

UNIVERSITE DE NEUCHATEL
SUISSE

FACULTE DES SCIENCES
INSTITUT DE GEOLOGIE

**Physico-Chimie des Eaux Insulaires et Lagonaires
de l'île MAURICE, de mars 1989 à mars 1991.
Géochimie, Minéralogie et Dosage du Coprostanol
des Sédiments de Surface.
Relations avec l'Ecosystème Récifal.**

Thèse présentée à la faculté des Sciences de Neuchâtel par

Florence Gendre

maître ès Sciences diplômé de l'Université Paul Sabatier de Toulouse (France)
pour l'obtention du grade de docteur ès Sciences

juin 1992

IMPRIMATUR POUR LA THÈSE

Physicochimie des eaux insulaires et
lagonaires de l'île Maurice de mars 1989 à
mars 1991. Géochimie et minéralogie des
sédiments. Relations avec l'écosystème
récifal.

de Mademoiselle Florence Gendre

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

FACULTÉ DES SCIENCES

La Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel
sur le rapport des membres du jury,

Messieurs B. Kubler, F. Nyffeler, L. Hottinger
(Bâle), J. Muller (Marseille) et F. Rougenie
(Papeete)

autorise l'impression de la présente thèse.

Neuchâtel, le 22 juin 1992

Le doyen:



A. Robert

"LE DEBOISEMENT DES FORETS DE PIERRE"

"PIERRES VIVANTES

Enraciné dans des profondeurs blanches
Labouré sans bruit par des avalanches
Etayé par des collines pures
Se dresse le Mur d'entre les murs.
Haut comme l'espoir
Long comme l'oubli
Epais comme un cauchemar
Fier comme une panoplie
Le mur vivant se lamente
Pleurant des larmes de sable
O colossale
Pierre tombale
A la mémoire des oiseaux et des abeilles
Qui chantaient dans des îles sombrées au soleil
Le mur
Se meurt."

(COUSTEAU, 1990)

=====

MAURICE : étoile de l'océan Indien

"Une île paresseuse où la nature donne
Des arbres singuliers et des fruits savoureux;
Des hommes dont le corps est mince et vigoureux,
Et des femmes dont l'œil par sa franchise étonne."

(BAUDELAIRE, 1841)

=====

REMERCIEMENTS

Je tiens d'abord à remercier grandement Bernard KÜBLER qui m'a permis de réaliser cette thèse, pour son support et sa compréhension.

Je remercie tout spécialement les membres du jury :

Jacques MULLER (géologue, directeur de recherche au CNRS, Marseille), pour la mise en œuvre du projet, l'organisation des campagnes d'étude et son soutien;

Lucas HOTTINGER (micropaléontologue, Université de Bâle), pour son aide dans l'analyse de la situation à Maurice;

François NYFFELER (océanographe, groupe PROSPER, Neuchâtel), pour les compléments qu'il m'a apporté en océanographie;

Francis ROUGERIE (océanographe, ORSTOM, Papeete), pour s'intéresser au cas Mauricien et à ce travail.

Je remercie plus particulièrement Patrick RUCH, pour m'avoir aidé à l'acquisition et au traitement des données ainsi que sa famille pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé pendant deux mois à Maurice.

Mes remerciements vont aussi à tous les groupes de travail de Neuchâtel :

à Carlos BECK (LASUR), M.ZWELLIN, O.SIERRA, I.HUGUENIN et T.ETTLIN pour toutes les analyses effectuées et leur collaboration sur le terrain;

à Charles-Henri GODET, pour son assistance technique;

à Eduard ZUUR et Xavier DE MADRON, pour leurs conseils sur le traitement des données;

à André PITTET pour ses conseils sur le dosage du coprostanol;

à Georges RUMLEY, Thierry ADATTE et les techniciens du LMPG, pour les travaux de minéralogie;

à Gérard MAGRANVILLE, Albin COLLAUD et Manuel DA SILVA, pour l'aide technique qu'ils m'ont toujours donnée avec joie.

Je remercie aussi tous les participants au projet, pour leur collaboration sur le terrain, A.ANTONIUS, E.BALLESTEROS, J.J.CORNEE, K.DROBNE, J.GEISTER, M.HOTTINGER, B.HUBER, M.LANGER, C.MEYER, G.MULLER, N.MULLER, J.F.PECHEUX, M.PORCHER, P.VASSEUR, N.VICENTE et P.ZINCIUS.

Je tiens à souligner le bon accueil Mauricien des membres de l'Université, des centres de la CWA et de la météorologie et du groupe d'étude SIGMA.

Je remercie mes parents, mes grand-parents et mes amis les plus chers, pour tous leurs encouragements.

Ce travail de thèse s'est effectué dans le contexte d'un projet organisé par la Commission des Communautés Européennes. Il a été réalisé par plusieurs laboratoires universitaires et centres de recherche européens en collaboration avec l'université de Maurice et trois universités suisses (Berne, Bâle et Neuchâtel).

Ce projet financé par la Direction du Développement de la CEE (projets 946/1988 et 946/1989) et relayé par la contribution du Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique (projet 21-26147.89) a été mené par J.MULLER, géologue directeur de recherche au CNRS, université d'Aix-Marseille I.

Le titre du projet est :

Etude des écosystèmes littoraux de Maurice.
Contraintes et potentialités pour le développement.

Ses objectifs étaient de :

- dresser le bilan actuel des écosystèmes littoraux (écologie des bioconstructions récifales, lagons, mangroves, estuaires)
- déterminer l'origine des pollutions continentales et marines littorales
- proposer des solutions pour le traitement des pollutions et l'aménagement des lagons.

Notre rôle dans ce projet est d'examiner la qualité actuelle des eaux Mauriciennes (insulaires et côtières), d'étudier et d'analyser les sédiments de surface pour déterminer les origines multiples de pollution.

La finalité de cette étude était de cerner les origines du déséquilibre du milieu récifal et de la mort des récifs coralliens.

PLAN

I - INTRODUCTION p 1 à 8

I.1 - NOTIONS D'ORDRE GENERAL p 1

- distribution des récifs coralliens de nos jours p 1
- situation et géographie de l'île Maurice p 1
- géologie p 1
- climat p 2
- historique p 2
- le développement de l'île et ses effets p 2

I.2 - LE CORAIL p 4

- son mode de vie p 4
- sa dégradation : un problème planétaire p 4

I.3 - INTERET DE L'ETUDE FACE AU PROBLEME DE DEGRADATION DU CORAIL A MAURICE p 5

- I.3.1 - Le travail de collaboration p 5
- I.3.2 - Le travail effectué p 7

II - APPAREILS, PRINCIPES ET METHODES UTILISES POUR L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE ET CHIMIQUE DE L'EAU ET POUR L'ETUDE COURANTOLOGIQUE DANS LES LAGONS p 9 à 13

II.1 - Méthodes d'échantillonnage des eaux p 9

II.2 - Appareils, principes et méthodes utilisés pour le dosage des éléments nutritifs dans l'eau : la "FIA" p 9

II.3 - Appareils, principes et méthodes utilisés pour la mesure des paramètres physico-chimiques hydrologiques : la sonde "ZÜLLIG" p 11

II.4 - Traitement informatique des données : cartographie p 12

II.5 - Méthodes utilisées pour l'étude courantologique dans les lagons p 13

III - APPAREILS, PRINCIPES ET METHODES UTILISES POUR L'ANALYSE GEOCHIMIQUE DES SEDIMENTS DE SURFACE DES RIVAGES ET LAGONS p 14 à 16

III.1 - Méthodes d'échantillonnage des sédiments de surface p 14

III.2 - Appareils, principes et méthodes utilisés pour les analyses géochimiques p 14

III.3 - Appareils et méthodes utilisés pour les analyses minéralogiques p 15

III.4 - Appareils et méthodes utilisés pour le dosage du coprostanol p 15

IV - CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES ET CHIMIQUES DES EAUX INSULAIRES p 17 à 27

IV.1 - Variabilité naturelle des concentrations en éléments nutritifs dans les eaux douces p 17

IV.2 - Les caractères physico-chimiques et chimiques des eaux du réseau hydrographique de surface p 18

IV.3 - Les caractères physico-chimiques et chimiques des eaux du réseau hydrographique souterrain p 20

- IV.4 - Les variations saisonnières dans les réseaux hydrographiques de surface et souterrain p 21
- IV.5 - Les pollutions d'origine insulaire p 23
 - Impact des usines sucrières implantées près des lagons p 23
 - Impact des bassins aquacoles p 25
 - Impact des industries textiles et élevages de la région de Terre Rouge p 26
- IV.6 - conclusion p 26

V - LES COTES ET LES LAGONS MAURICIENS p 28 à 32

- V.1 - Présentation du littoral Mauricien p 28
- V.2 - La courantologie générale et les vents dominants p 29
- V.3 - La courantologie dans les lagons de la côte Sud-Ouest p 29
- V.4 - La courantologie dans les lagons de la côte Est p 30
- V.5 - La pollution dans les lagons Mauriciens p 30
 - V.5.1 - Variabilité naturelle des concentrations en éléments nutritifs dans l'eau salée p 30
 - V.5.2 - Les concentrations en éléments nutritifs dans les lagons p 31
- V.6 - Les caractères physico-chimiques et chimiques des eaux océaniques p 31
- V.7 - Conclusion p 31

VI - INTERETS DES REGIONS SUD-OUEST ET EST DE L'ILE

p 33 à 38

- VI.1 - CARACTERISTIQUES DES DEUX REGIONS p 33
 - VI.1.1 - Région de Rivière Noire (Sud-Ouest) p 33
 - VI.1.2 - Région de Trou d'eau Douce (Est) p 34
- VI.2 - DEGRADATION DES RECIFS DES REGIONS SUD-OUEST ET EST p 34
 - VI.2.1 - Description des maladies coralliennes p 34
 - VI.2.2 - Les récifs de la région Sud-Ouest p 35
 - VI.2.3 - Les récifs de la région Est p 37

VI.3 - CONCLUSION p 38

VII - ETUDE DETAILLEE DE LA REGION SUD-OUEST :

COMPARAISON PENDANT LES SAISONS HUMIDE ET SECHE, DES EAUX DES LAGONS ET RIVIERES (REGION DE RIVIERE NOIRE) p 39 à 48

VII.1 - LES EAUX DOUCES p 39

- VII.1.1 - Comparaison saisonnière p 39
- VII.1.2 - Conclusion p 45

VII.2 - LES EAUX SALEES p 46

- VII.2.1 - Variations des paramètres hydrologiques en fonction des marées p 46
- VII.2.2 - La situation hydrologique sur la côte Sud-Ouest p 46
 - VII.2.2.1 - Les variations saisonnières p 46
 - VII.2.2.2 - Remarque sur le lagon de Flic en Flac p 47
 - VII.2.2.3 - Remarque sur la baie de Rivière Noire p 48

VII.3 - CONCLUSION p 48

**VIII - ETUDE DETAILLEE DE LA REGION EST : COMPARAISON
PENDANT LES SAISONS HUMIDE ET SECHE, DES EAUX DES LAGONS ET
RIVIERES (REGION DE TROU D'EAU DOUCE) p 49 à 56**

VIII.1 - LES EAUX DOUCES p 49

VIII.1.1 - Comparaison saisonnière p 49

VIII.1.2 - Conclusion p 52

VIII.2 - LES EAUX SALEES p 53

VIII.2.1 - Variations des paramètres hydrologiques en fonction des marées p 53

VIII.2.2 - La situation hydrologique sur la côte Est: variations saisonnières p 54

VIII.3 - CONCLUSION p 56

**IX - ETUDE DES SEDIMENTS DE SURFACE DES RIVAGES ET
LAGONS DU SUD-OUEST ET DE L'EST DE L'ILE p 57 à 70**

IX.1 - LA MATIERE ORGANIQUE p 64

- Comparaison des paramètres de la matière organique p 64

- Relation matière organique et profondeur d'eau p 64

- Relation matière organique, résidu insoluble p 64

IX.2 - LA PHASE DETRITIQUE TERRIGENE p 65

- Les éléments détritiques terrigènes p 65

- Distribution des détritiques terrigènes avec la profondeur p 66

IX.3 - LA PHASE CARBONATEE p 66

- Les éléments liés aux carbonates p 66

- Distribution du carbone des carbonates avec la profondeur p 66

IX.4 - LA MINERALOGIE p 67

- Variations des carbonates avec la profondeur p 67

IX.5 - LE COPROSTANOL p 68

- Les zones contaminées par les eaux usées p 68

IX.6 - CONCLUSION p 70

X - CONCLUSIONS GENERALES p 71 à 72

- BIBLIOGRAPHIE p 73 à 79

CHAPITRE I

INTRODUCTION

I.1 - NOTIONS D'ORDRE GENERAL

DISTRIBUTION DES RECIFS CORALLIENS DE NOS JOURS

Les récifs coralliens actuels se rencontrent dans les Caraïbes, l'Océan Indien et l'Océan Pacifique Tropical, entre les latitudes de 32° N et 30° S (figure 1). Leur distribution est limitée à la zone intertropicale et leur fréquence décline vers le Nord et le Sud. Ils sont présents tant que la température de l'eau moyenne n'est pas inférieure à 18-20 °C (ROBIN, 1988). De ce fait, ils n'existent pas sur la côte Pacifique de l'Amérique du Sud ni sur la côte Atlantique de l'Afrique à cause des courants froids et des remontées d'eau profonde (upwelling).

SITUATION ET GEOGRAPHIE DE L'ILE MAURICE

Maurice se situe dans la partie australe de l'océan Indien (figure 2), près de l'intersection du 20ème degré de latitude Sud et du 57ème degré de longitude Est (TYACK,1989). Elle constitue, avec La Réunion et Rodrigues, l'archipel des Mascareignes situé à 800 km à l'Est de Madagascar et à 2000 km de la côte africaine. L'île a une superficie de 1840 km², soit 56 km de long au maximum sur 44 km de large (figure 3).

Son relief s'élève graduellement des plaines côtières au plateau central dont le point culminant se situe à 800 m (Piton de la Petite Rivière Noire).

L'île est entourée d'un plateau immergé qui peut s'étendre jusqu'à 25 km et une ceinture corallienne s'est développée à une distance allant de quelques centaines de mètres à 5 km presque tout autour de l'île sur 150 km (HARMELIN-VIVIEN,1981).

GEOLOGIE

L'île s'est formée au cours de trois cycles d'activité volcanique séparés dans le temps par des phases d'érosion (WALKER et NICOLAYSEN, 1954; PERROUD, 1982; GUEHO,1988).

- à la fin du Crétacé ou début du Tertiaire, une remontée de magma a formé des dômes, puis le dôme le plus important s'est effondré formant une vaste caldeira. Une longue période d'érosion a suivi avec subsidence de 60 m.

- au troisième tiers du Tertiaire, une phase volcanique de courte durée a donné les formations basaltiques (anciennes) qui persistent dans le Sud-Ouest de l'île. Elle a été suivie par une autre phase d'érosion.

Les phases d'érosion antérieures aux coulées récentes conditionnent la répartition actuelle des coulées anciennes (figures 9 a et b) et l'écoulement souterrain.

- vers la fin du Tertiaire ou début du Pléistocène, le dernier bouleversement a comblé le système ancien par des épanchements volcaniques et a mis en place les formations de coulées récentes (hawaïites) qui représentent actuellement le 70 % de la surface de l'île.

CLIMAT

L'île est soumise en permanence au régime des vents alizés de l'Est ou Sud-Est. Le climat est océanique tropical en été (de décembre à juin), marqué par de fortes pluies et des cyclones et une température d'environ 30°C. Il est plutôt semi-tropical en hiver (de juillet à septembre), marqué par les alizés plus soutenus et une température variable entre 14 et 22°C.

Maurice subit fréquemment l'influence de cyclones tropicaux (PADYA, 1984).

Depuis les trente dernières années cinq cyclones importants ont causé de graves dommages.

Certains sont très violents avec des rafales dépassant 200 km/h, il s'agit de "Alix" et "Carol" en janvier et février 1960, de "Gervaise" en février 1975 et de "Claudette" en décembre 1979.

D'autres sont beaucoup moins violents mais amènent des pluies intenses, 680 à 1353 mm ont été mesurés pendant le cyclone "Hyacinthe" en janvier 1980.

De 1980 à 1989, trois autres cyclones ont apporté de 100 à 400 mm de pluies :

- "Gabrielle" en février 1982,
- "Bakoly" en décembre 1983,
- "Firinca" en janvier 1989.

Une sévère dépression cyclonique "Krissy" s'est produite le 6 avril 1989 (max: 109 mm) pendant la première campagne d'étude à Maurice.

Les cyclones ont un impact direct important sur le littoral et sur les récifs coralliens (MAH, 1986).

Par la destruction mécanique des coraux, l'érosion des plages, les apports dans les lagons de matériels terrigènes et produits provenant du lessivage intensif des sols, ils contribuent au déséquilibre du milieu.

De tout temps, de telles catastrophes se sont produites et les coraux ont survécu. Aujourd'hui le problème s'aggrave puisqu'il y a superposition de plusieurs autres facteurs.

HISTORIQUE

L'île fut découverte au début du XVI^{ème} siècle par le navigateur portugais Pedro Mascarenhas, mais les Portugais n'y établirent aucune base permanente (TYACK, 1989).

C'est à la fin du même siècle, que les Hollandais prirent possession de l'île et y introduisirent la canne à sucre de Java.

En 1710, les Hollandais abandonnèrent l'île et cinq ans plus tard les Français l'occupèrent. La culture de la canne à sucre fut alors encouragée sur une grande échelle.

Les Anglais s'emparèrent de l'île en 1810. Avec l'arrivée de nombreux immigrants Indiens pour le développement de la culture de canne à sucre, la démographie prit un rapide essor.

L'île resta anglaise jusqu'en 1968 où elle accéda à l'indépendance et devint un état souverain au sein du Commonwealth.

LE DEVELOPPEMENT DE L'ILE ET SES EFFETS

La colonisation de l'île et son développement ont considérablement modifié l'allure générale de l'île.

A l'heure actuelle, on compte plus d'un million d'habitants originaires d'Europe, Asie et Afrique. Un des problèmes fondamentaux depuis 1950 est l'augmentation constante de la population (figure 4).

Durant les cinquante dernières années, l'île s'est fortement développée dans les secteurs urbain, industriel, agricole et touristique au détriment de l'environnement. Cela a entraîné des pollutions insulaires, la surexploitation des lagons et l'extension des travaux d'aménagement du littoral qui ont causé de façon indirecte ou directe des dégradations des écosystèmes coralliens (JOHANNES, 1975) :

a - Les systèmes d'assainissement des eaux usées sont insuffisants (MULLER, 1989), les eaux usées des zones urbaines et les effluents industriels ne sont pas traités et sont soit acheminés par un système d'égout vers la mer, soit directement rejetés dans les rivières et les lagons.

Les effluents des villas installées sur le littoral sont évacués dans les sédiments littoraux où ils percolent.

Les élevages intensifs rejettent aussi les déchets fécaux directement dans les lagons.

Les plus grands hôtels sont en général équipés de stations d'épuration mais des problèmes de traitement des eaux usées existent encore.

Bien que des dispositifs d'assainissement soient installés dans certaines usines sucrières (Beau Champ, Bel Ombre) d'autres déversent encore leurs eaux usées chargées en matière organique dans des canaux reliés aux lagons.

Les produits chimiques de traitement et de teinture utilisés dans les usines textiles sont déversés directement dans les rivières qui deviennent des égouts à ciel ouvert.

b - Toutes les ordures ménagères et les déchets solides industriels sont acheminés sur des décharges en plein air où ils sont partiellement brûlés. La localisation de ces décharges n'a fait l'objet d'aucune étude d'impact, elles constituent des sources de pollution des nappes phréatiques.

c - Plus de 48 % de la superficie de l'île sont cultivés et les plantations de cannes à sucre en représentent environ 93 %.

Pour augmenter la productivité d'une si ancienne monoculture sur sols facilement lessivables, l'épandage d'engrais chimiques, de guano, d'humus, d'herbicides et de pesticides a fortement augmenté depuis la période 1945-49.

L'agriculture utilise au total 60 000 tonnes de fertilisants par an, soit environ 600 kg/ha répartis entre octobre et décembre.

Deux cent types de pesticides sont actuellement utilisés par les planteurs de canne et par les maraîchers. En 1986, 572 tonnes d'herbicides, 385 tonnes d'insecticides, 116 tonnes de fongicides et 26 tonnes de raticides ont été répartis. Selon certains auteurs (GLYNN et al, 1984), ils contribuent à la dégradation du milieu lagonaire.

d - Pour permettre l'extension des surfaces cultivables et des zones urbaines, la déforestation systématique commencée au XIX^{ème} siècle (figure 5) s'est étendue rapidement à l'ensemble des formations volcaniques récentes dont les sols étaient propices à la culture. Ce phénomène a provoqué non seulement la perte de la flore autochtone mais surtout a facilité l'érosion, la destruction des sols fertiles par lessivage et le transport d'éléments terrigènes et de produits solubilisés vers les lagons.

e - L'exploitation de sable corallien lagonaire, destiné principalement à la construction, était intense il y a quelques années. Elle est actuellement limitée à la côte Est (entre autre dans le lagon des Cerfs).

f - Depuis 1989, l'extraction des coraux des lagons est interdite. Elle s'est faite pendant des dizaines d'années à grande échelle pour la production de chaux.

g - La faune lagonaire est surexploitée. La pêche à la dynamite actuellement interdite a été remplacée par la pêche aux pesticides dans les rivières et sur la barrière corallienne.

h - Le développement du tourisme dont le principal attrait est les lagons, a impliqué la restructuration de certaines parties du littoral devant les hôtels, ce qui a parfois engendré la modification des courants locaux et une augmentation de la turbidité.

i - Affectant le littoral de façon plus importante, des travaux de dragages comme ceux qui ont débuté fin 1990 pour agrandir la zone Industrielle de Port-Louis, sont entrepris sans aucun barrage de protection (MULLER et RUCH, 1990).

1.2 - LE CORAIL

- Son mode de vie

Les coraux constituent un exemple d'harmonie parfaite entre les mondes animal, minéral et végétal (ROBIN, 1980).

Les polypes, parties molles et vivantes, vivent le plus souvent en colonie et synthétisent un squelette calcaire d'aragonite à partir des carbonates et du calcium qu'ils puisent dans l'eau de mer.

Les coraux se développent en milieu oligotrophe où le plancton a une densité très faible. Pour sa nutrition carbonée, le polype vit donc en symbiose avec des algues microscopiques photosynthétiques (Zooxanthelles) qui lui fournissent des glucides.

Le corail peut aussi se nourrir seul en déployant ses tentacules pour capturer des petites proies (zooplancton, petits crustacés et larves). Selon ROUGERIE (communication 1992), la symbiose est prédominante par rapport à la fonction carnivore en raison de l'oligotrophie du milieu.

- Sa dégradation : un problème planétaire

Pour vivre, les coraux doivent bénéficier de conditions spécifiques.

Nous avons vu qu'ils sont sensibles à la température. Le réchauffement des eaux océaniques lié aux phases ENSO (El Niño Southern Oscillation) provoque le blanchissement (expulsion des zooxanthelles) et même la mort des coraux. GLYNN (1983-84) fut le premier qui y porta attention suite à "El Niño" de 1982-83.

Ces années là, des dégradations des écosystèmes coralliens ont été observés dans le Pacifique (Golfe de Panama et Galapagos), en Polynésie Française (Mooréa), au Sud du Japon et même en Mer de Java (Indonésie), ceci en coïncidence avec un réchauffement de la surface des océans provoqué par "El Niño" de 82-83 (GLYNN, 1983-84; BROWN, 1987).

Des cas de blanchissement des tissus coralliens ont aussi été observés en Mer des Caraïbes (Jamaïque) en l'absence de variation anormale de température (GATES, 1990).

D'autres auteurs pensent que les cas de blanchissement observés en Australie (BROWN, 1987) et Polynésie Française (ROUGERIE, communication orale juin 1992) sont provoqués par des hautes températures couplées à une exposition à d'intenses radiations solaires (UV).

D'autres facteurs associés à l'excès thermique : l'augmentation du CO₂ atmosphérique (HOLLAND, 1986) qui modifie les équilibres avec l'océan (augmentation du CO₂ dissous dans l'eau en opposition avec l'ion bicarbonate) peuvent réduire la biominéralisation et la calcification des communautés.

Dès que les équilibres naturels ne sont plus respectés, les prédateurs des coraux prolifèrent. L'Acanthaster Planci est une grande étoile de mer épineuse qui aspire tout ce que le corail contient de matière vivante détruisant ainsi de grands secteurs de récifs comme ce fut le cas sur la grande barrière Australienne.

Les coraux apprécient une eau de salinité voisine de 35 ‰, mais ils peuvent supporter des salinités supérieures (en Mer Rouge, jusqu'à 40 ‰).

Le corail aime les eaux bien oxygénées et transparentes, il ne prospère pas dans les eaux turbides. L'expulsion des Zooxanthelles (algues unicellulaires photosynthétiques symbiontes des coraux) a été mise en relation avec des changements de salinité, d'oxygène dissous et de turbidité du milieu (GOREAU, 1964).

Selon LOYA, 1976; DODGE et VAISNY, 1977; BAK, 1978; DOLLAR et GRIGG, 1981, un des facteurs limitant la pousse de la plupart des espèces coralliennes est la turbidité de l'eau. Selon les observations de MULLER en 1990 à Maurice, les Porites paraissent les moins sensibles aux turbidités élevées.

Un milieu pauvre en matière en suspension et oligotrophe est indispensable à la croissance corallienne (TOMASCIK et SANDER, 1985-1987). Les nitrates et les phosphates dans l'eau en association avec la compétition des algues, peuvent causer la suppression de plus de 50 % de la calcification des récifs (KINSEY et DAVIES, 1979; WALKER et ORMOND, 1982).

L'excès d'éléments nutritifs dans l'eau, considéré comme le plus important stress contemporain, agit en association avec les effets des UV et du CO₂. Le stress des éléments nutritifs fait décroître la bio-diversité et la structure des communautés, la calcification et la biominéralisation des coraux.

Des apports chroniques en éléments nutritifs inhibent l'extension des communautés coralliennes d'autant plus lorsque celles-ci sont déjà stressées par les cyclones ou les hautes températures.

I.3 - INTERET DE L'ETUDE FACE AU PROBLEME DE DEGRADATION DU CORAIL A MAURICE

I.3.1 - Le travail de collaboration

Etant donné la variété des problèmes soulevés, l'étude des écosystèmes littoraux de Maurice a été réalisée par une équipe pluridisciplinaire composée de biologistes, chimistes, géochimistes et géologues :

Amfried Antonius,

biologiste marin / maladie des coraux. Université de Wien (A),

Enric Ballesteros,

algologue / écosystème corallien. Centre d'Etudes Avancées de Blanes (E),

Carlos Beck,

chimiste / physico-chimie des eaux, géochimie des sédiments. Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel (CH),

Jean-Jacques Cornée,

géologue / écosystème corallien. Unité de recherche CNRS 1208, Université d'Aix-Marseille I (F),

Katica Drobne,

micropaléontologue / foraminifères actuels. Institute Ivan Rakovec for paleontology, Ljubljana (YU),

Jorn Geister,

géologue récifal. Geologisches Institut, Universität Bern (CH),

Florence Gendre,

physico-chimie des eaux, géochimie des sédiments. Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel (CH),

Charles-Henri Godet,

technicien / informatique. Groupe PROSPER, Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel (CH),

Hannes Grobe,

- géologue / forage. A. Wegener Institut fur Polar und Meeresforschung, Bremerhaven (RFA),
- Lukas Hottinger,
micropaléontologue / foraminifères actuels. Paläontologisches Institut, Universität Basel (CH),
- Birgit Huber,
micropaléontologue / étude des oursins. A. Wegener Institut fur Polar und Meeresforschung, Bremerhaven (RFA),
- Bernard Kübler,
géologue / physico-chimie des eaux, géochimie des sédiments. Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel (CH),
- Marlin Langer,
micropaléontologue / étude des oursins. Paläontologisches Institut, Universität Basel (CH),
- Christian Meyer,
géologue récifal / étude des oursins. Geologisches Institut, Universität Bern (CH),
- Jacques Muller,
géologue responsable du projet. Unité de recherche CNRS 1208, Université d'Aix-Marseille I (F),
- Natacha Muller,
biologiste marin / cartographie récifale. Centre d'Etudes et de Recherches Animales Marines, Université d'Aix-Marseille III (F),
- Jean-François Pécheux,
micropaléontologue. Paläontologisches Institut, Universität Basel (CH),
- Michel Porcher,
ingénieur en aménagement récifal. Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement, Aix les Milles (F),
- Patrick Ruch,
géologue / physico-chimie des eaux, géochimie des sédiments. Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel (CH),
- Pierre Vasseur,
biologiste marin / écosystème corallien. Laboratoire de Biologie Animale, Université de Provence, Aix-Marseille I (F),
- Nardo Vicente,
biologiste marin / ressources halieutiques. Centre d'Etudes et de Recherches Animales Marines, Université d'Aix-Marseille III (F),
- et l'équipe Mauricienne de A. Peerally,
biologiste marin. Collège des Sciences, Université de Maurice, Réduit (MAU).

Les biologistes marins et micropaléontologues avaient pour objectif de dresser le bilan de santé des écosystèmes coralliens : d'évaluer le taux de mortalité, de nécrose ou de repousse des coraux, de faire l'inventaire qualitatif et quantitatif de leurs maladies, de répertorier les organismes indicateurs d'eutrophisation (certains échinodermes, foraminifères actuels et algues) et d'observer l'évolution des biocénoses dans le temps.

De plus, la cartographie géologique et récifale et l'étude courantologique ont permis de définir le cadre dynamique des systèmes lagunaires qui ont fait l'objet d'investigations détaillées.

En parallèle, les chimistes et géochimistes ont dressé le bilan de l'état des eaux et étudié les sédiments côtiers qui conservent l'empreinte des mécanismes géochimiques naturels et des pollutions.

Pour cerner les causes de dégradation des récifs coralliens Mauriciens, nous avons donc analysé les éléments nutritifs (nitrates (NO₃), silice (SiO₂) et phosphates (PO₄)) dans les eaux des lagons et des résurgences, dans les eaux océaniques

avoisinentes et dans les eaux douces des réseaux hydrographiques insulaires de surface et souterrains. Ceci pour déterminer l'origine de ces éléments nutritifs.

La mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau (température, salinité, turbidité, oxygène dissous et pH), a aussi été réalisée pour comprendre, en relation avec la courantologie, les déplacements des masses d'eau et suivre l'évolution des eaux insulaires dans les lagons et sur les côtes.

L'impact anthropique dans l'environnement récifal a pu être vérifié à Maurice, par le dosage du coprostanol (stérol bio-marqueur de pollution fécale) dans les sédiments de surface.

1.3.2 - Le travail effectué

L'étude a duré de mars 1989 à mars 1991; les travaux de terrain ont été effectués durant quatre campagnes d'analyses réparties suivant un rythme saisonnier et complétées par un suivi sur une année d'avril 1990 à mars 1991 (RUCH, 1990-91).

a- Deux campagnes ont été réalisées dans la région Sud-Ouest (côte sous le vent)

- La 1^{ère} campagne s'est déroulée du 26 mars au 15 avril 1989, c'est-à-dire en fin d'été austral (fin de saison cyclonique), dans la région de Rivière Noire, plus précisément dans le secteur compris entre Tamarin et le Morne Brabant (figure 3).

- La 2^{ème} campagne s'est déroulée du 3 au 25 novembre 1989, c'est-à-dire au printemps austral (saison sèche), sur la même zone côtière mais plus étendue au Nord jusqu'à Port-Louis.

Les cartes des stations d'échantillonnage des eaux sont présentées dans le chapitre VII.

En saison cyclonique (humide), seuls les nitrates et les phosphates ont été dosés sur 30 échantillons prélevés dans les eaux des rivières et réservoirs d'irrigation entre Tamarin et la baie du Cap (figure 3). Les prélèvements ont été effectués le 6 avril jour de la dépression cyclonique "Krissy", le 7 et le 13 avril.

Les paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous et turbidité) ont été mesurés dans les lagons de La Preneuse et des Bénitiers, dans les eaux des estuaires et dans les eaux océaniques jusqu'à 2 km des barrières de récifs (205 mesures en mars-avril 89).

Les nitrates et la silice ont été dosés sur 592 échantillons d'eau salée en mars-avril 89.

En saison sèche

46 échantillons d'eau douce ont été prélevés sur une région plus étendue qu'en mars-avril entre la baie de l'Arsenal au Nord et St Aubin au Sud (figure 3). Nitrates, phosphates et silice y ont été analysés.

Les paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous et turbidité) ont été mesurés dans les lagons de La Preneuse et des Bénitiers, dans les eaux des estuaires et dans les eaux océaniques jusqu'à 5 km des barrières de récifs jusqu'à Port-Louis (233 mesures en novembre).

Les nitrates et la silice ont été dosés sur 386 échantillons d'eau salée en novembre 89.

Au cours des deux années d'étude, 43 échantillons de sédiments de surface ont été prélevés sur la côte Sud-Ouest (de Port-Louis au Morne Brabant) pour le dosage du coprostanol et les études géochimiques. Les cartes des stations d'échantillonnage sont présentées dans le chapitre IX.

b- Deux campagnes ont été réalisées dans la région Est (côte au vent)

- La 3^{ème} campagne s'est déroulée du 15 mars au 7 avril 1990, c'est-à-dire en fin d'été austral (période sans cyclone et relativement peu humide), sur la côte Est (figure 3), entre Palmar au Nord et la Pointe du Diable au Sud.

- La 4^{ème} campagne a eu lieu au même endroit mais au printemps austral (saison sèche), du 1^{er} au 22 novembre 1990.

Les cartes des stations d'échantillonnage des eaux sont présentées dans le chapitre VIII.

En saison cyclonique (humide)

Les nitrates, les phosphates et la silice ont été dosés sur 54 échantillons d'eau douce prélevés les 15 et 16 mars et après des chutes de pluie le 30 mars 90, dans les rivières et les mares situées entre la Pointe Desny au Nord et Mahébourg au Sud (figure 3).

Les paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous et turbidité) ont été mesurés dans les lagons de Trou d'eau Douce et des Cerfs, dans les eaux des estuaires et les eaux océaniques jusqu'à 2 km des barrières de récifs (106 mesures en mars-avril).

Les éléments nutritifs ont été analysés sur 233 échantillons d'eau salée en mars-avril 90.

En saison sèche

Seulement 28 échantillons d'eau douce ont été prélevés sur la même zone. De nombreuses rivières étaient asséchées sur leur cours supérieur.

Les paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous et turbidité) ont été mesurés dans les lagons de Trou d'eau Douce et des Cerfs, dans les eaux des estuaires (35 mesures en novembre).

Les éléments nutritifs ont été analysés sur 183 échantillons d'eau salée en novembre 90.

Des échantillons de sédiments marins ont été prélevés en surface dans la région Est entre Palmar et la Pointe du Diable (lagons de Trou d'eau Douce et des Cerfs et estuaire de Grande Rivière du Sud-Est). La carte des 15 stations d'échantillonnage est présentée dans le chapitre IX.

c- L'étude continue sur une année

En dehors de ces campagnes, des analyses ont été réalisées en continu sur une année d'avril 1990 à mars 1991, sur toutes les eaux insulaires et des lagons (P.RUCH, 1990; MULLER et al., 1991).

Les éléments nutritifs ont été dosés sur 1400 échantillons.

Les cartes des stations d'échantillonnage des eaux douces et des lagons sont présentées dans les chapitres IV et V.

Au total, plus de 6500 analyses de l'eau (NO₃, SiO₂ et PO₄) ont été réalisées de mars 89 à mars 91.

CHAPITRE II

APPAREILS, PRINCIPES ET METHODES UTILISES POUR L'ANALYSE PHYSICO-CHEMIQUE ET CHIMIQUE DE L'EAU ET POUR LA COURANTOLOGIE DANS LES LAGONS

II.1 - Méthodes d'échantillonnage des eaux

Dans les rivières et réservoirs facilement accessibles à pied, la prise de chaque échantillon d'eau a été effectuée directement à la main avec un flacon qui a servi à son transport et sa conservation.

Quand l'accès à pied près des rives était impossible, des bouteilles de prélèvement Züllig ont été descendues depuis les ponts. Ce type de matériel est pratique à utiliser en eau douce.

La surface des eaux marines a été échantillonnée à la main avec un flacon depuis le bateau. Les eaux profondes ont été prélevées avec des bouteilles Niskin disposées en série le long d'un câble. Ce type de matériel permet de réaliser des échantillonnages simultanés à plusieurs profondeurs.

Les flacons contenant les échantillons ont été conservés dans un réfrigérateur-congélateur portable dès leur prélèvement.

Les analyses de l'eau ont été réalisées durant les quatre campagnes de terrain à l'île Maurice par C.BECK et les collaboratrices du LASUR (laboratoire de géochimie de l'Université de Neuchâtel). En dehors de ces campagnes, entre avril 1990 et mars 1991, les analyses ont été réalisées par P.RUCH (RUCH, 1990; MULLER et al., 1991).

II.2 - Appareils, principes et méthodes utilisés pour le dosage des éléments nutritifs dans l'eau : la "FIA"

La FIA "Flow Injection Analysis" de Tecator est composée d'un Autosampler 5017 (ou Autosampler Isis), d'un FIAstar 5010 Analyser et d'un spectrophotomètre automatique FIAstar 5023. Gérée par ordinateur (PC/XT), elle analyse le même paramètre (NO₃, SiO₂ ou PO₄) sur 40 échantillons en série (55 sec pour un paramètre par échantillon). Différentes fonctions (nombre d'injections de l'échantillon, temps de rinçage et de remplissage) peuvent être programmées.

- Principe : dosage colorimétrique

L'échantillon (40 à 200µl) est poussé par un liquide porteur de même salinité que l'échantillon, pour amoindrir l'effet de matrice.

Des réactifs différents sont injectés selon le paramètre dosé. Le signal (en mV) envoyé par la cellule spectrophotométrique est proportionnel à la réaction colorée qui est elle-même proportionnelle à la concentration de l'élément dosé. Ce signal analytique est immédiatement comparé à une courbe d'étalonnage définie avant la série de mesures.

Chaque échantillon est passé au moins deux fois, les signaux analytiques sont enregistrés par l'ordinateur et un résultat moyen est donné.

La réaction est suivie à l'écran par la visualisation du pic réactionnel qui sera imprimé après chaque mesure. Toute anomalie de salinité entre le fluide porteur et l'échantillon est facilement détectée par l'utilisateur. L'effet de matrice dû à la différence de salinité entre l'échantillon et le liquide porteur se note surtout pour les basses concentrations en élément dosé. Un pic négatif se dessine avant le pic réactionnel si l'échantillon est plus salé que le liquide porteur ou après dans le cas inverse.

- Méthodes :

Elles ont été développées pour la FIA par RUZICKA et HANSEN (1981).

Réactifs pour le dosage des nitrates (NO₃) :

R1 : 5 g de sulphanilamide + 26 ml d'acide chlorhydrique + 300 ml d'eau désionisée.

R2 : 0.5 g de N-(1-Naphtyl)-éthylènediamine dihydrochloride + 500 ml d'eau désionisée.

Les nitrates (NO₃) sont réduits en nitrites (NO₂) en passant au travers d'une colonne de cadmium. Les nitrites réagissent avec la sulphanilamide en solution acide pour former un composé diazoté. Ce composé est alors couplé au R2. L'intensité de coloration de ce produit est mesurée à 520 ou 540 nm, elle est proportionnelle à la somme des concentrations des nitrates et nitrites présents dans l'échantillon.

Réactifs pour le dosage de la silice (SiO₂) :

R1 : 50 g d'heptamolybdate d'ammonium + eau désionisée + 17 ml d'acide sulfurique concentré par litre

R2 : 70 g d'acide oxalique + eau désionisée + 20 ml d'acide sulfurique concentré par litre.

R3 : 0.1 g de chlorure d'étain + 1 g de sulfate d'hydrazine + 14 ml d'acide sulfurique concentré par 500 ml.

L'heptamolybdate d'ammonium à pH = 1.2 réagit avec la silice mais aussi avec tous les phosphates pour produire des hétéropolyacides.

De l'acide oxalique est ajouté pour détruire l'acide molybdophosphorique sans attaquer l'acide molybdosilicilique.

La couleur jaune produite est réduite par le chlorure d'étain donnant une coloration bleue plus intense que le jaune. L'absorption par cette solution bleue, mesurée à 695 nm est proportionnelle à la concentration de la silice dans l'échantillon.

Réactifs pour les dosage des orthophosphates (PO₄) :

R1 : 5 g d'heptamolybdate d'ammonium + eau désionisée + 17.5 ml d'acide sulfurique par 500 ml.

R2 : 14 ml d'acide sulfurique + eau désionisée + 0.1 g de chlorure d'étain + 1 g de sulfate d'hydrazine par 500 ml.

L'heptamolybdate d'ammonium réagit avec les orthophosphates pour former l'acide molybdophosphorique. Dans un second temps, celui-ci est réduit en phosphomolybdenum de couleur bleue par le chlorure d'étain dans l'acide sulfurique moyennement concentré.

L'absorption par cette solution bleue est proportionnelle à la concentration des orthophosphates, elle est mesurée à 690 nm.

- Tableau 1 : Précision et seuils de détection

Paramètre	Limite de détection	Déviati on standard relative RSD
NO ₃ dans l'eau douce	30 µg/l	1 %
NO ₃ dans l'eau de mer	30 µg/l	1 %
SiO ₂ dans l'eau douce	30 µg/l	/
SiO ₂ dans l'eau de mer	100 µg/l	/
PO ₄ dans l'eau douce	15 µg/l	0.6 %
PO ₄ dans l'eau de mer	30 µg/l	0.6 %

L'imprécision des mesures (tableau 1) est généralement inférieure à RSD ("Relative Standard Deviation").

Durant le suivi sur une année, une méthode de correction des résultats a été mise au point (P.RUCH, 1990) pour filtrer l'effet de matrice résultant des différences de salinité entre le liquide porteur et l'échantillon. Cette méthode permet d'abaisser les seuils de détection pour les dosages en eaux saumâtres et marines. Les résultats corrigés ainsi n'ont été utilisés que pour le calcul de moyennes.

II.3 - Appareils, principes et méthodes utilisés pour la mesure des paramètres physico-chimiques hydrologiques : la sonde "ZÜLLIG"

La mesure des paramètres physico-chimiques (pression, température, conductivité, oxygène dissous, pH, turbidité) en continu sur la colonne d'eau est obtenue à l'aide d'une sonde HPTD construite par ZÜLLIG AG et d'un diffusiomètre (ou néphélomètre). La conception du diffusiomètre a été réalisée au LPCM de Villefranche-sur-mer par L. PRIEUR. L'interface a été mise au point par le groupe océanographique PROSPER associé à l'Université de Neuchâtel (F. NYFFELER et C.H. GODET, 1986).

La sonde envoie 4 séquences de mesures par seconde sous forme de signaux qui sont enregistrés et transformés en données réelles par un ordinateur portable grâce au logiciel développé par C.H. GODET.

La mesure se fait en continu mais seules les données prises selon un pas défini à l'avance, sont enregistrées.

Un treuil muni d'un câble coaxial permet d'effectuer des mesures jusqu'à 300 m de profondeur.

Ce type de matériel peu encombrant, facilement maniable est bien adapté à la situation rencontrée à Maurice. Il a été utilisé dans les lagons et en mer ouverte.

- Principes et précisions

- le diffusiomètre évalue la concentration des particules en suspension à partir de leur diffusion lumineuse.

A une extrémité de l'appareil, une source lumineuse envoie un faisceau rouge qui traverse l'échantillon. A l'autre extrémité, deux cellules photo-électriques mesurent les rayons lumineux directs et ceux diffusés sous un petit angle (compris entre 2.11° et 4.84°). La turbidité est donc mesurée sous la forme du rapport entre la lumière diffusée par les particules et la lumière transmise.

L'étalonnage de la sensibilité du diffusiomètre est réalisé en laboratoire à l'aide de plusieurs suspensions colloïdales de Formazine. Le mélange de 5 g de sulfate d'hydrazine + 50 g d'hexaméthylène tétramine dans un litre d'eau bidistillée et filtrée, donne la solution de départ de 4000 FTU, (RODIER, 1978).

Le FTU ("Formazine Turbidity Unit") est une unité arbitraire pour exprimer la turbidité.

La charge en particules peut être déterminée par calibration expérimentale. Ainsi pour les suspensions de nature minérale (BAPST, 1987), la charge est donnée de façon remarquablement constante par :

$$\text{concentration (mg/l)} = \text{turbidité (FTU)} \cdot 1.7$$

La précision des mesures donnée par le constructeur est de +/- 2% jusqu'à 40 000 mFTU. La relation entre la turbidité théorique et le rapport (lumière diffusée / lumière transmise) est linéaire entre 0 et 5 000 mFTU.

- la pression est mesurée par un capteur piézorésistif avec une membrane protégée contre l'oxydation. La profondeur est calculée automatiquement en mètre et la précision est de +/- 0.5 % de la pleine échelle jusqu'à 300 m, soit +/- 1.5 m.

- la température (en °C) est mesurée avec une fiabilité de +/- 0.3 °C, par un élément thermique (thermistor Pt 100) moulé dans un support en matière synthétique.

- la conductivité (en millisiemens/cm dans l'eau de mer) est mesurée par des électrodes découvertes dans un tube de verre à circulation de courant. La conductivité est corrigée pour une température de 25 °C. La précision est de +/- 0.5 millisiemens/cm de 0 à 100. La salinité en g/l est calculée en utilisant les algorithmes classiques tenant compte de la température et de la pression (FOFONOFF et MILLARD, 1983).

- le pH est mesuré directement par une électrode en verre à pression compensée remplie d'électrolyte polymère (xérolyt). La précision atteinte au cours d'un profil est de +/- 0.1 unité pH.

- l'oxygène dissous dans l'eau (en mg/l ou % de saturation) est mesuré par une électrode à membrane à pression compensée, selon le principe de Clark, sa précision est de +/- 0.1 mg/l d'oxygène dissous de 0 à 20 mg/l.

- Problèmes rencontrés

Au cours des deux campagnes réalisées sur la côte Est, des problèmes d'oxydation des connexions électriques au niveau du treuil puis des problèmes d'étanchéité de la sonde, ont perturbé la collecte des données. Une sonde Ponselle nous a été prêtée par le bureau d'étude SIGMA (Maurice) pour effectuer quelques mesures physico-chimiques pendant la dernière campagne.

II.4 - Traitement informatique des données : cartographie

A chaque station de mesure réalisée avec la sonde Züllig correspond un fichier de tous les paramètres physico-chimiques en fonction de la profondeur.

Les représentations horizontales et verticales des isoconcentrations de chaque paramètre ont été effectuées par interpolation à l'aide de la méthode bilinéaire intégrée au logiciel UNIRAS (UNIRAS, 1988).

Les cartes représentent les données mesurées en surface (à 1 m pour la turbidité afin d'éviter l'influence du rayonnement solaire et à 0.2 m pour les autres paramètres).

Les mesures réalisées sur le terrain étant disposées de façon irrégulière, la méthode d'interpolation estime la valeur des données à chaque nœud d'une grille dont la maille est régulière.

Les profils représentent les données de plusieurs stations. Les données verticales sont recueillies tous les mètres et sont très denses par rapport au nombre de stations, la maille d'interpolation est donc choisie de façon à minimiser la différence de densité de points entre les deux axes.

Toutes les données recueillies lors d'une même campagne sont regroupées sous forme de carte de la zone complète. Ainsi les représentations de mars-avril 1989 à Rivière Noire, intègrent les données recueillies du 26 mars au 5 avril et celles du 7 avril au 15 avril, soit avant et après la dépression cyclonique "Krissy" du 6 avril.

Certaines régions n'ont été étudiées qu'une seule fois. La partie Ouest du lagon des Bénitiers a été couverte seulement avant le 6 avril et la zone externe au Sud seulement après le 6 avril, leur représentation est donc caractéristique d'une situation précise.

Toutes les mesures réalisées soit à marée montante, soit à marée descendante ont été regroupées et une moyenne est effectuée par l'interpolation.

La cartographie horizontale de chaque paramètre correspond donc à un état général moyen sur la durée de chaque campagne.

Les problèmes techniques (expliqués plus haut) survenus lors des deux dernières campagnes n'ont pas permis de réaliser toutes les mesures souhaitées. Les cartes de la région Est n'ont pas pu être réalisées pour l'oxygène dissous et le pH et celles de salinité, de température et de turbidité n'ont pu l'être que pendant la saison cyclonique. Les mesures des paramètres physico-chimiques en saison sèche ayant été réalisées avec un autre type de sonde (Ponselle), des comparaisons très précises entre les deux campagnes n'ont pu être effectuées mais l'étude des variations générales est tout de même faite.

II.5 - Méthodes utilisées pour l'étude courantologique dans les lagons

Faute d'avoir des courantomètres, l'étude courantologique des lagons est la synthèse de l'interprétation de photographies aériennes, d'observations sur le terrain (direction des panaches turbides, des alignements coralliens, des couloirs et des accumulations de sable) et de mesures directes en surface et profondeur du déplacement de bouées ou flotteurs.

La vitesse des courants sur les lagons de l'Est a été appréciée par chronométrage du déplacement des flotteurs. La direction des vents a toujours été prise en considération.

CHAPITRE III

APPAREILS, PRINCIPES ET METHODES UTILISES POUR L'ANALYSE GEOCHIMIQUE DES SEDIMENTS DE SURFACE DES RIVAGES ET LAGONS

III.1 - Méthodes d'échantillonnage des sédiments de surface

Les 58 échantillons de sédiments de surface ont été prélevés à l'aide d'une benne, entre mars 1989 et novembre 1990.

Ils ont été séchés à l'air sur place et ont été soumis aux analyses géochimiques, minéralogiques et au dosage du coprostanol, dans les laboratoires (LASUR et LMPG) de l'Institut de Géologie de Neuchâtel.

III.2 - Appareils, principes et méthodes utilisés pour les analyses géochimiques

La spéciation des carbonates consiste à distinguer les cations et anions qui sont spécifiquement liés aux carbonates de ceux qui sont liés aux silicates, aux sulfures, aux sulfates, aux oxydes et hydroxydes.

Pour résoudre ce problème, le sédiment sec et broyé est attaqué à l'HCl 1 N, le meilleur acide pour la solution des carbonates. La méthode est schématisée : figure 6.

Après ce traitement, le sédiment donne une phase acidosoluble et une phase insoluble : le résidu insoluble (RI).

Le phase acidosoluble contient le carbone des carbonates, une partie des phosphates, sulfates, hydroxydes, sulfures et même phyllosilicates et une partie de la matière organique qui est bien solubilisée lorsqu'elle est fraîche.

Le résidu insoluble contient les silicates, silicoaluminates, une partie des sulfures et hydroxydes et de la matière organique.

Le carbone des carbonates (CMIN) est le seul élément typique des carbonates.

La méthode développée au laboratoire de minéralogie, de géochimie et pétrographie (LMPG) de l'Université de Neuchâtel (KÜBLER et al, 1979), consiste à comparer les teneurs des cations et anions solubilisés avec le carbone des carbonates.

Tous les éléments qui se corréleront bien avec le CMIN, indicateur sélectif des carbonates, seront rattachés aux carbonates.

Au contraire, tous les éléments qui se corréleront bien avec le RI seront rattachés aux silicates, silicoaluminates, en général aux silicoclastiques.

A Maurice, les carbonates ayant une origine exclusivement lagunaire, les éléments qui se corréleront bien avec le CMIN auront une origine autochtone.

A part les sulfures et une partie de la matière organique, l'origine du RI est terrigène détritique, tous les éléments qui se corréleront avec le RI auront une origine plutôt allochtone.

La comparaison des paramètres de la matière organique (carbones organiques, azote et phosphore), avec le RI et le CMIN permet de déterminer les parts de matière organique autochtone et allochtone.

Si l'on peut, par cette méthode analytique obtenir directement les éléments rattachés aux carbonates, la spéciation entre carbonates et silicoclastiques est assurée par le traitement des données.

Les anions et cations, silice et phosphate sont mesurés sur la phase acidosoluble et rapportés au sédiment total.

Les mesures des cations (Mg, Sr, Mn, K, Na) sont réalisées par absorption atomique PERKIN ELMER 5100, le Ca est mesuré par électrodes spécifiques de calcium; les mesures de Fe, Al, SiO₂, PO₄ sont réalisées par spectrophotométrie FIA (Flow Injection Analysis).

Le carbone total (CTOT) et l'azote total (NTOT) sont mesurés avant l'attaque acide sur le sédiment sec par analyse élémentaire CHN (CARLO ERBA EA 1108).

Le carbone organique total (COTC) est réparti entre les deux phases, son taux est obtenu en sommant le carbone organique acidosoluble (COA) et le carbone organique du résidu insoluble (CORI) rapporté au sédiment total (CORT) :

$$COTC = COA + (CORI \cdot RI)$$

$$COTC = COA + CORT$$

où RI est le pourcentage de résidu insoluble par rapport au sédiment total.

Le carbone minéral est donné par soustraction du carbone organique total calculé (COTC) au carbone total (CTOT):

$$CMIN = CTOT - COTC.$$

III.3 - Appareils et méthodes utilisés pour les analyses minéralogiques

Détermination des minéraux majeurs sur le sédiment total :

L'échantillon séché et broyé est tassé à 20 bars avec une presse hydraulique dans un porte-échantillon puis analysé au diffractomètre (RX) SCINTAGTM muni d'un détecteur spectral au Si (CuK α I = 1.5406 Å, 1^o2 θ /min entre 1 et 65^o, énergie: 45KV, 40mA).

III.4 - Appareils, principes et méthodes utilisés pour le dosage du coprostanol

Le coprostanol a été extrait du sédiment total au laboratoire du LASUR, institut de géologie Université de Neuchâtel. La méthode (BROWN, 1982; PIERCE, 1984; PITTET, 1990) utilisée peut être résumée ainsi :

- extraction avec un mélange de solvants organiques (méthanol/toluène)
- ajout de prégénolone comme étalon interne
- saponification des esters avec KOH dans du méthanol
- extraction avec du dichlorométhane
- élution sur colonne de verre et récupération de la fraction alcoolique
- silanisation des alcools par addition de triméthylchlorosilane et d'hexaméthylidisilazane
- chromatographie en phase gazeuse (Perkin Elmer 8500 Gas Chromatograph).
- quantification du coprostanol à partir des aires des pics par comparaison à une droite d'étalonnage.

Pour comparer le carbone organique que représente le coprostanol aux différents carbones organiques :

le carbone organique acidosoluble (COA) est exprimé en pour-cent du carbone organique total (COTC) :

$$ACOT = (COA \cdot 100) / COTC$$

le carbone organique du résidu insoluble rapporté au sédiment total est exprimé en pour-cent du carbone organique total (COTC) :

$$\text{RICOT} = (\text{CORT} \cdot 100) / \text{COTC}$$

et la quantité de carbone que représente le coprostanol est calculée et exprimée en pour-cent du carbone organique total (COTC).

Formule du coprostanol : C₂₇ H₄₈ O

Poids moléculaire : 388.7 g

Poids de carbone : 27 * 12 = 324 g

Le facteur de conversion du coprostanol en carbone est donc :

$$388.7 / 324 = 1.2$$

Le calcul du carbone organique que représente le coprostanol par rapport au carbone organique total (C-copro/COTC) se résume ainsi :

$$= \text{COPRO} / \text{COTC} / 100 / 1.2$$

CHAPITRE IV

CARACTERES PHYSICO-CHIMIQUES ET CHIMIQUES DES EAUX INSULAIRES

Le bilan des concentrations en éléments nutritifs (NO₃, PO₄, SiO₂) des eaux douces de surface et souterraines a été dressé d'avril 1990 à mars 1991 par P.RUCH (P.RUCH, 1990; MULLER et al., 1991).

Les mesures réalisées sur toute l'île (figure 7) ont permis de comparer des régions aux caractéristiques différentes au point de vue climatique, géologique et occupation des terres.

Pour saisir les variations saisonnières, les analyses ont été effectuées plusieurs fois pendant cette période de 11 mois.

IV.1 - Variabilité naturelle des concentrations en éléments nutritifs dans les eaux douces

La variabilité naturelle des mesures a été observée dans les réseaux hydrographiques de surface et souterrain, afin d'établir des cartes d'isoconcentrations en sels nutritifs. Elle est présentée dans les Tableaux 2, 3 et 4.

Tableau 2 : Ecart ponctuels sur 10 échantillons prélevés en 1 heure en septembre 90, dans le réservoir de Beau Songe (Ouest de l'île)

Paramètre	Teneur minimale	Teneur maximale	Teneur moyenne	Ecart type	Ecart type (%)
PO ₄ (µg/l)	30	84	60	15.7	26.2
NO ₃ (mg/l)	6.6	7.8	7.3	0.34	4.6
SiO ₂ (mg/l)	35.9	40.3	38.5	1.4	3.7

Tableau 3 : Ecart mensuels sur 6 échantillons prélevés du 20 août au 24 septembre 90, dans le forage Dookun (Ouest de l'île, nappe de Curepipe)

Paramètre	Teneur minimale	Teneur maximale	Teneur moyenne	Ecart type	Ecart type (%)
PO ₄ (µg/l)	21	77	55	22.2	47.2
NO ₃ (mg/l)	12.6	15.2	13.8	0.75	5.4
SiO ₂ (mg/l)	40.9	42	41.3	0.43	1

Tableau 4 : Écarts sur 10 mois sur 16 échantillons prélevés du 21 mai 90 au 25 février 91, dans le forage Dookun (Ouest de l'île, nappe de Curepipe)

Paramètre	Teneur minimale	Teneur maximale	Teneur moyenne	Ecart type	Ecart type (%)
PO ₄ (µg/l)	12	77	45	22.7	51
NO ₃ (mg/l)	12.6	16.3	13.8	0.9	6.5
SiO ₂ (mg/l)	11	70.8	36.5	13.3	36.4

Les mesures des teneurs en nitrates sont les plus significatives. Les écarts ne dépassent pas 6.5 %, que ce soit sur 1 heure (tableau 2), 1 mois (tableau 3) ou 10 mois (tableau 4). La cartographie des teneurs en nitrates des eaux douces de surface et souterraines a donc pu être réalisée.

Les mesures des teneurs en silice sur 1 heure (tableau 2) ou 1 mois (tableau 3) sont aussi très significatives, les écarts sont de 1 à 4 %. Par contre la variabilité sur 10 mois (tableau 4) est de 36 %, elle est trop importante pour que tous les résultats soient regroupés sur une même représentation. L'écart des concentrations de silice sur 10 mois reflète l'influence saisonnière.

Les teneurs en phosphates montrent une très grande variabilité. L'écart ponctuel (tableau 2) est déjà de 26 %, celui sur un mois (tableau 3) est de 47 % et celui sur 10 mois (tableau 4) est de 51 %.

Dans l'eau, les phosphates sont très vite consommés et restitués par le phytoplancton et les végétaux; de plus comme les concentrations sont influencées par le débit des rivières, il est impossible de réunir toutes les données pour réaliser des cartes d'isoconcentrations en PO₄.

Les représentations synthétiques à l'échelle de l'île n'ont donc été réalisées que pour les concentrations en nitrates mesurées dans les eaux de surface et souterraines.

IV.2 - Les caractères physico-chimiques et chimiques des eaux du réseau hydrographique de surface

Le réseau hydrographique de surface (figure 8) est inexistant au Nord sur des coulées volcaniques récentes (figures 9 a et b) dont la porosité élevée favorise la formation d'aquifères. Il est moyennement développé à l'Ouest, un peu plus à l'Est et important au Sud sur des coulées anciennes rendues imperméables par recristallisation secondaire (STARMÜHLNER, 1979).

Vue l'intense déforestation, il ne reste plus que 131 km² de forêt primaire, fourrés et savanes. La région de l'île la plus épargnée par le défrichement et les cultures se situe au Sud-Ouest de Maurice (dans le triangle : Grande Rivière Noire - Mare aux Vacoas - Rivière Patate), c'est-à-dire sur les coulées volcaniques anciennes qui donnent des sols inexploitable.

Les teneurs en nitrates sont étroitement liées à la couverture du sol comme le montre la comparaison de la carte d'utilisation des terres (figure 10) avec les cartes de répartition des nitrates dans les eaux insulaires (figures 11 et 12).

Les concentrations maximales en nitrates des eaux de surface (5 à 20 mg/l) ont été relevées dans trois secteurs (figure 11):

- . à l'Est, dans une région exclusivement couverte de cannes à sucre,
- . au Sud, entre Rivière Patates et Rivière du Poste dans une région très agricole,
- . à l'Ouest, dans le triangle Port-Louis, Curepipe et Flic en Flac qui est une région urbanisée, industrialisée et cultivée.

L'utilisation d'engrais azotés et phosphatés qui a quintuplé depuis quarante ans (figure 13) contribue largement à enrichir les eaux insulaires en éléments nutritifs.

Les rivières (figure 11) qui prennent leur source sur le Plateau Central, c'est-à-dire dans des zones boisées d'altitude où la végétation primaire est quasiment intacte, ont les concentrations en éléments nutritifs les plus faibles de l'île ($\text{NO}_3 < 1 \text{ mg/l}$, $\text{SiO}_2 < 6 \text{ mg/l}$, $\text{PO}_4 < 30 \text{ } \mu\text{g/l}$) et leur pH en amont est acide de l'ordre de 6.

Les cours supérieurs des rivières du Sud et Sud-Ouest, drainent les écoulements de sols (brun rouge) acides qui résultent de l'altération des basaltes anciens (WILLAIME, 1984). Ces sols sont bien adaptés à la culture de thé (Chamarel) et "amoindrissent" le contact des eaux avec les roches volcaniques basiques.

Dans les eaux en amont, les teneurs en sodium et chlorures sont plus élevées que dans des eaux au contact de roches volcaniques basiques et le calcium et le magnésium sont au contraire plus faibles (WENINGER, 1977). Durant leur parcours vers la mer, la conductivité, les teneurs en sodium, chlorures, calcium, magnésium et en silice augmentent en parallèle avec l'alcalinité (HCO_3) et la baisse d'altitude.

Nous avons bien constaté que ces grandes rivières qui s'écoulent vers les côtes Sud et Sud-Ouest, s'enrichissent en sels nutritifs et se tamponnent vers l'aval (pH = 7.5 à 8.5 près des estuaires).

Les teneurs en silice et phosphates n'étant pas cartographiées, les résultats obtenus par secteur sont présentés sur la figure 14.

Les teneurs en silice mesurées au Sud-Ouest sont 5 à 10 fois supérieures à celles mesurées sur le plateau central.

Mais les rivières du Sud-Ouest restent parmi celles les plus faiblement chargées en nitrates, ne dépassant qu'exceptionnellement 5 mg/l.

Les eaux de la Grande Rivière Noire conservent des caractéristiques naturelles (figure 15).

Le couvert végétal traversé par la Rivière Noire est principalement d'origine primaire. L'enrichissement de ses eaux en éléments nutritifs peut être considéré comme naturel.

Les concentrations de silice augmentent régulièrement (de 1 à 25 mg/l) au passage sur des laves imperméables et riches en silice.

Les concentrations en phosphates augmentent aussi (de 15 à 80 $\mu\text{g/l}$) mais de façon plus aléatoire liée au débit des cours d'eau et à la consommation des phosphates par les organismes aquatiques.

Les teneurs en nitrates varient légèrement et restent basses ($< 0.2 \text{ mg/l}$).

On peut considérer la croissance des concentrations en silice et phosphates sur le cours de la Rivière Noire comme représentative d'une évolution normale, non influencée par l'utilisation des terres puisque la rivière traverse principalement des forêts et des savanes.

Cette évolution des teneurs en éléments nutritifs représente l'état initial des rivières avant l'intensification des cultures et l'engraisement des sols par les fertilisants (avant 1945, figure 13).

Par opposition, la Rivière du Poste de Flacq (figure 15) et ses affluents s'enrichissent en nitrates (de 1 à 7 mg/l) durant la traversée des champs de cannes à sucre.

Les variations en silice (de 2 à 30 mg/l) sont comparables à celles observées dans la Rivière Noire et ne sont pas liées aux cultures.

Les concentrations en phosphates passent de 15 à 50 $\mu\text{g/l}$ d'amont vers l'aval sur la Rivière du Poste. Elles ne sont pas liées à la présence de champs de cannes à sucre car elles demeurent sensiblement égales à celles mesurées avant les cultures sur la Rivière Noire. De plus, les teneurs en phosphates dans les affluents (15 $\mu\text{g/l}$) sont les mêmes qu'à la source.

Dans le Sud et Sud-Ouest où les terres cultivées ne représentent qu'une mince bande côtière, les petits affluents de rivières qui traversent des terres cultivées ont toujours des concentrations en nitrates supérieures à celles du cours principal. En juin 90, il a été mesuré 1.6 mg/l dans la Rivière Jacotet (Sud) et 6.5 mg/l dans un de ses petits affluents.

A l'Est (figure 16), les teneurs en éléments nutritifs sont plus élevées dans les rivières qui coulent à travers les champs de cannes (R. Françoise, Poste de Flacq, Céré, Coignard et Sarcelles) que dans les rivières plus au Sud comme la Grande Rivière du Sud-Est qui est soumise à l'influence d'un bassin versant boisé.

De même à l'Ouest, dans la rivière du Rempart (figure 16) qui est soumise à une influence urbaine moyenne et traverse presque exclusivement des champs de cannes à sucre, les teneurs en nitrates augmentent de 5 à 14 mg/l.

Les teneurs en nitrates dépendent des terres cultivées et celles en silice semblent plutôt naturelles et liées à la nature des terrains traversés.

IV.3 - Les caractères physico-chimiques et chimiques des eaux du réseau hydrographique souterrain

Les teneurs en nitrates sont présentées sur la figure 12. Les teneurs moyennes mensuelles en nitrates, silice et phosphates sont présentées dans le tableau 5 pour les secteurs Ouest et Est.

Pour les secteurs Nord et Plateau Central, les teneurs moyennes annuelles sont mentionnées dans le texte.

Tableau 5 : teneurs en éléments nutritifs moyennes par mois dans les secteurs Ouest et Est (période mai 90-janvier 91; P.RUCH, 1990)

PO4 µg/l	MAI 90	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV 91
FORAGES OUEST	38	33	32	55	75	61	59	88	48
FORAGES EST	< 15		< 15	33				81	44

NO3 mg/l	MAI 90	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV 91
FORAGES OUEST	17.1	16.2	16.7	15	15.4	18.9	16.9	14.3	14.6
FORAGES EST	5.7			13.7				13.2	12.7

SiO2 mg/l	MAI 90	JUIN	JUIL	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC	JANV 91
FORAGES OUEST	63.4	48.1	43	42.6	42	36.2	34.2	14.1	37.7
FORAGES EST	57	16.1		32.8				20.7	28.5

Les eaux des forages et des sources du Plateau Central (figure 12) ont les teneurs en éléments nutritifs les plus faibles ($\text{NO}_3 < 5 \text{ mg/l}$, $\text{SiO}_2 < 20 \text{ mg/l}$, $\text{PO}_4 < 40 \mu\text{g/l}$). Contrairement au réseau hydrographique de surface, le réseau souterrain est bien développé au Nord (SENTENAC, 1962-63), il se caractérise par des concentrations en nitrates très élevées (figure 12).

Les eaux souterraines des régions Nord et Ouest se distinguent par les maxima des teneurs en nitrates et silice ($\text{NO}_3 > 30 \text{ mg/l}$, $\text{SiO}_2 > 40 \text{ mg/l}$).

L'influence de l'agriculture sur les teneurs en nitrates des eaux souterraines est particulièrement visible au Nord-Est de Maurice (figure 12) où les concentrations sont complètement différentes de part et d'autre de la rivière du Rempart du NE. La carte d'utilisation des terres (figure 10) indique que la rivière sépare une forêt au Sud et des champs cultivés au Nord.

Les teneurs en nitrates (5 à 10 mg/l) mesurées à l'Est (figure 12 et tableau 5) sur une zone très étendue, indiquent que les eaux souterraines vont contribuer plus encore que les rivières aux apports en éléments nutritifs dans les lagons.

A l'Ouest dans la nappe de Curepipe, les eaux souterraines sont plus riches en nitrates et silice que les eaux de surface, d'un facteur 2 à 5 pour les nitrates et d'un facteur < 2 pour la silice.

Dans ce secteur, des engrais sont périodiquement répandus sur les cultures maraîchères (figure 10). Comme cette zone est très largement soumise à l'irrigation, les éléments nutritifs percolent et se concentrent dans la nappe.

Les nitrates qui sont facilement consommés dans les rivières par la flore aquatique (hyacinthes d'eau, nénuphars...), persistent davantage dans la nappe où la sous-saturation en oxygène dissous ($< 50\%$) limite l'activité biologique. Ce qui explique que les eaux souterraines aient généralement des concentrations plus fortes que les eaux de surface.

Dans les eaux de la nappe de Curepipe recueillies d'avril 90 à mars 91, la figure 17 montre l'absence de corrélation entre les concentrations en éléments nutritifs. Deux axes apparaissent lors des corrélations NO_3/PO_4 et sont caractéristiques du lieu d'échantillonnage. L'un (A) dépend des cultures maraîchères enrichies en PO_4 et l'autre (B) des cultures de cannes à sucre.

Les concentrations en éléments nutritifs dans la nappe de Curepipe croissent avec la diminution d'altitude du prélèvement (figure 18). La variation des teneurs en éléments nutritifs enregistrée dans les eaux du forage à 500 m d'altitude (BH488) peut être considérée comme naturelle.

Pour les phosphates, la variation des teneurs enregistrée dans les autres forages met en évidence l'apport de PO_4 lié aux engrais répandus dans les cultures maraîchères et à l'élevage intensif.

La nappe s'enrichit en nitrates vers l'aval différemment selon deux axes.

Les plus fortes concentrations en nitrates se rencontrent sur l'axe (C) de Mare aux Vacoas à La Ferme qui traverse une zone de champs de cannes, de cultures maraîchères et d'élevage intensif de poulets (7 fermes). Des concentrations en nitrates plus faibles se rencontrent sur l'axe (D) de Mare aux Vacoas à Rose-Hill qui traverse une région urbaine et quelques zones cultivées (visualisation géographique sur les figures 10 et 12).

L'influence de la population (eaux usées, égouts) sur les concentrations en éléments nutritifs des eaux souterraines est donc plus faible que celle des cultures.

IV.4 - Les variations saisonnières dans les réseaux hydrographiques de surface et souterrain

Chaque région est soumise à un régime de pluie et d'insolation différent (figures 19 et 20). Le Plateau Central et la côte Est sont les plus humides.

L'année 1990 a été une année exceptionnellement sèche, la pluviométrie moyenne était de 30 à 50 % plus basse que la normale selon la région (figure 21). La période sèche s'est prolongée jusqu'à mi-mars 91 où les premières pluies importantes sont tombées. L'irrigation a été interdite ou limitée en janvier 91 en raison de la pénurie d'eau, ce qui a entraîné un lessivage des sols minime.

- Influence de la pluviosité sur le réseau de surface

Dans tous les secteurs où les concentrations en silice des eaux de surface sont supérieures à 5 mg/l (seule exception : Plateau Central), les concentrations décroissent d'avril 90 à février 91, pendant la longue période sèche (figure 14).

Le manque de pluie a fait décroître l'intensité du lessivage des sols et les teneurs en silice.

Par contre, les variations sont faibles sur le Plateau Central où les teneurs en silice sont ordinairement peu élevées.

Les nitrates des régions où les teneurs sont élevées (Est et surtout Ouest), diminuent de moitié pendant la période sèche (figure 14). Elles augmentent légèrement (de 1 mg/l) en mars 91 pendant les premières pluies. Les teneurs en nitrates sont donc aussi liées à la pluviosité qui régule le lessivage des sols.

Exemple du réservoir La Ferme (Ouest): (figure 22)

La capacité du réservoir La Ferme est de 11 780 000 m³ et son taux de remplissage au 01.01.91 n'est que de 210 000 m³ (communication de la "Central Water Authority").

Le réservoir est alimenté par les eaux de la nappe de Curepipe riches en nitrates (NO₃ > 30 mg/l) et par des rivières riches en phosphates (PO₄ > 250 µg/l).

De mai à octobre 90, les concentrations en nitrates chutent en raison d'un apport moins important (sécheresse) et du développement phytoplanctonique qui consomme les nitrates. Pendant la saison chaude, les eaux stagnantes sont très turbides et sursaturées en oxygène dissous (O₂ > 100%), leur pH est basique et la consommation des nitrates par le phytoplancton est très rapide.

D'avril à novembre, les teneurs en silice diminuent aussi, en raison de la sécheresse et du faible lessivage.

Jusqu'à septembre, les teneurs en phosphates sont basses (PO₄ < 20 µg/l) malgré les apports. De septembre à décembre, elles augmentent parallèlement à la chute des teneurs en nitrates, ce qui reflète alors l'activité zooplanctonique qui digère le phytoplancton et libère des phosphates.

Les faibles teneurs en nitrates et silice de fin 90 à début 91, sont à mettre en relation avec le maximum de la saison sèche. Les petites augmentations en nitrates (environ 2 mg/l) sont dues à l'épandage annuel d'engrais après la coupe des cannes à sucre (entre mi-octobre et décembre).

- Influence de la pluviosité sur la nappe de Curepipe

Les teneurs en nitrates (figure 23) restent relativement constantes sur l'année. Une augmentation en octobre correspond à l'épandage annuel d'engrais.

Les concentrations se maintiennent tout au long de la période sèche. Par contre, celles en silice suivent les variations des précipitations.

Les teneurs en silice diminuent à partir de mai, les minima sont atteints de novembre à décembre, période excessivement sèche. Quelques pluies sont tombées en décembre 90 sur la région Ouest, elles suffisent à faire augmenter les concentrations.

Les teneurs en phosphates sont très variables suivant l'endroit d'échantillonnage dans la nappe, il est difficile de mettre en évidence une quelconque évolution saisonnière.

IV.5 - Les pollutions d'origine insulaire

Vingt-et-une usines sucrières sont fonctionnelles de juin à septembre et 300 usines (en majorité textile) fonctionnent en continu jour et nuit.

Le débit des effluents industriels (pour ceux qui sont mesurés) est de 1 à 30 tonnes/heure, ils sont directement rejetés dans les lagons ou dans les rivières (MULLER, 1989).

De juillet à octobre 1990, des contrôles des concentrations en éléments nutritifs et des paramètres physico-chimiques des eaux ont été effectués en amont de quelques industries et élevages et à leurs émissaires.

- Impact des usines sucrières implantées près des lagons

Deux usines ont particulièrement été étudiées, l'une à l'Est à Beau Champ et l'autre au Sud à Bel Ombre.

Pour son alimentation en eau, l'usine sucrière de Beau Champ (côte Est) détourne les eaux de la Grande Rivière du Sud-Est.

Jusqu'en juillet 1990, cette usine a rejeté l'intégralité de ses eaux usées, sans traitement préalable, dans une petite rivière qui se jette dans le lagon des Cerfs; un cône de matière organique et de vase noire s'est accumulé à l'embouchure au Sud de l'île aux Cerfs.

Atin de diminuer la pollution des lagons, l'usine utilise actuellement un système de filtration, constitué de bassins de décantation et d'un mur filtrant de 1 m d'épaisseur, destiné à éliminer les fibres de bagasse (partie ligneuse issue du broyage des tiges de canne à sucre).

Des mesures ont été réalisées le 20 juillet 90 alors qu'il y avait une panne du fonctionnement du système de filtration.

L'usine de Bel Ombre utilise pour son alimentation, l'eau de la rivière des Citronniers et rejette ses eaux usées dans un chenal d'évacuation qui se jette dans les lagons du Sud. Les résultats du 26 juillet 90 sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6 : IMPACT DE QUELQUES USINES SUCRIERES, TENEURS EN ELEMENTS NUTRITIFS ET PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES (juillet 90)

EN AMONT	TEMP °C	pH	O2 mg/l	PO4 µg/l	NO3 mg/l	SiO2 mg/l
EN AMONT DE LA SUCRIERIE BEAU CHAMP	21-24	7.9-8	8.5-9	<30	3.6	18-21.4
EN AMONT DE LA SUCRIERIE BELOMBRE	20.6	8.9	9.4	<30	0.9	28

DANS LES USINES ET AUX EMISSAIRES	TEMP °C	pH	O2 mg/l	PO4 µg/l	NO3 mg/l	SiO2 mg/l
BASSINS DE DECANTATION USINE SUCRIERE BEAU CHAMP	34.5 moy	7 moy	4 moy	32-933	0-2.4	9-35

EAU INTERSTITIELLE BEAU CHAMP PORT				12760	0.3	55
1 ^{er} JUS DE CANNE à SUCRE (BEAU CHAMP)				51408	0	342
JUS DE CRISTALLISATION				41004	0	284
JUS DE SUCRE BLANC				34272	0	33.4
JUS DE FEUILLES DE CANNE à SUCRE				27346 moy	<0.03 moy	17.1 moy

EMISSAIRE USINE SUCRIERE BELOMBRE	20-33	7.2-8	5-8	35 max	0-0.09	29-34
-----------------------------------	-------	-------	-----	--------	--------	-------

Les teneurs en nitrates des eaux sortant des deux sucreries citées sont négligeables par rapport aux concentrations mesurées à l'entrée. Les usines sucrières ne contribuent donc pas à enrichir les eaux en nitrates. Par contre, les teneurs en silice (tableau 6) augmentent légèrement.

Des extraits à trois stades de la fabrication du sucre ont été analysés ainsi qu'un jus de décantation de feuilles de canne dans de l'eau désionisée. La moyenne des teneurs après 3 heures et après 3 jours est indiquée dans le tableau 6.

Aucun nitrate n'est restitué par la canne. Par contre, de la silice est relâchée en quantité importante lors du broyage, ce qui explique bien l'enrichissement des eaux en silice aux émissaires des usines sucrières.

L'impact le plus important concerne les teneurs en phosphates. Les teneurs dans les bassins de décantation sont de 2 à 58 fois supérieures à celles mesurées en amont et bien qu'elles diminuent de bassin en bassin, on retrouve des teneurs très élevées dans les eaux interstitielles (bagasse) près du petit port de Beau Champ (PO4 = 13 mg/l).

Les analyses des extraits de canne (tableau 6) montrent que pendant les différentes étapes de la fabrication du sucre, des phosphates en quantité impressionnante sont restituées par la canne (PO4 = 30 à 50 mg/l).

Les paramètres physico-chimiques (tableau 6) sont aussi modifiés, la température augmente (de 10 °C), le pH est abaissé et le taux d'oxygène dissous dans l'eau des bassins est deux fois inférieur à celui mesuré en amont.

- Impact des bassins aquacoles

Les teneurs en éléments nutritifs et les paramètres physico-chimiques ont été contrôlés sur deux sites à la suite de la découverte de poissons morts dans le réservoir "La Ferme" :

- un élevage de camarons (grandes crevettes d'eau douce) à l'Est (Rivière Profonde-Beau Champ),
- un élevage de poissons et camarons à l'Ouest (Fisheries près du réservoir La Ferme)

A Rivière Profonde-Beau Champ, des phosphates sont rajoutés dans les bassins d'élevage pour maintenir le développement phytoplanctonique, l'eau d'alimentation des bassins est captée dans la Rivière Profonde.

Dans le bassin des Fisheries, des phosphates et de l'humus (phosphates + nitrates) sont rajoutés, soit environ 1 mg/l de phosphates. L'eau d'alimentation des bassins provient de la nappe de Curepipe (Pierrefonds).

