux radiales. En effet, les indices de variation du mois d'avril sont de manière générale plus élevés (annexe 4). Ce phénomène est à mettre en parallèle avec les paramètres météorologiques de chaque période.

- **21/04/07 (figure 21):**

Le paramètre le plus variable est la chlorophylle-a totale. Cette variation plus marquée de la chlorophylle totale se vérifie avec son indice de variation (34 %) qui est le plus élevé des trois paramètres. On distingue, dans sa variation spatiale, deux zones de 500 mètres chacune.

Une première zone (R1-01 à R1-05) avec une concentration moyenne de 0,20 µg/l suivi d'une deuxième zone (R1-06 à R1-10) dont la concentration moyenne est de 0,12 µg/l.

La variation des phéopigments par rapport à la chlorophylle-a totale est stable le long de la radiale. La proportion moyenne est de 48 %.

Pour les cellules inférieures à 2 µm, la variation est stable avec une proportion moyenne de 82 % au sein de la chlorophylle totale.

- **22/04/07 (figure 21):**

La variation spatiale est la plus marquée pour le paramètre chlorophylle-a totale, confirmée par l'indice de variation (35%) qui est le plus important. On distingue, dans sa variation spatiale, trois zones. Une première zone de 100 mètres (R1-01 à R1-02) avec une concentration moyenne de 0,04 µg/l suivi d'une deuxième zone (R1-03 à R1-04 & R1-08 à R1-10) dont la concentration moyenne est de 0,09 µg/l. Une troisième zone de 200 mètres (R1-05 à R1-07) dont la concentration moyenne est de 0,14 µg/l.

La variation des petites cellules est stable le long de la radiale 2. La proportion moyenne est de 79 %.

Celle des phéopigments est stable avec une proportion moyenne de 46 %.

- **27/05/07 (figure 21):**

Les phéopigments sont les plus variables le long de la radiale 1 et ils possèdent l'indice de variation le plus élevé (53 %). On distingue, dans sa variation spatiale, deux zones, une de 300 mètres et une autre de 400 mètres. Une première zone (R1-01 à R1-04 et R1-10) avec une proportion moyenne de 59 % suivi d'une deuxième zone (R1-05 à R1-09) dont la proportion moyenne est de 18 %.

Les paramètres, chlorophylle-a totale et les cellules chlorophylliennes inférieures à 2 µm suivent une même tendance selon un gradient progressif.

- **28/05/07 (figure 21):**

Le profil de chacun des paramètres est stable le long de la radiale 2.

4. Les cycles verticaux

Les données obtenues durant le cycle de 24 heures ont été traitées par une anova dont le tableau est donné en table 1.

Paramètres	Probabilité (P) de l'analyse de la variance	
	Profondeur	Heures
MES	0,20	0,08
% MOP	0,48	0,47
Chl-a totale	0,09	0,21
Chlo-a<2µm/chlo-a totale	0,87	0,01
Phéo/chlo-a totale	0,28	0,46

Table 1 : Résultats de l'analyse de variance à deux facteurs (profondeur & heures) sans répétition (ou anova), sous forme de probabilité.

Pour cette anova, le seuil est alfa 5 % permettant d'accepter ou de rejeter l'hypothèse H_0 (H_0 est acceptée si $P < 5\%$ et rejetée si $P > 5\%$). H_0 teste l'hypothèse de l'homogénéité des K moyennes permettant de savoir si les deux facteurs choisis n'ont pas d'influence sur les paramètres.

