



**HAL**  
open science

# Structure et Dynamique des écosystèmes inondables (forêt marécageuse, mangrove) du bassin du Sinnamary (Guyane Française)

Laurent Cadamuro

► **To cite this version:**

Laurent Cadamuro. Structure et Dynamique des écosystèmes inondables (forêt marécageuse, mangrove) du bassin du Sinnamary (Guyane Française). domain\_other. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 1999. Français. NNT: . tel-00007798

**HAL Id: tel-00007798**

**<https://theses.hal.science/tel-00007798>**

Submitted on 16 Dec 2004

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'ordre : 3444

**ACADEMIE DE TOULOUSE**  
**UNIVERSITE PAUL SABATIER – TOULOUSE III**

**THESE**

Présentée en vue d'obtenir le diplôme de

**Doctorat de l'Université Paul Sabatier**

Spécialité : Ecologie Tropicale

**Structure et Dynamique des écosystèmes inondables  
(forêt marécageuse, mangrove) du bassin du Sinnamary  
(Guyane Française).**

par

**Laurent CADAMURO**

Soutenue le 09 Juillet 1999 devant le jury composé de :

<b>BALTZER</b> Frédéric (Examineur)	Maître de conférences, UPS Paris XI
<b>BLASCO</b> François (Examineur)	Directeur de Recherches CNRS, Toulouse
<b>FROMARD</b> François (Directeur de thèse)	Chargé de Recherches CNRS, Toulouse
<b>HUBSCHMAN</b> Jacques (Examineur)	Professeur, UTM Toulouse II
<b>IMBERT</b> Daniel (Rapporteur)	Maître de Conférences, UAG
<b>LEBIGRE</b> Jean-Michel (Rapporteur)	Professeur, UMM Bordeaux III
<b>LOINTIER</b> Marc (Examineur)	Chargé de Recherches, IRD Montpellier
<b>PUIG</b> Henri (Examineur)	Professeur, UPS Toulouse III

Avec le concours de — Silvolab - GUYANE —



## REMERCIEMENTS

Après 4 années de travail, cette thèse abouti enfin. Cette aventure aurait sûrement connu une autre tournure sans l'aide, le soutien et l'amitié de nombreuses personnes. A vous tous j'adresse mes plus sincères remerciements.

Je remercierai d'abord F. Fromard, Chercheur CNRS, pour avoir accepté de diriger mes recherches; ses critiques ont été d'un grand secours pour la rédaction de cette thèse.

Je remercie également Monsieur F. Blasco, Directeur du Laboratoire d'Ecologie Terrestre, qui m'a accueilli avec bienveillance au sein du LET et qui a accepté de prendre part à mon jury.

Je remercie les présidents successifs de Silbolab-Guyane, Messieurs O. Larroussinie et D. Girou, qui ont accepté de m'accueillir en Guyane par l'intermédiaire du centre ENGREF de Kourou.

Des remerciements tout particuliers vont aux rapporteurs, Messieurs J.M. Lebigre, Professeur à l'Université de Bordeaux III et D. Imbert, Maître de Conférences à l'Université Antilles-Guyane pour avoir accepté de juger ce travail dans des délais très serrés.

Monsieur F. Baltzer, Maître de Conférences à l'Université de Paris XI m'a fait partager son expérience du terrain. L'intérêt qu'il a manifesté pour mon travail, ses remarques et ses suggestions tant sur le travail de terrain que sur la rédaction de ce mémoire m'ont été précieuses et ma gratitude lui est acquise.

Je remercie Messieurs M. Lointier, Chercheur à l'IRD Montpellier et J. Hubschman, Professeur à l'Université de Toulouse II pour l'intérêt qu'ils ont accordé depuis le début à mon travail et qu'ils manifestent encore en acceptant de faire partie de mon jury.

Monsieur H. Puig, Professeur à l'Université de Toulouse III suit mes travaux depuis 1992. Il m'a fait découvrir la Guyane et l'intérêt qu'il a porté à mes différents travaux ne s'est jamais démenti et l'amitié qu'il me fait en acceptant de siéger à mon jury de thèse est appréciée à sa juste valeur.

\*\*\*\*\*

### **En Guyane:**

Merci à Christophe Mazire qui m'a accueilli alors que je débarquais.

Marc Besson, Pierre & Nathalie Lafaille, Emilie, vous étiez là quand j'en ai eu besoin. Un grand merci à vous.

Sur le Campus, merci à Denis Girou (bis) qui n'a pas hésité à équiper l'ENGREF d'un PC au milieu de Mac afin que je puisse travailler à ma convenance. Merci à Guy Bonnemaïson, Marc Gazel, Laurent Teillier, J-C Roggy, Bruno Ferry, Clotilde Roullier et Dominique Paget avec lesquels les discussions ont toujours été profitables. En vrac, merci à Christine, Evelyne, Dominique, Angélique, Jacqueline, Edith, Michelle, Véronique, Cécile, Valérie, Nadia, Sophie, Nadine, Blaise & Dorothée, Sébastien, Tom & Babet, Lionel, Lodrick, Henri, Laurent, Stéphane, Michael, Olivier, Christopher, et Fabien. Merci également à Isabelle, Anne, Nicolas et Brice qui ont été des stagiaires exemplaires.

Une mention spéciale est adressée à Dom. Lemerrier pour son soutien et son amitié.

En forêt, merci à Pascal Petronelli qui m'a accueilli et fait découvrir Paracou. Merci également à Thierry, Fica, Petrus, Onoefe et monsieur Max qui m'ont sorti de ma mangrove et fait découvrir la forêt guyanaise.

Un grand merci à monsieur M. Létard de Sinnamary qui m'a autorisé à passer sur ses terres pendant les années de terrain pour accéder aux dispositifs expérimentaux.

Merci à Philippe Cerdan du Laboratoire de Petit-Saut et pour sa collaboration.

A Cayenne, je remercie l'ensemble du personnel du centre IRD (ORSTOM) qui m'a toujours accueilli avec bienveillance. Des remerciements particuliers s'adressent à Carlos Maia de Oliveira, Georges Cremers, Françoise Croziet et J.J. de Granville. Merci également à Venise et Kathy.

Des remerciements particuliers s'adressent à J-L Betoulle avec qui les échanges d'idées ont toujours été fructueux.

### **Au Texas:**

Merci au Professeur Mead Allison qui m'a accueilli dans son laboratoire pendant 1 mois. Un grand merci à Michael T. Lee avec qui la collaboration a été fructueuse. Merci également à Mary, Kendra, Brent, Rich & LT.

**En métropole:**

Un grand merci à tous les membres du LET, en particulier Jean-Luc, Marie, Daniel et Jacques. Merci à D. Guillemyn pour ses précieux conseils et ses remarques en photo-interprétation. Un grand merci également à Charles Huttel pour ses conseils, corrections et remarques toujours pertinentes sur mon travail.

Manuel Ripoll a arpenté la mangrove avec moi pendant plusieurs mois. Son travail m'a été précieux.

Stéphane Nivelet et Laurent Gojard ont effectué les analyses sur les prélèvements de sols de mangrove. La partie géochimie de ce mémoire leur doit beaucoup.

Merci à Soudjata, Guillaume, Rémi & Domi, Denis & Tracy, Christine & Alain, Frank & Muriel... et Annick qui m'a encouragé pendant ces mois de rédaction.

A Gérard Roméro et Philippe Chareyre je réserve ces quelques mots en aparté, témoignage la place particulière qu'ils occupent pour moi.

**Enfin, je dédie ce mémoire à ma famille qui m'a constamment soutenu pendant ces années et m'ont aidé à faire aboutir ce travail.**

Toulouse, juin 1999.

Sommaire :

<b>TABLE DES ILLUSTRATIONS :</b> .....	<b>10</b>
<b>AVANT-PROPOS</b> .....	<b>14</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>15</b>
<b>I. LE CONTEXTE DE L'ÉTUDE :</b> .....	<b>22</b>
I.1. CONTEXTE SCIENTIFIQUE .....	22
I.1.1. <i>Un milieu naturel très dynamique :</i> .....	22
I.1.2. <i>Une pression anthropique concentrée sur la zone côtière</i> .....	24
I.1.3. <i>Les objectifs de l'étude</i> .....	26
I.2. CADRE PHYSIQUE.....	28
I.2.1. <i>Climat</i> .....	29
I.2.1.1 Pluviométrie moyenne annuelle .....	29
I.2.1.2 Pluviométrie observée à la station de Sinnamary: .....	30
I.2.1.3 Températures : .....	34
I.2.2. <i>Hydrologie</i> .....	35
I.2.2.1 Hydrologie marine .....	35
I.2.2.2 Hydrologie fluviale .....	37
I.2.3. <i>Dynamique sédimentaire</i> .....	39
I.2.4. <i>Végétation</i> .....	42
I.2.4.1 La savane .....	43
Savane inondée:.....	43
Savane inondable:.....	43
Savane arbustive:.....	43
Savane sèche:.....	44
I.2.4.2 La forêt marécageuse .....	44
I.2.4.3 La mangrove .....	47
Généralités .....	47
La flore : .....	49
a. <i>Avicennia germinans</i> (Linnaeus) Stearn.....	49
b. <i>Laguncularia racemosa</i> (Linnaeus) Gaertner f. ....	50
c. <i>Rhizophora mangle</i> Linnaeus et <i>R. racemosa</i> G.F.W. Meyer .....	52
d. <i>Pterocarpus officinalis</i> N.J. Jacquin.....	54
e. Autres espèces.....	56
I.3. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	59
I.3.1. <i>Sites d'étude</i> .....	59
I.3.1.1 Les transects :.....	63
I.3.1.2 Les parcelles comparatives : .....	65
I.3.2. <i>Etude de la végétation</i> .....	67
I.3.2.1 Structure du peuplement .....	67
I.3.2.2 Dynamique de la végétation.....	69

I.3.3.	<i>Etudes géochimiques</i> .....	73
I.3.4.	<i>Statistiques</i> .....	78
I.3.4.1	Analyses de répartition: .....	78
I.3.4.2	Analyses statistiques multivariées : .....	78
I.3.4.3	Classifications hiérarchiques automatiques.....	79
<b>II.</b>	<b>RÉSULTATS – DISCUSSION</b> .....	<b>83</b>
II.1.	STRUCTURE ET EVOLUTION DU PEUPEMENT.....	83
II.1.1.	<i>Composition floristique</i> : .....	83
II.1.1.1	Mangrove pionnière : (Sites Anse 1 à 4 et Estuaire 1 & 2) .....	85
II.1.1.2	Mangrove adulte / sénescence : (sites Brigandin et Canceler 1 & 2) .....	86
II.1.1.3	Mangrove en transformation : (Transects 1 à 4 et site Canceler 3) .....	86
II.1.2.	<i>Densité</i> : .....	88
II.1.2.1	Densités en mangrove pionnière : (sites Anse 1 à 4 et Estuaire 1 & 2) .....	90
II.1.2.2	Densités en mangrove adulte / sénescence : (sites Brigandin et Canceler 1 & 2) .....	91
II.1.2.3	Densités en mangrove en transformation : (Transects 1 à 4 et Canceler 3) .....	92
II.1.3.	<i>Surface terrière</i> .....	94
II.1.4.	<i>Synthèse des paramètres structuraux spécifiques : Utilisation de l'I.V.I.</i> .....	96
II.1.5.	<i>Corrélation Hauteur - Diamètre</i> : .....	99
II.1.5.1	<i>Avicennia germinans</i> : .....	99
II.1.5.2	<i>Laguncularia racemosa</i> : .....	99
II.1.5.3	<i>Pterocarpus officinalis</i> : .....	99
II.1.5.4	<i>Rhizophora racemosa</i> : .....	100
II.1.6.	<i>Discussion et Conclusions sur la structure générale du peuplement</i> .....	103
II.1.6.1	La mangrove maritime : .....	103
II.1.6.2	La mangrove d'estuaire et la forêt marécageuse : .....	106
II.2.	STRUCTURE ET EVOLUTION DES POPULATIONS .....	107
II.2.1.	<i>Distribution instantanée des diamètres des principales espèces</i> .....	107
II.2.1.1	<i>Avicennia germinans</i> .....	107
II.2.1.2	<i>Rhizophora racemosa</i> .....	109
II.2.2.	<i>Courbes de survie</i> : .....	111
II.2.2.1	Espèces ne régénérant pas <i>in situ</i> : .....	111
II.2.2.2	Espèces régénérant <i>in situ</i> : .....	115
II.2.3.	<i>Croissance en diamètre</i> .....	122
II.2.3.1	Croissance nette annuelle .....	122
<i>Rhizophora racemosa</i> .....	122	
<i>Pterocarpus officinalis</i> .....	125	
II.2.3.2	Rythmicité.....	127
<i>Rhizophora racemosa</i> .....	127	
<i>Pterocarpus officinalis</i> .....	127	
II.2.4.	<i>Modélisation de l'évolution de la surface terrière</i> : .....	130
II.3.	RELATIONS ENTRE LES CONDITIONS HYDROLOGIQUES ET GÉOCHIMIQUES DU SUBSTRAT ET LA VÉGÉTATION .....	133

II.3.1. <i>Analyses géochimiques</i> .....	133
II.3.1.1  Salinité.....	133
II.3.1.2  Potentiel Hydrogène (pH).....	146
II.3.1.3  Potentiel rédox.....	150
II.3.1.4  Cations majeurs.....	154
II.3.1.5  Matière Organique.....	158
II.3.2. <i>Interactions sol - végétation</i> .....	162
II.4.    STRUCTURE ET ÉVOLUTION DES FORMATIONS ET DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	175
II.4.1. <i>Répartition des espèces</i> :.....	175
II.4.1.1  Répartition Intra transect.....	175
Cartes de répartition spécifiques :.....	175
a.  Transect B1 :.....	176
b.  Transect B2 :.....	178
c.  Transect B3 :.....	180
d.  Transect B4 :.....	182
II.4.1.2  Répartition sur " Brigandin ".....	185
II.4.2. <i>Etude de la dynamique des formations par télédétection</i> .....	189
II.4.2.1  Photo-interprétation sur l'estuaire.....	189
Dynamique sur la durée de l'étude de terrain.....	189
Dynamique sur les 50 dernières années.....	191
Evolution globale du peuplement et dynamique sédimentaire :.....	194
II.4.2.2  Classification d'une image SPOT.....	197
<b>III.  SYNTHÈSE - CONCLUSIONS – PERSPECTIVES</b> .....	<b>207</b>
<b>PERSPECTIVES :</b> .....	<b>211</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	<b>215</b>
<b>ANNEXES</b> .....	<b>I</b>
<b>NOTES DE FIN</b> .....	<b>XXVI</b>