Tableau 7 : IMPACT DE DEUX BASSINS AQUACOLES, TENEURS EN ELEMENTS NUTRITIFS ET PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

EN AMONT	TEMP °C	pH	PO4 µg/l	NO3 mg/l	SiO2 mg/l
EN AMONT DE AQUACULTURE DE L'EST	24 moy	8.1 moy	36 moy	4.7 moy	22.5 moy
EN AMONT DE AQUACULTURE DE L'OUEST			79	30	50.2

AUX EMISSAIRES DES AQUACULTURES	TEMP °C	pH	O2 mg/l	PO4 µg/l	NO3 mg/l	SiO2 mg/l
AQUACULTURE à L'EST (DEEP RIVER)	24.6	9.7-10.4	8.5-9	75-239	0-2.4	8-22
AQUACULTURE à L'OUEST (FISHERIES)				56-410	8-28	34-50

Dans les deux cas, les teneurs en silice restent constantes (tableau 7). Les nitrates sont consommés dans les bassins, il en rentre en moyenne plus qu'il n'en ressort. Par contre, les bassins aquacoles sont la cause d'un enrichissement des eaux en phosphates (tableau 7).

La température et le taux d'oxygène dissous dans l'eau restent inchangés, par contre le pH augmente en raison du développement phytoplanctonique (photosynthèse, consommation de CO2 dissous) et la turbidité s'intensifie.

- Impact des industries textiles et élevages de la région de Terre Rouge

Le ruisseau Terre Rouge traverse la banlieue Nord de Port-Louis, une des régions les plus industrialisées de l'île. Avant l'estuaire trois usines textiles et un élevage de porcs situé en aval de celles-ci, déversent leurs eaux usées dans le ruisseau.

Des mesures ont été réalisées en juillet et octobre 1990 aux émissaires des 3 usines et de l'élevage et au niveau de l'estuaire.

En amont des usines, le ruisseau de Terre Rouge contient déjà beaucoup d'éléments nutritifs (tableau 8) en raison d'un autre élevage et du drainage des eaux domestiques de la banlieue Nord de Port-Louis.

Tableau 8 : IMPACT D'INDUSTRIES TEXTILES ET D'ELEVAGES, TENEURS EN ELEMENTS NUTRITIFS ET PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

EN AMONT	PO4 µg/l	NO3 mg/l	SiO2 mg/l
EN AMONT DES INDUSTRIES TEXTILES	924	22	65.3

AUX EMISSAIRES DES INDUSTRIES ET ELEVAGES	PO4 µg/l	NO3 mg/l	SiO2 mg/l
EMISSAIRES DES INDUSTRIES TEXTILES DE TERRE ROUGE	1285-42534	0.03-27.5	46-73
PORCHERIE SUR LE RUISSEAU TERRE ROUGE	3519	2.7	15

Les teneurs en silice et nitrates sont du même ordre avant les usines et à leurs émissaires.

Par contre, les teneurs en phosphates augmentent de 924 à 42534 µg/l.

Les teneurs en phosphates (3519 µg/l) mesurées devant l'élevage de porcs avant l'estuaire du ruisseau Terre Rouge montrent la contamination des eaux par les lisiers.

La concentration maximale en phosphates représente 1400 fois la teneur moyenne mesurée sur le Plateau Central (considéré comme référence de non pollution).

En dépit de la dilution par l'eau de mer, des concentrations en phosphates de 500 µg/l ont été mesurées à l'estuaire du ruisseau de Terre Rouge.

Alors que l'agriculture avec l'épandage d'engrais enrichit les eaux en nitrates, les industries et élevages enrichissent les eaux en phosphates.

De plus, les émissaires industriels et les collecteurs d'eau usées contribuent non seulement à augmenter les concentrations en éléments nutritifs mais aussi à modifier les équilibres biologiques des écosystèmes par des apports d'eaux chaudes pauvres en oxygène.

IV.6 - Conclusion : Impact plus important des eaux souterraines que des eaux de surface.

Les caractéristiques des eaux douces sont étroitement déterminées par la pluviométrie (lessivage des sols), la couverture végétale du sol (agriculture, forêt),

l'urbanisation et l'industrialisation et la capacité des écosystèmes à consommer les éléments nutritifs.

Ainsi, les concentrations en éléments nutritifs les plus faibles ont été mesurées sur le Plateau Central et dans le Sud-Ouest de Maurice, dans des régions qui ont conservé leur couvert végétal de forêts et savanes.

Les concentrations en silice augmentent d'amont en aval sur le cours des rivières et sont influencées par la nature des sols traversés, les teneurs maximales sont notées au Sud sur des laves imperméables riches en silice.

Des concentrations en nitrates élevées sont mesurées dans toutes les zones agricoles de l'île.

Les concentrations en nitrates augmentent fortement au cours de la traversée des champs de cannes à sucre.

Les concentrations en phosphates augmentent au cours de la traversée des cultures maraîchères et fortement aux abords des industries (sucrières, textiles) et élevages (porcs, aquaculture).

Les cannes à sucre restituent une quantité élevée de phosphates pendant leur traitement et contribuent aussi à l'enrichissement des eaux en silice aux émissaires des industries sucrières.

La pluviosité augmente le lessivage des sols et les teneurs en éléments nutritifs, ceci dans toutes les régions sauf dans celles où les teneurs sont ordinairement peu élevées (sur le Plateau Central soumis à l'influence de bassins versants boisés).

Pendant la période sèche, les rivières ont un débit peu important et sont parfois asséchées. La pluviosité réduite ne permet plus le lessivage des sols et les teneurs en éléments nutritifs diminuent dans le réseau hydrographique de surface. De plus, les plantes aquatiques prolifèrent dans les eaux stagnantes et consomment les nitrates, ce qui renforce la baisse générale des teneurs de cet élément.

Par contre, dans les eaux souterraines l'activité biologique est très limitée et les éléments nutritifs sont peu ou pas consommés. Les teneurs en nitrates se maintiennent donc constantes même en période sèche.

Les caractéristiques des sols (perméabilité, Imperméabilité) définissent des écoulements des eaux différents (superficiel au Sud, souterrain au Nord et mixte à l'Est et à l'Ouest) qui déterminent les apports en éléments nutritifs vers les lagons.

Les lagons qui reçoivent des eaux souterraines par des résurgences auront des teneurs en éléments nutritifs élevées sur toute l'année même en période très sèche (ex: Trou d'eau Douce).

Par opposition, les lagons soumis à un apport dominant du réseau de surface, auront des concentrations en éléments nutritifs plus variables en fonction de la saison (ex: Rivière Noire).

CHAPITRE V

LES COTES ET LES LAGONS MAURICIENS

Des analyses des eaux de tous les lagons ont été effectuées afin de déterminer l'influence de chaque secteur insulaire sur le littoral. Avant la présentation des résultats, il est donné quelques informations qui concernent le littoral, la courantologie générale et la courantologie des lagons.

V.1 - Présentation du littoral Mauricien

Les récifs coralliens Mauriciens sont constitués principalement par des coraux Madréporaires (ou Scléactiniaires) et par des algues à squelette calcaire. Quarante et un genres coralliens sont répertoriés à Maurice (FAURE et MONTAGGIONI, 1971-1976; FAURE, 1975).

Ils se développent sur un substratum volcanique ou calcaire pléistocène soit loin de la plage et le lagon peut alors s'étendre sur quelques kilomètres de large, soit tout près de la plage et le lagon est alors inexistant (MULLER et al., 1991, PICHON, 1967, BATTISTINI, 1970).

Les lagons (figure 24) sont généralement peu profonds (1 à 2 m), mais dans les passes et chenaux la profondeur peut atteindre 10 à 20 m.

Des biocénoses diversifiées s'y développent. Des herbiers à Phanérogames marines abritent des échinodermes, des mollusques, des holothuries et des petites colonies éparses de Madréporaires abritent quelques crustacés et poissons (FAURE, 1975; HARMELIN-VIVIEN, 1976-1981).

La partie la plus externe des lagons (avant la barrière) est souvent occupée par un peuplement de Madréporaires branchus (Acropores).

Le fond du lagon qui remonte vers la barrière est couvert de blocs arrachés au récif par les vagues (levée détritique), cette zone est colonisée par des algues brunes et envahie par des oursins.

Le platier (partie supérieure du récif) est constitué de coraux et d'algues calcaires, il n'est recouvert que par quelques centimètres d'eau et est lessivé par les vagues.

La pente externe qui est située face au large est la zone de croissance du récif, elle se divise en trois étages :

- Jusqu'à 25 m de profondeur, une zone d'éperons riches en coraux qui alternent avec des sillons de sable corallien.
- De 25 à 35 m, la dalle volcanique est soit colonisée par des grands coraux comme à l'Ouest, soit par des éponges et des gorgones comme à l'Est.
- Au delà de 35 m, une plaine de sable plonge vers les grands fonds.

Les passes interrompent la continuité de la barrière corallienne, elles sont la plupart du temps localisées en face des embouchures des rivières.

V.2 - La courantologie générale et les vents dominants

L'île Maurice est soumise à des vents dominants de secteur E ou SE (alizés) variables en force mais peu en direction. L'île est balayée par le Courant Equatorial Sud (CES) entraîné par les alizés (figure 25).

La côte Est est exposée au vent, la côte Ouest protégée est dite sous le vent.

Les courants côtiers du Nord et du Sud de Maurice, sont contrôlés par le grand courant permanent de direction E-O.

Sur la côte Est de l'île, le Courant Equatorial Sud se divise en deux branches, l'une ayant une polarité vers le Sud-Ouest (branche Sud Maurice) et l'autre vers l'Ouest (branche Nord Maurice).

En fonction de l'inflexion des panaches turbides issus des estuaires, il est supposé que les courants sur la côte Ouest, ont une direction N-S pendant la saison humide de décembre à avril quand les alizés soufflent de l'E-NE et une direction S-N pendant la saison sèche de juin à octobre quand les alizés soufflent du SE (MULLER et al., 1990).

La barrière de récifs est sans cesse soumise à l'action dynamique de l'océan, elle constitue une protection du rivage contre l'érosion. L'énergie de la houle diminue fortement après avoir passé les brisants devenant pratiquement nulle dans les lagons. Les lagons sont donc des milieux relativement calmes. Cependant ils sont parcourus par des courants dont la force et la direction varient suivant l'heure de la marée et les vents.

Les marées sont de faible amplitude, de 10 cm pendant les eaux mortes à 90 cm pendant les vives eaux. Dans ce dernier cas certains lagons se vident considérablement (lagon de La Preneuse) mettant hors d'eau une grande partie des colonies coralliennes de platier et du lagon.

De façon générale, à marée montante, les eaux océaniques pénètrent dans les lagons par la barrière (le courant est de 0.5 à 2 nœuds) et par les passes. A marée descendante, la vidange se fait au niveau des passes où les courants peuvent être forts (de 2 à 3 nœuds). Les vents forts peuvent modifier ce schéma.

V.3 - La courantologie dans les lagons de la côte Sud-Ouest

Par vent faible, les courants dans les lagons de La Preneuse et des Bénitiers suivent le modèle indiqué plus haut.

Deux situations typiques déterminées en fonction de la force et de la direction des vents, sont représentées (figure 26) à marée montante et à marée descendante.

Par vent alizés du SE :

A marée montante, les eaux de la baie de Grande Rivière Noire pénètrent dans le lagon des Bénitiers par le chenal de Case Noyale et les eaux océaniques par la passe de l'Ambulante et par la barrière. A marée descendante, les eaux sont évacuées par les mêmes passes.

Par vent du SE, à marée montante comme à marée descendante, les courants dans le lagon de La Preneuse ont une direction Nord-Ouest, les eaux de la baie s'y engagent et par très fort vent la vidange peut se faire par dessus la barrière (communication P.Ruch, août 90). Les courants sont dans ce cas très largement influencés par les vents dominants.

Par vent de secteur NE :

Dans le lagon des Bénitiers, les courants sont toujours identiques. Les eaux du lagon de La Preneuse sont canalisées vers la passe à marée montante et descendante.

V.4 - La courantologie dans les lagons de la côte Est

Quelle que soit la marée, les courants sont identiques dans le lagon au Nord de la baie de Trou d'eau Douce (figure 27). Les eaux océaniques passent par dessus la barrière et sont canalisées par le petit chenal qui longe la plage, elles ressortent du lagon dans un mouvement circulaire vers la passe de Trou d'eau Douce.

La plage est fortement érodée au Nord de la pointe des quatre Cocos, précisément là où le courant est le plus fort.

A marée montante, les courants de surface dans la baie de Trou d'eau Douce sont dirigés vers l'Ouest. Ils ont une direction inverse en profondeur dans l'axe du canyon. L'eau est donc évacuée par le courant de fond.

Dans la partie Nord du lagon des Cerfs, les courants sont forts (0.5 m/sec) vue l'absence de colonies coralliennes. Les eaux océaniques passent par dessus le platier puis elles sont soit dirigées vers le Nord pour entrer dans le chenal de Trou d'eau Douce, soit dirigées vers l'Ouest pour entrer dans la cuvette de la Batterie.

A marée descendante, les eaux du lagon des Cerfs continuent à alimenter la baie de Trou d'eau Douce par le Sud. Dans la baie, les courants de surface et de fond ont la même direction vers l'Est et la vidange des eaux se fait par la surface et le fond.

Le front de contact entre ces deux courants perpendiculaires se situe au niveau du bord Sud du chenal, les eaux salées venant du Sud heurtent les eaux plus douces venant de l'Ouest et ne se mélangent pas, un clapotement est bien visible en surface et la turbidité diffère entre les deux masses d'eau.

V.5 - La pollution dans les lagons Mauriciens

V.5.1 - Variabilité naturelle des concentrations en éléments nutritifs dans l'eau salée

Afin de cartographier les teneurs en éléments nutritifs mesurées dans tous les lagons, la variabilité des concentrations due à la marée a été prise en considération (tableaux 9 et 10).

Tableau 9 : Ecart ponctuels sur 10 échantillons prélevés en 1 heure sur le bord de la plage à Rivière Noire le 30.01.91, à marée montante

Paramètre	Teneur minimale	Teneur maximale	Teneur moyenne	Ecart type	Ecart type (%)
PO4 (µg/l)	12	77	45	22.7	51
NO3 (µg/l)	7	26	15	5.4	35.5
SiO2 (µg/l)	99	232	196	72	36.8

Tableau 10 : Ecart dues à la marée, sur 11 échantillons prélevés en 10 heures sur le bord de plage à Trou d'eau Douce le 29.03.90, à marée montante et descendante

Paramètre	Teneur minimale	Teneur maximale	Teneur moyenne	Ecart type	Ecart type (%)
NO3 (µg/l)	1900	12800	7800	3700	47.4
SiO2 (µg/l)	7000	29700	18400	7100	38.6

Les variations des teneurs en éléments nutritifs dues à la marée sont toutes supérieures à 35 %. Pour cartographier les concentrations, toutes les mesures ont donc été réalisées autour de la marée basse.

V.5.2 - Les concentrations en éléments nutritifs dans les lagons

Afin de localiser les lagons les plus pollués, des mesures dans les lagons tout autour de l'île ont été effectuées deux fois entre décembre 90 et février 91 (P.RUCH, 1990; MULLER et al., 1991).

Les résultats moyens sont présentés sur trois cartes (figures 28, 29, 30).

Le lagon des Bénitiers (Sud-Ouest) est le seul où les teneurs en éléments nutritifs sont minimales, elles ne dépassent jamais 20 µg/l pour les nitrates et pour les phosphates et 200 µg/l pour la silice. Les faibles apports insulaires en éléments nutritifs dans la région Sud-Ouest font du lagon des Bénitiers l'un des moins pollué de l'île.

Les concentrations en nitrates (figure 28) les plus élevées ont été déterminées au Sud entre Bel Ombre et Souillac, à l'Est dans la baie de Trou d'eau Douce et à la pointe Desny et au N-O à Trou aux Biches.

Toutes les teneurs en nitrates supérieures à 1000 µg/l et pouvant atteindre ponctuellement 23000 µg/l dans les lagons n'ont jamais été observées dans les estuaires mais ont toujours été mesurées près de résurgences d'eau souterraine douce connues ou visibles à l'œil nu. L'impact des eaux des nappes phréatiques dans les lagons est supérieur à celui des eaux du réseau de surface, nous avons vu précédemment que les eaux souterraines étaient généralement plus chargées que les eaux de surface.

Les teneurs comprises entre 300 et 600 µg/l sont à la fois observées près de résurgences (cas à Flic en Flac) et aussi dans l'estuaire de la Grande Rivière du Nord-Ouest (Port-Louis) qui traverse la région la plus urbanisée et industrialisée de l'île.

Les maxima de concentrations en silice (de 3000 à 18600 µg/l, figure 29) coïncident avec les concentrations en nitrates les plus élevées. La silice reflète la présence d'eau douce. Les teneurs en silice sont aussi élevées dans les estuaires des grandes rivières à l'Est et au Nord-Ouest ainsi qu'aux abords des usines sucrières de Bel Ombre et Beau Champ qui contribuent à enrichir les eaux en silice pendant le broyage de la canne à sucre.

Les concentrations en phosphates (figure 30) sont généralement faibles dans les eaux des lagons ($PO_4 < 20 \mu\text{g/l}$). Les quelques teneurs plus élevées (max: 535 µg/l) sont liées à la proximité d'agglomérations et d'industries (région de Port-Louis) et d'usines sucrières : Bel Ombre et Beau Champ (paragraphe IV.5).

V.6 - Les caractères physico-chimiques et chimiques des eaux océaniques autour de l'île Maurice

Un milieu oligotrophe conditionne la présence du corail et son développement (REISS et HOTTINGER, 1984).

A Maurice, les profils des paramètres hydrologiques (figure 31) mesurés au large de la côte Sud-Ouest montrent que la colonne d'eau se divise en deux couches caractéristiques d'un océan oligotrophe.

La couche de surface de 0 à -150 m est pauvre en éléments nutritifs, les concentrations sont basses (150 µg/l de silice et de 30 à 80 µg/l de nitrates).

Cette couche est une zone de mélange et la lumière y pénètre (zone euphotique), c'est là que se font les échanges (O_2 , CO_2) avec l'atmosphère. Le pH et la teneur en oxygène dissous (élévation de 5 mg/l) sont régulés par ces échanges.

Les teneurs en éléments nutritifs augmentent à partir de -150 m ($\text{SiO}_2 = 225 \mu\text{g/l}$, $\text{NO}_3 = 140 \mu\text{g/l}$). Mais la remontée de ces éléments en surface est empêchée en raison de la différence de densité (salinité et température) des deux couches d'eau. Les échanges entre la couche de surface et le système profond sont réduits. Le milieu est donc oligotrophe, il produit peu de plancton et a peu de matière organique à reminéraliser.

Les eaux riches en éléments nutritifs pourraient cependant monter en surface par le phénomène bien connu d'upwelling côtier. En surface la remontée d'eau profonde se détecte facilement par le développement planctonique et l'abondance de poissons. A Maurice, un tel phénomène n'a jamais été observé et les profils hydrologiques n'indiquent pas sa présence.

Le phénomène d'endo-upwelling décrit par l'équipe de l'ORSTOM à Papeete (ROUGERIE et WAUTHY, 1989-90-91) est une hypothèse intéressante car les éléments nutritifs piégés sous la pycnocline des océans oligotrophes transitent dans le système récifal carbonaté poreux (et même dans les basaltes) par thermo convection (grâce au flux géothermique). Ils ressortent au niveau du platier et sont balayés par la houle, ils viennent ainsi alimenter l'écosystème récifal. Cette hypothèse reste à vérifier à Maurice.

V.7 - Conclusion

Les teneurs en éléments nutritifs sont élevées dans tous les lagons soumis à l'influence d'un secteur insulaire où les teneurs sont élevées (régions agricoles, urbaines et industrielles).

L'impact des eaux insulaires est plus fort dans les lagons s'ils reçoivent des eaux de nappe plus riches en nitrates que les eaux douces de surface.

Vues les teneurs basses en phosphates et leur impact très localisé dans les lagons, les phosphates comparativement aux nitrates ont une influence moins importante sur les biocénoses littorales.

Les profils hydrologiques réalisés dans les eaux océaniques sont caractéristiques d'un océan oligotrophe où les éléments nutritifs ne se concentrent qu'à partir de -150 m. L'arrivée dans les lagons de ces eaux riches en éléments nutritifs est improbable et n'a pas été démontrée ici.

Il est donc clair que les origines de pollution sont insulaires.

Vue la courantologie autour de l'île, les panaches issus des estuaires longeront les barrières de récifs et pénétreront dans les lagons par dessus les platiers ou par les passes.

Nous verrons dans les chapitres suivants l'impact de ces pollutions d'origine insulaire sur les écosystèmes récifaux, ceci plus précisément dans deux régions choisies pour leurs caractéristiques insulaires très distinctes : le Sud-Ouest et l'Est.

CHAPITRE VI

INTERETS DES REGIONS SUD-OUEST ET EST DE L'ILE

VI.1 - CARACTERISTIQUES DES DEUX REGIONS

Les régions Sud-Ouest et Est de Maurice ont été choisies par l'équipe du projet, pour une étude de détails de la qualité des eaux réalisée en parallèle à l'étude des biocénoses littorales (MULLER et al., 1990).

Les caractéristiques géologiques, hydrologiques, climatiques et socio-économiques de ces deux régions en font des zones représentatives de la situation générale de l'île Maurice.

VI.1.1 - Région de Rivière Noire

Les côtes Sud-Ouest et Sud entre Flic en Flac et Souillac rassemblent des bassins versants dont la diversité est intéressante (figure 8).

- A l'Ouest, le bassin versant de la rivière du Rempart et le plateau de Médine sont caractéristiques d'une zone agricole et urbaine.

Le bassin draine une région à relief peu accentué, constituée de coulées récentes très perméables qui définissent un modèle d'écoulement des eaux plutôt souterrain avec des résurgences de nappe dans le lagon de Flic en Flac (nappe de Curepipe). La couverture végétale est surtout agricole avec 60% de cultures (cannes à sucre et maraîchères) et 30% de forêts et savanes.

En amont se trouve la zone urbanisée de Curepipe à Beau Bassin et le plateau de Médine couvert de champs de cannes avec une usine sucrière et une décharge d'ordures.

La côte est soumise à l'impact des effluents domestiques et industriels rejetés en mer par l'émissaire de Pointe Moyenne, qui collecte les eaux usées des plaines Wilhems, zone la plus peuplée de Maurice.

- Au Sud-Ouest, le bassin versant de Grande Rivière Noire est caractéristique d'une zone de forêt.

Il draine une région montagneuse formée de roches volcaniques anciennes imperméables. La couverture est constituée de 90 % de savanes et forêts (reliquats de forêts primaires) et de 10 % de terres cultivées localisées dans la partie aval.

L'urbanisation est concentrée sur 5 km de côte, entre Tamarin et Rivière Noire. On compte aussi, deux grands hôtels le Méridien au Morne Brabant, l'Hôtel Club de pêche à l'embouchure de la Grande Rivière Noire, et une usine de traitement de poissons sur la Grande Rivière Noire.

- Au Sud, les bassins versants de rivière du Cap à rivière des Anguilles drainent une région accidentée couverte de forêts et savanes (50 %) et de terres agricoles (50 %). Les pentes de la région la plus à l'Ouest sont fortes et soumises à une érosion active en saison cyclonique. Les terrains sont imperméables et déterminent un écoulement des eaux plutôt superficiel. En bordure du lagon, se sont implantées les usines sucrières de Bel Ombre et de St Félix et l'usine textile Corotex.

Seule la partie Sud est bien arrosée, la pluviométrie est de 400 à 500 mm/an plus élevée que celle des deux autres régions. Plus au Nord, le déficit de pluie a été compensé par l'irrigation des cultures.

VI.1.2 - Région de Trou d'eau Douce

De part et d'autre de Grande rivière du Sud-Est, se différencient deux ensembles aux caractéristiques différentes :

- Au Nord s'étend, de Trou d'eau Douce à Poste de Flacq, une plaine constituée de coulées volcaniques récentes: hawaiiites. La grande perméabilité de ces coulées définit un schéma d'écoulement des eaux souterrain : aucune rivière ne débouche dans la baie de Trou d'eau Douce. Cette région est cultivée à 95 %, d'immenses champs de cannes à sucre s'étendent dans la plaine.

Un hôtel de grand standing, le Touessrok, s'est installé sur le littoral au Sud de Trou d'eau Douce et sur l'île aux Cerfs. L'usine sucrière, Beau Champ, est aussi implantée au Sud de Trou d'eau Douce. De plus, le sable lagonaire est exploité dans la partie Sud du lagon de l'île aux Cerfs. L'urbanisation et l'industrialisation se sont rapidement développées durant ces dernières années dans le Nord de Trou d'eau Douce.

- Au Sud se trouve la région montagneuse de Bambous, formée de roches volcaniques anciennes érodées et relativement Imperméables qui définissent un schéma d'écoulement des eaux superficiel, comparable à celui de la zone de Rivière Noire. Les montagnes de la région de Bambous sont couvertes de forêts.

La côte orientale de Maurice est la plus humide, elle reçoit en moyenne de 100 à 400 mm d'eau de plus par an que la zone de Rivière Noire. Les bassins versants des rivières de l'Est de Maurice sont plus vastes que ceux de l'Ouest et couvrent des zones de plus forte altitude et plus arrosées. La Grande rivière du Sud-Est est deux fois plus longue que la Rivière Noire ou la rivière de Tamarin. Les apports terrigènes liés au réseau hydrographique de surface seront donc quantitativement plus importants dans la région Est que dans la région Sud-Ouest.

Les lagons de la région Est sont soumis à l'influence de résurgences d'eau douce souterraine. Toutes les rives de la zone considérée sont couvertes de mangroves à mangliers (ou palétuviers), ce qui signe l'apport régulier d'eau douce dans ces lagons.

VI.2 - DEGRADATION DES RECIFS DES REGIONS SUD-OUEST ET EST

A Maurice, l'état des écosystèmes littoraux est préoccupant. A cause du développement des maladies coralliennes, de la mortalité excessive des colonies et de la prolifération algale, les coraux survivent.

Les bilans de santé des complexes récifaux du Sud-Ouest et de l'Est de l'île, ont pu être dressés de 1989 à 1990, grâce aux travaux de l'équipe pluridisciplinaire du projet "Ecosystème Littoraux de Maurice".

Nous résumerons les principales observations effectuées.

VI.2.1 - Description des maladies coralliennes

Les maladies des coraux sont connues depuis environ 15 ans. Certaines causes de mortalité ont une origine pathologique. Les coraux fragilisés par le déséquilibre du milieu sont plus sensibles aux attaques bactériennes (MITCHELL, 1975) et autres phénomènes agressifs. Quelques maladies sont répertoriées par (ANTONIUS, 1981-1988) :

- BBD "Black Band Disease" :

Une algue bleue (cyanophycée ou cyanobactérie : *Phormidium Corallyticum*) se développe en formant des "bandes noires" sur les coraux. Cette maladie a été observée de 1973 à 1977 par ANTONIUS en Mer des Caraïbes. Elle attaque le corail au niveau de blessures fraîchement causées et dissout progressivement les tissus vivants en utilisant les produits de décomposition comme nutriments. Les petits coraux sont tués en quelques semaines. Cette maladie est extrêmement dépendante de la température et de la lumière, elle est très infectieuse et contagieuse et peut être traitée par antibiotiques. C'est un excellent indicateur de pollution de l'environnement.

- WBD "White Band Disease" :

Cette maladie se reconnaît par la formation de "bandes blanches". Elle a aussi été observée en Mer des Caraïbes (ANTONIUS, 1981). Elle détruit les tissus suivant un front en dénudant le corail, le squelette calcaire est découvert et une bande d'un blanc brillant progresse de quelques mm par 24 h, indépendamment de la lumière. Cette maladie n'est pas contagieuse et n'est sûrement pas causée par un pathogène. C'est une réaction biochimique du corail à une agression toxique causée par des cyanophycées épibenthiques. Ce phénomène ne se passe que lorsque l'eau est contaminée, les cyanophycées produisent alors des toxines. C'est aussi un bon indicateur de pollution de l'environnement.

- SDR "Shut-Down-Reaction" :

Ce phénomène a une action beaucoup plus rapide. ANTONIUS l'a décrit en 1977. C'est un syndrome qui tue les coraux quand ils sont déjà sous stress dans un milieu déséquilibré. Il suffit alors d'un simple choc à la surface du corail pour qu'il réagisse et meure. C'est une désintégration des tissus du corail qui commence à l'endroit de l'impact et progresse rapidement (10 cm/h) en ne laissant aucun tissu vivant. Ce phénomène ne s'arrête jamais avant que tout le corail soit mort. Cette maladie est très contagieuse et se transmet par contact, elle se rencontre quand les apports d'eau douce et la pollution sont importants ou dans le cas d'élévation de température de l'eau.

- Le phénomène de blanchissement :

Ce phénomène est connu depuis 1931 mais n'a sérieusement été étudié que depuis le blanchissement intensif observé dans l'Indo-Pacifique en 1983 (GLYNN, 1983-84) et en Mer des Caraïbes en 1987.

Le terme de blanchissement se réfère à la perte de couleur des tissus du corail qui est causé par la réduction du nombre de zooxanthelles (algues unicellulaires symbiote des polypes) ou par la perte des pigments photosynthétiques ou par la combinaison des deux (BROWN, 1990).

Selon ANTONIUS, des apports d'eau douce et de pollution chimique peuvent causer le blanchissement sans qu'il y ait variation de la température du milieu.

Le blanchissement du corail peut être réversible si les conditions du milieu redeviennent normales.

VI.2.2 - Les récifs du Sud-Ouest

Les observations réalisées dans cette région indiquent que les coraux ont repris une certaine vitalité depuis la saison cyclonique de 1989. Les massifs d'Acropores branchus qui sont nécrosés à la base ont repoussé à partir de l'extrémité des branches pendant la période 1990-91 qui fut particulièrement sèche et qui a limité les apports insulaires dans les lagons. Les polypes des Acropores sont vivants et les pointes de ces coraux sont bleutées.

Le bilan de santé du complexe récifal de la région de Rivière Noire montre que depuis 15 ans l'écosystème récifal s'est globalement dégradé (par comparaison de photographies aériennes faites en 1974 et 1989).

- Les peuplements coralliens sont peu développés (figure 32).

Selon MULLER et HOTTINGER, les 10-15 premiers mètres de la pente externe sont généralement dégradés. Au dessous de 15 m, une grande diversité corallienne s'observe, excepté au Nord vers la pointe de Tamarin où les coraux ne représentent plus que 5 % de recouvrement.

Les coraux occupent de 5 à 30 % de la surface des platiers, ils sont peu variés (5 à 9 espèces), nécrosés et fortement perforés par des oursins (en moyenne 20 individus/m²). Les coraux morts varient de 6 à 30 % et il y a une importante colonisation d'algues.

Sur les platiers Internes, les coraux sont bien développés, ils représentent 30 à 75 % de recouvrement mais la moitié de la zone est nécrosée et envahie par des algues filamenteuses, les Acropores sont les plus touchés. Les oursins y sont aussi abondants (8 à 12 individus/m²) et les autres bioconstructeurs comme les algues calcaires montrent une très faible vitalité.

Les colonies coralliennes éparses du lagon des Bénitiers, formées de Madréporaires branchus, sont également très touchées et envahies par des algues. Par contre les peuplements à dominance d'Acropores tabulaires sont en bonne santé.

- Distribution des maladies coralliennes :

Selon ANTONIUS, les "WBD" se rencontrent dans les lagons de La Preneuse et des Bénitiers; sur tous les récifs frangeants de Tamarin, La Preneuse, l'Harmonie et sur le récif barrière du lagon des Bénitiers jusqu'au Morne Brabant.

Les "BBD" sont moins répandues, on ne les trouve pas dans les lagons. Elles se rencontrent sur les récifs frangeants de Tamarin, La Preneuse, l'Harmonie et sur le récif barrière du lagon des Bénitiers.

Le phénomène de blanchissement des coraux est très rare, on le rencontre sur les récifs frangeants de La Preneuse, de l'Harmonie et sur le récif barrière face au Morne Brabant.

La maladie "SDR" se rencontre de façon encore plus localisée sur le récif frangeant de La Preneuse et sur le récif barrière face au Morne Brabant.

- Le développement d'algues est excessif.

Selon MULLER et HOTTINGER, les Acropores branchus sont par endroit à 100 % envahis par des algues filamenteuses et les algues molles, principalement des Phéophycées se sont fortement développées depuis 1974. En situation normale, la répartition spatiale des algues et des coraux est en faveur des coraux, ce qui n'est plus le cas ici. La présence d'algues prouve un déséquilibre de l'écosystème. Les coraux sont rapidement recouverts par les algues et la dégradation du récif s'accélère.

- Les oursins (Echinometra Methaei) prolifèrent en raison de la disparition des poissons prédateurs et de l'abondance d'algues. Ils sont surtout concentrés dans la partie la plus externe des lagons et sur la barrière : leur action est bioérosive et très importante (MEYER, LANGER et HUBER, 1991).

- Les herbiers à Phanérogames marines ont régressé par rapport à 1974 (MULLER, 1990) et sont colonisés par des algues vertes filamenteuses (Sud du lagon des Bénitiers). En d'autres points (Sud du Morne Brabant), ils sont au contraire bien développés.

- Les poissons se raréfient.

Selon MULLER et HOTTINGER, à l'exception de la pente externe où les jeunes poissons sont parfois abondants, les lagons sont presque déserts. Les poissons-perroquets et autres poissons brouteurs de coraux ont quasiment disparu à cause de la pêche intensive et du déséquilibre général du récif.

- Les grands foraminifères sont absents.

Ils sont comparables aux coraux aux points de vue écologique et physiologique (algues symbiotiques et calcification). Depuis 1981, ils ont presque disparu en faveur des plus petits (MONTAGGIONI, 1981; HOTTINGER, 1989-91). Certaines espèces sont quasiment absentes dans les 10-15 premiers mètres de la colonne d'eau. De plus, la microradiographie des grands foraminifères révèle la présence fréquente de défauts de calcification et de malformations de loges (PECHEUX, in MULLER et al., 1989).

Les foraminifères sont peu variés en eau peu profonde et le nombre d'espèces présentes est inférieur à la normale. Par contre, par grande profondeur (>200 m), il est plus satisfaisant. Ce qui révèle l'eutrophisation des eaux de surface par rapport aux eaux océaniques oligotrophes.

- Le sable corallien des plages diminue globalement en quantité en relation avec la mort des coraux, la disparition des poissons producteurs de sable corallien et la disparition des foraminifères. Il y a une forte érosion de la plage (1 m) dans la partie Sud du Morne Brabant mais ce sable est redistribué et engraisse les pointes des Pêcheurs et du Sud-Ouest.

VI.2.3 - Les récifs de l'Est

D'un point de vue général, il s'avère que la région de l'Est est plus fortement dégradée que celle du Sud-Ouest (figure 33).

Résumé des observations:

Selon ANTONIUS, la pente externe est l'endroit le plus dégradé, les maladies coralliennes "WBD" et "BBD" y sont répertoriées. Les récifs en bonne santé sont rares et concentrés sur des petites zones, alors qu'ils devraient représenter 100 % de recouvrement puisqu'il s'agit de la zone la plus active du récif qui assure sa progression vers le large.

Jusqu'à 1 m de profondeur, beaucoup de coraux sont morts et recouverts à 60 ou 100 % par des algues gazonnantes (BALLESTEROS, 1991).

Face à l'estuaire de Grande Rivière du Sud-Est, la présence d'algues thionitrophiles (*Ulva Pulchra* et *Reticulata*) indique une eutrophisation importante.

La zone à éperons et sillons montre normalement un recouvrement corallien maximal et une couverture algale négligeable. Ici, la pente externe est extraordinairement dégradée et recouverte de 11 à 60 % par des algues gazonnantes.

Sur le platier, des petites colonies coralliennes sont recouvertes de 15 à 100 % par des algues et une grande concentration d'oursins bioérode la barrière, de telle sorte que celle-ci baisse et laisse plus facilement passer les vagues venant de l'océan.

Dans la partie la plus externe des lagons (platier Interne), selon MULLER, les récifs sont érodés par de grandes concentrations d'oursins (25 individus/m²) et envahis par des algues (surtout algues rouges encroûtantes). Le recouvrement algale est de 9 à 100 % et le taux de coraux morts est de 40 à 60 %. Il ne reste que des reliques d'herbiers très érodés. Des masses macroscopiques de Cyanophycées croissent sur les coraux affaiblis. Toutes les maladies "WBD, BBD, SDR et blanchissement" sont rencontrées sur les platiers internes.

Dans le lagon près de l'île aux Cerfs et de l'hôtel Touessrok, la plupart des herbiers sont épiphités par des cyanobactéries, ce qui indique un enrichissement des eaux en sels nutritifs (BALLESTEROS, 1991). Dans le lagon des Cerfs, les coraux sont généralement peu affectés par des maladies sauf en quelques points précis. Dans la zone près de l'embouchure de l'émissaire de l'usine sucrière de Beau Champ, l'apport de sédiments fins a colmaté les herbiers. Une nouvelle maladie a été observée dans cette petite baie (ANTONIUS et al., 1991). Des bandes grises se développent sur les coraux

et sont sûrement causées par une cyanophycée. Elle se rencontre exclusivement dans cette région ce qui laisse penser que sa présence est liée aux teneurs en phosphates exceptionnellement élevées à cet endroit.

Selon MULLER et HOTTINGER, sur les bords des cuvettes et chenaux de la baie de Trou d'eau Douce, les coraux sont en bonne santé jusqu'à 1.5 m, mais sont limités aux espèces les plus résistantes (Pavona, Porites, Montipora). Ces coraux se sont développés dans des eaux riches en éléments nutritifs et semblent s'y être adaptés. Selon BALLESTEROS, la couverture algale est normale 15 % et selon ANTONIUS, la maladie corallienne "WBD" se rencontre dans toute la baie, la réaction "SDR" et le blanchissement sont observés seulement dans le centre de la baie au niveau du chenal. De 1.5 m à environ 4 m, les grandes colonies complexes et variées sont touchées par la maladie "WBD". Le taux de coraux morts peut atteindre 80 %. En certains points comme au niveau de l'embarcadère et au Nord de la baie, le taux de recouvrement algale est important, des algues thionitrophiles sont présentes. La colonisation algale se produit préférentiellement sur des espèces coralliennes peu compétitives comme les Acropores.

Dans la partie profonde des chenaux, la forte sédimentation et le manque de luminosité limitent les développements corallien et algale.

VI.3 - Conclusion

Il s'avère que les récifs de la région Sud-Ouest sont généralement moins dégradés que ceux de la région Est.

Nous avons constaté (dans les chapitres IV et V) que les lagons dans lesquels les teneurs en éléments nutritifs sont élevées, se rencontrent toujours en aval des zones insulaires les plus industrialisées et urbanisées ou en aval de grandes zones de cultures.

La région Sud-Ouest est très boisée, les cultures sont rares et le taux de population est faible. Les teneurs en éléments nutritifs des eaux de la Rivière Noire et du lagon des Bénitiers sont les plus basses de l'île. L'impact des eaux insulaires peu important dans les lagons du Sud-Ouest explique bien que l'état des récifs soit meilleur dans le Sud-Ouest.

Par opposition, la région Est est très cultivée et soumise à l'influence d'usines sucrières. Les teneurs en éléments nutritifs mesurées dans les eaux insulaires (de surface et souterraines) et dans le lagon de Trou d'eau Douce font partie des plus élevées de l'île Maurice. L'importante dégradation des récifs de l'Est est donc liée aux caractéristiques insulaires situées en amont.

Nous avons effectué en parallèle au bilan de santé des écosystèmes récifaux, un bilan de la qualité des eaux et une étude géochimique des sédiments de surface dans les régions Sud-Ouest et Est, afin d'établir plus précisément le lien entre la dégradation des coraux et l'état de pollution. Ces résultats sont présentés dans les trois prochains chapitres.

CHAPITRE VII

ETUDE DETAILLEE DE LA REGION SUD-OUEST : COMPARAISON PENDANT LES SAISONS HUMIDE ET SECHE, DES EAUX DES LAGONS ET RIVIERES (REGION DE RIVIERE NOIRE)

Rappel : La région de Rivière Noire est très boisée, peu cultivée et peu urbanisée. Le lagon des Bénitiers fait partie des lagons les moins pollués de l'île.

L'étude de la région Sud-Ouest s'est effectuée selon un rythme saisonnier. Deux campagnes ont eu lieu en 1989, l'une en saison humide (mars-avril), l'autre en saison sèche (novembre).

VII.1 - Les eaux douces du réseau hydrographique de surface

VII.1.1 - Comparaison saisonnière

Les positions des échantillons d'eau du réseau hydrographique de surface prélevés en saison humide sont indiqués sur la figure 34 et ceux prélevés en saison sèche sur la figure 35. Tous les résultats sont regroupés et présentés dans le tableau 11.

La sévère dépression survenu le 6 avril 89, a surtout affectée la côte Est où elle a apporté 109 mm de pluie, contre seulement 23 mm à l'Ouest. Cette augmentation de la pluviosité a tout de même suffit pour engendrer l'augmentation des teneurs en éléments nutritifs des eaux douces.

Tableau 11 : teneurs en éléments nutritifs en saison humide et sèche, dans le réseau hydrographique de surface à l'Ouest, au Sud-Ouest et au Sud :

Lieu	Station	(6 (a), 7 (b) et 13 avril 1989) SAISON CYCLONIQUE		(4, 5, 6 et 9 novembre 1989) SAISON SECHE		
		NO3 mg/l	PO4 µg/l	SiO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 µg/l
Réservoir de Solitude	CIT5	-	-	51	14,7	49
Rivière Citron	BAL1	-	-	17	0,7	2050
	CIT7	-	-	45,1	0,6	86
	CIT6	-	-	50,1	-	55
	CIT4	-	-	34,3	0,4	55
	CIT1	-	-	34,6	0,2	39
	CIT3	-	-	42,4	0,4	49
	CIT2	-	-	50,4	0,3	139
	PAM3	-	-	20,2	1	31
	PAM2	-	-	16,7	1,9	275
	PAM1	-	-	13,9	0,6	30
Réservoir la Nicollière	NIC1	-	-	13,9	0,6	31
Usine Mi Gout	CAY1	-	-	16,7	1,7	31
Usine Beau Plan	PAM4	-	-	19,2	0,1	33
Belle Eau	BER1	-	-	60	11,2	131
Réservoirs plaine St Pierre	WT1N	-	-	50,7	15,6	65
	WT1S	-	-	51	15,3	49
Belle Isle	BIS1	-	-	6,2	0,2	<30
Usine Médine	MSF1	-	-	11,1	0,3	115
Rivière des Galets	RG1	-	-	49,3	17,9	94

Réservoir la Ferme	RFE1	-	-	19,2	0,5	35
Dépression fermée EST Pirogue	CO3 ou NP11	4,1	461	58,6	-	2850
Canal Pirogue	CO4	3,2	162	-	-	-
Rivière du Rempart	CO2 ou REM1	6,8	<30	45,7	0,9	176
Rivière Tamarin	CO1 ou TAM5	1,2	<30	18,9	0,6	209
	TAM1	-	-	34,6	0,0	98
	TAM2	-	-	5,4	0,6	<30
	TAM3	-	-	5	0,2	66
TAM4	-	-	4,7	0,2	63	
Baie de Grande Rivière Noire	EO2	0,4	65	-	-	-
	EO3	0,06	31	-	-	-
	EO4	0,03	35	-	-	-
Feeder St Martin	JM32	(a) 4,6 (b) 7,6	170 470	-	-	-
Grande Rivière Noire	EO1	0,1	62	-	-	-
	GRN2	-	-	24,5	-	43
	JM33 ou GRN3	(a) 0,2 (b) 0,1	77 51	29,4	11,6	232
	JM37	(a) 1,9 (b) 0,2	180 236	-	-	-
	JM38	0,9	<30	-	-	-
	JM39 ou GRN1	0,0	56	24,8	0,2	919
Maré Longue	MALO1	-	-	4,1	0,3	<30
Maré aux veccas	VAC1	-	-	4,1	0,2	<30
Petite Rivière Noire	JM34 ou PRN1	(a) 1,3 (b) 1,4	266 228	45,4	8,1	166
	JM34c ou PRN2	4,6	269	45,1	7	76
	Feeder Bois d'Olive	JM35	(a) 8,8 (b) 5,7	669 276	-	-
Feeder Citron	JM40	2,1	76	-	-	-
	JM41	0,05	<30	-	-	-
	JM42	0,1	80	-	-	-
	JM43	1,6	198	-	-	-
	JM36	(a) 1,7 (b) 0,9	222 660	-	-	-
	Rivière du Cap	ED8 ou RC2	1	30	24,5	0,6
ED9	18,1	<30	-	-	-	
RC4	-	-	24,2	0,6	55	
ED10 ou RC5	-	30	29,1	0,7	125	
Ruisseau des Créoles	RCRE1	-	-	43,9	1	665
Usine Bel Ombre	BO1	-	-	10,4	0,1	307
Rivière des Citronniers	BO2	-	-	29,1	0,6	31
	BO3	-	-	32,2	1,8	<30
Rivière Jacotet	BCH1	-	-	26,6	1,3	65
Rivière des Galets	RGA1	-	-	27,3	5,1	61
Rivière Union	RUN1	-	-	20,5	0,04	641
Usine St Félix	RUN2	-	-	21,7	6,3	41
Rivière des Anguilles	ANG1	-	-	28,8	5,3	35
	ANG2	-	-	23,3	0,2	30
Grand Bassin	GBA1	-	-	3,1	0,3	<30

Rivières et réservoirs de l'Ouest

Dans la rivière Citron (tableau 11) et son affluent de rive droite, les mesures en saison sèche montrent que les teneurs en silice augmentent de la source vers l'océan, elles atteignent 50 mg/l et diminuent de 2/3 au niveau de l'estuaire en raison de la dilution avec l'eau de mer.

Les teneurs en nitrates ne dépassent pas 2 mg/l et celles en phosphates sont très variables, elles sont très faibles en amont (PO₄ = environ 30 µg/l) et élevées dans la lagune en fond de baie de l'Arsenal (PO₄ = 2050 µg/l) où les phosphates se concentrent à cause de l'obstruction de la lagune par un bouchon sableux qui empêche la vidange.

Les rivières Belle Eau, Belle Isle, Dragon, des Galets sont reliées au canal de Magenta et traversent des cultures de cannes à sucre soumises à l'irrigation.

Pendant la saison sèche, la silice varie de 8 à 60 mg/l, les nitrates varient de 0.2 à 18 mg/l, il s'agit d'une des régions où les nitrates sont les plus concentrés dans le réseau de surface. Les teneurs en phosphates maximales sont de l'ordre de 100 µg/l et se rencontrent à l'estuaire de la rivière Belle Eau et à l'émissaire de l'usine sucrière de Médine.

En saison sèche, les réservoirs du Nord : de Solitude et les deux réservoirs de la Plaine St Pierre ont des teneurs en silice de 51 mg/l et en nitrates de 15 mg/l, les phosphates sont faibles avec 50 µg/l en moyenne.

Dépressions fermées

Les teneurs en éléments nutritifs (tableau 11) sont assez élevées dans la dépression fermée et dans le canal derrière l'hôtel de la Pirogue (SiO₂ = 59 mg/l, NO₃ = 4 mg/l, PO₄ = 460 à 2850 µg/l suivant la saison). Ces concentrations caractérisent la présence d'un grand élevage de cerfs sur le terrain qui borde le canal. Les éléments nutritifs se concentrent dans la dépression qui n'a pas d'évacuation vers la mer.

Rivière du Rempart et rivière Tamarin

La rivière du Rempart traverse une zone de culture de cannes sur sa partie amont et 7 mg/l de nitrates ont été mesurés après les pluies d'avril 89. Pendant la saison sèche, ses eaux sont détournées pour l'irrigation, le lit de la rivière est quasiment asséché. Pour complément, les données récoltées au début de la période humide 1991, sont présentées dans le tableau 12.

La rivière du Rempart a été quasiment sèche de septembre 1990 à février 1991 et quelques pluies à la fin de février ont fait augmenter son débit et les teneurs en éléments nutritifs de ses eaux.

Tableau 12 : teneurs en éléments nutritifs mesurées dans la rivière du Rempart au cours de l'année 91 (P.RUCH)

	SiO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ µg/l	
23.01.91	30.4	0.2	34	temps sec
25.02.91	24.9	10	85	précipitations moyennes
08.03.91	28	43.2	150	précipitations importantes

Les teneurs en silice restent basses malgré l'augmentation de la pluviosité, le lessivage des sols n'est pas encore suffisant pour induire des variations des concentrations. Par

contre les teneurs en phosphates (tableau 12) quadruplent et celles en nitrates dépassent 40 mg/l, lors des premières pluies. La saison sèche ayant été exceptionnellement longue cette année là, les premières pluies lessivent les champs et les cultures maraîchères et entraînent de plus grandes concentrations en phosphates et nitrates que le ressuyage.

La rivière Tamarin traverse une zone plus sauvage et pendant la saison sèche, la silice se concentre sur le cours de la rivière (tableau 11), elle passe de 5 mg/l à 35 mg/l et marque une chute de moitié au niveau de l'embouchure ($\text{SiO}_2 = 19 \text{ mg/l}$).

Les nitrates ont une légère tendance à se concentrer sur le cours de la rivière mais ils restent très faibles et ne dépassent pas 0.9 mg/l.

Les concentrations en phosphates ne suivent aucune évolution cohérente (tableau 11), les teneurs maximales sont relevées au niveau de l'embouchure avec 209 $\mu\text{g/l}$.

Grande Rivière Noire

Pendant la saison humide, les concentrations en nitrates sont basses dans le cours principal et sont plus élevées dans les petits affluents et bis d'irrigation qui traversent les champs de cannes. Le "Feeder" St Martin montre (tableau 11) des concentrations deux à trois fois plus élevées que celles du cours principal de Rivière Noire. Dans les petits cours d'eau, l'influence du lessivage des sols est plus évidente, les concentrations en nitrates augmentent à la suite de la dépression cyclonique de 5 à 8 mg/l.

Dans le fond de baie au niveau de l'estuaire de Grande Rivière Noire, les teneurs (tableau 11) baissent de deux à trois fois, elles restent toutefois un peu plus élevées au Nord de l'estuaire où se jette le "Feeder" St Martin.

Les mêmes observations sont à faire pour les phosphates qui ont aussi des teneurs plus faibles dans le cours principal et augmentent après les pluies.

En saison sèche, la silice augmente d'amont en aval, elle atteint 30 mg/l avant l'embouchure, dans l'eau de la baie des teneurs de l'ordre de 1.5 mg/l ont été mesurées. Les nitrates se concentrent aussi d'amont vers l'aval, ils passent de 0.2 mg/l à 11.6 mg/l. Dans la baie, seulement 0.1 mg/l sont mesurés à cause de la dilution.

Les concentrations en phosphates sont variables, le maximum est de 919 $\mu\text{g/l}$.

Petite Rivière Noire et les ruisseaux voisins

En saison humide, les teneurs maximales en nitrates (tableau 11) relevées dans le cours principal est de 5 mg/l. Elles sont de 9 mg/l dans le "Feeder" Bois d'Olive qui longe un champ de cannes à sucre.

Les eaux du "Feeder Citron" qui parcourt une zone boisée, sont pauvres en nitrates ($\text{NO}_3 = 0.1 \text{ mg/l}$) sauf dans le ruisseau de rive gauche qui reçoit les eaux d'un canal d'irrigation ($\text{NO}_3 = 2 \text{ mg/l}$).

Les teneurs en phosphates sont plus élevées dans les petits ruisseaux que dans la Petite Rivière Noire et elles sont maximales en aval ($\text{PO}_4 \text{ max} = 860 \mu\text{g/l}$).

En saison sèche, sont mesurés à l'embouchure de la Petite Rivière Noire, 45 mg/l de silice, 8 mg/l de nitrates et 166 $\mu\text{g/l}$ de phosphates.

Rivières du Sud

La rivière du Cap draine une zone montagneuse dont les versants les moins pentus sont plantés en cannes à sucre.

En saison humide, les teneurs en nitrates (tableau 11) sont de 1 mg/l dans son cours principal, ce qui correspond au maximum mesuré sur le Plateau Central. Par contre dans le ruisseau affluent qui traverse un champ de cannes, les teneurs sont de 8 mg/l. Les concentrations en phosphates ne sont pas supérieures à 30 $\mu\text{g/l}$. En saison sèche, les phosphates sont légèrement plus concentrés et atteignent 100 $\mu\text{g/l}$.

Pendant la saison sèche, l'étude réalisée au Sud jusqu'à la rivière des Anguilles indique des teneurs minimales en silice dans les réservoirs du Plateau Central. Les teneurs croissent toujours sur le cours des rivières et chutent au niveau des estuaires en

raison de la dilution par l'eau de mer (riv. des Citronniers). Les concentrations moyennes sur la partie aval des rivières sont de 26 mg/l.

Les teneurs en nitrates ne dépassent pas 2 mg/l dans les rivières de la région Ouest plus montagneuse alors qu'elles atteignent 6 mg/l dans la région Est à topographie moins accidentée. Les phosphates ont des concentrations variables et le maximum ($\text{PO}_4 = 840 \mu\text{g/l}$) est observé dans la rivière Union qui reçoit l'émissaire de l'usine sucrière St Felix.

VII.1.2 - Conclusion

Les nitrates :

Les teneurs maximales en nitrates ($\text{NO}_3 > 10 \text{ mg/l}$) ont été relevées à l'Ouest, dans les rivières et réservoirs (Plaine St Pierre) compris dans le triangle Port-Louis, Curepipe, Flic en Flac. C'est une des régions où les teneurs sont les plus élevées quelle que soit la saison.

La région Sud-Ouest est une des régions où les nitrates sont les moins concentrés, les teneurs sont généralement inférieures à 5 mg/l, l'impact de la pluviosité y est relativement peu important. Les concentrations restent inférieures à 2 mg/l dans la Grande Rivière Noire quelle que soit la saison.

Les seules teneurs supérieures à 5 mg/l sont relevées sur la bande côtière en aval des champs cultivés dans les ruisseaux et canaux d'irrigation (Petite Rivière Noire, "Feeder" St Martin, "Feeder" Bois d'Olive).

Les teneurs en nitrates sont plus faibles dans le cours principal des rivières, excepté dans la région Ouest où les concentrations dépassent 10 mg/l dans les cours principaux (Riv. Rempart) après les pluies.

La différence de concentration observée entre la Grande Rivière Noire et la rivière du Rempart est due à la couverture des terrains traversés. Les 9/10 du bassin versant de Grande Rivière Noire sont couverts de forêts alors que la rivière du Rempart traverse de nombreux champs de cannes.

Au Sud, les teneurs en nitrates sont aussi généralement faibles et correspondent en amont des rivières aux teneurs caractéristiques du Plateau Central. Elles ne dépassent 5 mg/l qu'au niveau des estuaires des rivières des Galets et Union et plus à l'Est dans le cours de la rivière des Anguilles, zones qui sont caractérisées par des teneurs élevées quelle que soit la saison.

Les terres agricoles du Sud sont les plus en pente de l'île et après les pluies, des turbidités importantes sont relevées aux estuaires des rivières qui traversent des terres agricoles (turbidité = 50 mg/l à l'embouchure de la rivière des Gallets).

La silice :

Seules les concentrations durant la saison sèche ont été étudiées.

En amont des rivières et dans les réservoirs du Plateau Central, les teneurs en silice ne dépassent pas 6 mg/l. Les maxima (51 mg/l) se rencontrent près des estuaires, dans les dépressions fermées et dans les bassins d'irrigation de l'Ouest.

Les phosphates :

Les phosphates ont le plus souvent des variations singulières à cause de leur biofixation rapide dans le milieu.

Les maxima rencontrés se situent dans les dépressions sans écoulement de surface (Arsenal, Est Pirogue) où les phosphates s'accumulent pendant la période sèche.

L'impact de la pluviométrie sur les teneurs en phosphates est particulièrement visible sur la rivière du Rempart (au début 1991), les concentrations ont quadruplés après les premières pluies qui ont entraîné le lessivage des cultures maraîchères et des champs de cannes situés en amont.

La région entre Tamarin et Le Morne Brabant n'est ni très agricole, ni très industrialisée, ni très urbanisée. Les concentrations en éléments nutritifs y sont

ordinairement faibles et ne sont que dans une faible mesure accrues par le lessivage des sols puisque le couvert végétal est naturel.

Par contre au Nord de Tamarin, les cultures sont plus abondantes et l'urbanisation et l'industrialisation sont les plus importantes de l'île. Les teneurs en éléments nutritifs sont largement influencées par l'augmentation de la pluviométrie et du lessivage.

Les pluies jouent un rôle important dans les régions de cultures, elles contribuent à enrichir les eaux insulaires en éléments nutritifs par lessivage des sols et facilitent la progression des éléments nutritifs dans le réseau hydrographique de surface. L'augmentation des débits provoque une arrivée plus rapide et une dispersion plus grande des éléments nutritifs dans les lagons.

VII.2 - Les eaux salées

Les positions des stations de mesure réalisées en saison cyclonique et sèche sont représentées sur les figures 36 et 37.

VII.2.1 - Variations des paramètres hydrologiques en fonction des marées

Les variations des paramètres hydrologiques dues à la marée ont été étudiées au niveau de la passe au Nord du lagon des Bénitiers où l'effet de la marée se fait fortement ressentir. Vu la courantologie, les variations enregistrées à cet endroit sont représentatives de l'erreur maximale commise pour la cartographie des paramètres hydrologiques.

Des mesures ont été réalisées en un point fixe en saison sèche durant 6 heures (3 h avant et 3 h après la marée basse) dans le chenal de Case Noyale (figure 38).

A marée descendante, le lagon se purge et les paramètres physico-chimiques sont à peu près constants sur toute la colonne d'eau. Le pH, la température et la salinité (+0.2 g/l) augmentent sur toute la colonne d'eau jusqu'à la marée totalement basse.

A marée montante, la colonne d'eau du chenal se stratifie. Les eaux de la baie de Grande Rivière Noire pénètrent dans le chenal sur les six premiers mètres d'eau. Les plus importantes variations se notent pour la température qui augmente de 0.5 °C et pour le pH qui baisse de 0.1 unité.

VII.2.2 - La situation hydrologique sur la côte Sud-Ouest

L'étude physico-chimique des eaux a permis de déterminer l'influence des eaux douces sur cette côte. L'impact des eaux insulaires y est plus particulièrement mis en évidence au niveau des estuaires et dans les régions proches. Les masses d'eau restent bien distinctes grâce à leur différence de densité, température et salinité. Les eaux insulaires forment une couche de surface peu salée sur les eaux marines plus denses.

VII.2.2.1 - Les variations saisonnières

L'impact des eaux insulaires est plus important en saison cyclonique (mars-avril), les résultats sont cartographiés et décrits sur les figures 39 à 59.

Le débit des rivières étant plus fort en saison cyclonique (exemple du débit de la Grande Rivière Noire, figure 60), les eaux douces arrivent en quantité plus importante et se répandent plus loin vers le large.

En surface, les eaux douces issues des estuaires se caractérisent généralement par une baisse de la salinité, du pH et de l'oxygène dissous et une turbidité plus grande. Ceci a bien été constaté au niveau de l'estuaire de Rivière Noire (figure 61).

La baie de Tamarin (figure 62) réputée pour ses longues vagues de "surf", montre au contraire une oxygénation plus élevée en surface.

Les eaux douces de surface sont plus fraîches que les eaux océaniques, en saison cyclonique (voir cartographie des températures, figures 39 à 41).

Le phénomène inverse est observé en saison sèche, les eaux insulaires se sont réchauffées et les eaux océaniques se sont refroidies d'environ 2°C (figure 63).

Les nitrates et la silice ont des teneurs plus élevées en saison cyclonique, de grands panaches sont issus des estuaires. Les concentrations en éléments nutritifs mesurées dans les lagons sont donc bien liées aux eaux insulaires.

Pendant la dépression cyclonique "Krissy", un panache d'eau turbide (figure 45) plus riche en éléments nutritifs (figures 54 et 57) et plus douce (figure 42) que les eaux océaniques s'est développé au large de l'estuaire de la rivière Tamarin. Il est resté distinct durant plusieurs jours longeant la barrière de corail vers le Sud.

Hors il a été justement constaté (MULLER, 1989) que les récifs frangeants de la pointe de Tamarin et de La Preneuse étaient les plus dégradés. L'impact des eaux insulaires sur les biocénoses est donc évident.

Sur la côte Sud-Ouest, les éléments nutritifs sont en majorité distribués par le réseau hydrographique de surface, cependant quelques petites résurgences ont été mises en évidence dans les lagons (des Bénitiers, Harmonie, La Preneuse).

Pendant le contrôle d'avril 1990 à mars 1991, P. RUCH a mesuré les concentrations moyennes mensuelles en éléments nutritifs des lagons des Bénitiers et de La Preneuse, les résultats sont présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : teneurs en éléments nutritifs moyennes mensuelles mesurées dans les lagons du Sud-Ouest

MOIS	PO4 µg/l	NO3 µg/l	SiO2 µg/l
avril 90	17	17	150
mai 90	13	9	91
juin 90	11	20	326
juillet 90	13	7	147
septembre 90	11	4	109
novembre 90	14	9	209
février 91	13	11	222
12 mars 91	27	11	1407

Les teneurs en éléments nutritifs (tableau 13) étaient minimales et peu variables jusqu'au mois de février, pendant toute la période sèche exceptionnellement longue (10 mois environ).

Début mars 1991, les massifs d'Acropores des zones les plus externes des lagons étaient en pleine expansion, des pousses de 1 cm étaient observées un peu partout près de la barrière dans le lagon de La Preneuse. Un si bon état de santé est à mettre en relation avec la longue période de sécheresse durant laquelle le lessivage des sols et les apports insulaires étaient minimales.

Le 12 mars 1991, les mesures effectuées dans le lagon de La Preneuse durant les premières pluies, ont permis de mettre en évidence l'arrivée d'eau douce par des petites résurgences. Les teneurs moyennes sur tout le lagon ont augmenté, la silice

passant de 200 à 1400 µg/l et les phosphates de 13 à 27 µg/l; par contre les concentrations en nitrates demeuraient inchangées.

VII.2.2.2 - Remarque sur le lagon de Flic en Flac

De Flic en Flac à Port Louis, des résurgences sont connues par les pêcheurs et plongeurs. Toute cette région est sous l'influence de la nappe de Curepipe.

Dans le lagon de Flic en Flac, une impressionnante résurgence (Dileau Bouilli) apporte une grande quantité d'eau douce dans le lagon (figures 64 et 65). La turbidité n'y est pas plus élevée qu'ailleurs, des gros débris d'algues sont arrachés par l'arrivée d'eau douce, ce qui donne l'impression d'un gros bouillonnement.

Sur le bord de la plage plus au Sud, la turbidité est par contre élevée (environ 15000 mFTU) en raison des petites résurgences qui provoquent la resuspension des sédiments fins.

Au mois de février 1991 la teneur moyenne en silice dans le lagon de Flic en Flac était de 514 µg/l et celle en nitrates de 96 µg/l. Les maxima étaient de 1200 µg/l pour SiO₂ et 538 µg/l pour NO₃. Malgré la sécheresse, les teneurs en éléments nutritifs étaient plus élevées que dans les lagons des Bénitiers et de La Preneuse. Dans les régions soumises à l'influence des eaux de nappe, la variation saisonnière est moins marquée que dans les régions où le réseau hydrographique de surface est prépondérant.

VII.2.2.3 - Remarque sur la baie de Rivière Noire

L'estuaire de la Grande Rivière Noire reçoit les eaux de vidange du lagon de La Preneuse et dans une plus grande mesure celles du lagon des Bénitiers. Ce qui en fait un système complexe.

Les eaux du lagon des Bénitiers sont plus turbides que les eaux océaniques (figure 65) et leur température est plus élevée en saison sèche (figure 66). Elles sont évacuées à marée descendante par le chenal de Case Noyale (-30 m de fond dans la passe), on les retrouve en surface dans la baie et par -30 m de profondeur plus au Sud. Elles semblent donc plonger vers le Sud.

Une autre série de mesures réalisées quelques jours avant au même endroit (figure 67) montrent un panache turbide qui s'enfonce dans la colonne d'eau en se déplaçant vers le Sud. La nature des suspensions n'a malheureusement pas été analysée (il peut s'agir de plancton ou de particules minérales originaires de l'estuaire).

Les eaux de la Rivière Noire semblent plutôt s'acheminer le long de la partie Nord de la baie, ce qui se visualise par des sédiments de surface plus chargés en matériel terrigène au Nord qu'au Sud par -30 m (chapitre IX.3).

VII.3 - Conclusion

Bien que les teneurs en éléments nutritifs mesurées sur la côte Sud-Ouest soient les plus faibles rencontrées à Maurice, nous avons constaté des variations saisonnières non négligeables.

Dans cette région où l'écoulement des eaux se fait préférentiellement en surface, les variations saisonnières des paramètres hydrologiques sont très marquées dans les lagons.

Les concentrations en éléments nutritifs maximales accompagnées d'une turbidité élevée ont été mesurées en période cyclonique et ont augmenté lors de la dépression "Krissy".

Nous avons vu dans le chapitre précédent que les coraux de la région Sud-Ouest souffraient de nécrose. Les teneurs en éléments nutritifs (max : 300 µg/l de nitrates) mesurées sur cette côte en période cyclonique induisent (en association avec d'autres paramètres) un milieu suffisamment eutrophe pour nuire au développement corallien.

Les plus fortes concentrations en maladies coralliennes se rencontrent sur les récifs frangeants de Tamarin et La Preneuse, c'est-à-dire à l'endroit où l'influence du panache issu de l'estuaire de Tamarin est la plus forte.

De plus l'état de santé des récifs de la région Sud-Ouest entre 1989 et 1991 paraît suivre un rythme saisonnier, alternant entre phase de dégradation en saison cyclonique et phase de repousse en saison sèche.

L'apport insulaire en éléments nutritifs plus important en période cyclonique qu'en période sèche semble réguler l'état de santé des récifs coralliens.

CHAPITRE VIII

ETUDE DETAILLEE DE LA REGION EST : COMPARAISON PENDANT LES SAISONS HUMIDE ET SECHE DES EAUX DES LAGONS ET RIVIERES (REGION DE TROU D'EAU DOUCE)

Rappel : La région de Trou d'eau Douce est caractéristique des régions agricoles et les lagons sont soumis aux influences de résurgences d'eau douce souterraine.

La comparaison des deux saisons a été réalisée au cours de l'année 1990 au cours de deux campagnes, l'une en mars-avril (saison humide) et l'autre en novembre (saison sèche).

VIII.1 - Les eaux douces

VIII.1.1 - Comparaison saisonnière

Les positions d'échantillonnage des eaux du réseau hydrographique de surface sont indiquées sur la figure 68.

Les résultats d'analyse des eaux insulaires effectuées selon un rythme saisonnier sont regroupés dans le tableau 14.

Afin de mieux visualiser les variations saisonnières les isoconcentrations en nitrates ont été cartographiées (figure 69).

En saison sèche, les débits des rivières étaient très faibles et certaines rivières étaient asséchées en amont (rivières du Poste de Flacq, Coignard, Céré, Sarcelle), ou sur tout leur cours comme la rivière Sèche.

Les mares, moins étendues qu'en mars-avril, laissaient émerger d'épaisses couches de boue et de vase.

Tableau 14 : teneurs en éléments nutritifs en saison humide et sèche, dans le réseau hydrographique de surface à l'Est :

Lieu	Station	(15 (a), 22 et 30 (b) mars 1990)			(9 novembre 1990)		
		SAISON CYCLONIQUE			SAISON SECHE		
		SiO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ µg/l	SiO ₂ mg/l	NO ₃ mg/l	PO ₄ µg/l
Rivière Française	RFR	(a) 21.2	12.3	34	16.9	2.1	40
Rivière du Poste de Flacq	RPF1	(a) 28.6 (b) 30.9	7.1 9	<30	30.5	0.04	52
	SP1	(b) 31.1	2.7	-	34	4.2	<30
	RPF2	(a) 19.8 (b) 31.1	5 9.2	52	30.2	0.08	61
	RPF3	(a) 22.7 (b) 21.5	10.1 8.2	38	21.4	0.1	138
	RPF4	(a) 17.2 (b) 22.0	6.1 6.2	46	21.4	1.2	<30
	RPF5	(b) 22.2	8.1	-	28	2	<30
	RPF6	(b) 21.4	8.8	-	22.8	1.5	52
	RPF7	(b) 23.4	0.8	-	SEC		
Rivière Céré	RC1	(a) 36.3 (b) 36.2	12.8 10.5	52	23.8	16.5	<30
	RC1B	(b) 36.5	9.4	-	37.5	4.7	<30
	RC2	(b) 37.7	9.1	-	39.6	5.4	<30
	RC3	(b) 40.0	12	-	42.4	11.6	64
	RC4	(b) 34.1	9.3	-	SEC		
Rivière Coignard	RCO11	(b) 18.7	7.3	-	SEC		
	RCO12	(b) 19.3	9.6	-	SEC		
	RCO13	(b) 26.8	9.1	-	19.7	1.4	<30
	RCO14	(b) 32.9	10.4	-	15.9	1	31
	BIS	(b) 32.7	10.2	-	17.4	4.7	<30
	RCO15	(b) 38.4	10.4	-	39.5	7	80
Rivière Sarcelle	RSA1	(a) 31.4 (b) 40.2	13.2 9.2	30	19	0.4	441
	RSA2	(b) 24.6	4.7	-	SEC		
Rivière Sèche	RS1	(a) 29.6 (b) 27.2	10.9 8.1	<30	SEC		
	RS2	(a) 30.2 (b) 27.2	11 8.3	<30	SEC		
	RS3	(a) 29.3 (b) 27.3	11.4 8.4	<30	-	-	-
	RS4	(b) 27.8	9.3	-	SEC		
	MARE	(b) 27.8	7.8	-	-	-	-
	RS5	(b) 26.6	7.9	-	SEC		
Deep River	DR1	(a) 21.9	4.1	41	20.6	4.7	<30
	DR2	(a) 12.8	3.2	<30	-	-	-
	DR3	(a) 16.6	7	<30	-	-	-
	DR4	(a) 21.9	11.5	<30	-	-	-
Grande rivière du Sud-Est	GR0	(a) 25.1	7.8	40	6.3	1.4	98
	GR1	(a) 21.4	8.5	30	13.3	1.5	<30
	GR2	(a) 12.2	3	36	-	-	-
	GR3	(a) 5.2	<0.03	<30	-	-	-
	GR4	(a) 9.9	2.7	<30	-	-	-
	GR5	(a) 9.6	<0.03	<30	-	-	-
Rivière Nyon	N1	(a) 21.1	0.2	30	-	-	-
Rivière Champag	CH2	(a) 15.4	2	<30	-	-	-
Rivière Créoles	C1	(a) 16	3.5	<30	-	-	-

Rivières du Nord de la zone considérée

Dans les rivières Françoise, du Poste de Flacq, Céré, Coignard, Sarcelle, Sèche, les teneurs en silice (tableau 14) varient de 17 à 40 mg/l quelle que soit la saison, les maxima se rencontrent dans les rivières Céré et Sarcelle. Une très légère augmentation des teneurs après les pluies du mois de mars est notable.

En saison humide, les concentrations en nitrates (figure 69 et tableau 14) dépassent 10 mg/l dans toutes les rivières du Nord qui traversent d'immenses champs de cannes à sucre.

En saison sèche, les concentrations sont plus basses, elles ne dépassent pas 5 mg/l excepté dans la rivière Céré où un maximum de 18.5 mg/l est mesuré.

Des marais s'alignent parallèlement à la côte, à environ un kilomètre à l'intérieur des terres. Elles sont alimentées par des eaux de ruissellement et par les nappes phréatiques, quelques unes sont salées et réputées pour être en relation avec la mer. Le Trou Bleu, la mare du Verger et le Bassin Requin sont salés à environ 10 g/l. Les mares de Vue sur Lac et du Puits sont salées à environ 15 g/l et la salinité maximale se rencontre dans la mare aux Trois îlots, environ 30 g/l. La mare aux Anguilles est douce et le Puits des Hollandais ne présente pas une salinité remarquable.

Les nitrates y sont concentrés, 16.6 mg/l sont mesurés dans le Puits des Hollandais. Malgré la dilution par l'eau salée, 7 à 14 mg/l sont mesurés suivant la saison dans le Bassin Requin.

Les concentrations en nitrates sont en moyenne plus élevées pendant la saison cyclonique que pendant la saison sèche (figure 69).

Quelle que soit la saison, les concentrations en phosphates (tableau 14) sont basses. Les teneurs maximales se rencontrent dans la rivière Sarcelle et dans la rivière du Poste de Flacq, 50 µg/l maximum sont mesurés en saison humide et 400 µg/l en saison sèche.

Quasiment toutes les mares ont des teneurs supérieures à 30 µg/l, un maximum de 132 µg/l se rencontre dans la mare aux Trois îlots.

Les rivières du Sud

Dans ces rivières (Grande Rivière du Sud Est, R. Nyon, R. Champagne, R. des Créoles) qui sont sous l'influence d'un bassin versant boisé, les teneurs en silice (tableau 14) sont toujours plus basses que dans celles du Nord.

Elles ne dépassent pas 30 mg/l en saison humide et 20 mg/l en saison sèche.

En amont de la Grande Rivière du Sud Est, des teneurs inférieures à 10 mg/l sont mesurées.

De même, quelle que soit la saison, les teneurs en nitrates (figure 69 et tableau 14) sont toujours moins élevées que celles mesurées au Nord, elles ne dépassent que très rarement 10 mg/l.

En amont de la Grande Rivière du Sud-Est, les concentrations en nitrates sont inférieures à 1 mg/l, comme en amont de la Grande Rivière Noire (Sud-Ouest).

En saison humide ou sèche, les phosphates (tableau 14) montrent toujours des teneurs très basses et ne dépassent pas 40 µg/l.

VIII.1.2 - Conclusion

A l'Est, les teneurs en nitrates sont toujours plus élevées dans les rivières du Nord que dans celles du Sud.

Nous avons déjà constaté lors de l'étude générale des eaux insulaires que la couverture végétale des sols était le facteur déterminant des teneurs en nitrates.

Au Nord de la région, s'étendent de grands champs de cannes à sucre sur des sols profonds et perméables qui définissent un écoulement des eaux plutôt souterrain. Cette

région est l'une des plus humides de l'île, les engrais facilement lessivés s'infiltrent dans les nappes et arrivent dans les lagons par des résurgences d'eau souterraine. Le Sud de la Grande Rivière du Sud-Est est au contraire une région montagneuse et boisée sur sols peu profonds imperméables qui définissent un écoulement des eaux superficiel. Cette région est comparable à celle de la Grande Rivière Noire.

Les concentrations en silice qui sont influencées par la nature des sols, sont plus basses dans la région Est que dans la région Sud/Sud-Ouest de l'île où les terrains sont plus siliceux. Les teneurs en silice mesurées dans les rivières de l'Est ne sont donc que très faiblement augmentées lors des pluies.

Les variations des teneurs en nitrates suivent au contraire un rythme saisonnier bien marqué. Elles sont deux fois plus fortes en période humide qu'en période sèche. Dans le Nord de la région, les nitrates sont en quelques points jusqu'à 100 et même 200 fois plus concentrés pendant la période humide. Une si importante variation des teneurs en nitrates n'a pas été observée dans la région Sud-Ouest car la région au Nord de la Grande Rivière du Sud-Est est très agricole et reçoit environ 400 mm de pluies de plus que la région Sud-Ouest.

Les teneurs en phosphates mesurées à l'Est doublent en période sèche, nous avons constaté précédemment que les phosphates ont toujours tendance à se concentrer dans les eaux stagnantes. Une variation dans le même sens mais de plus faible importance a été observée au Sud-Ouest. Le mois de novembre 90 a été plus sec que celui de 89 (figure 21), ce qui explique cette augmentation.

Nous venons de constater que les concentrations en éléments nutritifs mesurées dans le réseau hydrographique de surface de l'Est suivent un rythme saisonnier comme au Sud-Ouest. Il ne faut pas oublier que les teneurs en nitrates mesurées dans le réseau hydrographique souterrain restent constantes sur l'année. Comme de nombreuses résurgences d'eau souterraine alimentent les lagons de l'Est, l'apport en éléments nutritifs dans ces lagons reste important même en saison sèche. Ce qui n'était pas le cas dans la région Sud-Ouest.

VIII.2 - Les eaux salées

Les stations physico-chimiques et de prélèvement d'eau réalisées pendant les deux saisons sont indiquées sur les figures 70 et 71. La bathymétrie de la baie de Trou d'eau Douce est donnée sur la figure 72.

VIII.2.1 - Variations des paramètres hydrologiques en fonction des marées

Dans la baie de Trou d'eau douce, la colonne d'eau est bien stratifiée et les gradients de salinité, de température et des concentrations en éléments nutritifs entre la surface et le fond dépendent de la marée.

Afin de cartographier les paramètres hydrologiques, nous avons donc étudié leurs variations dans la baie de Trou d'eau Douce où les apports de la nappe sont les plus importants.

Deux études des paramètres hydrologiques ont été réalisées en un point fixe au centre de la baie, la première en saison cyclonique durant 6 heures (3 h avant et 3 h après la marée basse) et la seconde en saison sèche durant 6 heures (3 h avant et 3 h après la marée haute).

Quelle que soit la marée, deux couches d'eau sont toujours distinctes dans la baie. Les profils hydrologiques indiquent la présence d'une eau plus douce jusqu'à 3 m de profondeur et d'une eau profonde aux caractéristiques marines. Seuls les paramètres physico-chimiques de la couche d'eau de surface sont variables en fonction de la marée.

Les eaux océaniques qui entrent dans la baie à marée montante réchauffent de 2 °C la couche d'eau de surface (figure 74 a) et des couches fines de salinité plus élevée se distinguent sur les premiers mètres des profils. La couche profonde est peu influencée par la marée, la température varie entre 27 et 27.5 °C, la salinité reste constante à 31.5 g/l.

Les teneurs en éléments nutritifs sont très variables en fonction de la marée. C'est à marée basse que les concentrations sont maximales.

Sur les bords des plages au Nord de la baie de Trou d'eau Douce, les résurgences sont bien visibles, les eaux douces surgissent du sable et forment des petites "rigoles" qui s'écoulent vers le lagon. Il a été mesuré dans ces eaux 30000 µg/l de silice et 13000 µg/l de nitrates.

Les teneurs en éléments nutritifs augmentent durant la marée descendante (figure 73).

Déjà par seulement 80 cm de profondeur, des différences notables entre les concentrations de surface et de fond sont mesurées sur le bord de la plage au Nord de la baie (figure 73 a).

En surface, les teneurs moyennes en silice passent durant la marée descendante de 10000 à 23000 µg/l et celles en nitrates de 3000 à 10000 µg/l. Au fond les teneurs en silice passent de 4000 à 11000 µg/l et celles en nitrates de 1000 à 4000 µg/l.

Dans le centre de la baie, les variations sont moindres (figure 73 b). Les teneurs en silice de surface passent de 2000 à 4000 µg/l et celles en nitrates de 500 à 1000 µg/l. A 12 m de profondeur, les teneurs très faibles en nitrates restent constamment à 30 µg/l. Les teneurs en silice varient inversement à l'évolution enregistrée en surface, elles passent de 360 à 270 µg/l durant la marée descendante et ne sont plus que de 150 µg/l à marée basse.

Les différences majeures entre la surface et le fond enregistrées au centre de la baie, sont régulées par les variations des apports en éléments nutritifs en fonction de la marée et par la courantologie.

Pendant la marée descendante, les apports en éléments nutritifs sont de plus en plus importants en surface et les eaux de toute la colonne sont évacuées vers la passe. Alors que la couche de surface se charge, la couche profonde s'appauvrit.

A marée montante, le courant s'inverse seulement sur la couche supérieure, la vidange de la baie par le fond continue, ce qui explique le faible mélange des deux couches et les faibles concentrations en profondeur.

VIII.2.2 - La situation hydrologique sur la côte Est : variations saisonnières

La salinité moyenne sur toute la zone couverte est plus basse, les températures sont plus chaudes et les teneurs en silice et nitrates sont plus élevées en saison cyclonique qu'en saison sèche.

Les deux couches d'eau dans la baie de Trou d'eau Douce sont distinctes quelle que soit la saison. Une eau peu salée jusqu'à 3 m se différencie de la couche d'eau profonde plus salée et plus fraîche (figure 74 a).