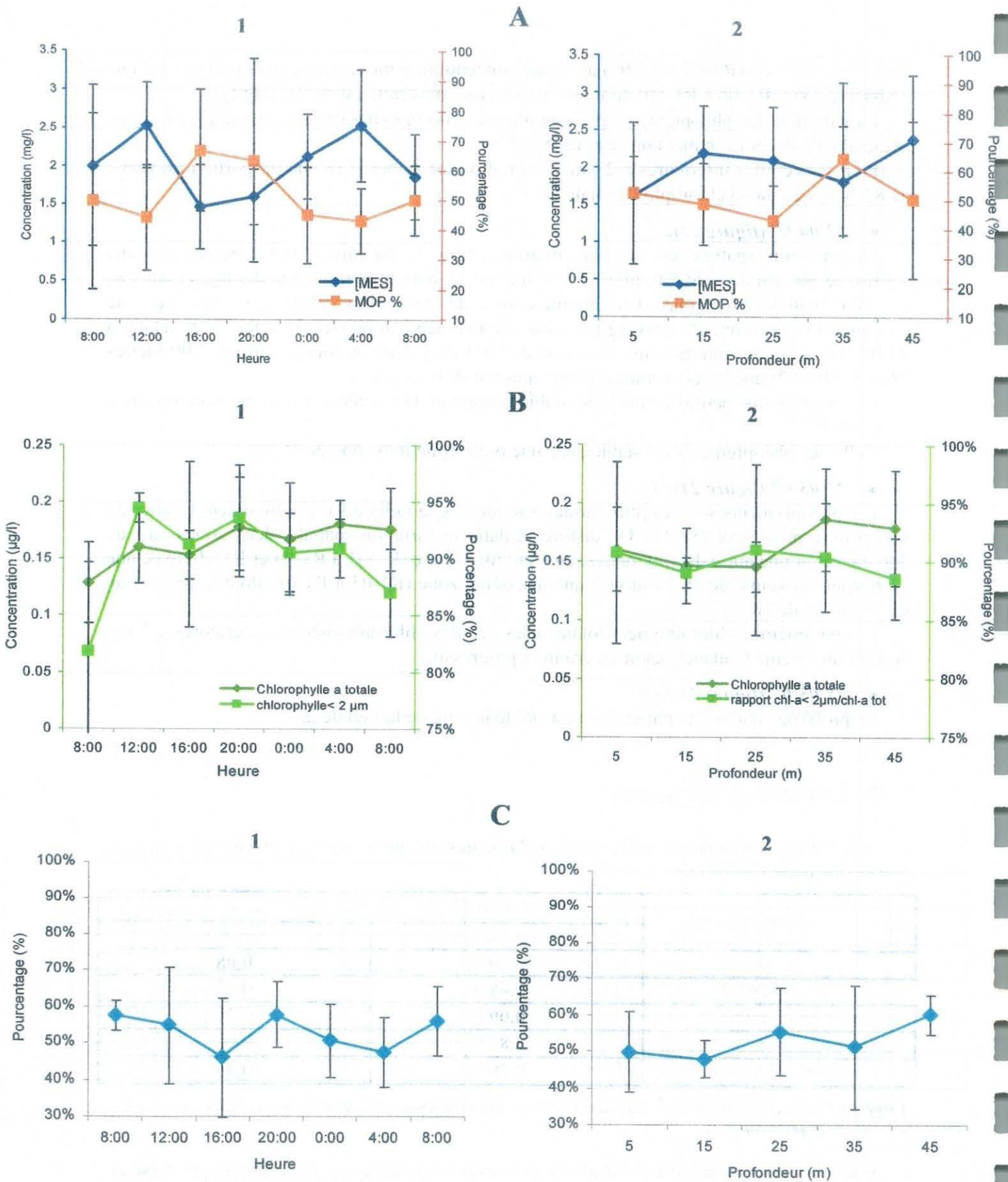


Figure 22 : Variation moyenne (A) de la concentration en matière en suspension et de la proportion de la matière organique particulaire, (B) de la chlorophylle a totale et des cellules chlorophylliennes inférieures à 2 µm, et (C) des phéopigments en fonction du temps (1) et la profondeur (2). Les barres d'erreurs sont des écart-types.

D'après les résultats du test (table 1), H_0 est rejetée pour le rapport Chlo-a $<2\mu\text{m}$ /chlo-a totale ($0,01 < 0,05$). Le test étant significatif, on peut dire que le temps a une influence sur la variation de la quantité de cellules phytoplanctoniques inférieures à $2\ \mu\text{m}$ (picoplancton). Le profil de la figure 22 B 1 montre une variation. On observe un pic en début de journée puis une baisse de la proportion de ces cellules à partir de 16 heures jusqu'au lendemain matin. La variation de ce type de cellules est peu importante pour les larves car elles ne sont pas exploitables par celle-ci.

Ce test donne deux valeurs proche de 5 %, pour les paramètres chlorophylle totale et MES pouvant signifier qu'il y a une influence peu marquée du facteur profondeur sur la variation de la chlorophylle totale et du facteurs temps sur la variation de la MES.

Pour tous les autres paramètres, le test confirme que les deux facteurs n'influencent pas leur variation (figure 22).