## Table des illustrations :

FIGURE 1 : RÉPARTITION ET RICHESSE SPÉCIFIQUE DE LA MANGROVE À TRAVERS LE MONDE (D'APRÈS TOMLINSON, 1986).....	18
FIGURE 2: ZONE D'ÉTUDE.....	19
FIGURE 3 : PANACHE DE SÉDIMENTS À L'EMBOUCHURE DE L'AMAZONE ; CLICHÉ NASA, 1991. ....	23
FIGURE 4: COLONISATION (1), DÉVELOPPEMENT (2) ET ÉROSION (3-5) DE LA MANGROVE ENTRE KOUROU ET SINNAMARY (PHOTOS M. BESSON & L. CADAMURO, 1997).....	23
FIGURE 5 : ARBRES MORTS SUR PIEDS DANS LE LAC DE RETENUE. ....	25
FIGURE 6 : LA GUYANE.....	28
FIGURE 7 : PLUVIOMÉTRIE MOYENNE ANNUELLE SUR LA GUYANE; PÉRIODE 1961-1990; ISOHYÈTES EN MILLIMÈTRES ; D'APRÈS MÉTÉO FRANCE GUYANE.....	29
FIGURE 8 : BILAN HYDRIQUE MOYEN (PRÉCIPITATIONS MOYENNES – EVAPORATION PICHE MOYENNE) SUR LA STATION DE SINNAMARY (1957-1997) ; SOURCE MÉTÉO FRANCE.....	30
FIGURE 9 : VARIATIONS SAISONNIÈRES DE LA ZIC SUR L'OCÉAN ATLANTIQUE (ZIC EN ROUGE – ANTICYCLONES EN NOIR). FOND DE CARTE © ATLAS ENCARTA 98.....	32
FIGURE 10 : PLUVIOMÉTRIE MENSUELLE À LA STATION DE SINNAMARY (JANVIER 96 – SEPTEMBRE 98) – SOURCE MÉTÉO FRANCE.....	33
FIGURE 11 : TEMPÉRATURES MOYENNES, MAXIMA ET MINIMA MOYENS MESURÉS À LA STATION DE SINNAMARY (JANVIER 96 – NOVEMBRE 97) – SOURCE MÉTÉO FRANCE. ....	34
FIGURE 12 : PROPAGATION DE L'ONDE DE FLOT DANS L'ESTUAIRE DU SINNAMARY ; D'APRÈS LOINTIER, 1986. ....	36
FIGURE 13 : VALEUR DES SALINITÉS DES EAUX DE SURFACE DANS L'ESTUAIRE DU SINNAMARY.....	36
FIGURE 14 : DÉBITS MENSUELS MOYENS EN M <sup>3</sup> /S STATION DE SAUT-TIGRE (PÉRIODE 1969-1985).....	38
FIGURE 15 : DÉPLACEMENT DES BANCs DE VASE ENTRE 1955 ET 1972 (D'APRÈS : ORSTOM – 1979 – ATLAS DES DOM. TOM – LA GUYANE).....	39
FIGURE 16 : EVOLUTION SAISONNIÈRE DES COURANTS DE SURFACE AU LARGE DES CÔTES DES GUYANES ; ADAPTÉ D'APRÈS ORSTOM, 1979. (CB= COURANT DU BRÉSIL, CC= COURANT CARIBÉEN, CCNB= COURANT CÔTIER NORD DU BRÉSIL, CG= COURANT DES GUYANES, CNE= COURANT NORD EQUATORIAL, CSE= COURANT SUD EQUATORIAL). ....	40
FIGURE 17 : FLUX DES SÉDIMENTS ( X 10 <sup>6</sup> TONNES) DE L'AMAZONE. [ I. STOCKAGE TEMPORAIRE DE JANVIER – JUIN. IB. DISPERSION EN MER. II. REMOBILISATION DE JUILLET-DÉCEMBRE. III. EROSION D'UN BANC. IV. ACCRÉTION D'UN BANC.] D'APRÈS ALLISON ET AL. 1995B – FOND DE CARTE © ENCYCLOPÉDIE ENCARTA 98. ....	42
FIGURE 18 : PAYSAGE DE SAVANE GUYANAISE. ....	44
FIGURE 19 : PNEUMATOPHORES EN ARCEAUX DE MANIL ( <i>SYMPHONIA GLOBULIFERA</i> ) DANS LA RÉGION DE KOUROU. ....	46
FIGURE 20 : RÉPARTITION DE LA MANGROVE ENTRE KOUROU ET IRACOUBO EN 1987 - CARTOGRAPHIE RÉALISÉE PAR L. CADAMURO ET M. T. LEE, D'APRÈS PHOTOGRAPHIES IGN. ....	48
FIGURE 21: <i>AVICENNIA GERMINANS</i> – FLEUR, INFLORESCENCE, FEUILLE, FRUIT.....	50
FIGURE 22: FLEURS ET FEUILLES DE <i>LAGUNCULARIA RACEMOSA</i> .....	51
FIGURE 23: PNEUMATOPHORES DE <i>LAGUNCULARIA RACEMOSA</i> .....	51

FIGURE 24: <i>RHIZOPHORA MANGLE</i> - INFLORESCENCE. ....	53
FIGURE 25 : <i>RHIZOPHORA RACEMOSA</i> - INFLORESCENCE.....	53
FIGURE 26: <i>RHIZOPHORA MANGLE</i> – DÉTAIL DE LA FEUILLE, FACE INFÉRIEURE. ....	54
FIGURE 27: <i>PTEROCARPUS OFFICINALIS</i> –INFLORESCENCE, FLEURS ET FRUIT. ....	55
FIGURE 28: <i>ACROSTICHUM AUREUM</i> .....	56
FIGURE 29: <i>MONTRICHARDIA ARBORESCENS</i> (MARTIUS ET AL., 1841). ....	57
FIGURE 30: <i>RHABDADENIA BIFLORA</i> – MASSIF ET FLEUR.....	57
FIGURE 31: <i>TABEBUIA FLUVIATILIS</i> . (FOURNET, 1978).....	58
FIGURE 32 : ZONE D'ÉTUDE: FORMATIONS VÉGÉTALES ET LOCALISATION DES SITES PROSPECTÉS ( <b>A</b> : RELEVÉS SUR LE SITE DE L'ANSE ; <b>B1- B4</b> : TRANSECTS B1 À B4 ; <b>BR</b> : RELEVÉ SUR LE SITE BRIGANDIN ; <b>C</b> : RELEVÉS SUR LE SITE CANCELER ; <b>Es</b> : RELEVÉS SUR LE SITE ESTUAIRE). CARTOGRAPHIE D'APRÈS UNE .....	60
FIGURE 33: LAYON <sup>0</sup> CÔTIER ROUTE DE L'ANSE DANS UN MASSIF À <i>HIBISCUS TILIACEUS</i> .....	61
FIGURE 34: VÉGÉTATION SUR CORDON SABLEUX.....	61
FIGURE 35: LOCALISATION DES TRANSECTS SUR LE SITE D'ÉTUDE.....	63
FIGURE 36 : SCHÉMA DE MISE EN PLACE DES PARCELLES D'ÉCHANTILLONNAGE SUR LE TRANSECTS. ....	64
FIGURE 37: RÉPARTITION DES RUBANS DENDROMÈTRES SUR LES TRANSECTS. ....	70
FIGURE 38: CAROTTAGE EN MANGROVE. ....	74
FIGURE 39: CONDITIONNEMENT DES CAROTTES DE TERRE.....	75
FIGURE 40: : RÉPARTITION DES SITES EN FONCTION DE L'ÂGE DE LA FORMATION ET DE LA PROXIMITÉ D'UNE SOURCE D'EAU DOUCE ( <i>A = PLAGE DE L'ANSE, B = TRANSECT, C = CANCELER, BR = BRIGANDIN, E = ESTUAIRE</i> ). .....	87
FIGURE 41: DENSITÉS DE POPULATION PAR SITE D'ÉTUDE. ....	88
FIGURE 42: SURFACE TERRIÈRE PAR SITE D'ÉTUDE. ....	95
FIGURE 43 : CORRÉLATION DBH / HAUTEUR – <i>AVICENNIA GERMINANS</i> .....	101
FIGURE 44 : CORRÉLATION DBH / HAUTEUR – <i>LAGUNCULARIA RACEMOSA</i> .....	101
FIGURE 45 : CORRÉLATION DBH / HAUTEUR – <i>PTEROCARPUS OFFICINALIS</i> .....	102
FIGURE 46 : CORRÉLATION DBH / HAUTEUR – <i>RHIZOPHORA RACEMOSA</i> .....	102
FIGURE 47 : CIMETIÈRE DE MANGROVE (SINNAMARY –1998) – <b>A</b> . COLONISÉ PAR <i>A. AUREUM</i> ET <i>R. BIFLORA</i> ; <b>B</b> . LIMITE DE LA ZONE D'ÉROSION ; <b>C</b> . DÉCAPÉ SUPERFICIELLEMENT (~ 30 CM) PAR L'ACTION DES VAGUES. ....	105
FIGURE 48 : DISTRIBUTION DES EFFECTIFS DE <i>A. GERMINANS</i> EN FONCTION DES CLASSES DE DIAMÈTRE. ....	108
FIGURE 49: DISTRIBUTION DES EFFECTIFS DE <i>R. RACEMOSA</i> EN FONCTION DU DIAMÈTRE. ....	110
FIGURE 50 : MODÈLES DE SURVIE POUR <i>A. GERMINANS</i> ET <i>L. RACEMOSA</i> .....	113
FIGURE 51 : RÉPARTITION THÉORIQUE HOMOGENÈE.....	117
FIGURE 52 : PROFIL STRUCTURAL DANS UN PEUPLEMENT HOMOGENÈE DE <i>R. RACEMOSA</i> . ....	117
FIGURE 53 : HISTOGRAMME DES ÂGES DANS LA POPULATION DE <i>R. RACEMOSA</i> (INDIVIDUS / HA).....	121
FIGURE 54 : SUIVI DE COHORTE (EXTRAIT DE FRONTIER & PICHOD-VIALE, 1995) .....	121
FIGURE 55 : ESTIMATION DU DIAMÈTRE EN FONCTION DE L'ÂGE DE L'INDIVIDU CHEZ <i>R. RACEMOSA</i> .....	124
FIGURE 56 : ESTIMATION DU DIAMÈTRE EN FONCTION DE L'ÂGE DE L'INDIVIDU CHEZ <i>P. OFFICINALIS</i> (BASÉE SUR LES POURCENTAGES D'ACCROISSEMENT MOYENS ANNUELS PAR CLASSE DE DIAMÈTRE). ....	126

FIGURE 57 : POURCENTAGES D'ACCROISSEMENT MOYENS DE <i>R. RACEMOSA</i> (40 INDIVIDUS) ET PLUVIOMÉTRIE MENSUELLE EN MM. ....	128
FIGURE 58 : POURCENTAGES D'ACCROISSEMENT MOYENS DE <i>P. OFFICINALIS</i> (25 INDIVIDUS) ET PLUVIOMÉTRIE MENSUELLE EN MM. ....	128
FIGURE 59 :EVOLUTION THÉORIQUE DE LA SURFACE TERRIÈRE D' <i>A. GERMINANS</i> .....	131
FIGURE 60 : EVOLUTION DE LA SALINITÉ SUR LE TRANSECT B2 ENTRE OCTOBRE 96 ET NOVEMBRE 98. ....	136
FIGURE 61 : EVOLUTION DE LA SALINITÉ SUR LE TRANSECT B1 ENTRE AVRIL 97 ET NOVEMBRE 98. ....	138
FIGURE 62 : RÉPARTITION DES ISOHALINES SUR LE TRANSECT B4 - NOVEMBRE 97.....	138
FIGURE 63 : EVOLUTION DE LA SALINITÉ ENTRE B1 ET B2 À DIFFÉRENTES PROFONDEURS POUR LA PÉRIODE AVRIL 97 - NOVEMBRE 98. ....	139
FIGURE 64 : SALINITÉ À DIFFÉRENTS PROFONDEURS SUR L'ESTUAIRE DU SINNAMARY – AVRIL 97-NOVEMBRE 98. .....	141
FIGURE 65 : VARIATION SAISONNIÈRE DE LA SALINITÉ SUR ANSE 1 – AVRIL/NOVEMBRE 97. ....	142
FIGURE 66 : RÉPARTITION LATÉRALE DE LA SALINITÉ SUR LA PLAGE DE L'ANSE – NOVEMBRE 1997.....	143
FIGURE 67 : SALINITÉ SUR LA ZONE DE LA ROUTE DE L'ANSE – NOVEMBRE 1997.....	144
FIGURE 68 : EVOLUTION LATÉRALE DES pH SUR LES TRANSECTS ENTRE AVRIL 97 ET NOVEMBRE 98. ....	147
FIGURE 69 : EVOLUTION DU pH SUR LA ZONE DE LA ROUTE DE L'ANSE – NOVEMBRE 1997.....	149
FIGURE 70 : EVOLUTION LATÉRALE DU POTENTIEL RÉDOX SUR LES TRANSECTS ENTRE AVRIL 97 ET NOVEMBRE 98. .....	152
FIGURE 71 : PROFIL TOPOGRAPHIQUE DU TRANSECT B2. ....	153
FIGURE 72 : POTENTIEL RÉDOX DE SURFACE SUR LA ZONE DE LA ROUTE DE L'ANSE – NOVEMBRE 1997.....	153
FIGURE 73 : RÉPARTITION LATÉRALE DE LA CONCENTRATION EN CATIONS SUR LE TRANSECT B2 – NOVEMBRE 1997. ....	156
FIGURE 74 : CONCENTRATION EN DIFFÉRENTS CATIONS (MG/L) SUR LA ROUTE DE L'ANSE – NOVEMBRE 1997...	157
FIGURE 75 : RÉPARTITION LATÉRALE DU CARBONE TOTAL ET DU RAPPORT C/N SUR LES TRANSECTS B1 & B2.	160
FIGURE 76 : CARBONE TOTAL ET C/N ROUTE DE L'ANSE - NOVEMBRE 97.....	161
FIGURE 77: LOCALISATION DES DIFFÉRENTS SITES DE SONDAGE.....	164
FIGURE 78: DENDROGRAMME ISSU DE LA CLASSIFICATION HIÉRARCHIQUE.....	165
FIGURE 79 : PROJECTION DES RÉSULTATS DE L'A.F.C. SELON LES AXES 1 ET 2.....	166
FIGURE 80 : EVOLUTION SAISONNIÈRE ET ANNUELLE DES ÉCHANTILLONS (PH, EH, SALINITÉ) - NE SONT LÉGENDES QUE LES POINTS DE SONDAGE À -20 CM. ....	168
FIGURE 81 : EVOLUTION DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES EN FONCTION DU DEGRÉ DE MATURITÉ DE LA MANGROVE - NE SONT LÉGENDES QUE LES POINTS DE SONDAGE À -20 CM. ....	169
FIGURE 82 : ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES SUR LES CATIONS MAJEURS.....	171
FIGURE 83 : A.C.P. SUR LA MATIÈRE ORGANIQUE (NE SONT LÉGENDES QUE LES POINTS DE SONDAGES À $\cong$ -20 CM). .....	172
FIGURE 84: RÉPARTITION DES PRINCIPALES ESPÈCES SUR LE TRANSECT B1.....	177
FIGURE 85 : RÉPARTITION SPÉCIFIQUE SUR LE TRANSECT B2 - LA TAILLE DES POINTS EST PROPORTIONNELLE AU DIAMÈTRE - (DBH POUR LES ARBRES, DIAMÈTRE MOYEN / DIAMÈTRE DE LA SOUCHE POUR LES LIANES, DIAMÈTRE DU MASSIF POUR <i>A. AUREUM</i> ).....	179