C'est en saison cyclonique que l'influence des eaux plus fraîches issues des résurgences est la plus évidente (figure 74 a). La température est abaissée d'environ 2 °C sur le premier mètre d'eau, les maxima que l'on rencontre ordinairement en surface se notent ici à 1 m environ. Dans la couche sous-jacente aux caractéristiques marines, la température de 27 °C en saison cyclonique passe à 25 °C en saison sèche, ce qui peut être mis en relation avec le rafraîchissement d'environ 2 degrés des eaux océaniques.

En saison cyclonique, la salinité en surface est de 10 à 15 g/l et de 31 à 32 g/l sur la couche profonde.

En saison sèche, le même profil n'a pas pu être dessiné (lacunes dans les données), la stratification des eaux est la même mais la salinité est plus élevée sur toute la colonne d'eau.

Les mesures de turbidité (figure 74 b), de pH et d'oxygène dissous montrent aussi cette stratification, malheureusement les profils n'ont pas pu être dessinés.

En surface le pH moyen est plus bas que celui des eaux profondes et l'oxygénation et la turbidité sont plus élevées. Ces paramètres sont variables jusqu'à 3 m en fonction des concentrations planctoniques et de la présence d'eau douce.

Les teneurs élevées en silice mesurées en surface dans la baie indiquent la présence des eaux douces, elles sont toujours liées à de fortes teneurs en nitrates, les coefficients de corrélation NO_3/SiO_2 calculés pour les deux saisons sont de 0.9 (figure 75).

En saison cyclonique, les teneurs en nitrates et silice moyennes mesurées en surface sont plus élevées qu'en saison sèche mais elles restent très élevées par rapport à un système non soumis à l'influence de résurgences d'eau souterraine.

Les teneurs en éléments nutritifs mesurées dans la couche de surface sont toujours plus élevées que celles de la masse d'eau sous-jacente (figure 76). Les concentrations mesurées de 3 m jusqu'au fond sont très basses quelle que soit la saison.

Le maximum de dégradation des biocénoses dans la baie de Trou d'eau Douce s'observe justement jusqu'à 4 m en coïncidence avec les concentrations en éléments nutritifs les plus élevées.

Les maxima de concentrations en silice (27000 $\mu\text{g/l}$ en saison cyclonique et 15000 $\mu\text{g/l}$ en saison sèche) et en nitrates (13000 $\mu\text{g/l}$ en saison cyclonique et 5000 $\mu\text{g/l}$ en saison sèche) se rencontrent dans le fond de la baie près de l'embarcadère et sur les côtes au Nord de la baie.

Les représentations des paramètres hydrologiques sur toute la zone considérée sont décrites et présentées par les figures 77 à 84.

Au centre de la baie de Trou d'eau Douce, les teneurs moyennes en silice mesurées en surface sont encore de l'ordre de 20000 $\mu\text{g/l}$ en saison cyclonique et de 10000 $\mu\text{g/l}$ en saison sèche, celles en nitrates sont de 10000 $\mu\text{g/l}$ en saison cyclonique et de 3000 $\mu\text{g/l}$ en saison sèche.

Dans le chenal en direction de la passe, les teneurs de surface tendent à décroître et la stratification devient moins distincte.

Les éléments nutritifs de la baie de Trou d'eau Douce sont évacués par la passe et des panaches se répandent vers le large en longeant la barrière.

Les coraux de la pente externe étant très dégradés dans cette région, le maximum de dégradation des récifs coïncide bien avec les fortes teneurs en éléments nutritifs.

Une maladie corallienne nouvelle a été observée près de l'émissaire de l'usine sucrière de Beau Champ. Elle se remarque par la formation de bandes grises sur le corail. Hors les teneurs en phosphates sont supérieures à 100 $\mu\text{g/l}$ dans cette zone (figure 84). Selon ANTONIUS, puisque cette maladie n'a été rencontrée que dans cette zone, elle se développerait préférentiellement dans les milieux riches en phosphates.

Les variations saisonnières des paramètres hydrologiques sont plus importantes au niveau de l'estuaire de la Grande Rivière du Sud-Est que dans la baie de Trou d'eau Douce. On remarque entre la saison cyclonique et la saison sèche une baisse de la turbidité et des concentrations en éléments nutritifs.

Le débit de cette rivière est plus faible en saison sèche et elle charrie moins d'éléments nutritifs.

Les teneurs moyennes en silice à l'embouchure de la Grande Rivière du Sud-Est sont de 5000 à 10000 $\mu\text{g/l}$ en saison cyclonique et de 1000 à 5000 $\mu\text{g/l}$ en saison sèche,

celles en nitrates sont comprises entre 1000 à 5000 µg/l en saison cyclonique et intérieures à 1000 µg/l en saison sèche.

VIII.3 - Conclusion

Dans la région Est deux systèmes distincts se différencient. L'un au Nord est soumis à l'influence de cultures de cannes à sucre et caractérisé par des résurgences d'eau douce et l'absence de rivière. L'autre au Sud est soumis à l'influence d'un bassin versant boisé et caractérisé par un réseau de surface développé (Grande Rivière du Sud-Est).

La région de la Grande Rivière du Sud-Est ressemble à celle de Rivière Noire (Sud-Ouest). Les apports insulaires suivent un rythme saisonnier, ils sont maxima en saison cyclonique et les teneurs en éléments nutritifs mesurées dans les lagons sont aussi plus élevées.

La région de Trou d'eau Douce n'est soumise aux apports d'aucune rivière, seuls les apports d'eau souterraine régule les teneurs en éléments nutritifs mesurées dans la baie. Comme les teneurs en nitrates des eaux souterraines sont à peu près constantes sur l'année, les variations saisonnières des teneurs dans la baie sont moindres.

Il a été observé plus de coraux morts dans la région Est que dans la région Sud-Ouest et la repousse des coraux malades n'y est pas plus intense en période sèche. Ce qui peut être mis en relation avec les teneurs en éléments nutritifs à peu près constantes sur l'année.

D'un point de vue géographique, le maximum de dégradation des récifs coïncide avec les teneurs en éléments nutritifs les plus élevées. Dans la baie de Trou d'eau Douce, les coraux les plus nécrosés se rencontrent jusqu'à -4 m, c'est-à-dire dans la couche d'eau superficielle plus douce et riche en éléments nutritifs.

Les récifs de la pente externe sont aussi très dégradés et le panache issu de la baie de Trou d'eau Douce longe justement le côté externe de la barrière.

CHAPITRE IX

ETUDE DES SEDIMENTS DE SURFACE DES RIVAGES ET LAGONS DU SUD-OUEST ET DE L'EST DE L'ILE

Les sédiments de surface témoignent de la "vie" des lagons, ils enregistrent les cycles géochimiques naturels et les traces de pollution.

Leur étude a permis de mieux définir les apports insulaires et de déterminer les zones les plus soumises aux influences anthropiques.

L'analyse géochimique a distingué les parts organique et minérale, autochtone et allochtone des dépôts et quantifié les éléments nutritifs et les éléments majeurs qu'ils contiennent.

La minéralogie a déterminé les minéraux majeurs de la phase carbonatée et les proportions des divers minéraux détritiques qui reflètent la proximité des sources terrigènes.

Le dosage du coprostanol (5 b-cholèstan-3 b-ol) est une méthode plus intéressante que le comptage des coliformes, le coprostanol est un traceur de pollution fécale très spécifique (MURTAUGH et BUNCH, 1967; DUTKA, 1973; YDE 1982). C'est l'un des principaux stérols trouvés dans les fèces humains et des mammifères supérieurs (ROSENFELD et GALLAGHER, 1964). Il est produit par réduction bactérienne intestinale du cholestérol, il est très stable dans le milieu marin.

Sa quantification dans les sédiments a permis d'évaluer l'impact des eaux usées sur les côtes Ouest, Sud-Ouest et Est de Maurice.

Les positions des échantillons de sédiments de surface sont présentés sur la figure 85 a (côte Ouest), sur la figure 85 b (côte Sud-Ouest) et sur la figure 86 (côte Est).

Les résultats d'analyse géochimiques et minéralogiques sont regroupés dans les tableaux 15, 16, 17 et 18. La corrélation de Spearman réalisée entre chaque paramètre est présentée dans le tableau 19 a et b.

STATION	PROFONDEUR	% CTOT	% COA	% COR1	% RI	% CORT	% COTC	% CMIN
M1	-1	12.68	0.67	23.57	12.11	2.85	3.53	9.83
S1	-1	11.56	0.18	6.83	2.55	0.17	0.35	11.21
S2	-1	11.38	0.29	8.69	4.30	0.37	0.66	10.72
S5	-1	12.18	0.30	27.16	2.12	0.58	0.88	11.30
PN1	-1	3.16	0.12	0.69	60.78	0.42	0.54	2.62
BN1	-1	11.81	0.11	0.00	0.18	0.00	0.11	11.70
BN2	-1	11.76	0.20	0.00	1.52	0.00	0.20	11.56
BN3	-1	11.80	0.18	0.00	0.86	0.00	0.18	11.62
R1	-25	11.12	0.11	2.06	4.26	0.09	0.20	10.92
R2	-23	10.98	0.14	5.19	5.95	0.31	0.45	10.53
R3	-10	10.99	0.17	6.44	5.31	0.34	0.51	10.48
R4	-6	7.26	0.00	0.73	29.78	0.22	0.22	7.04
R5	-3	5.05	0.34	3.26	59.96	1.95	2.29	2.76
R6	-1	4.02	0.09	0.21	53.80	0.11	0.20	3.82
C10	-60	11.06	0.14	5.47	5.00	0.27	0.41	10.65
C11	-70	11.15	0.13	5.19	4.73	0.25	0.38	10.77
C13	-90	10.97	0.11	4.63	5.78	0.27	0.38	10.59
M20	-166	10.58	0.12	4.07	7.15	0.29	0.41	10.17
M21	-65	11.19	0.14	5.48	6.26	0.34	0.48	10.71
M23	-45	11.04	0.10	2.57	1.58	0.04	0.14	10.90
S3	-30	11.66	0.12	0.00	0.64	0.00	0.12	11.54
GN3	-10	10.34	0.20	12.10	11.36	1.37	1.57	8.77
GNS	-30	10.38	0.16	4.11	9.55	0.39	0.55	9.83
L2	-120	10.99	0.11	5.04	4.60	0.23	0.34	10.65
L2'	-100	10.89	0.12	4.41	5.33	0.24	0.36	10.53
L3	-142	10.57	0.14	4.28	10.23	0.44	0.58	9.99
L4	-190	10.06	0.10	2.91	11.25	0.33	0.43	9.63
T7	-4	8.18	0.07	0.03	24.35	0.01	0.08	8.10
T8	-9	7.97	0.10	0.12	26.69	0.03	0.13	7.84
T9	-10	7.38	0.13	0.20	27.30	0.05	0.18	7.20
T10	-15	8.54	0.13	0.32	21.35	0.07	0.20	8.34
T11	-16	7.95	0.12	0.38	26.48	0.10	0.22	7.73
T14	-19	9.63	0.12	0.69	13.36	0.09	0.21	9.42
T15	-23	7.81	0.13	0.23	24.16	0.06	0.19	7.62
T16	-21	8.31	0.13	0.17	24.11	0.04	0.17	8.14
T17	-33	8.75	0.15	0.25	19.18	0.05	0.20	8.55
T19	-55	9.53	0.15	0.55	14.83	0.08	0.23	9.30
T21	-80	9.87	0.11	1.02	10.43	0.11	0.22	9.65
A6	-50	11.36	0.09	4.26	1.81	0.08	0.17	11.19
A9	-8	5.01	0.20	2.83	56.63	1.60	1.80	3.21
A11	-17	8.20	0.57	6.18	40.17	2.48	3.05	5.15
A13	-31	9.04	0.11	3.23	19.59	0.63	0.74	8.30
A14	-53	9.56	0.17	4.98	19.00	0.95	1.12	8.44
ED1	-5	11.37	0.21	5.98	3.26	0.19	0.40	10.97
ED2	-10	11.29	0.25	6.33	3.67	0.23	0.48	10.81
ED3	-10	11.20	0.27	6.80	3.33	0.23	0.50	10.70
ED4	-12	11.41	0.16	5.57	2.08	0.12	0.28	11.13
ED5	-12	11.37	0.35	9.99	5.49	0.55	0.90	10.47
ED6	-5	11.72	0.16	0.00	1.06	0.00	0.16	11.56
ED7	-9	11.74	0.10	0.00	0.39	0.00	0.10	11.64
ED8	-12	11.58	0.18	7.92	2.35	0.19	0.37	11.21
ED9	-2	10.25	0.13	0.00	0.36	0.00	0.13	10.12
IC1	-1	11.84	0.18	0.00	0.64	0.00	0.18	11.66
IC2	-5	11.52	0.18	4.19	1.73	0.07	0.25	11.27
IC3	-3	11.69	0.13	0.00	0.56	0.00	0.13	11.56
GS3	-25	11.49	0.20	9.80	2.03	0.20	0.40	11.09
GS8	-11	11.26	0.17	6.75	2.87	0.19	0.36	10.90
GS12	-2	4.10	0.43	1.61	56.97	0.92	1.35	2.75

Tableau 15 Dans les sédiments de surface, teneurs des paramètres suivants :

pourcentage de carbone de la roche totale, pourcentage de carbone organique acidosoluble de la roche totale, pourcentage de carbone organique du résidu insoluble, pourcentage de résidu insoluble de la roche totale, pourcentage de carbone organique insoluble rapporté à la roche totale, pourcentage de carbone organique total calculé de la roche totale, pourcentage de carbone minéral des carbonates de la roche totale.

STATION	% COA/COTC	% CORT/COTC	COPRO mg/kg	%C-COP/COTC	% H	% NTOT	% PO4	% SiO2
M1	19.0	80.7	6.00	0.014	0.77	0.392	0.16	0.64
S1	50.8	49.2	0.58	0.014	0.07	0.000	0.08	1.49
S2	43.7	56.3	0.37	0.005	0.14	0.020	0.07	0.53
S5	34.3	65.7	<0.20	≈0.001	0.13	0.030	0.09	0.25
PN1	22.2	77.8	1.20	0.019	0.36	0.000	0.14	1.39
BN1	100.0	0.0	2.00	0.152	0.12	0.000	0.06	0.11
BN2	100.0	0.0	1.10	0.046	0.13	0.000	0.09	0.39
BN3	100.0	0.0	1.20	0.056	0.09	0.000	0.08	0.26
R1	55.6	44.4	0.80	0.034	0.23	0.009	0.08	0.58
R2	31.2	68.8			0.28	0.033	0.08	0.59
R3	33.2	66.8	0.37	0.006	0.26	0.031	0.08	0.50
R4	0.0	100.0	0.25	0.010	0.34	0.018	0.13	1.15
R5	14.8	85.2	0.80	0.003	0.93	0.101	0.18	1.55
R6	44.3	55.7	0.82	0.034	0.00	0.005	0.21	1.59
C10	33.9	66.1	0.53	0.011		0.030	0.09	0.65
C11	34.6	65.4	0.38	0.008	0.28	0.026	0.09	0.58
C13	29.1	70.9	0.89	0.020		0.031	0.08	0.57
M20	29.2	70.8	0.47	0.010	0.29	0.029	0.10	0.66
M21	29.0	71.0	0.32	0.006	0.23	0.035	0.09	0.48
M23	71.1	28.9	1.10	0.065		0.003	0.08	0.40
S3	100.0	0.0	<0.20	≈0.007	0.13	0.000	0.07	0.21
GN3	12.7	87.3	1.00	0.005	0.22	0.000	0.09	0.85
GN5	29.0	71.0	1.20	0.018	0.20	0.000	0.08	0.79
L2	32.2	67.8	0.89	0.022	0.23	0.024	0.08	0.56
L2'	33.8	66.2	0.90	0.021	0.22	0.024	0.10	0.64
L3	24.2	75.8	0.31	0.004	0.26	0.043	0.10	0.68
L4	23.4	76.6	0.94	0.018	0.29	0.032	0.09	0.68
T7	90.6	9.4	<0.20	≈0.011	0.00	0.000	0.11	1.14
T8	75.7	24.3	0.25	0.016	0.10	0.000	0.11	1.27
T9	70.4	29.6	<0.20	≈0.005	0.18	0.000	0.12	1.26
T10	65.6	34.4	<0.20	≈0.004	0.14	0.000	0.11	1.09
T11	54.4	45.6	<0.20	≈0.004	0.00	0.000	0.12	1.27
T14	56.6	43.4	<0.20	≈0.004	0.54	0.000	0.12	1.20
T15	70.1	29.9	0.20	0.009	0.00	0.000	0.12	1.23
T16	76.0	24.0	<0.20	≈0.005	0.00	0.000	0.12	1.06
T17	75.8	24.2	0.38	0.016	0.15	0.000	0.12	1.18
T19	64.8	35.2	<0.20	≈0.004	0.00	0.000	0.10	1.07
T21	50.8	49.2	0.32	0.012	0.00	0.000	0.09	0.80
A6	53.9	46.1	0.63	0.031	0.20	0.007	0.08	0.26
A9	11.1	88.9	2.70	0.012	0.00	0.091	0.14	1.59
A11	18.7	81.3	1.70	0.005	1.12	0.181	0.15	1.43
A13	14.8	85.2	0.44	0.005	0.44	0.029	0.11	1.24
A14	15.2	84.8	1.75	0.013		0.055	0.10	1.08
ED1	51.9	48.1	0.52	0.011	0.18	0.030	0.09	0.33
ED2	51.8	48.2	0.70	0.012	0.20	0.040	0.09	0.35
ED3	54.4	45.6	0.76	0.013	0.20	0.040	0.09	0.40
ED4	58.0	42.0	0.80	0.024	0.20	0.020	0.09	0.42
ED5	39.0	61.0	0.60	0.006	0.30	0.090	0.10	0.51
ED6	100.0	0.0	0.58	0.030	0.19	0.020	0.09	0.21
ED7	100.0	0.0	2.34	0.195	0.16	0.010	0.08	0.09
ED8	49.2	50.8	0.48	0.011	0.22	0.040	0.08	0.30
ED9	100.0	0.0	0.46	0.029	0.13	0.000	0.07	0.13
IC1	100.0	0.0	2.40	0.111	0.18	0.020	0.08	0.22
IC2	71.3	28.7	0.40	0.013	0.16	0.000	0.08	0.23
IC3	100.0	0.0	0.50	0.032	0.17	0.000	0.08	0.16
GS3	50.1	49.9	1.70	0.036	0.22	0.040	0.09	0.32
GS8	46.7	53.3	2.10	0.048	0.23	0.020	0.12	0.33
GS12	31.9	68.1	3.00	0.019	1.09	0.050	0.12	1.20

Tableau 16 Dans les sédiments de surface, teneurs des paramètres suivants :

pourcentage de carbone organique acidosoluble par rapport au carbone organique total, pourcentage de carbone organique insoluble par rapport au carbone organique total, teneurs de coprostanol en mg/kg, pourcentage de carbone du coprostanol par rapport au carbone organique total, pourcentage d'hydrogène de la roche totale, pourcentage d'azote de la roche totale, pourcentage de phosphates de la roche totale, pourcentage de silice de la roche totale.

STATION	% Ca	% Mg	% Sr	% Fe	% K	% Al	% Mn
M1	37.47	1.43	0.43	0.30	0.15	0.19	0.00
S1	38.43	1.25	0.57	0.47	0.04	0.09	0.01
S2	37.28	1.43	0.44	0.31	0.07	0.16	0.01
S5	36.60	1.81	0.38	0.07	0.03	0.05	0.00
PN1	7.86	1.56	0.13	2.58	0.34	2.11	0.03
BN1	39.13	1.35	0.50	0.02	0.01	0.09	0.00
BN2	38.59	1.14	0.54	0.27	0.03	0.04	0.01
BN3	39.14	1.32	0.53	0.09	0.02	0.06	0.00
R1	34.61	1.39	0.52	0.34	0.05	0.19	0.00
R2	32.85	1.31	0.53	0.36	0.04	0.21	0.01
R3	33.72	1.32	0.53	0.33	0.06	0.21	0.00
R4	22.99	1.70	0.39	1.81	0.12	0.88	0.02
R5	9.40	1.94	0.21	3.02	0.20	1.49	0.03
R6	12.96	2.00	0.25	2.55	0.13	1.19	0.03
C10	34.28	1.47	0.51	0.40	0.06	0.21	0.01
C11	33.99	1.41	0.51	0.38	0.05	0.19	0.00
C13	33.60	1.69	0.42	0.56	0.05	0.20	0.00
M20	32.90	1.93	0.39	0.67	0.07	1.41	0.01
M21	34.06	1.47	0.50	0.30	0.06	0.56	0.00
M23	34.50	1.77	0.44	0.33	0.05	0.72	0.00
S3	39.68	1.32	0.52	0.10	0.02	0.03	0.00
GN3	32.26	1.40	0.44	0.76	0.04	0.51	0.01
GN5	34.76	1.46	0.44	0.62	0.05	0.49	0.01
L2	33.80	1.78	0.39	0.62	0.06	0.20	0.00
L2'	33.78	1.88	0.39	0.85	0.05	0.27	0.01
L3	31.79	1.62	0.43	0.71	0.06	0.30	0.01
L4	31.20	1.65	0.43	0.92	0.08	0.35	0.01
T7	30.16	1.32	0.26	0.79	0.05	0.32	0.01
T8	27.54	1.47	0.25	0.98	0.07	0.41	0.01
T9	25.57	1.51	0.25	1.01	0.09	0.47	0.01
T10	27.87	1.45	0.25	0.92	0.09	0.44	0.01
T11	25.08	1.46	0.24	1.03	0.09	0.48	0.01
T14	29.47	1.54	0.32	1.05	0.08	0.47	0.01
T15	27.60	1.67	0.23	1.19	0.13	0.55	0.01
T16	27.77	1.51	0.25	0.94	0.08	0.41	0.01
T17	27.09	1.76	0.25	1.12	0.08	0.45	0.01
T19	31.75	1.65	0.25	0.98	0.08	0.40	0.01
T21	33.48	1.67	0.24	0.73	0.09	0.23	0.01
A6	35.45	1.72	0.40	0.14	0.04	0.25	0.03
A9	10.88	2.21	0.24	3.53	0.12	0.16	0.04
A11	16.70	1.42	0.29	2.86	0.17	0.12	0.04
A13	27.63	1.38	0.47	1.33	0.09	0.07	0.01
A14	27.29	1.42	0.42	1.58	0.11	1.52	0.02
ED1	41.23	1.28	0.50	0.26	0.03	0.17	0.00
ED2	37.92	1.40	0.47	0.19	0.04	0.16	0.00
ED3	39.04	1.29	0.50	0.24	0.04	0.14	0.00
ED4	38.09	1.11	0.54	0.35	0.03	0.13	0.00
ED5	35.82	1.53	0.43	0.36	0.05	0.31	0.00
ED6	38.52	1.54	0.45	0.09	0.03	0.04	0.00
ED7	38.97	1.75	0.41	0.03	0.02	0.00	0.00
ED8	35.38	1.47	0.41	0.16	0.04	0.00	0.00
ED9	38.00	1.90	0.38	0.03	0.06	0.11	0.00
IC1	36.72	2.13	0.44	0.09	0.03	0.01	0.00
IC2	37.67	1.48	0.47	0.10	0.04	0.08	0.00
IC3	38.11	0.75	0.37	0.07	0.02	0.01	0.00
GS3	36.18	1.95	0.40	0.25	0.04	0.17	0.00
GS8	35.08	1.47	0.45	0.85	0.04	0.45	0.01
GS12	9.45	1.43	0.11	0.44	0.12	3.97	0.02

Tableau 17 Dans les sédiments de surface, teneurs des paramètres suivants :

pourcentage de calcium de la roche totale, pourcentage de magnésium de la roche totale, pourcentage de strontium de la roche totale, pourcentage de fer de la roche totale, pourcentage de potassium de la roche totale, pourcentage d'aluminium de la roche totale, pourcentage de manganèse de la roche totale.

STATION	ARAGONITE	MGCC cps	CALCITE cps	HALITE cps	PLAGIO cps
M1	401	340	146	239	24
S1	975	437	168	72	0
S2	838	523	204	161	0
S5	645	781	87	111	0
PN1	225	187	239	0	547
BN1	776	582	86	0	0
BN2	1016	400	133	0	0
8N3	863	526	109	0	0
R1	535	386	53	62	0
R2	509	345	46	30	0
R3	358	267	57	47	0
R4	360	270	49	45	43
R5	143	193	49	133	63
R6	199	244	46	25	140
C10	515	416	72	75	0
C11	505	388	80	62	0
C13	363	593	208	25	0
M20	310	517	148	89	0
M21	360	616	144	72	0
M23	479	428	79	64	0
S3	860	592	69	0	0
GN3	718	609	123	0	0
GN5	646	614	147	78	0
L2	325	681	253	67	0
L2'	301	561	260	37	0
L3	401	479	167	49	0
L4	402	467	184	59	0
T7	353	223	58	0	44
T8	339	260	49	26	39
T9	285	303	55	33	50
T10	353	320	56	41	229
T11	297	253	55	0	47
T14	330	308	57	0	41
T15	261	279	57	67	55
T16	309	306	51	0	46
T17	313	303	77	0	86
T19	259	349	77	36	168
T21	246	392	176	91	0
A6	332	524	296	57	0
A9	185	179	39	22	97
A11	235	228	46	116	54
A13	448	201	49	57	19
A14	403	321	79	74	35
ED1	804	598	237	128	0
ED2	791	727	253	145	0
ED3	796	651	259	132	0
ED4	767	589	200	102	0
ED5	706	813	181	130	0
ED6	409	720	220	0	0
ED7	502	760	278	0	0
ED8	658	724	173	120	0
ED9	462	793	247	241	0
IC1	668	710	106	0	0
IC2	739	771	218	114	0
IC3	872	575	176	0	0
G53	539	958	254	151	0
G58	649	669	166	118	0
GS12	136	199	58	48	179

Tableau 18 Teneurs en aragonite, calcites magnésiennes, calcite, halite et plagioclases dans les sédiments de surface.

(En diffractométrie RX, la hauteur du pic en CPS reflète la quantité de minéral présent dans l'échantillon).

	PROF	CTOT	COA	CORI	% RI	CORT	COTC	CMIN	COA/COTCCORT/COTC	COPRO mg/kg	%C.COP/	COTC	% H	% NTOT
PROFONDEUR	1.00	0.18	0.34	-0.23	-0.15	-0.23	-0.13	0.13	0.32	0.16	-0.13	-0.28	-0.22	
% CTOT	1.00	0.26	0.16	-0.93	-0.33	-0.21	0.98	0.42	-0.47	0.18	-0.10	-0.10	0.00	
% COA	1.00	0.49	-0.10	0.39	0.59	0.12	-0.15	0.10	0.10	0.23	0.00	0.14	0.43	
% CORI	1.00	0.00	0.72	0.74	0.00	0.00	-0.62	0.54	0.54	0.10	0.10	0.43	0.60	
% RI	1.00	0.49	0.40	0.40	-0.96	0.59	-0.56	0.59	0.59	-0.20	0.10	0.17	0.10	
% CORT	1.00	0.96	-0.44	0.94	0.87	0.76	-0.94	0.87	0.76	0.20	0.10	0.60	0.69	
% COTC	1.00	1.00	-0.34	-0.85	0.76	0.76	-0.85	0.76	0.76	0.24	0.10	0.55	0.70	
% CMIN	1.00	1.00	0.50	1.00	-0.54	-0.93	1.00	-0.54	-0.93	0.18	-0.10	-0.11	-0.10	
%COA/COTC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.20	-0.12	-0.61	-0.61	
%CORT/COTC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.13	0.10	0.53	0.55	
COPRO mg/kg	1.00	0.33	0.28	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	1.00	-0.33	0.28	0.35	
%C.COP/COTC	1.00	0.21	-0.10	0.59	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.21	-0.10	
% H	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% NTOT	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% PO4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% SiO2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% Ca	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% Mg	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% Sr	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% Fe	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% K	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% Al	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
% Mn	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
ARAGONITE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
MGCC cps	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
CALCITE cps	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
HALITE cps	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
PLAGIO cps	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Tableau 19 (a) Corrélations de Spearman entre les divers paramètres mesurés dans les sédiments de surface.

% PO4	% SiO2	% Ca	% Mg	% Sr	% Fe	% K	% Al	% Mn	ARAGONITE	MGCC cps	CALCITE cps	HALITE cps	PLAGIO cps	PROFONDEUR
0.00	-0.11	0.21	-0.20	0.00	-0.25	-0.21	-0.28	-0.10	0.28	0.00	-0.14	-0.14	0.13	% CTOT
-0.75	-0.86	0.93	-0.27	0.70	-0.88	-0.91	-0.75	-0.78	0.82	0.78	0.43	0.12	-0.82	% COA
0.00	-0.10	0.20	-0.21	0.18	-0.17	-0.15	-0.21	-0.15	0.30	0.24	0.10	0.42	0.10	% CORI
-0.10	0.00	0.10	-0.10	0.30	0.00	-0.10	0.00	-0.10	0.21	0.28	0.32	0.68	-0.34	% RI
0.83	0.92	-0.94	0.18	-0.64	0.91	0.88	0.73	0.80	-0.77	-0.78	-0.47	-0.11	0.81	% CORT
0.31	0.42	-0.42	0.10	-0.10	0.42	0.43	0.35	0.38	-0.23	-0.18	0.00	0.43	0.10	% COTC
0.27	0.33	-0.30	0.00	0.00	0.32	0.33	0.23	0.29	-0.10	-0.10	0.00	0.47	0.10	% COTC
-0.79	-0.88	0.92	-0.24	0.69	-0.88	-0.92	-0.73	-0.78	0.78	0.75	0.43	0.10	-0.81	% CMIN
-0.34	-0.48	0.52	-0.16	0.10	-0.52	-0.50	-0.43	-0.49	0.32	0.26	0.10	-0.33	-0.13	%COA/COTC
0.37	0.51	-0.54	0.10	-0.13	0.53	0.48	0.44	0.51	-0.34	-0.32	-0.10	0.25	0.18	%CORT/COTC
-0.13	-0.16	0.14	0.10	0.18	-0.12	-0.19	-0.10	0.00	0.14	0.17	0.18	0.10	-0.19	COPRO mg/kg
0.14	0.10	-0.12	0.00	0.10	0.11	0.13	0.21	0.10	-0.10	-0.10	-0.31	0.00	0.00	%C.COP/COTC
0.14	0.10	-0.21	0.00	0.14	0.14	0.17	0.23	0.10	-0.10	0.00	0.11	0.28	0.10	% H
0.11	0.00	-0.10	0.12	0.12	0.00	0.10	0.00	0.00	-0.10	0.10	0.12	0.50	-0.14	% NTOT
1.00	0.76	-0.78	0.25	-0.63	0.83	0.72	0.60	0.66	-0.68	-0.64	-0.38	-0.11	0.80	% PO4
	1.00	-0.87	0.12	-0.53	0.93	0.84	0.64	0.83	-0.67	-0.82	-0.50	-0.12	0.77	% SiO2
		1.00	-0.34	0.70	-0.89	-0.90	-0.73	-0.80	0.85	0.79	0.50	0.18	-0.81	% Ca
			1.00	-0.57	0.23	0.36	0.28	0.16	-0.56	0.10	0.13	0.10	0.19	% Mg
				1.00	-0.56	-0.68	-0.49	-0.52	0.79	0.45	0.16	0.14	-0.74	% Sr
					1.00	0.85	0.68	0.83	-0.71	-0.76	-0.44	-0.11	0.76	% Fe
						1.00	0.69	0.78	-0.82	-0.74	-0.38	0.10	0.77	% K
							1.00	0.62	-0.63	-0.50	-0.25	0.00	0.53	% Al
								1.00	-0.65	-0.79	-0.41	-0.15	0.71	% Mn
									1.00	0.65	0.30	0.16	-0.72	ARAGONITE
										1.00	0.68	0.35	-0.78	MGCC cps
											1.00	0.36	-0.54	CALCITE cps
												1.00	-0.29	HALITE cps
													1.00	PLAGIO cps

Tableau 19 (b) Corrélations de Spearman entre les divers paramètres mesurés dans les sédiments de surface. (suite)

IX.1 - LA MATIERE ORGANIQUE

- Comparaison des paramètres de la matière organique

La variation du COA par rapport au CORT (figure 87) montre les principaux types de matière organique.

De façon générale, les sédiments pris au delà de 20 m de profondeur (A) sont les plus pauvres en matière organique et celle-ci est la moins acidosoluble, le COA est inférieur à 0.3 % et le CORT est inférieur à 0.5 %.

La matière organique acidosoluble dessine deux lois de pente différente. L'une moyennement acidosoluble (B) est rencontrée dans la vasière du Méridien, dans la baie de Port-Louis (-17 et -8 m) et au fond de la baie de Rivière Noire. L'autre (C) plus facilement hydrolysable est mise en évidence sur les sédiments dont le COA par rapport au CORT représente les pourcentages les plus forts, c'est-à-dire en fond de baie de Trou d'eau douce, à l'embouchure de Grande Rivière du Sud-Est et quelques points sur la côte Est du lagon des Bénitiers.

En comparant les paramètres de la matière organique, carbones organiques et azote (tableaux 15 et 16) des différents systèmes, la baie de Tamarin apparaît comme étant la plus pauvre en matière organique, viennent ensuite les lagons des Bénitiers (échantillons des vasières exclus) et de Trou d'eau Douce, les baies de Rivière Noire et de Port-Louis et la baie de Grande Rivière du Sud-Est qui est la plus riche en matière organique.

Les phosphates PO₄ ne montrent aucune relation avec les paramètres de la matière organique (tableau 19).

- Relation matière organique et profondeur d'eau

Au niveau des baies de Port-Louis, de Rivière Noire et de Grande Rivière du Sud-Est, il se dessine clairement deux lois de distribution liées à la profondeur (figure 88).

Cependant chaque système montre ses particularités.

A Rivière Noire et à Grande Rivière du Sud-Est, toutes les teneurs CORT, COA, COTC, NTOT diminuent rapidement de -1 m jusqu'à -10 m environ, c'est-à-dire de l'embouchure vers les chenaux de vidange. A partir de 20 m, les teneurs sont très stables à Rivière Noire, centrées autour de 0.4 % pour le CORT, 0.1 % pour le COA, 0.03 % pour le NTOT.

Port-Louis se distingue du système Rivière Noire par une plus grande richesse en matière organique à profondeur égale. La limite entre les deux types de matière organique atteinte entre -10 et -23 m à Rivière Noire et Grande Rivière du Sud-Est n'est pas encore atteinte à Port-Louis par -53 m.

La baie de Tamarin très pauvre en matière organique avec un COTC ne dépassant pas 0.25 %, n'obéit pas aux mêmes lois. On note une faible augmentation des teneurs en COA jusqu'à -55 m et en CORT jusqu'à - 80 m. Ces faibles teneurs et les maxima observés en profondeur s'expliquent par le fait que la baie est très agitée et brassée par de longues vagues qui remontent jusqu'à l'embouchure. La matière organique en suspension est donc vite oxydée et les sédiments peu profonds sont lavés. Dans ce cas, la sédimentation ne peut s'effectuer qu'en milieu plus profond.

Dans la baie de Trou d'eau Douce, les maxima de COA, CORT et NTOT se rencontrent par - 10 et -12 m, la matière organique se concentre au centre de la baie.

Dans le lagon des Bénitiers le COTC ne dépasse pas 1 % sauf dans la vasière du Méridien très riche en matière organique.

- Relation matière organique, résidu insoluble : origine de la matière organique

Par rapport aux corrélations effectuées en considérant tous les échantillons (tableau 19), des corrélations meilleures sont obtenues en considérant chaque système séparément. Ces corrélations sont indiquées dans le texte.

Au large pour les points de -50 à -190 m, le RI corrèle bien avec le CORT (0.9) et avec le COTC (0.9) mais pas du tout avec le COA.

Par contre dans les lagons de -1 à -12 m, la corrélation est bonne avec tous les carbones organiques, CORT (0.91), COTC (0.95), COA (0.88). Ceci renforce la distinction d'un milieu de dépôt profond auquel est liée une matière organique non acidosoluble et d'un milieu peu profond auquel est liée une matière organique acidosoluble.

Dans les baies, chaque système montre ses particularités.

Dans la baie de Port-Louis, les corrélations du RI avec les carbones organiques sont bonnes ($r=0.8$). C'est là que le pourcentage de RI est le plus fort avec 27 % en moyenne et le carbone organique total est aussi le plus fort 1.4 % en moyenne, c'est la baie de l'ouest où les apports terrigènes et la matière organique sont les plus importants.

A Rivière Noire, les corrélations du RI avec les carbones organiques sont moyennement significatives si l'on considère tous les sédiments de la baie.

Les sédiments de fond de baie ont un RI fort de 30 à 60 % (tableau 15) qui notent la forte influence fluviale. Les sédiments pris par -30 m de profondeur ont un RI variable suivant leur situation, le Nord du chenal sous l'influence de la Rivière Noire montre des sédiments gris dont le RI est de 10 %, le Sud du chenal qui canalise les eaux de vidange du lagon des Bénitiers montre des sables lavés dont le RI est très faible < 1 %.

Tamarin est la seule baie où les corrélations du RI avec les carbones organiques sont négatives, le RI est de 21 % et le COTC de 0.2 % en moyenne, ce qui représente la plus faible part de matière organique rencontrée dans les baies de l'Ouest, les apports terrigènes demeurent assez importants mais sont plutôt de nature minérale.

Le sédiment de la vasière du Méridien est le plus riche en carbone organique et azote et cette vasière n'est soumise à aucune influence de rivière ou de ruisseau, sa matière organique est typique d'une zone d'accumulation peu profonde, peu agitée et peu oxygénée d'un fond de lagon.

Pour tous les autres sédiments des lagons des Bénitiers, de Trou d'eau Douce et de l'île aux Cerfs, la part de matériel terrigène est très faible, le RI moyen ne dépasse pas 2 % (tableau 15). Le carbone organique total est de 0.35 % en moyenne ce qui représente peu par rapport au CMIN.

IX.2 - LA PHASE DETRITIQUE TERRIGENE

- Les éléments détritiques terrigènes

Les éléments qui corrélient le mieux (tableau 19) avec le RI sont l'Al (0.73), le Fe (0.91), le Mn (0.80), le K (0.88), le SiO₂ (0.92) et le PO₄ (0.83). Ce sont les éléments silicoclastiques et les éléments liés à la phase terrigène détritique que l'extraction à l'HCl a solubilisé. Les teneurs de ces éléments sont indiquées dans les tableaux 16 et 17.

Ils ont tous des coefficients de corrélation négatifs avec le CMIN et les éléments liés à la phase carbonatée.

Le phosphate, pourtant élément biophile normalement en relation avec la matière organique, est ici détritique terrigène et sa source se trouve dans les basaltes et leurs produits d'altération. Cette origine de phosphates existe depuis toujours, les teneurs en cet élément (tableau 16) ne peuvent donc pas être prises en considération pour évaluer la pollution.

Le RI est un reflet de l'influence terrigène, c'est donc dans les estuaires et baies que l'on rencontre les maxima de RI, il atteint presque 60 % pour certains sédiments proches des embouchures à Rivière Noire, à Port-Louis et à Grande Rivière du Sud-Est (tableau 15).

Pour les sédiments pris au delà de -50 m, le maximum de RI rencontré à l'Ouest est de 20 % et les teneurs les plus fortes se localisent au large de Port-Louis, de Tamarin et du lagon de la Preneuse sous l'influence du panache issu de la baie de Tamarin.

- Distribution des détritiques terrigènes avec la profondeur

Comme pour la matière organique, on distingue les mêmes lois de variation avec la profondeur du sédiment (figure 89), diminution rapide à Rivière Noire de -1 à -10 m, diminution moins rapide à Port-Louis jusqu'à -53 m puis stabilisation jusqu'à -190 m. L'influence fluviale persiste donc plus longtemps à Port-Louis qu'à Rivière Noire.

Tamarin se distingue par une diminution très lente du RI, 10 % à -80 m.

C'est dans les lagons que l'on rencontre les RI les plus faibles, exception faite des vasières (tableau 15). Dans le lagon des Bénitiers, de Trou d'eau Douce et des Cerfs, le RI ne dépasse pas 6 %.

IX.3 - LA PHASE CARBONATEE

- Les éléments liés aux carbonates

Les éléments carbonatophiles augmentent avec le CMIN et diminuent avec le RI (tableau 19), les seuls sont le Ca ($r=0.92$) et le Sr ($r=0.69$). Les teneurs de ces éléments sont indiquées dans le tableau 17.

Le Mg, présent dans les calcites magnésiennes a plutôt tendance à diminuer (tableau 19) avec l'augmentation des carbonates CMIN ($r=-0.24$). Par contre, si on ne considère que les sédiments pris au dessous de -10 m au large des embouchures, le Mg croît avec le CMIN.

- Distribution du carbone des carbonates avec la profondeur

Les mêmes lois se distinguent toujours (figure 90).

De -1 m jusqu'à -10 m à Rivière Noire, le CMIN, le Ca et le Sr (figures 90, 91 et 92) augmentent rapidement à cause de la diminution rapide de l'influence fluviale; on note qu'elle diminue moins rapidement à Port-Louis jusqu'à -53 m.

Pour tous les sédiments, après cette augmentation, il y a une légère diminution.

A Tamarin, le CMIN tend à augmenter lentement jusqu'à -80 m.

IX.4 - LA MINÉRALOGIE

Les sédiments de l'écosystème littoral de Maurice sont composés principalement :

- de terrigènes détritiques : plagioclase basique (An 70 environ) dans la fraction sableuse et de smectites, gibbsite, halloysite, kaolinite dans la fraction argileuse,
- de trois minéraux carbonatés : calcite magnésienne, aragonite et calcite qui sont les minéraux carbonatés majeurs des systèmes récifaux (NEWELL et RIGBY, 1957; FAIRBRIDGE, 1957; VON DER BORCH, 1964),
- de sulfures de fer diagénétiques, pyrite ou marcassite.

Du micas (illite) est présent en faible quantité.
Le quartz est absent de la majorité des sédiments.

Les éléments pris en considération au cours de cette étude sont représentés sur les diagrammes de diffraction RX (figure 93).

A Maurice, les calcites magnésiennes ont une composition constante: 12.5 mole% de $MgCO_3$.

Les teneurs maximales (tableau 18) d'aragonite et de calcites magnésiennes se rencontrent:

- dans les lagons des Bénitiers, de Trou d'eau Douce, des Cerfs et dans le chenal de Grande Rivière du Sud-Est qui permet la vidange du lagon des Cerfs. Les sédiments des lagons sont essentiellement constitués par des débris de coraux et de squelettes des organismes de l'écosystème corallien, mollusques, échinodermes, foraminifères etc... (BATHURST, 1967),

- dans la baie de Rivière Noire qui est la baie de la côte Ouest où les teneurs en aragonite et calcites magnésiennes sont les plus fortes.

Le lagon des Bénitiers qui reçoit la Petite Rivière Noire et d'autres petits ruisseaux montre un maximum pour les plagioclases (tableau 18), la baie de Trou d'eau Douce qui ne reçoit aucun ruisseau n'a pas de plagioclase. Les plagioclases reflètent bien les apports détritiques terrigènes dans les lagons.

- Variations des carbonates avec la profondeur

Les teneurs en aragonite croissent rapidement jusqu'à -30 m à Rivière Noire (figure 94). Le maximum se rencontre dans le Sud du chenal qui reçoit les apports de sédiments coralliens (aragonite) du lagon des bénitiers.

Le Nord du chenal se caractérise par des teneurs en aragonite plus basses en raison de la dilution par l'apport détritique de la Rivière Noire.

Les teneurs en aragonite diminuent avec l'éloignement des côtes en relation avec les plus faibles apports en sédiments coralliens.

A Port-Louis, les teneurs en aragonite augmentent encore jusqu'à -53 m (figure 94).

Tamarin se distingue avec une décroissance de l'aragonite de -1 à -80 m.

Les teneurs en calcites magnésiennes et en calcites (figures 95 et 96) croissent avec la profondeur en relation avec la diminution d'énergie du milieu. Les teneurs en calcite paraissent plus élevées sur le profil réalisé au Nord de la baie de Rivière Noire que sur celui réalisé au Sud.

Les teneurs en plagioclases (figure 97) décroissent rapidement à Rivière Noire et Grande Rivière du Sud-Est, leur teneur est nulle à -10 m alors qu'on en trouve encore par -50 m à Tamarin et Port-Louis.

Les teneurs en Mg augmentent avec celles de calcites magnésiennes seulement à partir de -10 m. La comparaison des figures 95 et 98 en témoigne dans les régions de Rivière Noire et de Port-Louis.

Dans les baies de Rivière Noire et de Port-Louis, pour les sédiments plus profonds que -10 m, les corrélations sont bonnes entre les teneurs en calcites magnésiennes et en

Mg ($r=0.95$ à Port-Louis et $r=0.42$ à Rivière Noire); les sédiments pris entre -1 et -10 m viennent perturber ces corrélations jusqu'à les rendre négatives (tableau 19). Pour les sédiments pris en dessous de -10 m, le Mg provient donc des calcites magnésiennes.

Inversement, les corrélations Mg/RI et Mg/plagioclases sont meilleures quand on prend en compte les échantillons entre -1 et -10 m.

Pour les sédiments de -1 à -10 m, le Mg vient donc du lessivage des détritiques terrigènes.

IX.5 - LE COPROSTANOL

Les corrélations (tableau 19) entre les teneurs en coprostanol et les teneurs des paramètres de la matière organique sont positives mais peu significatives, $r=0.23$ pour COA, $r=0.24$ pour COTC et $r=0.35$ pour l'azote total. Ces mauvaises corrélations indiquent une autre origine du coprostanol et sa valeur d'indicateur des matières fécales est donc ainsi indirectement confirmée.

Il n'y a aucune corrélation (tableau 19) entre les teneurs en coprostanol et les teneurs des paramètres de la phase détritique terrigène ni avec celles des paramètres de la phase carbonatée.

Les concentrations en coprostanol sont relatives à la taille des particules, le coprostanol est véhiculé avec les boues et sédiments dans des lieux calmes avec les particules fines (HATCHER, 1979).

Une concentration sédimentaire en coprostanol supérieure à 0.01 mg/kg de sédiment sec suffit pour être révélatrice d'une contamination (PIERCE, 1984).

Ici le seuil de quantification en mg/kg de sédiment sec est de 0.2 et l'erreur de mesure se situe autour de 20 %.

En guise de référence, le coprostanol a été dosé dans des sédiments de surface prélevés en Atlantique par -4800 m, les teneurs sont inférieures à 0.2 mg/kg.

HATCHER en 1979 a mesuré 5800 mg/kg de coprostanol dans les sédiments de la baie de New York.

PITTET en 1990 a mesuré dans le lac de Neuchâtel, 50 mg/kg de coprostanol à 40 m de l'exutoire de la station d'épuration et 1.6 mg/kg dans les sédiments de surface prélevés au milieu du lac.

Pour avoir une valeur de coprostanol représentative par rapport au pourcentage de carbone organique contenu dans le sédiment, les teneurs en coprostanol sont exprimées en pour-cent de carbone et rapportées aux teneurs de carbone organique total.

Exprimées en pourcentage de carbone, les fortes concentrations en coprostanol sont ainsi atténuées quand les teneurs en matière organique sont aussi élevées, comme dans le cas des vasières (tableau 19). Inversement ces valeurs en pour-cent mettent en évidence certains points où les teneurs en coprostanol restent élevées alors que celles en matière organique sont faibles comme dans le cas des sédiments profonds.

- Les zones contaminées par les eaux usées

La comparaison des teneurs en coprostanol, présentées dans le tableau 16, permet d'identifier les régions les plus contaminées par les eaux usées.

- Au large

Les teneurs en coprostanol diminuent avec la profondeur et avec l'éloignement des côtes (figure 99).

Par -190 m de profondeur, il persiste 0.9 mg/kg de coprostanol (soit 0.018% de C-coprostanol/COTC) au large du lagon de la Preneuse.

La teneur en coprostanol mesurée au niveau du collecteur d'eaux usées de Pointe Moyenne est de 0.6 mg/kg (soit 0.031% de C-coprostanol/COTC). A cet endroit, la teneur en coprostanol est relativement élevée par rapport à la quantité de matière organique.

- Dans les estuaires

Dans la baie de Tamarin qui est bien brassée, on rencontre les teneurs les plus basses, le maximum n'est que de 0.38 mg/kg (soit 0.016% de C-coprostanol/COTC).

La contamination augmente au niveau des autres estuaires, 1.1 mg/kg (soit 0.065% de C-coprostanol/COTC) sont mesurés dans la baie de Rivière Noire. Le système Rivière Noire est complexe (figure 99). Les teneurs sont plus élevées dans le Nord du chenal qui canalise les eaux de Rivière Noire (GN5 = 1.2 mg/kg) que dans le Sud du chenal qui est soumis à l'influence des apports du lagon des Bénitiers (S3 < 0.2 mg/kg).

Des teneurs en coprostanol supérieures à 1.5 mg/kg sont caractéristiques des milieux les plus contaminés à Maurice.

Un gradient décroissant des teneurs apparaît nettement quand on s'éloigne des estuaires de Port-Louis et de Grande Rivière du Sud-Est. La teneur mesurée à l'embouchure de Port-Louis est de 2.7 mg/kg (soit 0.012% de C-coprostanol/COTC) et celle mesurée à Grande Rivière du Sud-Est est de 3 mg/kg (soit 0.019% de C-coprostanol/COTC). Les teneurs en matière organique sont aussi très élevées, ce qui abaisse les teneurs exprimées en pour-cent.

- Dans les lagons

Les lagons des Bénitiers, de Trou d'eau Douce et des Cerfs montrent localement des teneurs en coprostanol élevées (supérieures ou de l'ordre de 1.5 mg/kg).

A l'Ouest de l'île aux Bénitiers, 2 mg/kg (soit 0.15% de C-coprostanol/COTC) sont mesurés dans un sable grossier aérobie et pauvre en matière organique. Selon HATCHER, une telle teneur est non explicable et doit être exagérée.

Dans la baie de la Petite Rivière Noire, il a été mesuré 1.2 mg/kg (soit 0.019% de C-coprostanol/COTC).

Un élevage de cerfs est situé dans cette région, ce qui pourrait être le facteur dominant pour expliquer ces teneurs.

Les eaux ruissellent dans les pâturages à faible pente et arrivent chargées dans le lagon.

Un grand élevage de bovins est situé au Sud du Morne Brabant, les excréments des animaux sont directement rejetés dans le lagon et constituent une couche dense sur l'eau et sur la plage (RUCH, observation avril-juillet 1990). Un autre élevage de cerfs est situé sur la pente Nord du Morne Brabant.

Les 6 mg/kg de coprostanol mesurés dans la vasière derrière l'hôtel Méridien ne représente plus que 0.014% de C-coprostanol quand on les rapporte au carbone organique total. Ceci confirme l'origine autochtone de la matière organique dans ce fond de lagon. Il s'agit d'un lieu d'accumulation de matière organique et dans un tel milieu anoxique, le coprostanol peut dériver du cholestérol d'origine autochtone (végétaux, algues, phytoplancton et zooplancton) par réduction bactérienne dans le sédiment (PITTET, 1990).

La principale source de coprostanol étant donnée par les élevages qui bordent le lagon des Bénitiers, il est difficile d'évaluer l'impact des complexes hôteliers et de la population locale.

Pour ce qui est des lagons de l'Est, les 2.4 mg/kg (soit 0.11% de C-coprostanol/COTC) mesurés devant l'arche de l'Hôtel Touessrok sont caractéristiques de l'impact hôtelier. Les 2.3 mg/kg (soit 0.19% de C-coprostanol/COTC) mesurés dans le chenal de Trou d'eau Douce s'expliquent grâce à la courantomologie. La sortie du chenal de Trou d'eau

Douce est un point de confluence pour les eaux de l'Hôtel Touessrok et pour celles de la baie qui est entourée d'habitations.

IX.6 - CONCLUSION

Globalement, la matière organique se présente sous deux formes. La matière organique facilement hydrolysable est distribuée au Sud et à l'Est du lagon des Bénitiers, dans la baie de Trou d'eau Douce, à l'embouchure de Rivière Noire, dans les estuaires de Port-Louis et de Grande Rivière du Sud-Est. La matière organique non acidosoluble est typique des sédiments plus profonds.

Les teneurs en éléments nutritifs dans les sédiments de surface sont données par les pourcentages d'azote total et de phosphates.

Les pourcentages d'azote sont très bas et l'azote est lié uniquement à la matière organique.

Les phosphates proviennent en grande proportion des détritiques terrigènes (de la dégradation des basaltes). Cette origine ayant toujours existée, les teneurs en phosphates mesurées ici ne peuvent pas être prises en considération pour évaluer la pollution.

Les éléments et les ions complexes comme SiO_2 , Fe, Al, Mn, et K sont tous d'origine détritique terrigène; les seuls éléments liés aux carbonates sont le Ca et le Sr.

Le Mg vient du lessivage des terrigènes détritiques dans les sédiments de -1 à -10 m et des calcites magnésiennes pour les sédiments plus profonds.

L'influence terrigène donnée par les pourcentages de résidu insoluble et de plagioclases basiques est faible dans les lagons. C'est bien sûr dans les estuaires qu'elle est dominante et elle se ressent plus profondément à Port-Louis qu'à Rivière Noire.

Dans les estuaires, les teneurs en calcites et calcites magnésiennes augmentent avec la bathymétrie en relation avec la baisse d'énergie du milieu. Elles augmentent plus vite à Rivière Noire qu'à Port-Louis et Tamarin.

Les teneurs en aragonite croissent jusqu'à -30 m à Rivière Noire en relation avec l'apport de sédiments coralliens du lagon des Bénitiers, elles décroissent ensuite avec l'éloignement de la côte.

La pollution par les eaux usées, indiquée par les teneurs en coprostanol, se ressent sur tous les sédiments analysés. Elle est surtout importante dans les zones des lagons où l'accumulation est possible et près des embouchures des rivières puis elle diminue avec l'éloignement des côtes et la bathymétrie. Les teneurs en coprostanol supérieures à 1.5 mg/kg sont caractéristiques des milieux les plus contaminés. Elles se rencontrent dans les estuaires de Port-Louis et de Grande Rivière du Sud-Est, près de l'hôtel Touessrok et dans le chenal de Trou d'eau Douce.

CHAPITRE X

CONCLUSIONS GENERALES

L'Océan Indien est oligotrophe et les éléments nutritifs qui se concentrent à partir de -150 m dans les eaux océaniques au large de Maurice ne remontent pas en surface par phénomène d'upwelling. Ces éléments nutritifs n'alimentent donc pas l'écosystème récifal.

Par contre toutes les teneurs en éléments nutritifs élevées mesurées sur le littoral se rencontrent en aval des régions insulaires les plus polluées (dans la zone de Port-Louis, dans le Sud, dans la région de Trou d'eau Douce et dans le Nord).

L'origine des éléments nutritifs quantifiés au niveau de l'écosystème récifal est donc insulaire.

- Les teneurs en silice des eaux insulaires sont liées à la nature des sols lessivés et traversés par les rivières, les concentrations s'élèvent d'amont en aval (exemple du Plateau Central et du Sud où l'enrichissement des eaux en silice se fait à la traversée des laves anciennes riches en silice).

- Les teneurs en phosphates sont liées aux cultures maraîchères, aux élevages, aux industries textiles et sucrières (durant le broyage la canne à sucre restitue beaucoup de phosphates et un peu de silice).

- Les teneurs en nitrates des eaux douces insulaires sont toujours liées à la nature couvert végétal.

Sur le Plateau Central couvert de forêts primaires, les teneurs sont les plus faibles de l'île. Par contre, dans les régions agricoles (cannes à sucre) comme l'Est, les concentrations sont très élevées.

A l'Ouest, la présence des nitrates dans les eaux insulaires est fortement liée aux cultures et élevages et en plus faible part à l'urbanisation.

L'impact des eaux souterraines sur l'écosystème récifal est plus important que celui des eaux du réseau hydrographique de surface.

Les nitrates sont toujours plus concentrés dans les nappes phréatiques que dans les eaux de surface.

Les concentrations en nitrates dans les rivières et réservoirs sont variables en fonction de la pluviosité et du lessivage des champs et sont vite consommés par la flore aquatique. Au contraire malgré la sécheresse, elles restent à peu près constantes dans les nappes où l'activité biologique est limitée.

Les teneurs en nitrates mesurées dans les lagons soumis à l'influence de résurgences d'eau douce souterraine sont donc élevées quelle que soit la saison (Trou d'eau Douce).

Par contre, les lagons du Sud-Ouest (des Bénitiers) ont les teneurs les plus basses mesurées autour de l'île. Les rivières qui y arrivent traversent des terres à couverture forestière sur le Plateau Central et seulement quelques cultures près des côtes. Les teneurs mesurées sur ce littoral sont variables selon la saison et les maxima sont relevés en période cyclonique.

Les teneurs élevées en éléments nutritifs mesurées sur le littoral coïncident bien avec les zones des récifs les plus dégradées.

- Les récifs du Sud-Ouest sont en meilleure santé que ceux de l'Est. Les apports en éléments nutritifs sont ordinairement faibles dans les lagons du Sud-Ouest et les coraux repoussent pendant la période sèche quand les teneurs sont minimales.

- Les dégradations des récifs les plus remarquables de la côte Sud-Ouest se rencontrent sur les récifs frangeants de Tamarin et de La Preneuse et c'est justement là que l'influence du panache issu de l'estuaire de Tamarin se fait le plus sentir.

- Les récifs de l'Est sont eux davantage touchés et les teneurs en éléments nutritifs dans les lagons sont élevées toute l'année.

- Dans la baie de Trou d'eau Douce, la zone où la dégradation est maximale correspond aux trois à quatre premiers mètres d'eau plus douce qui est fortement concentrée en éléments nutritifs.

- Les récifs de la pente externe sont aussi très dégradés et les panaches riches en éléments nutritifs issus de la baie de Trou d'eau Douce, longent le côté externe de la barrière.

Ces coïncidences laissent penser que les éléments nutritifs sont au moins en partie responsables de la dégradation des récifs Mauriciens. En association avec d'autres facteurs (répertoriés en introduction), les éléments nutritifs amplifient le déséquilibre du milieu et les coraux en subissent les conséquences, ils deviennent fragiles devant les attaques bactériennes et ont plus de mal à surmonter les effets néfastes d'événements naturels (comme les cyclones).

Il est délicat de définir les concentrations limites en éléments nutritifs responsables de modifier le cycle vital des écosystèmes récifaux.

On peut cependant dire, grâce aux teneurs insulaires minimales représentatives de l'état original (Plateau Central), que des concentrations en éléments nutritifs des eaux douces supérieures à 5 mg/l de nitrates ou 100 µg/l de phosphates sont susceptibles d'engendrer en aval un déséquilibre du milieu littoral.

Le maximum de dégradation des récifs de la côte Sud-Ouest s'observe en période cyclonique. Les concentrations en éléments nutritifs maximales mesurées pendant la dépression cyclonique "Krissy" peuvent être considérées comme les limites inférieures à partir desquelles il y a dégradation des récifs.

Les teneurs maximales mesurées dans les rivières du Sud-Ouest étaient de 8 mg/l de nitrates et de 500 µg/l de phosphates.

Les teneurs maximales en nitrates dans les eaux salées étaient de 300 µg/l (panache issu de la rivière Tamarin).

Les concentrations limites en phosphates peuvent être mieux définies grâce aux observations réalisées dans la région de l'usine sucrière de Beau Champ. L'usine apporte 500 µg/l en moyenne dans les eaux douces. La dégradation corallienne est importante aux abords de l'émissaire de l'usine et les teneurs en phosphates dans leur environnement est de 100 µg/l.

La pollution par les eaux usées a un impact non négligeable sur le littoral Mauricien, ces eaux tendent à autrophiser le milieu récifal.

L'impact des eaux usées le plus fort, mis en évidence par des teneurs en coprostanol supérieures à 1.5 mg/kg, a été observé dans les estuaires de Port-Louis et de Grande Rivière du Sud-Est et dans les endroits calmes des lagons qui permettent l'accumulation.

Selon PIERCE, 0.01 mg/kg de coprostanol suffisent pour révéler une contamination fécale, hors toutes les concentrations mesurées à Maurice sont supérieures à cette limite. L'impact des eaux usées a donc été noté partout même au large par -190 m de profondeur.

BIBLIOGRAPHIE

ANTONIUS A. (1977) - Coral mortality in reefs : a problem for science and management. Proc. Third Internat. Coral Reef Symposium, Univ. Miami, Vol.2, p 617-623.

ANTONIUS A. (1981) - (a) The "band" diseases in coral reefs. (b) Coral reef pathology : a review. Proc. Fourth Internat. Coral Reef Symposium, Univ. Philippines, Manila, Vol.2, p 7-14 et 3-6.

ANTONIUS A. (1991) - Coral reef health at Mauritius. FACIES (International Journal of Paleontology, Geology, Sedimentology), à paraître.

ARLIDGE E.Z. (1973-75) - Land resources and agricultural suitability map of Mauritius.

BAK R.P.M. (1978) - Lethal and sublethal effects of dredging on reef corals. Marine Pollution Bull. Vol.9, No.1, January 1978, p 14-16.

BALLESTEROS E. (1991) - The degradation of the coral reef ecosystem in Mauritius (Indian Ocean): The role of algae. FACIES (International Journal of Paleontology, Geology, Sedimentology), à paraître.

BANNER A.H. (1974) - Kaneohe bay, Hawaii : urban pollution and a coral reef ecosystem. Proceeding of the second international coral reef symposium, Vol.2, p 682-702. Ed. by A.M.Cameron.

BAPST A. (1987) - Le lac de Neuchâtel : Physico-chimie et turbidimétrie des eaux. Concentration, minéralogie et granulométrie des particules en suspension. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Neuchâtel.

BATHURST R.G.C. (1967) - Depth indicators in sedimentary carbonates. Marine Geology, Vol.5, p 447-471.

BATTISTINI R. (1970) - Etat des connaissances sur la géomorphologie de l'île Maurice. Madagascar/Rev de Géographie, 17, p 63-77.

BECK C.J. (1987) - Etudes des composés humiques et essais de caractérisation de la matière organique dans les sédiments récents (post-glaciaires) du lac de Neuchâtel. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Neuchâtel.

BROWN B.E. (1987) - Worldwide death of corals. Natural cyclical events or man-made pollution?. Marine Pollution Bull. Vol.18, No.1, p 9-13.

BROWN B.E. (1990) - Coral bleaching. Special issue. Coral Reefs, Vol.8 (4), p 153-232.

BROWN R.C., WALKER R.W., WUN C.K. et LITSKY W. (1982) - Coprostanol as an indicator of fecal pollution. Paper No.2402, Massachusetts Agricultural Experiment Station, University of Massachusetts, Amherst.

COLLET L.W. (1912) - L'océan indien d'après Sir John Murray. La Géographie, T.XXIV, p 117-123.

DODGE R.E. et VAISNYS J.R. (1977) - Coral populations and growth patterns : Responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. Journal of Marine Research, Vol.35(4), p 715-730.

DOLLAR S.J. et GRIGG R.W. (1981) - Impact of a kaolin clay spill on a coral reef in Hawaii. Marine Biology. Vol.65, p 269-276.

DUTKA B.J., CHAU A.S.Y. et COBURN J. (1973) - Relationship between bacterial indicators of water pollution and fecal sterols. Water Research Vol.8, p 1047-1055.

FAIRBRIDGE R.W. (1957) - The dolomite question. Regional aspects of carbonate deposition. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, special publication No.5, Tulsa, Oklahoma, USA, february 1957.

FAURE G. et MONTAGGIONI L. (1971) - Les récifs coralliens sous le vent de l'île Maurice (archipel des Mascareignes, Océan Indien) : Morphologie et bionomie de la pente externe. C.R. Acad. Sc. Paris t.273, série D, p 1914-1916.

FAURE G. (1975) - Etude comparative des récifs coralliens de l'archipel des Mascareignes (Océan Indien). The Mauritius Institut Bull. Vol.VIII, part I, p 1-26.

FAURE G. et MONTAGGIONI L. (1976) - Les récifs coralliens au vent de l'île Maurice (archipel des Mascareignes, Océan Indien) : Géomorphologie et bionomie de la pente externe. Marine Geology, Vol.21, M9-M16, Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam.

FIEUX M. (1988) - Carte de circulation des eaux de surface dans l'Océan Indien.

FISCHER et al. (1967) - Carte bathymétrique de l'Océan Indien.

FOFONOFF N.P et MILLARD R.C (1983) - Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. Unesco Technical Papers in Marine Science, Vol.44, 53 p.

GATES, R.D. (1990) - Seawater temperature and sublethal coral bleaching in Jamaica. Coral Reefs, Vol.8 (4), p 193-197.

GLYNN P.W. (1983) - Extensive "bleaching" and death of reef corals on the Pacific coast of Panama. Environm. Conserv. Vol.10 No.2, summer 1983, p 149-154.

GLYNN P.W. (1984) - Widespread coral mortality and the 1982-1983 El Niño warming event. Environm. Conserv. Vol.11, p 133-146.

GLYNN P.W., HOWARD L.S., CORCORAN E. et FREAY A.D. (1984) - The occurrence and toxicity of herbicides in reef building corals. Mar. Pollut. Bull. Vol.15, p 370-374.

GOLDSMITH J.R., GRAF D.L. et JOENSUU O.I. (1955) - The occurrence of magnesian calcites in nature. Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol.7, p 212-230.

GOREAU T.F. (1964) - Mass expulsion of Zooxanthellae from Jamaïcan reef. Communities after hurricane Flora. Sciences, Vol.145, 24 July 1964, p 383-386.

GUEHO J. (1988) - La végétation de l'île Maurice. Editions de l'Océan Indien.

HARMELIN-VIVIEN M. (1976) - Ichtyofaune de quelques récifs coralliens des îles Maurice et La Réunion (Archipel des Mascareignes, Océan Indien). The Mauritius Institut Bull. Vol. VIII, part II, p 69-104.

HARMELIN-VIVIEN M. (1981) - Guide sous-marin de la Réunion et de l'île Maurice. Les édifices du Pacifique.

HATCHER P.G., KEISTER L.E et MCGILLIVARY P.A (1977) - Steroids as sewage specific indicators in New York bight sediments. Bull. of Environm. Contam. Toxicol Vol.17, p 491-498.

HATCHER P.G. et MCGILLIVARY P.A (1979) - Sewage contamination in the New York bight. Coprostanol as an indicator. ES&T Research, Vol.13, Number 10, p 1225-1229, octobre 1979.

HOLLAND H.D., LAZAR B. et McCAFFREY M. (1986) - Evolution of the atmosphere and ocean. Nature Vol.320, 6 march 1986, p 27-33.

HOTTINGER L. (1991) - Carbonate sands : biological origin of components in Mauritius. FACIES (International Journal of Paleontology, Geology, Sedimentology), à paraître.

HOTTINGER L. (1989-91) - The infaunal Foraminifera of Mauritius. FACIES (International Journal of Paleontology, Geology, Sedimentology), à paraître.

JOHANNES R.E. (1975) - Pollution and degradation of coral reef communities. Tropical Marine Pollution. Ed. by Wood and Johannes. Elsevier Oceanography Series Vol.12, p 13-51.

KINSEY D.W. et DAVIES P.J. (1979) - Effects of elevated nitrogen and phosphorus on coral reef growth. Limnol. Oceanogr. Vol.24(5), p 935-940.

KÜBLER B., BETRIX M.A. et FAUGEL P. (1979) - Répartition de quelques éléments dans les sédiments de surface du lac de Neuchâtel, modèle sédimentologique et géochimique. Bull. de la société Neuchâteloise des sciences naturelles, t 102.

LOYA Y. (1976) - Effects of water turbidity and sedimentation on the community structure of Puerto Rican corals. Bull. of Marine Science, Vol.26(4), p 450-466.

LOYA Y. (1976) - Recolonisation of Red Sea corals affected by natural catastrophes and man-made perturbations. Ecology Vol.57, p 278-289.

MAH A.J. et STEARN C.W (1986) - The effect of hurricane Allen on the Bellairs fringing reef, Barbados. Coral Reef, Vol.4, p 169-176.

MEYER C.A., LANGER M. et HUBER B. (1991) - The contribution of sea urchins to reef degradation in Mauritius. FACIES (International Journal of Paleontology, Geology, Sedimentology), à paraître.

MITCHELL R. et CHET I. (1975) - Bacterial attack of corals in polluted seawater. Microbial Ecology, Vol.2, p 227-233.

MONTAGGIONI L.F. (1981) - Les associations de Foraminifères dans les sédiments récifaux de l'archipel des Mascareignes (Océan Indien). Ann. Inst. Océanogr. Vol.57(1), p 41-62.

MULLER J. et VASSEUR P. (1989) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Contraintes et potentialités pour le développement. Expertise générale des dégradations

du milieu récifal. Appréciation globale des problèmes de pollution. Projet CEE 946/88, Universités d'Aix-Marseille I et III et de Maurice, Rapport No 2 (I-2), janvier 1989, 119 p., 99 fig., 2 pl. Archives : Instituts de géologie des Universités de Neuchâtel, Bâle, Berne, URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Université de Maurice à Réduit et Direction du développement CCE à Bruxelles.

MULLER J., PORCHER M. et VASSEUR P. (1989) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Etude préliminaire des pollutions de Maurice. Diagnostic et mesures d'urgence à prendre. Projet CEE 946/88, Université d'Aix-Marseille I et III et de Maurice, Rapport No 5 (I-5), septembre 1989, 72 p., 42 fig., 2 pl. Archives : Instituts de géologie des Universités de Neuchâtel, Bâle, Berne, URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Université de Maurice à Réduit et Direction du développement CCE à Bruxelles.

MULLER J., PORCHER M. et VASSEUR P. (1990) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Accélération du programme. Précautions à prendre en matière de pollution et dégradation en fonction des perspectives de développement touristique dans la zone test no 1 Le Morne - Flic en Flac. Projet CEE 946/89. Université d'Aix-Marseille I et III et de Maurice. Rapport No 2a (II-2a), octobre 1990, 11p., 3 fig., 1pl. Archives : Instituts de géologie des Universités de Neuchâtel, Bâle, Berne, URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Université de Maurice à Réduit et Direction du développement CCE à Bruxelles.

MULLER J., HOTTINGER L., MULLER N. et VASSEUR P. (1990) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Accélération du programme. Les écosystèmes littoraux de la zone test no 1 entre le Morne Brabant et Flic en Flac. Leurs modifications entre 1974 et 1989. Projet CEE 946/89. Universités d'Aix-Marseille I et III et de Maurice. Rapport No 1 (II-1), juillet 1990, 56 p., 11 fig., 4 tabl., 17 pl. Archives : Instituts de géologie des Universités de Neuchâtel, Bâle, Berne, URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Université de Maurice à Réduit et Direction du développement CCE à Bruxelles.

MULLER J., ANTONIUS A., BECK C., GEISTER J., GENDRE F., HUBER B., HOTTINGER L., KÜBLER B., LANGER M., MEYER C., PECHEUX J.F. (1990) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Les dégradations et les vecteurs de pollution dans la zone test no 1 entre le Morne Brabant et Flic en Flac. Projet CEE 946/89. Universités d'Aix-Marseille I et III et de Maurice. Rapport No 2 (II-2), juillet 1990, 52 p., 12 fig., 13 pl. Archives : Instituts de géologie des Universités de Neuchâtel, Bâle, Berne, URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Université de Maurice à Réduit et Direction du développement CCE à Bruxelles.

MULLER J. et RUCH P. (1990) - Note sur la demande de permis de dragage de sable corallien dans la baie de Tamarin, côte Sud-Ouest de Maurice, URA 1208, Université de Marseille I, Rapp. à diffusion restreinte, décembre 1990, 6 p., 10 fig. Archives : URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Ministère de l'Environnement de Maurice à Port-Louis.

MULLER J., ANTONIUS A., BALLESTEROS E., BECK C., CORNEE J.J., DROBNE K., GEISTER J., GENDRE F., GODET C.H, HUBER B., HOTTINGER L., KÜBLER B., LANGER M., MEYER C., MULLER N., PECHEUX J.F., PEERALY A., RUCH P., VASSEUR P. et ZWELLIN M. (1991) - Present-day damages of the Mauritius corals-reefs, Indian Ocean. Contribution to the understanding of fossil reef-platforms. The 2nd Intern. Symposium on Adriatic carbonate platforms, Zadar. (12 au 18 mai 1991, résumé).

MULLER J., ANTONIUS A., BALLESTEROS E., BECK C., DROBNE K., GENDRE F., HOTTINGER L., KÜBLER B., RUCH P., ZINCIUS P., ZWELLIN M. (1991) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Accélération du programme. Les dégradations et les vecteurs de pollution dans la zone test no 2 entre Trou d'eau Douce et Grande Rivière du

Sud-Est, côte Est de Maurice. Précautions à prendre en matière de pollution en fonction des perspectives de développement touristique. Projet CEE 946/89. Universités d'Aix-Marseille I et III et de Maurice. Rapport No 4 (II-4), février 1991, 65 p., 42 fig. Archives : Instituts de géologie des Universités de Neuchâtel, Bâle, Berne, URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Université de Maurice à Réduit et Direction du développement CCE à Bruxelles.

MULLER J., ANTONIUS A., BALLESTEROS E., BECK C., CORNEE J.-J., DROBNE K., GEISTER J., GENDRE F., HUBER B., HOTTINGER L., KÜBLER B., LANGER M., MEYER C., MULLER N., PECHEUX J.-F., PEERALY A., RUCH P., VASSEUR P. (1991) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Accélération du programme. Synthèse. Projet CEE 946/89. Universités d'Aix-Marseille I et III et de Maurice. Rapport No 5 (II-5), juin 1991, 260 p., 284 fig., 23 pl., 9 annexes. Archives : Instituts de géologie des Universités de Neuchâtel, Bâle, Berne, URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Université de Maurice à Réduit et Direction du développement CCE à Bruxelles.

MULLER N. (1989) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Contraintes et potentialités pour le développement. Cartes provisoires au 1/50.000 et 1/25.000 des écosystèmes littoraux de l'île Maurice. Projet CEE 946/88. Universités d'Aix-Marseille I et III et de Maurice. Rapport No 1 (I-1), janvier 1989, 9 pl. Archives : URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Ministère de l'Environnement de Maurice à Port-Louis.

MULLER N. (1989) - Etude des écosystèmes littoraux de Maurice. Contraintes et potentialités pour le développement. Etude générale des écosystèmes littoraux de Rodrigue. Carte provisoire au 1: 50.000. Projet CEE 946/88. universités d'Aix-Marseille I et III et de Maurice. Rapport No 4 (I-4), septembre 1989, 2 pl. Archives : URA 1208 CNRS, Université de Provence à Marseille, Ministère de l'Environnement de Maurice à Port-Louis.

MURTAUGH J.J et BUNCH R.L (1967) - Sterols as a measure of fecal pollution. J. Water Pollut. Control Fed. Vol.39, p 404-409.

NEWELL N.D. et RIGBY J.K (1957) - Geological studies on the great Bahama bank. Regional aspects of carbonate deposition. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, special publication No.5, Tulsa, Oklahoma, USA, february 1957.

NYFFELER F. et al. (1984) - The Swiss Oceanographic Research Programm "PROSPER". Cédra, Technical Report, No.84-36.

PADYA B.M. (1984) - The climate of Mauritius. Published by the meteorological office (Mauritius).

PERROUD B. (1982) - Etude volcanostructurale des îles Maurice et Rodrigue (Océan Indien occidental). Origine du volcanisme. Thèse, Univ. Sci. et Méd. Grenoble, 218 p., 197 fig., 3 annexes.

PICHON M. (1967) - Caractères généraux des peuplements benthiques des récifs et lagons de l'île Maurice (Océan Indien). Cahiers de l'ORSTOM, Sér. Océanogr., 5, 4, p 31-45.

PIERCE R.H et BROWN R.C (1984) - Coprostanol distribution from sewage discharge into Sarasota bay, Florida. Bull. Environm. Contam. Toxicol. Vol.32, p 75-79.

PITTET A. (1990) - Caractérisation et signification géochimique des alcools libres, estérifiés et non estérifiés, dans le sédiment du lac de Neuchâtel. Comparaison avec des

traceurs organiques d'origine synthétique et des traceurs inorganiques. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Neuchâtel.

REISS Z. et HOTTINGER L. (1984) - The Gulf of Aqaba, ecological micropaleontology. Ecological studies 50. Springer, Berlin, 354 p.

ROBIN B., PETRON C. et RIVES C. (1988) - Les coraux. Nouvelle-Calédonie, Tahiti, Réunion, Antilles. Les éditions du Pacifique.

RODIER J. (1978) - L'analyse de l'eau. Ed. Dunod, Paris.

ROSEN B.R. (1971) - The distribution of reef coral genera in the Indian Ocean. Symp. Zool. Soc. London. Vol.28, p 263.

ROSENFELD R.S. et GALLAGHER T.F. (1964) - Further studies of the biotransformation of cholesterol to coprostanol. Steroids, vol.4, p 515.

ROUGERIE F. et WAUTHY B. (1990) - Les atolls oasis. La Recherche No.223, juillet-août 1990, Vol.21, p 833-842.

ROUGERIE F., WAUTHY B. et ANDRIE C. (1990) - Validation du modèle d'endowpelling géothermique pour un atoll et un récif barrière d'île haute. Proceedings ISRS Nouméa 1990, p 197-202.

ROUGERIE F., ANDRIE C. et JEAN-BAPTISTE P. (1991) - Helium-3 inside atoll barrier reef interstitial water : a clue for geothermal endowpelling. Geophysical Research Letters, Vol.18, No.1, january 1991, p 109-112.

ROUGERIE F. (1991) - Le blanchiment des coraux de l'été 1991 : Phénomène régional ou signal d'alarme planétaire?. Tahiti Pacifique, Vol.1, No.6, octobre 1991, p 20-23.

RUCH P. (1990) - Maurice Ecosystèmes Littoraux. Résultats, questions, hypothèses. Rapport interne. Archives de l'Institut de géologie de Neuchâtel.

RUCH P., GENDRE F., BECK C. et KÜBLER B. (1991-92) - Physico-chimie des eaux douces et marines de Maurice. FACIES (International Journal of Paleontology, Geology, Sedimentology), à paraître. Archives de l'Institut de géologie de Neuchâtel.

RUZICKA J. et HANSEN E.H. (1981) - Flow Injection Analysis. Wiley-Interscience. J.Wiley & Sons, New York.

SENTENAC R. (1962-63) - Recherches d'eau souterraine à l'île Maurice. Printed by Adlard & Son Ltd, Bartholomew Press, Dorking.

SOOBRAH D. (1988) - Hydrology year book 1984-1985-1986, Mauritius. Central Water Authority, hydrologie section. Published by the authority of the Ministry of Energy, Water Ressources and Postal Services.

STARMÜHLNER F. (1979) - Results of the Austrian hydrobiological mission, 1974, to the Seychelles, Comores and Mascarene archipelagos. Part 1, preliminary report. Ann. Naturhistor. Mus. Wien. Vol.82, juin 1979, p 621-642.

TOMASCIK T. et SANDER F. (1985) - Effects of eutrophication on reef-building corals. I. Growth rate of the reef-building coral *Montastrea annularis*. Marine Biology, Vol.87, p 143-155.

TOMASCIK T. et SANDER F. (1987) - Effects of eutrophisation on reef-building corals. II. Structure of scleractinian coral communities on fringing reefs, Barbados, West Indies. *Marine Biology*, Vol.94, p 53-75.

TYACK J-C. (1989) - L'industrie sucrière de l'île Maurice. Publié par le bureau des relations publiques de l'industrie sucrière (PROSI).

UNIRAS (1988) - AGL/interpolations. User guide and reference manual. UNIRAS A/S, Soborg, 80 p.

VON DER BORCH C. (1964) - The distribution and preliminary geochemistry of modern carbonate sediments of Coorong area, South Australia. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 1965, Vol.29, p 781-799.