DISCUSSION

L'objectif principal de cette étude était de décrire la variation des paramètres choisis en différentes échelles spatio-temporelles.

Cette étude n'est qu'une partie d'un travail, qui doit se faire sur quatre campagnes de un mois et demi chacune. Le but est de définir une dimension de saisonnalité non abordée dans ce travail. La campagne de prélèvement a eu lieu sur Ahe du 21 avril au 28 mai 2007. Durant cette période, la Polynésie Française entre dans sa saison hivernale. Pendant l'hiver, la température de l'eau sur Ahe est en moyenne de 29°C (pour la période de prélèvement). La pression atmosphérique est en moyenne de 1013,85 hPa sur toute la campagne. Le régime de vent dominant vient de l'est, ce sont des vents ayant une vitesse élevée (entre 4,5 et 6 m.s⁻¹). Durant la période du 6 au 16 mai, une baisse de pression (1016 à 1012 hPa) entraîne un état dépressionnaire sur l'atoll. Les vents deviennent nord-est avec une vitesse faible (1,5 à 4 m.s⁻¹), pouvant expliquer le calme de la surface lagonaire au cours de cette période de prélèvement et la montée en température des eaux du lagon (moyenne de 29,4 °C).

Echelle temporelle

MATIERE EN SUSPENSION

La concentration moyenne en matière en suspension (2,03 mg/l) subit des variations au cours de la campagne. Cette concentration est fortement élevée du 4 au 8 mai, période de chute brutale de la pression atmosphérique. Effectivement la vitesse des vents se réduit mais elle reste suffisamment élevée pour engendrer une remise en suspension des particules au sein de la colonne d'eau. Du 10 au 16 mai, cette concentration est peu élevée à cause de la période de calme laissant les plus grosses particules et les plus denses tomber en profondeur. La matière organique est en proportion supérieure à 50 % au sein de la MES. Il y a donc en parallèle des variations qualitatives de la proportion de MIP et MOP durant la campagne. La concentration moyenne de MOP durant la campagne est de 0,94 mg/l. A titre de comparaison, à Takapoto, pour la même période, la concentration moyenne en MOP est de 0,61 mg/l (Pouvreau, 1997). Sur Ahe, la concentration moyenne en MIP est de 1,09 mg/l au cours de la mission. La matière minérale est plus abondante dans le lagon. Au vu des résultats, il semble que sa variation au sein de la matière en suspension domine le système. Elle est sous l'influence de la direction et de la vitesse du vent.

CHLOROPHYLLE

La concentration moyenne en chlorophylle-a totale subit de fortes variations au cours de la campagne. Pendant cette période hivernale (un mois et demi) la concentration moyenne de chlorophylle-a au sein du lagon est de 0,15 µg/l. C'est une concentration moyenne relativement basse comparée à celle de l'atoll de Takapoto, 0,21 µg/l (Ricard & al., 1978) et entre 0,2 et 0,3 µg/l (Buestel & Pouvreau, 1999) pour la même période. Entre le 10 et le 16 mai, la concentration moyenne n'est que de 0,11 µg/l en surface, en relation avec la période de calme. En parallèle, la proportion de phéopigments, cellules issues de la dégradation des cellules chlorophylliennes, progresse jusqu'à se stabiliser à partir du 18 mai (environ 59 %). La quantité de phéopigments est dépendante de celle de la chlorophylle. Cette augmentation révèle qu'il y a eut une augmentation des cellules chlorophylliennes au préalable. Cette proportion élevée est visible en surface car à partir du 18 mai, les vents sont repassés est et leur vitesse permettrait une dynamique des eaux pouvant créer un mélange des cellules du phytoplancton au sein de la colonne d'eau. Parallèlement nous constatons des variations

qualitatives, dans la taille des cellules composant la chlorophylle-a. Tout au long de la campagne, les cellules inférieures à 2 μm représentent en moyenne 86 % des particules composant la chlorophylle-a.

Echelle spatio-temporelle

MES ET MOP

Durant la période de prélèvements la concentration moyenne de matière en suspension est de 1,9 mg/l. Elle est composée à 50 % par de la matière organique.