FIGURE 86: RÉPARTITION SPÉCIFIQUE SUR LE TRANSECT B3 - LA TAILLE DES POINTS EST PROPORTIONNELLE AU DIAMÈTRE - (DBH POUR LES ARBRES, DIAMÈTRE MOYEN / DIAMÈTRE DE LA SOUCHE POUR LES LIANES, DIAMÈTRE DU MASSIF POUR <i>A. AUREUM</i> ).....	181
FIGURE 87: RÉPARTITION SPÉCIFIQUE SUR LE TRANSECT B4 - LA TAILLE DES POINTS EST PROPORTIONNELLE AU DIAMÈTRE - (DBH POUR LES ARBRES, DIAMÈTRE MOYEN / DIAMÈTRE DE LA SOUCHE POUR LES LIANES, DIAMÈTRE DU MASSIF POUR <i>A. AUREUM</i> ).....	183
FIGURE 88 : RÉPARTITION (INTERPOLÉE) DES ESPÈCES ( <i>LES ZONES HACHURÉES REPRÉSENTENT LES ZONES NON ARBORÉES DU SITE</i> ). .....	187
FIGURE 89: CARTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES EN 1996. ( <i>LA ZONES HACHURÉE REPRÉSENTE LA ZONE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS</i> ) .....	188
FIGURE 90: CARTE DES FORMATIONS VÉGÉTALES EN 1998. ( <i>LA ZONES HACHURÉE REPRÉSENTE LA ZONE PRISE EN COMPTE DANS LES CALCULS</i> ) .....	188
FIGURE 91 : ÉVOLUTION DES FORMATIONS VÉGÉTALES EN 1996-98.....	190
FIGURE 92: ÉVOLUTION DE LA VÉGÉTATION SUR LA ZONE DE BRIGANDIN SUR LA PÉRIODE 1951-1998. ( <i>LES ÉCHELLES VARIENT SELON LES DOCUMENTS</i> ).....	193
FIGURE 93 : DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE DE L'ESTUAIRE SUR LA PÉRIODE 1951-1997. EN BLANC EST FIGURÉE LA VASE NUE, EN ROUGE LA MANGROVE PIONNIÈRE, EN VIOLET LA MANGROVE MATURE, EN.....	196
FIGURE 94 : LIMITES DES PEUPELEMENTS VISUALISÉES SUR LA FENÊTRE SPOT LINÉARISÉE, RECALÉE SOUS MAPINFO™ .....	199
FIGURE 95 : IMAGE CLASSÉE RECALÉE SOUS MAPINFO™ .....	199
FIGURE 96 : IMPLANTATION DES RELEVÉS DANS LES CLASSES DE MANGROVE.....	203

## AVANT-PROPOS

Afin de faciliter la lecture de ce mémoire et de bien poser le contexte de ce travail, il m'a parût utile d'insérer ce chapitre. Cet avant-propos reprend les 2 principales remarques émises par le jury de soutenance de thèse concernant le contenu et l'organisation de ce mémoire.

La première remarque concerne donc le contenu de la thèse avec l'utilisation peu pertinente du terme "bassin" dans l'intitulé de la thèse. En effet, même si dans un premier temps la zone d'étude devait s'étendre sur une plus grande superficie, il n'a jamais été mon intention de caractériser l'ensemble des formations inondables du bassin versant du Sinnamary. Cette tâche aurait d'ailleurs été utopique dans le cadre strict d'un travail de thèse. Par ailleurs, de nombreux travaux sur la zone du lac de retenue du barrage de Petit-Saut portant, entre autres, sur la fragmentation forestière sont publiés ou en cours de publication<sup>1</sup> et décrivent parfaitement ces milieux.

**Ce travail s'est donc limité à la zone en aval du barrage d'estuaire.**

La deuxième remarque concerne l'organisation du mémoire avec une succession des chapitres qui peut désorienter le lecteur. En effet, l'organisation de ce mémoire est basée sur un changement d'échelle de perception allant de l'échelle de la station à celle de la région. Or, de nombreux résultats obtenus à partir des études régionales sont utilisés dans les études stationnelles, notamment les résultats de datation des peuplements.

**Il est donc conseillé au lecteur de lire le chapitre II.4.2 en premier lorsqu'il s'intéressera à la partie "résultats" de ce mémoire.**

---

<sup>1</sup> Numéro "Spécial Guyane" de JATBA, 1999.

## INTRODUCTION

Située entre milieu terrestre et milieu marin, la mangrove caractérise les littoraux et les estuaires tropicaux. Couvrant entre 100 000 et 181 000 km<sup>2</sup> à travers le monde selon les estimations (Blasco, 1991 ; Spalding *et al.*, 1997), on la retrouve de la Floride au Sud de São Paulo dans l'Atlantique, du Mozambique à l'Inde dans l'océan Indien, de la Nouvelle-Zélande au Sud du Japon dans l'océan Pacifique ([Figure 1](#)).

Cette aire de répartition de la mangrove peut être scindée en 2 aires disjointes de part leur composition floristique :

- Une aire Atlantique regroupant une dizaine d'espèces
- Une aire Indo-Pacifique regroupant une quarantaine d'espèces.

La plupart de ces espèces ont développé des mécanismes adaptatifs leur permettant de pallier aux contraintes du milieu. La mangrove est, en effet, un milieu ouvert sur la mer, régulièrement soumis à l'action des marées ce qui se traduit par un milieu exportant la quasi-totalité de la matière organique produite, salé, ainsi qu'un substrat asphyxiant et instable.

Souvent mal perçu et décriée dans la littérature grand public, la mangrove est présente dans les esprits comme un milieu insalubre, dangereux et inutile.

Cette image tend à se modifier, notamment grâce à sa valorisation économique et aux aménagements touristiques dont elle fait l'objet (Réserve naturelle du Grand Cul-de-sac marin – Guadeloupe ; Parcs Nationaux en Floride, en Thaïlande, en Inde... ). Par ailleurs, la mangrove joue un rôle très important dans l'économie de nombreux pays comme ressource de bois d'œuvre, de bois de chauffage, la production de poissons ou de crevettes dans des fermes aquacoles, l'extraction de sel...(ANPE, 1996; Bacon & Alleng, 1992; Baharuddin Nurkin, 1994 ; Blasco, 1975, 1991; Chong *et al.*, 1996; Delmas, 1973; Demagny *et al.*, 1974 ; Farnsworth & Ellison , 1997 ; Kermarrec & Salvat, 1978 ; Lee, 1997 ; Marshall, 1994; Portecop, 1980 ; Rasolofo, 1997 ; Rojas-Beltran, 1986 ; Saenger & Bellan, 1995)

La mangrove a une valeur de protection des côtes (Mazda *et al.*, 1997a; Othman, 1994; Saad *et al.* 1999 ) par réduction de l'énergie des vagues et, dans les terres en voie d'émersion, elle joue un rôle dans la fixation de sol (Blasco, 1991 ; Cahoon & Lynch, 1997 ; Furukawa & Wolanski, 1996 ; Furukawa *et al.*, 1996 ; Young & Harvey, 1996)

C'est également l'habitat naturel de nombreuses espèces qui trouvent refuge dans ces zones ou qui y sont inféodées. Citons pour exemple le Tigre du Bengale<sup>2</sup>, le Périophtalme<sup>i(=note de fin)</sup>, le Nasique<sup>3</sup> et l'Ibis rouge<sup>4</sup>.

Face à la pression croissante exercée sur ce milieu par les activités humaines, de nombreuses études se sont développées de par le monde. Ce regain d'intérêt a mis en évidence le manque de connaissances disponibles sur ce milieu, l'écologie de ses espèces, la productivité de ce milieu et sur ses relations avec les milieux aquatiques environnants. Les besoins en terres cultivables dans les zones deltaïques tropicales ont incité les chercheurs à s'intéresser aux phénomènes de fixation des sédiments par la mangrove ainsi qu'à sa valeur de protection face aux éléments marins. Le développement des activités humaines dans les zones littorales a été la source d'axes de recherches sur l'impact de ces activités sur cet écosystème et sur les possibilités de restauration des zones dégradées.

Enfin, suite à la conférence de Rio de 1992, un nouvel axe de recherches majeur a émergé avec la quantification de la capacité de fixation et de stockage du Carbone par les forêts tropicales dont la mangrove. Ce nouvel axe de recherche nécessitant de bien connaître la structure et la dynamique du peuplement, des études sur ce thème ont été lancées et de nouvelles techniques d'évaluation par télédétection sont en cours de validation.

Si les mangroves de l'aire Indo-Pacifique ont suscité de nombreuses études, les mangroves de l'aire Atlantique et celles de Guyane en particulier n'ont fait l'objet que de peu de travaux, tous portant sur la composition floristique ou la structure du peuplement des mangroves côtières (Boyé, 1962 ; Delmas, 1973 ; Lescure, 1977 ; Lescure & Tostain, 1989 ; Sourdat, 1965 ; Tostain, 1986). Pourtant, avec la Guyane, la France dispose d'un terrain d'investigation privilégié pour l'étude de ce milieu. Intégré dans de nombreux programmes nationaux (PNTS<sup>5</sup>, PNOC<sup>6</sup>), et internationaux (Ecolab<sup>7</sup>, NSF<sup>8</sup>/CNRS), le Laboratoire d'Ecologie Terrestre peut désormais faire valoir une expérience d'une dizaine d'années d'études en Guyane (Betouille *et al.*, 1995 ; Fromard *et al.*, 1998 ; Peltier, 1993) ayant donné

---

<sup>2</sup> FELIDES -*Panthera tigris tigris*

<sup>3</sup> CERCOPITHECIDES - *Nasalis larvatus*

<sup>4</sup> THRESKIORNITHIDES - *Eudocimus ruber*

<sup>5</sup> PNTS : Programme National de Télédétection Spatiale

<sup>6</sup> PNOC : Programme National d'Océanographie Côtière

<sup>7</sup> Ecolab : Programme de Recherche sur les Ecosystèmes Côtiers Amazoniens

<sup>8</sup> NSF : National Science Foundation

lieu, entre autres, à 3 Diplômes d'Etudes Approfondies<sup>9</sup> (DEA) et 2 thèses<sup>10</sup> ayant la mangrove pour thématique principale.

Cette étude, financée par l'intermédiaire d'une Allocation de Recherche du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche ciblée sur la Région Guyane, s'insère dans le développement de la thématique mangrove aux milieux d'estuaires.

Complémentaire des études de phytomasse et de productivité effectuées par J.L. Betoulle (1998) sur la région de Cayenne, ce travail consiste en une étude détaillée d'une mangrove d'estuaire en Guyane. Une description précise de la végétation a été nécessaire dans la mesure où aucun travail réalisé en Guyane ne porte sur ce type de formation. Une comparaison avec les mangroves côtières a permis une étude diachronique de ces formations sur une période relative de près de 50 ans ainsi que de caractériser la dynamique de ces formations, tant pour les mangroves côtières que pour les mangroves d'estuaire.

Enfin, avec une zone d'étude située à 30 km en aval du barrage de Petit-Saut ([Figure 2](#)), ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de l'impact de cet ouvrage sur les formations végétales de l'estuaire du Sinnamary.

Ce mémoire est organisé selon un plan en trois parties. La **première partie** présente le contexte scientifique de l'étude, le cadre physique ainsi que les méthodes utilisées. La **seconde partie** est consacrée aux résultats obtenus organisés en 4 chapitres portant sur la structure du peuplement, la dynamique des populations, les relations sol-végétation et sur l'évolution des formations sur la zone d'étude par "cartographie historique<sup>11</sup>". La **troisième partie** enfin présente les conclusions sous la forme d'une synthèse des résultats obtenus ainsi que les perspectives de recherches.

---

<sup>9</sup> Nivelet S., 1998. – Peltier A., 1993. – Ripoll M., 1996.

<sup>10</sup> Betoulle J.L., 1998. – Bousquet-Melou A., 1996.

<sup>11</sup> " cartographie historique " = cartographie des formations de la zone à différentes dates au cours des 50 dernières années.