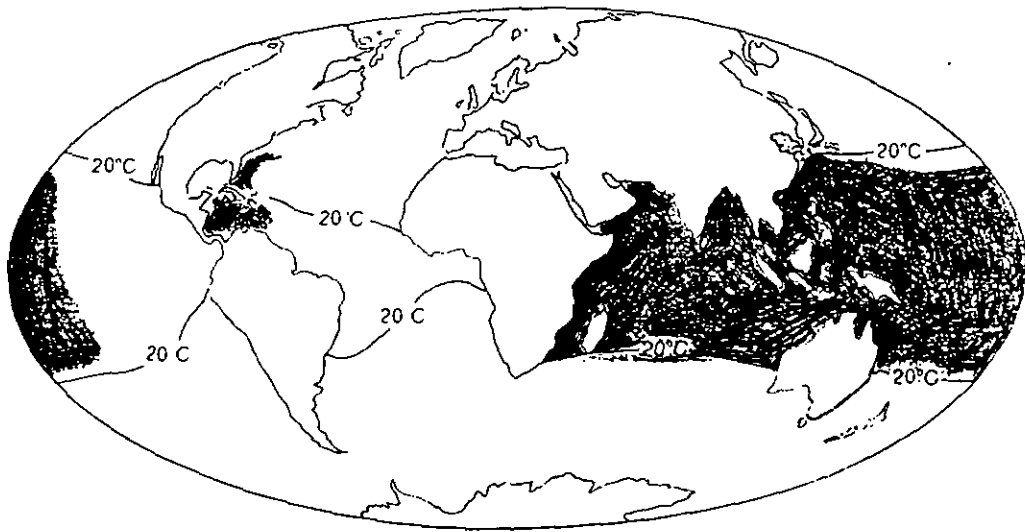
WALKER D.I. et ORMOND R.F.G. (1982) - Coral death from sewage and phosphate pollution at Aqaba, Red Sea. *Marine Pollution Bull.* Vol.13, No.1, p 21-25.

WALKER F. et NICOLAYSEN L.O. (1954) - The petrology of Mauritius. Colonial geology and mineral resources. Vol.4(1), p 3-43.

WENINGER G. (1977) - On inland waters chemistry of Indian Ocean's islands (Seychelles, Comores, Réunion, Mauritius). *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol*, Vol.XI, No.4, p 297-319.

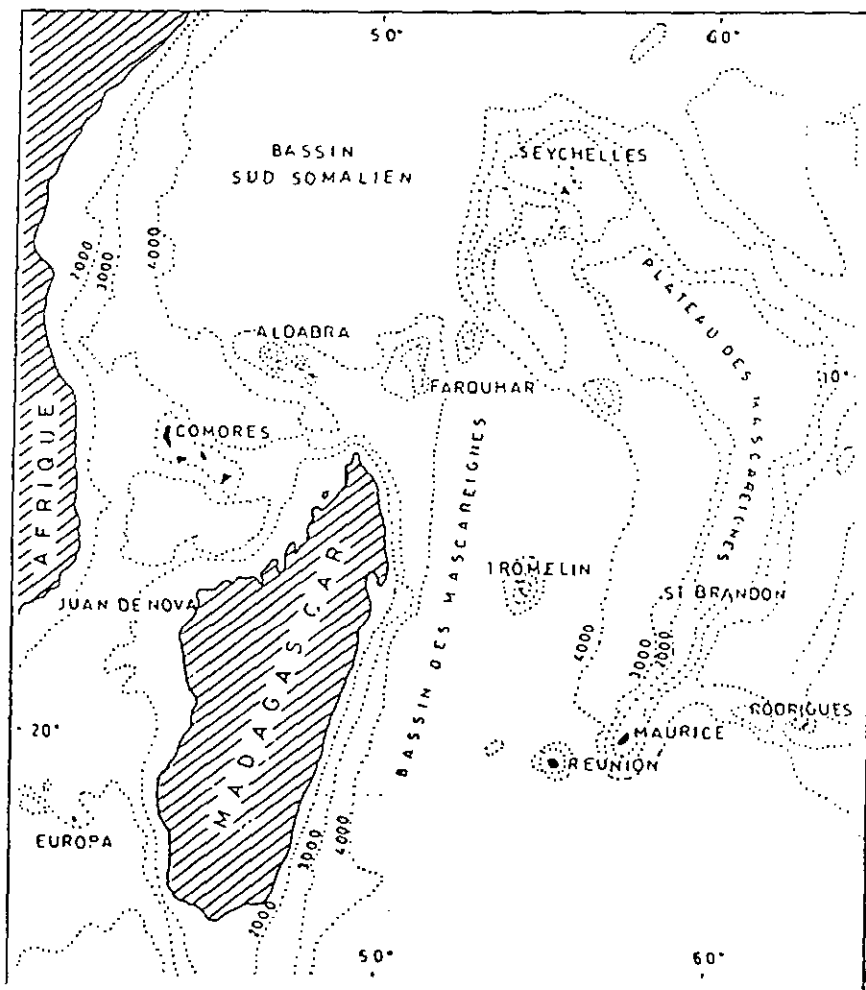
WILLAIME P. (1984) - Carte pédologique de l'île Maurice. ORSTOM.

YDE M., De WULF E., De MAEYER-CLEEMPOEL et QUAGHEBEUR D. (1982) - Coprostanol and bacterial indicators of faecal pollution in the scheldt estuary. *Bull. Environm. Contam. Toxicol.* Vol.28, p 129-134.



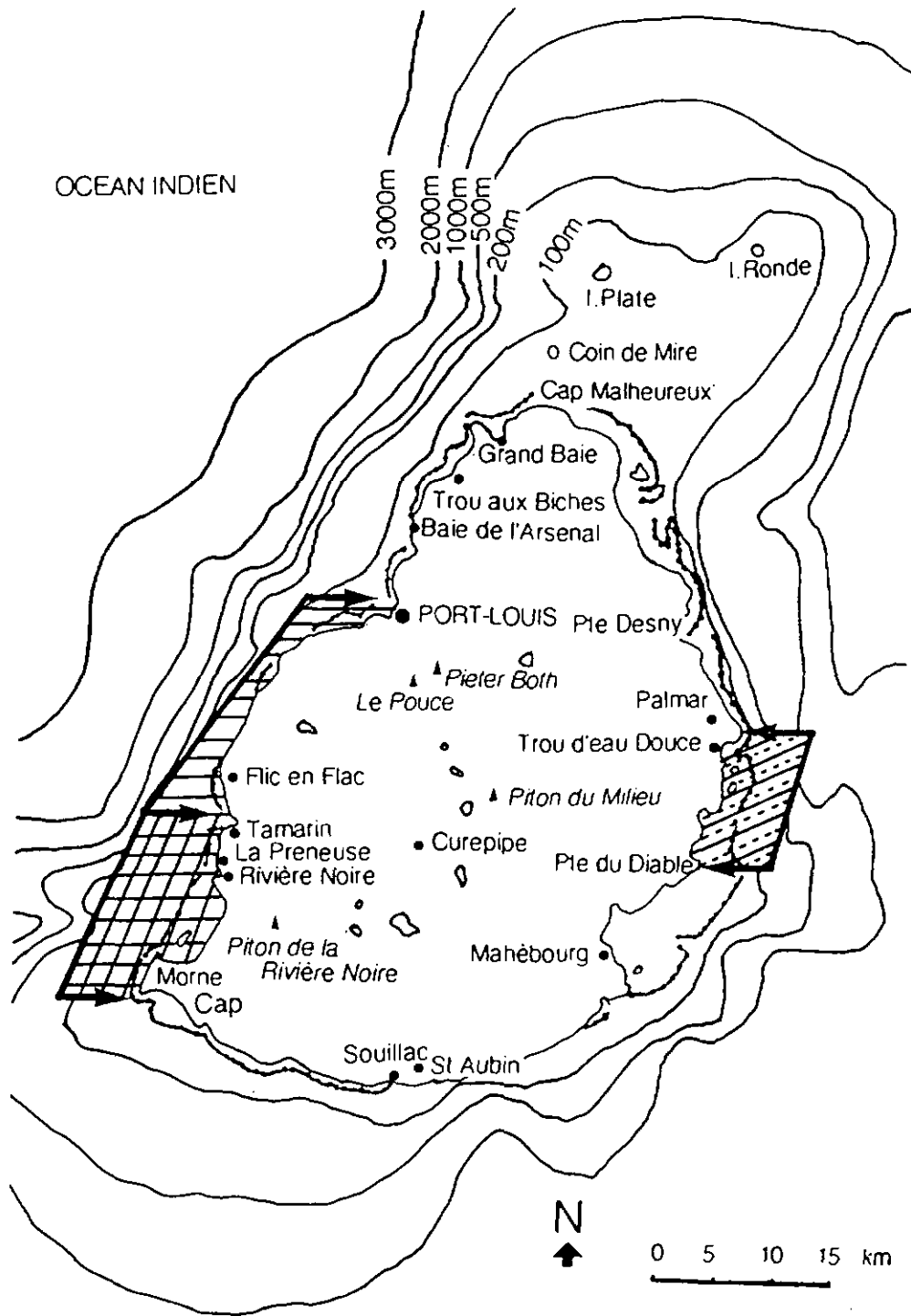
① **Distribution des récifs coralliens actuels**

Les coraux sont présents dans les mers tropicales et semitropicales où la température de l'eau moyenne n'est pas inférieure à 20 °C. Ils se concentrent entre les latitudes de 30° N et 30° S et plus particulièrement dans les Caraïbes, l'Océan Indien et l'Océan Pacifique tropical.








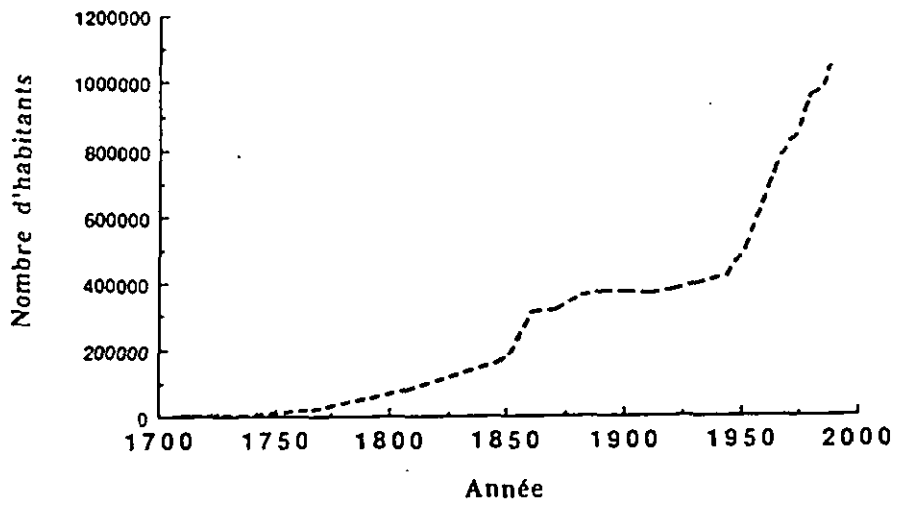
② **Carte bathymétrique de l'Océan Indien,**
d'après Fischer et al. (1967)

L'île Maurice se situe par 20° de latitude Sud et 57° de longitude Est. La Réunion, Rodrigues et Maurice constituent l'archipel des Mascareignes.



③ L'île Maurice

- Barrière corallienne
- Zones d'étude :
-  Campagne 1 (mars avril 1989)
-   Campagne 2 (novembre 1989)
-  Campagne 3 (mars avril 1990)
-  Campagne 4 (novembre 1990)



④ Evolution de la démographie Mauricienne
 (données administratives, bibliothèque de Port-Louis)



1773



1835

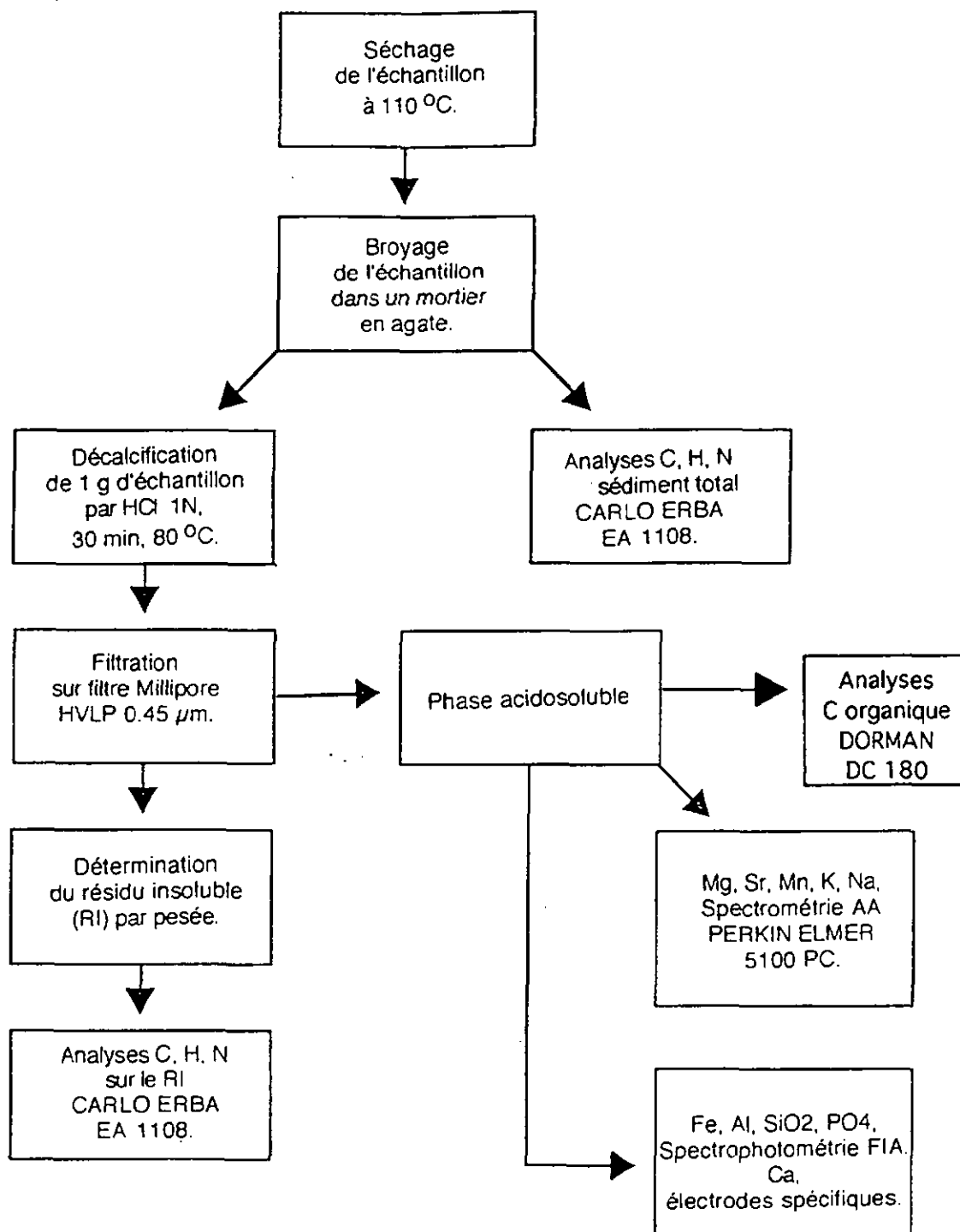


1872



1935

⑤ DEFORESTATION
 (d'après Vaughan et Wiéhe, 1937)

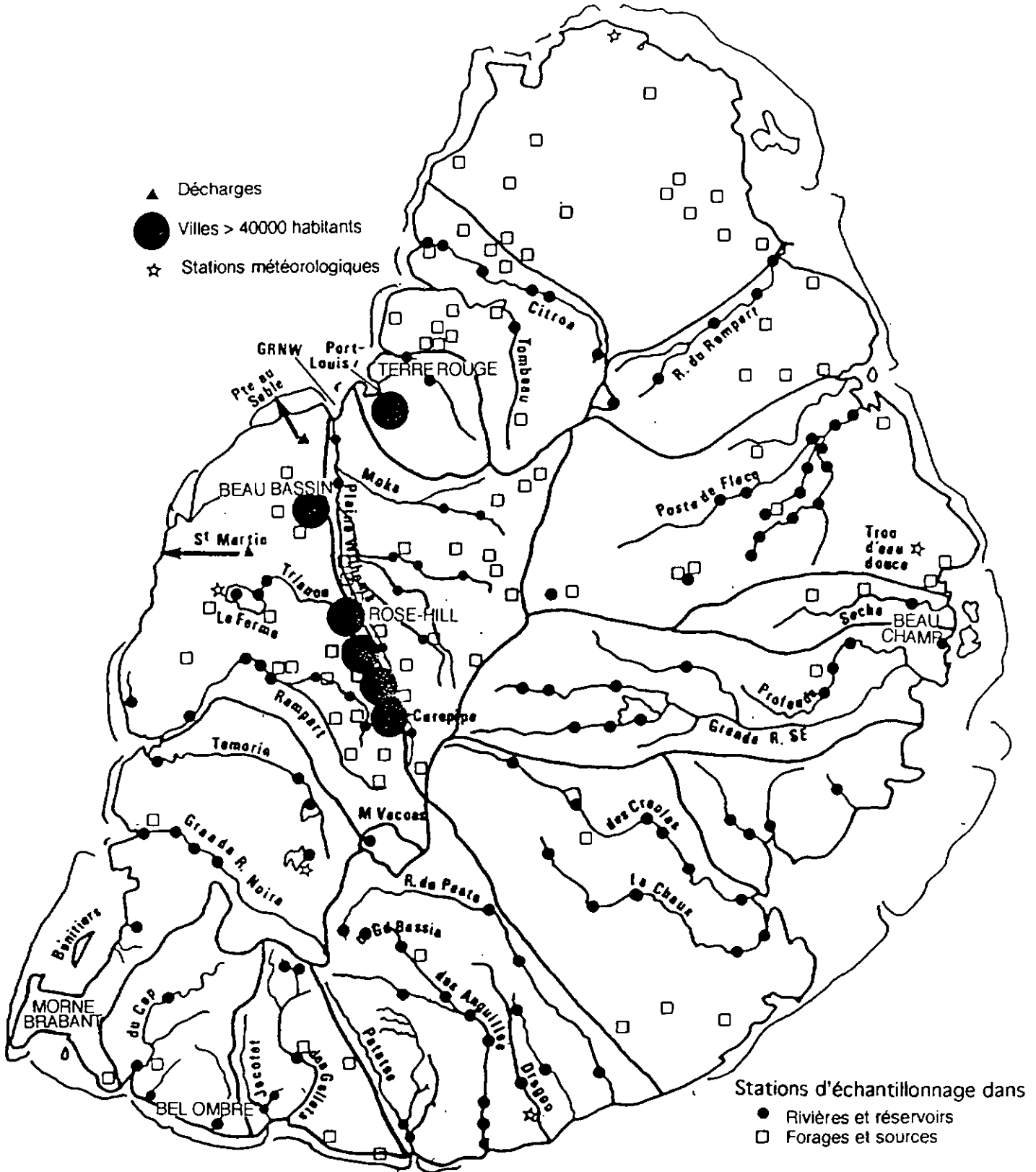


⑥ METHODE POUR LA SPECIATION DES CARBONATES
 (utilisée au LASUR, laboratoire de géochimie de l'Université de Neuchâtel)

N



- ▲ Décharges
- Villes > 40000 habitants
- ☆ Stations météorologiques

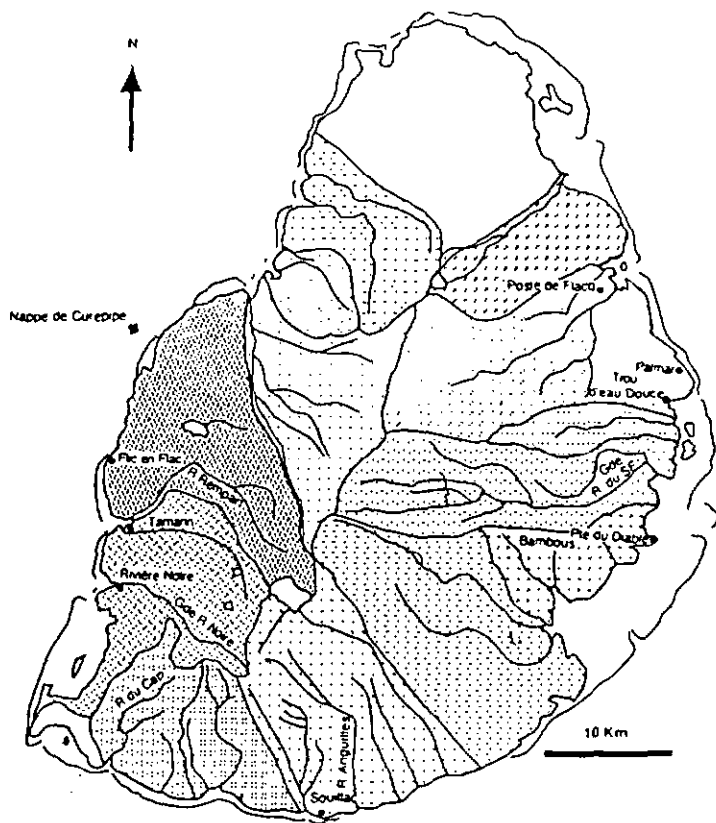


- Stations d'échantillonnage dans
- Rivières et réservoirs
 - Forages et sources

⑦ **Echantillonnage des eaux insulaires**
(P. RUCH) 1990-1991

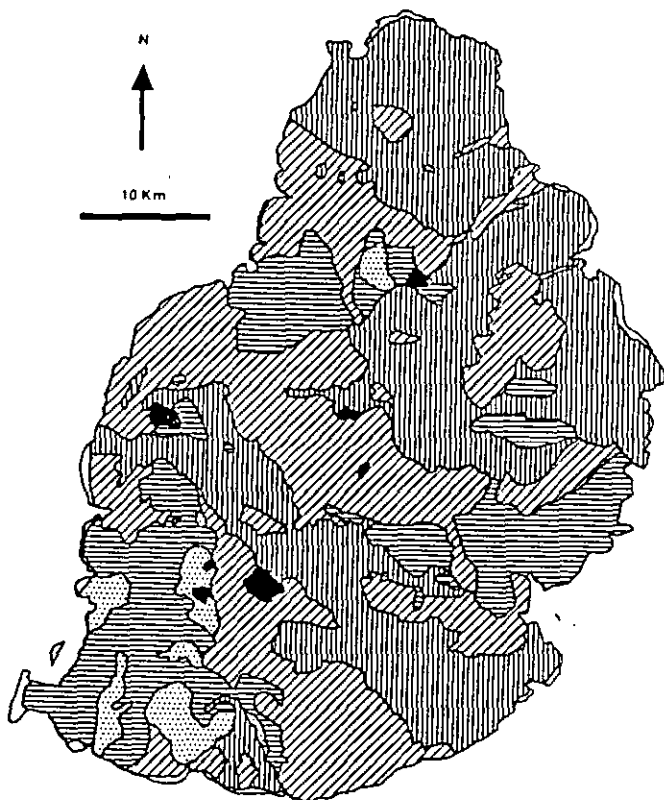
10 km





8 PRINCIPAUX BASSINS VERSANTS ET RIVIERES

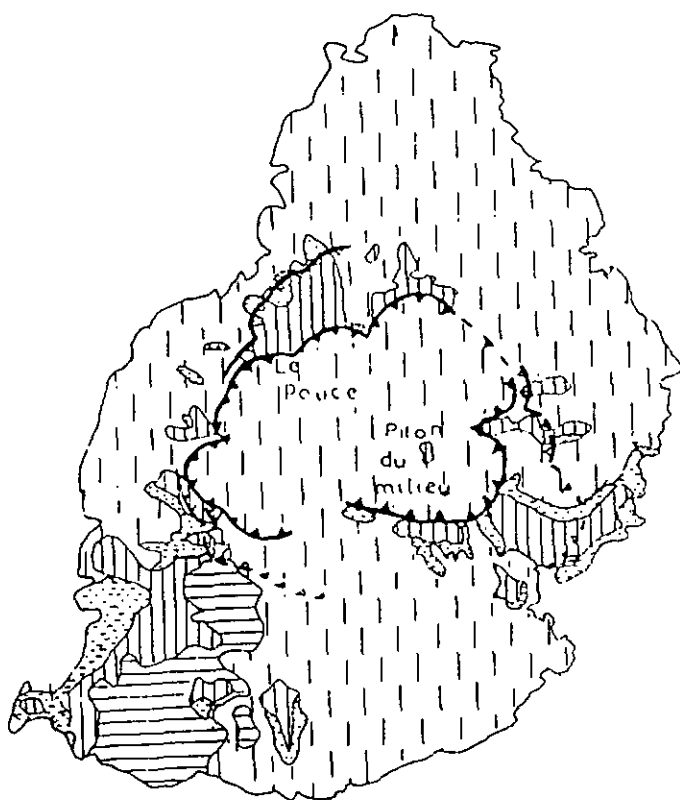
Le réseau hydrographique de surface est inexistant au Nord sur des coulées volcaniques récentes dont la porosité élevée favorise la formation d'aquifères. Il est moyennement développé à l'Ouest et un peu plus à l'Est. Il est important au Sud sur des coulées anciennes rendues imperméables par recristallisation secondaire.



9a) GEOLOGIE DE L'ILE MAURICE

d'après E.Z Arlidge et Y. Wong You Cheong (1975)

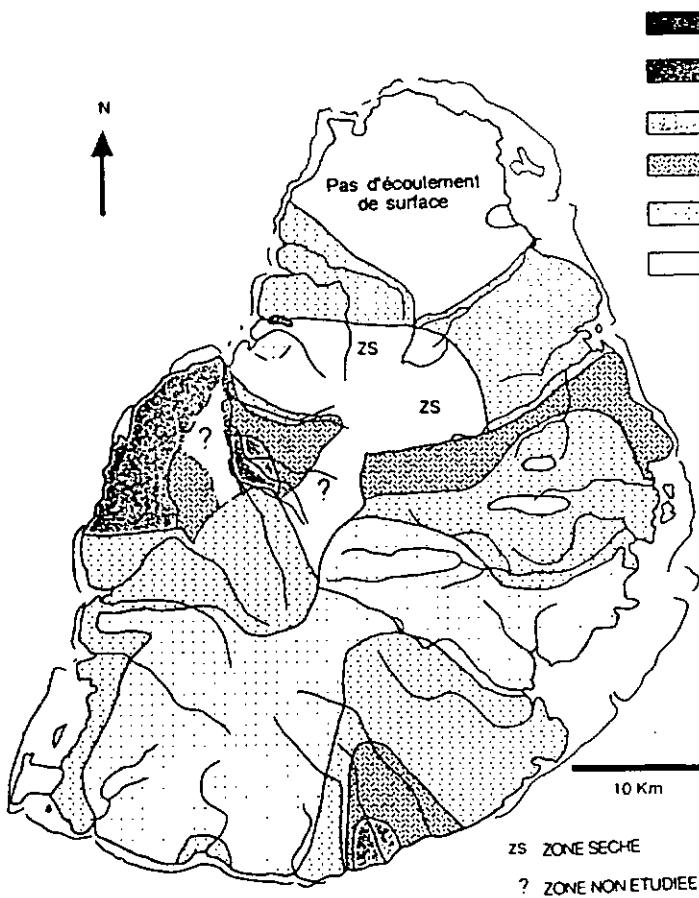
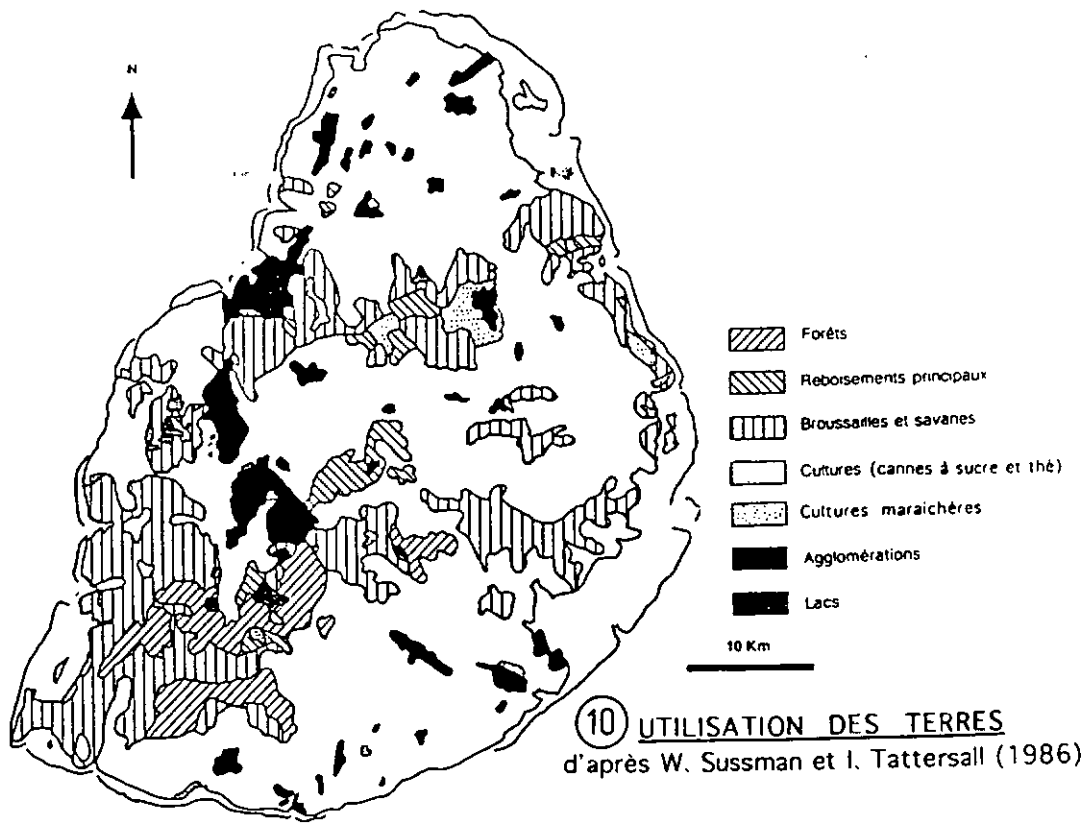
- 'LATE LAVAS'
- 'INTERMEDIATE LAVAS'
- 'EARLY LAVAS'
- 'OLD LAVAS'
- SABLE COTIER
- LACS



9b) SCHEMA STRUCTURAL

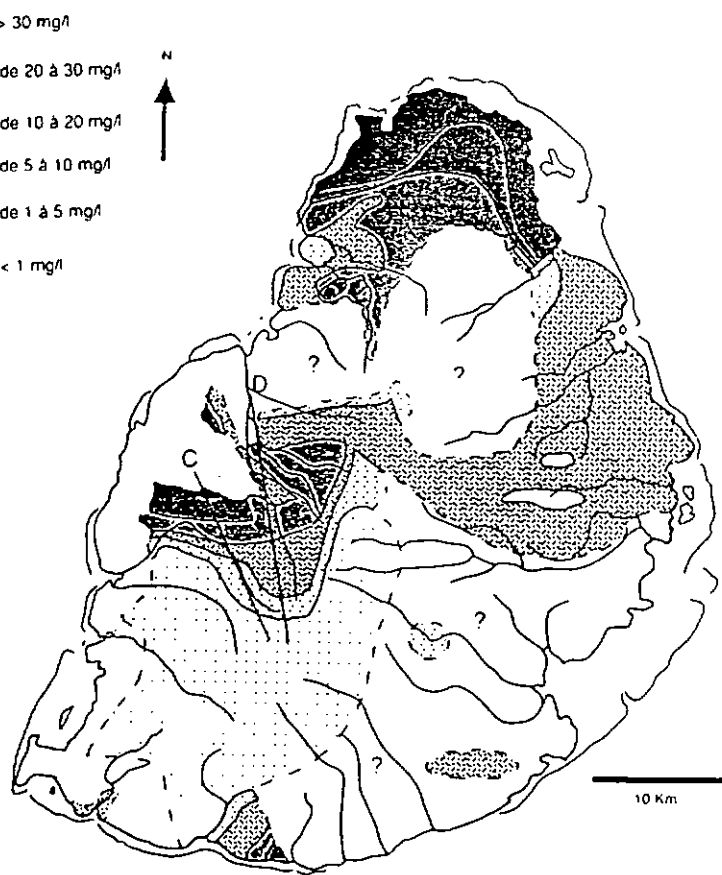
Tiré de B.Perroud 1982

- SERIE RECENTE (HAWAITES)
- SERIE INTERMEDIAIRE (BASALTES A OLIVINE)
- SERIE ANCIENNE (B. APHYRIQUE, ANKARAMITE)
- SERIE BRECHIQUE DE BASE (OCEANITES)
- CALDEIRA (SERIE ANCIENNE)
- Effondrement lié à la caldeira
- Effondrement (série de base)



11 CONCENTRATIONS EN NITRATES (NO₃)
DES EAUX DE SURFACE

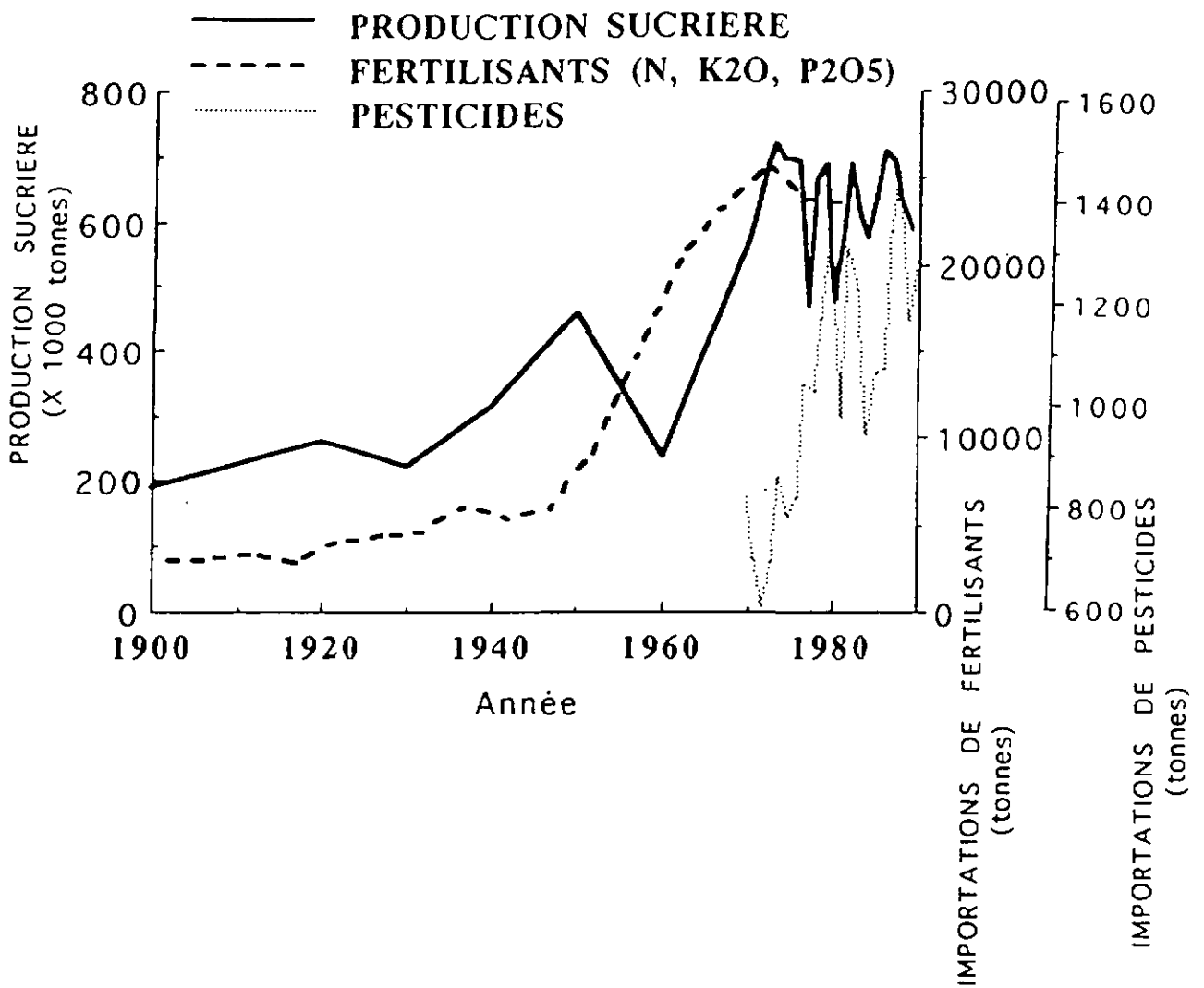
Les teneurs maximales se rencontrent à l'Ouest (région très urbanisée et agricole), au Sud et à l'Est sur des terres agricoles (cannes à sucre principalement).



12 CONCENTRATIONS EN NITRATES (NO₃)
DES EAUX SOUTERRAINES

Les teneurs en nitrates sont plus élevées que dans les eaux de surface. Elles sont maximales dans les régions agricoles à l'Ouest, au Sud, à l'Est et au Nord où le seul écoulement possible se fait par la nappe.

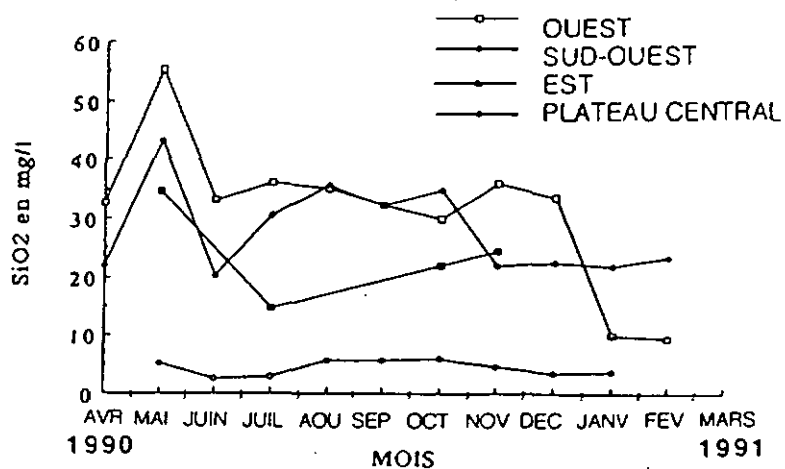
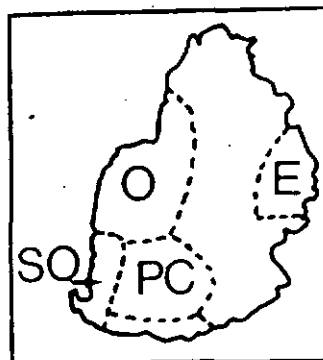
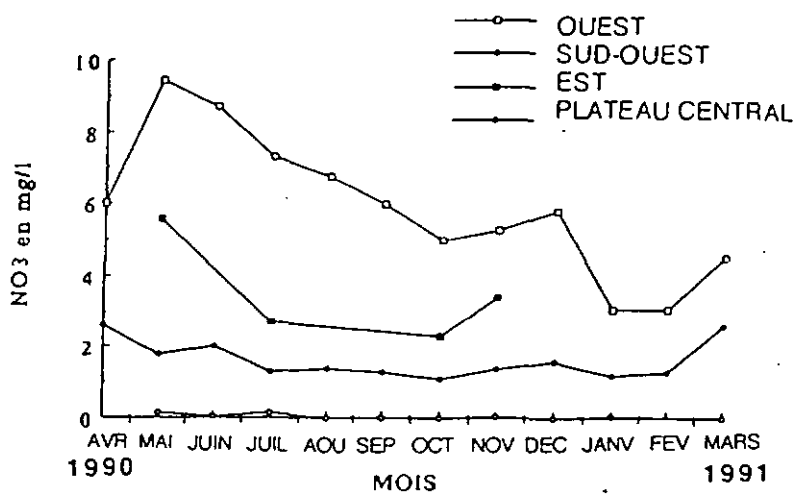
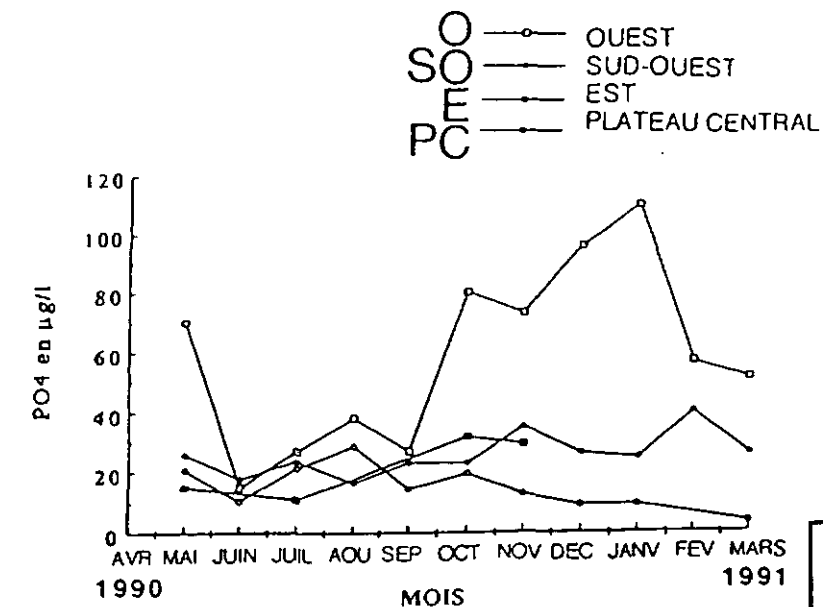
Dans la nappe de Curepipe, les teneurs en nitrates sont plus élevées sur l'axe Mare aux Vacoas - La Ferme (C) qui traverse une zone de cultures et d'élevages que sur l'axe Mare aux Vacoas - Rose Hill (D) qui traverse une zone urbaine et quelques terres cultivées. Par comparaison aux cultures et élevages, l'urbanisation a une plus faible influence sur les teneurs en nitrates des eaux.



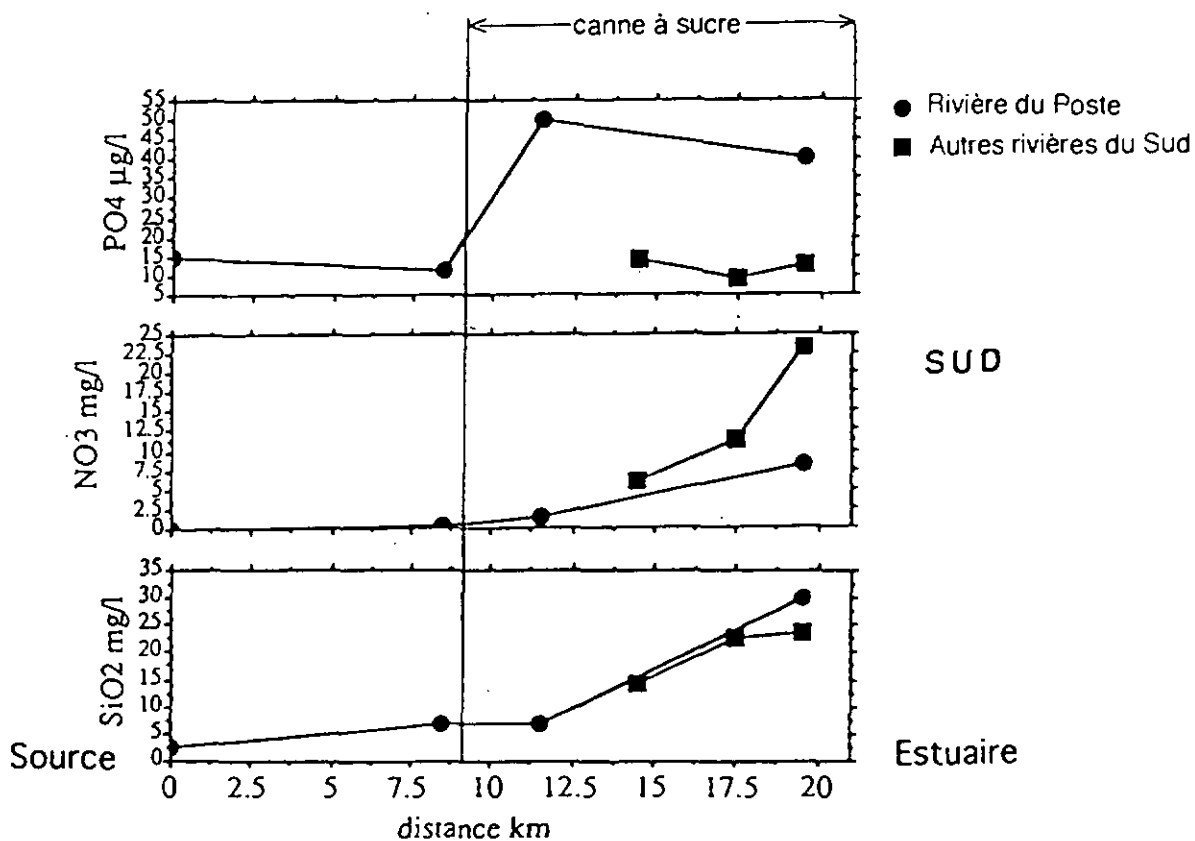
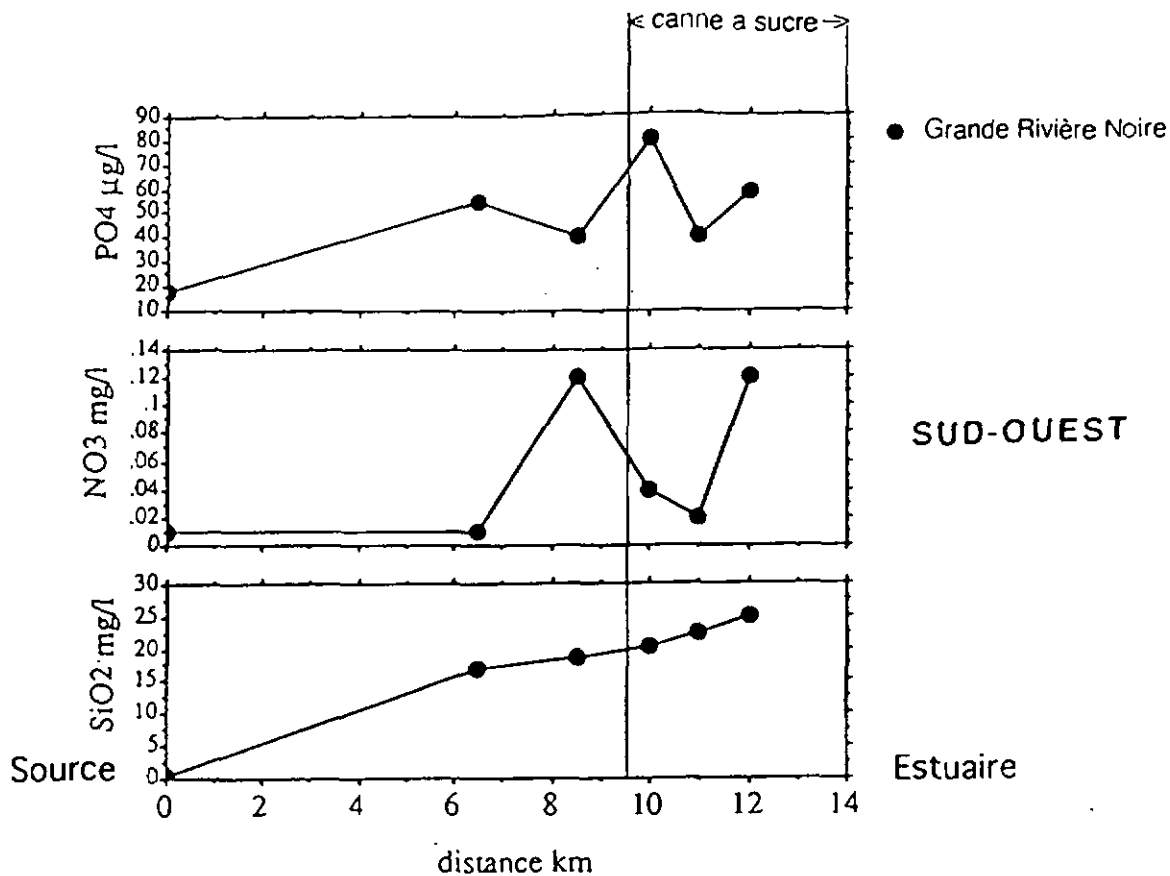
⑬ Evolution de la production sucrière, des fertilisants et des pesticides importés.

d'après J.C Tyack (chambre d'agriculture de Maurice).

Depuis la période 1945-49, l'utilisation d'engrais chimiques et de pesticides a fortement augmentée pour améliorer la production sucrière.



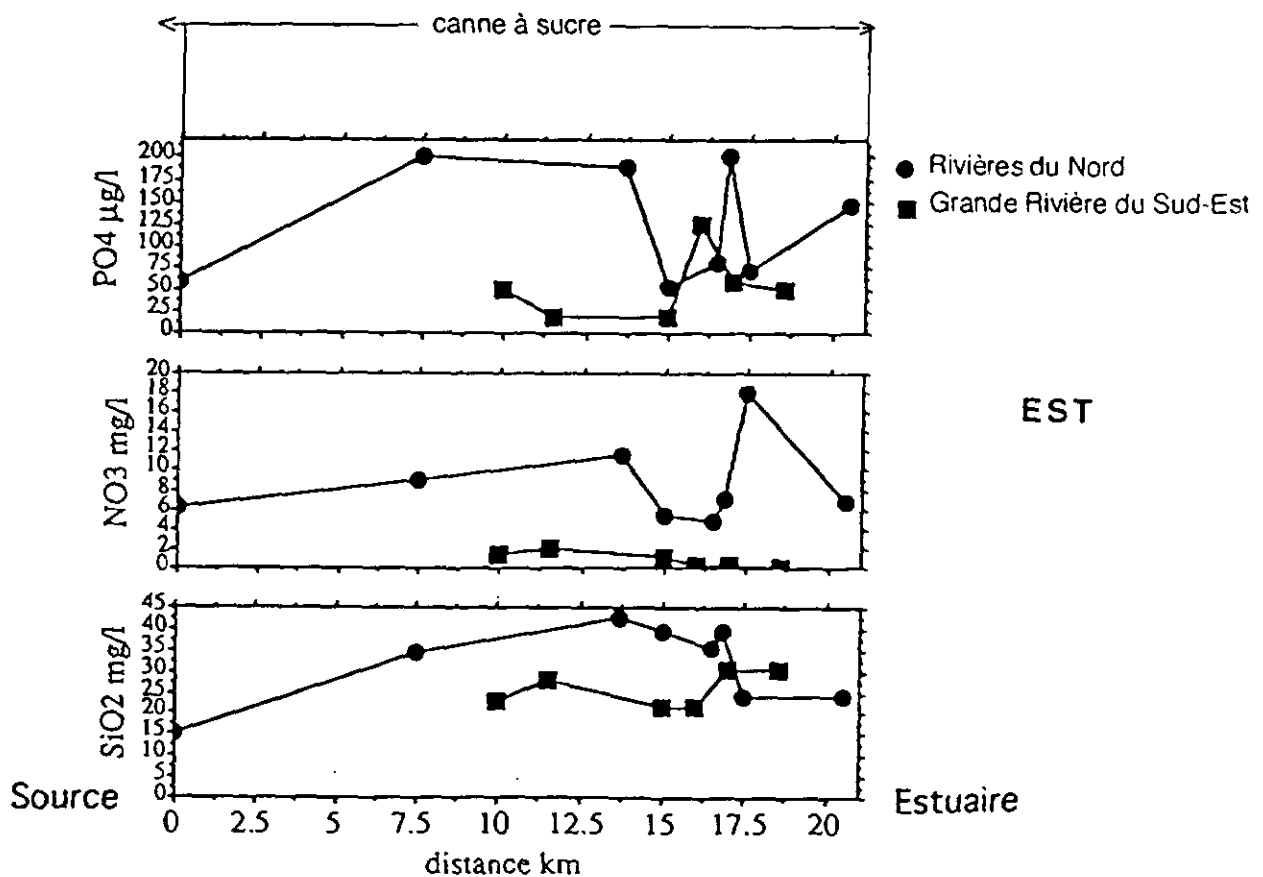
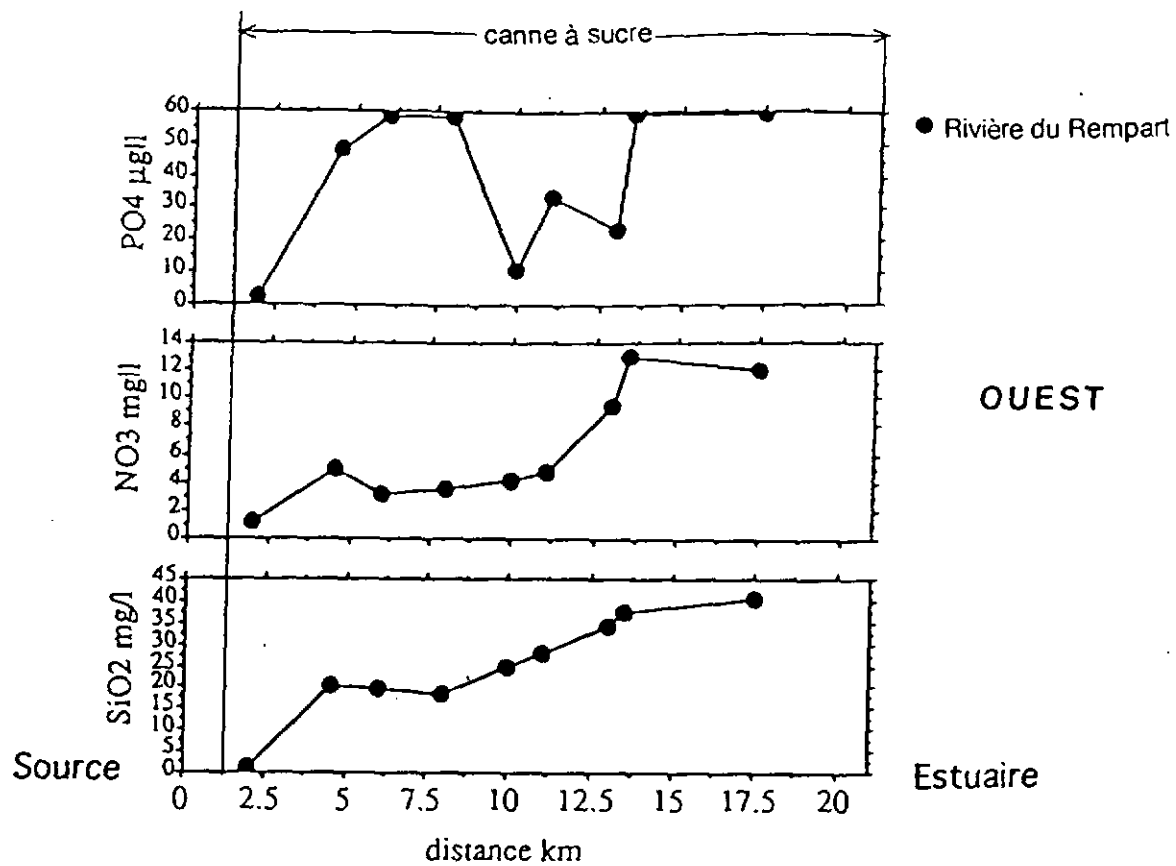
⑭ Variations des teneurs en phosphates, nitrates et silice moyennes mensuelles par secteur, dans le réseau hydrographique de surface d'avril 1990 à mars 1991.



⑮ Variations des teneurs en phosphates, nitrates et silice sur le cours des principales rivières des secteurs Sud et Sud-Ouest

La Grande Rivière Noire reste une des rares rivières à caractéristiques primitives. Les teneurs en nitrates sont très faibles, les cultures de canne ne constituent qu'une mince bande côtière. L'enrichissement en silice y est naturel, lié à la nature des sols.

La Rivière du Poste montre un fort accroissement des teneurs en nitrates après la traversée des champs de canne.

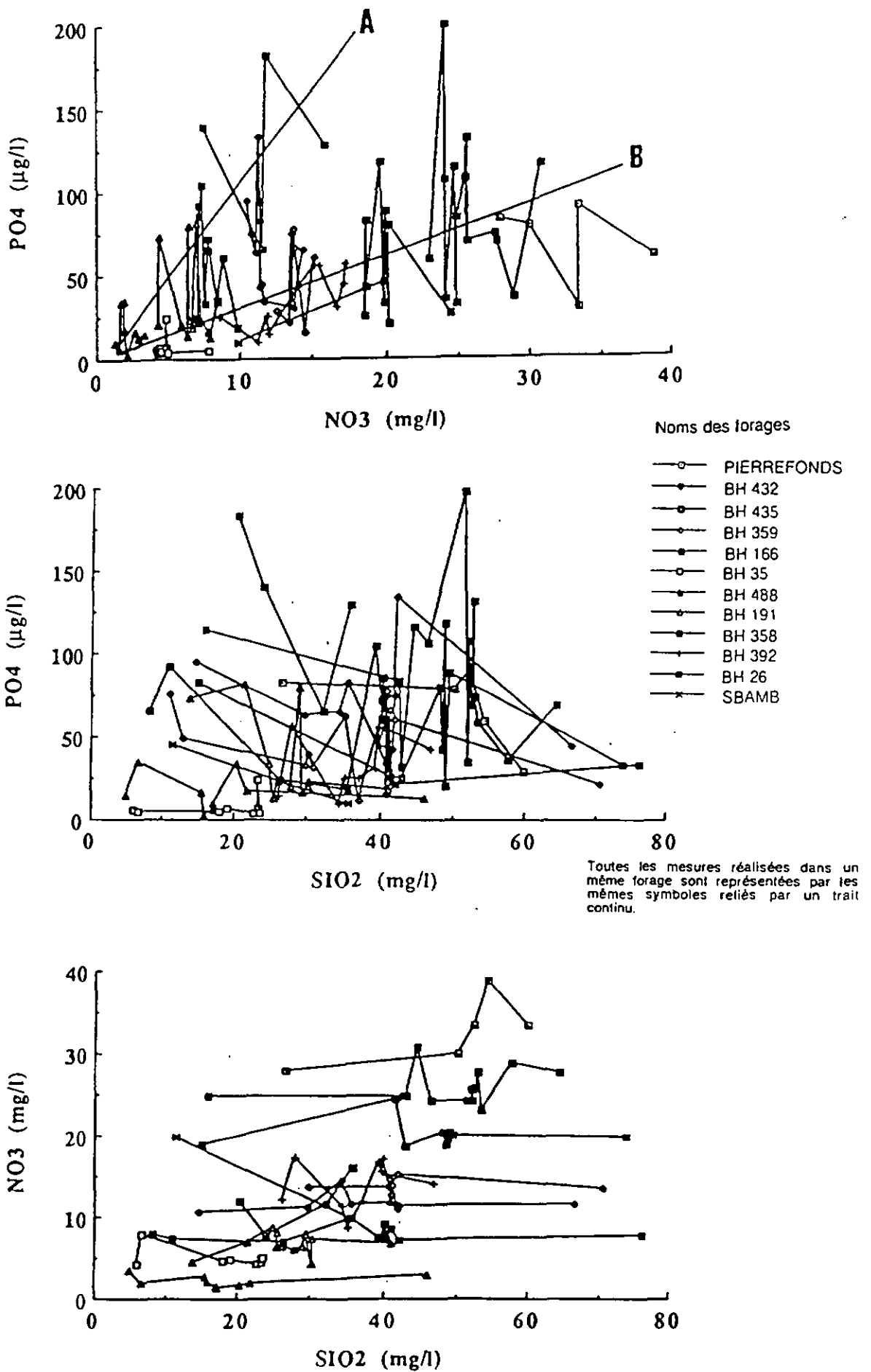


16) Variations des teneurs en phosphates, nitrates et silice sur le cours des principales rivières des secteurs Ouest et Est

A l'Ouest, les teneurs en nitrates augmentent pendant la traversée des champs de canne.

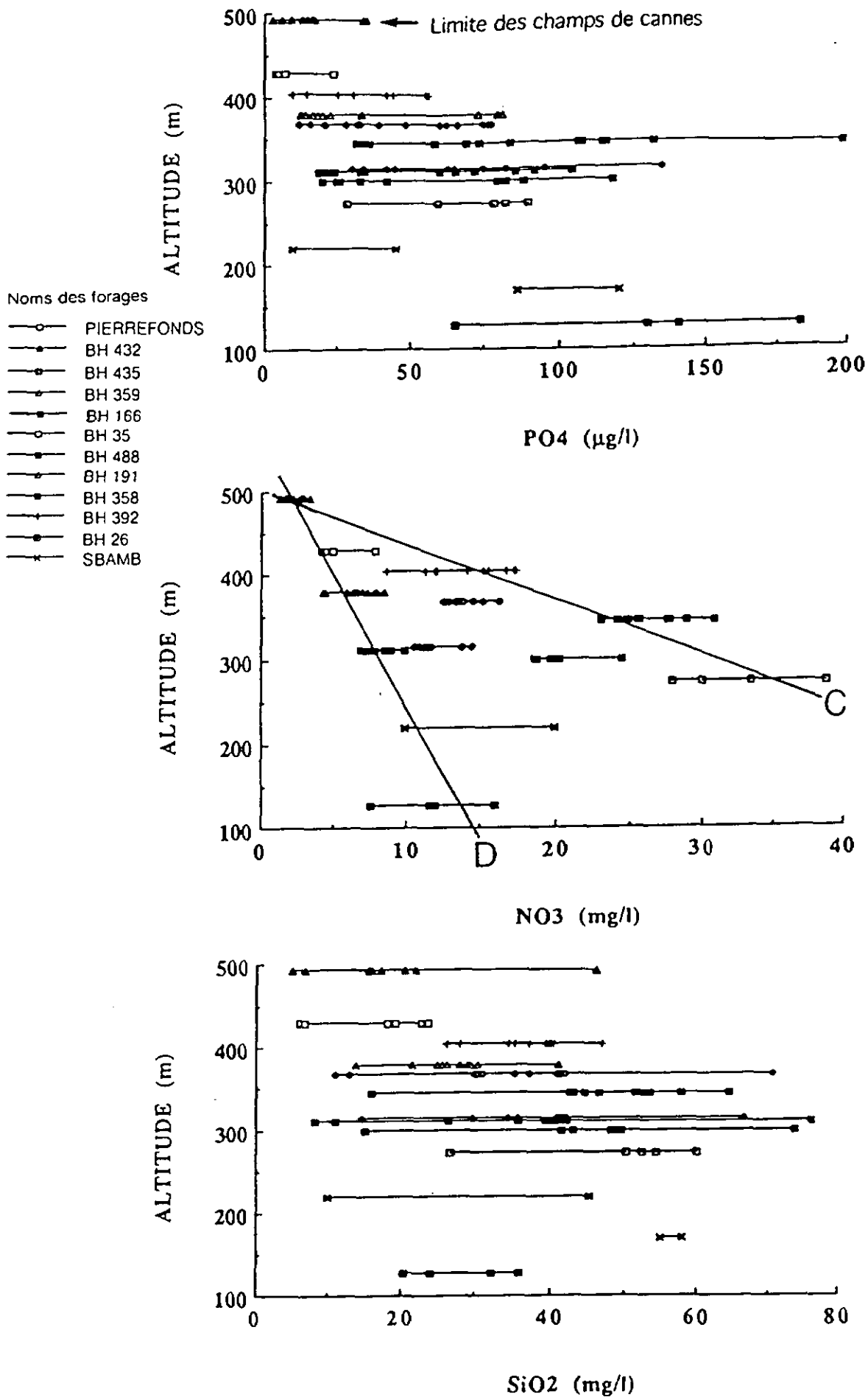
A l'Est, dans les rivières les plus au Nord qui traversent d'immenses champs de canne, les teneurs en nitrates augmentent aussi d'amont en aval.

Ce n'est pas le cas de la Grande Rivière du Sud-Est qui est sous l'influence d'un bassin versant boisé, ses caractéristiques se rapprochent de celles de Grande Rivière Noire.



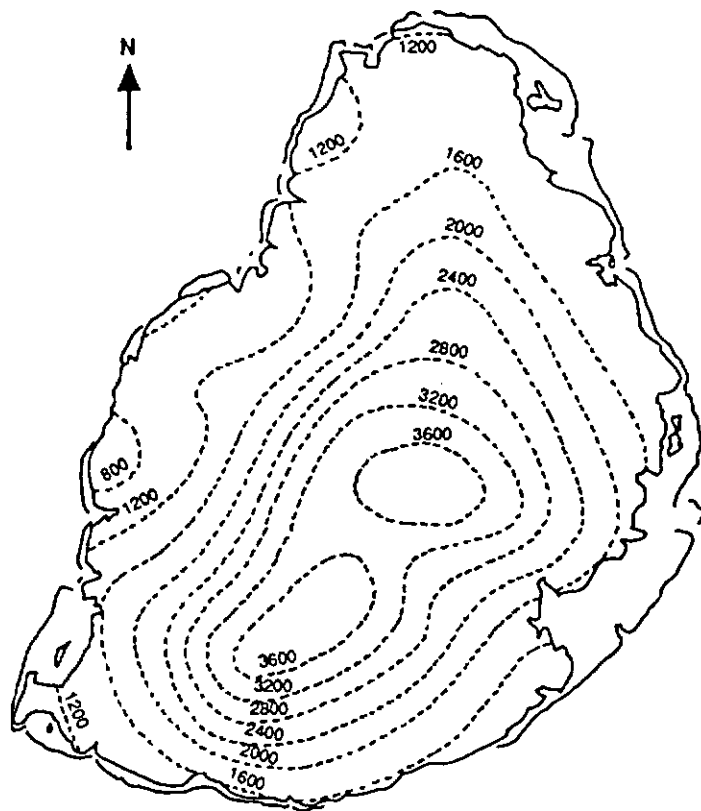
17) Corrélations des teneurs en éléments nutritifs dans les eaux de la nappe de Curepipe d'avril 90 à mars 91 (P.RUCH, 1990).

Les corrélations entre les phosphates et les nitrates montrent suivant (A) un enrichissement en phosphates à la traversée des cultures maraîchères et suivant (B) un enrichissement en nitrates à la traversée des champs de canne à sucre.

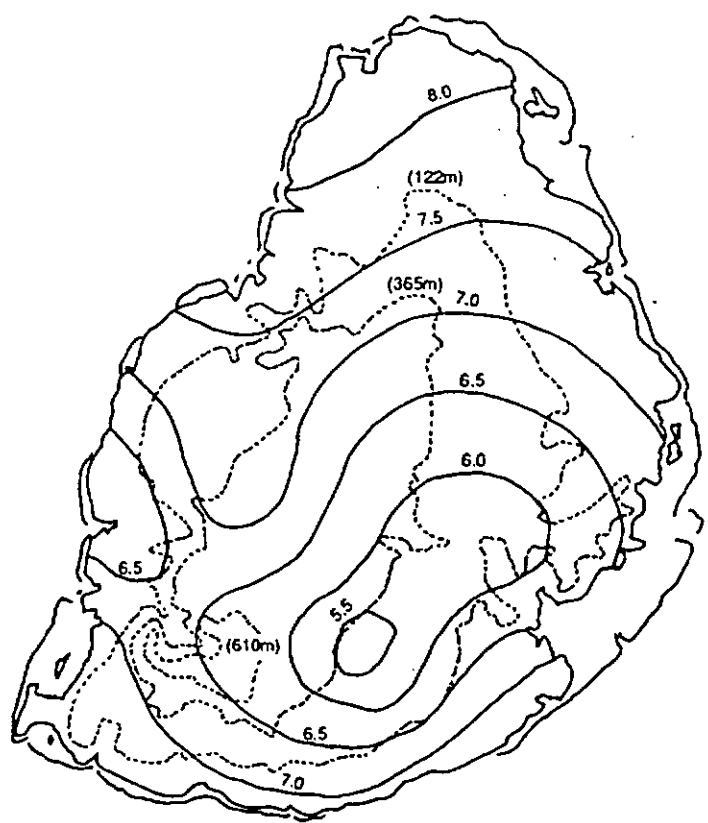


18 **Variations des teneurs en éléments nutritifs en fonction de l'altitude du forage dans la nappe de Curepipe d'avril 90 à mars 91 (P.RUCH, 1990).**

La nappe s'enrichit en éléments nutritifs vers l'aval. Les plus fortes teneurs en nitrates se rencontrent sur l'axe (C) Mare aux Vacoas - La Ferme qui traverse des cultures et des élevages, des teneurs plus faibles sont mesurées sur l'axe (D) Mare aux Vacoas - Rose Hill qui traverse une région urbaine et quelques cultures.

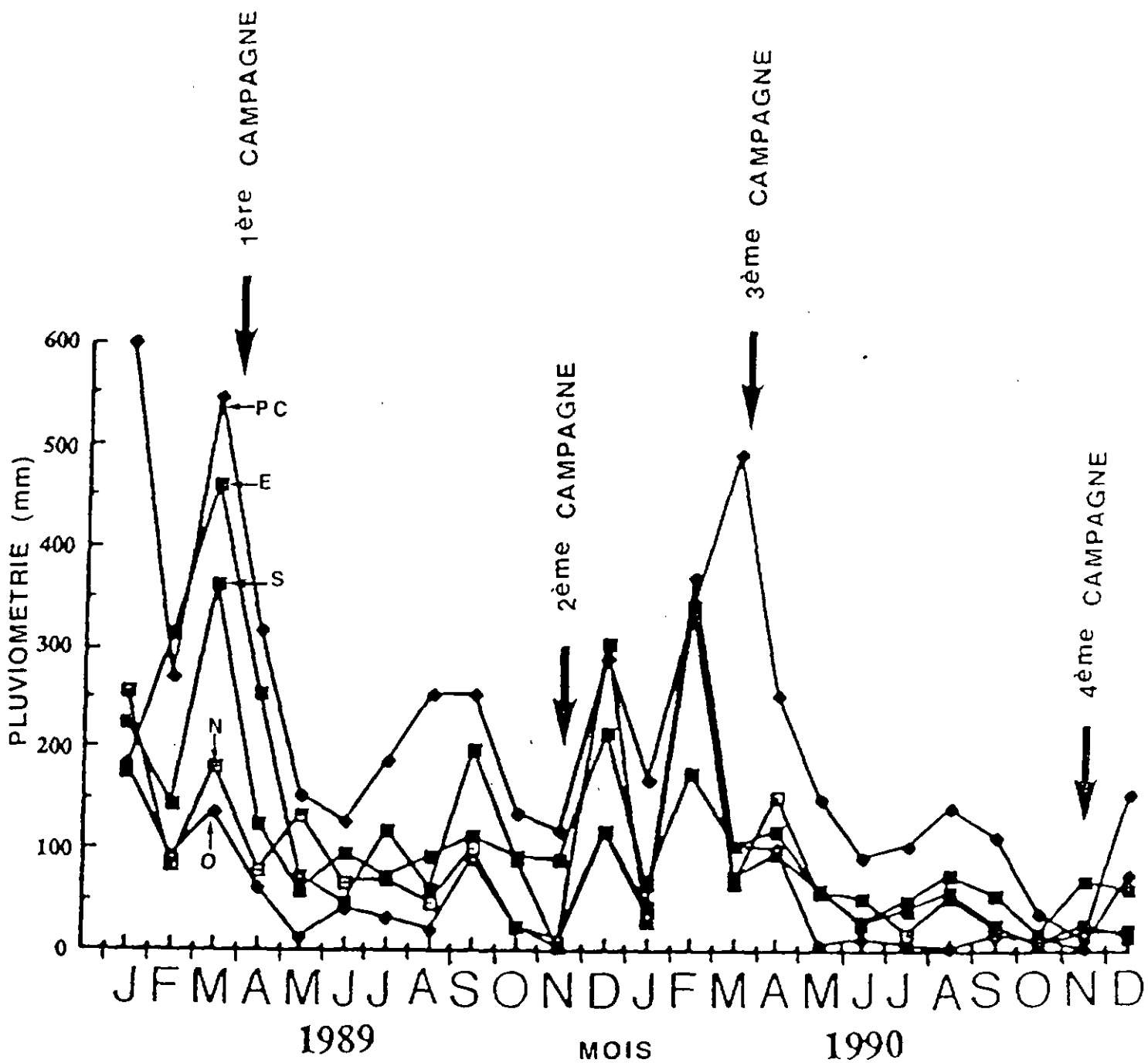


19
PLUVIOMETRIE MOYENNE ANNUELLE
 d'après Padya (1984)
 - - Isohyète en mm



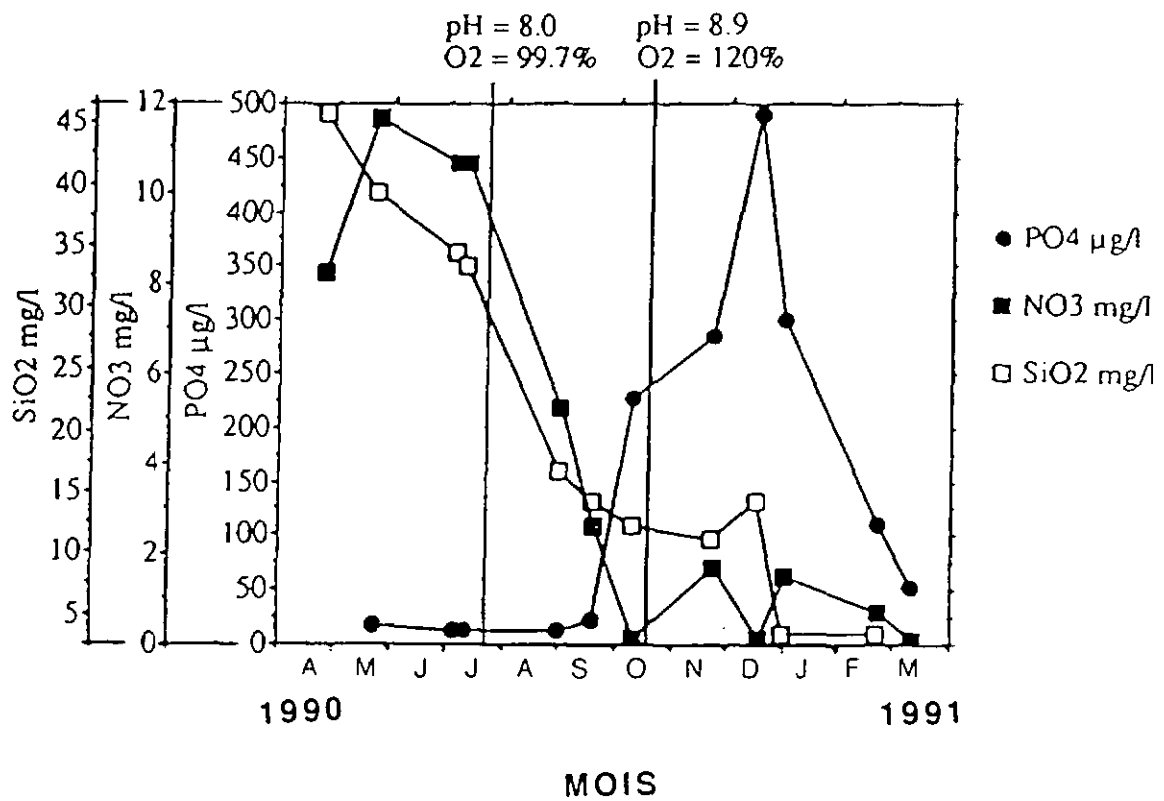
20
DUREE D'ENSOLEILLEMENT (h/j)
 d'après Padya (1984)

10 Km

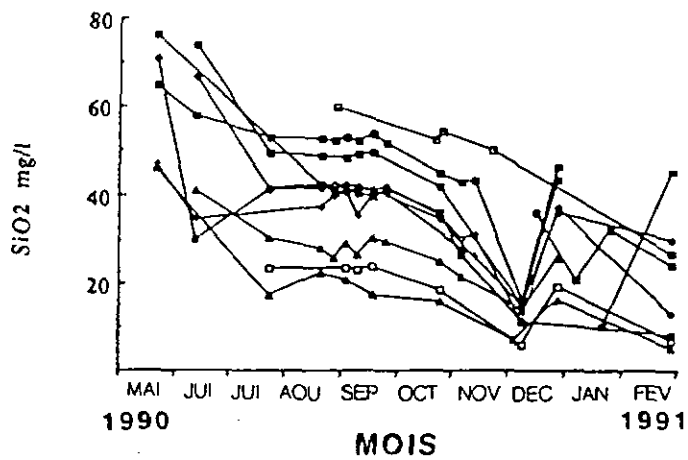
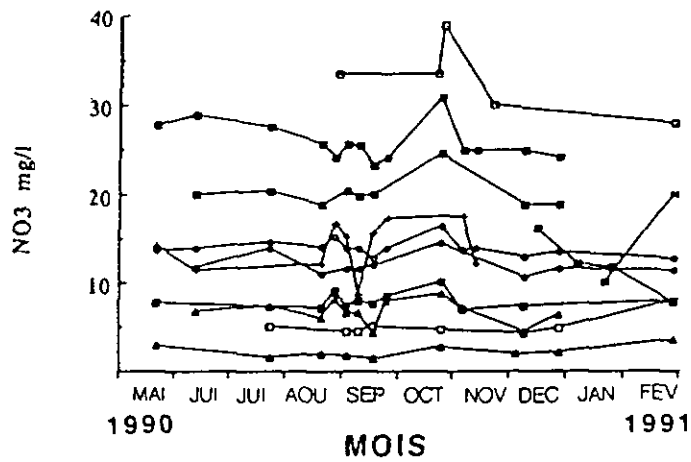
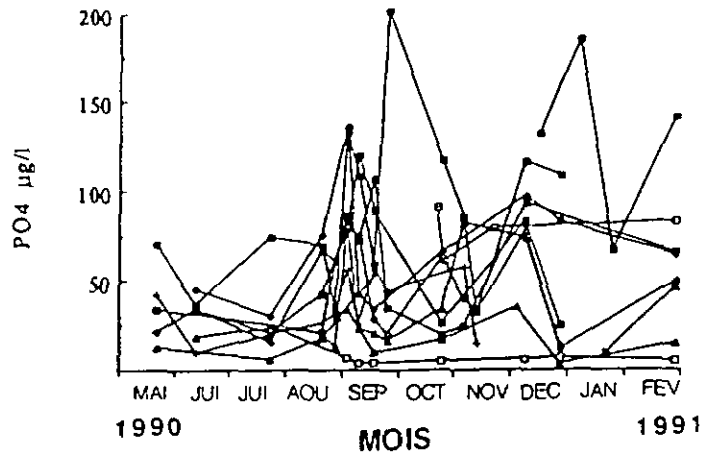


- CAP MALHEUREUX (N)
- MARE LONGUE (Plateau Central)
- PALMAR (E)
- LA FERME (O)
- ▲— BEL AIR (S)

②1 Variations de la pluviosité moyenne mensuelle par secteur, de janvier 1989 à décembre 1990
(données du centre météorologique de Vacoas).