La variation spatiale définie par une situation moyenne, montre une répartition nord-sud au sein du lagon. Dans le sud du lagon la concentration moyenne en MES est élevée et cette partie est surtout minérale. La partie nord, plus organique, la concentration moyenne en MES est faible. On voit que durant la période de calme (passage du vent au nord), la concentration en MES est faible et en parallèle on assiste à une homogénéisation des eaux lagunaires. La situation du lagon d'Ahe est totalement différente de celle du lagon de Takapoto. En effet, dans ce dernier, quand les vents passent au nord la proportion de matière minérale est élevée (Buestel & Pouvreau, 1999). L'orientation du lagon de Ahe, dans un axe est-ouest et celui de Takapoto dans un axe nord-est sud-ouest est probablement à l'origine de cela.

CHLOROPHYLLE

Les cellules phytoplanctoniques du lagon sont composées en moyenne par 49 % de phéopigments. La concentration moyenne de chlorophylle-a est de 0,15 $\mu\text{g/l}$. Les cellules inférieures à 2 μm représente en moyenne 87 % de la chlorophylle totale.

La situation moyenne de chacun des paramètres montre une hétérogénéité au sein de l'espace lagunaire sauf pour les phéopigments où une division du lagon nord-sud est constatée. Le sud étant plus concentré en phéopigments. Les deux autres cartes mises cote à cote montrent une partie nord chargé et une partie sud homogène. Le centre du lagon est peu chargé.

Au cours de la mission, quand les vents deviennent nord-est la concentration en chlorophylle est basse, ainsi que la proportion de phéopigments. Contrairement à la quantité de cellules inférieures à 2 μm qui est abondante. Le passage du régime des vents à l'est, entraîne une augmentation de la chlorophylle et de la proportion de phéopigment au sein du phytoplancton et les cellules inférieures à 2 μm sont en proportion plus faible (< 87 %). Cela montre que l'augmentation de phéopigments ne se fait que s'il y a eu auparavant augmentation du nombre de cellules chlorophylliennes.

Echelle spatiale

ECHELLE RESTREINTE

La pression atmosphérique atteint des valeurs maximales créant une période anticyclonique accompagnée de vents d'est dont la vitesse moyenne de 7,35 m/s sur ces deux jours (avril). Les paramètres météorologiques influencent la variation des différents paramètres étudiés le long des radiales faisant un kilomètre chacune (figure 20 & 21).

D'après les résultats on peut en déduire que la variation de la matière minérale au sein de la matière en suspension est à l'origine de la variation du système. Pour la chlorophylle et ces descripteurs qualité, selon la période et la station, la variation de ces paramètres change.

ECHELLE LOCALE

Ce travail a permis de montrer une influence significative du temps sur la variation des cellules du picoplancton. Même si ce type de cellules ne sont pas exploitables par les larves de *Pinctada margaritifera*, la variation de ces cellules permet de montrer que les autres paramètres sont stables

Le présent travail a mis en évidence, une relation directe entre les vents et la teneur en matière minérale et en phéopigments, qui traduit un phénomène de remise en suspension dû aux changements de direction de vent durant la campagne.

A Takapoto, il a été observé que le vent entraîne la remise en suspension de la matière particulaire d'origine benthique (Charpy & al., 1997). D'autres travaux sur un milieu lagunaire tropical montrent que la remise en suspension due au vent peut modifier complètement le réseau trophique de ce milieu (In Buestel & Pouvreau, 1999).

On a vu précédemment que la larve trocophore est endotrophe c'est à dire qu'elle se développe à partir des réserves vitellines qu'elle possède. Le stade suivant, la larve D, se nourrit d'organismes phytoplanctoniques dont la taille est comprise entre 3 et 4 μm .

Dans le lagon d'Ahe, les conditions nutritives sont favorables, la proportion de matière organique y est importante. Au sein de la MOP, la proportion des cellules du nanoplancton est faible mais elle est stable. L'adulte a développé des moyens pour pallier à ce problème. Es ce que les larves, dans leur développement, peuvent supporter ces faibles concentrations ?

La principale zone de collectage (figure 3) dans le lagon d'Ahe présente une structuration spatiale hétérogène. Cette structuration spatiale se fait selon un gradient de concentration nord-est sud-ouest et nord-sud tout au long des 28 jours de prélèvements pour tous les paramètres sauf la proportion de phéopigments. Pour ce descripteur qualité de la chlorophylle-a totale, tout au long de la campagne, l'espace lagunaire est homogène au sein de cette zone de captage. On retrouve cette répartition spatiale est homogène pour les autres paramètres durant de courtes périodes.