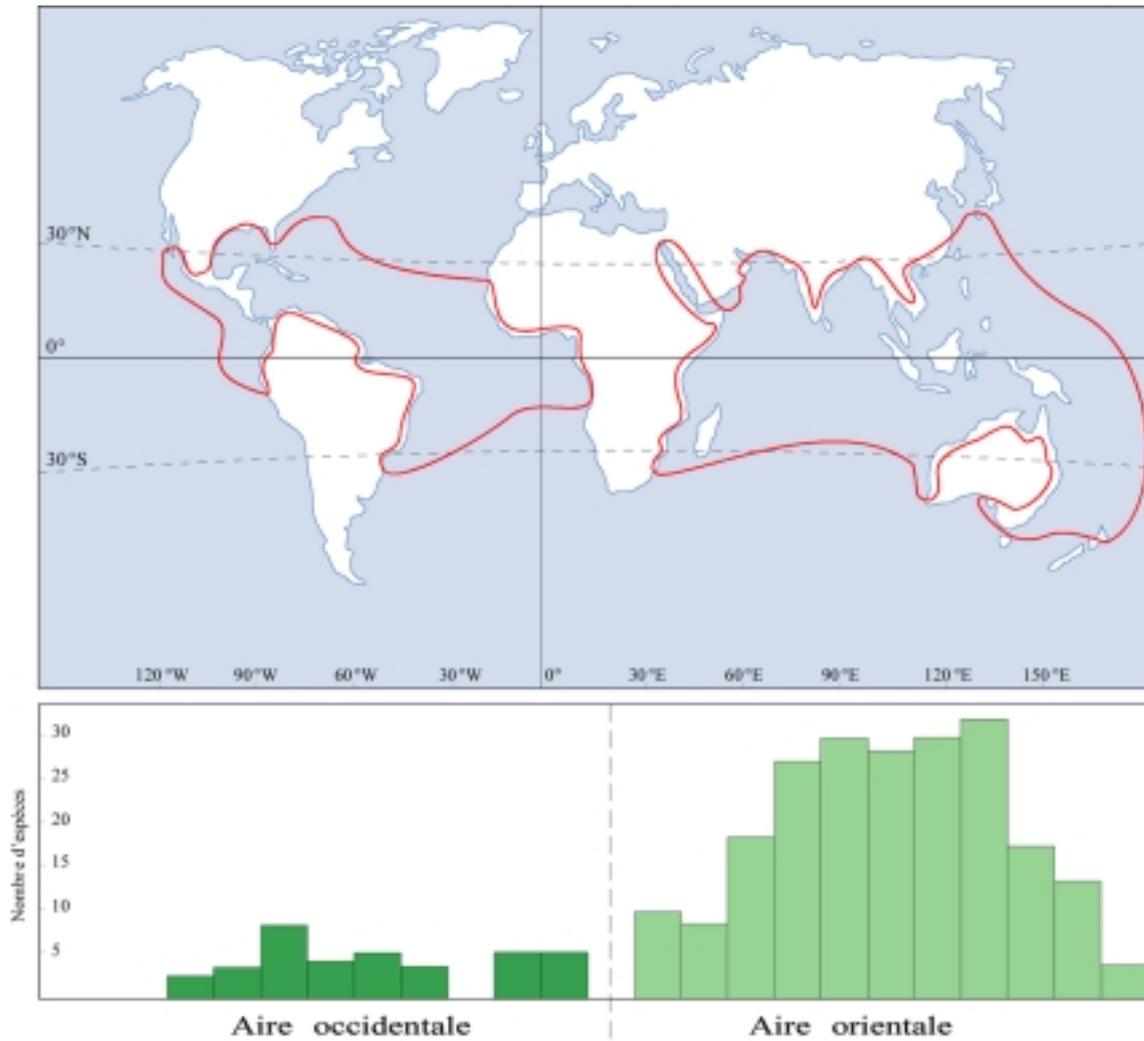


Figure 1 : Répartition et richesse spécifique de la mangrove à travers le monde (D'après Tomlinson,1986).

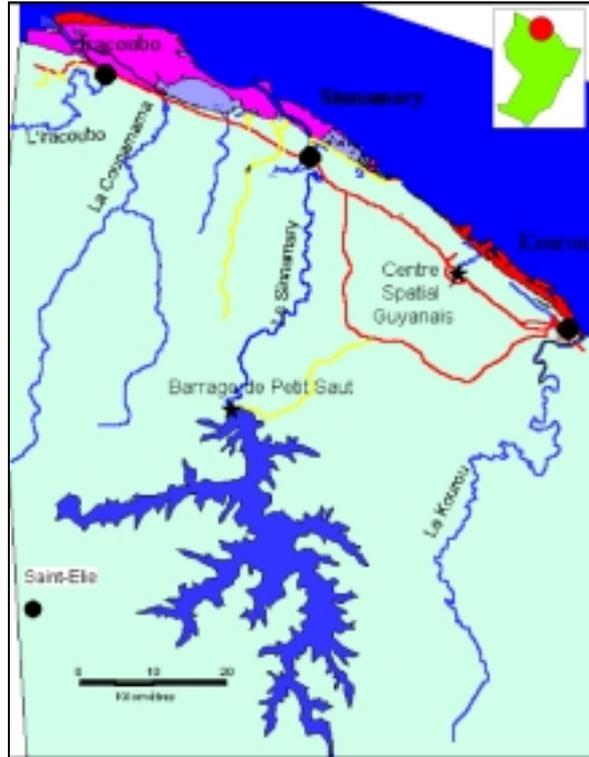


Figure 2: Zone d'étude.

# 1ère partie

## Le contexte de l'étude

**Chapitre 1 - Contexte scientifique**

**Chapitre 2 - Cadre physique**

**Chapitre 3 - Matériel et méthodes**

" - Brisbane, c'est quoi la mangrove ?

- *La mangrove ?.. C'est ça... Une prison d'arbres dont les racines émergent de l'eau boueuse comme les doigts crochus d'un monstre marin ... Prêt à te happer si tu t'approches trop de ses berges ... Une forêt impénétrable qui abrite les plus étranges spécimens du règne animal. "*

Crisse & Goupil, 1991.



## **I. Le contexte de l'étude :**

Cette *première partie* présente le contexte scientifique et le milieu naturel dans lequel cette étude a été menée. Elle présente également les moyens mis en œuvre lors de sa réalisation.

### **I.1. Contexte scientifique**

Après avoir situé le cadre de ce travail au sein du Laboratoire d'Ecologie Terrestre et précisé l'originalité des côtes de Guyane, les objectifs de cette étude seront présentés.

Depuis de nombreuses années, la mangrove est un des thèmes de recherches majeur au Laboratoire d'Ecologie Terrestre (LET). Ces recherches, initiées par le directeur du LET, F. Blasco par ses travaux en Inde, sont maintenant poursuivies dans de nombreuses régions du globe grâce à de multiples collaborations dans différents pays. Amorcées par la description floristique des mangroves de l'Inde, ces études ont vu leur champ s'élargir à la télédétection spatiale et aéroportée, à la photographie aérienne à basse altitude, à la biosystématique évolutive par l'utilisation de marqueurs biochimiques, à la pédologie, à la paléoécologie par l'étude de spectres polliniques ainsi qu'à l'entomologie.

Dans le cadre des axes de recherches du LET, cette étude s'inscrit dans le volet " Organisation et évolution des écosystèmes " au sein duquel la mangrove est un sujet privilégié depuis de nombreuses années. Par ailleurs, d'autres compétences du LET ont largement contribué à ce travail, notamment en ce qui concerne les aspects de suivi des écosystèmes par télédétection spatiale et de cartographie numérique des écosystèmes.

#### **I.1.1. Un milieu naturel très dynamique :**

Les côtes des Guyanes sont remarquables par leur grande instabilité liée à des phénomènes d'envasement et d'érosion. L'importance de ces modifications morpho-sédimentaires s'explique par le système de dispersion des sédiments de l'Amazonie.

Avec plus d'un million de tonnes de sédiments déchargés annuellement dans l'océan ([Figure 3](#)), l'Amazonie représente à lui seul près de 10 % de la charge sédimentaire des fleuves de la planète. Si près de la moitié de cette charge sédimentaire se dépose à proximité immédiate de l'embouchure, environ 20 % se retrouvent sur les côtes des Guyanes (Guyane Française, Surinam, Guyana) sous la forme de bancs de vase (~100 x 10<sup>6</sup> tonnes) ou en suspension dans l'eau (~150 x 10<sup>6</sup> tonnes) (Allison *et al.*, 1995b). La dispersion ultérieure de ces sédiments est liée aux conditions des circulations atmosphériques et océanographiques dans cette zone. Les

bancs de vase se déplacent du sud-est vers le nord-ouest en se construisant au nord-ouest et en s'érodant au sud-est. L'arrivée d'un banc de vase le long des côtes de Guyane est rapidement suivie par l'installation d'une zone de mangrove qui se développera tant que le banc sera en place (Figure 4). Cette mangrove disparaîtra lors de la phase d'érosion du substrat consécutive au déplacement du banc de vase. C'est ainsi qu'entre 1937 et 1976, l'estuaire du Sinnamary a progressé sur la mer d'une distance de 6,5 km (Lointier, 1986).



Figure 3 : Panache de sédiments à l'embouchure de l'Amazone ; Cliché NASA, 1991.

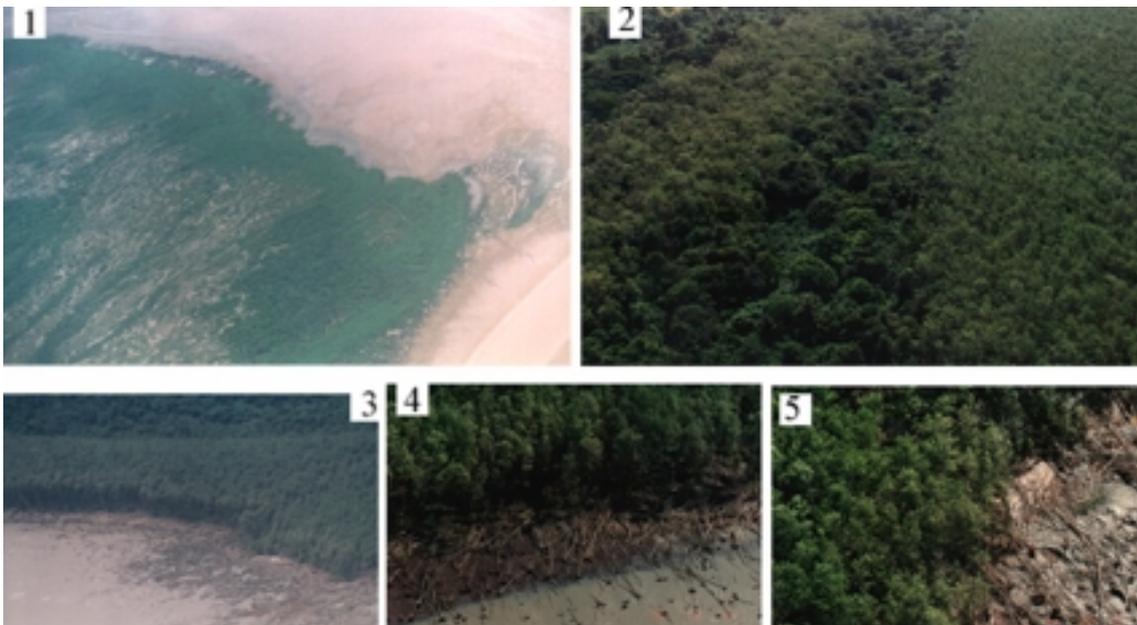


Figure 4: Colonisation (1), développement (2) et érosion (3-5) de la mangrove entre Kourou et Sinnamary (Photos M. Besson & L. Cadamuro, 1997).

Cette dynamique sédimentaire intense détermine une répartition de la végétation de mangrove en faciès bien distincts. Sur la zone côtière, la colonisation du banc sera matérialisée par un faciès de végétation pionnière à *Laguncularia racemosa* et/ou à *Avicennia germinans*. Une fois stabilisé, le banc de vase voit le développement d'une mangrove mature à *Avicennia*. L'érosion marine enfin se traduira par la formation d'un cimetière de mangrove, disparition de la couverture végétale et du substrat.

### **I.1.2. Une pression anthropique concentrée sur la zone côtière**

Avec une population estimée de 115 000 habitants en 1990 (Source INSEE), la densité de la population en Guyane est inférieure à 2 habitants par km<sup>2</sup>. Toutefois, la concentration de cette population est très inégale selon les régions et, au final, près de 95 % de cette population se concentrent sur le littoral exerçant une pression croissante sur le milieu côtier.

#### **Le barrage de Petit-Saut :**

Entre 1975 et 1995, les activités du secteur tertiaire, la montée en puissance des activités spatiales et l'explosion démographique de la Guyane ont quasiment décuplé la consommation d'électricité. Jusqu'alors assurée par des centrales thermiques, la production d'électricité s'est orientée vers une production hydraulique.

Débutés en 1989, les travaux de construction allaient durer pendant 5 ans jusqu'à la mise en eau du barrage qui eut lieu en 1994.

Il va sans dire que la perturbation induite par un tel ouvrage sur un environnement tropical a soulevé de fortes réactions au sein de la population locale, des associations écologistes ainsi qu'au sein de la communauté scientifique (Allais, 1994 ; Balland, 1996 ; Pavé, 1994 ; Roux, 1994) posant des questions sur les fondements de la politique énergétique en Guyane, et plus généralement, sur les politiques de gestion d'ensemble dans une optique de développement durable.

Au-delà de la polémique sur la pertinence de cet ouvrage, son impact sur l'environnement est plus que jamais d'actualité. Outre le lac de retenue qui, en noyant 31 000 hectares de ce qui fut une forêt tropicale ([Figure 5](#)) a provoqué l'eutrophisation de ses eaux, l'implantation du barrage a modifié le régime hydrologique du fleuve en même temps que la qualité de l'eau (Balland, *op. cit.*).

La dégradation de la matière organique libérée par la mort des arbres noyés a tout d'abord consommé l'oxygène dissous de l'eau. Ces processus de dégradation se sont poursuivis en

l'absence d'oxygène en générant alors du gaz carbonique, de l'ammoniac et de l'hydrogène sulfuré ainsi que du méthane. L'aménagement d'un système de réoxygénation à l'aval du barrage a permis de maintenir un niveau de 2 mg/l d'oxygène dissous au niveau de l'ancienne prise d'eau de la ville de Sinnamary, au lieu dit " Pointe Combi ".

Par ailleurs, le lac de retenue se comporte comme un gigantesque bassin de décantation pour les cours d'eaux s'y déversant, diminuant très fortement la charge sédimentaire du fleuve en aval de l'ouvrage comme en témoigne la variation de couleur des eaux observée à Sinnamary entre 1992 et 1997.