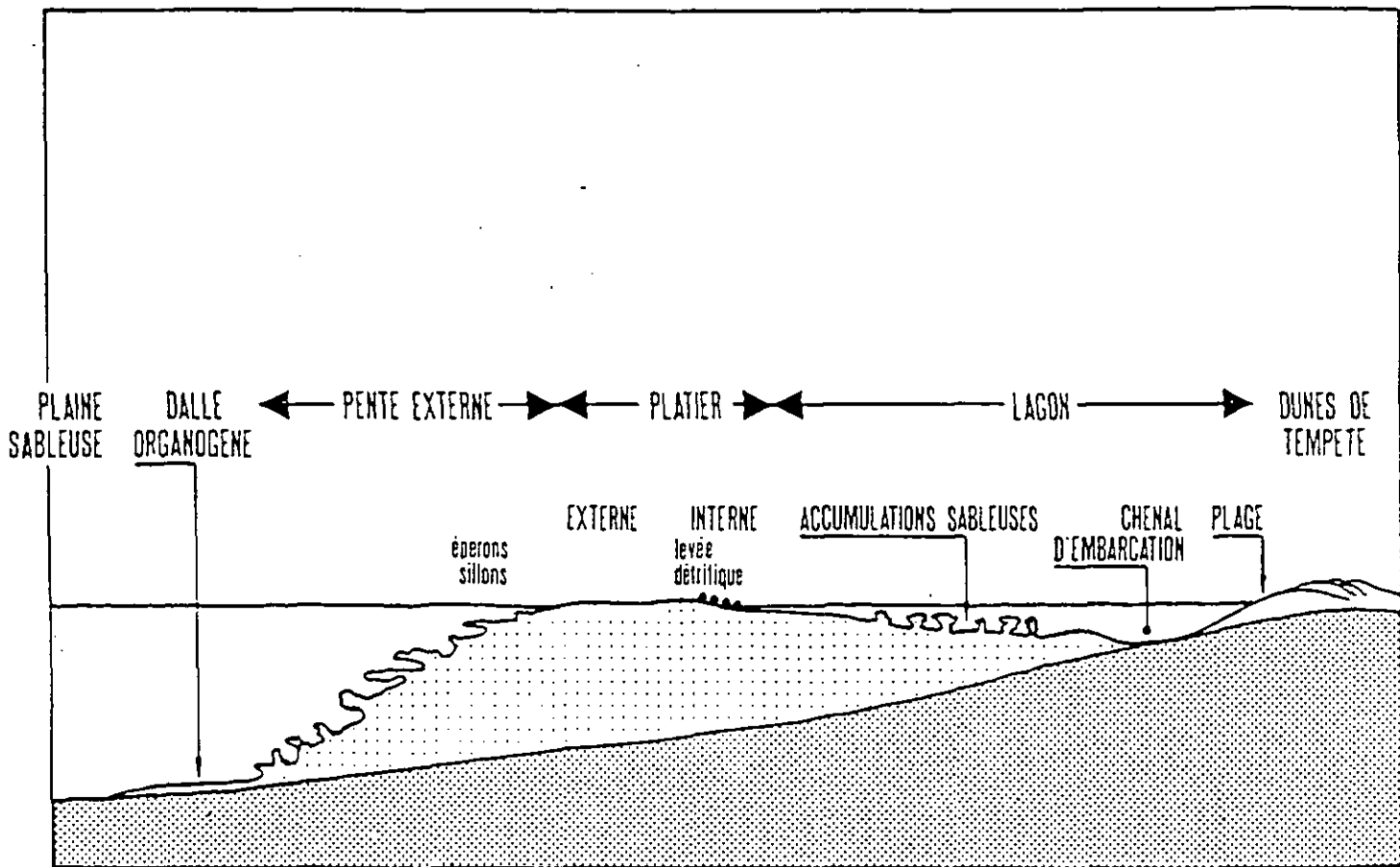


②② Variations des teneurs en phosphates, nitrates et silice dans le réservoir La Ferme d'avril 1990 à mars 1991 (RUCH, 1990)

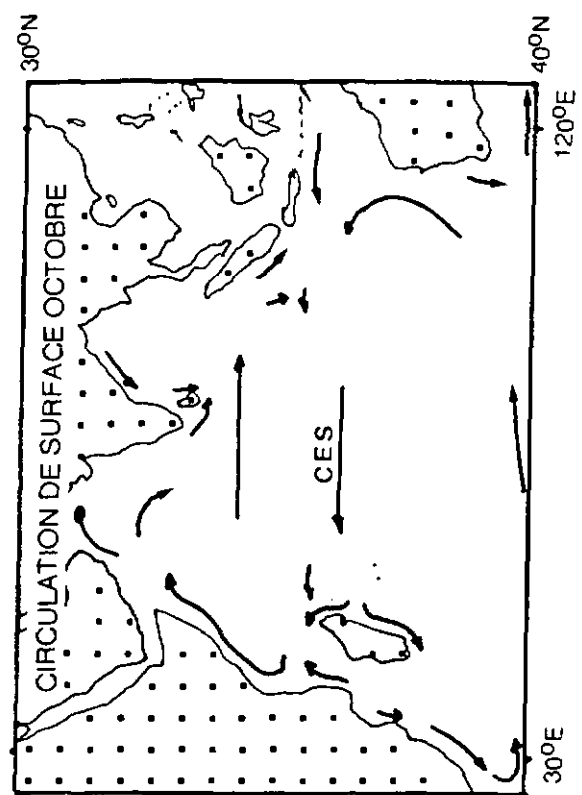
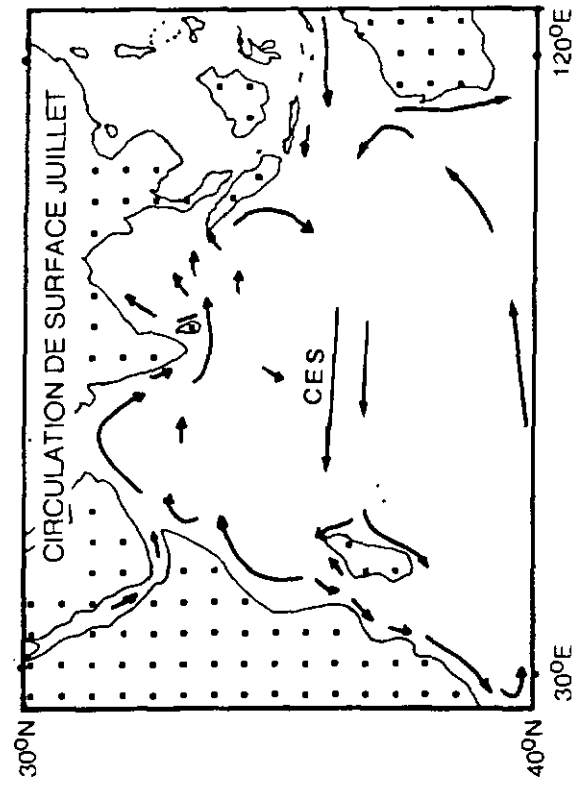
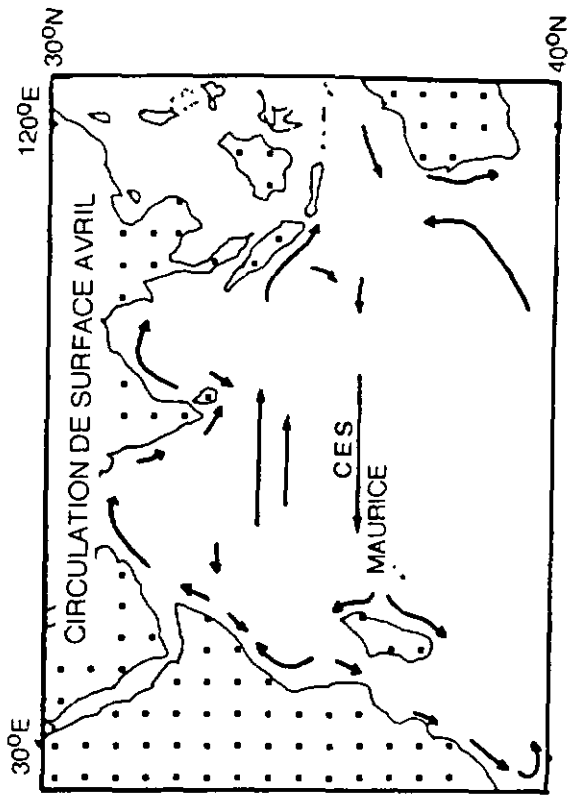
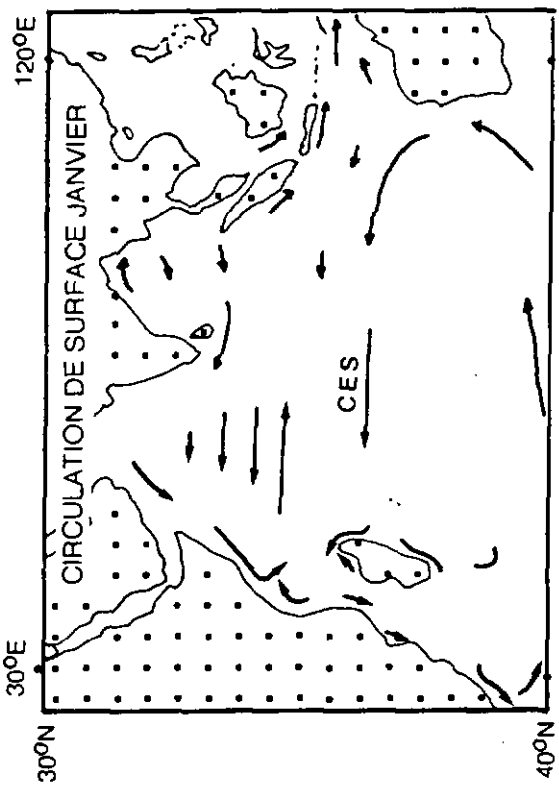


- Noms des forages
- PIERREFONDS
 - BH 432
 - BH 435
 - BH 359
 - BH 166
 - BH 35
 - BH 488
 - BH 191
 - BH 358
 - BH 392
 - BH 26
 - ×— SBAMB

(23) Variations des teneurs en phosphates, nitrates et silice dans les différents forages de la nappe de Curepipe de mai 1990 à février 1991

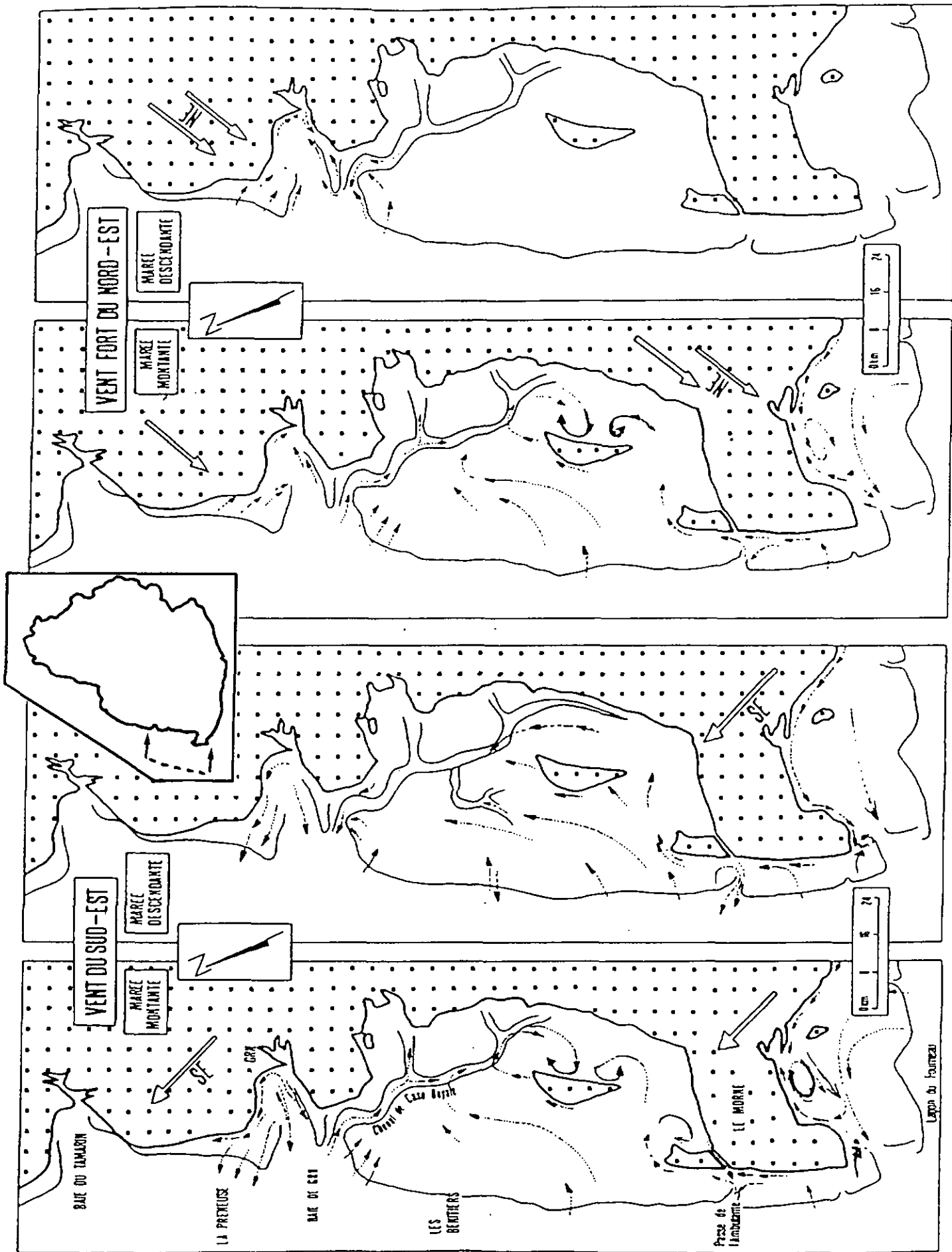


②④ Les principales zones morphologiques des récifs de Maurice
(Muller, 1990)

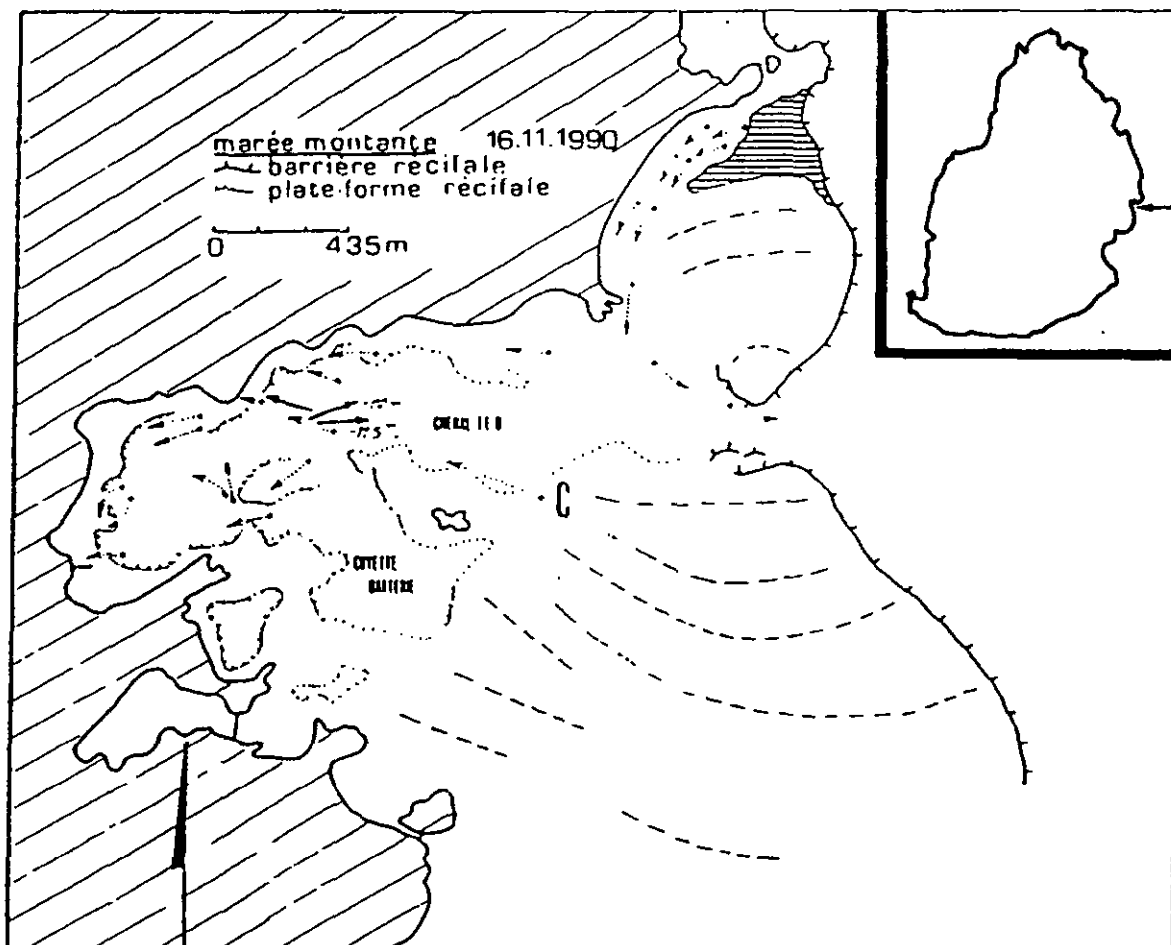
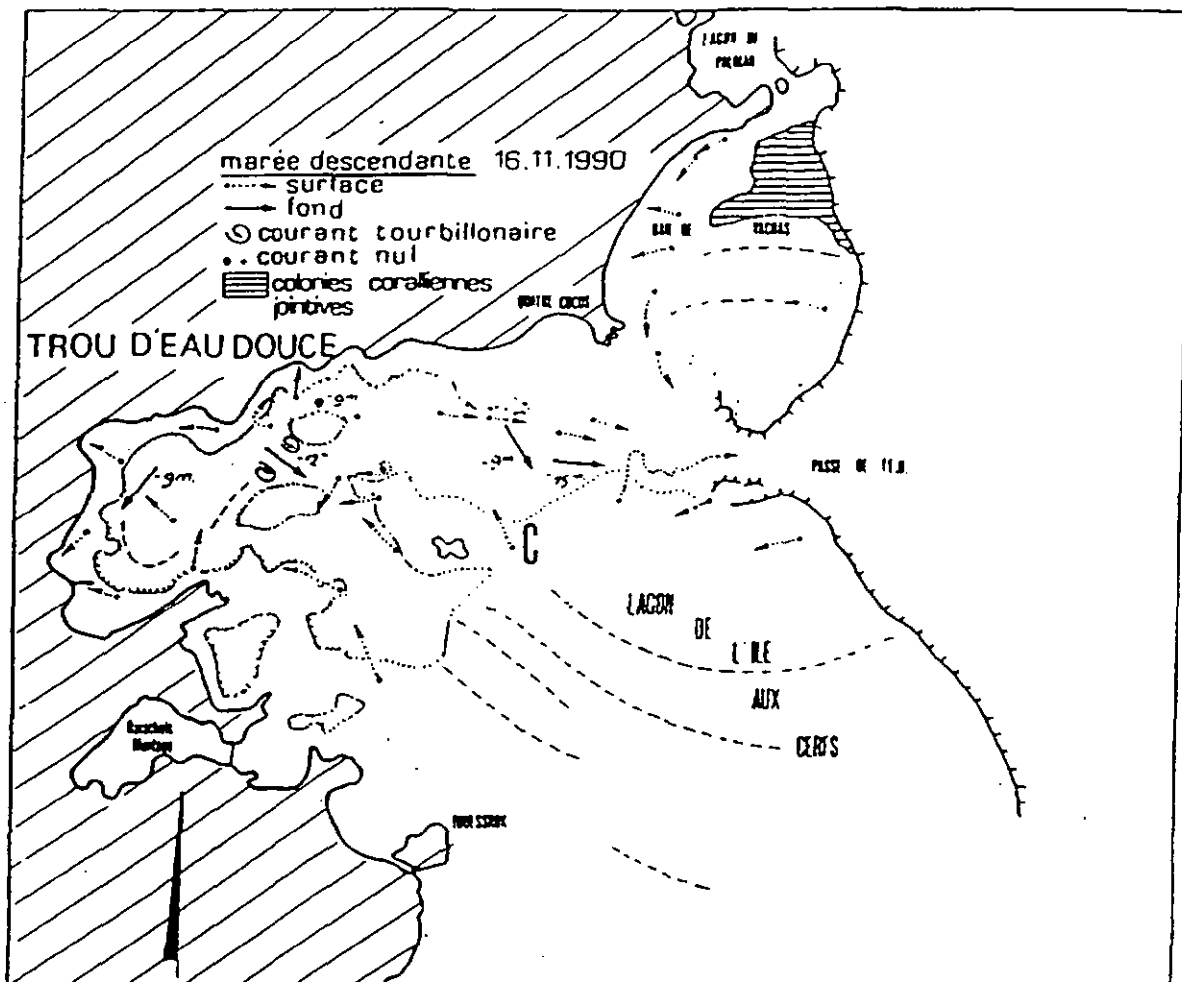


CES : COURANT EQUATORIAL SUD

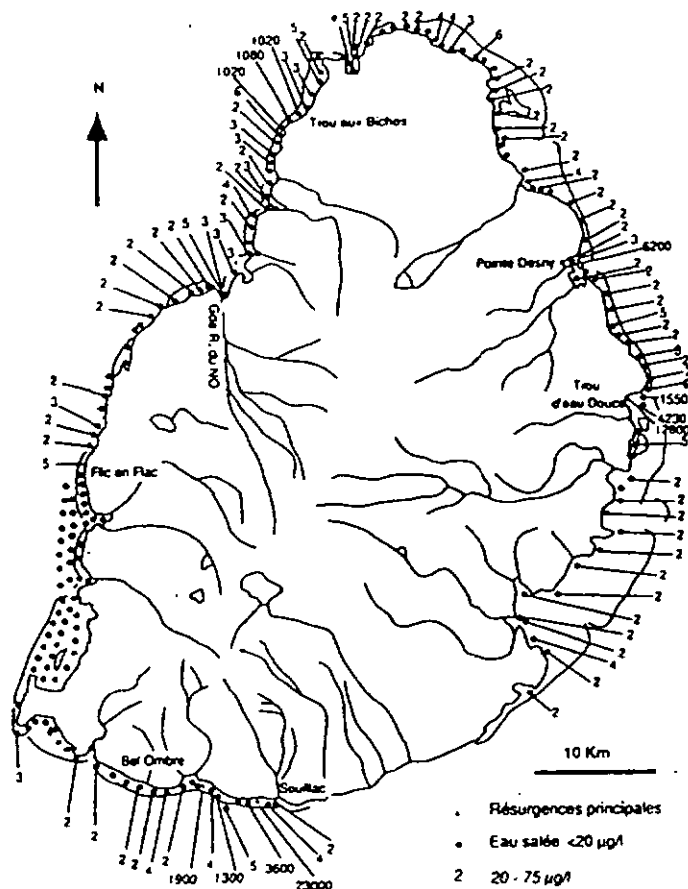
25 Schéma de la circulation des eaux de surface dans l'Océan Indien pendant les quatre saisons
(d'après M. FIEUX, 1988)



26 Courants relevés en 1990 dans les lagons du Sud-Ouest par vent du SE et vent du NE, à marée montante et descendante

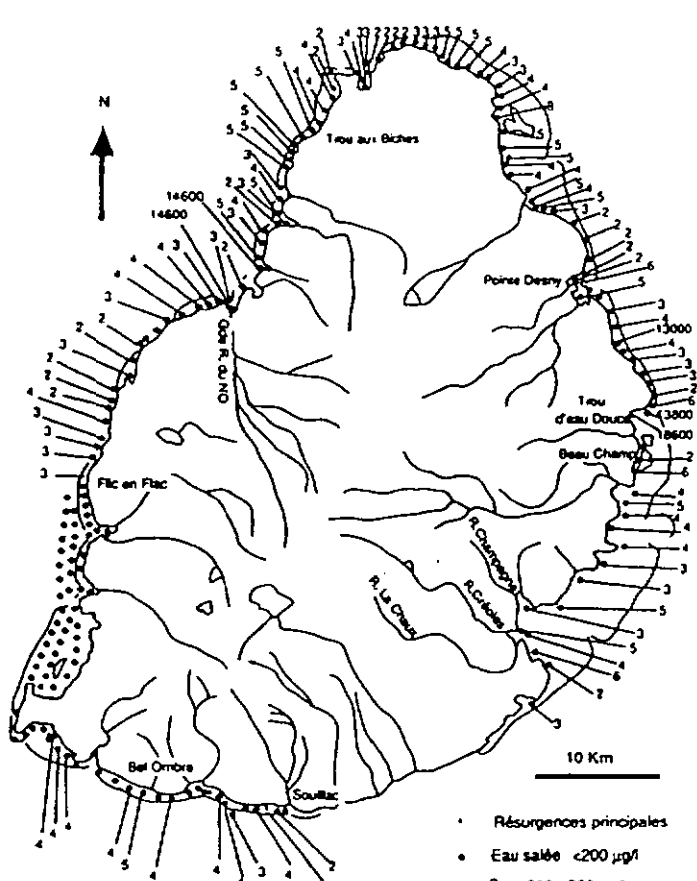


27 Courants relevés en 1990 dans la baie de Trou d'Eau Douce et le Nord du lagon des Cerfs (côte Est), à marée montante et descendante



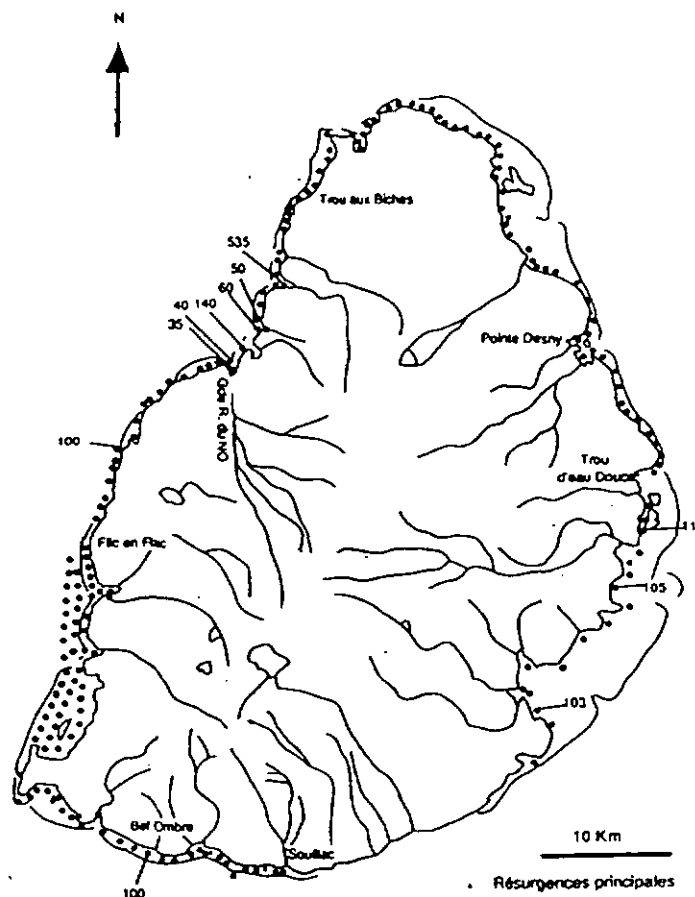
28 CONCENTRATIONS EN NITRATES
(NO₃ µg/l) DANS LES LAGONS
décembre 90 - février 91

- Résurgences principales
- Eau salée <20 µg/l
- 2 20 - 75 µg/l
- 3 75 - 150 µg/l
- 4 150 - 300 µg/l
- 5 300 - 600 µg/l
- 6 600 - 1000 µg/l
- >6 Concentration réelle



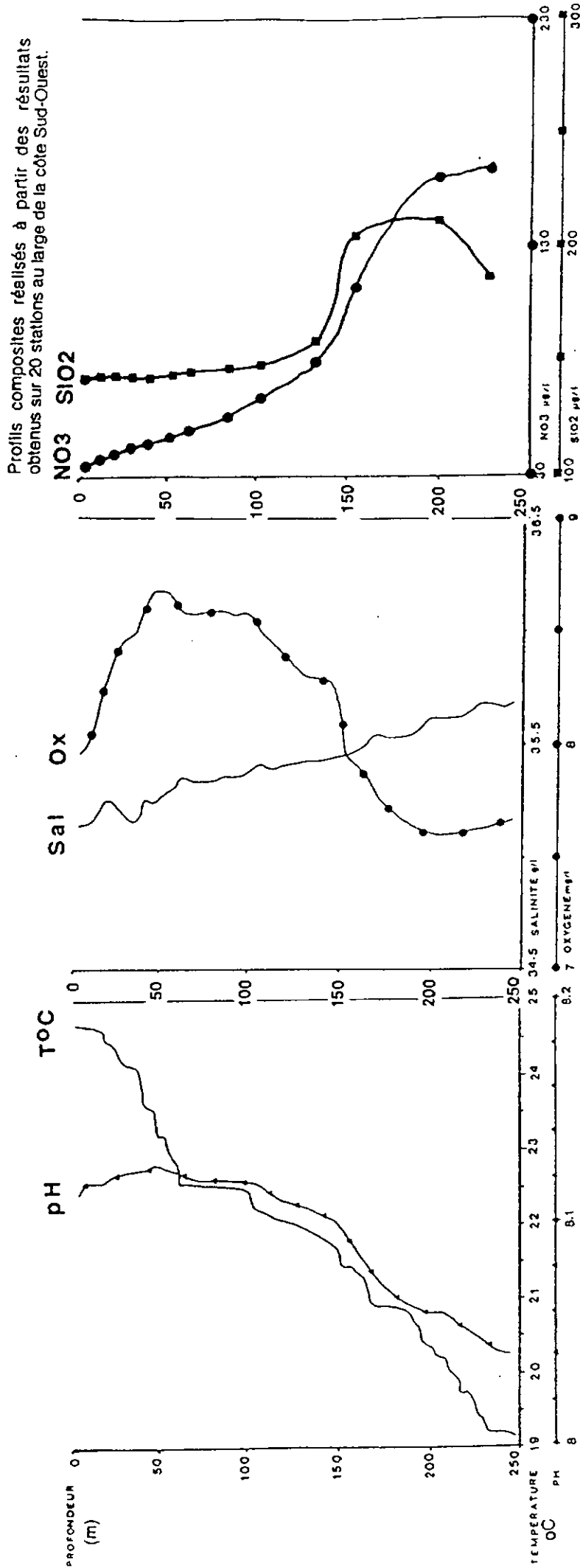
29 CONCENTRATIONS EN SILICE (SiO₂ µg/l)
DANS LES LAGONS
décembre 90 - février 91

- Résurgences principales
- Eau salée <200 µg/l
- 2 200 - 750 µg/l
- 3 750 - 1500 µg/l
- 4 1500 - 3000 µg/l
- 5 3000 - 6000 µg/l
- 6 6000 - 10000 µg/l
- >6 Concentration réelle



30 CONCENTRATIONS EN PHOSPHATES
(PO₄ µg/l) DANS LES LAGONS
décembre 90 - février 91

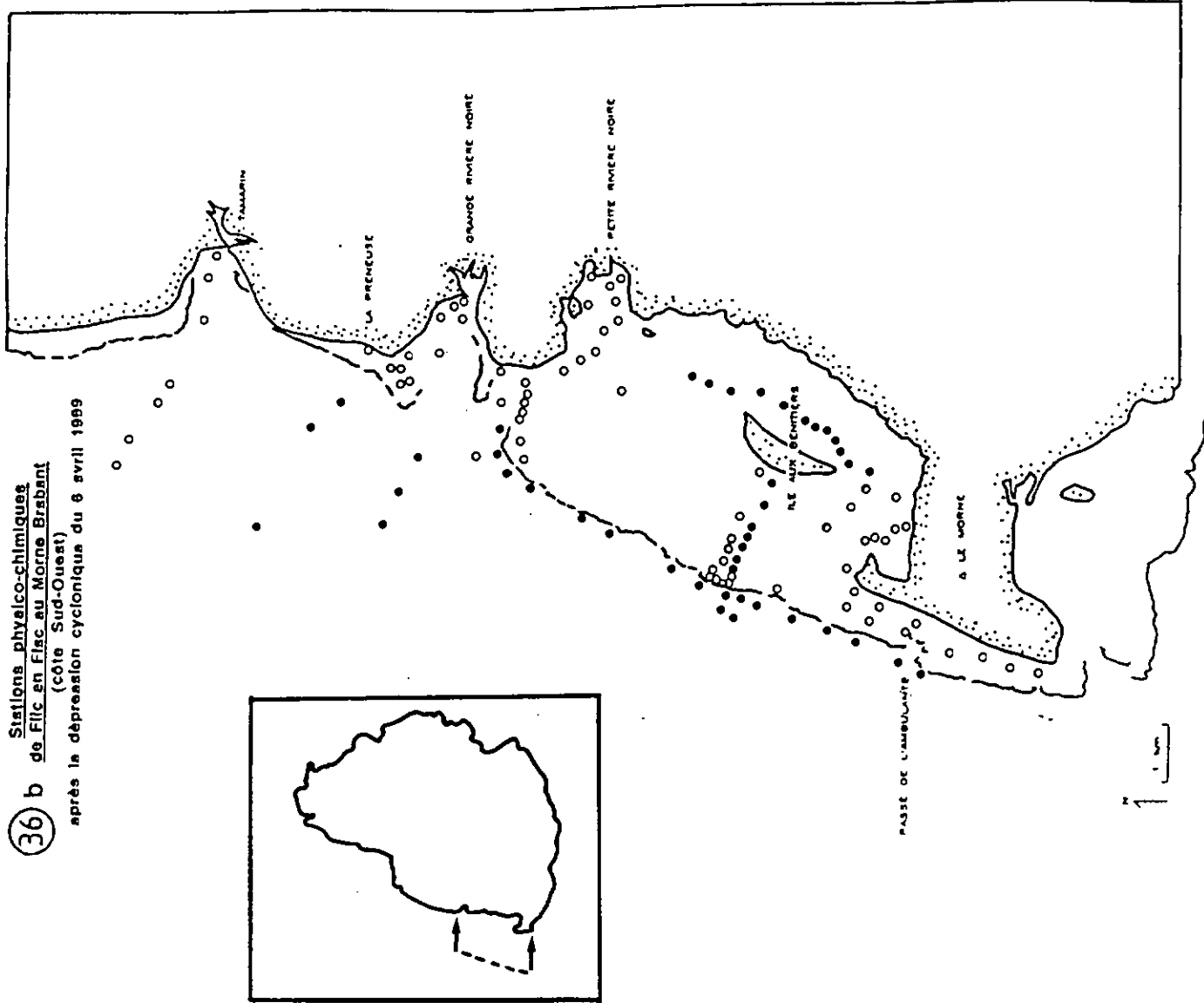
- Résurgences principales
- Eau salée <20 µg/l
- 100 Concentration réelle



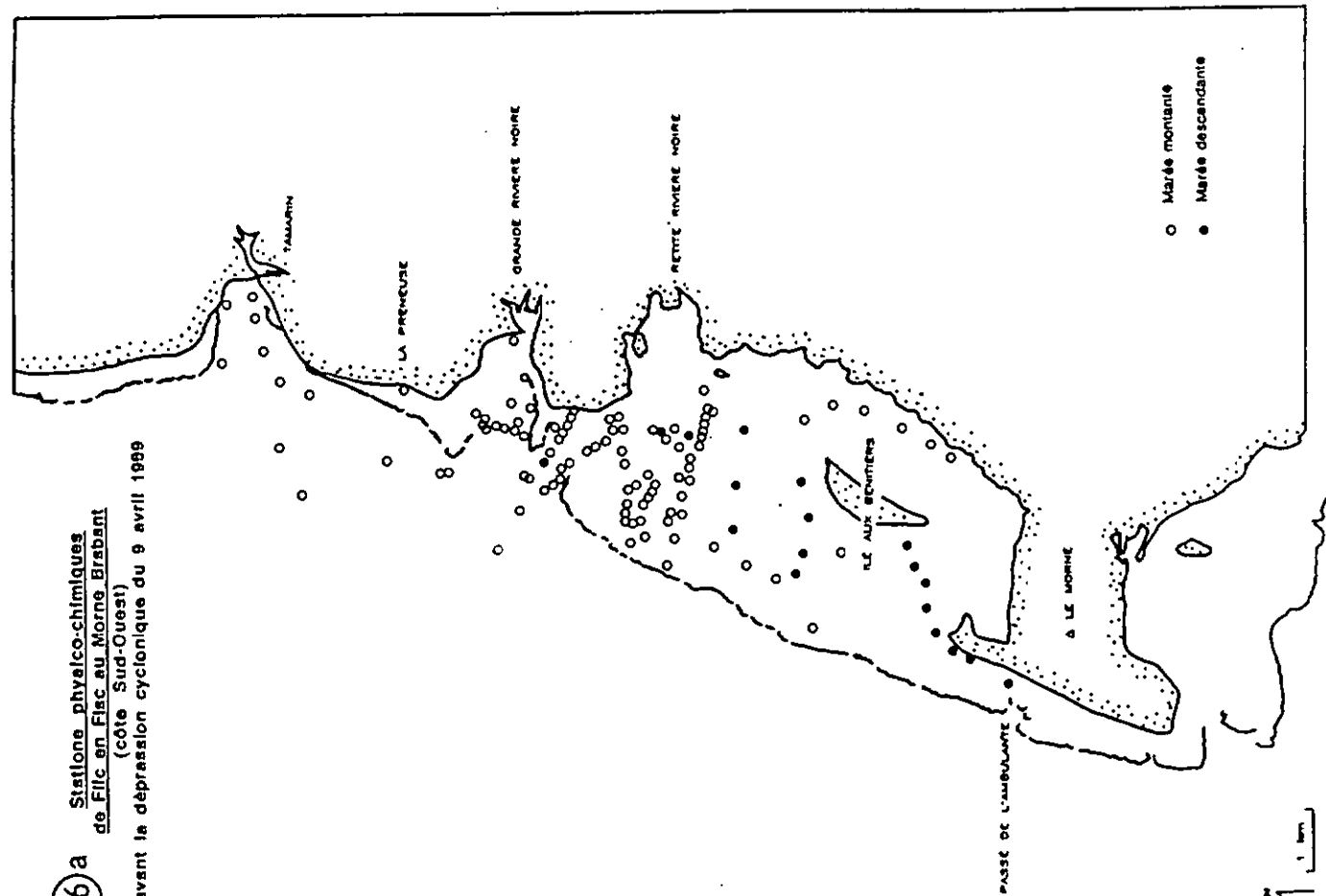
31) Variations des paramètres physico-chimiques et des teneurs en éléments nutritifs en fonction de la profondeur dans les eaux océaniques.

Ici, la colonne d'eau est peuvre en éléments nutritifs jusqu'à -150 m. L'Océan Indien est oligotrophe en raison de la stratification thermique qui empêche la remontée en surface des éléments nutritifs qui restent piégés au dessous de -150 m. Le CO₂ de la couche de surface est en équilibre avec l'atmosphère, ce qui explique le pH élevé. De plus cette couche est une zone de mélange, elle donc plus oxygénée.

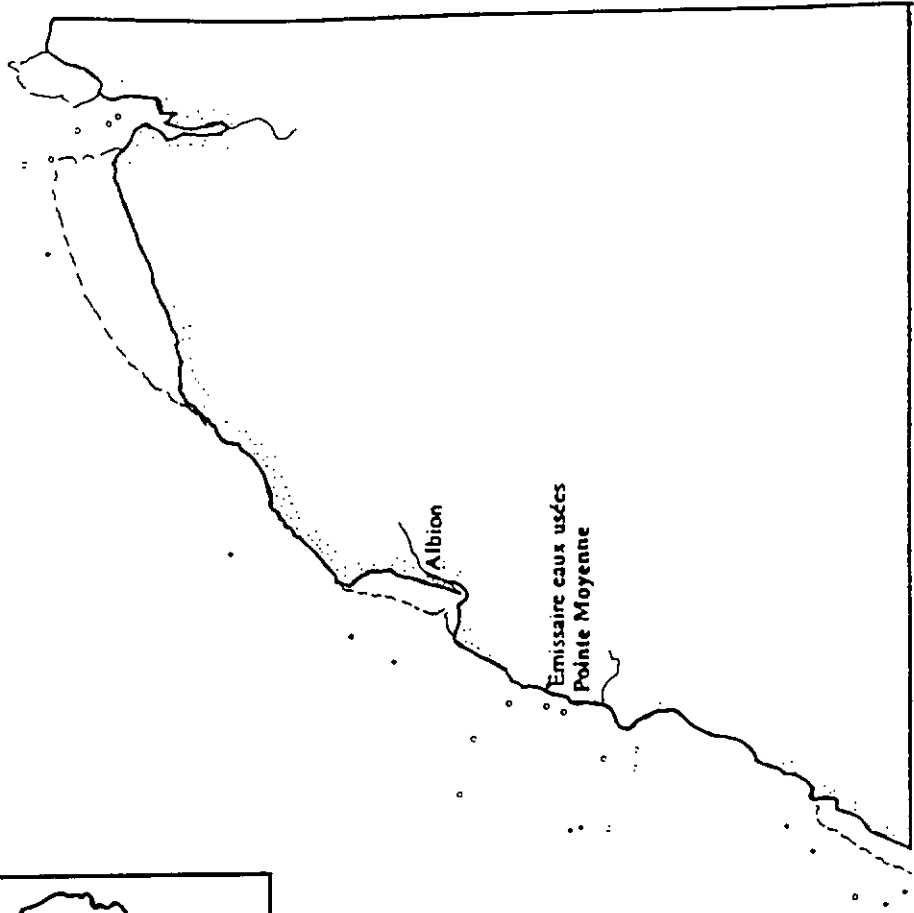
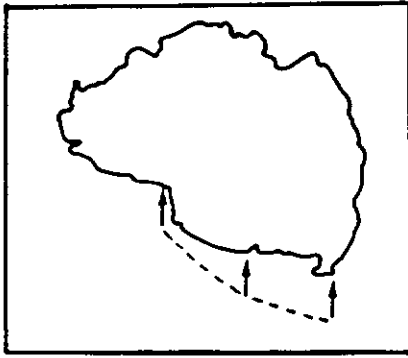
36 b Stations physico-chimiques
de Fic en Fic au Morne Brabant
(côte Sud-Ouest)
après la dépression cyclonique du 8 avril 1989



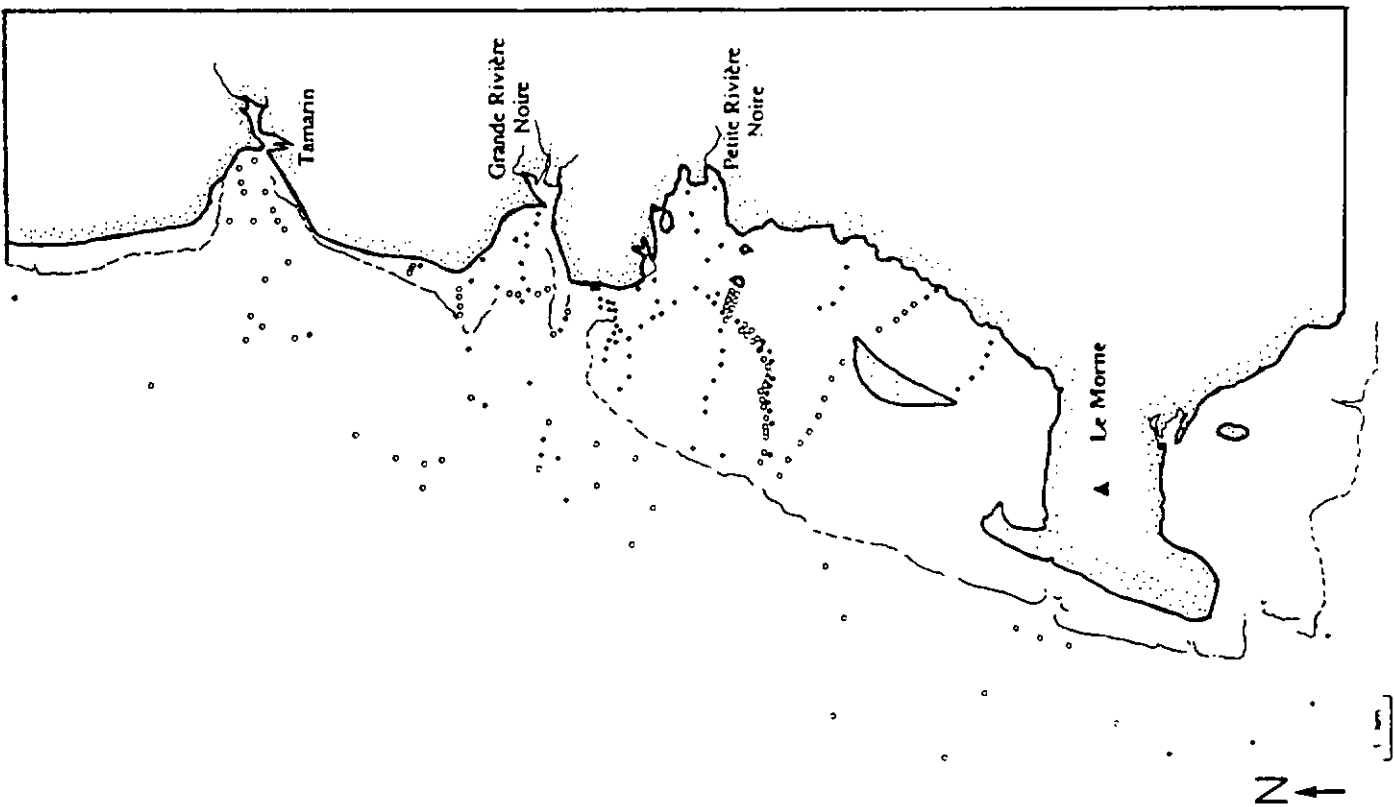
36 a Stations physico-chimiques
de Fic en Fic au Morné Brabant
(côte Sud-Ouest)
avant la dépression cyclonique du 8 avril 1989

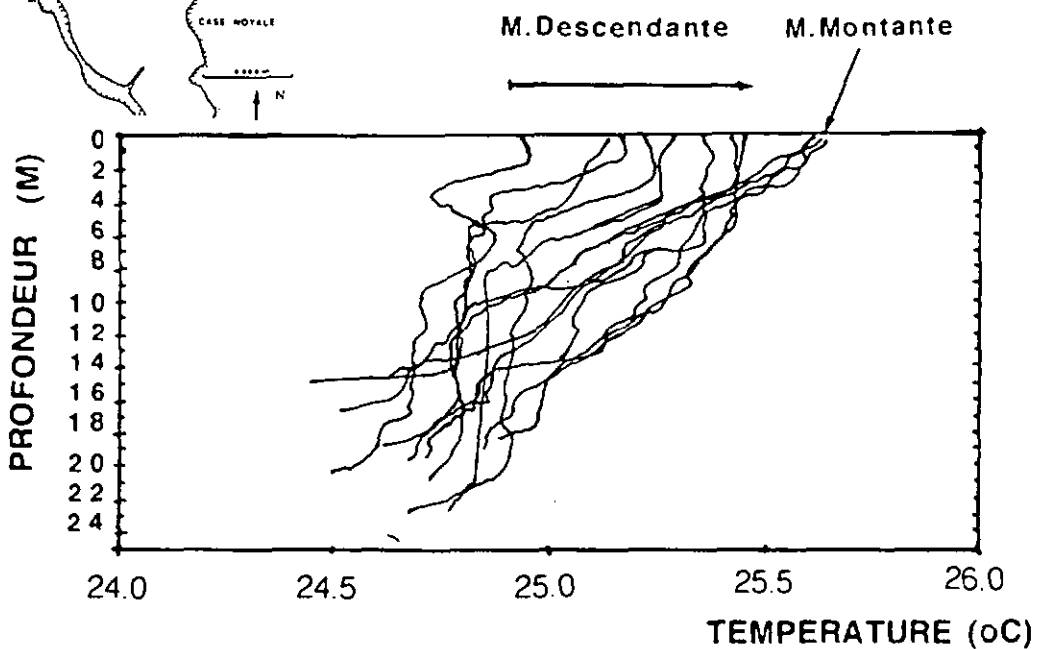
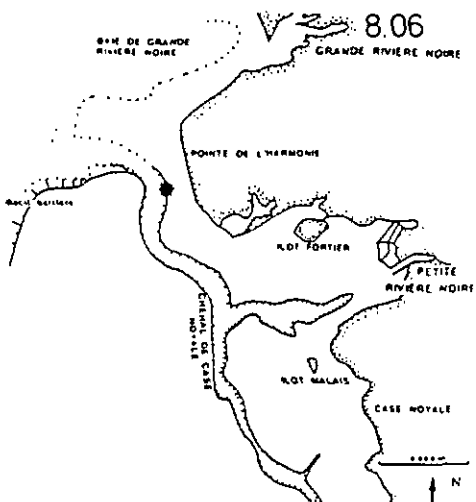
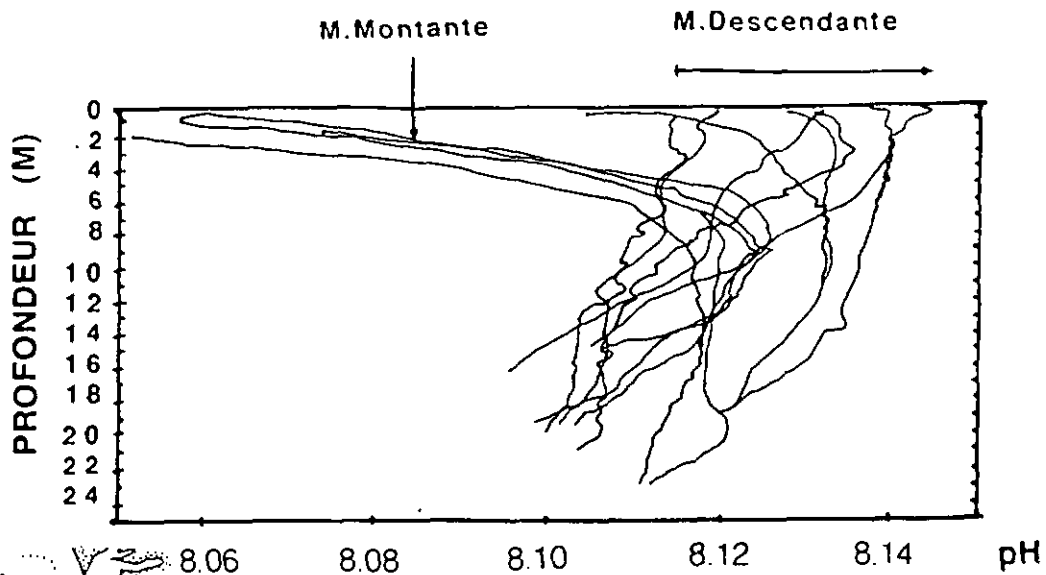


37 Stations physico-chimiques
 de Port-Louis au Morne Brabant
 (côtes Ouest et Sud-Ouest)
 novembre 1989



○ Marée montante
 ● Marée descendante





38) Variations des paramètres physico-chimiques en fonction de la marée

Profils de pH et Température réalisés à station fixe dans le Chenal de Case Noyale le 21.11.89, pendant 6 heures (soit 3 h avant et 3 h après la marée basse)

Variations de Température en surface au Sud-Ouest et Ouest

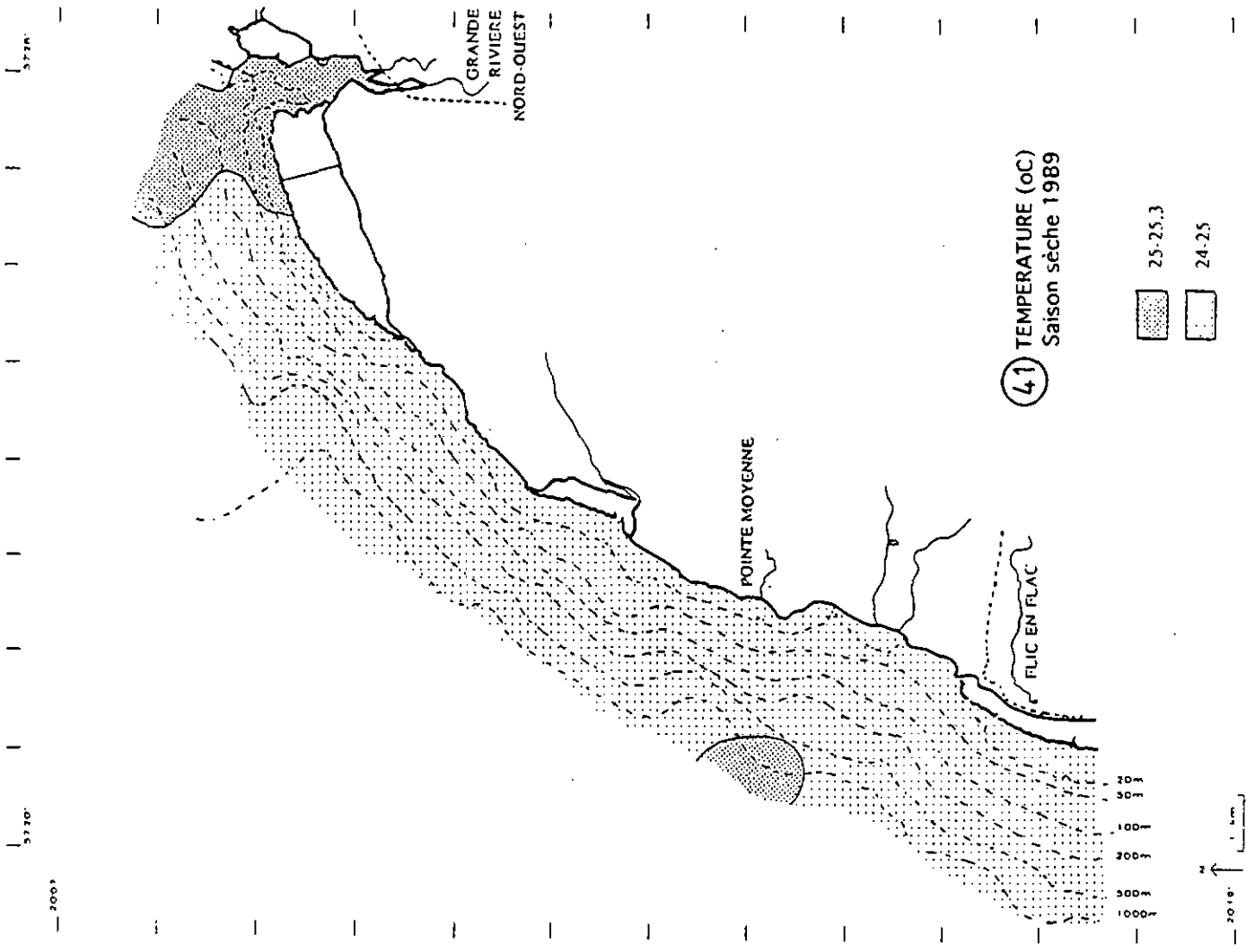
En saison cyclonique, la température varie de 25 à 29 °C, les extrêmes se rencontrent dans le lagon des Bénéitiers. Les minima sont observés à l'Est de l'île aux Bénéitiers dans une zone sableuse d'environ 1 m de profondeur. Les maxima se rencontrent au Sud du lagon, dans une zone d'herbier et de vaseuse peu profonde et très abritée. L'agitation du milieu et la nature du substrat peuvent conditionner cet écart de 4 °C dans des régions voisines.

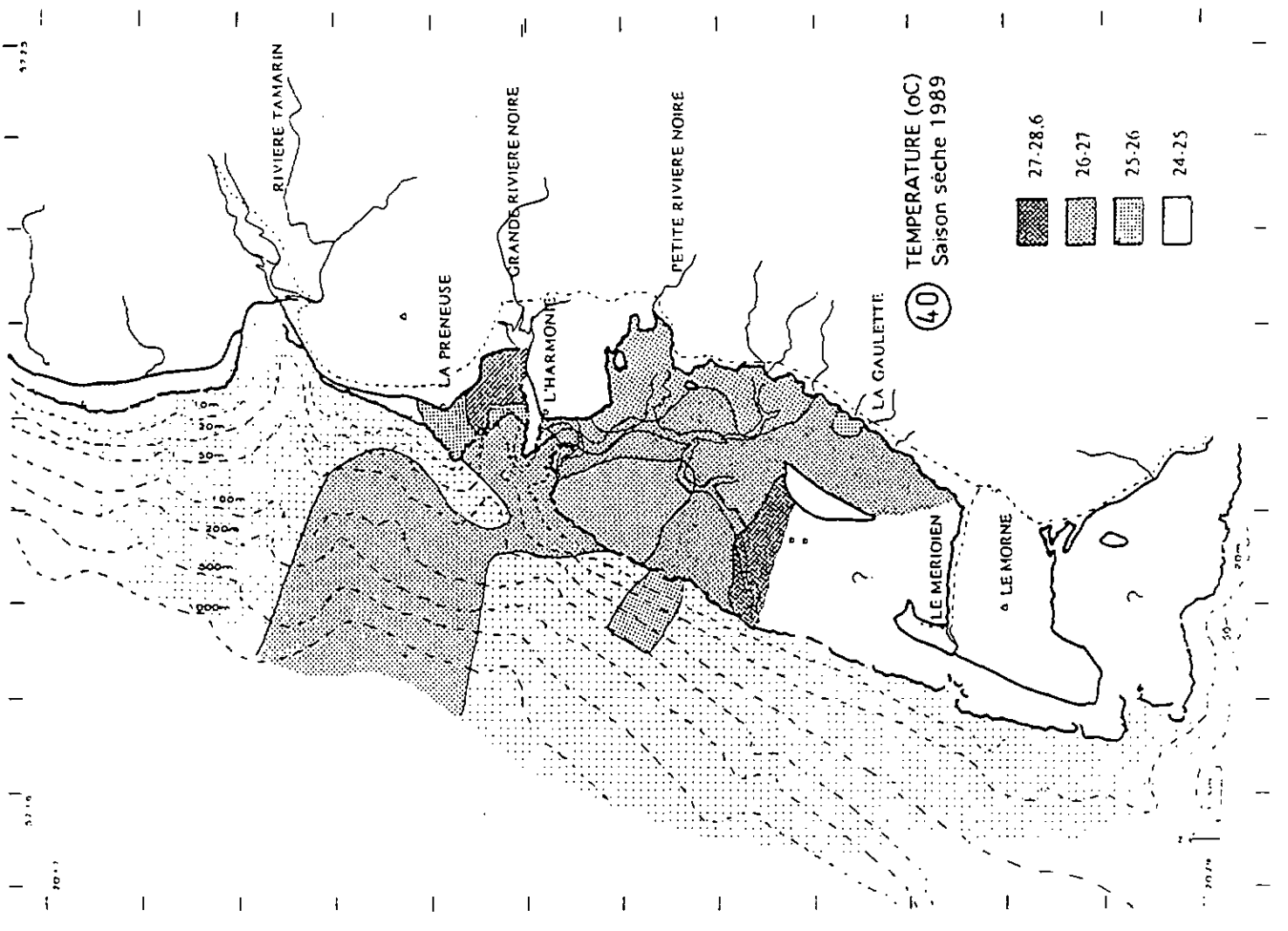
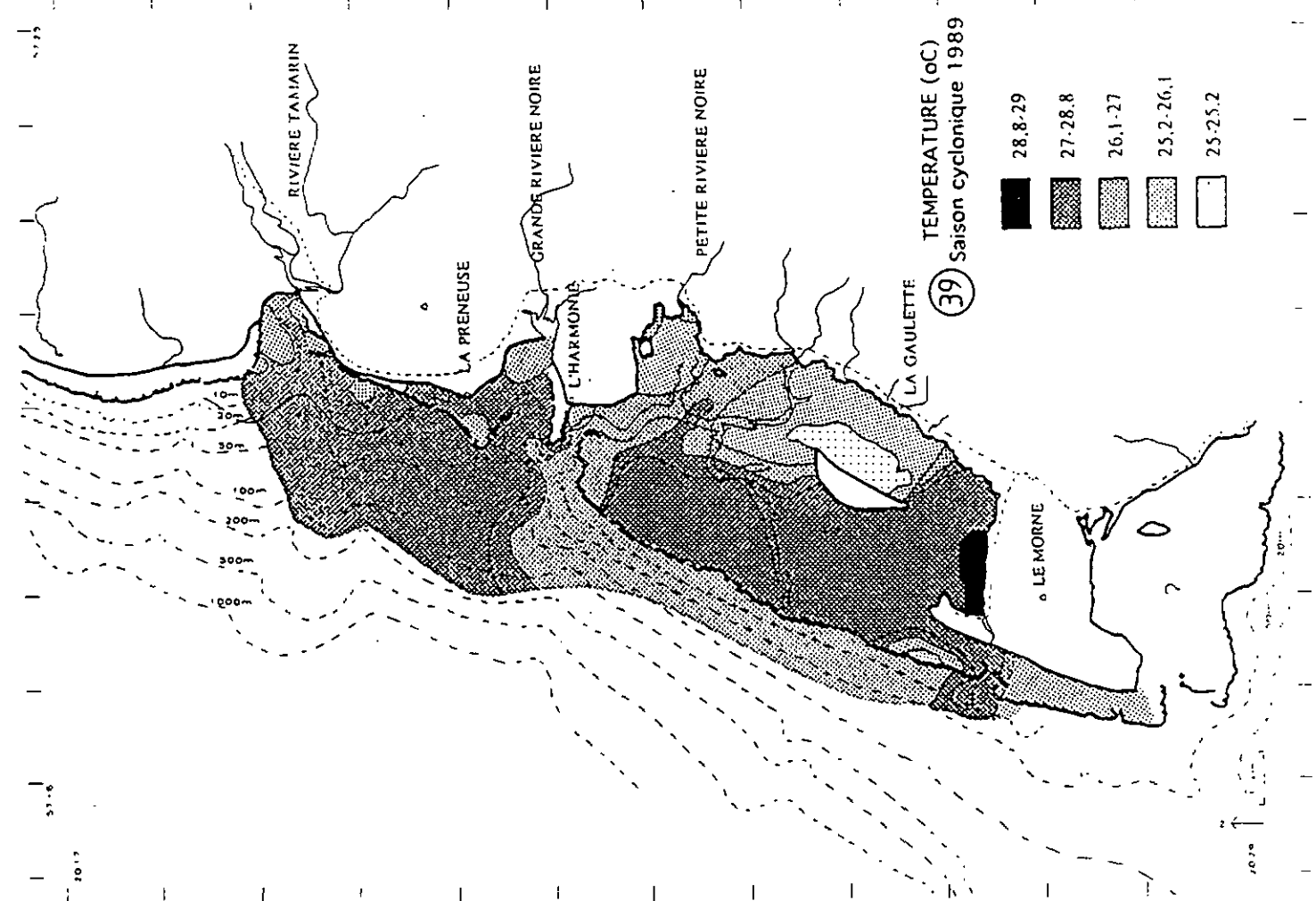
Le lagon des Bénéitiers se divise globalement en deux zones assez contrastées. La partie Ouest s'étendant de la barrière corallienne au chenal de Case Noyale, est plus chaude (>27°C), elle est sous l'influence des eaux océaniques et la partie Est s'étendant du chenal à la côte est plus fraîche (<27°C).

La température au large est supérieure à 27 °C, seules les mesures réalisées après le cyclone au large du lagon des Bénéitiers montrent des températures plus basses.

Au niveau des baies de Rivière Noire et de Tamarin, la température décroît au niveau des embouchures, à cette saison les eaux insulaires sont plus fraîches que les eaux côtières.

En saison sèche, la température varie de 24 à 28.6 °C, les minima se rencontrent au large et les maxima dans le lagon des Bénéitiers et dans la baie de Rivière Noire. A cette saison, l'influence des eaux insulaires est moindre, il n'y a pas de variation de température due aux rivières de Tamarin et du Rempart dont le débit est faible. A Rivière Noire et à Port-Louis, les eaux insulaires réchauffent les eaux des baies.





Variations de la Salinité en surface au Sud-Ouest et Ouest

Pendant la saison cyclonique, la salinité des eaux côtières montre une grande variabilité. Sur toute la zone couverte, elle s'échelonne de 15 g/l à 34,6 g/l.

La salinité est supérieure à 34 g/l sur toute la partie Sud du lagon des Bénitiers, zone peu profonde où l'évaporation est importante. Dans la baie de Petite Rivière Noire, elle chute jusqu'à 32 g/l. Au Nord-Ouest de l'île aux Bénitiers une eau plus douce se différencie avec une salinité d'environ 30 g/l, ce qui peut signifier l'arrivée d'eau douce par des petites résurgences. Les eaux plus douces qui pénètrent dans le lagon à marée montante, sont canalisées par le chenal de Case Noyale et par la passe de l'Ambulante face au Méridien.

Dans la baie de Tamarin, la salinité est très basse (15 g/l) et un panache d'eau douce de 8 km de long se dirigeant vers le Sud s'individualise très nettement.

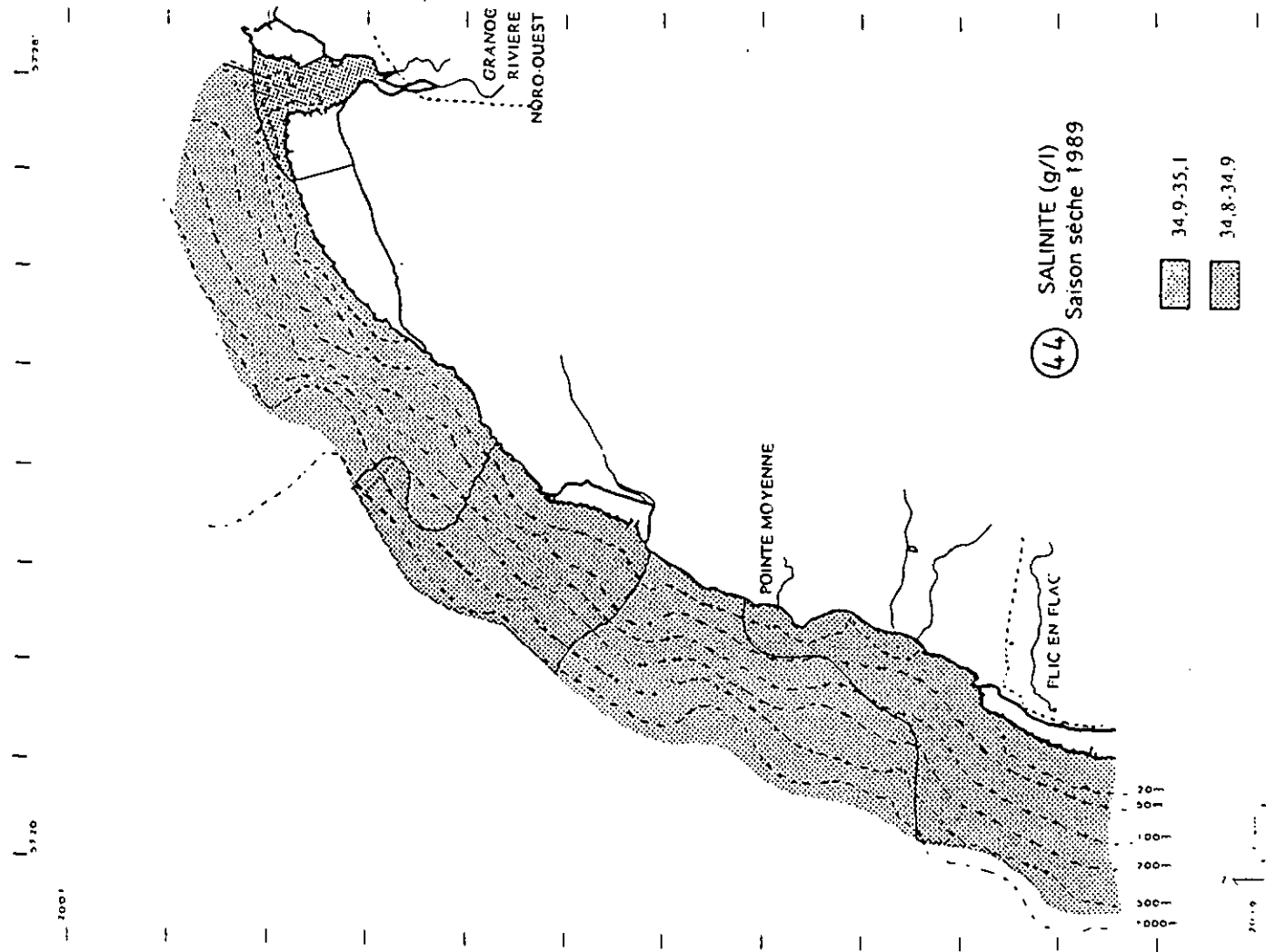
Dans la baie de Rivière Noire, la salinité n'est pas si basse, le minimum est de 22 g/l et l'influence de l'eau douce se dissipe plus rapidement, le panache ne dépassant guère 1 km.

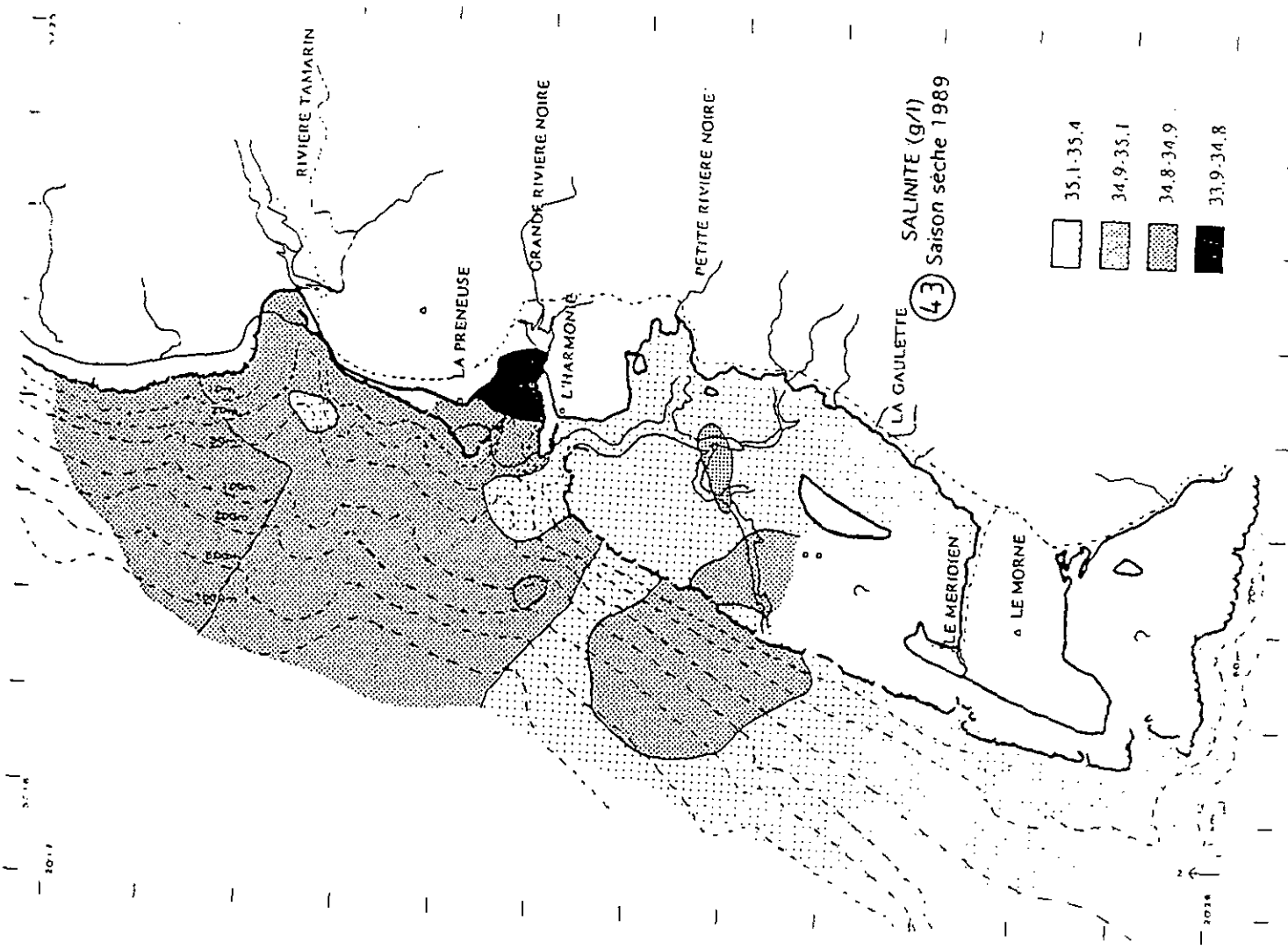
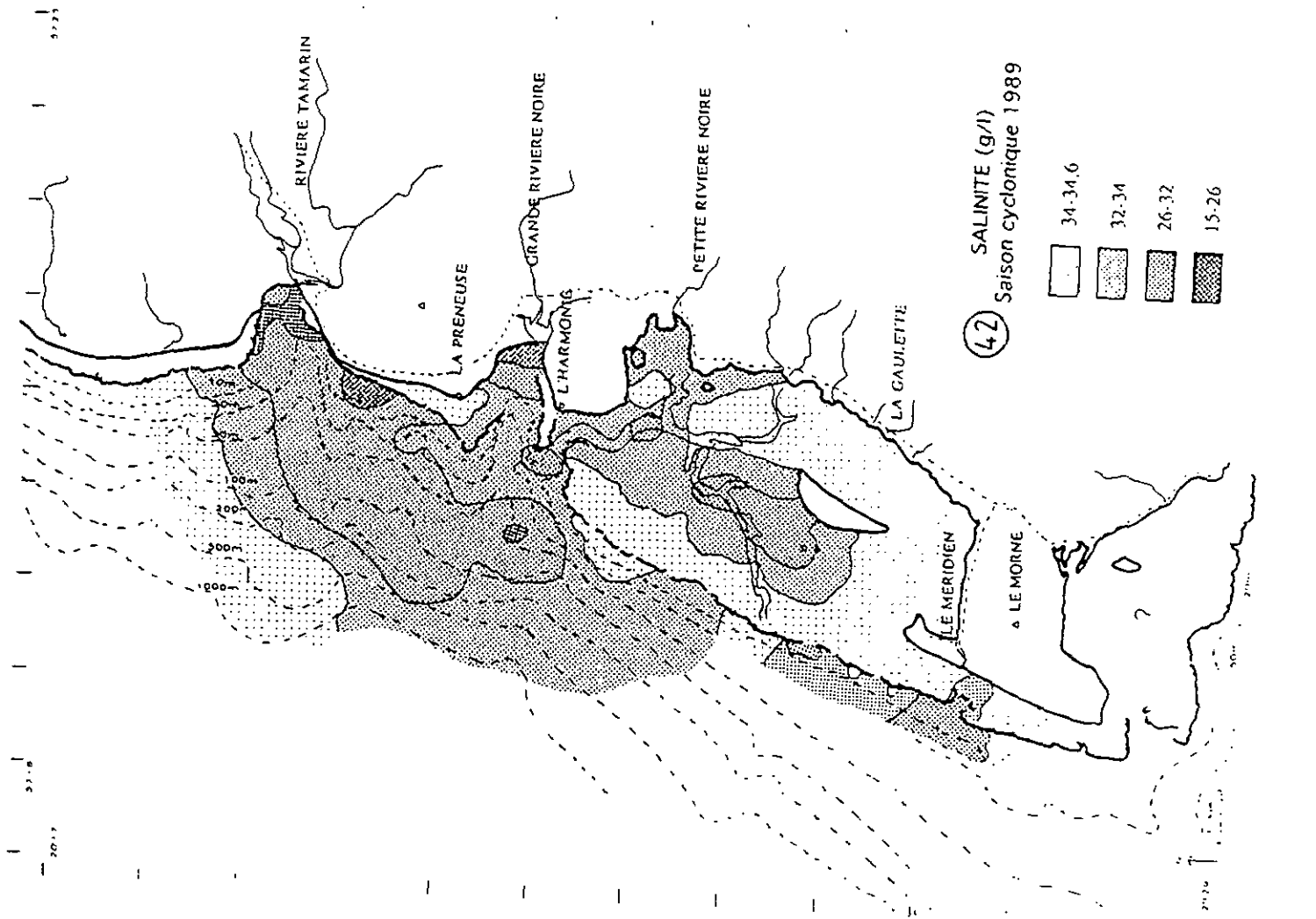
Une zone d'eau plus douce jusqu'à 30 g/l se distingue face au récif de l'Harmonie; des résurgences d'eau souterraine ont été observées en plongée dans cette région.

L'influence des eaux insulaires est très nettement marquée en période cyclonique, les beaux panaches d'eau douce issus des estuaires qui se dessinent à cette saison ne sont plus identifiables en saison sèche.

En saison sèche, la variation est faible, la salinité varie de 33,9 à 35,4 g/l. Les minima se rencontrent dans les baies de Rivière Noire et de Tamarin mais aucun panache n'est observé. Les salinités les plus fortes se rencontrent au Sud et dans le lagon des Bénitiers. Tout comme en saison humide, une salinité plus basse se distingue au Nord-Ouest de l'île aux Bénitiers.

Au Nord, les eaux les plus douces se rencontrent dans la baie de Port-Louis, en face du lagon d'Albion, à l'embouchure de la rivière à Pointe Moyenne.





Variations de la Turbidité à 1 m au Sud-Ouest et Ouest

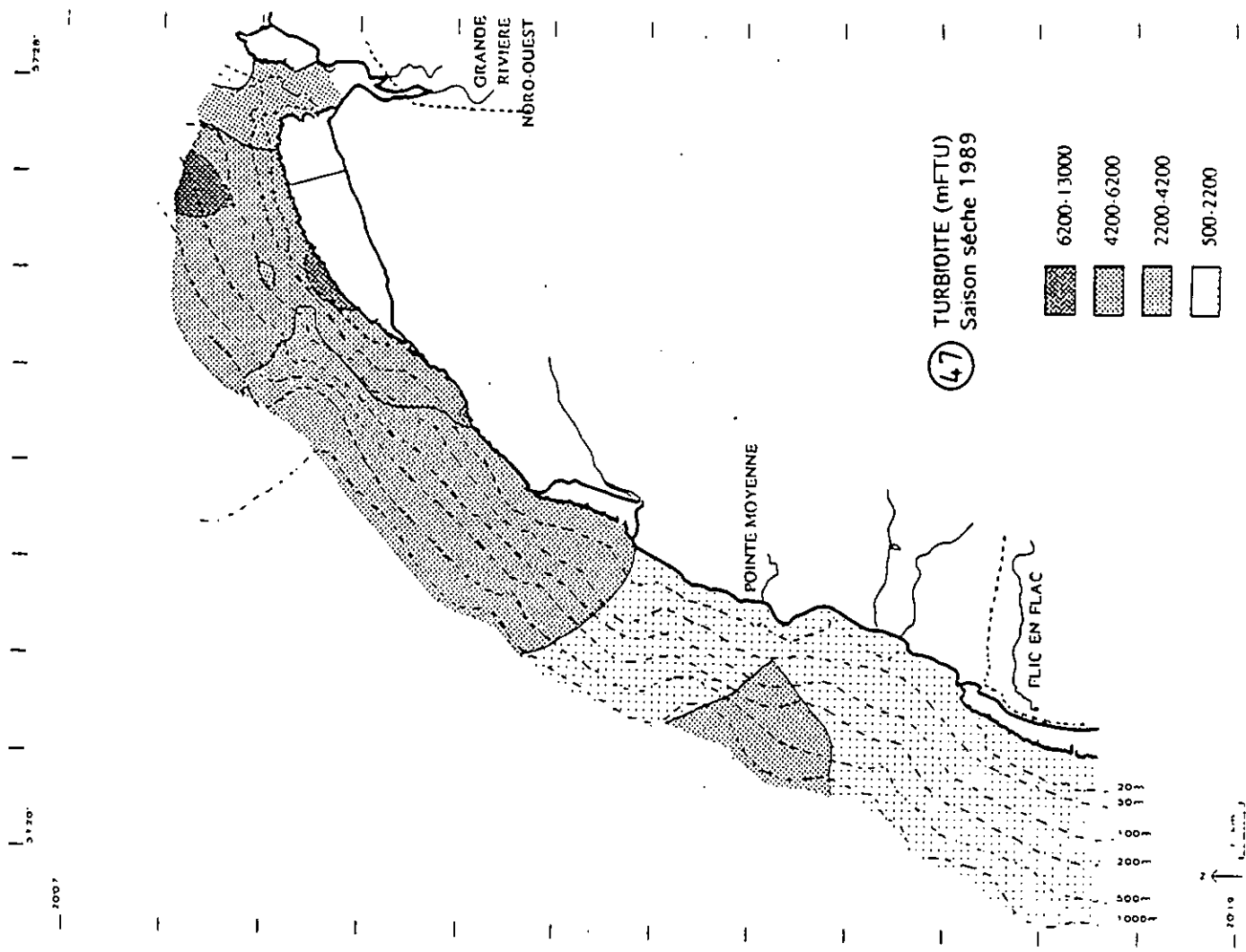
En saison cyclonique, la turbidité est inférieure à 2200 mFTU sur la zone Ouest du lagon des Bénitiers, elle augmente vers la côte jusqu'à 6200 mFTU signant les apports terrigènes véhiculés par les ruisseaux de la région de La Gaulette et dépasse 10200 mFTU dans la baie de Petite Rivière Noire.