Cette zone de collectage est elle la plus intéressante pour les professionnels au sein du lagon ?

CONCLUSION & PERSPECTIVES

Les conditions météorologiques de l'atoll d'Ahe influencent la répartition des paramètres selon les différentes échelles spatio-temporelles. Il y a de la nourriture disponible pour la croissance des larves au sein du lagon. Cette nourriture y est abondante même si la proportion de cellules chlorophylliennes inférieures à 2 μm est importante au sein du phytoplancton. Durant cette campagne, on a pu observer que la situation moyenne de la nourriture potentielle présente une structuration spatiale particulière, qui est variable selon la profondeur et le temps. Il sera intéressant de spécifier cette nourriture potentielle disponible pour les larves selon d'autres critères comme par l'analyse des échantillons de cytométrie qui permettra de caractériser les communautés phytoplanctoniques présentes dans le lagon. La MOP sera détaillée par l'analyse des échantillons CHN, qui caractériserons sa composition en carbone, azote et hydrogène.

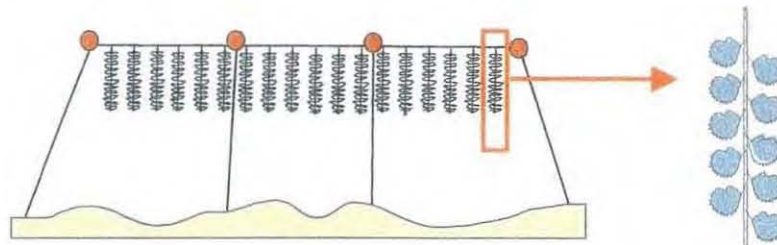
D'autre part, l'analyse des échantillons de larves doit permettre de déterminer l'influence des paramètres trophiques sur la croissance et la dispersion de ces dernières.

GLOSSAIRE

Atoll : édifice corallien (ou madréporique) situé en pleine mer et qui est constitué par un anneau récifal émergé (îles discontinues) entourant une lagune (= lagon).

Chlorophylle : molécule présente dans les chloroplastes des végétaux autotrophes et qui est la base des réactions photosynthétiques (= assimilation chlorophyllienne, permettant aux végétaux de transformer en matière organique le carbone contenu dans le gaz carbonique de l'air, ou de l'eau).

Filière : Dispositif d'élevage des huîtres perlières auquel est suspendue des chapelets contenant entre 10 et 20 nacres.



Greffe : consiste à introduire un nucléus et un greffon à l'intérieur de la gonade (glande sexuelle) d'une huître.

Greffon : morceau du manteau interne d'une huître saine.

Hoa : chenal de communication entre le lagon et l'océan qui interrompt la couronne récifale d'un atoll.

Huître perlière (*Pinctada margaritifera*) ou nacre : mollusque bivalve de grande taille appartenant à la famille des pteriidae

Lagon : étendue d'eau de mer en liaison restreinte (passes) avec le milieu ouvert et presque totalement fermée par une barrière corallienne.

Madrépore : cnidaire constructeur formant des colonies de polype à squelette calcaire (polypier) jouant un rôle important dans la formation des récifs coralliens.

Motu : morceau de terre qui est encadré par deux chenaux (hoa).

Naissain : très jeunes coquillages (bivalves) résultant de la fixation des larves pélagiques de ces espèces sur un support solide ou utilisé par l'homme pour leur capture (= collecteur).

Nucléus : bille de nacre fabriquée à partir de la coquille de bivalves d'eau douce (*Pleurobema cordatum* ou *Fusconaia ebenus*) provenant du Japon mais aussi du Mississipi et du Yang-Tsé Kiang en Chine.

Phéopigments : Cellules issues de la dégradation des cellules chlorophylliennes.

Passé : ouverture, le plus souvent étroite, dans un obstacle à la circulation maritime, par exemple dans une barrière rocheuse ou corallienne.

Phytoplancton : ensemble des organismes du plancton appartenant au règne végétal, de taille très petite ou microscopique, qui vivent en suspension dans l'eau.

Pinacle : Structures fréquemment observées dans les lagons d'atolls. Ces formations coralliennes reposent sur des fonds de sables et affleurent la surface rendant dangereuse la navigation au sein des lagons.