Enfin, la régulation du débit lors de la phase d'exploitation se traduit par un phénomène de lissage des pics de crues aussi bien que d'étiage. Ces modifications du régime des apports en eaux douces devraient se traduire dans l'estuaire par une modification saisonnière de la zone d'influence des marées avec :

- en saison des pluies, diminution des apports d'eau douce (stockage dans le barrage) et remontée saline plus importante qu'à l'origine.
- en saison sèche, augmentation des apports d'eau douce (déstockage du barrage) et remontée saline moins importante qu'à l'origine.

Selon que la répartition de ces formations végétales est conditionnée par les apports en eaux douces ou par la salinité, un déplacement de la zone d'écotone mangrove – forêt marécageuse soit par progression de la mangrove vers l'amont (saison des pluies prépondérante), soit par progression de la forêt marécageuse vers l'aval (saison sèche prépondérante) devrait s'opérer.



Figure 5 : Arbres morts sur pieds dans le lac de retenue.

L'impact du barrage se traduit donc en aval de l'ouvrage par une modification des débits et de la qualité des eaux. Ce sont ces modifications qui ont incité E.D.F. à installer une nouvelle station de pompage pour la ville de Sinnamary sur une autre rivière, la crique<sup>(12)</sup> Yiyi, et font craindre aux populations locales des altérations de leur environnement en général et, plus particulièrement du niveau des prises de pêche.

### **I.1.3. Les objectifs de l'étude**

Cette étude est basée sur l'analyse structurale et fonctionnelle de la mangrove d'estuaire. Elle cherche à identifier autant que possible la part des influences marines et fluviales sur les caractéristiques de cet écosystème.

Située sous la double influence marine et fluviale, la végétation de l'estuaire du Sinnamary subit directement les modifications induites par le barrage. Toutefois, compte tenu de la vitesse de réaction d'une formation forestière et malgré l'extrême fragilité de ces écosystèmes, cette étude réalisée seulement quelques années après la mise en eau du barrage peut également être considérée comme un état initial pour un suivi à plus long terme.

Les objectifs de ce travail ont été définis dans les termes suivants :

- ⇒ Acquérir des données (structure et dynamique) concernant les milieux forestiers inondables de Guyane (mangrove et forêt marécageuse) et ainsi contribuer à une meilleure connaissance de ces milieux jusqu'alors peu étudiés (forêt marécageuse), aussi bien en ce qui concerne leur structure que leur dynamique (autoécologie d'*Avicennia germinans*, *Rhizophora* spp. et de *Pterocarpus officinalis*).
- ⇒ Préciser les limites écologiques de ces formations<sup>13</sup> par l'acquisition de données, encore inédites, sur les zones d'écotone entre milieu salé (mangrove) et d'eau douce (forêts inondées).
- ⇒ Etudier la dynamique de ces milieux, notamment les mécanismes de transformation de la mangrove en forêt marécageuse en relation avec l'évolution des paramètres géochimiques du milieu.

Etudier les variations fines de la végétation et du milieu nécessite l'acquisition de données précises et spatialisées sur ces zones. Seul un travail de terrain peut actuellement fournir ce

---

<sup>12</sup> Crique : Nom utilisé en Guyane pour désigner un cours d'eau de taille réduite.

<sup>13</sup> Par " formation " nous entendons un regroupement de végétaux caractérisés par leur physionomie.

genre de données avec un niveau de précision suffisant, ce d'autant plus que ces milieux restent encore mal connus. La surface susceptible d'être prise en compte par ce type d'étude est nécessairement limitée de part la nature même des conditions du milieu qui rendent tout déplacement difficile. Dès lors, ce type d'investigation nécessite un temps d'investigation et des moyens humains considérables. Se posent alors les problèmes de l'échantillonnage, de la représentativité du site d'étude et du changement d'échelle d'observation qui a constitué un aspect important de cette étude.

Ainsi, la photographie aérienne à basse altitude (survol ULM et avion léger), haute altitude (Missions de l'Institut Géographique National) et l'imagerie satellitaire (SPOT & LANDSAT) ont été utilisées en complémentarité du travail de terrain,.

**La première partie** de ce document est une présentation du contexte de l'étude. Elle expose dans le *premier chapitre* ci-dessus la problématique ainsi que l'environnement de la thèse. Le *second chapitre* est consacré à la description du milieu naturel. Une large part y est faite à la description des différentes formations végétales avec un développement particulier sur les écosystèmes inondables. Les méthodes d'études utilisées lors des investigations de terrain ainsi que lors de l'analyse des différentes données récoltées sont décrites dans le *troisième chapitre* qui inclut également une présentation des différents sites étudiés.

L'ensemble des résultats concernant la structure et la dynamique du peuplement<sup>14</sup> obtenus dans le cadre de cette étude est présenté dans la **deuxième partie** sous la forme de 4 chapitres distincts. Le *quatrième chapitre* porte sur les caractères structuraux du peuplement (composition floristique, densité, surface terrière<sup>15</sup>). Le *cinquième chapitre* est consacré à l'évolution des caractères structuraux des principales espèces composant le peuplement (croissance en diamètre, densités, surface terrière spécifique). Le *sixième chapitre* est consacré aux relations sol – végétation. Le *septième chapitre* s'intéresse à la dynamique du peuplement (répartition des espèces, évolution des formations).

Les *conclusions* des différents volets de cette étude sont reprises dans une **troisième partie** concluant sur la dynamique naturelle des formations de mangrove et d'arrière mangrove,

---

<sup>14</sup> Par " Peuplement " nous entendons parler de l'ensemble des espèces végétales du biotope. (le biotope étant l'aire géographique où les facteurs écologiques gardent des valeurs à peu près constantes).

<sup>15</sup> Surface terrière = Indique la surface occupée par les troncs sur une parcelle (équation au paragraphe [I.3.2.1](#))

incluant la part des effets constatés du barrage avant d'aborder des perspectives de recherches encourageantes dans ce domaine.

## I.2. Cadre physique

*Après avoir situé le contexte de ce travail dans le chapitre précédent (I.1.), une présentation sommaire du milieu naturel de la Guyane est proposée ci-après. On y retrouvera des éléments relatifs au climat, à l'hydrologie ou à la dynamique sédimentaire de la région d'étude. La végétation sera brièvement présentée avec toutefois un accent particulier sur les formations étudiées.*

La Guyane est située sur la côte nord-est du continent sud-américain (Figure 6), entre 2° - 5° de latitude Nord et 51° - 54° de longitude Ouest. Elle est bordée à l'est et au sud par le Brésil, à l'ouest par le Surinam alors que sa façade nord débouche sur l'océan Atlantique. D'une superficie de 90 000 km<sup>2</sup> (16 % de la superficie du territoire métropolitain), elle est couverte à plus de 95 % par la forêt dense tropicale humide.



Figure 6 : La Guyane.

### I.2.1. Climat

Le climat Guyanais correspond au climat subéquatorial tel que le définit Trochain (1980) avec pour caractéristique principale la présence de 2 saisons sèches de durées inégales, la "petite saison sèche" étant plus une baisse de pluviométrie qu'une période écologiquement sèche. Toutefois, ces saisons jouent un rôle important dans la phénologie des espèces présentes dans ces écosystèmes inondables pour leurs apports en eau douce.

#### *I.2.1.1 Pluviométrie moyenne annuelle*

La pluviométrie est importante, variant entre 2 et 4 m d'eau par an selon les sites. On peut remarquer l'existence d'un double gradient de pluviométrie E-O d'une part avec un maximum de pluies sur l'Ouest du pays, et N-S d'autre part avec une brusque augmentation des pluies sur la bande côtière suivie d'une baisse vers l'intérieur ([Figure 7](#)). La région de Sinnamary reçoit en moyenne entre 2 500 et 3 000 mm d'eau par an.



Figure 7 : Pluviométrie moyenne annuelle sur la Guyane; Période 1961-1990; Isohyètes en millimètres ; d'après Météo France Guyane.

### 1.2.1.2 Pluviométrie observée à la station de Sinnamary:

Les données de la [Figure 8](#) mettent en évidence 2 saisons sèches qui s'étalent de juin / juillet à novembre / décembre selon les années pour la " grande saison sèche " et la " petite saison sèche " appelée localement " petit été de mars " en raison de son occurrence au cours des mois de février - mars.

L'observation du bilan [ Précipitations – Evaporation Piche<sup>16</sup> ] met en évidence la présence d'une période écologiquement sèche en septembre – octobre alors que le " petit été de mars " présente encore un bilan en eau très largement excédentaire.

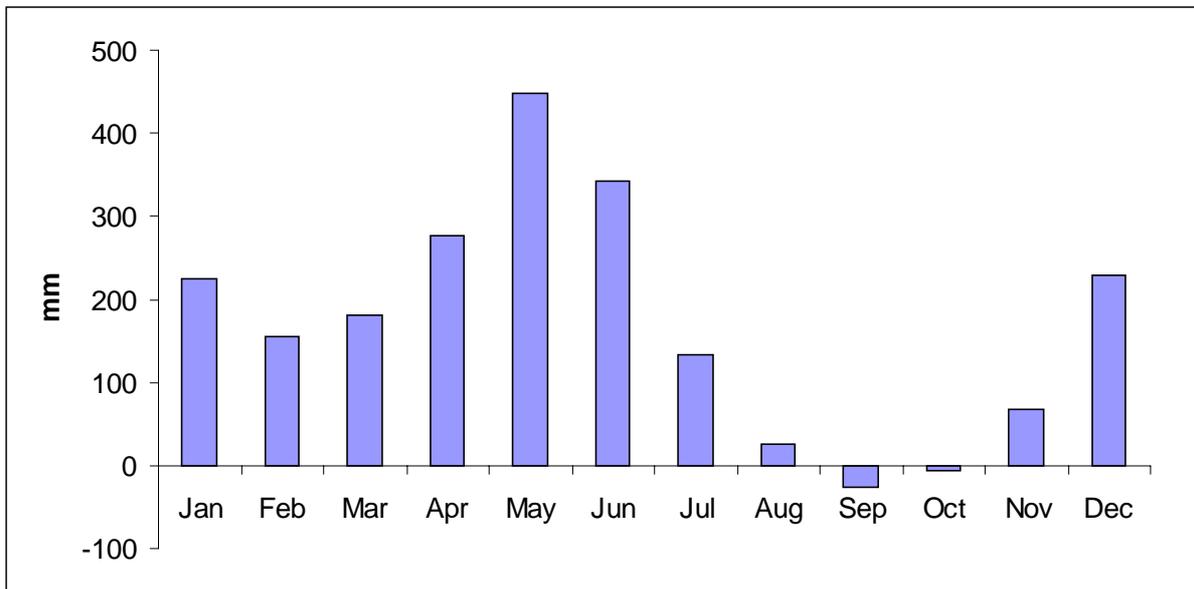


Figure 8 : Bilan hydrique moyen (Précipitations Moyennes – Evaporation Piche moyenne) sur la station de Sinnamary (1957-1997) ; *Source Météo France.*

L'explication de cette répartition saisonnière des pluies est à rechercher dans le mouvement ondulatoire saisonnier de la Zone Intertropicale de Convergence ou ZIC (ORSTOM, 1979).

La ZIC est une zone de perturbation provoquée la convergence des masses d'air transportées par les alizés.

Dans l'océan Atlantique, les alizés sont liés à la position de l'anticyclone des Açores (hémisphère Nord) et l'Anticyclone de St. Hélène dans l'hémisphère Sud.

Selon la période de l'année, la puissance respective de ces anticyclones sera plus ou moins grande, générant des courants aériens d'intensité variable qui conditionneront le déplacement

---

<sup>16</sup> La mesure de l'évapotranspiration se fait avec des évaporomètres de type Piche, des éprouvettes sous abri remplies d'eau et fermées par une lamelle de buvard.

de la ZIC de part et d'autre de l'équateur ([Figure 9](#)). Chaque passage de la ZIC au-dessus de la Guyane s'accompagne d'une forte pluviométrie.

Ainsi :

- De la mi-août à mi-décembre, la ZIC se situe au Nord, sur l'arc Caribéen, la Guyane est soumise à un flux d'alizé de sud-est. C'est la saison sèche.
- Progressivement, l'anticyclone des Açores se renforce et rejette la ZIC vers le Sud qui traverse la Guyane entre la mi-décembre et février puis va se positionner sur le Brésil. Cela s'accompagne d'une forte hausse de la pluviométrie, la petite saison des pluies. Cette période est suivie d'un répit, le " petit été de mars ". Le flux d'alizé s'oriente au nord-est.
- De mars à juillet, l'anticyclone de St. Hélène se renforce et rejette progressivement la ZIC vers le Nord. C'est la " grande saison des pluies ".
- Fin juillet, la ZIC se positionne de nouveau sur l'arc Caribéen. C'est de nouveau la "grande saison sèche".