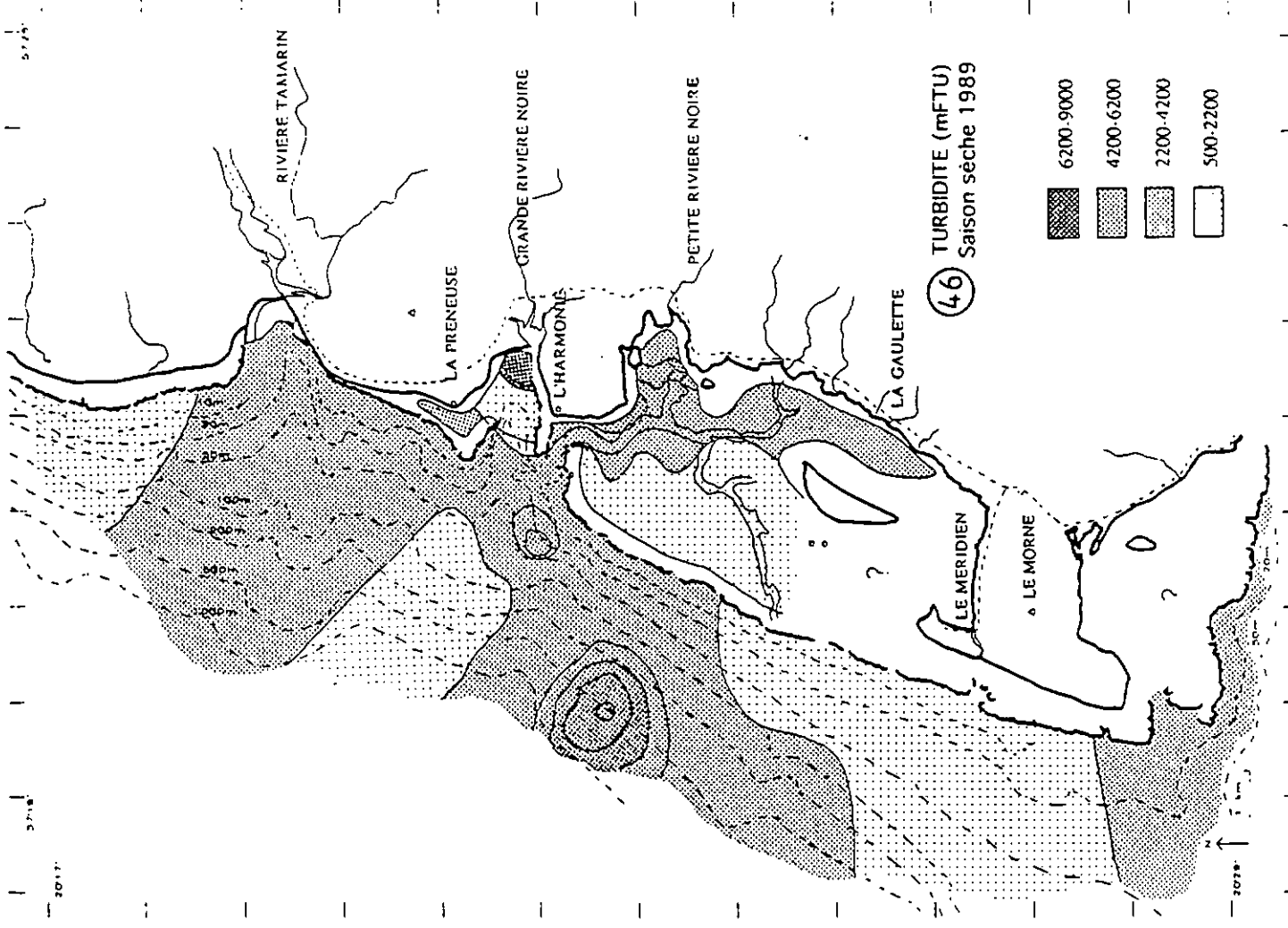
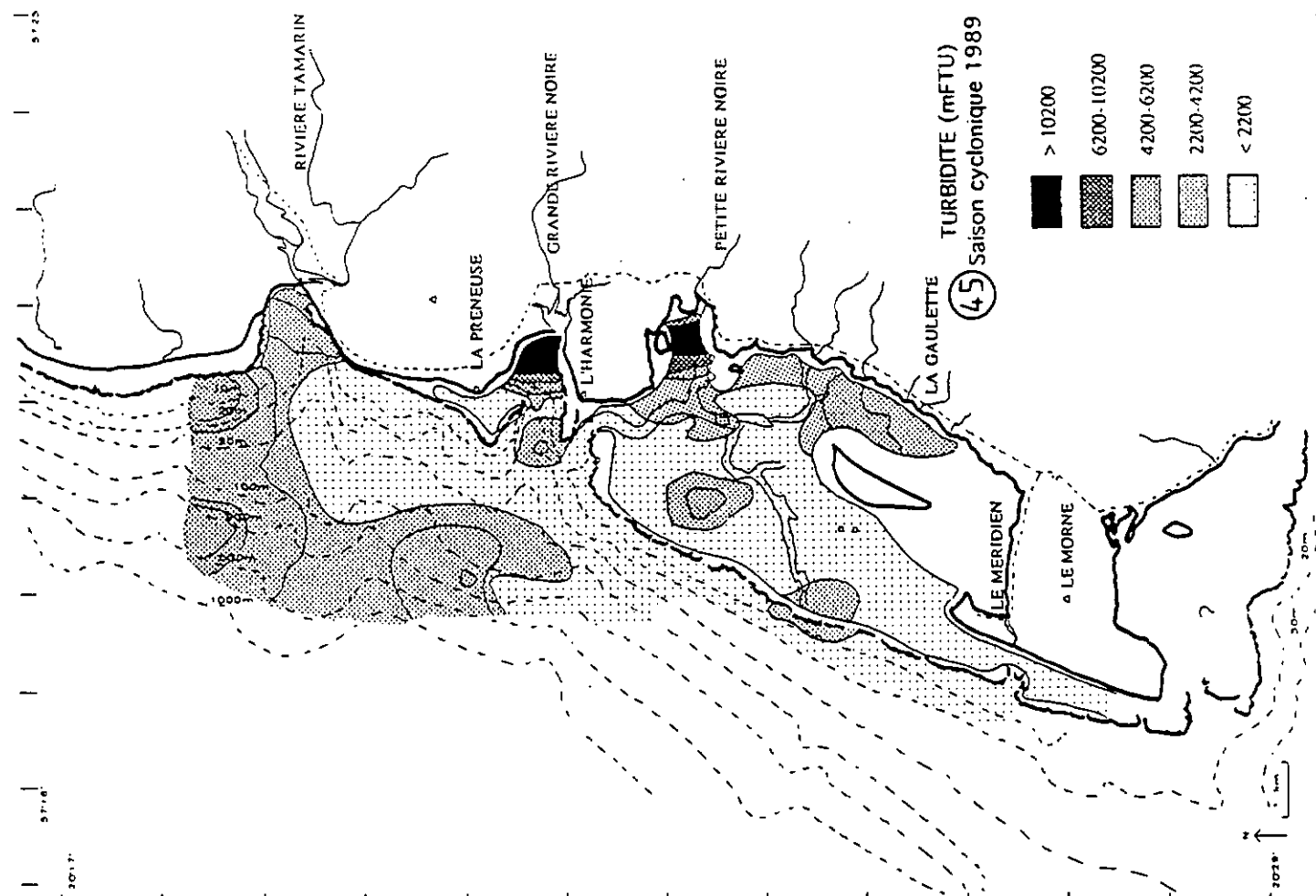
Dans les baies les turbidités sont plus élevées en saison humide qu'en saison sèche. A Tamarin, la turbidité atteint 6200 mFTU et un panache s'étend au Sud jusqu'à 8 km. La baie de Rivière Noire est plus turbide et dépasse 10200 mFTU.

La turbidité du large est inférieure à 2200 mFTU, le panache venant de Tamarin et du Nord, a été observé les 7 et 8 avril après la dépression cyclonique.

En saison sèche, la baie de Rivière Noire est la zone la plus turbide, un maximum de 13000 mFTU y est mesuré. Le lagon des Bénitiers est partagé en deux comme en saison humide, l'Ouest est inférieur à 2200 mFTU et l'Est varie entre 2200 et 6200 mFTU. Au large de Rivière Noire, les taches turbides observées de façon ponctuelle, signent soit la présence de masses planctoniques, soit l'évacuation des eaux du lagon des Bénitiers. La faible turbidité mesurée au centre de la baie et l'absence d'anomalie de salinité au niveau de ces "taches" turbides laissent penser qu'il ne s'agit pas des eaux de la Rivière Noire.

Au Nord, les turbidités maximales sont mesurées au large de Port-Louis.





Variations du pH en surface au Sud-Ouest et Ouest

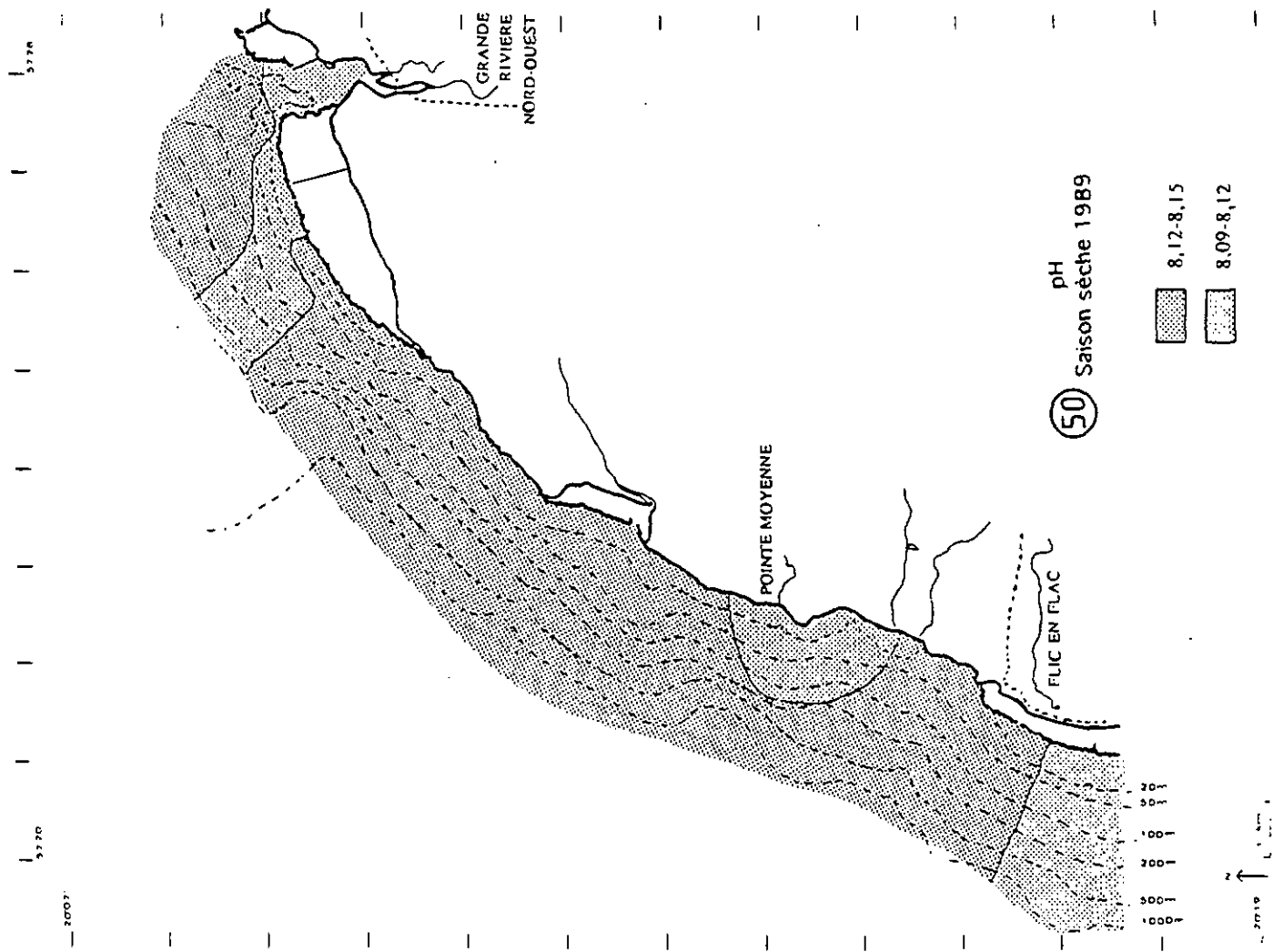
En saison cyclonique, le pH présente une variation générale de 7.8 à 8.5, la localisation (proximité corallienne) et l'état de la marée l'influence beaucoup.

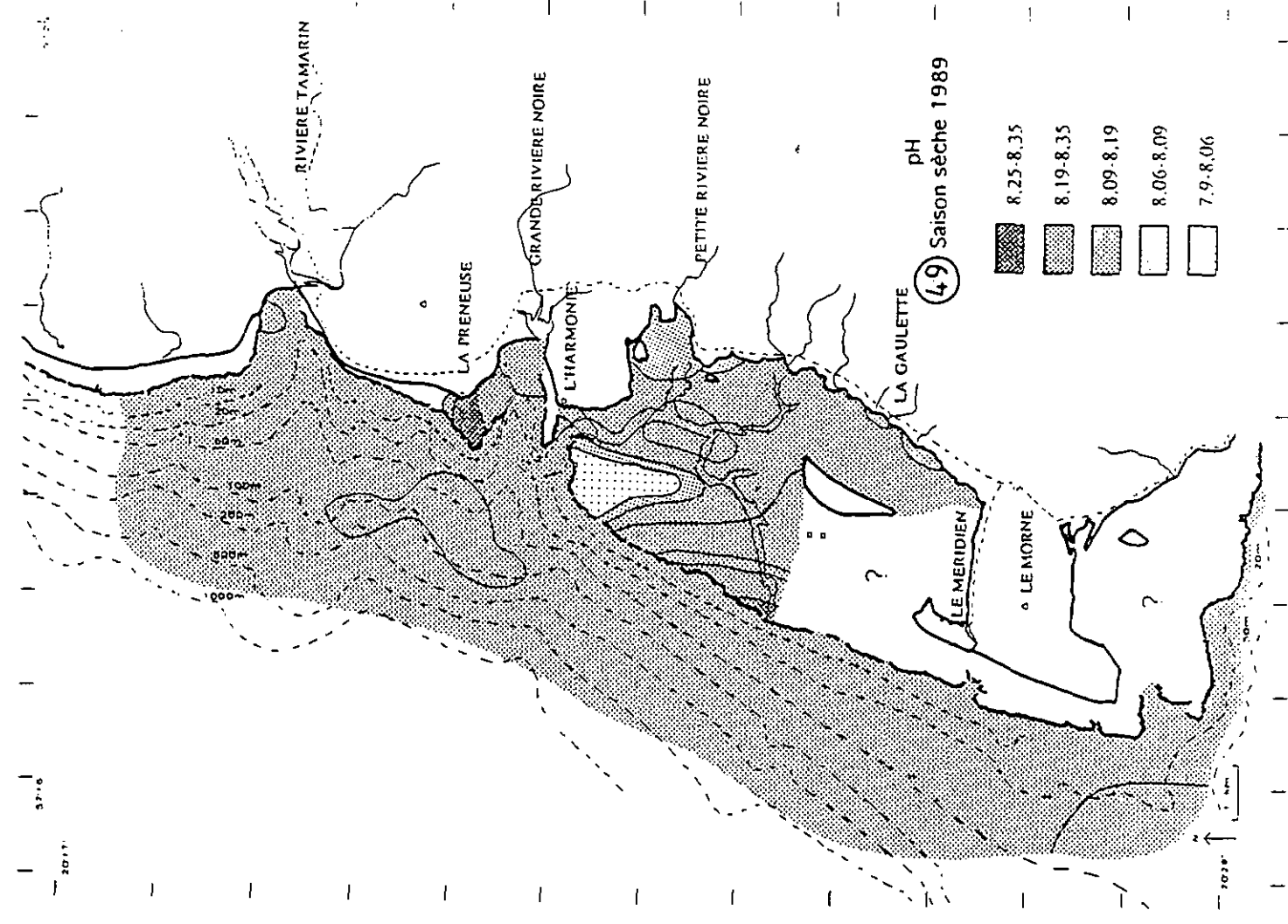
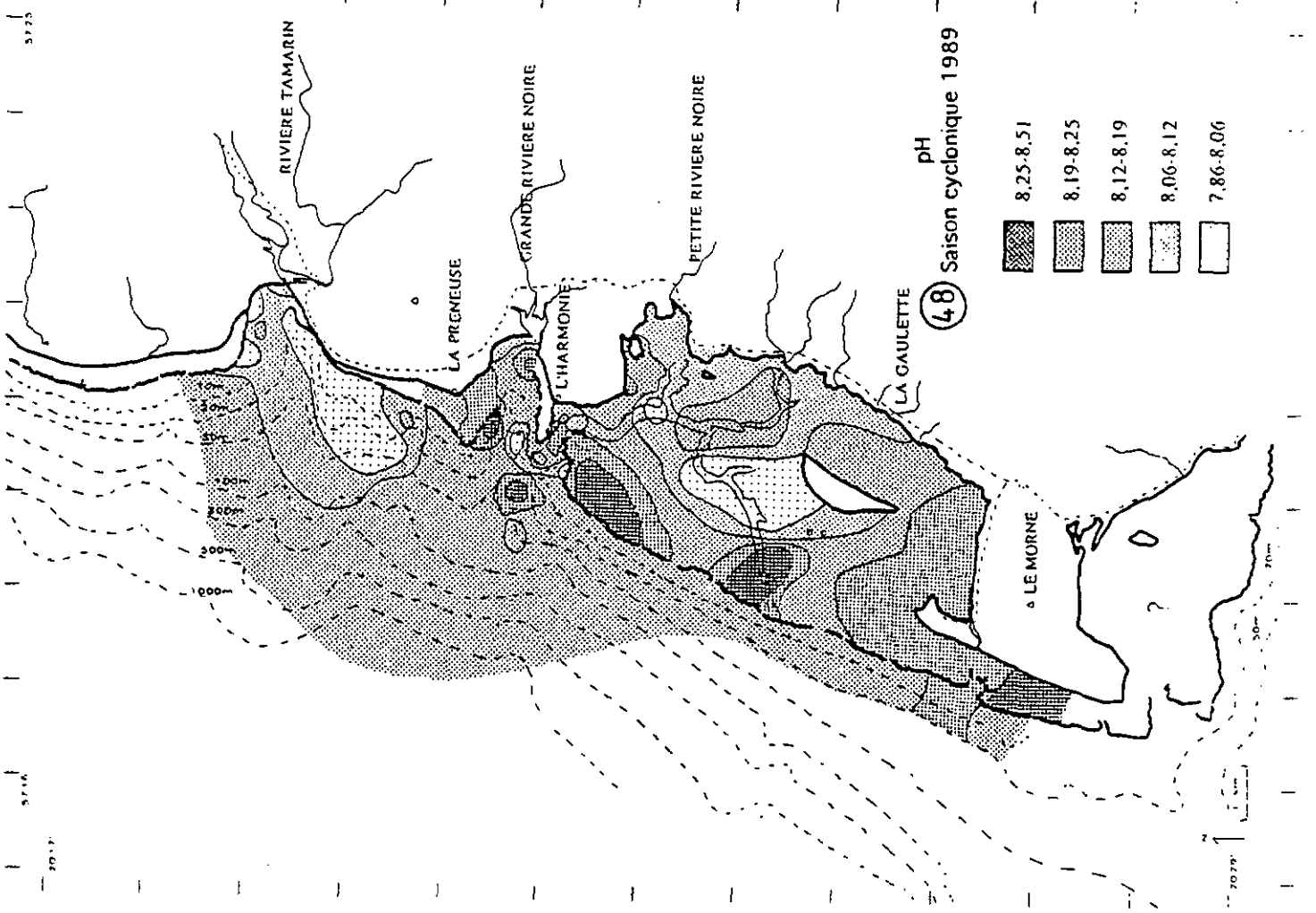
Globalement, les pH les plus élevés de 8.1 à 8.5 se rencontrent près de la barrière et au Sud du lagon.

Dans le fond des baies, un pH légèrement plus bas est mesuré, il signe l'arrivée des eaux insulaires. A Tamarin, un panache s'individualise vers le Sud.

En saison sèche, le pH varie moins qu'en saison humide, le maximum est mesuré dans les lagons de La Preneuse et des Bénitiers près de la barrière. Le pH au fond de la baie de Petite Rivière Noire est légèrement plus bas ainsi que celui aux embouchures des petits ruisseaux au Sud du lagon des Bénitiers. Une zone près de la barrière dans le Nord du lagon des Bénitiers, montre le pH le plus faible qui se superpose avec une augmentation de la concentration en nitrates.

Dans la région Nord, les minima se rencontrent dans la baie de Port-Louis, au Sud de l'émissaire des eaux usées de Pointe Moyenne et à Flic en Flac.





Variations de l'Oxygène dissous en surface au Sud-Ouest et Ouest

En saison cyclonique, l'oxygène dissous varie de 4 à 13 mg/l. Une grande variation est observée en fonction de la température, de l'activité biologique et de l'agitation du milieu, il ne faut donc tenir compte ici que des variations globales.

Les maxima se rencontrent dans les zones les plus agitées du lagon des Bénitiers près de la barrière où s'écrasent les vagues.

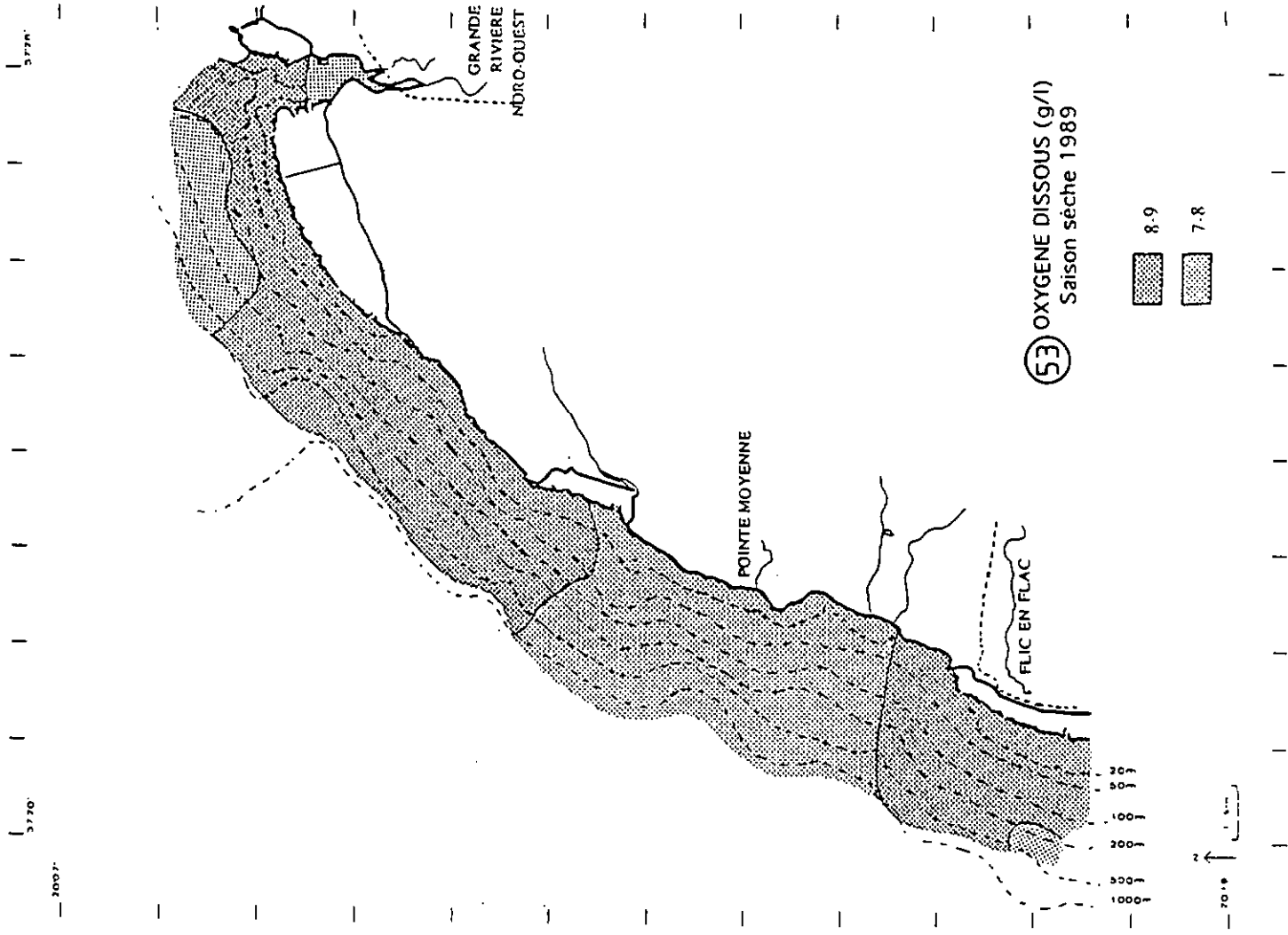
Les minima de 4 à 6 mg/l se rencontrent dans les zones les plus turbides, les baies de Petite et de Grande Rivière Noire et la vasière au Sud du lagon, zone très abritée par l'avancée de la Pointe des Pêcheurs.

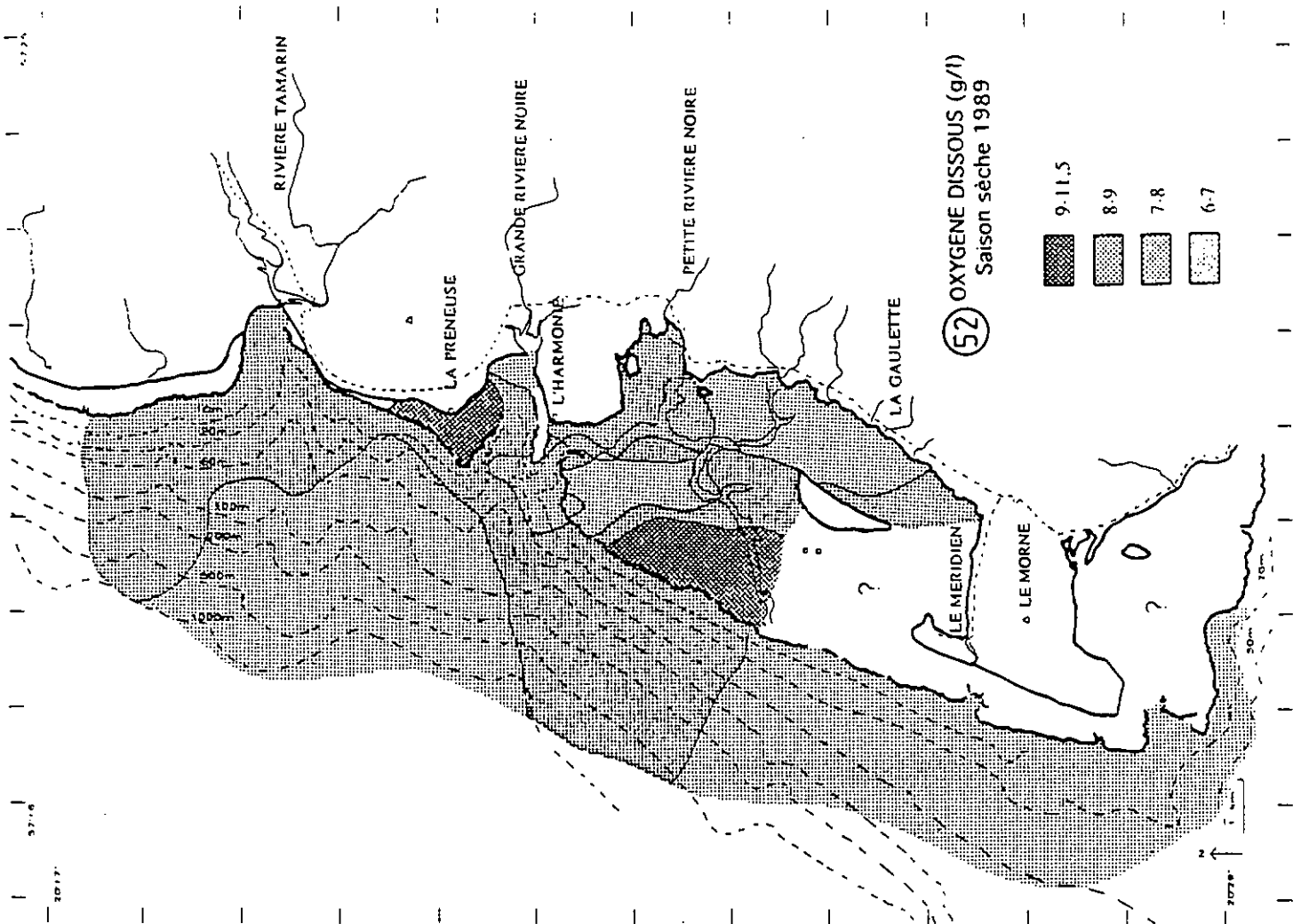
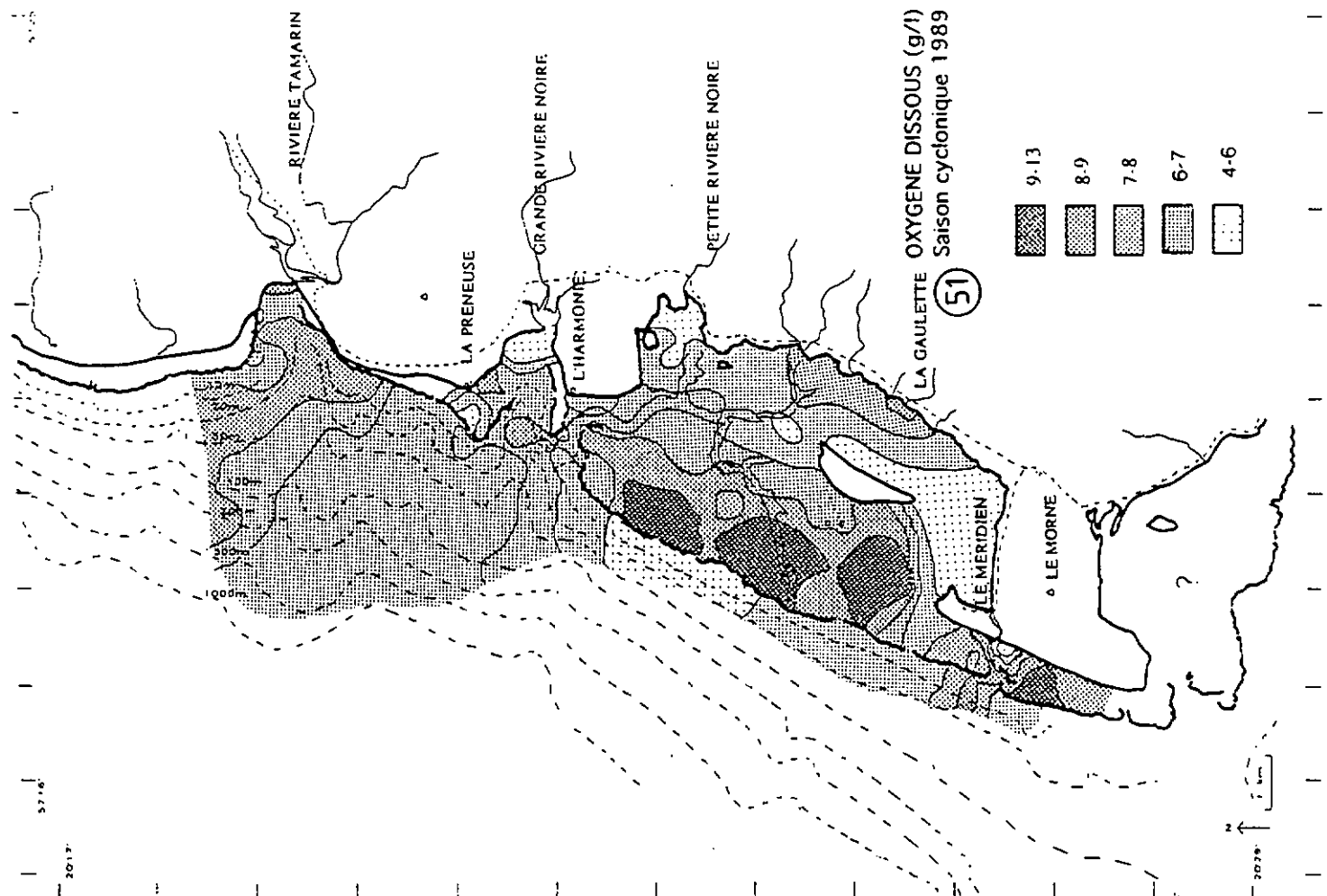
Dans la baie de Tamarin, l'oxygénation est comprise entre 7 et 9 mg/l, le brassage par de longues vagues est plus important qu'à Rivière Noire qui est une baie plus calme.

Au large, l'oxygénation de surface varie entre 7 et 8 mg/l, elle oscille au Sud entre 5 et 7 mg/l pour les mesures post-cycloniques.

En saison sèche, l'oxygénation varie de 6 à 11.5 mg/l, elle est maximale près de la barrière dans le lagon des Bénitiers et à La Preneuse. Dans les fonds de baies de Grande et de Petite Rivière Noire l'oxygénation est moyenne comme au large de 7 à 8 mg/l.

Comme dans les baies du Sud, le Fond de baie de Port-Louis a une oxygénation moyenne entre 7 et 8 mg/l.





Variations des teneurs en Silice en surface au Sud-Ouest et Ouest

En saison cyclonique, la silice atteint 12300 $\mu\text{g/l}$. Elles augmentent largement sur la quasi-totalité du lagon ($< 400 \mu\text{g/l}$), atteignant 3000 $\mu\text{g/l}$.

Les teneurs sont maximales près des embouchures 11000 $\mu\text{g/l}$ à Rivière Noire et 12300 $\mu\text{g/l}$ à Tamarin, elles signent les apports d'eau douce.

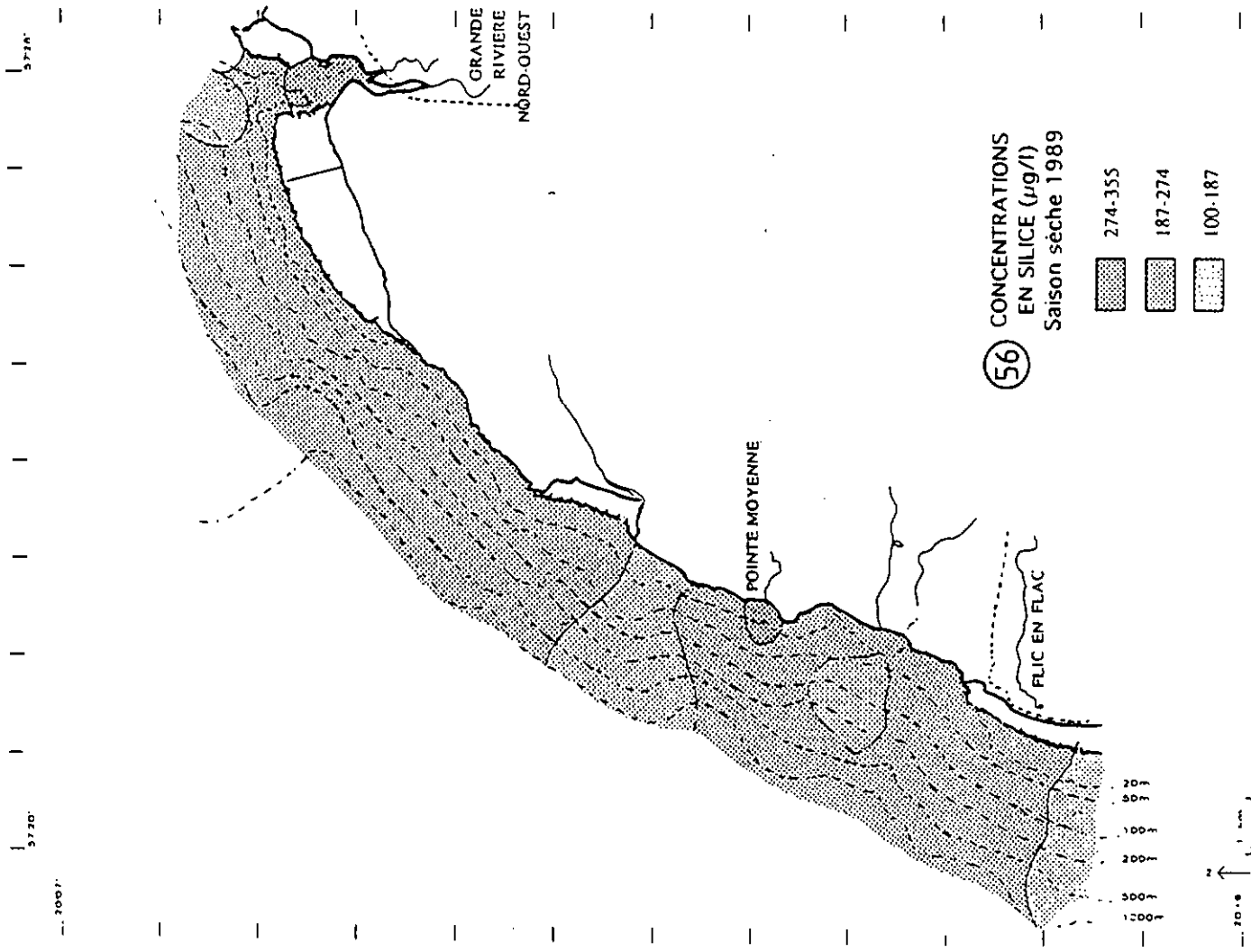
Une concentration élevée en silice est aussi à noter face au récif de l'Harmonie.

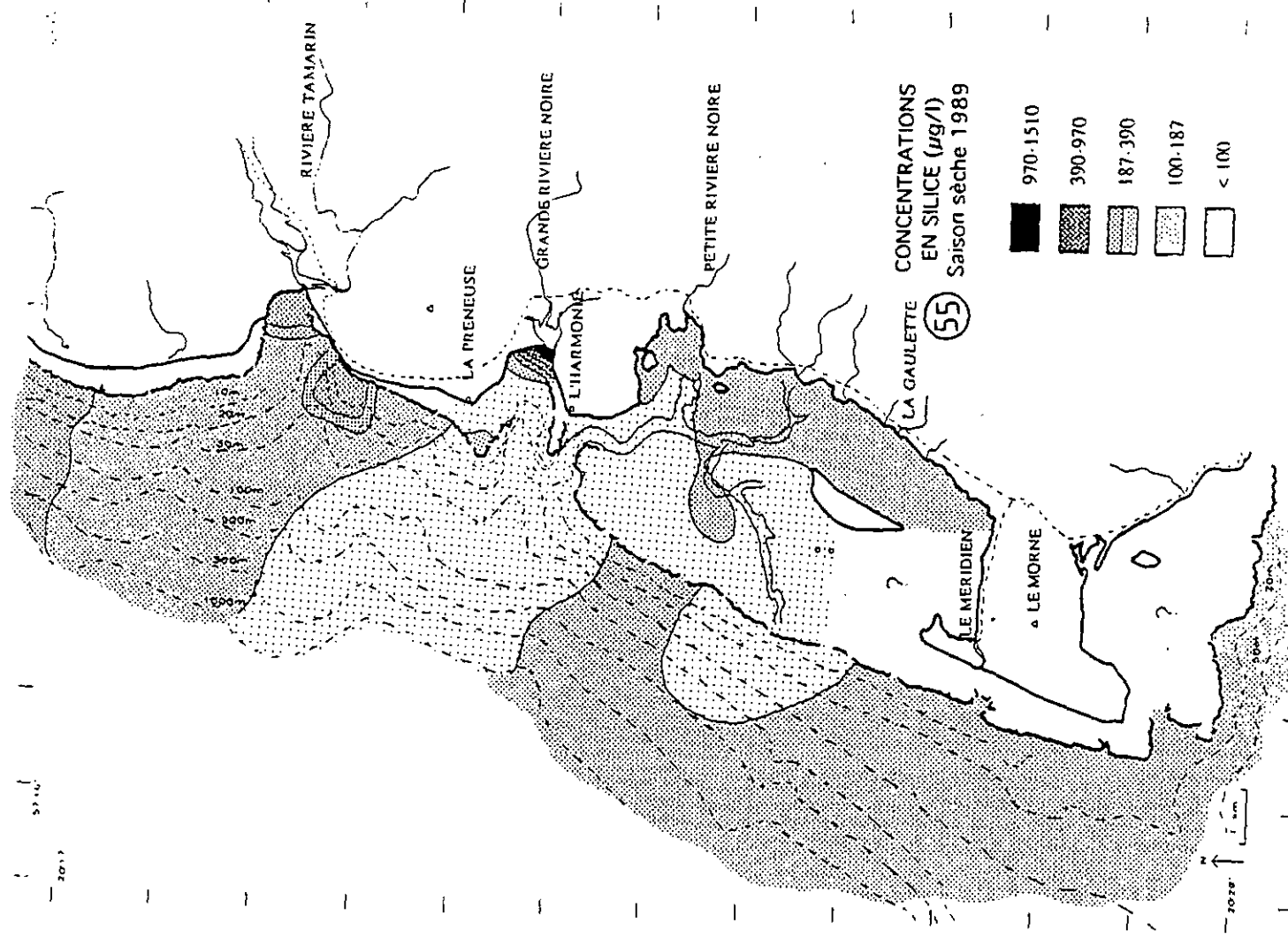
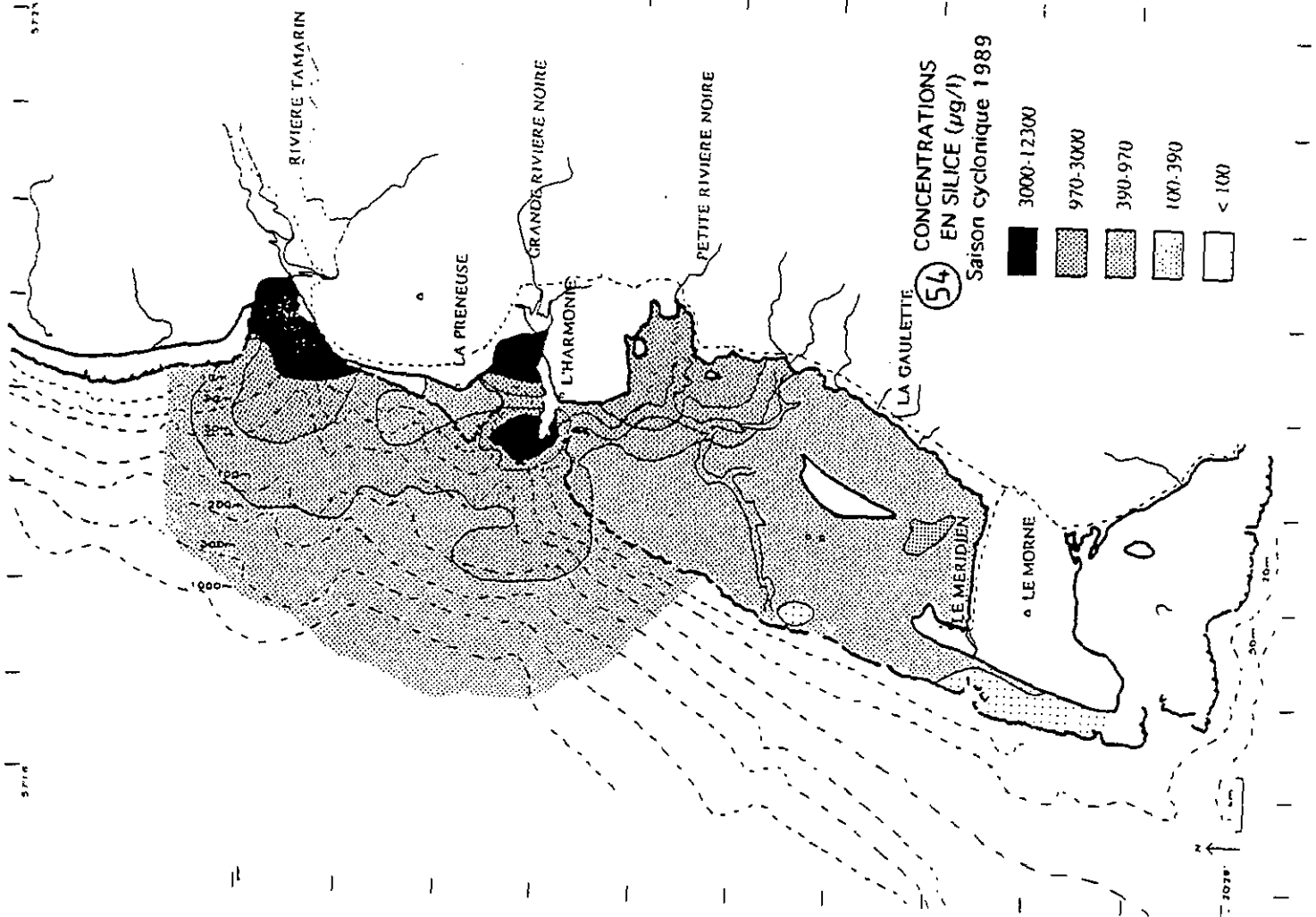
Au large, les teneurs sont inférieures à 400 $\mu\text{g/l}$, un panache de silice se dessine jusqu'à 8 km au Sud de la rivière de Tamarin.

En saison sèche, les concentrations varient moins significativement, les maxima se rencontrent dans la baie de Rivière Noire (1510 $\mu\text{g/l}$). Les teneurs dans la baie de Tamarin sont insignifiantes par rapport à ce qui avait été mesuré en saison humide. Aucun panache n'est vraiment distinct. Des concentrations inférieures à 200 $\mu\text{g/l}$ sont mesurées dans les baies de Petite Rivière Noire et dans la partie Est du lagon des Bénitiers.

Au Nord, la silice ne dépasse pas 400 $\mu\text{g/l}$, les maxima sont enregistrés dans la baie de Port-Louis et à l'embouchure de la rivière de Pointe Moyenne.

A cette saison, le lessivage des sols est réduit. Les teneurs en silice des rivières sont moindres et ce phénomène se répercute au niveau des lagons qui reçoivent moins de silice qu'en saison cyclonique.





Variations des teneurs en Nitrates en surface au Sud-Ouest et Ouest

En saison cyclonique, les nitrates sont présents dans les eaux côtières, mais restent parmi les teneurs les plus faibles rencontrées autour de l'île.

La quasi-totalité du lagon des Bénitiers montre des teneurs faibles inférieures à $30 \mu\text{g/l}$. Seules certaines zones se distinguent par des concentrations plus fortes comme la vasière au Sud et la zone Nord-Est sous l'influence de la Petite Rivière Noire.

Dans la baie de Tamarin, les teneurs sont maximales ($225 \mu\text{g/l}$) et un panache se dessine jusqu'à 2,5 km de l'embouchure.

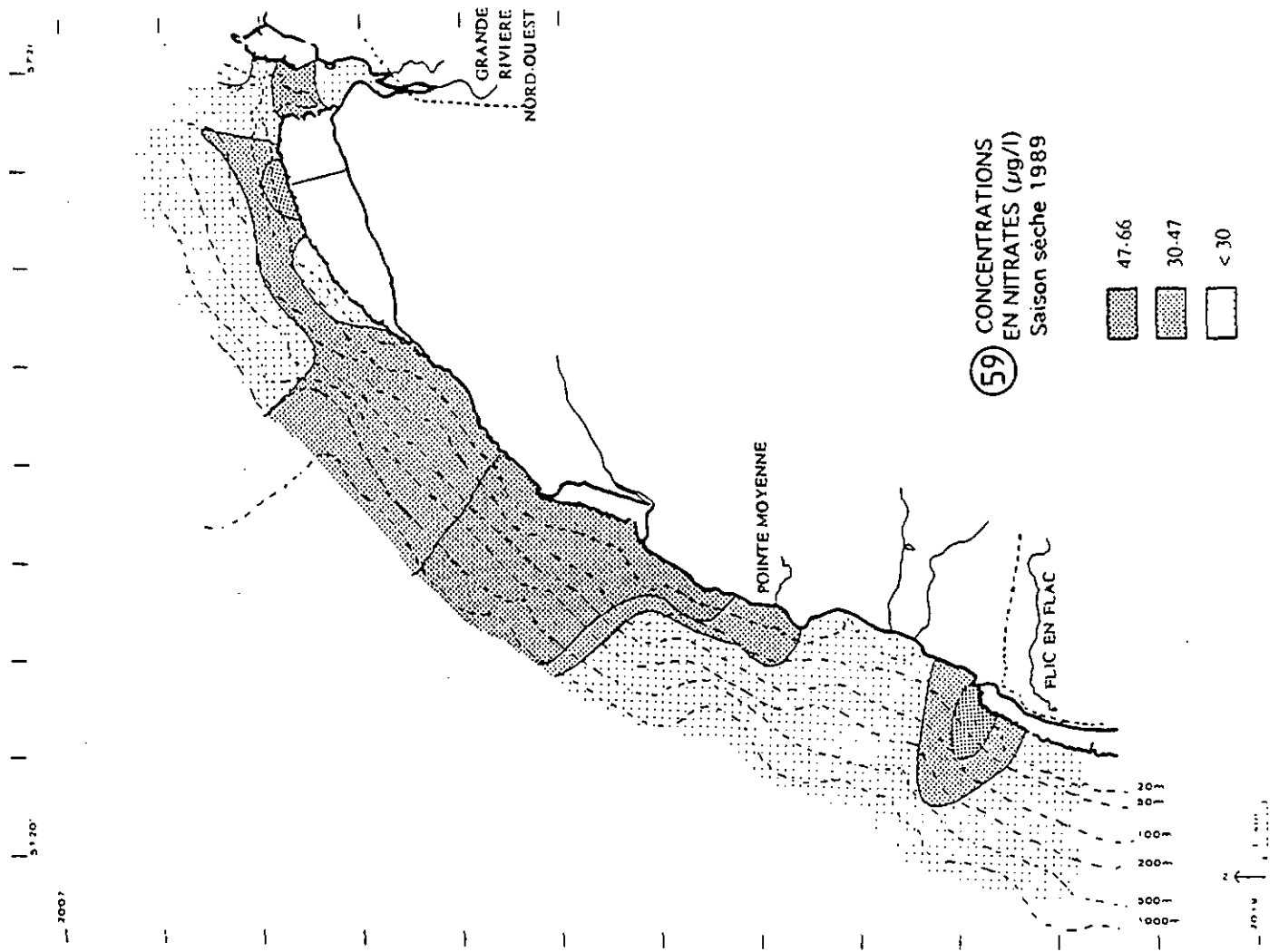
Par contre dans la baie de Rivière Noire, les teneurs ne dépassent pas $81 \mu\text{g/l}$. Les apports en nitrates de la Rivière Noire qui traverse des régions plus boisées, sont moindres que ceux des rivières Tamarin et du Rempart qui traversent des régions en majorité cultivées.

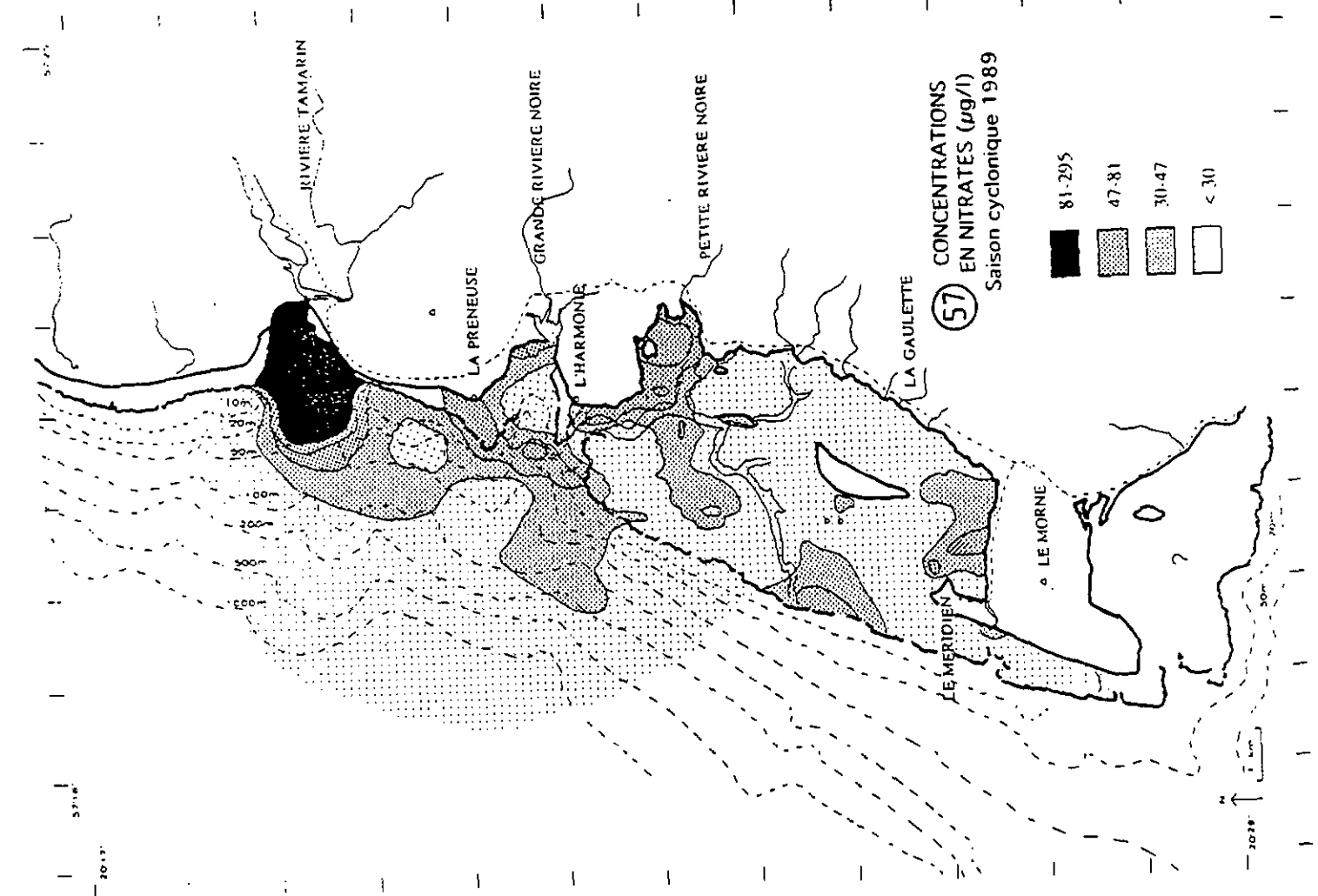
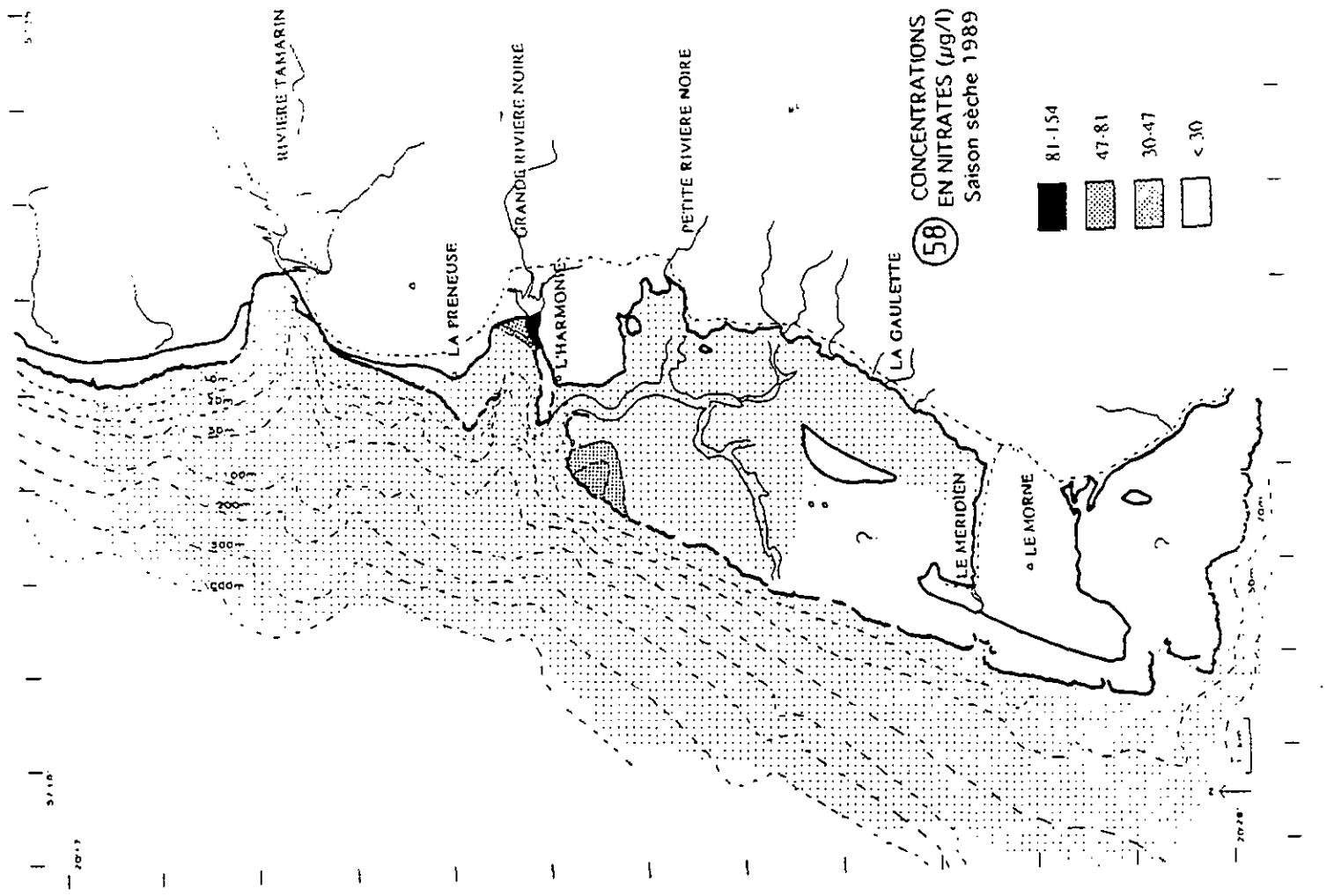
Au large, les teneurs sont très faibles inférieures à $30 \mu\text{g/l}$, sauf au niveau du panache issu de Tamarin.

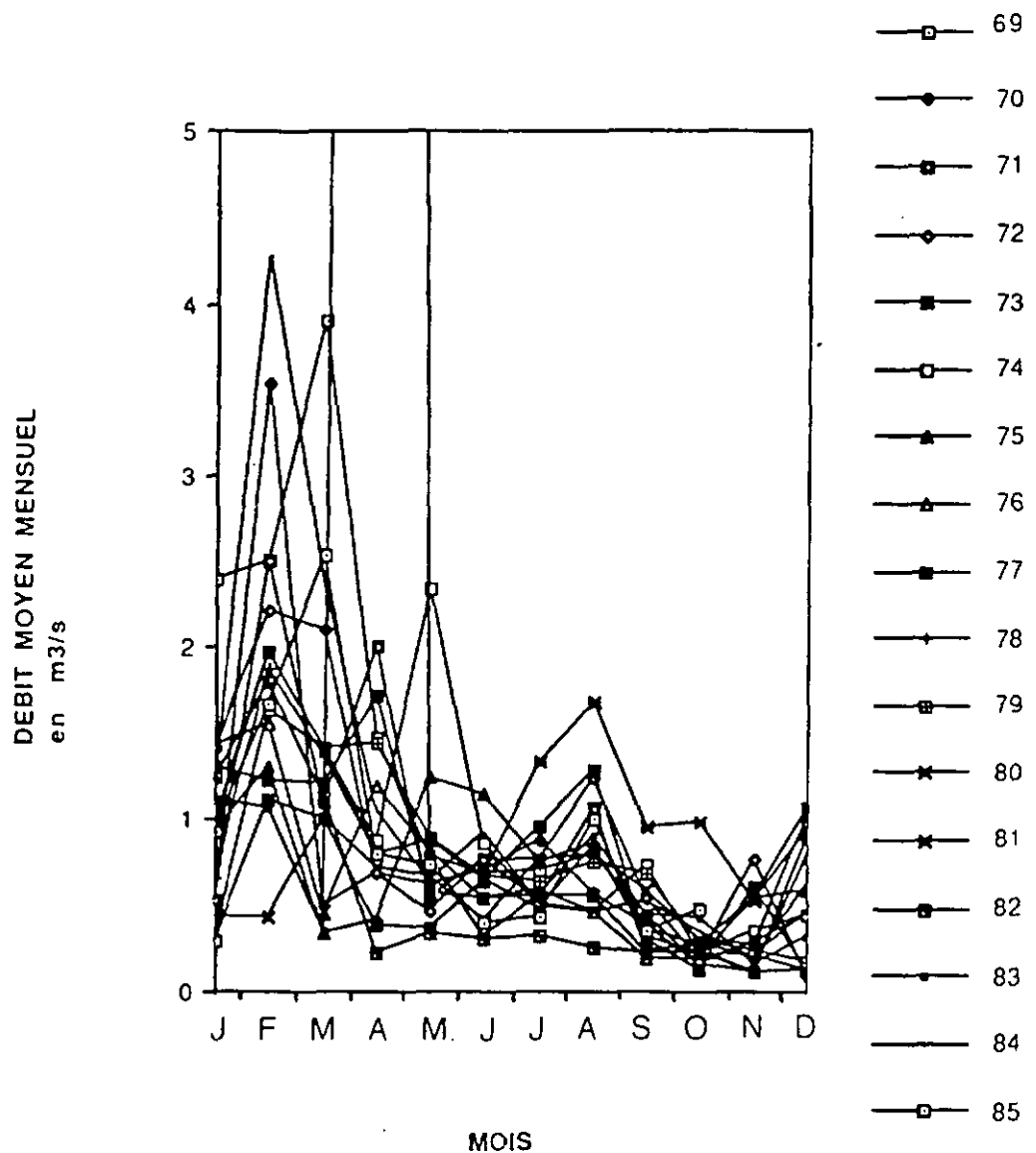
En saison sèche, les nitrates sont quasiment absents, ils ne dépassent que très rarement $100 \mu\text{g/l}$. Les maxima sont mesurés dans la baie de Rivière Noire et près de la barrière au Nord du lagon des Bénitiers. Les teneurs en nitrates dans la baie de Tamarin sont nulles puisque les rivières sont quasiment sèches et déviées pour l'irrigation.

Au Nord, les concentrations maximales se rencontrent face au lagon d'Albion, au niveau de l'émissaire des eaux usées et face au lagon de Flic en Flac. Dans la baie de Port-Louis, les teneurs sont faibles à cette saison.

Le lessivage des sols (champs de cannes) étant réduit en saison sèche, les nitrates qui sont ordinairement en concentration faible dans les eaux insulaires du Sud-Ouest, n'arrivent plus jusqu'aux lagons.

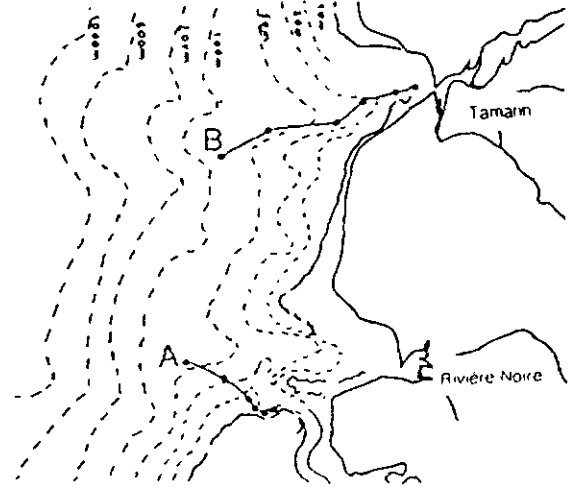
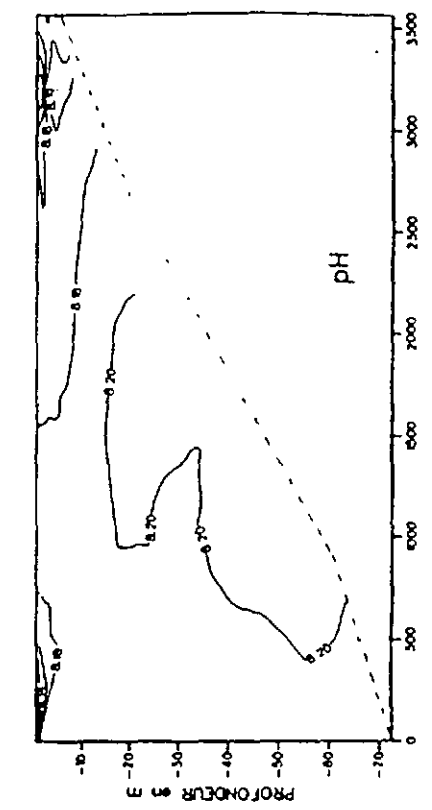
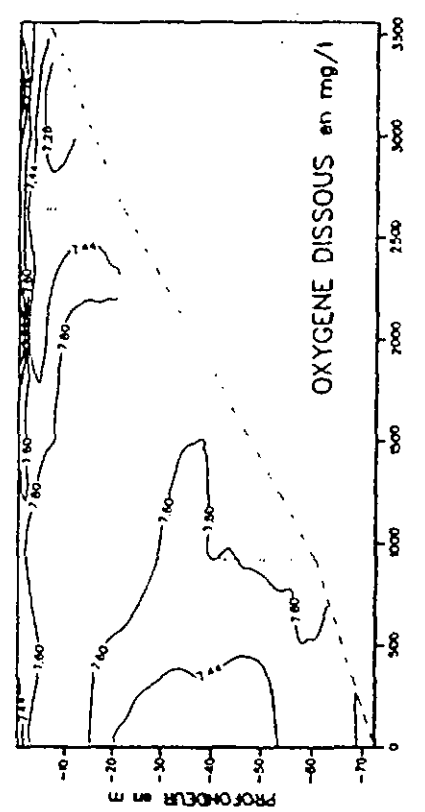
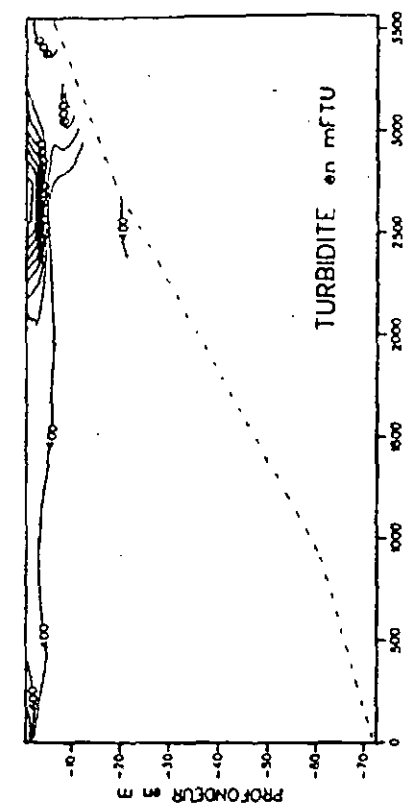
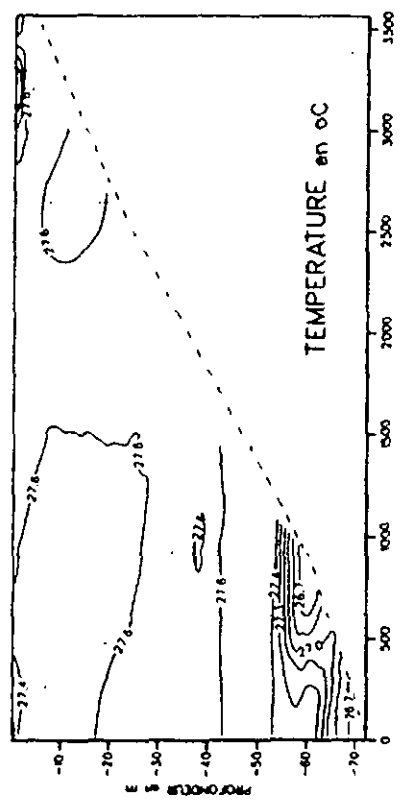
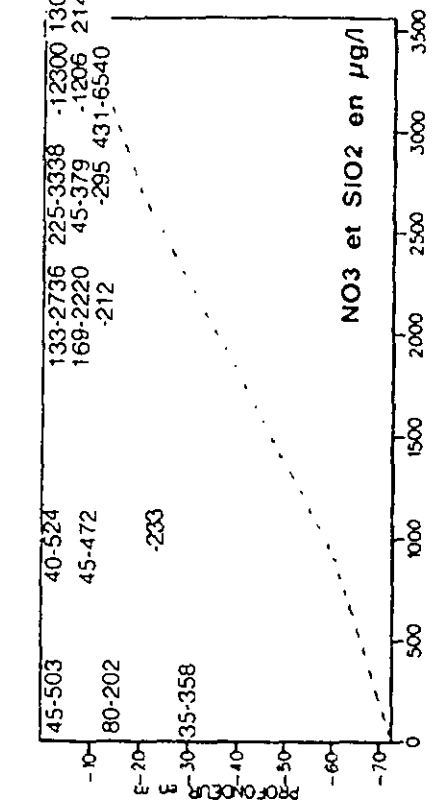
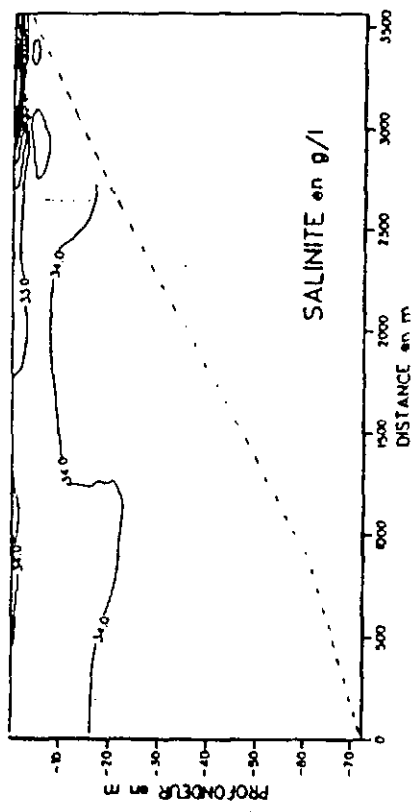






⑥0 **Débit de la Grande Rivière Noire entre 1969 et 1985**
 Les débits sont toujours maxima en période cyclonique où la pluviométrie est importante

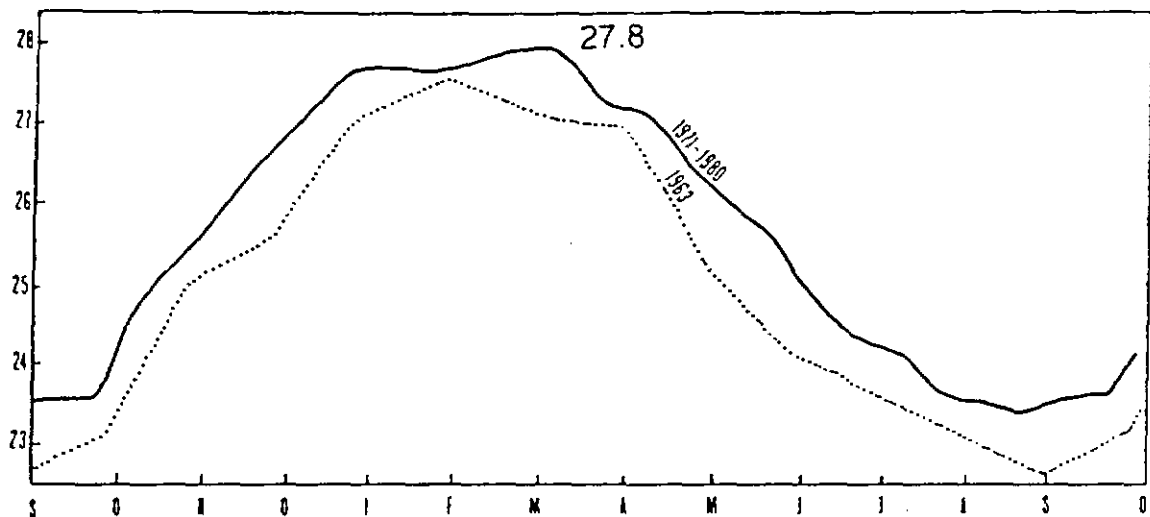
Respect des échelles
horizontale et verticale



62

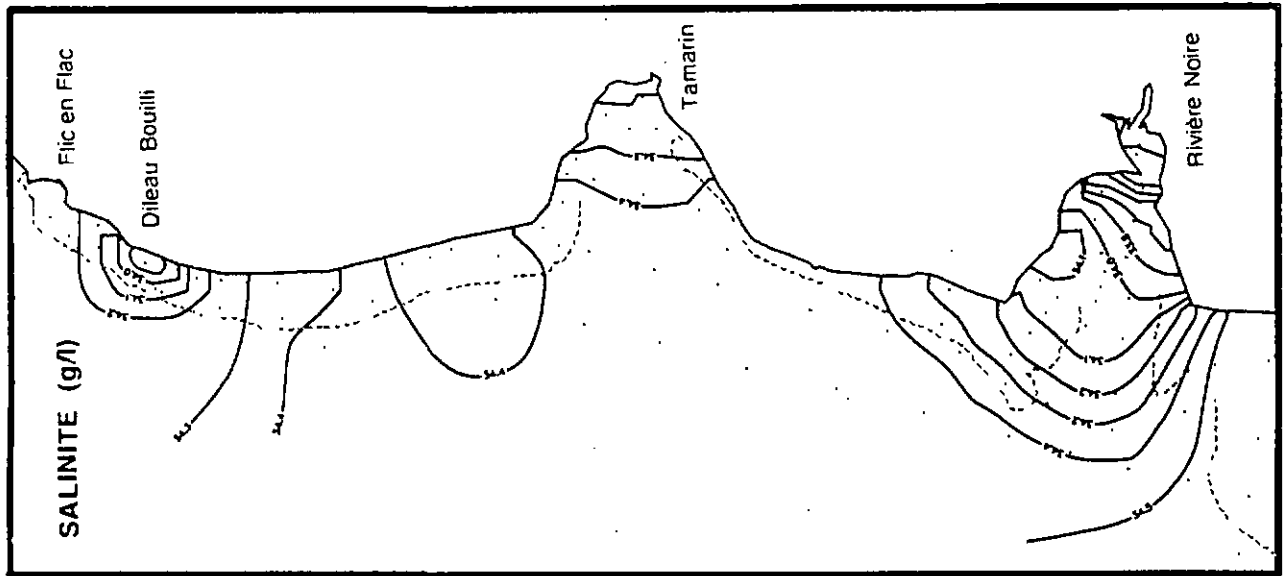
Profils physico-chimiques réalisés le 31.03.89 au large de la baie de Tamarin (B)

TEMPERATURE (°C)