Plancton : ensemble des organismes animaux ou végétaux, en général de très petite taille, qui flottent plus ou moins passivement dans les eaux marines ou lacustres. On distingue le *zooplancton* (animal) et le *phytoplancton* (végétal).

Photosynthèse : avec la lumière, le gaz carbonique se consomme, libère de l'oxygène et nourrit les plantes.

Polype : forme fixée (=sessile) des cnidaires (la forme libre en est la méduse) constituée d'un corps cylindrique à double paroi, le plus souvent couronné de tentacules, et d'une cavité digestive en cul de sac.

Production primaire :

- *Production primaire brute* : quantité totale de matière organique élaborée par les végétaux photosynthétiques, pendant une période donnée (activité des organismes autotrophes).
- *Production primaire nette* : chez les végétaux, c'est la différence entre la production primaire brute et les pertes (dues notamment à la respiration) pendant le même laps de temps.

Récif corallien : récif formé par la construction d'une masse solide, à peine au-dessous du niveau des hautes mers, par des animaux et des végétaux dont les parties dures sont calcaires.

Seston : ensemble des particules d'origine minérale et organique détritique ou de petits organismes en suspension dans l'eau et dénués d'une mobilité propre suffisante. En Océanographie, on appelle particules en suspension toutes celles qui sont arrêtées par un filtre dont les pores ont un diamètre de l'ordre du micron ou du demi-micron.

BIBLIOGRAPHIE

Aminot, A., Chaussepied, M. 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO. Ed. 395 p.

Aminot, A., Kérouel, R. 2005. Hydrologie des écosystèmes marins paramètres et analyses. IFREMER. Chap XII : 335 p.

Buestel, D., Pouvreau, S., Tiapari, J., Bougier, S., Chabirand, J.M., Gaeairon, P., Fougerouse, A. 1995. Ecologie de l'huître perlière : approche des relations entre la croissance de l'huître *Pinctada margaritifera* et le milieu dans le lagon de Takapoto. PRGN, action de recherche. 135 p.

Buestel, D., Pouvreau, S. 1999. La matière particulaire des eaux du lagon de Takapoto : nourriture potentielle pour les élevages d'huîtres perlières. Elsevier éd., Oceanologica acta. Vol. 23-n°2 : 193-209.

Chabirand, J.M., Tiapari, J. 1993. Techniques de dosages et mesures. Document pratique Ifremer. 58 p.

Charpy, L., Bonnet, S., Le Borgne, R. 1986. Environnement, matière organique particulaire et production phytoplanctonique. ORSTOM, n°28 : 81-113.

Charpy, L., Dufour, P., Garcia, N. 1997. Particulate organic matter in sixteen Tuamotu atoll lagoons (French Polynesia), Mar. Ecol. Prog. Ser.: pp 55-65.

Charpy, L., Charpy-Roubaud, C.J. 1991. Particulate organic matter fluxes in a Tuamotu atoll lagoon (French Polynesia). Mar. Ecol. Prog. Ser., vol 71: pp 53-63.

Charpy, L., Dufour, P., Lo, L., Pellan, A., Rochette, J.P. 1993. Stock de matière organique particulaire (MOP) : Composition élémentaire et taxonomique. Rapport intermédiaire de la fiche 10, PGRN. 24 p.

Garen, P., Thomas, Y., Bennett, A. 2006. Reconnaissance des larves dans le plancton et mise en place de l'échantillonnage (phase II). Rapport final de convention. 38 p.

Loret, P. 1999. Le régime alimentaire et la sélection des particules chez l'huître perlière *Pinctada margaritifera* dans le lagon de Takapoto (Tuamotu, Polynésie française). Thèse de doctorat : mention Ecologie marine. Université de la Polynésie française. 180 p.

Pouvreau, S. 1999. Etude des mécanismes expliquant la croissance de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* au sein de l'écosystème conchylicole du lagon de l'atoll de Takapoto (Polynésie Française). Thèse. P 251.

Ricard, M., Badie, C., Renon, J.P., Simeon, C., Sournia, A. 1978. Données sur l'hydrologie, la production primaire et le zooplancton du lagon de l'atoll fermé de Takapoto (Archipel des Tuamotu- Polynésie française). Rapport CEA-R-4918. 92 p.

Yentsch, C.S., Menzel, D.W., 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. Deep-Sea Res., 10: 221-231.