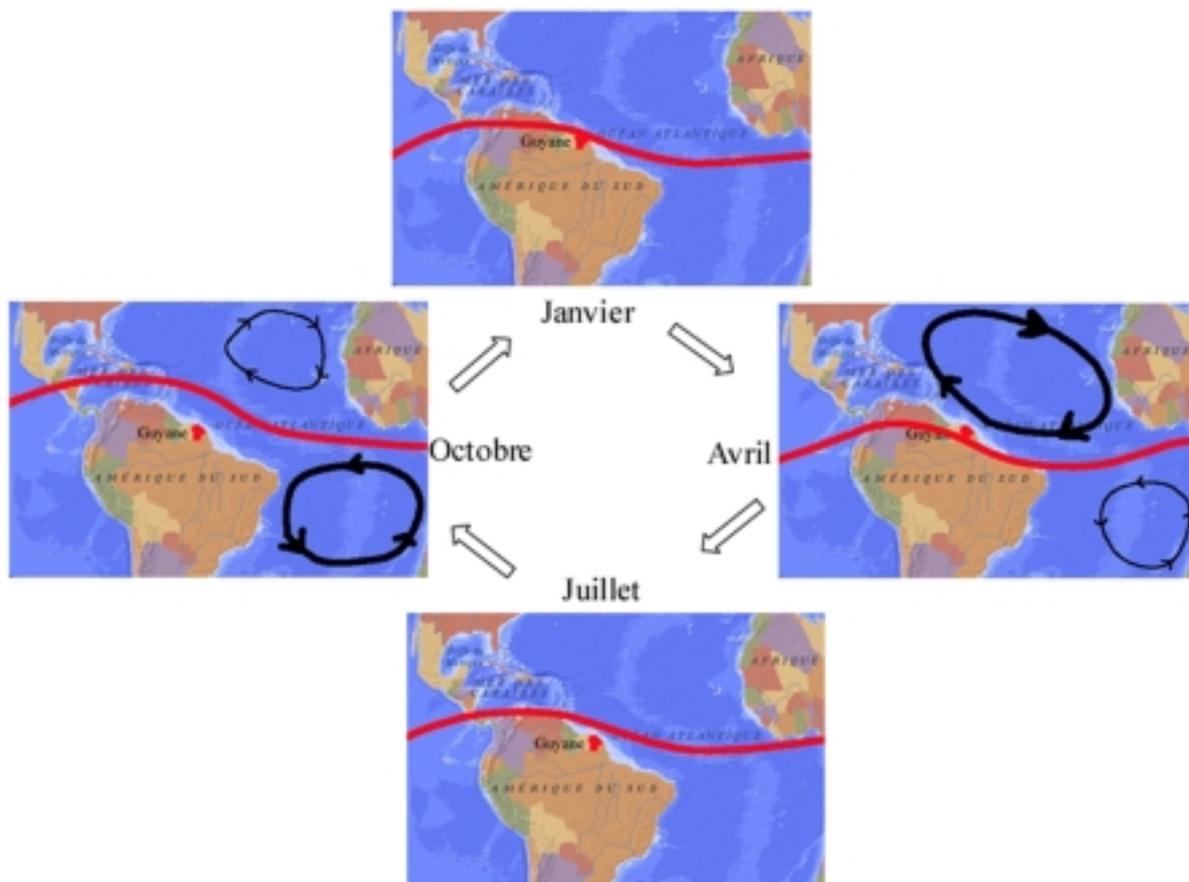


Figure 9 : Variations saisonnières de la ZIC sur l'océan Atlantique (ZIC en Rouge – Anticyclones en Noir). Fond de carte © Atlas Encarta 98

Sur la période d'étude (1996-98), on peut remarquer que l'année 1996 a connu un fort excédent pluviométrique par rapport à la moyenne (466 mm d'excédent sur l'année) alors que l'année 1997 commencée sur la même tendance se caractérise par un déficit pluviométrique marqué dès le mois de juin ([Figure 10](#)).

Les écarts à la moyenne des années 1996 et 1997 ainsi que la disparité existante d'une année sur l'autre illustrent bien la très grande variabilité du régime pluviométrique guyanais.

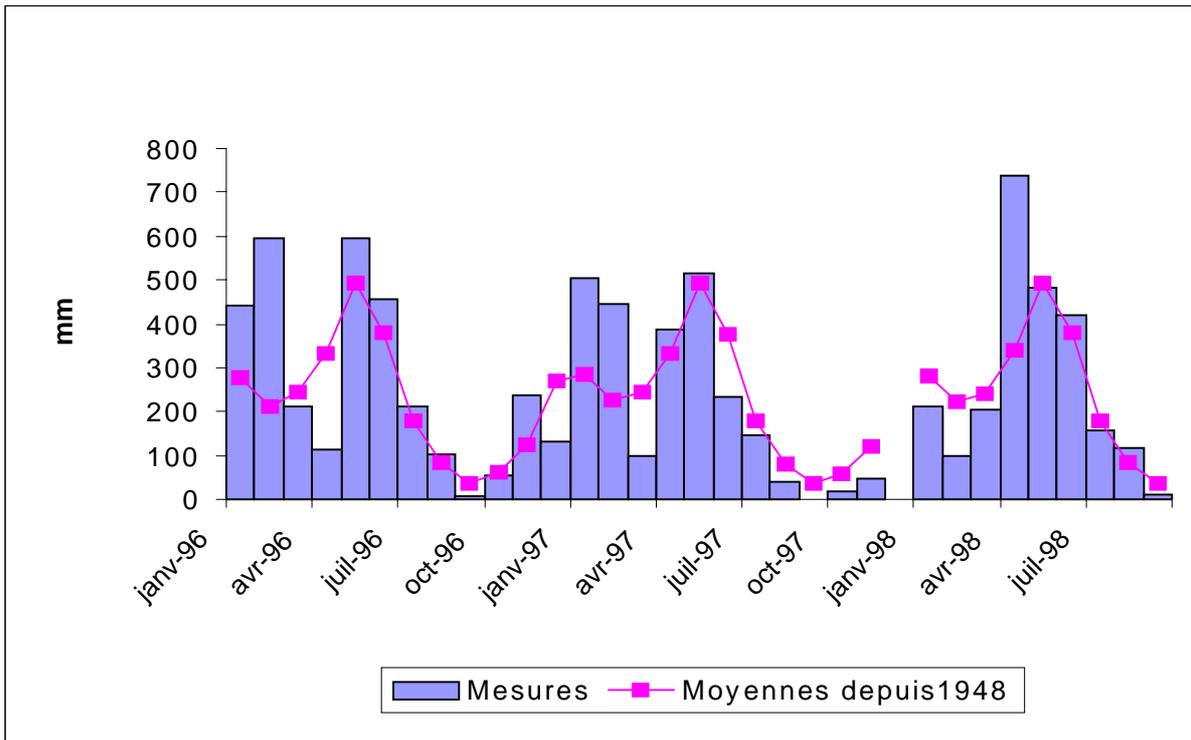


Figure 10 : Pluviométrie mensuelle à la station de Sinnamary (janvier 96 – septembre 98) –  
*Source Météo France.*

### 1.2.1.3 Températures :

Avec des températures moyennes relevées à la station de Sinnamary au cours de la période 96-97 comprises entre 26 et 28,8 °C (Figure 11), les valeurs mesurées sont légèrement supérieures à l'amplitude moyenne observée. Le maximum a été observé en novembre 1997 et le minimum en janvier 97.

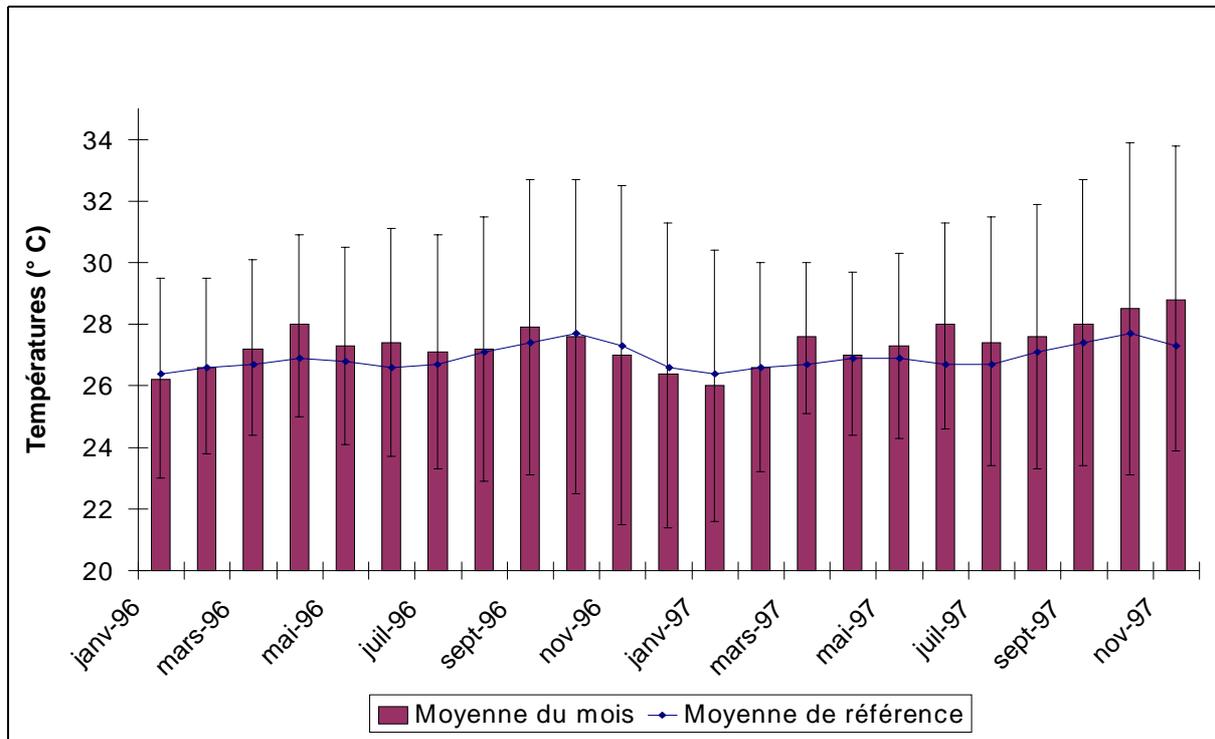


Figure 11 : Températures moyennes, maxima et minima moyens mesurés à la station de Sinnamary (janvier 96 – novembre 97) – Source Météo France.

## **I.2.2. Hydrologie**

### ***I.2.2.1 Hydrologie marine***

Les marées de Guyane suivent une rythmicité de 2 Pleine Mer et 2 Basse Mer ayant des hauteurs respectives approximativement égales en 25 heures, ce qui les rattache au type diurne régulier (Audige, 1986). Les hauteurs d'eau aux Iles du Salut (Port de Référence) sont , en période de Grande Vive - eau, de 3,50 m pour la Pleine Mer et de 0,60 m pour la Basse Mer par rapport au zéro de Guyane, soit 2,90 m de marnage.

Dans l'estuaire du Sinnamary, les Pleines Mers sont décalées d'une trentaine de minutes, par rapport au Port de Référence et de près d'une heure, pour ce qui concerne les Basses Mers.

La propagation de l'onde de marée dans l'estuaire a été étudiée par Lointier (1984, 1986, 1990). Ces études ont montré les importances relatives des actions maritimes et fluviales dans l'estuaire en termes de " prédominances ". Elles ont montré une prédominance du courant de Jusant<sup>17</sup> en surface opposée à une prédominance du courant de Flot<sup>18</sup> au fond de même qu'une pénétration asymétrique du courant de Flot dans l'estuaire avec formation d'un "coin latéral" (Figure 12).

Ceci s'explique par la différence de densité entre l'eau de mer et l'eau du fleuve. L'eau de mer, plus dense, se glisse alors sous l'eau douce ce qui explique la salinité de fond. Le développement du coin latéral est lié à la force des courants (d'origine fluviale ou induits par l'onde de marée).

Le développement de ce " coin latéral " induit une dissymétrie dans la salinité des eaux d'une rive à l'autre et par-là même, influencera la nature de la végétation qui s'y développera.

La rencontre des eaux salées et des eaux douces provoque la floculation des particules en suspension dans l'eau et le développement d'une zone de dépôt engendrant la remontée du fond de l'estuaire (Allen *et al.*, 1982).

---

<sup>17</sup> Jusant = Marée descendante. © Hachette Livre, 1997

<sup>18</sup> Flot = Marée montante. © Hachette Livre, 1997

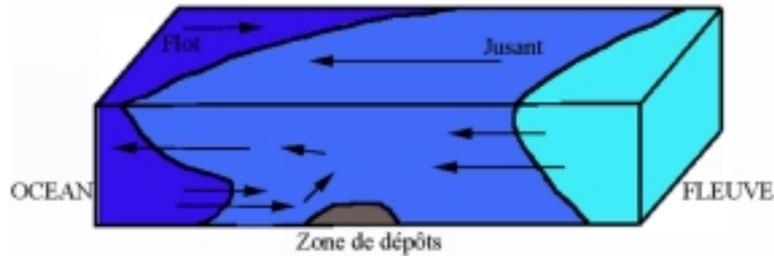


Figure 12 : Propagation de l'onde de Flot dans l'estuaire du Sinnamary ; d'après Lointier, 1986.

Les résultats obtenus par M. Lointier (1984, 1986, 1990) lors de ses études sur la dynamique de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary ont permis d'établir une carte des salinités de surface pour l'année 1983. Grâce aux travaux de C.J. Maia de Oliveira (*Comm. Pers.*), cette carte a pu être actualisée pour la période 1996-1997 sur la zone de l'embouchure (Figure 13). Il en ressort que les eaux de surface qui envahissent la mangrove lors des périodes de haute mer ont une salinité supérieure à 30 ‰. Ces résultats font également ressortir que la limite de l'onde saline (caractérisée par l'isohaline 0,01 g/l) se situe entre 4 et 5 km en amont de Sinnamary, ces valeurs correspondant avec la limite de répartition de la mangrove observée à 3,5 km en amont de Sinnamary.

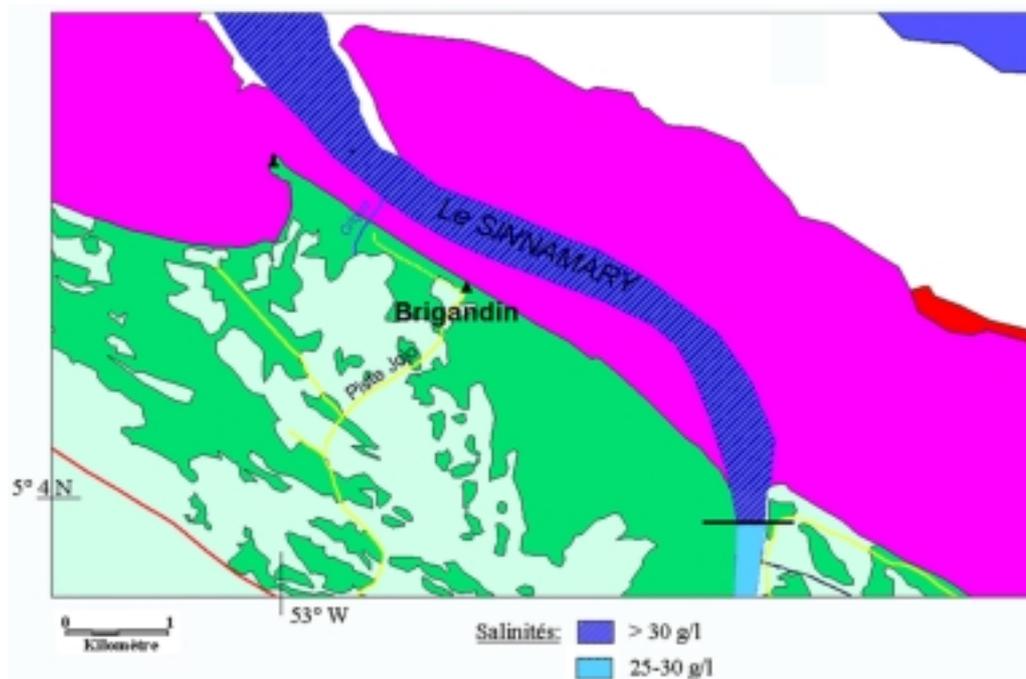


Figure 13 : Valeur des salinités des eaux de surface dans l'estuaire du Sinnamary.