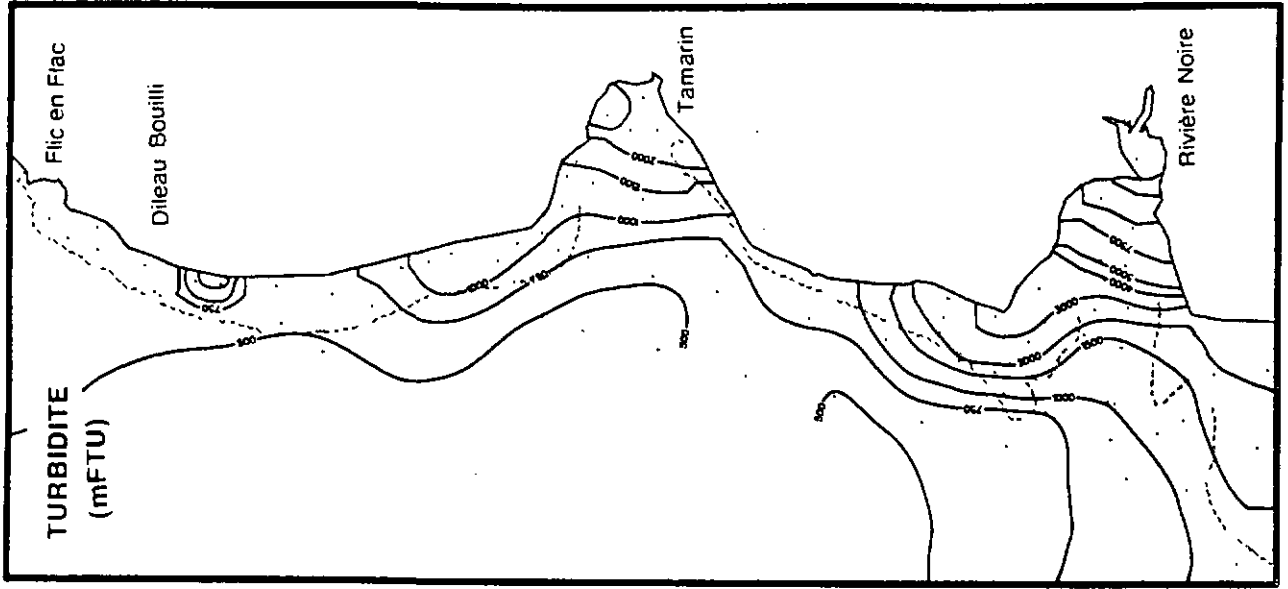


63 Variations des températures des eaux océaniques en surface au large de Maurice en 1963 et moyennes de 1971 à 1980

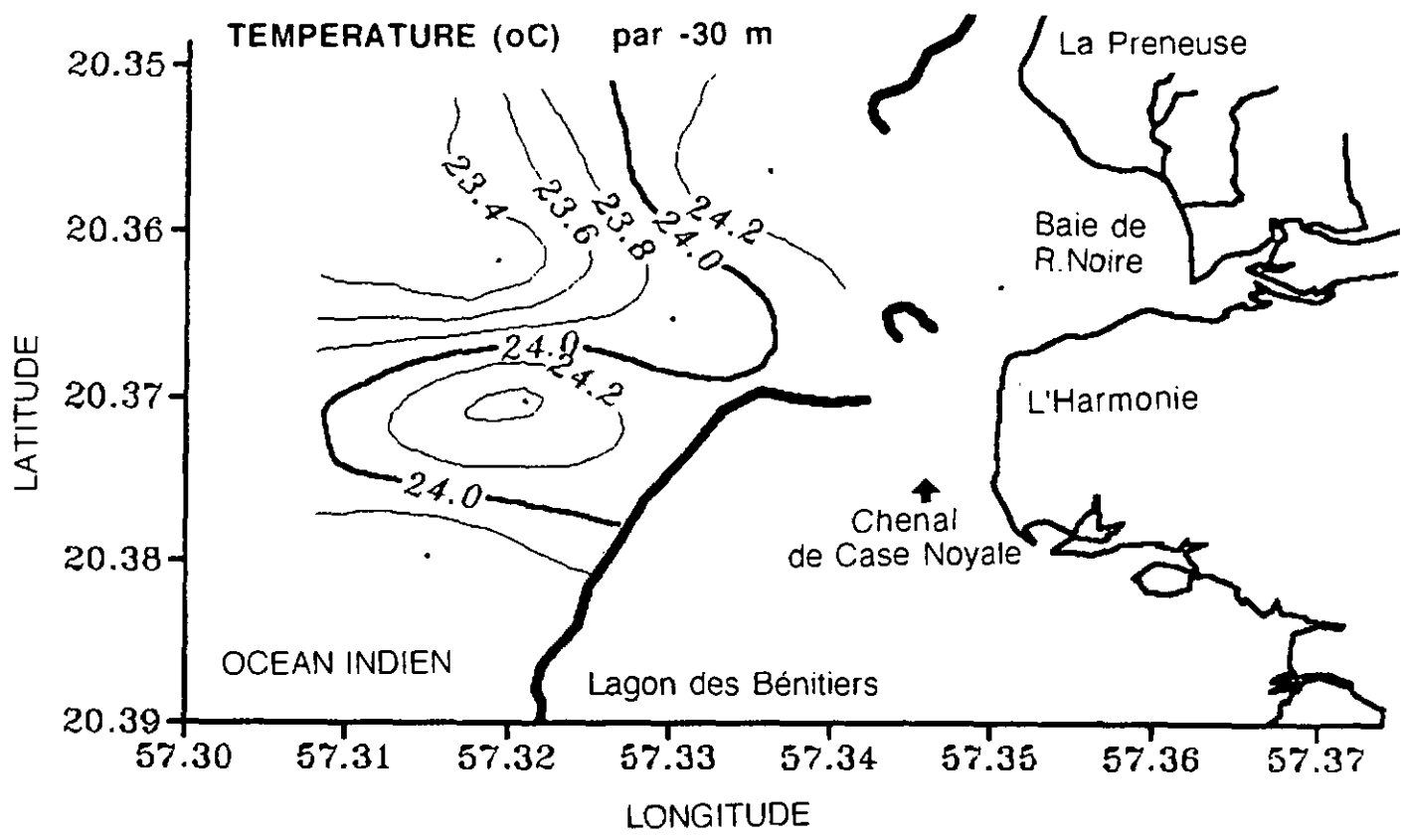
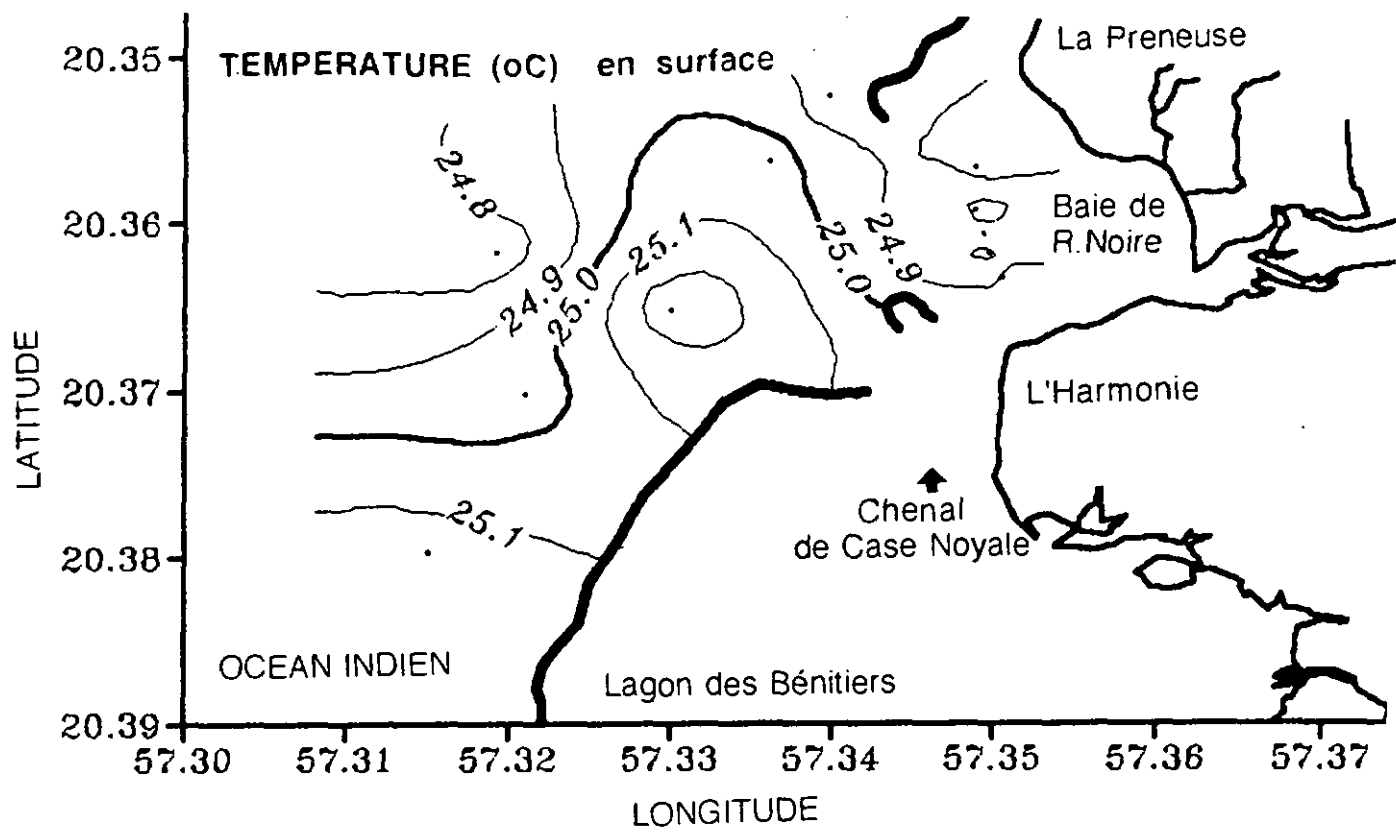
(d'après Padya, 1984 et Wirtky, 1971)



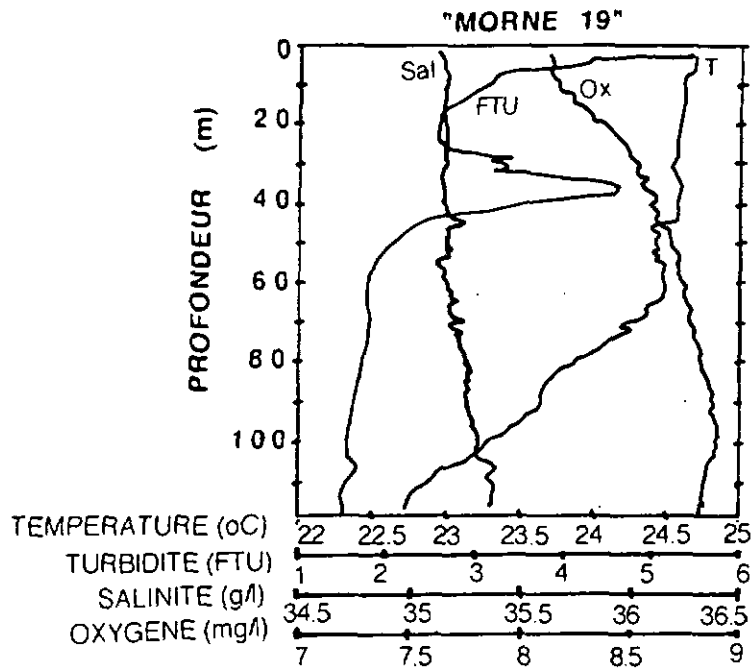
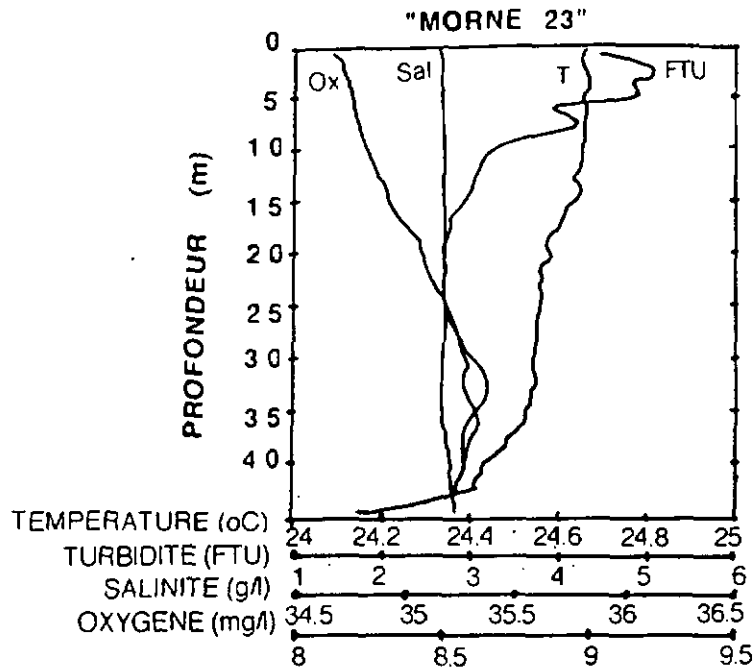
64 Salinité (g/l) mesurée à 0.5 m de Flic en Flac à Rivière Noire en février 1991



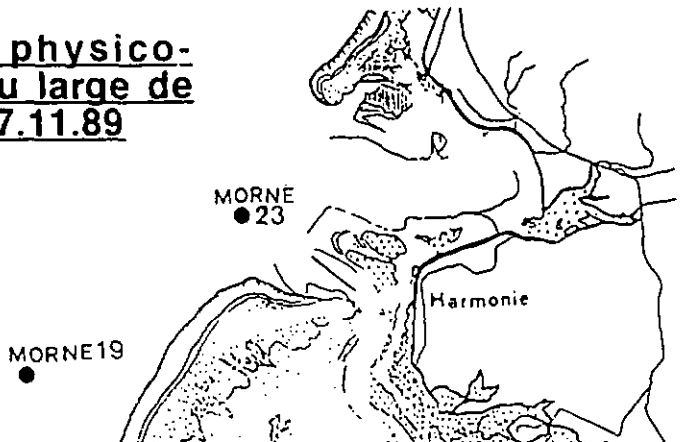
65 Turbidité (mFTU) mesurée à 0.5 m de Flic en Flac à Rivière Noire en février 1991

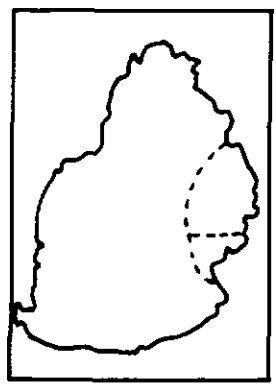
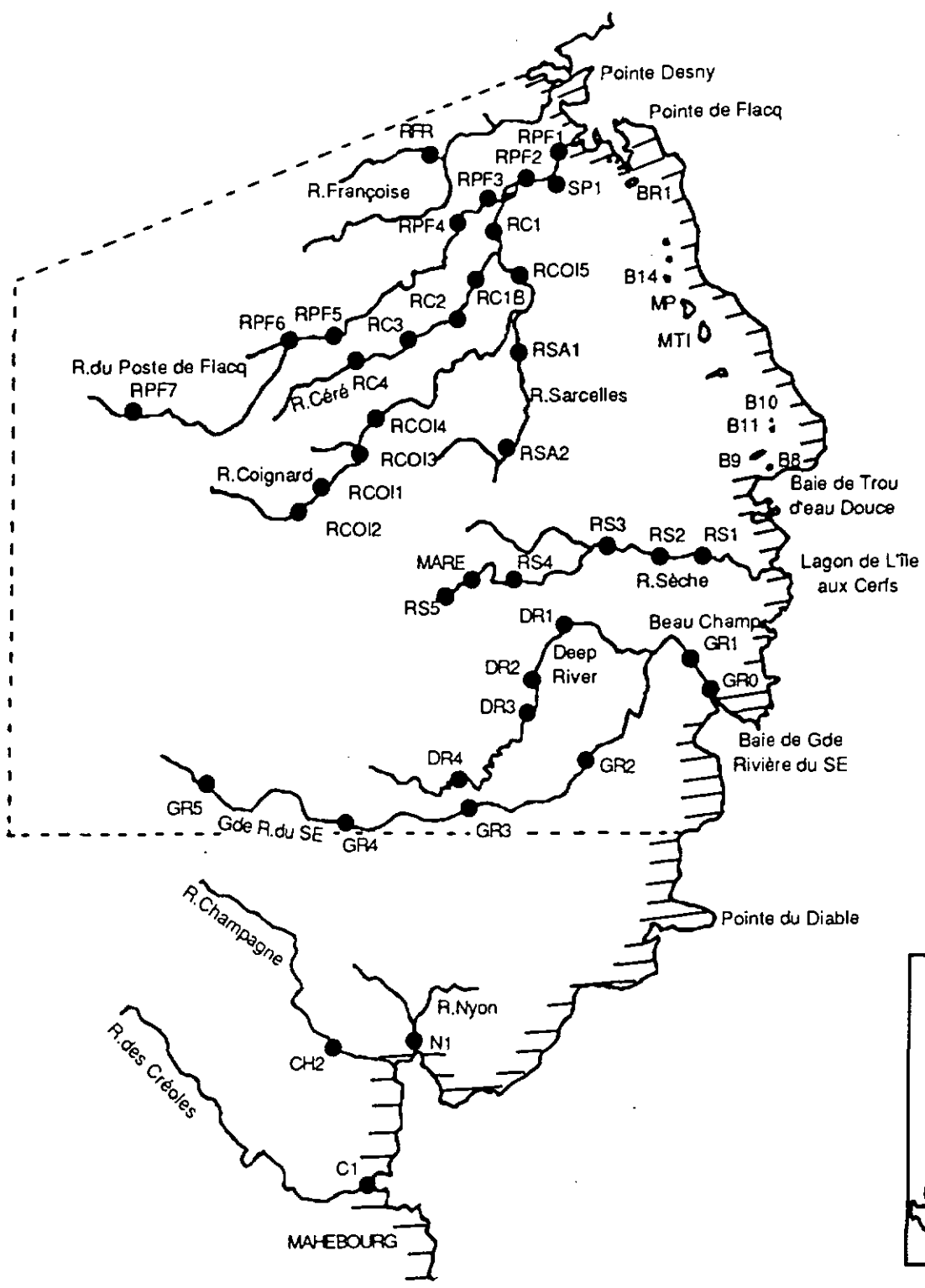


⑥⑥ Températures en surface et par -30 m, mesurées le 22.11.89 à marée descendante



⑥7 Variations des paramètres physico-chimiques sur deux profils au large de la baie de Rivière Noire, le 17.11.89

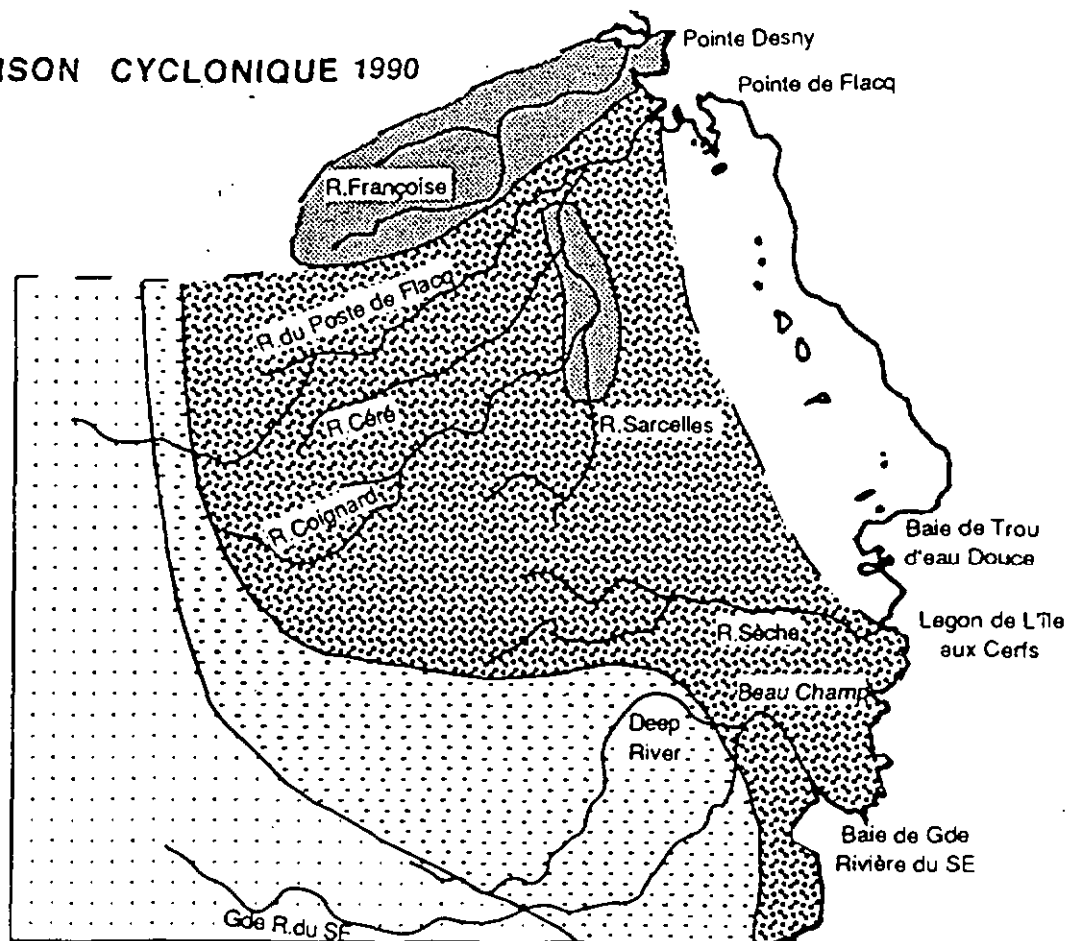




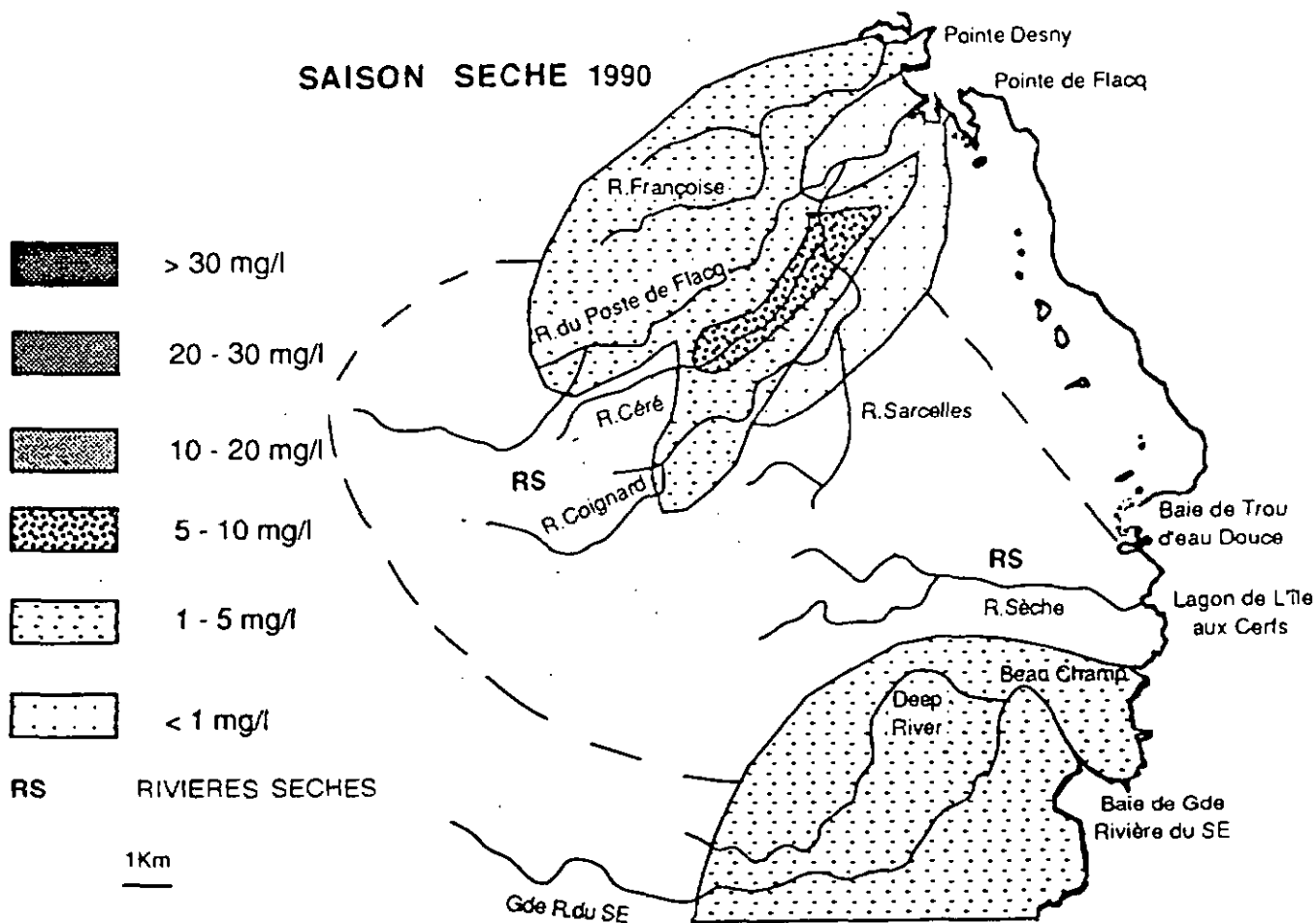
1Km
—

(68) STATIONS DE PRELEVEMENT
DES EAUX DOUCES EN SAISON
CYCLONIQUE ET SECHE 1990
SUR LA COTE EST

SAISON CYCLONIQUE 1990

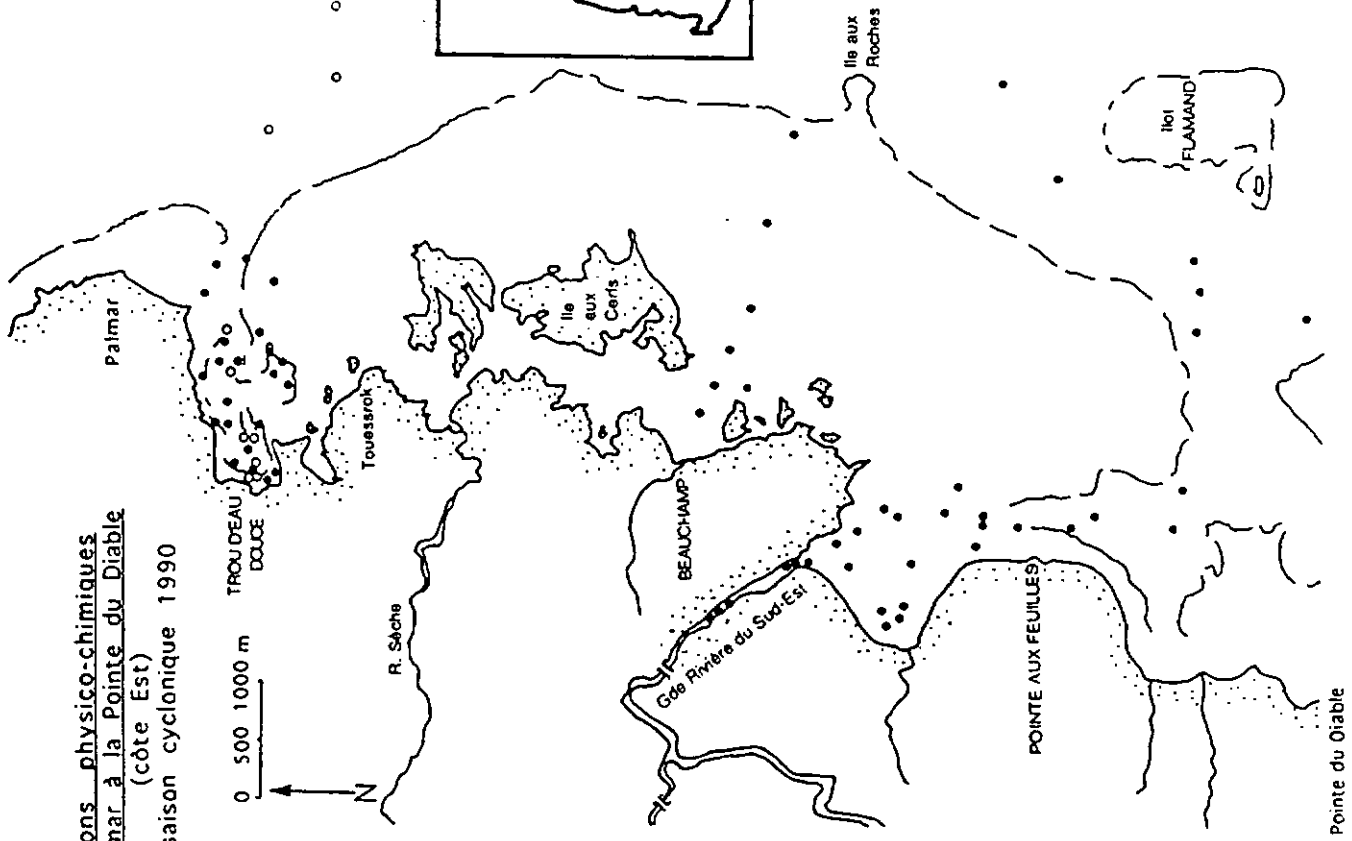


SAISON SECHE 1990



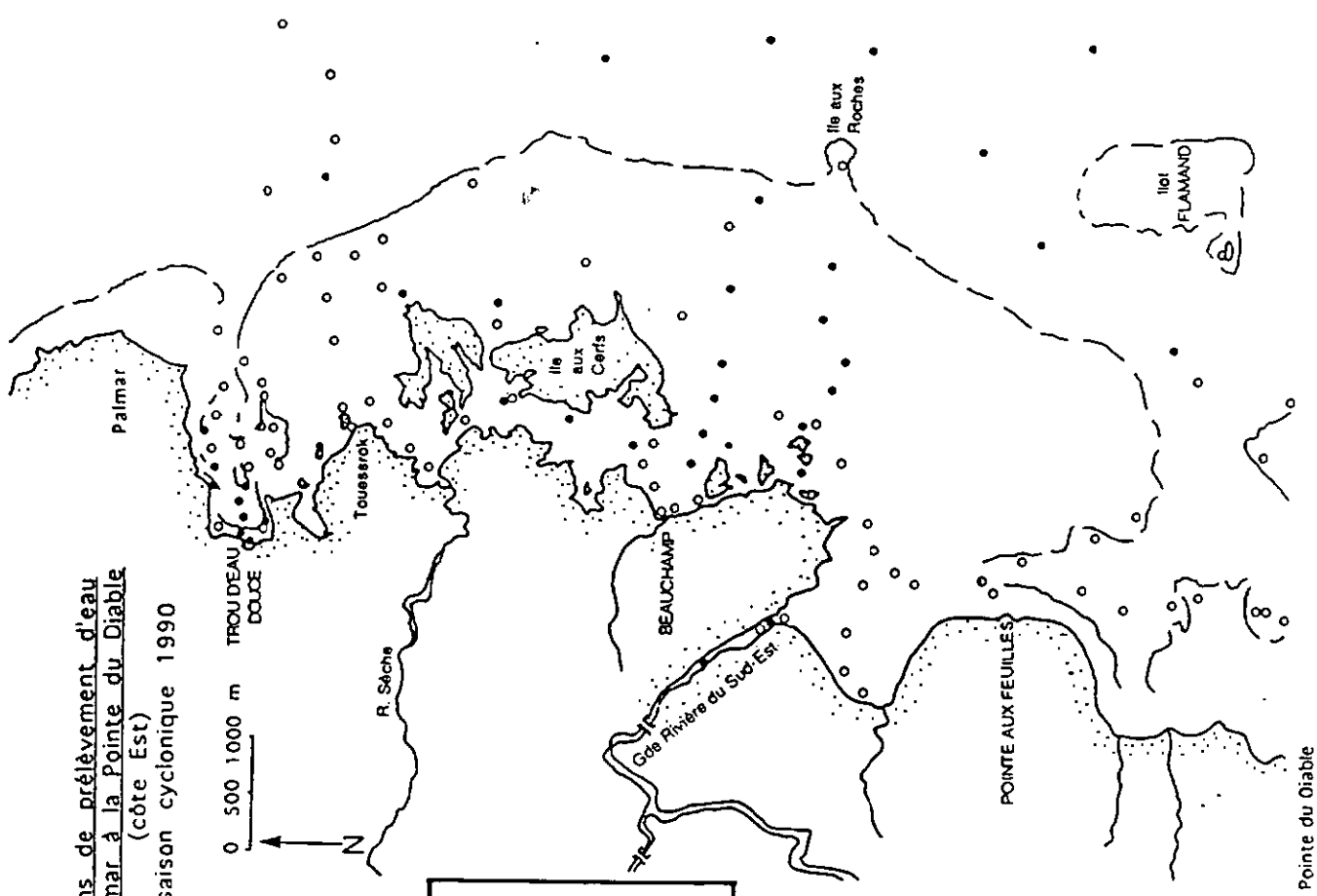
(69) CONCENTRATIONS EN NITRATES (NO_3 mg/l) DANS LES RIVIERES DE L'EST

70 a- Stations physico-chimiques de Palmar à la Pointe du Diable (côte Est) en saison cyclonique 1990



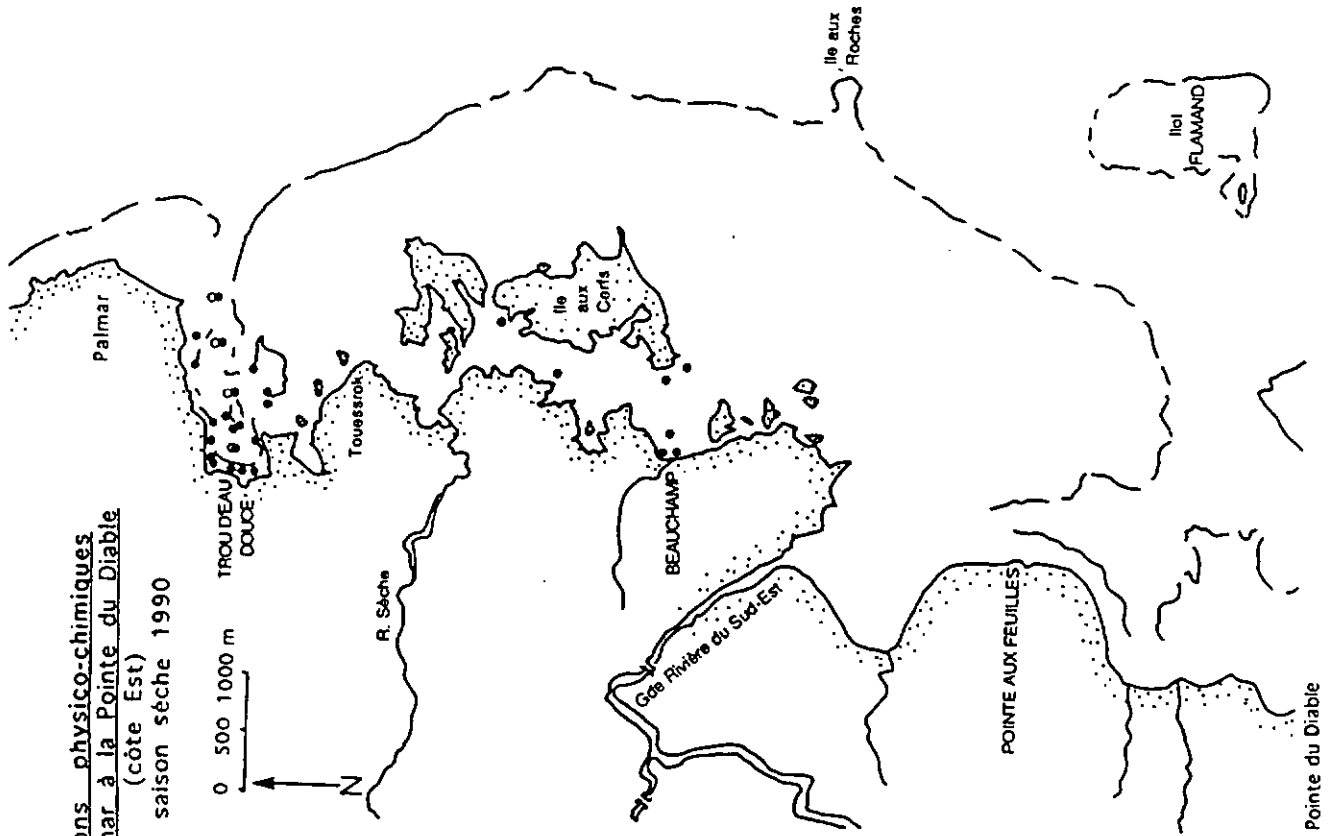
○ Marée montante
● Marée descendante

70 b- Stations de prélèvement d'eau de Palmar à la Pointe du Diable (côte Est) en saison cyclonique 1990



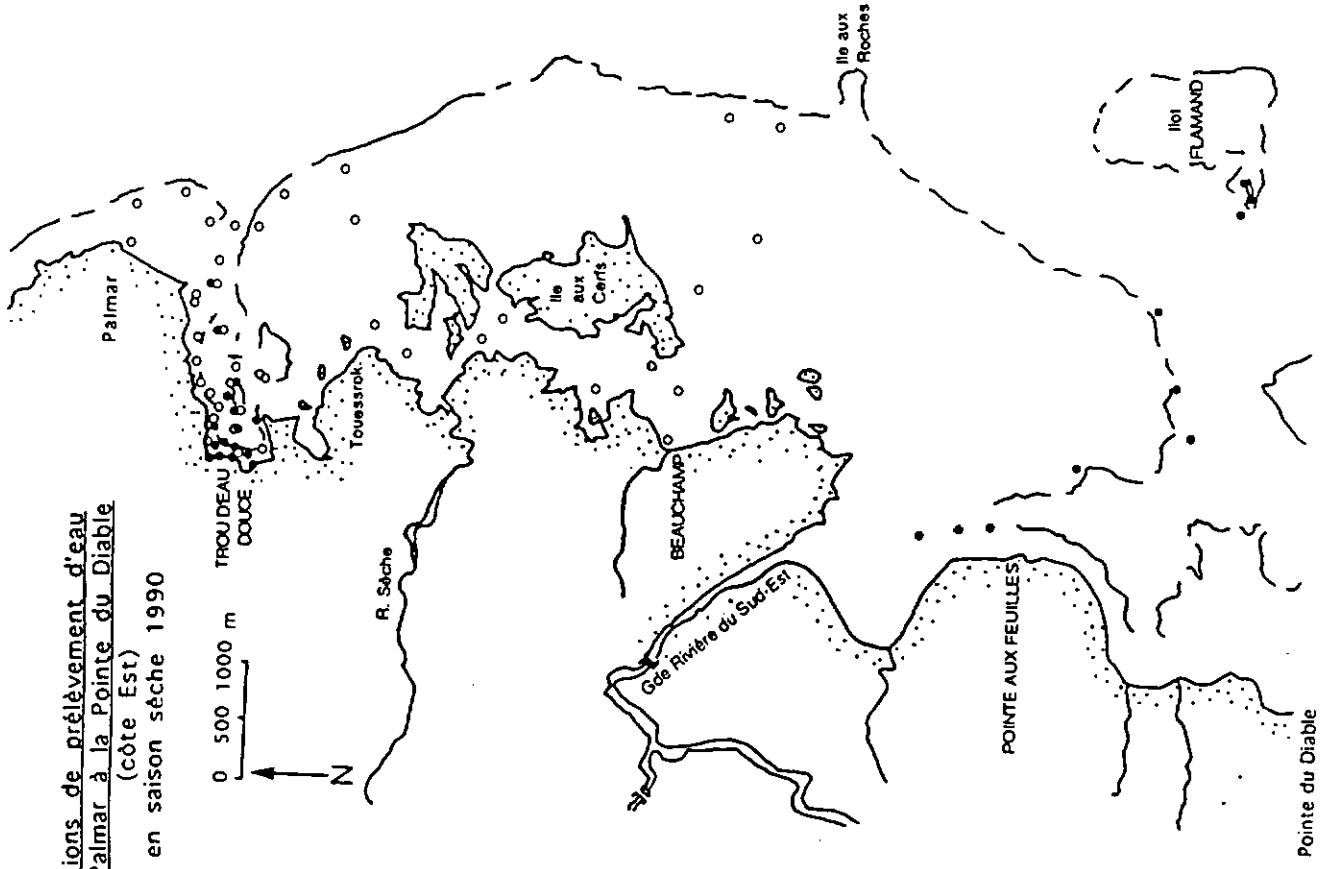
○ Marée montante
● Marée descendante

71 a - Stations physico-chimiques de Palmar à la Pointe du Diable (côte Est) en saison sèche 1990

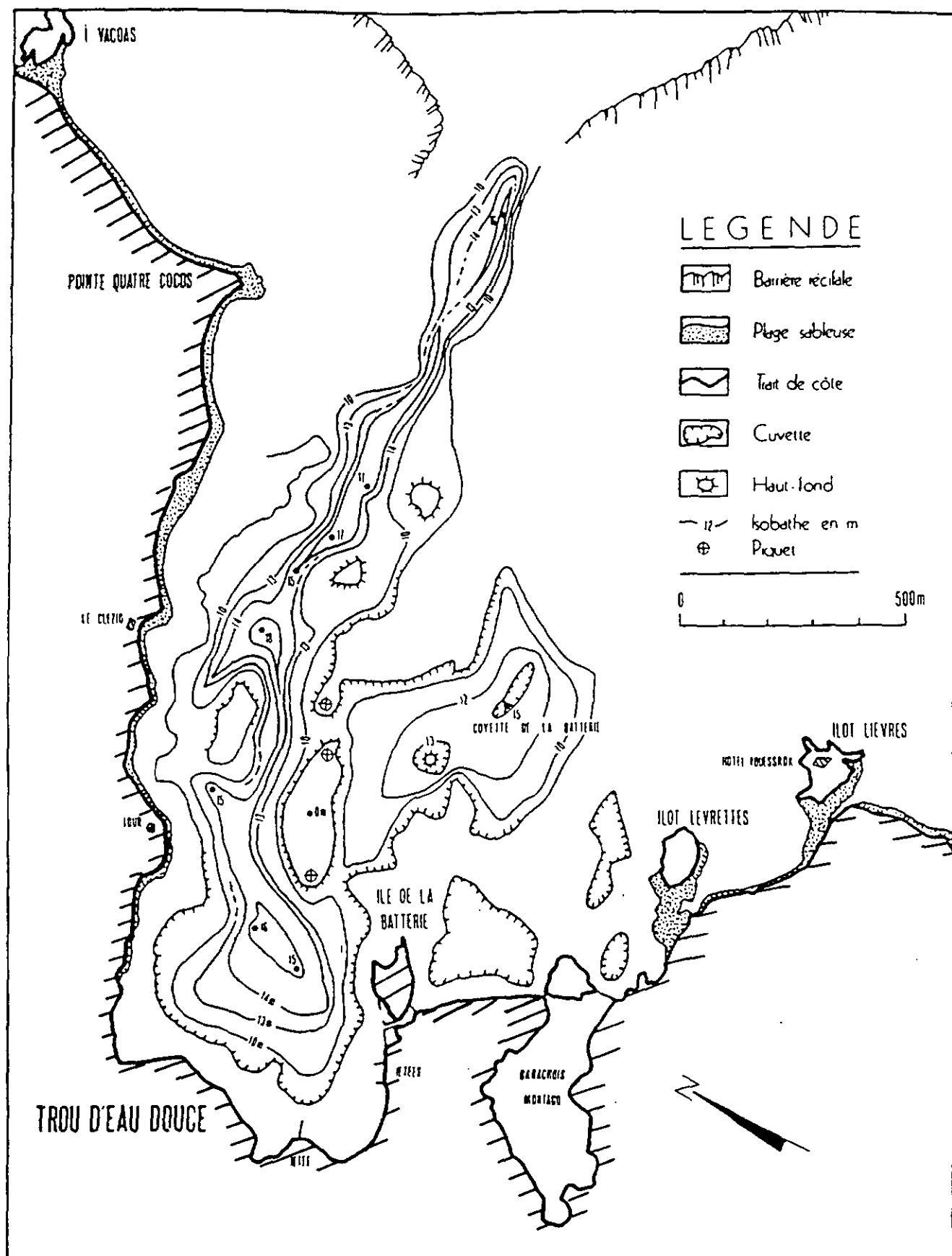


○ Marée montante
● Marée descendante

71 b - Stations de prélèvement d'eau de Palmar à la Pointe du Diable (côte Est) en saison sèche 1990

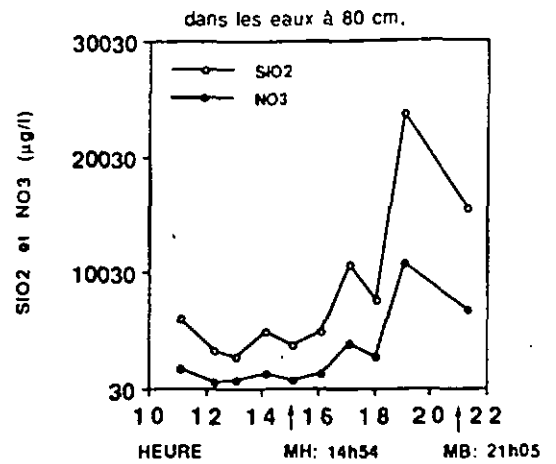
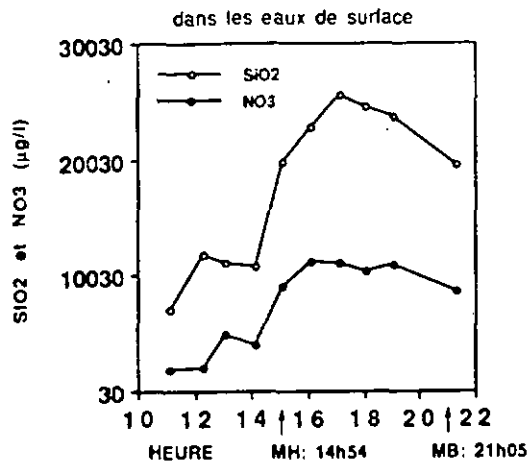


○ Marée montante
● Marée descendante

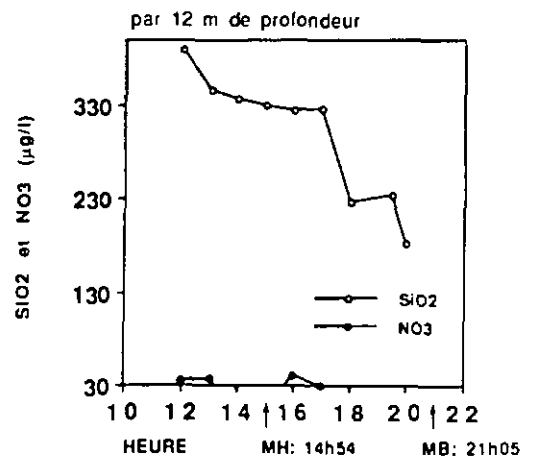
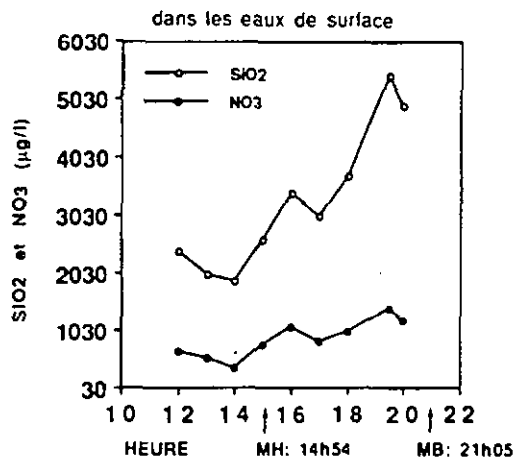


72 **Bathymétrie de la baie de Trou d'eau Douce**
(Muller, mars 1990)

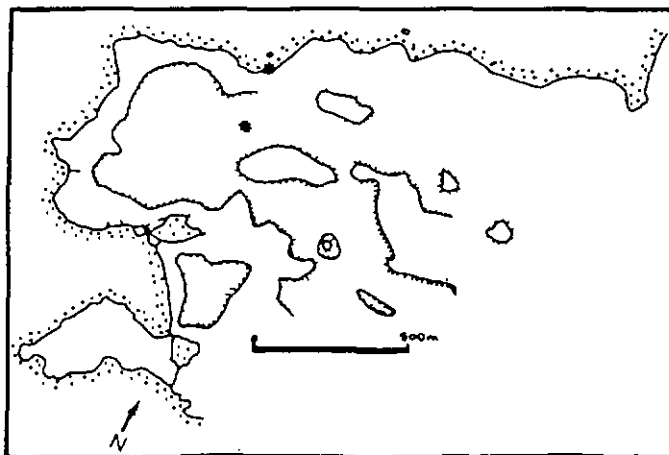
A. BORD DE PLAGE NORD

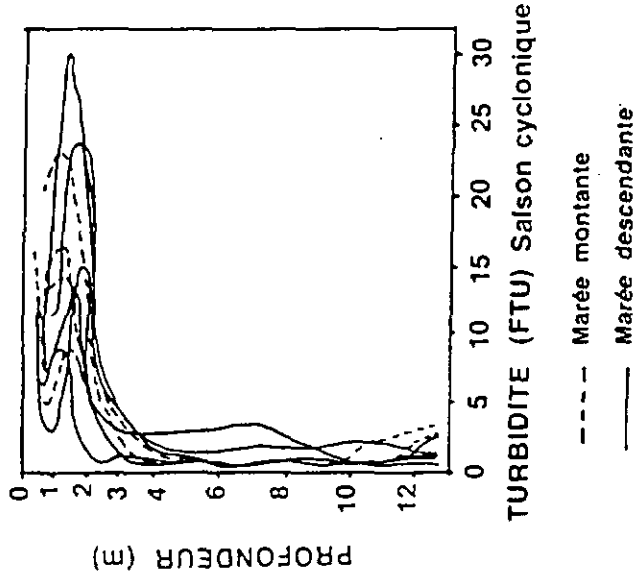
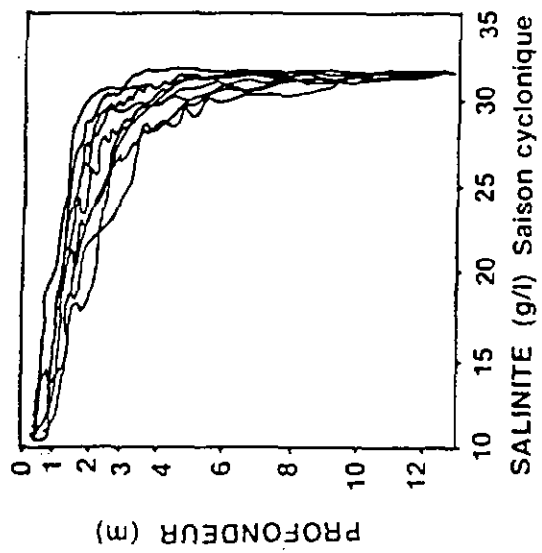
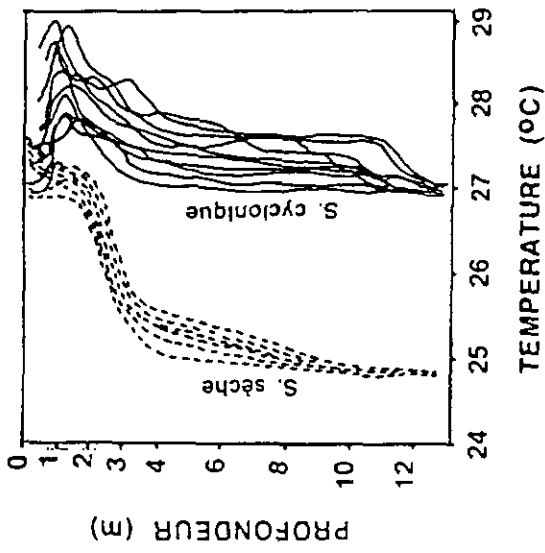


B. CENTRE DE LA BAIE

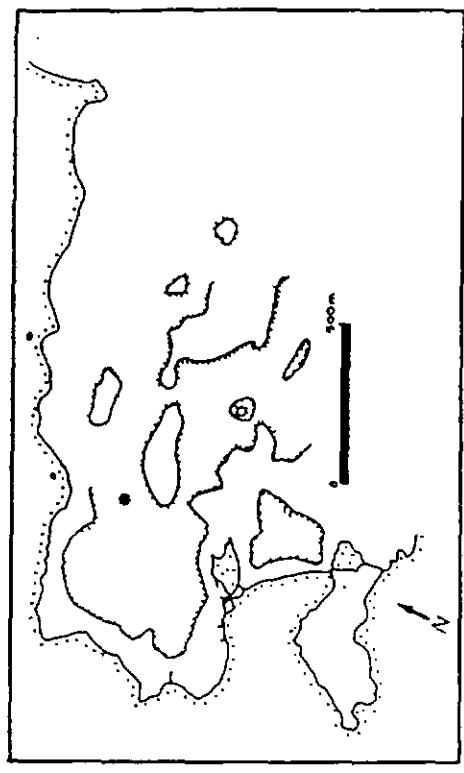


(73) Variations des teneurs en nutriments en fonction de la marée sur le bord de plage au Nord de la baie de Trou d'eau Douce et dans le centre de la baie, le 29.03.90.

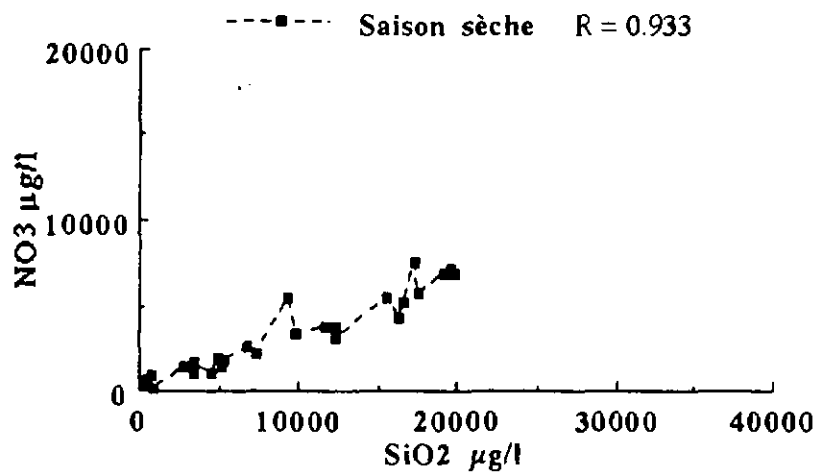
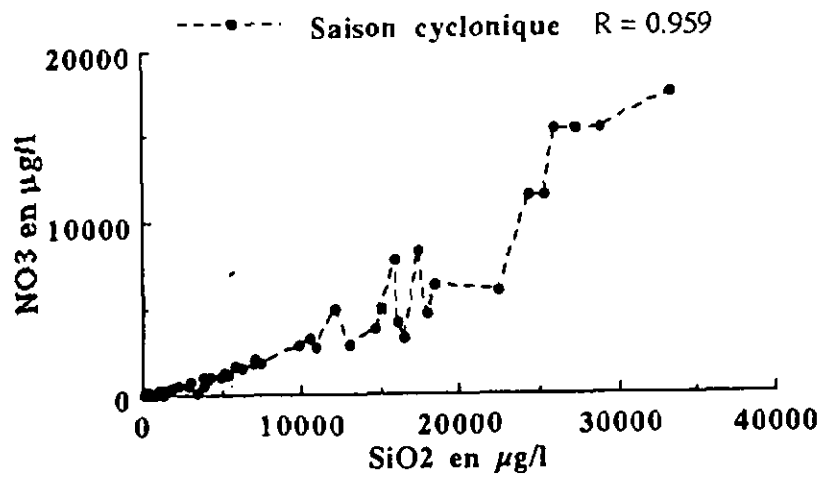




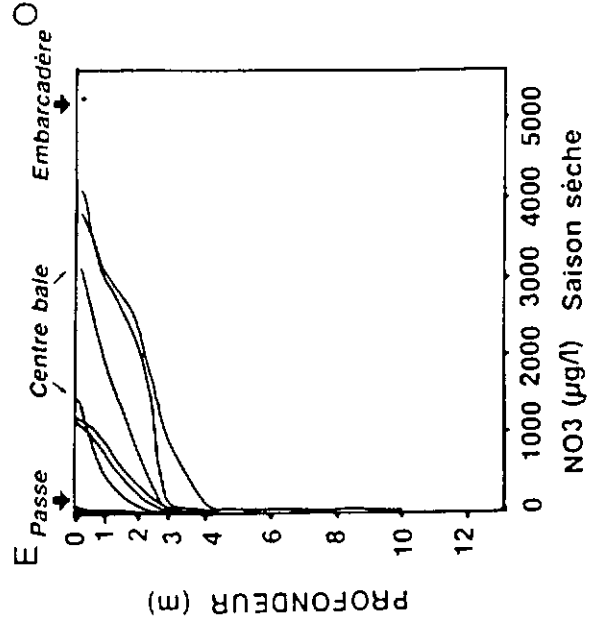
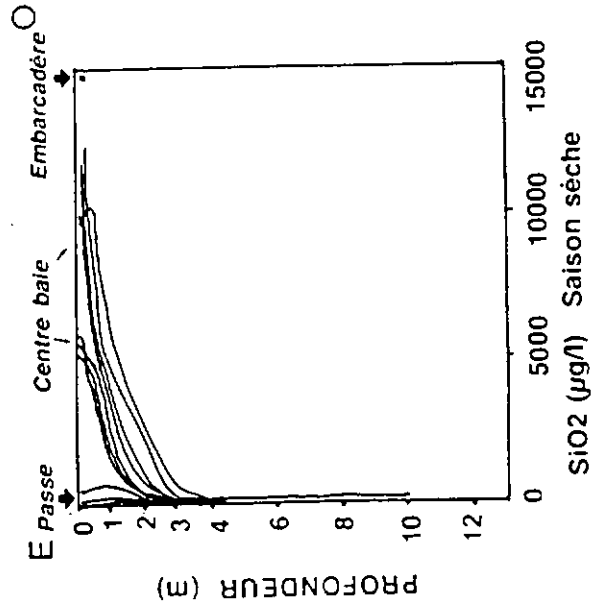
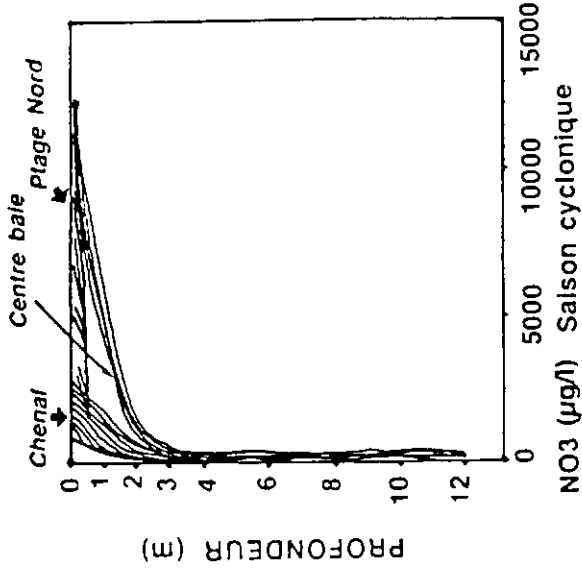
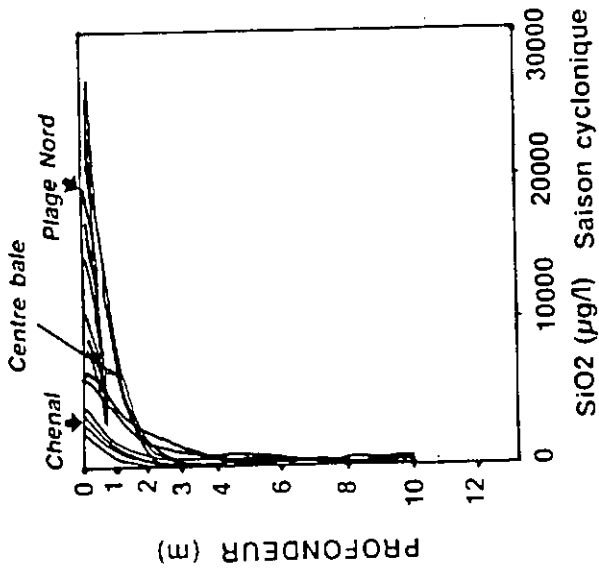
74 B Variations de la turbidite en fonction de la profondeur, dans le centre de la baie de Trou d'eau Douce.



74 A Variations de température et salinité en fonction de la profondeur, dans le centre de la baie de Trou d'eau Douce.



⑦ Corrélations des teneurs en silice et nitrates mesurées dans les eaux de surface de la baie de Trou d'eau Douce en saison cyclonique et saison sèche 1990.



76A Variations des teneurs en silice en fonction de la profondeur, dans le centre de la baie de Trou d'eau Douce.

76B Variations des teneurs en nitrates en fonction de la profondeur, dans le centre de la baie de Trou d'eau Douce.

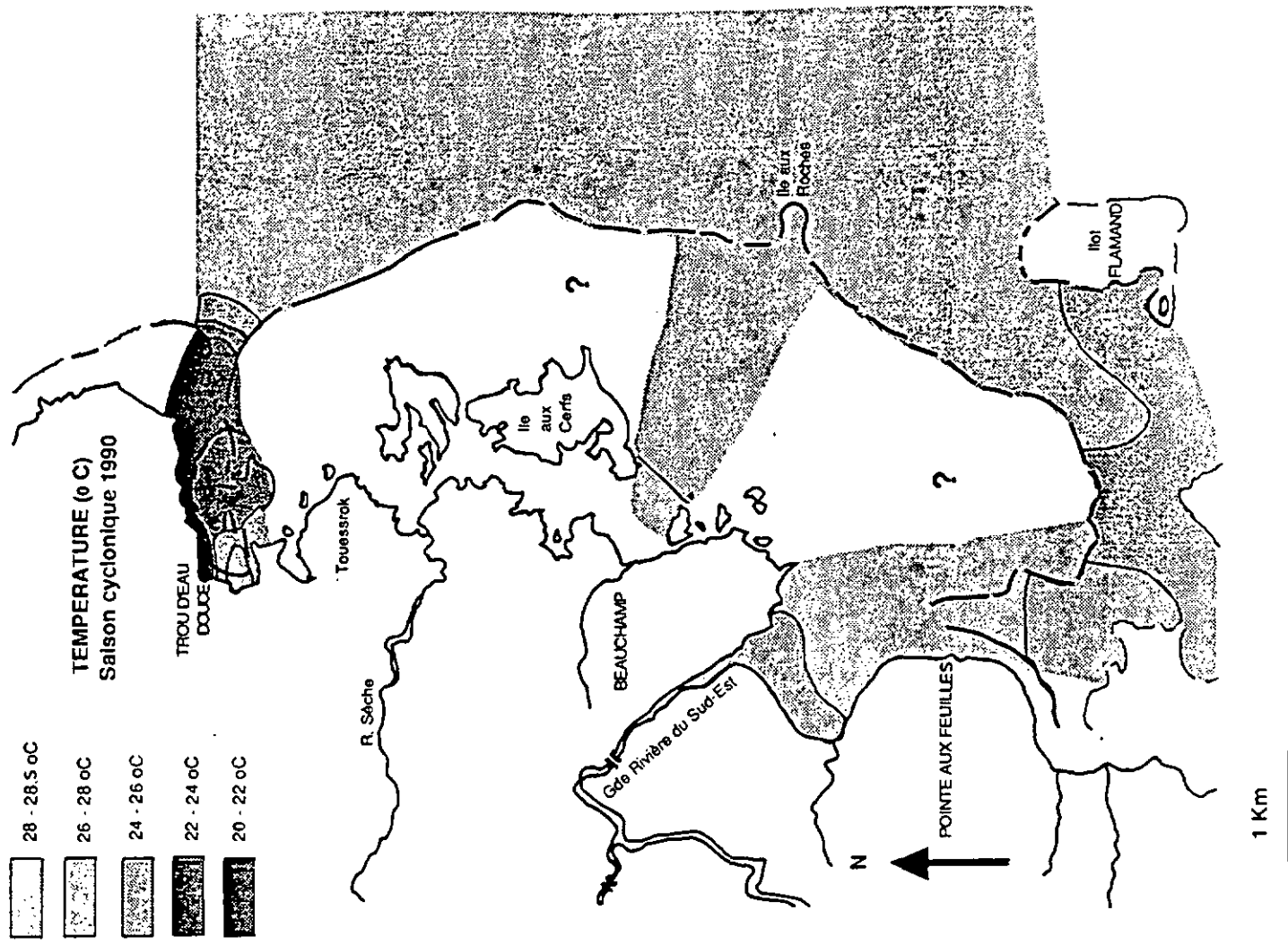
77 Variations de Température en surface à l'Est

En saison cyclonique, la température au large en surface est comprise entre 27 et 27.5 °C. Dans la partie Est du lagon des Cerfs la température est sensiblement la même qu'au large et signe le passage des eaux océaniques par dessus la barrière.

Les maxima de 28.5 °C se rencontrent près des côtes et dans le chenal de la Grande Rivière du Sud Est. En fond de baie de Trou d'eau Douce près de l'embarcadère, zone abritée et peu profonde, la température est aussi de 28.5 °C.

C'est dans la baie de Trou d'eau Douce que se rencontrent les minima de l'ordre de 20 °C, ils se localisent sur la côte Nord de la baie. Cet important contraste de température signe l'arrivée des eaux de résurgences plus fraîches dans les eaux chaudes du lagon, l'impact des eaux de résurgences se note jusqu'à la passe.

(En saison sèche, la représentation des données de surface n'a pu être réalisée).



78) Variations de la Salinité en surface à l'Est

En saison cyclonique, la salinité est très variable sur la zone couverte.

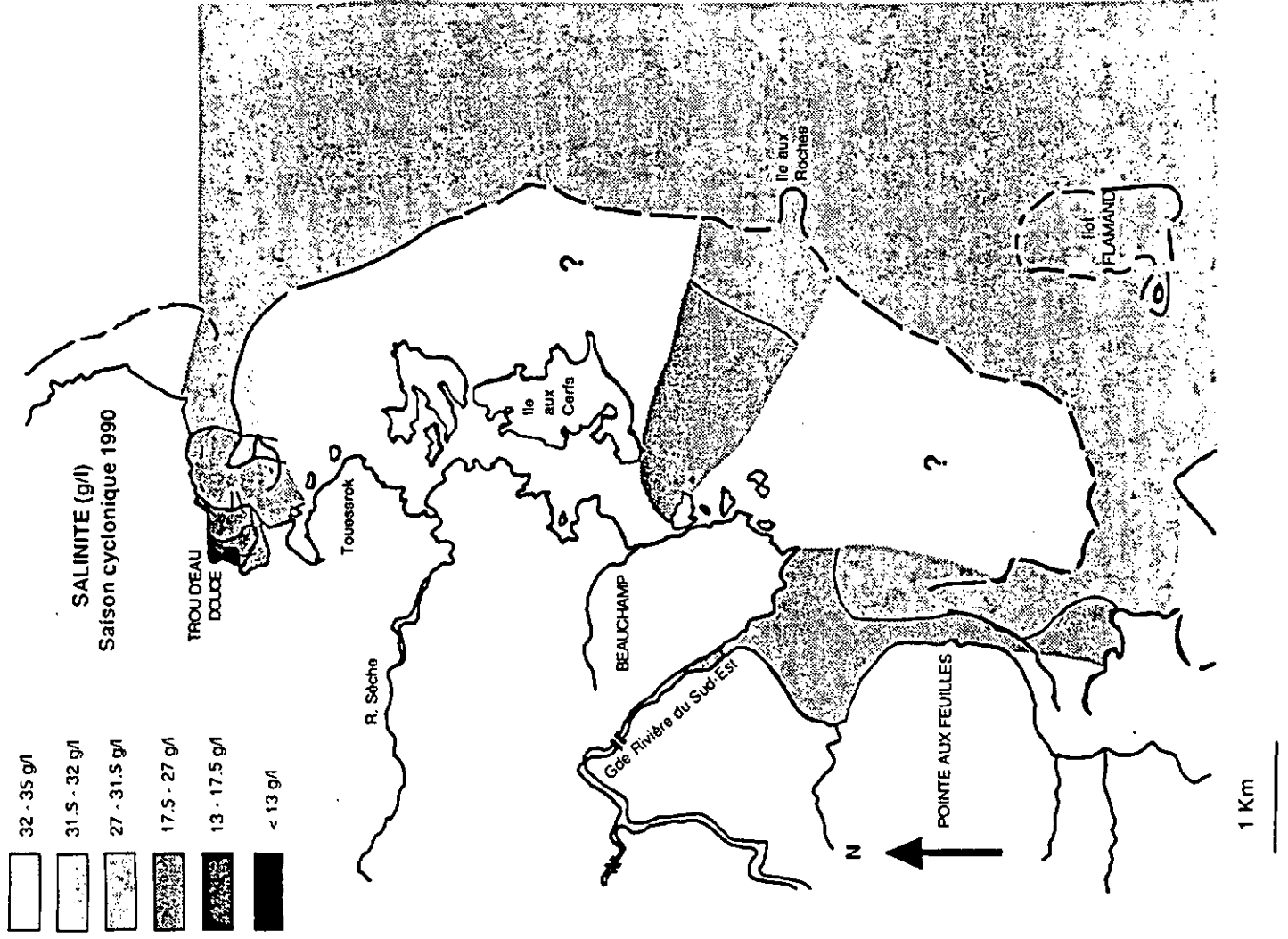
Au large, elle est en surface de 32 g/l en moyenne.

Dans la partie Est du lagon des Cerfs la salinité est sensiblement la même qu'au large puis elle s'affaiblit près des côtes.

Au niveau de l'embouchure de la Grande Rivière du Sud Est, elle oscille de 25 à 30 g/l à marée descendante et un panache d'eau douce guidé par le chenal s'étend vers le large.

Les minima de 9 à 11 g/l sont mesurés dans le fond de baie de Trou d'eau Douce au niveau des arrivées d'eau souterraine surtout observées à marée basse sur les plages du Nord de la baie.

(En saison sèche, la représentation des données de surface n'a pu être réalisée).



79 Variations de la Turbidité à 1 m à l'Est

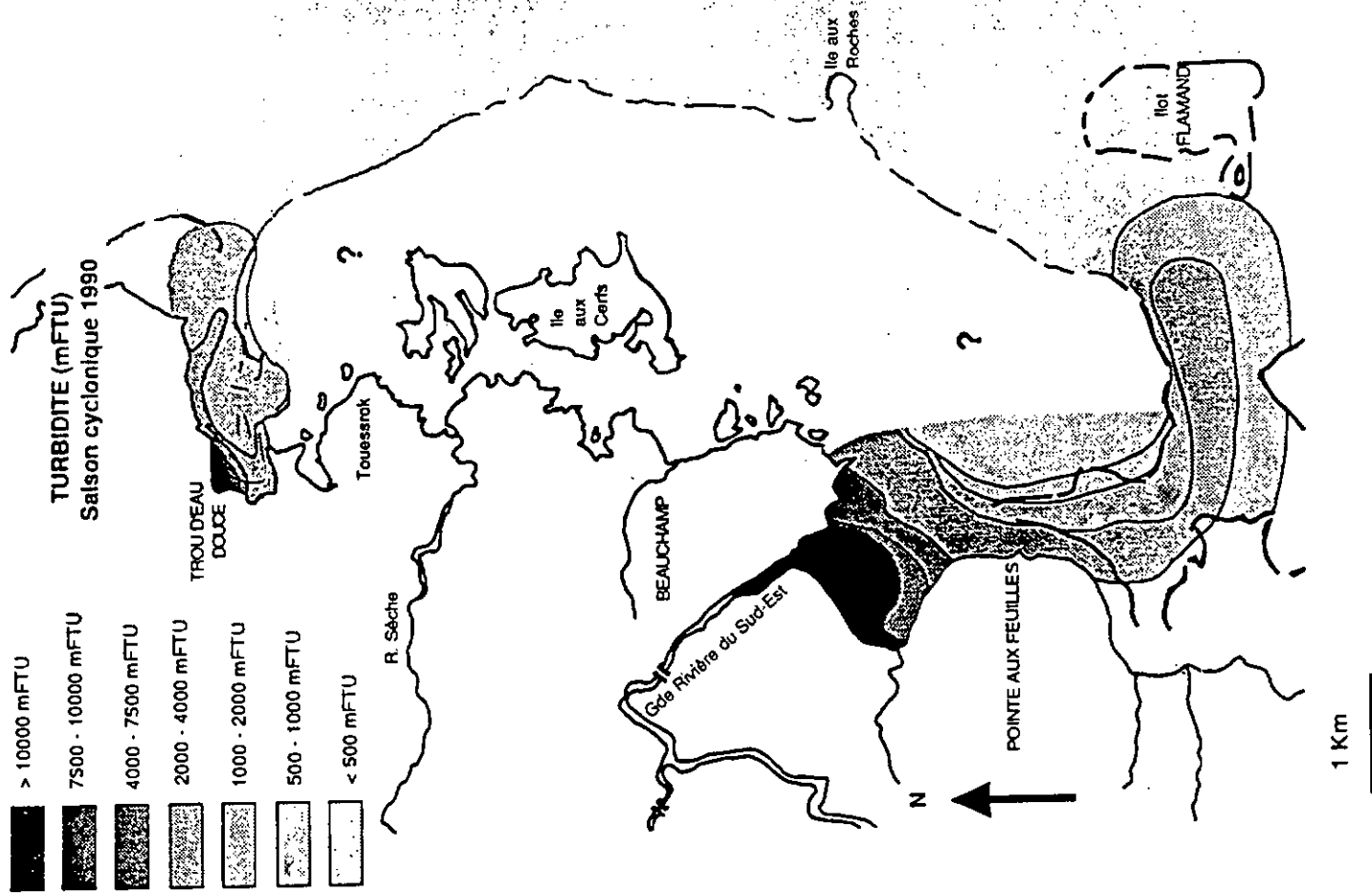
En saison cyclonique, une très forte turbidité est mesurée dans la baie de la Grande Rivière du Sud Est, elle dépasse 11000 mFTU sur la quasi-totalité de la baie.

L'eau amenée par la Grande Rivière du Sud-Est est très chargée en matière organique, celle-ci s'accumule dans la baie et la limite entre l'eau turbide et l'eau claire du lagon se distingue très nettement. La turbidité du lagon est peu influencée par les apports terrigènes de Grande Rivière du Sud-Est, par contre un panache turbide guidé par le chenal et la passe s'étend vers le Sud-Est.

Une turbidité importante est aussi à noter au niveau de la petite baie de Beau Champ où se jettent les effluents de l'usine sucrière, très chargés en matière organique.

Dans le fond de baie de Trou d'eau Douce et sur la côte Nord, des turbidités élevées sont aussi mesurées, elles sont davantage liées au trouble créé par le mélange de l'eau douce dans l'eau salée que par une réelle turbidité, les eaux de résurgences étant très limpides.

(En saison sèche, la représentation des données de surface n'a pu être réalisée).

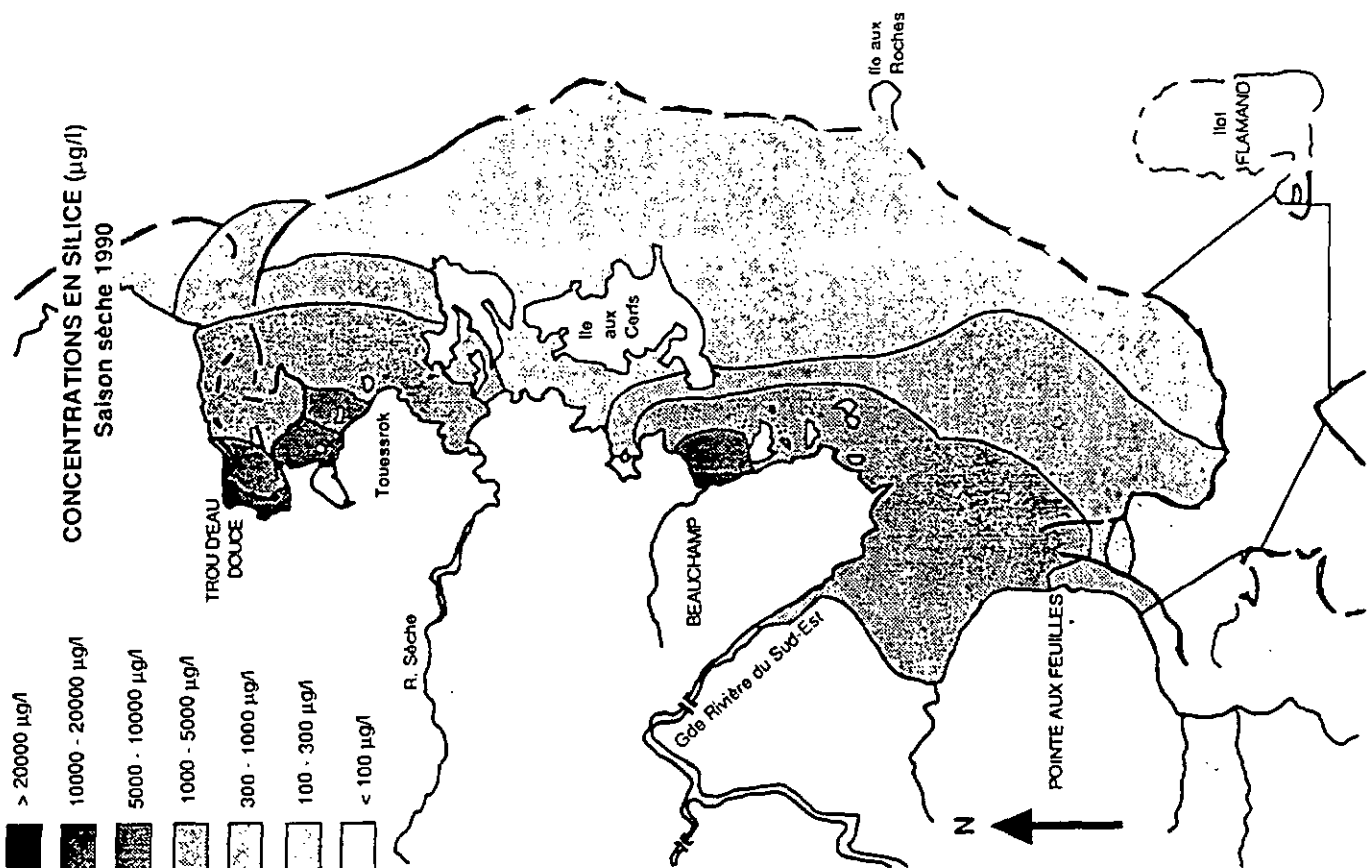
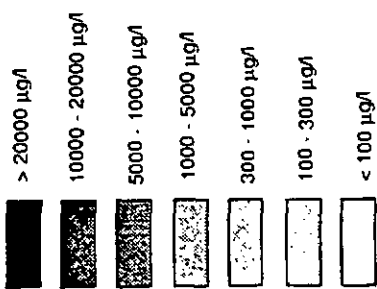


Variations des teneurs en Silice en surface à l'Est

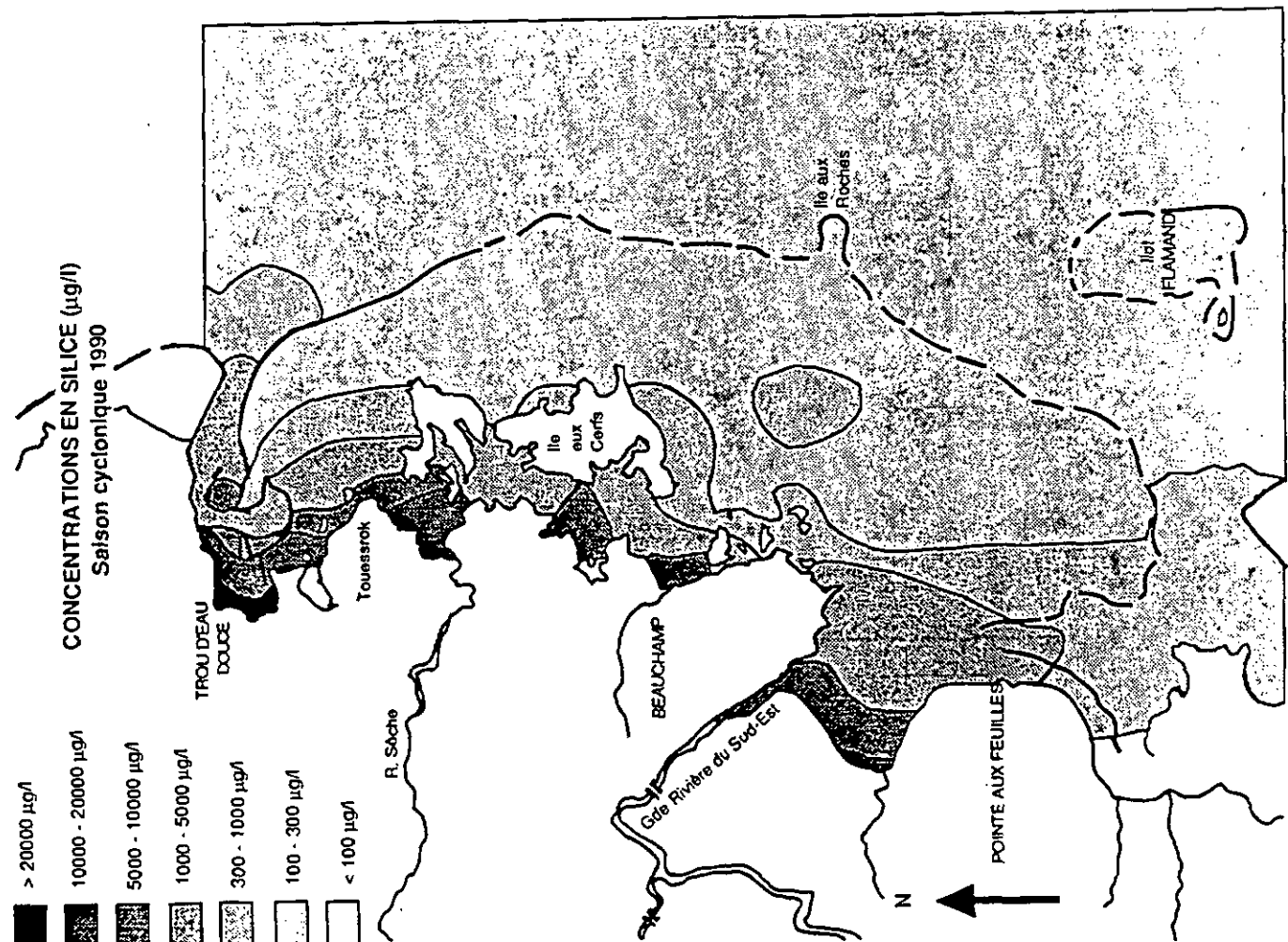
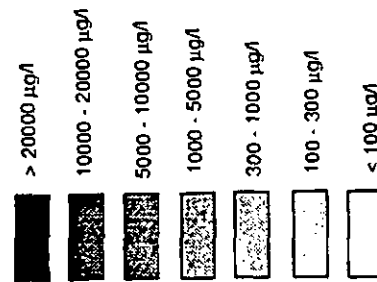
80) En saison cyclonique, les teneurs de silice en surface sont partout supérieures à 100 $\mu\text{g/l}$. Un maximum de 33300 $\mu\text{g/l}$ se rencontre dans le fond de baie de Trou d'eau Douce, toute la baie montre des teneurs de 1000 à 20000 $\mu\text{g/l}$. Un panache s'étend jusqu'au large et longe la barrière après la passe. Des teneurs supérieures à 10000 $\mu\text{g/l}$ sont mesurées au niveau de l'émissaire de Beau Champ, dans les mangroves à l'Ouest de l'île aux Cerfs et dans la Grande Rivière du Sud-Est, un panache de 300 à 1000 $\mu\text{g/l}$ avance par le Sud vers le large. La partie Est du lagon montre des teneurs faibles comprises entre 100 et 300 $\mu\text{g/l}$ comme au large.

81) En saison sèche, les teneurs moyennes sont moindres, toutefois des teneurs de l'ordre de 30000 $\mu\text{g/l}$ sont mesurées sur les côtes et dans le fond de baie de Trou d'eau Douce. Des teneurs supérieures à 10000 $\mu\text{g/l}$ sont à noter au niveau de l'émissaire de Beau Champ et des teneurs plus basses de 1000 à 5000 $\mu\text{g/l}$ sont relevées sur la quasi-totalité de la côte. A cette saison l'influence de la Grande Rivière du Sud Est se fait sentir moins loin et des teneurs inférieures à 100 $\mu\text{g/l}$ sont mesurées dans la grande passe du Sud jusqu'à l'îlot Flamand. L'Est du lagon des Cerfs montre des concentrations inférieures à 300 $\mu\text{g/l}$.