MEDIAGRAPHIE

www.com.univ-mrs.fr

- Charpy L., Blanchot J. *Biomasse et production phytoplanctonique*. IRD
- Charpy L. *Composition du phytoplancton*. IRD
- Charpy L. *Matière organique*. IRD
- Charpy L. *Minéralisation de la matière organique (MO)*. IRD
- Mathieu, B. *Les processus de fabrication des perles : le collectage des huîtres perlières*. IRD
- Mathieu, B. *L'élevage..* IRD
- Mathieu, B. *La greffe et la récolte des perles*. IRD
- Pouvreau, S. *Écophysiologie, croissance et reproduction de l'huître perlière, Pinctada margaritifera, élevée en Polynésie Française*. IRD

www.tahiti-export.pf

www.moanaevasion.pf

www.futura-sciences.com

- L'huître perlière. *Bulletin de la CPS n°15*. Janvier 2003.

www.ifremer.fr/français/rapp2004/partenariats-regions.htm

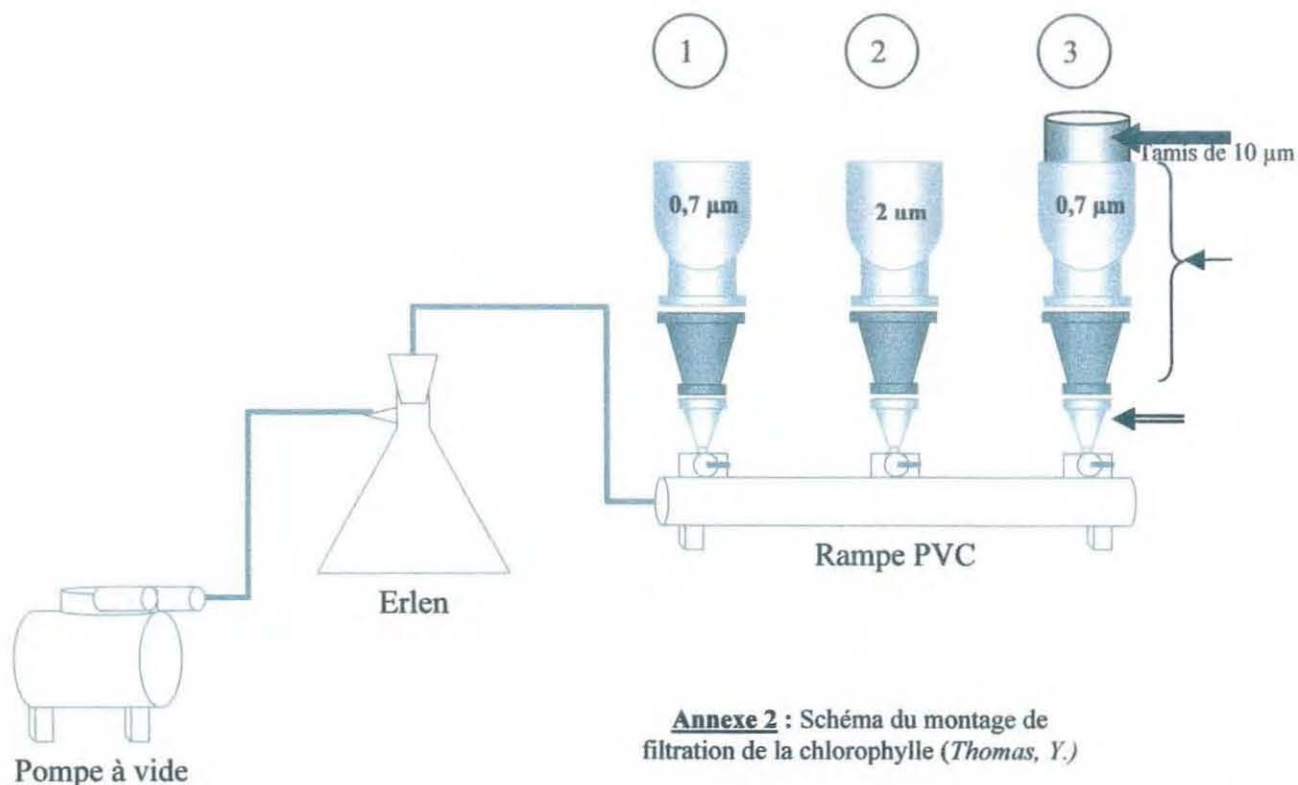
www.sb-roscoff.fr/somlit/parametre.html

www.ensa-agadir.ac.ma/gpee/download/spectroscopie.pdf

ANNEXES

<i>n°station</i>	<i>volume pompé moyen en litre</i>	<i>Profondeur moyenne en m</i>	<i>température °C</i>	<i>force du vent m/s</i>	<i>pression hPa</i>
L01	299	25,5	29,9	4,6	1015
L02	426	39,2	29,9	4,6	1015
L03	585	51,7	29,9	4,6	1015
L04	590	46	29,9	4,6	1015
L05	510	39,6	29,9	4,6	1015
L06	761	62	29,9	4,6	1015
L07	621	50,7	29,9	4,6	1015
L08	620	45,6	29,9	4,6	1015
L09	614	41,5	29,9	4,6	1015
L10	582	46,5	29,9	4,6	1015
L11	558	47	29,9	4,6	1015
L12	564	47	29,9	4,6	1015
R1-01	703	56,7	30,2	6,6	1015
R1-02	621	53,5	30,2	6,6	1015
R1-03	782	45,8	30,2	6,6	1015
R1-04	713	52,4	30,2	6,6	1015
R1-05	546	54,9	30,2	6,6	1015
R1-06	752	51,7	30,2	6,6	1015
R1-07	870	46,4	30,2	6,6	1015
R1-08	843	52,2	30,2	6,6	1015
R1-09	853	35,1	30,2	6,6	1015
R1-10	800	52,4	30,2	6,6	1015
R2-01	746	49,5	28,6	5,4	1017
R2-02	881	57,3	28,6	5,4	1017
R2-03	942	42,3	28,6	5,4	1017