### *1.2.2.2 Hydrologie fluviale*

Les cours d'eau représentent une part très importante du paysage guyanais. Sources d'eau potable, ressources de pêche, sources d'énergie ou voies de communications, ils représentent un aspect essentiel de la Guyane.

Contrairement à celle des cours d'eau des régions tempérées, leur alimentation est exclusivement pluviale (absence de source nivale ou glaciaire). Selon les études de Lointier (1990) et Roche *et al.* (1974), il apparaît que les eaux des fleuves sont acides et très peu minéralisées. Les matières en suspension ( $> 0,8 \mu\text{m}$ ) présentent une teneur très faible même pour des fleuves de la zone intertropicale, de l'ordre de 10 mg/l (Amazone : 140 mg/l).

Dans le cas du Sinnamary, les données hydrologiques mesurées avant la mise en eau du barrage montrent (source : Lointier 1990) au niveau de Saut Tigre (11 km en amont du site actuel du barrage de Petit Saut), pour un bassin de 5 150 km<sup>2</sup>, un débit spécifique<sup>19</sup> de 44,19 l/s/km<sup>2</sup>. La crue maximale observée a été de 1 310 m<sup>3</sup>/s ce qui correspond à la valeur de la crue centennale. L'étiage minimal observé a été de 34,2 m<sup>3</sup>/s. Ces valeurs incluses dans un rapport de 1 à 38 illustrent la variabilité des débits de ce fleuve.

On remarque sur la [Figure 14](#) une importante variation saisonnière (rapport de 1 à 4) avec une période de crue en grande saison des Pluies et un étiage très marqué en grande saison sèche. Ces variations confirment l'origine pluviale de l'alimentation des cours d'eau guyanais.

---

<sup>19</sup> Débit spécifique = Débit moyen par km<sup>2</sup> de bassin.

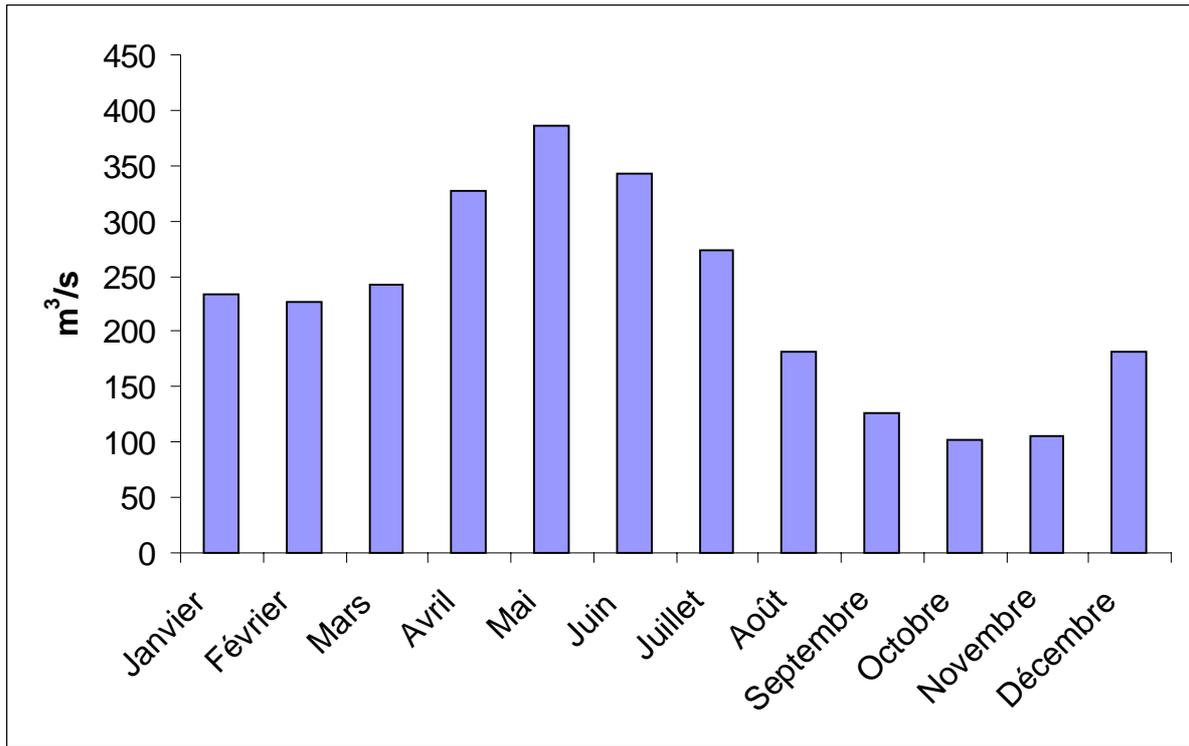


Figure 14 : Débits mensuels moyens en m<sup>3</sup>/s station de Saut-Tigre (période 1969-1985).

### I.2.3. Dynamique sédimentaire

Comme évoqué paragraphe [I.1.1](#), les côtes de Guyane subissent l'alternance de phases d'accrétion et d'érosion pluridécennales qui modifient profondément leur physionomie ([Figure 15](#)). Ainsi, le banc de vase large de plusieurs kilomètres présent devant Kourou en 1955 est érodé en 1961. La zone d'accrétion est alors devant Sinnamary. De la même façon, un banc situé devant Cayenne en 1955 se déplace et, atteint la région de Kourou en 1969. Cette côte passe alors sous un régime d'accrétion côtière qui se poursuit jusqu'en 1972.

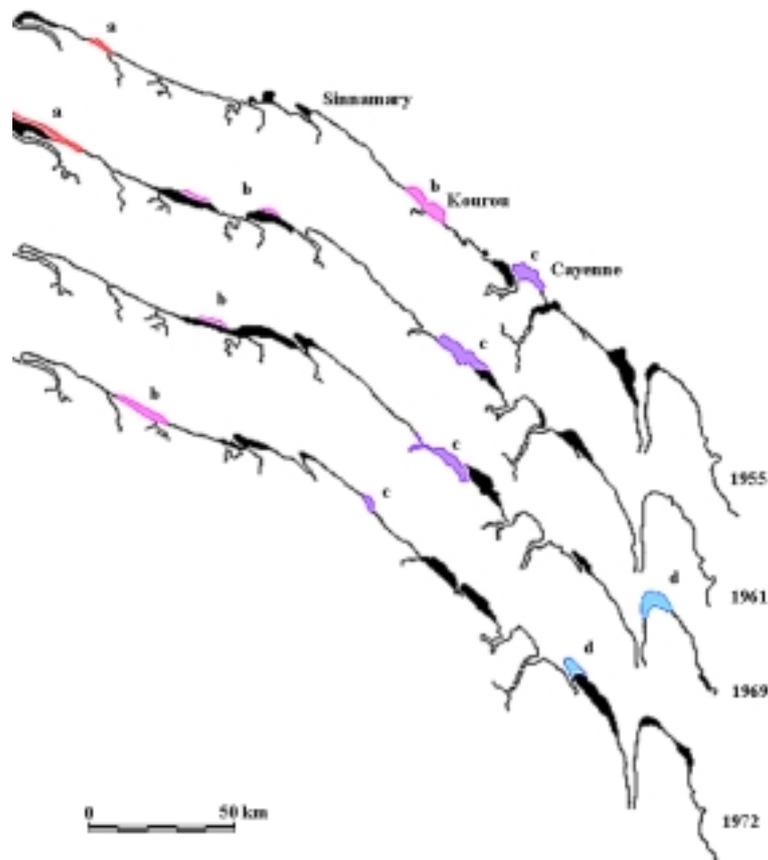


Figure 15 : Déplacement des bancs de vase entre 1955 et 1972 (d'après : ORSTOM – 1979 – *Atlas des DOM. TOM – La Guyane*).

Ce phénomène a suscité de nombreuses études comme peut en témoigner l'abondante bibliographie existante (Allison *et al.*, 1995a, 1995b, 1996 ; Augustinus, 1978, 1983a, 1983b, 1987 ; Augustinus *et al.*, 1984 ; Eisma, 1988 ; Eisma & Van Der Marel, 1971 ; Froidefond *et al.*, 1988 ; Plaziat *et al.*, 1994 ; Prost, 1986, 1988, 1990, 1993 ; Prost & Charron, 1992 ; Prost *et al.*, 1989). La périodicité de ces phénomènes d'envasement côtiers a tout d'abord été recherchée sur un cycle périodique régulier. Avec le développement des techniques de cartographie par photographies aériennes et de télédétection spatiale, cette rythmicité a été

corrélée au déplacement des bancs de vase le long des côtes du plateau des Guyanes. Grâce à des collaborations à l'échelle régionale, ce phénomène a pu être étudié dans sa globalité (Programme Ecolab).

Ces cycles, liés au passage de bancs de vase de 10 à 40 km de long au large des côtes Guyanaises poussés sous l'effet des vagues et des courants marins sont conditionnés par la ZIC. En effet, selon la position de la ZIC, les courants de surface s'orienteront différemment (Figure 16).

- De Janvier à Juin, le Courant Côtier Nord du Brésil (CCNB) est clairement orienté Nord-Ouest et se prolonge directement par le Courant des Guyanes.
- De Juillet à Décembre, le CCNB subit une rétroflexion vers le Nord-Est, n'alimentant plus que faiblement le Courant des Guyanes.

Les bancs de vase se forment périodiquement, engraisés par les sédiments de l'Amazonie.

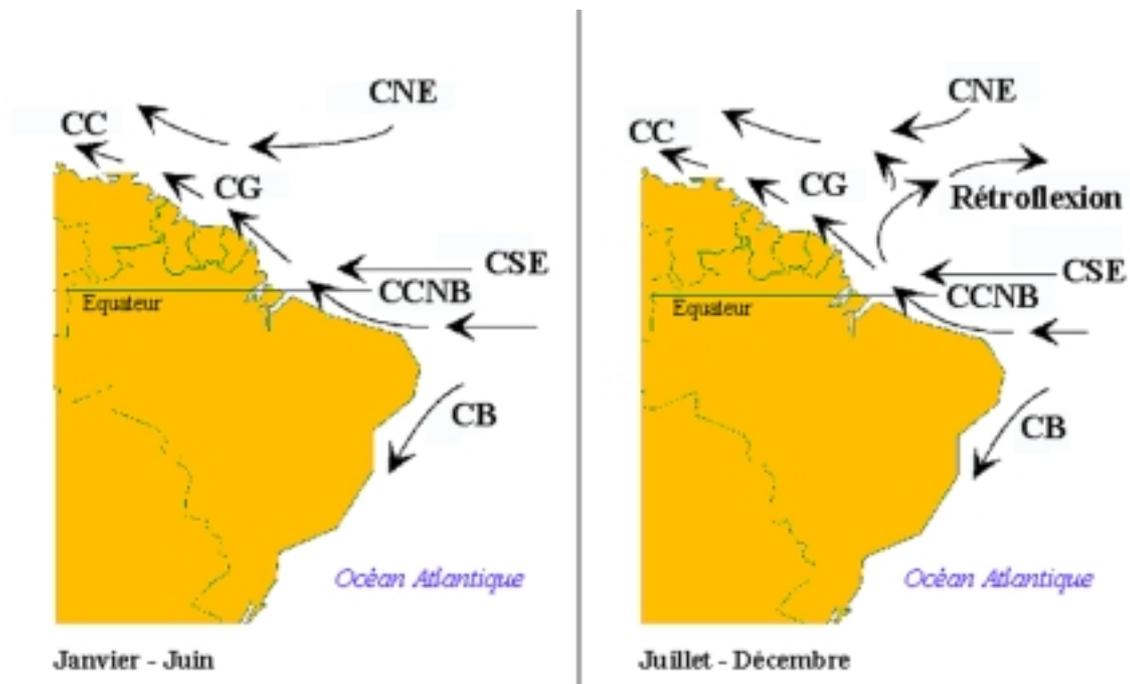


Figure 16 : Evolution saisonnière des courants de surface au large des côtes des Guyanes ; adapté d'après ORSTOM, 1979. (CB= Courant du Brésil, CC= Courant Caraïben, CCNB= Courant Côtier Nord du Brésil, CG= Courant des Guyanes, CNE= Courant Nord Equatorial, CSE= Courant Sud Equatorial).

" Le système de dispersion amazonien a un rythme annuel lié aux conditions de la circulation atmosphérique et océanographique. C'est l'interaction de ces deux paramètres majeurs qui est à la base des phases d'envasement de la Guyane. " (Prost, 1993).

Des études récentes (Allison *et al.*, 1994, 1995a, 1995b, 1996) ont permis de préciser les phénomènes saisonniers intervenant dans la circulation des sédiments (Figure 17).

- De Janvier à Juin, la ZIC se décale vers le sud, le courant des Guyanes est pleinement alimenté et transporte près de  $250 \cdot 10^6$  tonnes de sédiments vers les côtes de l'Amapa (soit 20-25 % de la charge annuelle de l'Amazonie). **Environ 60 % de ces sédiments sont stockés temporairement sur ces côtes de l'Amapa** alors que 40 % se maintiennent en suspension dans les eaux.
- D Juillet et Décembre, la ZIC remonte vers le nord. Le courant des Guyanes se retrouve sous-alimenté, le Courant Côtier Nord du Brésil subissant alors une réflexion vers le large. Les sédiments amazoniens sont alors essentiellement dispersés en mer. **La modification de la direction des vents et de la houle entraîne la remobilisation des sédiments déposés en début d'année. Ces sédiments sont alors exportés vers les côtes des Guyanes sous formes de particules en suspensions avec des interruptions du transport par sédimentation et formation de bancs de vase. Ces sédiments sont repris lors des phases d'érosion.**

Ces bancs de vase subissent donc des phases d'accrétion et d'érosion dont le déterminisme est encore mal connu et que Eisma *et al.* (1991) relie aux variations décennales de l'intensité des alizés. L'étude de ces phénomènes fait actuellement l'objet d'une thèse à la Texas A. & M. University (M.T. Lee - Galveston – Tx).