CONCENTRATIONS EN SILICE ($\mu\text{g/l}$)
Saison sèche 1990



CONCENTRATIONS EN SILICE ($\mu\text{g/l}$)
Saison cyclonique 1990

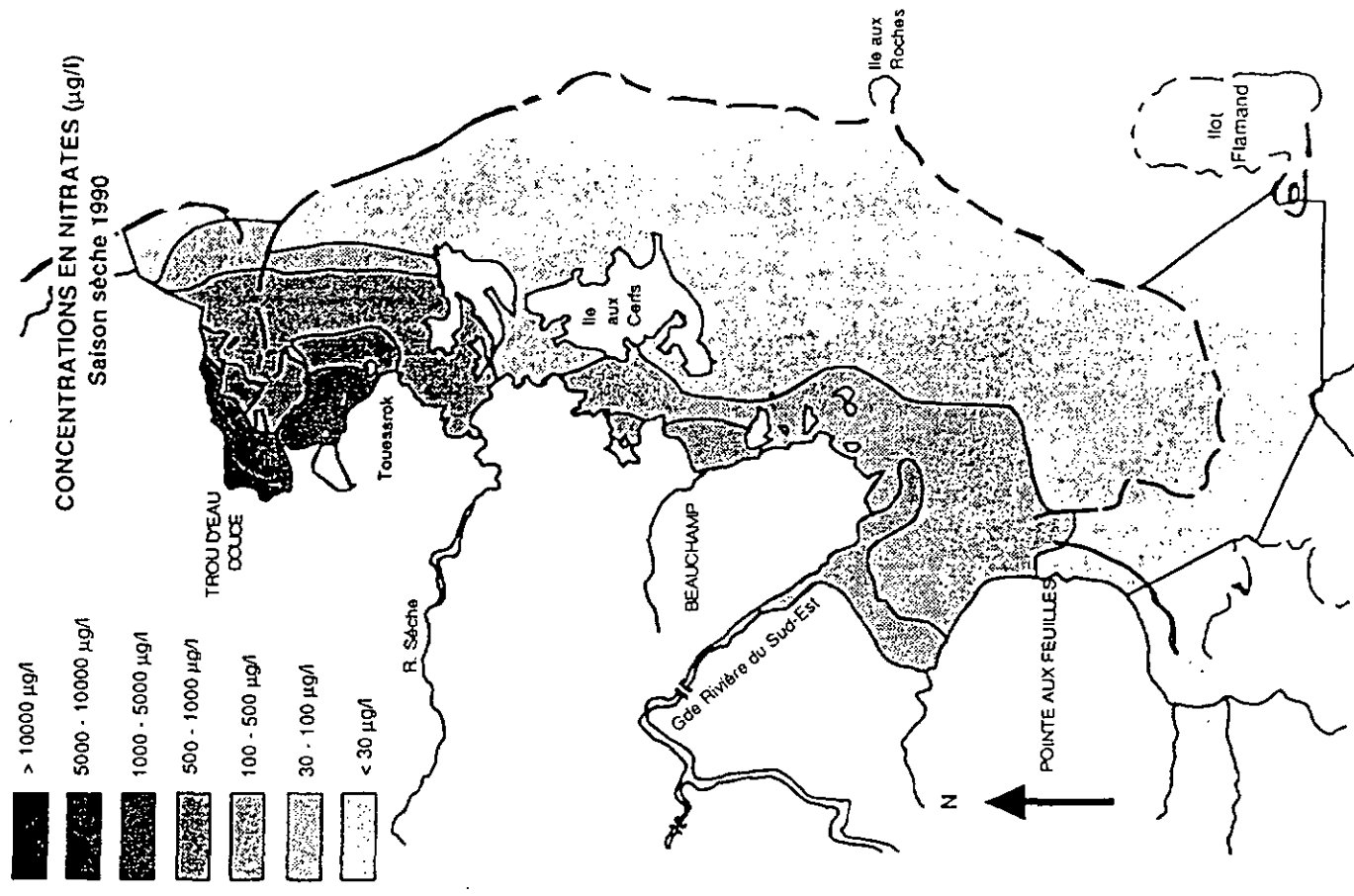
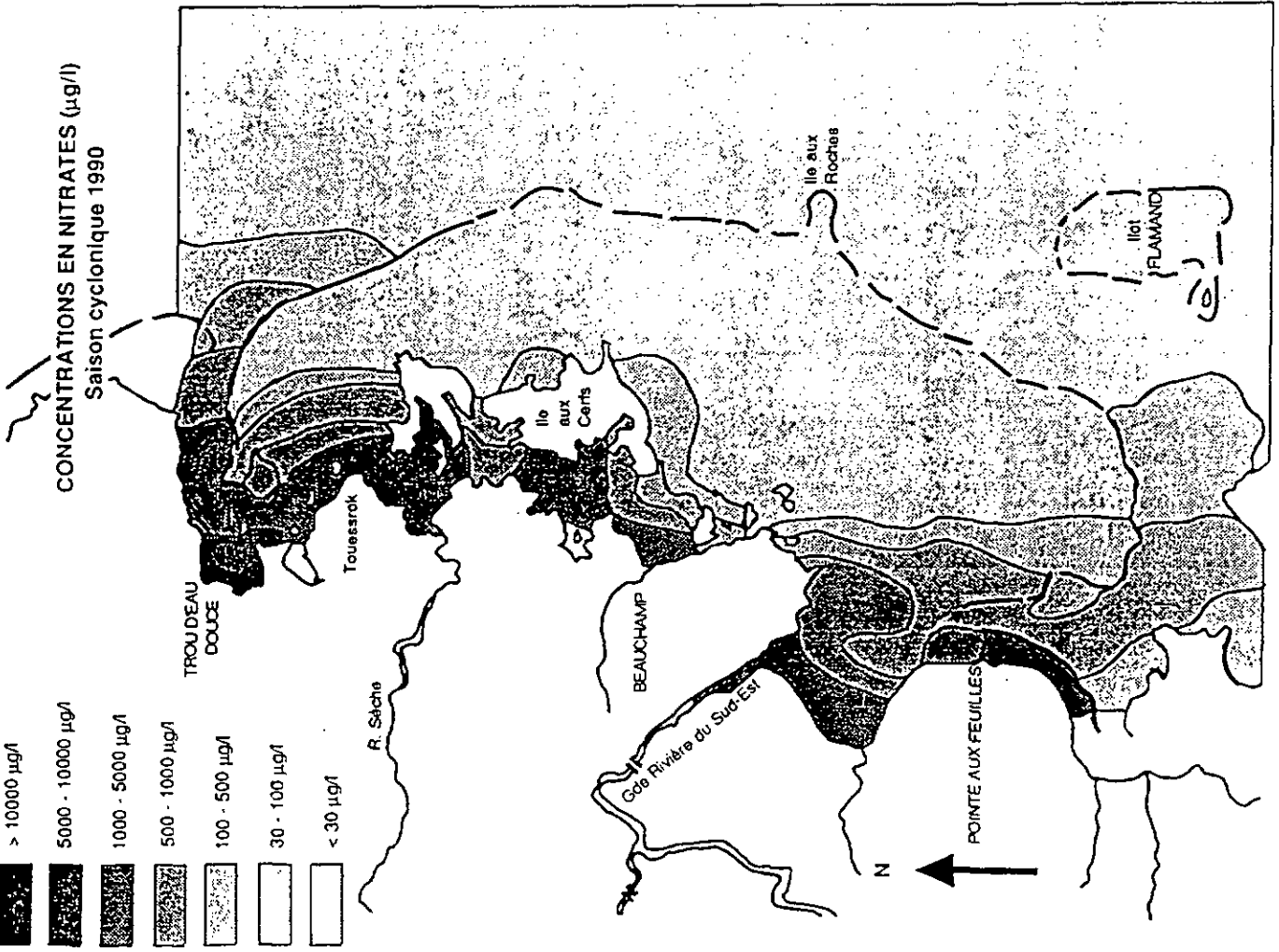


Variations des teneurs en Nitrates en surface à l'Est

Quelle que soit la saison, les teneurs maximales en nitrates se rencontrent dans le fond de la baie de Trou d'eau Douce et sont en relation avec les résurgences d'eau souterraine.

(82) En saison cyclonique, un maximum de 17500 µg/l est mesuré dans le fond de la Baie de Trou d'eau Douce, toute la baie montre des teneurs élevées en nitrates (de 5000 à 10000 µg/l). Un panache guidé par le chenal et la passe progresse vers le large puis se répand sur la pente externe de la barrière. Des teneurs supérieures à 1000 µg/l sont mesurées dans la rivière du Sud Est et aux abords de son embouchure et un panache s'enfile par le chenal jusqu'au large. Ces teneurs comprises entre 1000 et 5000 sont mesurées près de l'émissaire de Beau Champ et dans les mangroves à l'Ouest de l'île aux Cerfs. La partie Est du lagon et le large montrent des teneurs très faibles ne dépassant pas 30 µg/l.

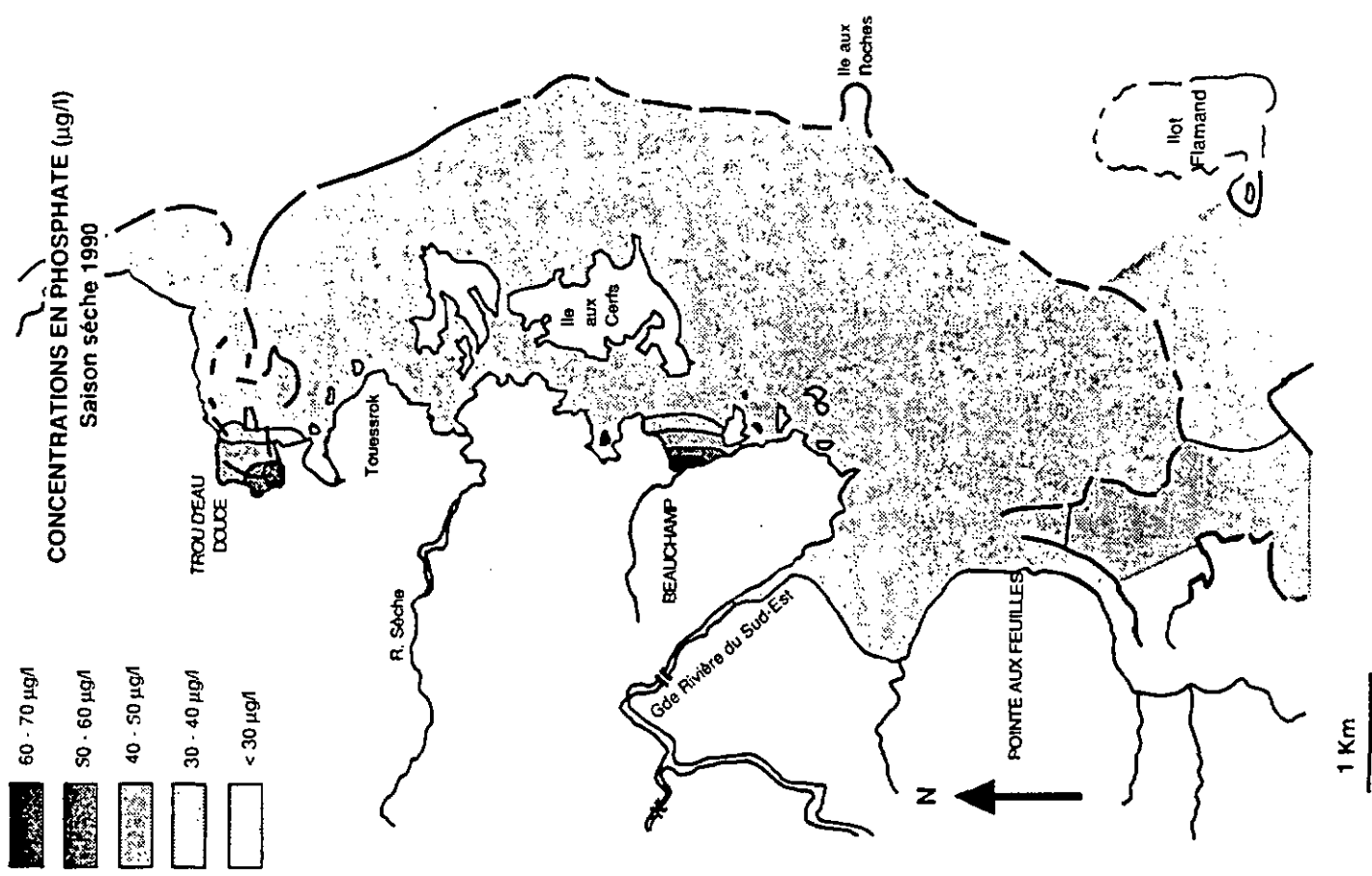
(83) En saison sèche, les teneurs sont moins élevées au niveau des estuaires de Beau Champ et de Grande Rivière du Sud-Est, par contre l'effet de saisonnalité est beaucoup moins marqué au niveau des résurgences de la baie de Trou d'eau douce. Un maximum de 11800 µg/l est mesuré dans le fond de la baie et des teneurs comprises entre 1000 et 5000 µg/l s'étendent jusque dans le lagon des Cerfs. Sur toute la côte, près de l'émissaire de Beau Champ et aux abords de la Grande Rivière du Sud Est, les concentrations sont plus basses qu'en saison cyclonique et ne dépassent pas 500 µg/l. Le panache de la Grande Rivière du Sud Est est très peu étendu. La partie Est du lagon montre toujours des teneurs basses inférieures à 30 µg/l.



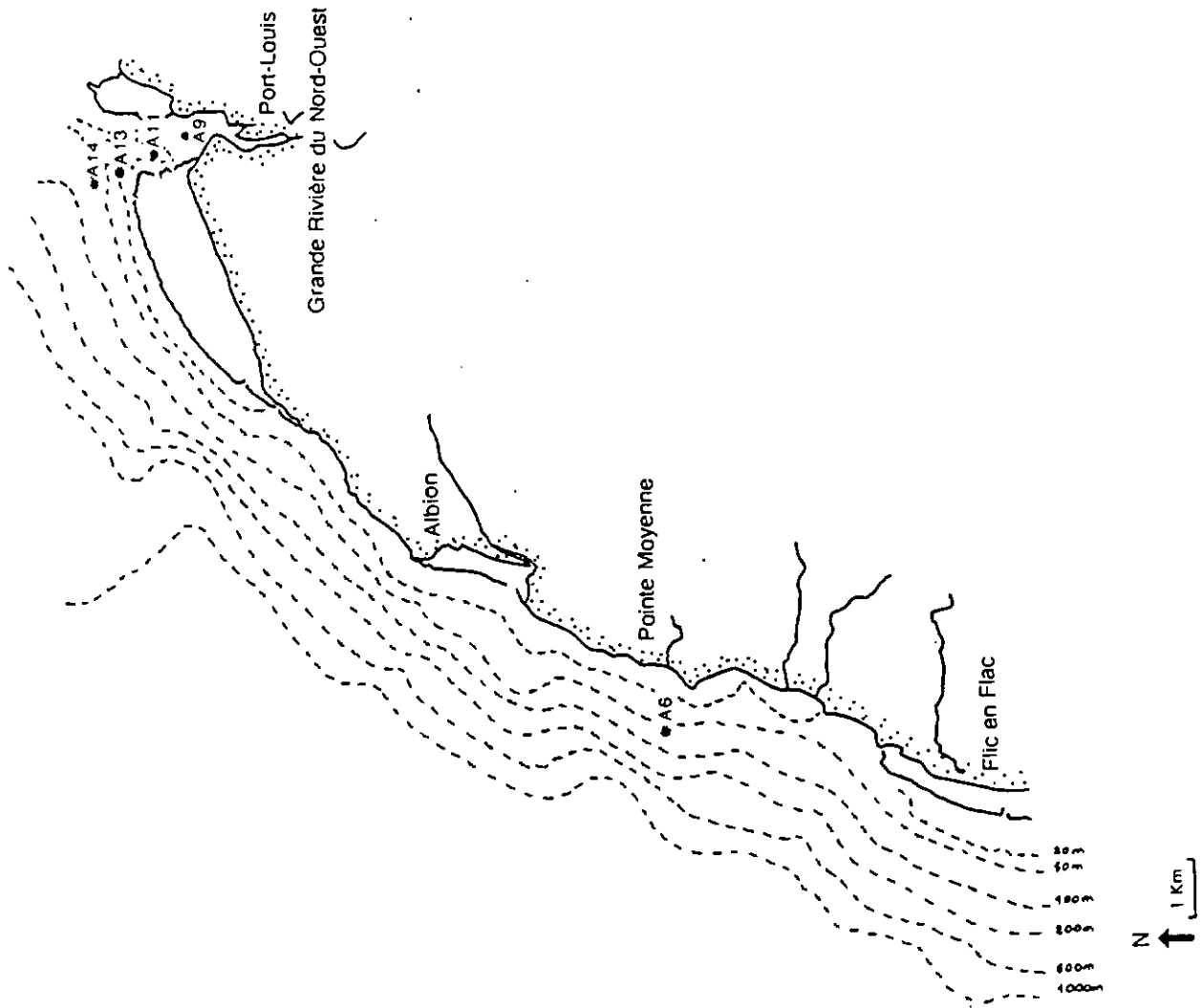
84 Variations des teneurs en Phosphates en surface à l'Est

(Les phosphates n'ont été analysés qu'en saison sèche).

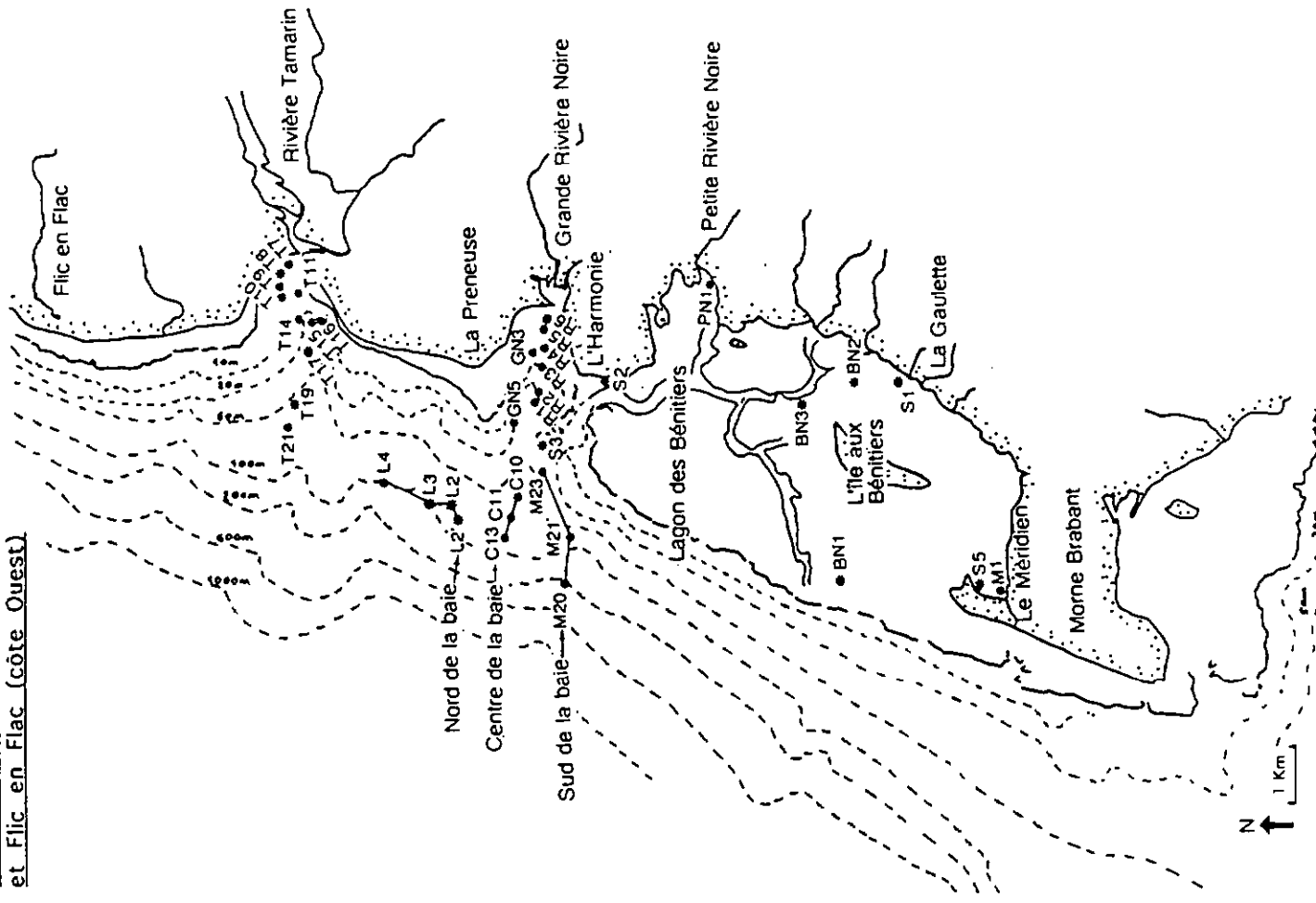
En saison sèche, les teneurs maximales en phosphates se rencontrent dans le fond de baie de Trou d'eau Douce, 300 µg/l y sont mesurés et les concentrations moyennes varient de 30 à 100 µg/l. Dans la petite baie de Beau Champ, les teneurs en phosphates sont aussi notables, 150 µg/l ont été mesurés au niveau de l'émissaire de la rivière qui reçoit les effluents de l'usine sucrière. Partout ailleurs, les teneurs sont très faibles et ne dépassent pas 30 µg/l.



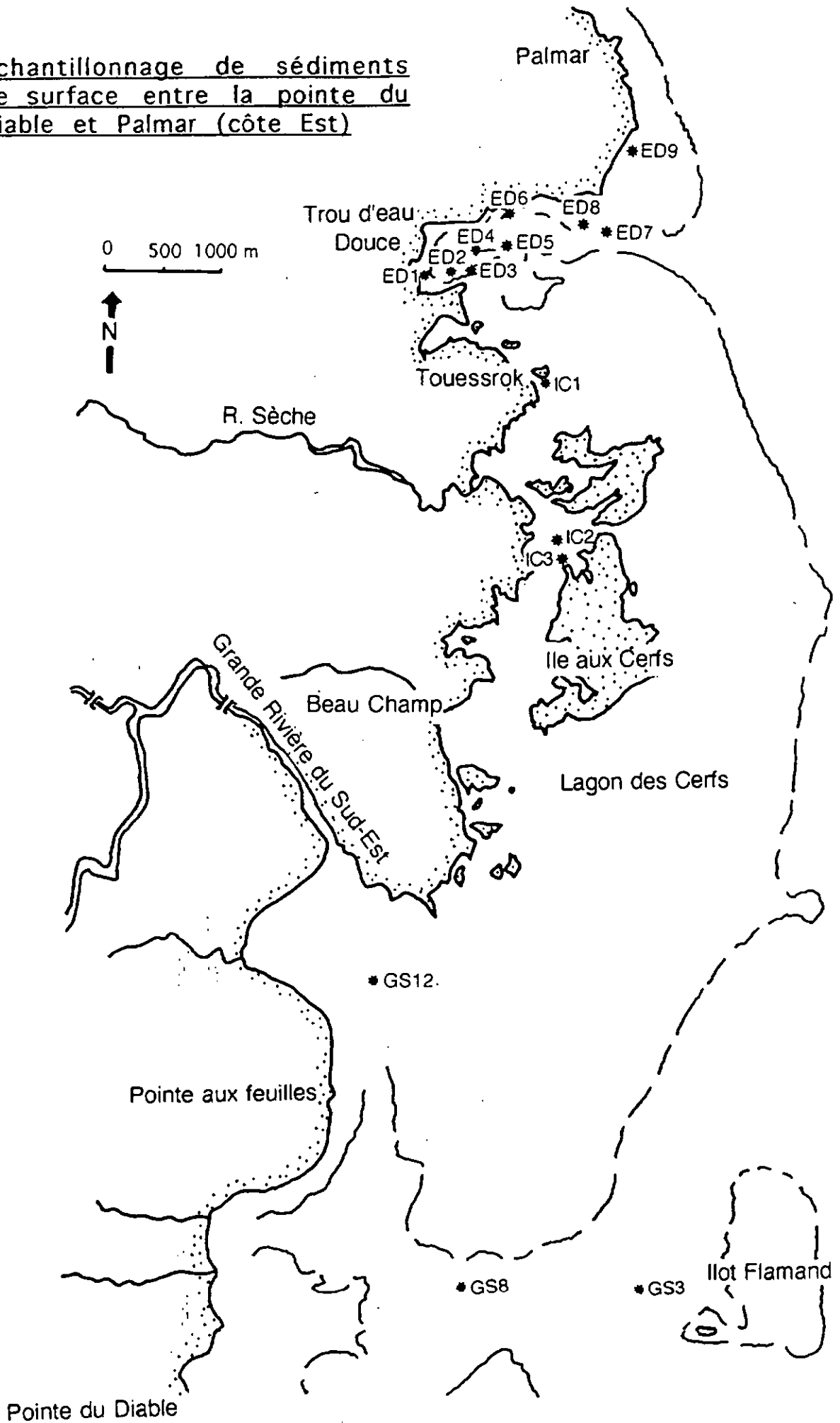
85 a Echantillonnage de sédiments de surface entre Flic en Flac et Port-Louis (côte Ouest)

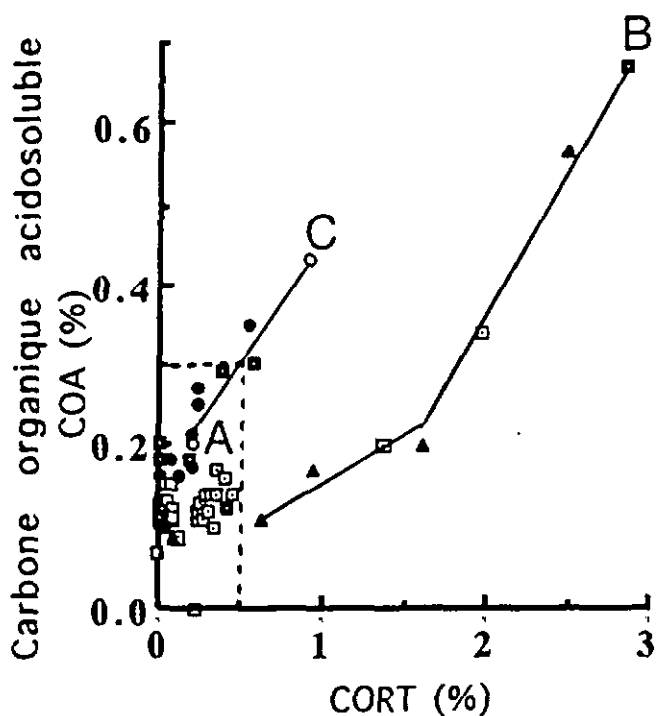


85 b Echantillonnage de sédiments de surface entre le Morne Brabant et Flic en Flac (côte Ouest)



86 Echantillonnage de sédiments de surface entre la pointe du Diable et Palmar (côte Est)





- Lagon des BENITIERS
- Baie de Gde Riv. NOIRE
- Baie de TAMARIN
- ▲ Baie de PORT-LOUIS
- Baie de TROU D'EAU DOUCE
- Baie de Gde Riv. du SUD-EST

Carbone organique insoluble Roche Totale

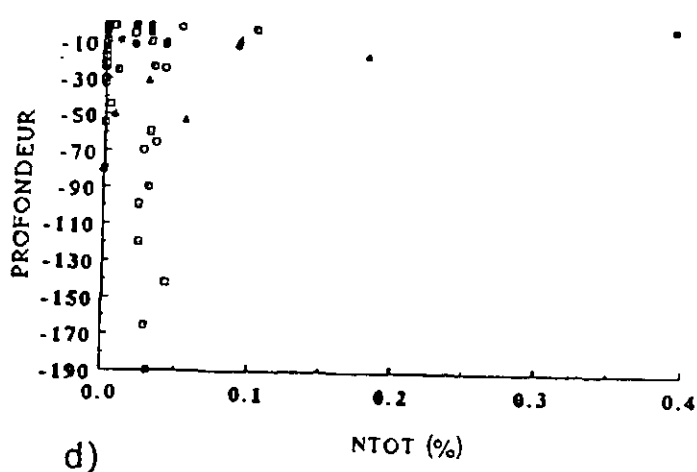
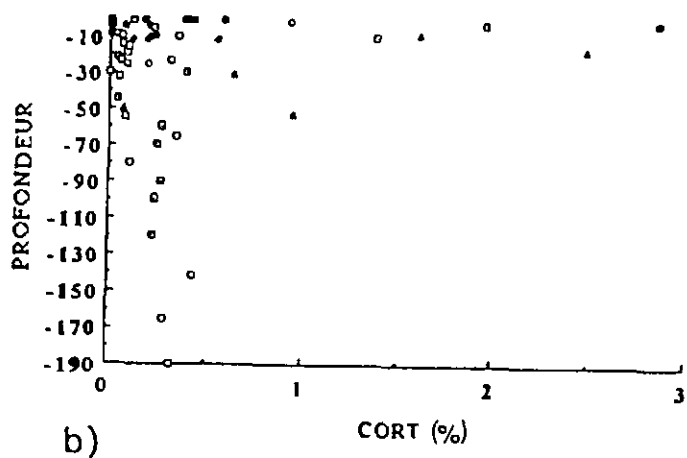
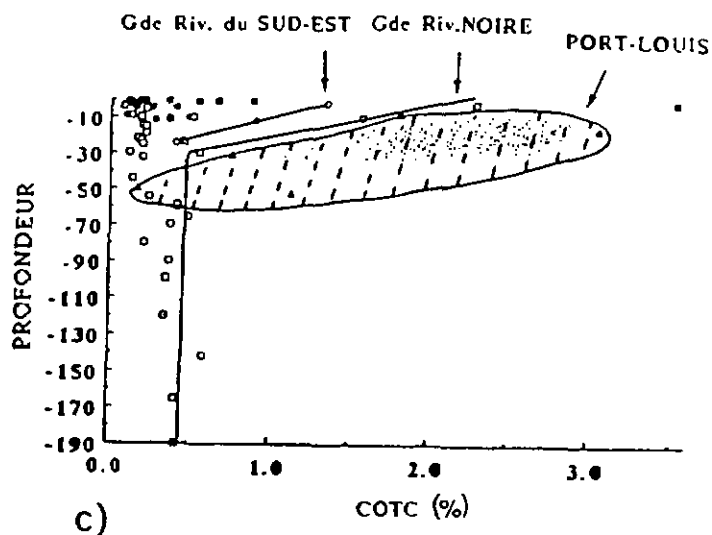
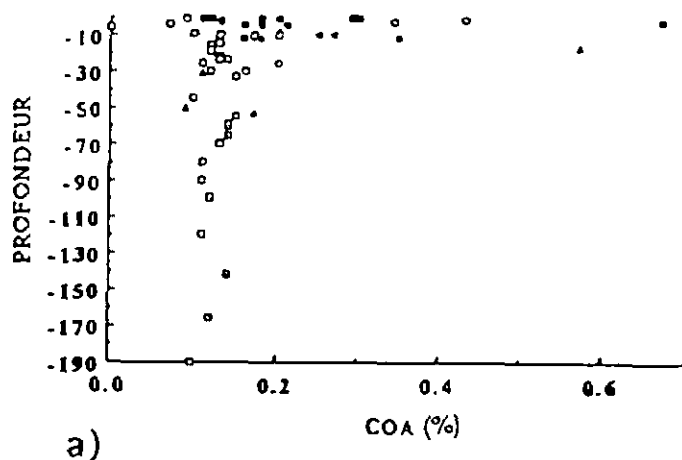
⑧ Variations du carbone organique acidosoluble par rapport au carbone organique insoluble du sédiment total.

Trois types de matière organique se distinguent :

A - rare et très peu acidosoluble, dans les sédiments pris au delà de 20 m de profondeur,

B - moyennement acidosoluble, dans les sédiments de la vase du Méridien, de la baie de Port-Louis et au fond de la baie de Rivière Noire,

C - facilement hydrolysable, dans les sédiments en fond de baie de Trou d'eau Douce, à l'embouchure de Grande Rivière du Sud-Est et sur la côte Est du lagon des Bénitiers.



88) Variations des paramètres de la matière organique en fonction de la profondeur d'échantillonnage.

- a) COA carbone organique acidosoluble
- b) CORT carbone organique insoluble rapporté à la roche totale
- c) COTC carbone organique total
- d) NTOT azote total

A Grande Rivière Noire et Grande Rivière du Sud-Est, la matière organique diminue rapidement jusqu'à -10 m. A partir de -20 m, les teneurs se stabilisent à Grande Rivière Noire.

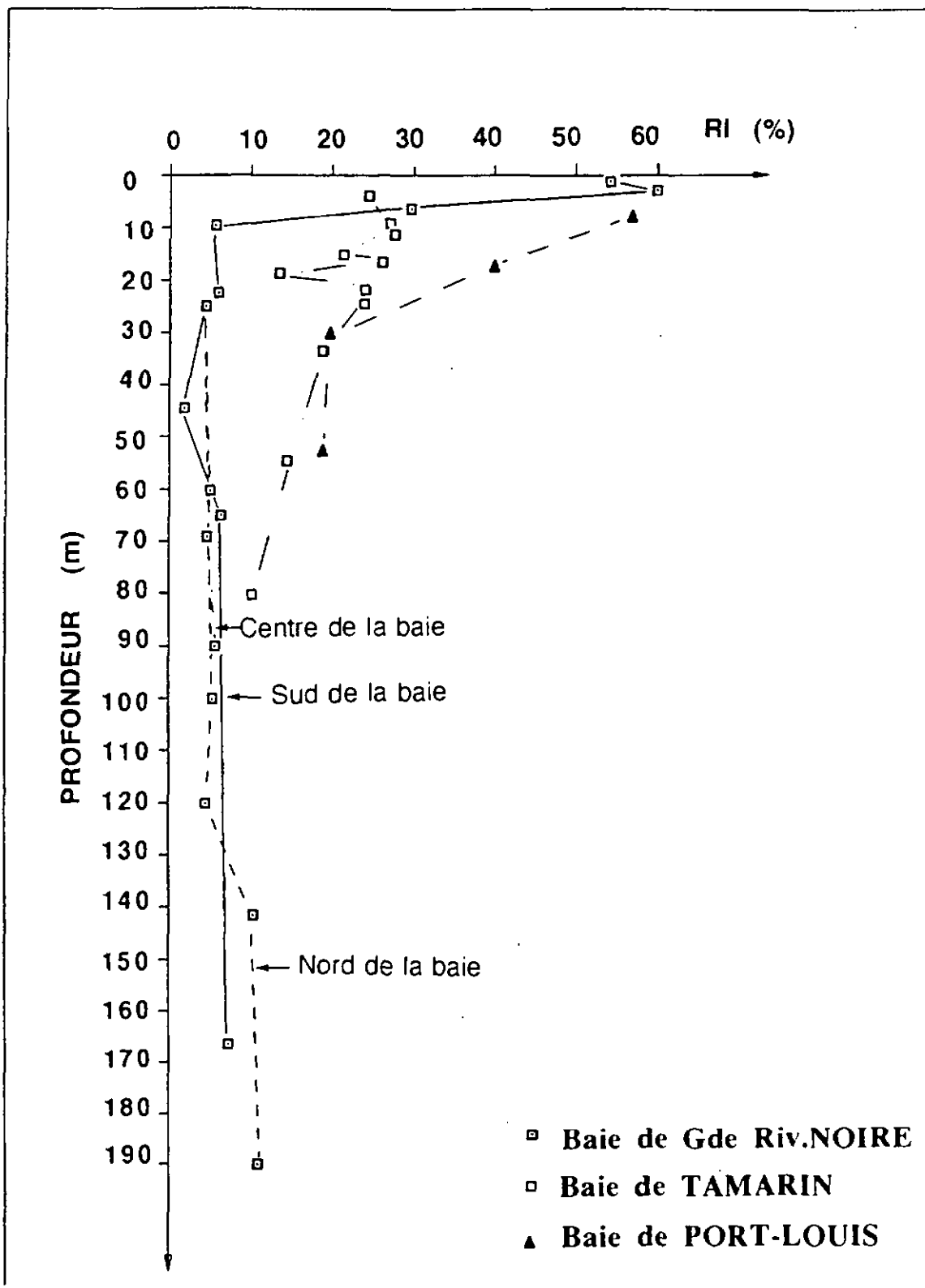
Le système de Port-Louis se distingue par une plus grande richesse en matière organique à profondeur égale (graphe c).

La baie de Tamarin dont les eaux sont très brassées, est très pauvre en matière organique et montre au contraire une légère augmentation en profondeur où la sédimentation est possible.

Dans la baie de Trou d'eau Douce et le lagon des Bénitiers, les teneurs en carbone organique total sont inférieures à 1 % sauf dans la vase du Méridien très riche en matière organique.

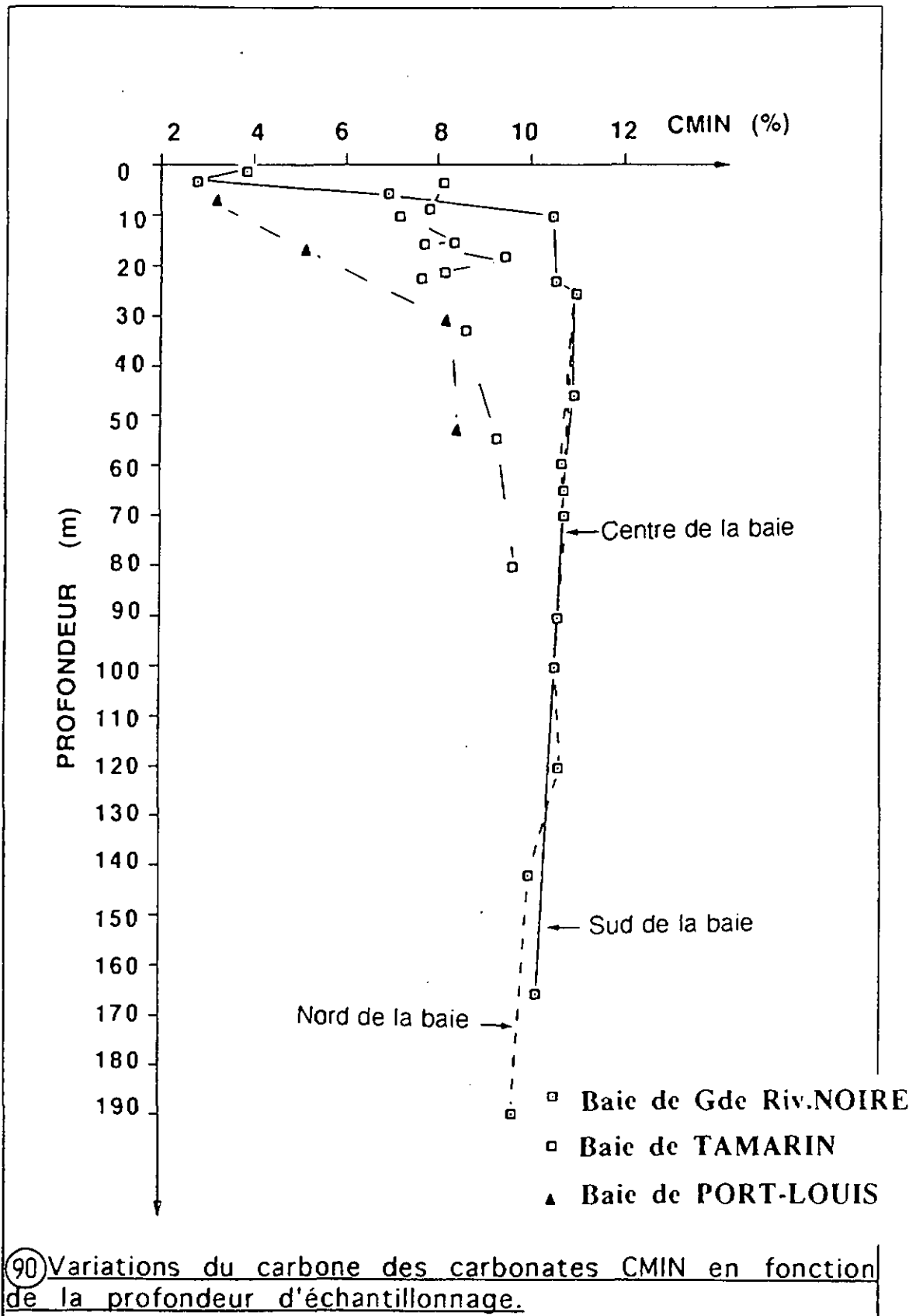
La sédimentation de la matière organique dans la baie de Trou d'eau Douce se fait préférentiellement au centre de la baie par -12 m de profondeur.

- Lagon des BENITIERS
- ◻ Baie de Gde Riv. NOIRE
- ◻ Baie de TAMARIN
- ▲ Baie de PORT-LOUIS
- Baie de TROU D'EAU DOUCE
- ◻ Baie de Gde Riv. du SUD-EST

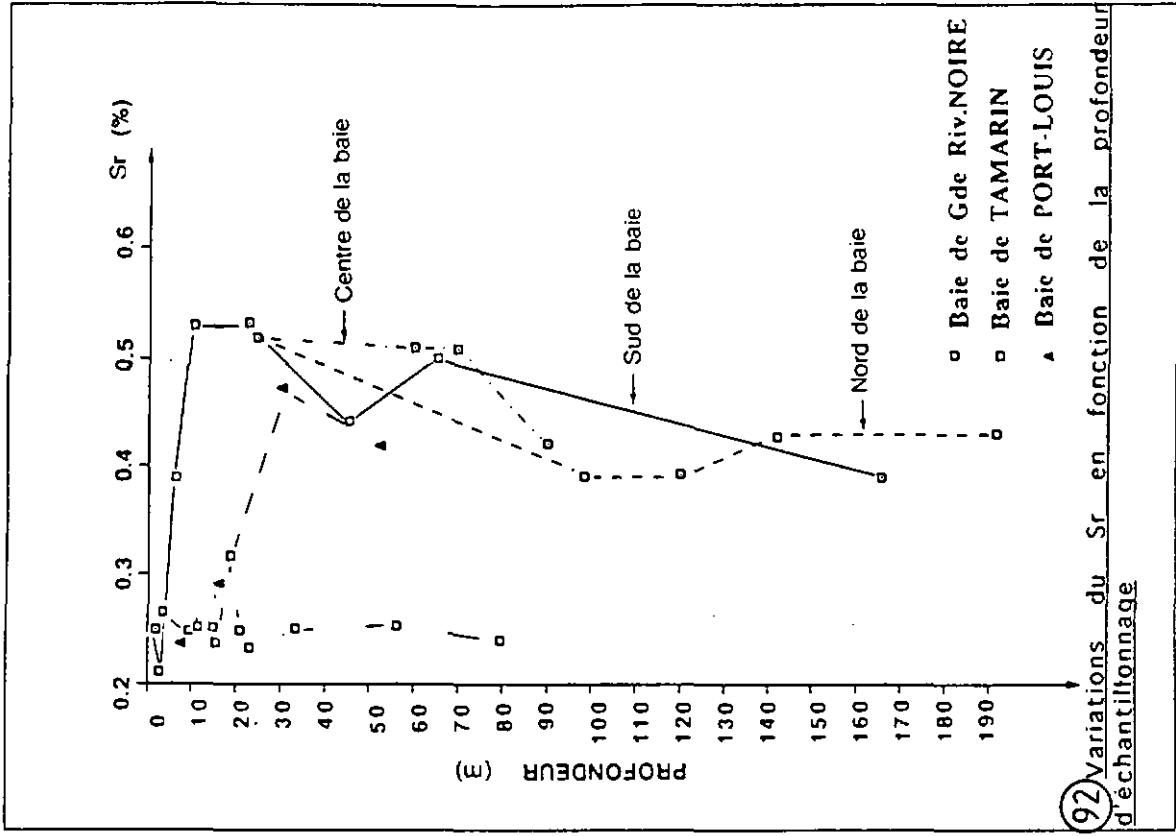
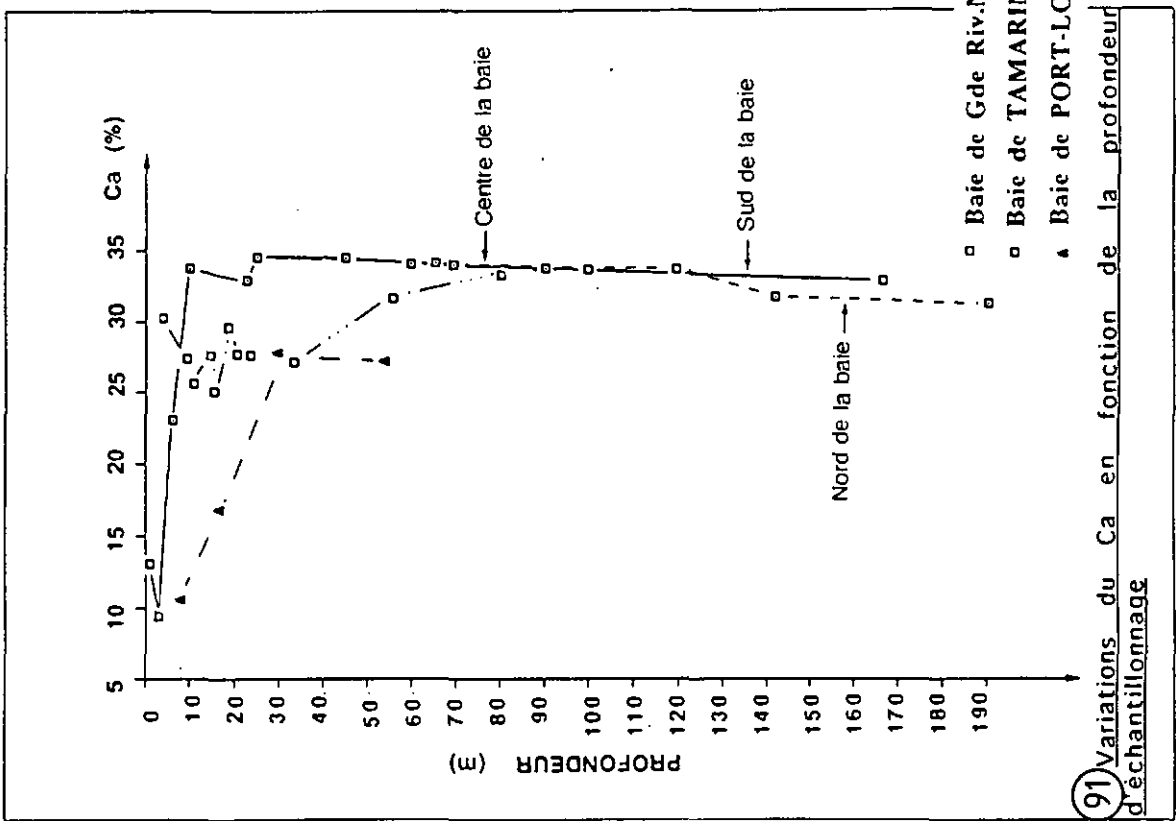


89 Variations du résidu insoluble RI en fonction de la profondeur d'échantillonnage.

Le RI est un reflet de l'influence terrigène, il chute très vite jusqu'à -10 m à Rivière Noire puis se stabilise. Par contre l'influence terrigène persiste plus profondément à Tamarin et Port-Louis.

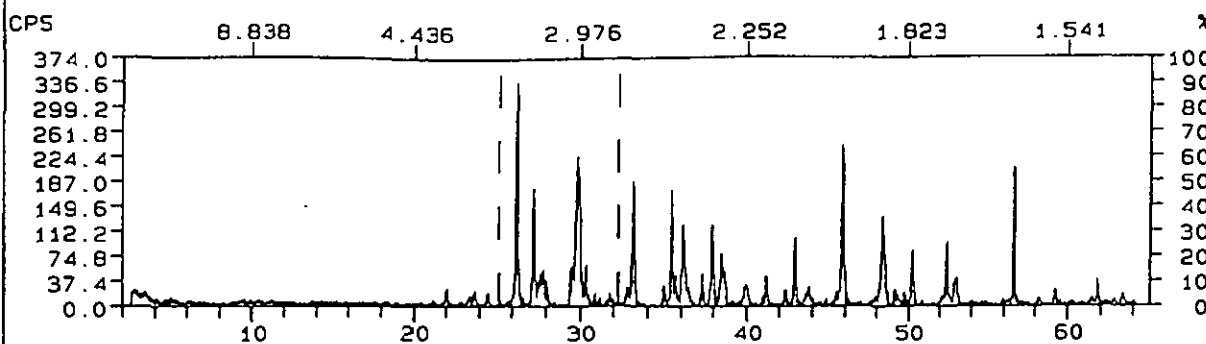


Le carbone des carbonates et les éléments carbonatophiles Ca et Sr augmentent très rapidement à Rivière Noire, ils augmentent plus lentement jusqu'à -53 m à Port-Louis où l'influence fluviale persiste plus longtemps.

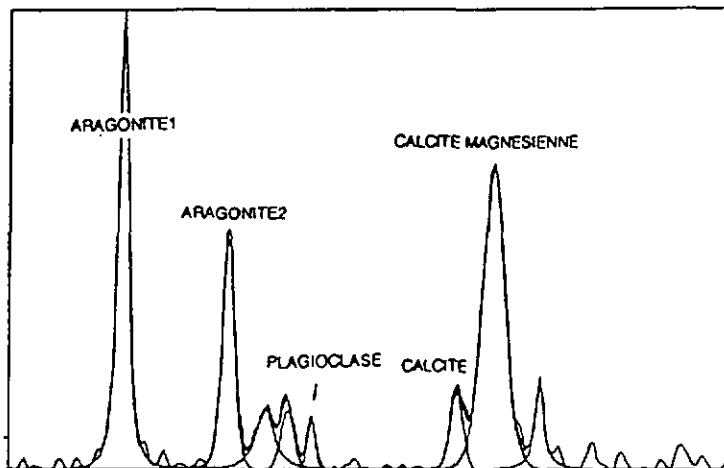


93 A Diagramme RX d'un échantillon de sédiment de surface
prélevé près de l'embouchure de Tamarin (T7) par -4 m

FN: 5562945RT.NI ID: T .7 POUORE SCINTAG/USA
 OATE: 01/13/91 TIME: 11: 26 PT: 1.800 STEP: 0.0300 WL: 1.54060



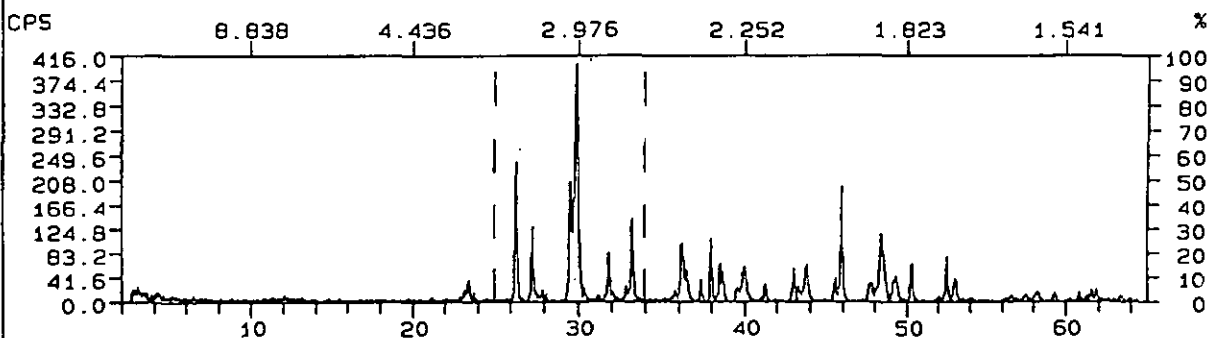
PK#	2-META	PK-HGT	FWHM
1	26.2792	353	0.103
2	29.8852	223	0.255
3	27.2832	172	0.130
4	29.5186	58	0.143
5	30.3539	68	0.094
6	27.8577	44	0.147
7	27.6421	45	0.206
8	28.0898	38	0.092



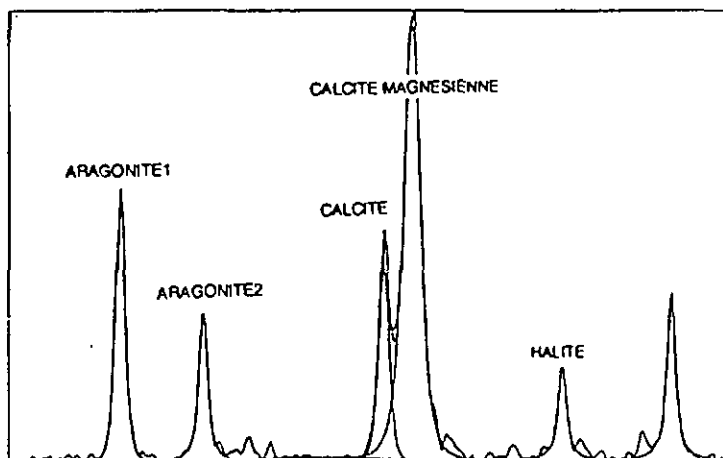
93 B Diagramme RX d'un échantillon de sédiment de surface
prélevé au large de Tamarin (T21) par -80 m

Remarque : L'influence terrigène a diminuée, les plagioclases sont absents, les calcites magnésiennes et les calcites ont augmenté et l'aragonite a diminué par rapport à l'échantillon (T7) pris près de l'embouchure de Tamarin.

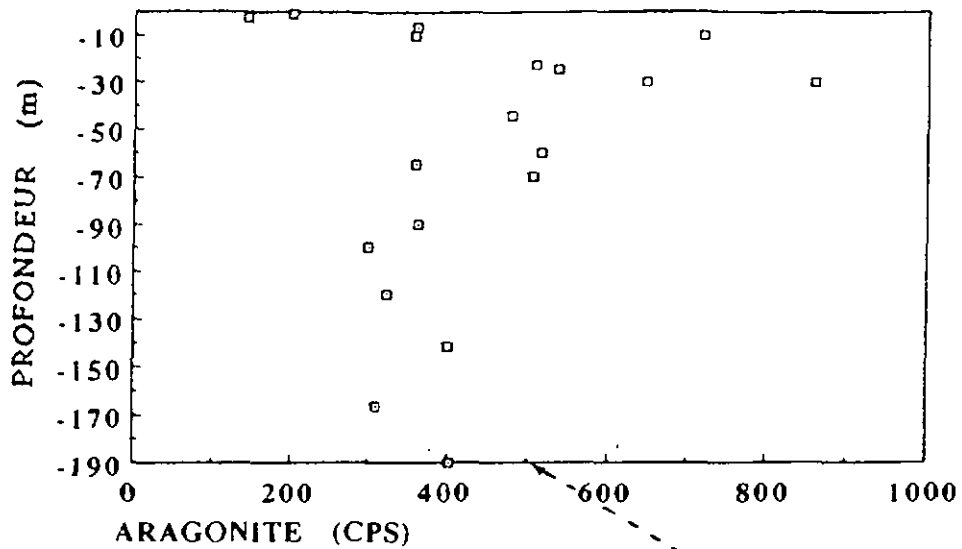
FN: 5562955RT.NI ID: T .21 POUORE SCINTAG/USA
 DATE: 01/14/91 TIME: 02: 24 PT: 1.800 STEP: 0.0300 WL: 1.54060



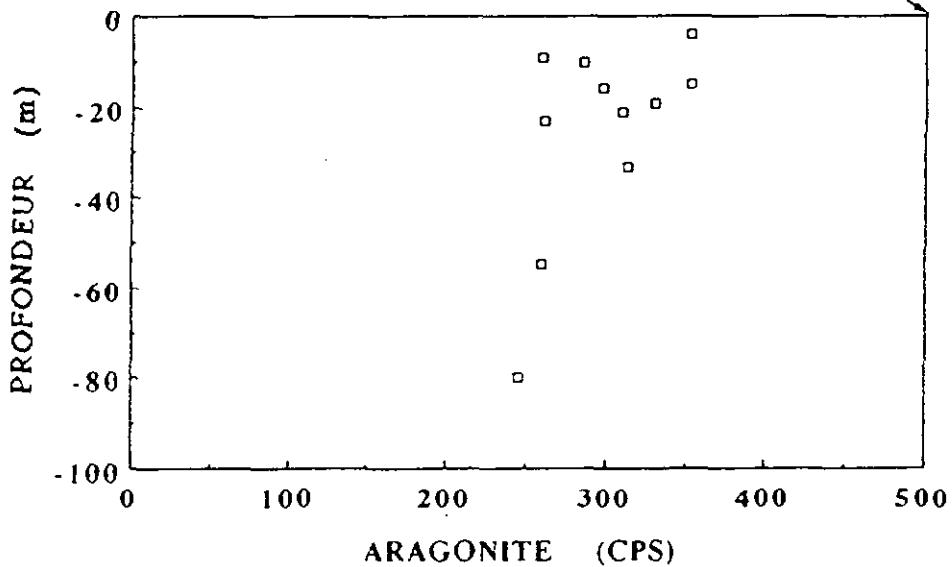
PK#	2-META	PK-MGT	FWHM
1	29.8992	392	0.239
2	26.3134	246	0.125
3	29.5576	176	0.157
4	33.2010	156	0.115
5	27.3138	142	0.116
6	31.8142	91	0.117



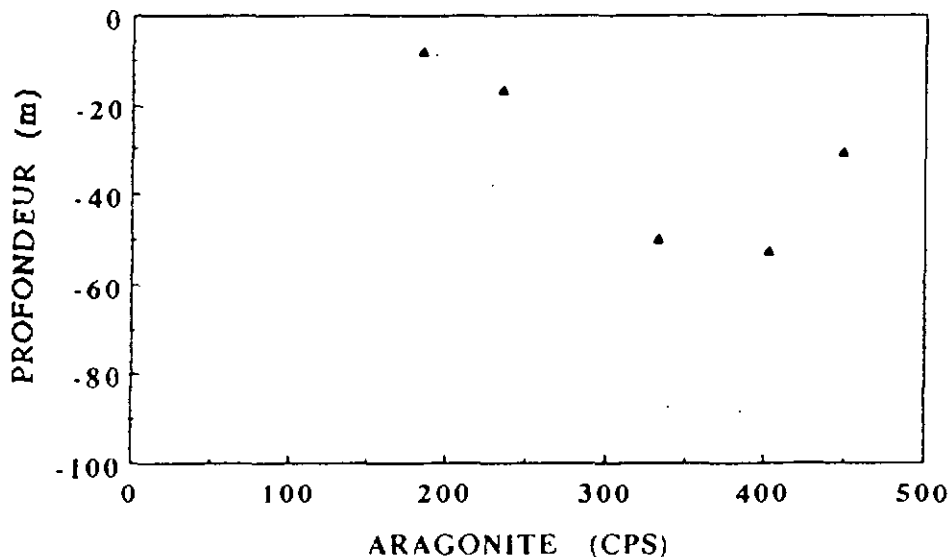
Variations de l'aragonite en fonction de la profondeur à Rivière Noire



Variations de l'aragonite en fonction de la profondeur à Tamarin

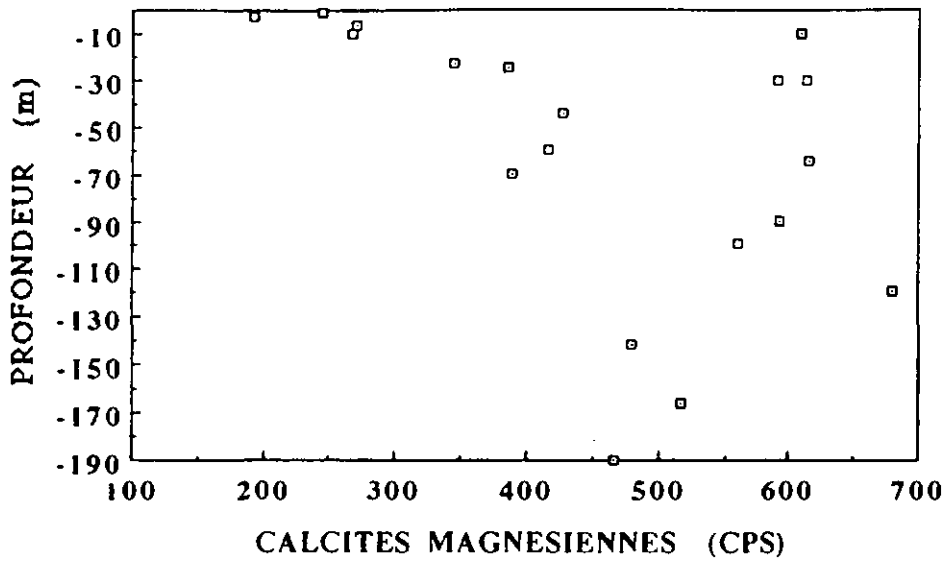


Variations de l'aragonite en fonction de la profondeur à Port-Louis

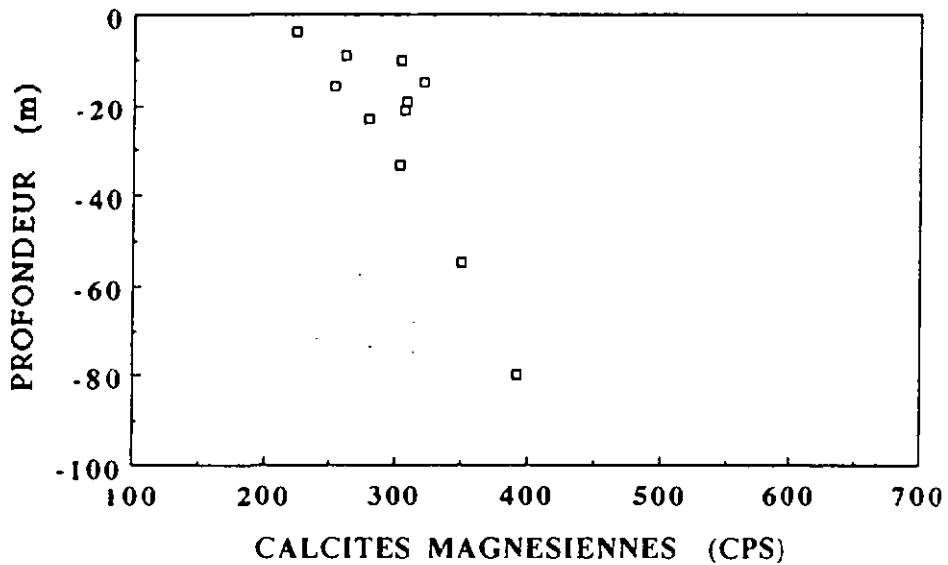


94 L'aragonite croît rapidement jusqu'à -30 m à Rivière Noire, le maximum est atteint dans le Sud du chenal qui permet la vidange du lagon des Bénitiers, puis les teneurs diminuent lentement jusqu'à -190 m. A Port-Louis, l'aragonite augmente encore jusqu'à -53 m. A Tamarin, on ne remarque pas cette augmentation dans les sédiments peu profonds

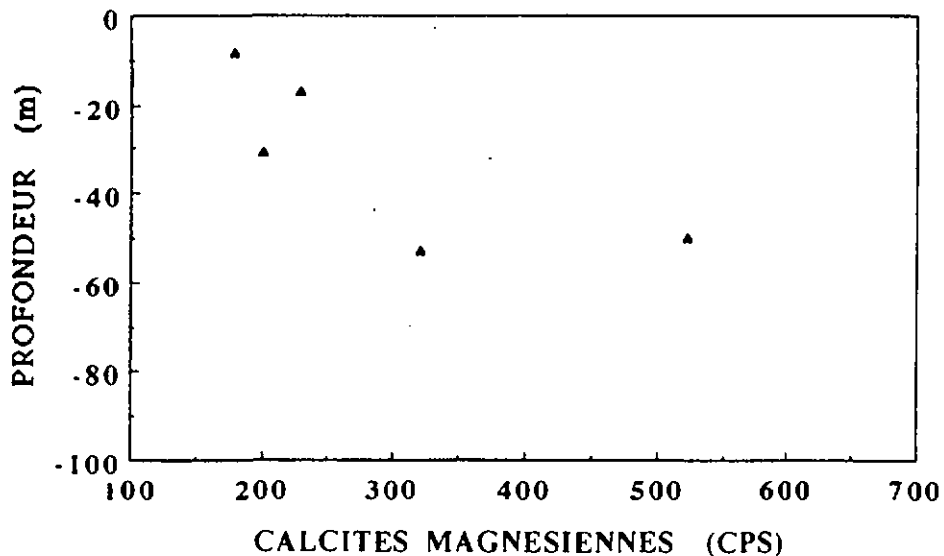
Variations des calcites magnésiennes
en fonction de la profondeur à Rivière Noire



Variations des calcites magnésiennes
en fonction de la profondeur à Tamarin

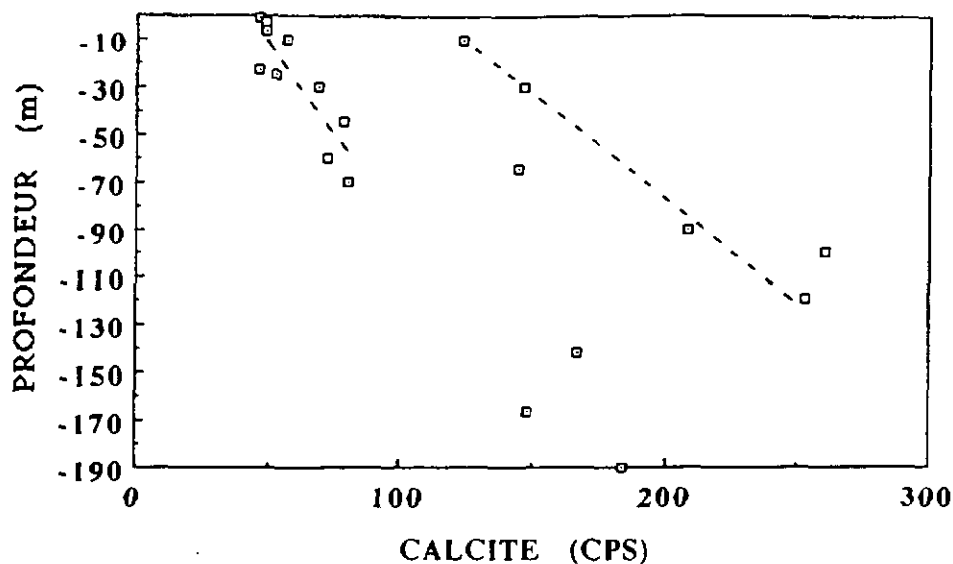


Variations des calcites magnésiennes
en fonction de la profondeur à Port-Louis

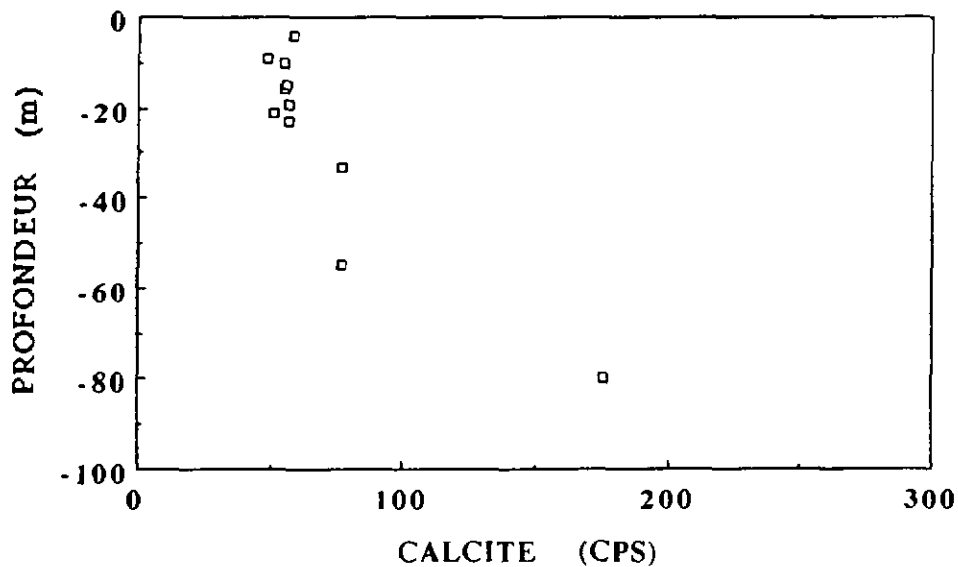


95 Les calcites magnésiennes augmentent avec la profondeur dans toutes les baies.

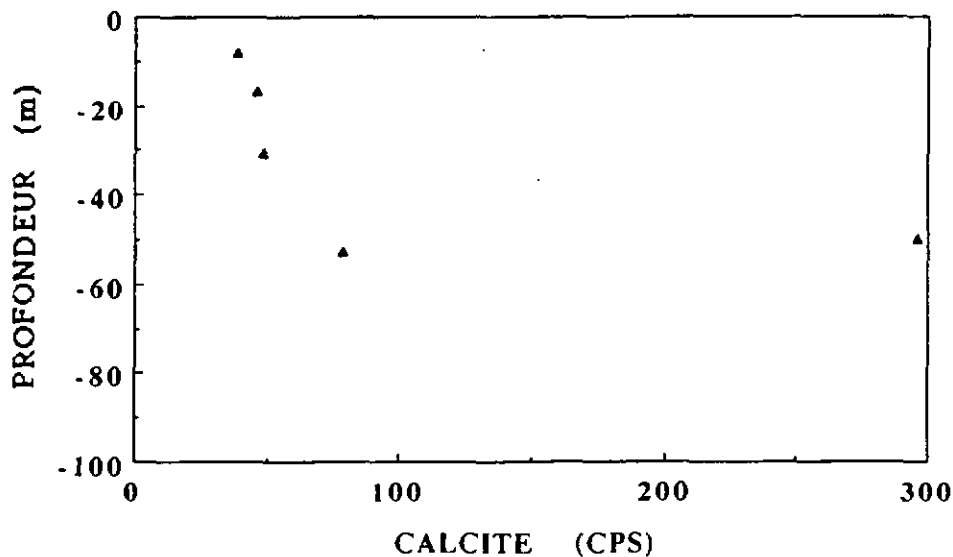
Variation de la calcite en fonction de la profondeur à Rivière Noire



Variations de la calcite en fonction de la profondeur à Tamarin

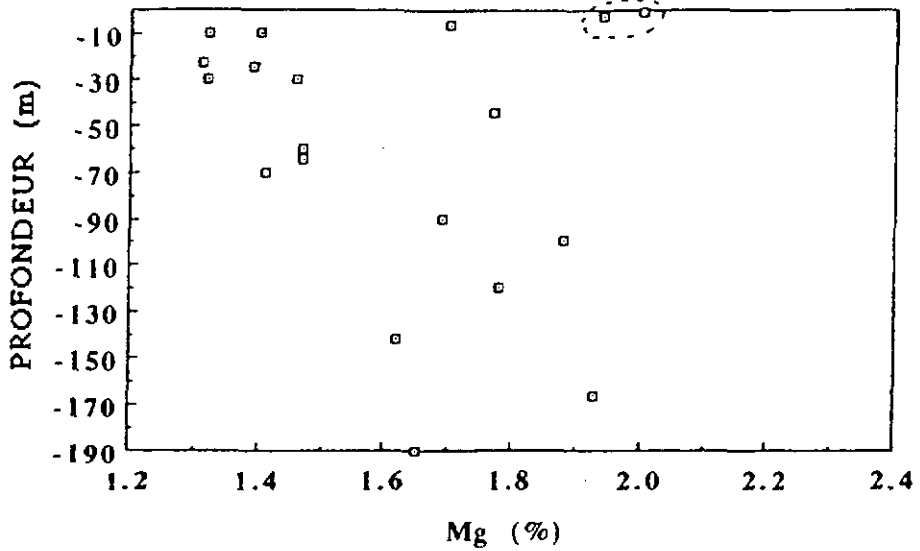


Variations de la calcite en fonction de la profondeur à Port-Louis

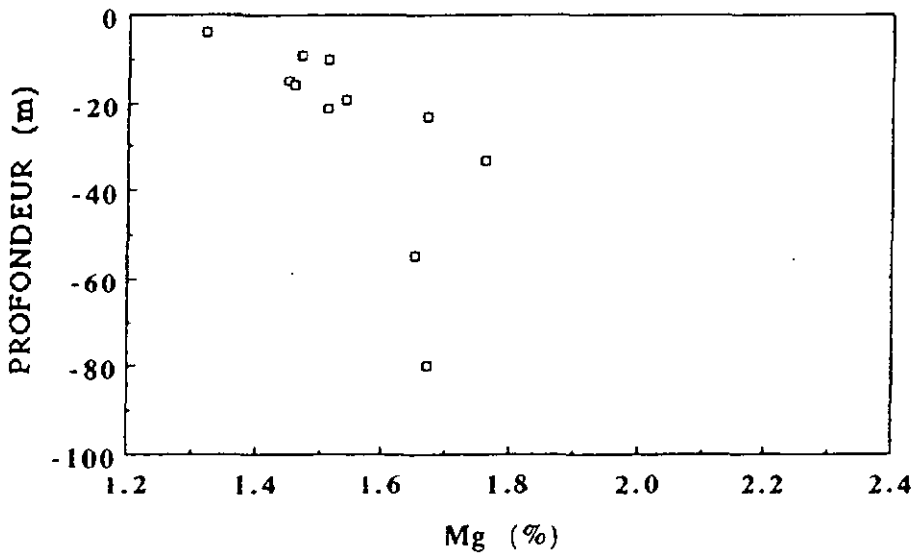


96 La calcite croît avec la profondeur dans toutes les baies, elle semble plus importante sur le profil au Nord de la baie de Rivière Noire qu'au Sud.

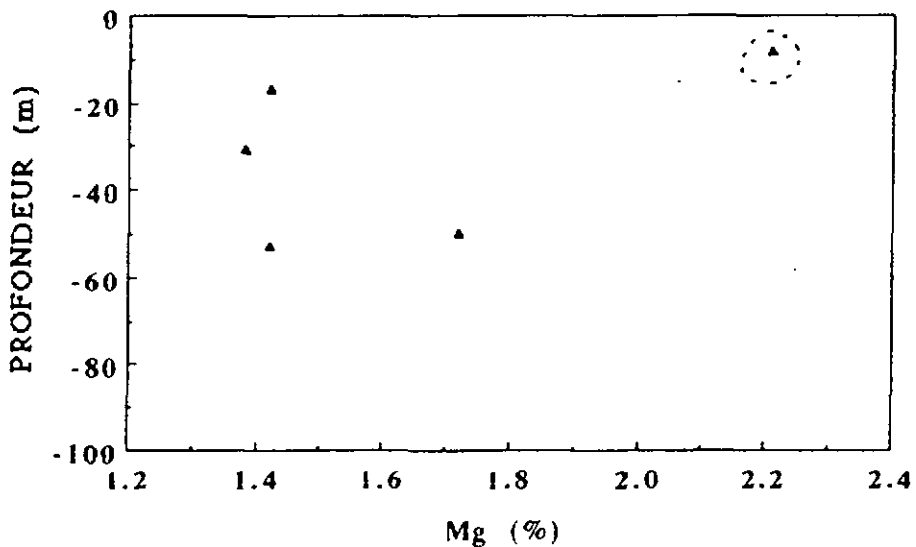
Variations du Mg en fonction de la profondeur à Rivière Noire



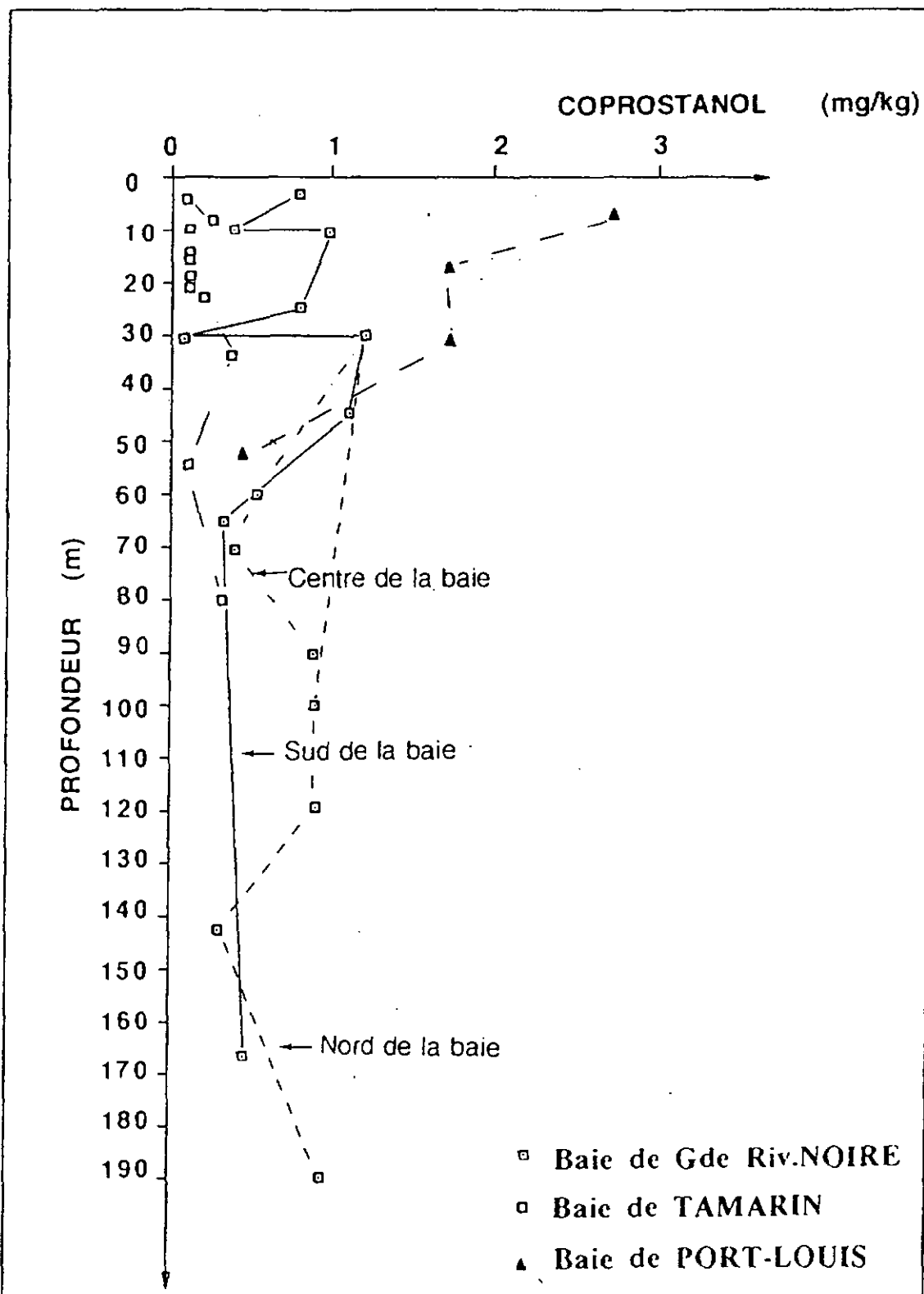
Variations du Mg en fonction de la profondeur à Tamarin



Variations du Mg en fonction de la profondeur à Port-Louis



(98) Jusqu'à -10 m, le Mg a une origine détritique terrigène. Les sédiments peu profonds à Rivière Noire et Port-Louis qui ont un RI très élevés montrent les maxima de Mg et des teneurs en calcites magnésiennes très faibles. Dans les sédiments plus profonds, le Mg varie comme les calcites magnésiennes.



99 Variations du coprostanol en mg/kg en fonction de la profondeur d'échantillonnage.

Le coprostanol reflète la pollution anthropique (fécale). Tous les sédiments sont contaminés même par -190 m. La baie la plus affectée est celle de Port-Louis.