R2-04	934	41,2	28,6	5,4	1017
R2-05	949	63,7	28,6	5,4	1017
R2-06	872	61,8	28,6	5,4	1017
R2-07	941	42,7	28,6	5,4	1017
R2-08	939	41,9	28,6	5,4	1017
R2-09	953	54,2	28,6	5,4	1017
R2-10	961	54,8	28,6	5,4	1017
V01	432	5	30,4	3,8	1016
V01	439	15	30,4	3,8	1016
V01	448	25	30,4	3,8	1016
V01	462	35	30,4	3,8	1016
V01	474	45	30,4	3,8	1016
V02	423	5	27,1	5,8	1015
V02	439	15	27,1	5,8	1015
V02	448	25	27,1	5,8	1015
V02	466	35	27,1	5,8	1015
V02	449	45	27,1	5,8	1015

Annexe 1 : Caractéristiques des différentes stations



Le montage est identique pour les MES et CHN sauf qu'il n'y a pas de tamis et la porosité est de 0,7 µm.

		21/04/2007	22/04/2007	27/05/2007	28/05/2007
Moyenne	[MES] mg/l	1,6	2,7	1,9	1,9
	MOP (%)	74	52	38	41
Ecart type	[MES] mg/l	0,38	1,24	0,42	1,02
	MOP (%)	21	20	9	9
Coefficient de variation	MES (%)	24	45	23	53
	MOP (%)	28	39	24	23

Annexe 3 : Détermination du coefficient de variation des données de matière en suspension et matière organique particulaire aux dates de prélèvements des échantillons sur les deux radiales afin d'obtenir un indice de variation quantitatif permettant une comparaison

		21/04/2007	22/04/2007	27/05/2007	28/05/2007
moyenne	Chl-a tot (µg/l)	0,17	0,13	0,18	0,17
	Phéo/chl-a tot(%)	53	50	40	55
	chl-a < 2µm/chl-a tot(%)	82	79	88	76
Ecart type	Chl-a tot	0,06	0,05	0,04	0,02
	Phéo/chl-a tot	5,02	7,03	21,20	8,70
	chl-a < 2µm/chl-a tot	8,70	8,75	8,14	4,92
Coefficient de variation	Chl-a tot (%)	34	35	21	11
	Phéo/chl-a tot(%)	9	14	53	16
	chl-a < 2µm/chl-a tot(%)	11	11	9	6

Annexe 4 : Détermination du coefficient de variation des données chlorophylle-a totale et de ces descripteurs qualité aux dates de prélèvements des échantillons sur les deux radiales afin d'obtenir un indice de variation quantitatif permettant une comparaison