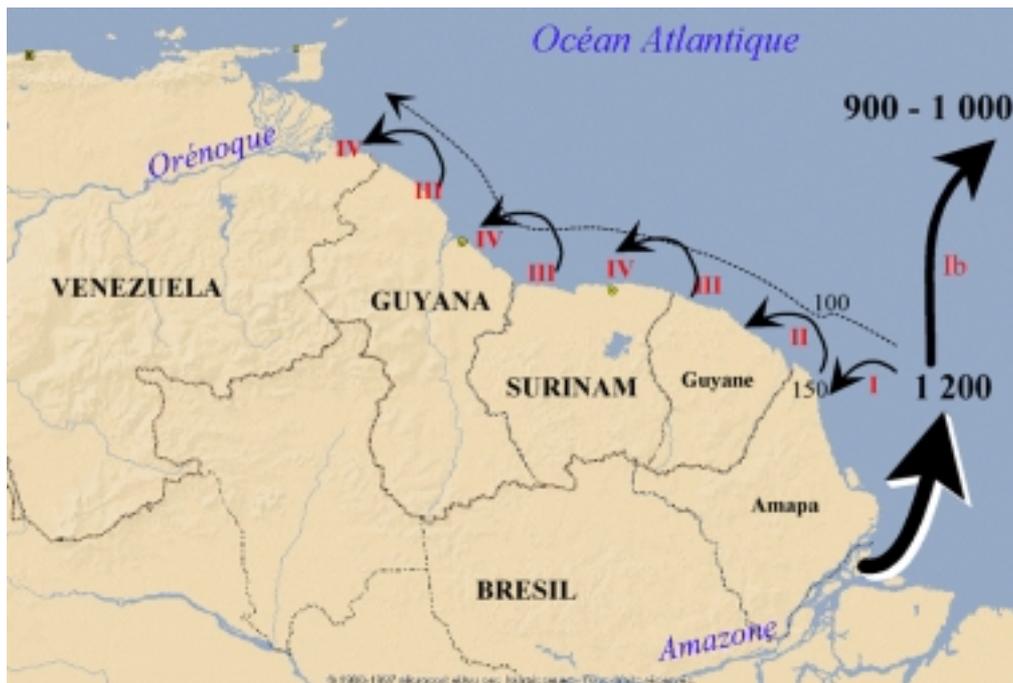


Figure 17 : Flux des sédiments ( x 10<sup>6</sup> tonnes) de l'Amazonie. [ I. Stockage temporaire de janvier – juin. Ib. Dispersion en mer. II. Remobilisation de juillet-décembre. III. Erosion d'un banc. IV. Accrétion d'un banc.] d'après Allison et al. 1995b – Fond de carte © Encyclopédie Encarta 98.

#### I.2.4. Végétation

La végétation Guyanaise peut s'appréhender sous 2 grandes unités : la végétation de la plaine côtière d'une part, et la végétation forestière de l'intérieur des terres. Seule la végétation de la plaine côtière sera abordée ici, en particulier celle qui se trouve au contact des milieux étudiés dans ce travail.

La végétation de la plaine côtière comprend 3 formations majeures que sont la **mangrove**, la **forêt marécageuse** et la **savane**. Elle inclut également les différents milieux qui s'étendent de **la plage**, à végétation pauvre et discontinue, formée essentiellement de plantes rampantes à fort pouvoir colonisateur, jusqu'aux **marais subcôtiers**, dont le type même est représenté par la grande plaine des marais de Kaw, à végétation herbacée (essentiellement des Cypéracées), quelques arbustes et des groupements de "palmiers-bâches" (*Mauritia flexuosa*) (Granville *et al.*, 1993). Ces différentes formations sont regroupées avec les autres milieux décrits.

#### ***1.2.4.1 La savane***

La savane se compose essentiellement de grandes étendues d'herbes parsemées d'arbustes, ainsi que, parfois, de petits bosquets ([Figure 18](#)) (Cremers, 1990 ; Descoings, 1987 ; Hoock, 1971). Ces savanes sont facilement observables de Cayenne à St-Laurent, le long de la Route Nationale 1 qui les traverse. On peut y différencier la savane inondée, la savane inondable, la savane arbustive et la savane sèche (Cadamuro, 1995) en fonction des conditions hydriques du milieu. Ces savanes jouent un rôle important dans l'hydrologie de la zone côtière et les approvisionnements en eau douce du littoral (Lointier, 1996).

##### ***Savane inondée:***

Elle se développe dans les zones inondées en permanence. Toutefois, la hauteur d'eau y est toujours inférieure à 1 m. Elle se caractérise par un peuplement très homogène quasi monospécifique à *Eleocharis interstincta*. Une végétation particulière dominée par des ptéridophytes (*Lycopodiella cernua*) peut également se développer sur des massifs tourbeux,. Elle est parfois en contact avec les formations de mangrove comme en témoignent les troncs d'*Avicennia* morts que l'on peut y rencontrer, notamment entre Sinnamary et Iracoubo. La présence de massifs isolés de la fougère *Acrostichum aureum* généralement associée aux mangroves est un autre témoignage des relations pouvant exister entre ces milieux.

##### ***Savane inondable:***

Caractérisée par une exondation complète en saison sèche, ce type de formation présente un peuplement encore pauvre par rapport à la richesse floristique globale des savanes. On en retrouve aussi bien sur des sols sableux blancs, podzolisés, que sur des sols noirs hydromorphes, argileux. Dans les zones les plus humides se rencontrent les "balisiers" (*Heliconia psittacorum*) souvent en mélange avec la Cypéacée *Scleria cyperina*. Sur sols podzolisés, les Cypéacées dominent le peuplement avec des massifs de *Rhynchospora globosa* ou de *Bulbostylis lanata*.

##### ***Savane arbustive:***

Avec des conditions hydriques très proches de la savane inondable, cette savane se caractérise par un peuplement arbustif à *Byrsonima crassifolia* et *Curatella americana* se développant sur de petites buttes exondées.

### **Savane sèche:**

Se développant sur des sols bien drainés, cette savane est facilement reconnaissable d'Octobre à Mai, période de floraison d'*Axonopus aureus* qui colore la strate herbacée en jaune d'or. Toutefois cette formation n'est pas dominée par une espèce mais, au contraire, formée d'une mosaïque d'espèces. C'est également dans cette formation que l'on retrouve le plus d'espèces de lisière forestière. Ce type de savane représente le dernier stade herbacé avant l'installation de la forêt.



Figure 18 : Paysage de savane Guyanaise.

#### ***1.2.4.2 La forêt marécageuse***

Avec une superficie mondiale estimée à  $1,5 \cdot 10^6$  km<sup>2</sup> (Ajtay *et al.* 1979 cité dans Lugo *et al.*, 1990), la forêt marécageuse tropicale représente moins de 2 % de la surface des terres émergées mondiales. Elle se retrouve de par le monde sous différentes appellations (Varzea au Brésil, Swamp Forest & Marsh Forest pour les anglo-saxons) regroupant des formations aussi distinctes que les forêts de Cyprés chauves<sup>20</sup> en Floride, les pinotières<sup>21</sup> en Guyane, plaines inondées à *Symphonia* en Afrique Centrale (Imbert *et al.*, 1988 ; Schnell, 1967 ; Trochain, 1980).

Elle est définie par l'UNESCO (1973) comme étant une " Formation se rencontrant [...] sur sol mouilleux, pouvant être approvisionné en eau douce et en eau saumâtre. Semblable à (la

---

<sup>20</sup> =*Taxodium distichum*

<sup>21</sup> =Forêts de palmier (*Euterpe oleracea*)

*forêt ombrophile tropicale sur alluvions) mais en général plus pauvre en espèces arborées. Nombreux arbres à contreforts ou pneumatophores, la plupart dépassant 20 m de haut. ". La caractéristique majeure de cette formation est donc de se développer sur un sol inondé pendant une partie de l'année.*

Cette inondation temporaire est à relier aux adaptations morphologiques de certaines espèces rencontrées dans ce milieu tels les contreforts chez *Pterocarpus officinalis*, des pneumatophores droits chez *Euterpe oleracea* et chez *Mauritia flexuosa* (Granville, 1969), genouillés chez *Taxodium distichum* (Trochain, *op. cit.*) ou en arceaux chez *Symphonia globulifera* (Figure 19) qui présente également des racines échasses, ou encore des excroissances racinaires couvertes de lenticelles observées ponctuellement sur *Pachira aquatica*.

Ce type de forêt représenterait près de 4 % de la forêt guyanaise (~3 000 km<sup>2</sup> ; Granville *et al.*, 1993), localisée essentiellement dans la plaine côtière mais se rencontrant également dans l'intérieur, le long des cours d'eau. Le relief relativement faible de la Guyane ainsi que l'irrégularité des précipitations rendent difficile l'établissement de limites cartographiques précises pour cette formation qui, le plus souvent, se mêle aux formations adjacentes.

Sans être permanente, l'inondation est suffisante pour limiter l'installation des végétaux (170-210 espèces vasculaires différentes comparée au presque 5 000 recensés en Guyane selon Granville *et al.*, *op. cit.*). Les espèces les plus fréquemment citées dans la littérature (Bacon, 1990; Fanshawe, 1952 ; Granville, 1986a, 1986b ; Granville *et al.*, *op. cit.* ; Lindeman, 1953 ; Schnell, 1963 ; Teunissen, 1993 ; Trochain, 1980 ) sont le palmier pinot (*Euterpe oleracea*), le moutouchi marécage (*Pterocarpus officinalis*<sup>22</sup>), le " manil " (*Symphonia globulifera*), et le " yayamadou rivière " (*Viola surinamensis*). Citons enfin l'Aracée *Montrichardia arborescens*<sup>22</sup>, une des plantes aquatiques les plus communes de Guyane qui se rencontre le long des cours d'eau ainsi que dans les marais subcôtiers.

L'importance écologique de ces milieux est indiscutable. Refuge pour de nombreuses espèces animales (Canard musqué, Buse échasse, Pic à tête rouge, Tapir, Cabiai, Paca, Biche des Palétuviers, Anaconda, Tortues, Caïmans) ces milieux marécageux sont également un maillon essentiel dans l'alimentation de nombreux poissons de rivière (Horeau *et al.*, 1996 ; Lugo *et*

---

<sup>22</sup> Bien qu'étant typiquement des espèces de forêt marécageuse, leurs descriptions ont été regroupées avec celles des espèces de mangrove.

*al.*, 1990 ; Mol, 1993; Moss, 1988 ; Ouboter & Mol, 1993), représentant la base des chaînes trophiques qui supportent ces poissons.

Sur la base des distinctions faites par Fanshawe (1952) au Guyana, Lindeman (1953) et Teunissen (1993) au Surinam, et Granville (1979, 1986a, 1986b, 1998b) et Granville *et al.* (1993) la forêt marécageuse de Guyane peut se différencier en plusieurs variantes allant de la forêt à *Triplaris surinamensis* dans la jeune plaine côtière à la forêt à *Symphonia globulifera* dans des zones plus anciennes. Les peuplements monospécifiques sont rares et sont essentiellement des peuplements de palmiers telles les pinotières (forêts à *E. oleracea*) dont les exemples les plus développés se rencontrent dans l'Est de la Guyane (Rivière de Kaw, Bas Approuague – Ricci, 1989), les forêts de " Palmiers-Bâches " (*Mauritia flexuosa* –Granville, 1989 ; 1998a) présentes dans la plaine côtière ainsi que, occasionnellement, quelques formations à *P. officinalis* le long de " criques " du littoral. L'essentiel de la forêt marécageuse est formé par des formations intermédiaires regroupant plusieurs de ces espèces en formation mixte.



Figure 19 : Pneumatophores en arceaux de Manil (*Symphonia globulifera*) dans la région de Kourou.

### 1.2.4.3 La mangrove

#### Généralités

Il existe de nombreuses définitions de la mangrove qui varient quelque peu selon les auteurs. Toutefois, 2 acceptions sont admises pour ce terme :

*La mangrove est une formation végétale forestière formée de palétuviers qui se développe dans la zone de balancement des marées, en région tropicale et subtropicale.*

*Ce terme sert également à désigner l'écosystème dans lequel vivent les palétuviers.*

En Guyane, la superficie de mangrove est très variable dans le temps en raison du grand dynamisme de ce milieu. Toutefois, cette variabilité est accentuée par les méthodes d'estimation utilisées par les différents auteurs. Ainsi, elle était estimée à 500 km<sup>2</sup> en 1993 (Granville *et al.*) contre 951 km<sup>2</sup> en 1997 (Spalding *et al.*). Sa répartition le long des 300 km de côtes est inégale comme illustré sur la [Figure 20](#) entre Kourou et Iracoubo.

Peu exploitée, elle présente une biodiversité importante grâce à :

- **une valeur de refuge** face à la pression de chasse sur le littoral. Citons les espèces comme le singe hurleur (*Alouatta seniculus*), le tamarin (*Saguinus midas*), le coachi (ou coati) (*Nasua nasua*), le tamanoir (*Myrmecophaga tridactyla*), le tamandua (*Tamandua tetradactyla*), la biche des palétuviers (*Odocoileus virginianus*), le caïman noir (*Melanosuchus niger*), le caïman à lunettes (*Caïman crocodilus*), l'anaconda (*Eunectes* ssp.) ou encore le puma (*Felis concolor*) qui la traverse parfois.
- **une valeur nourricière**, comme pour l'aigrette blanche (*Egretta thula*), le héron bleu (*Florida coerulea*), le héron tricolore (*Hydranassa tricolor*), l'ibis rouge (*Eudocimus ruber*), l'ibis vert, des chevaliers, des courlis, un kikiwi (tyran), un pic à tête rouge, un colibri, le canard musqué (*Cairina moschata*), la buse des crabes (*Buteogallus aequinoctialis*) ainsi que pour le chien crabier (*Procyon cancrivorus*) ou l'anableps (*Anableps tetrapthalmus*).
- **Un lieu de vie** enfin pour les crabes des palétuviers (*Ucides cordatus*), les crabes violonistes (*Uca rapax* et *Uca maracoani*) dont les terriers jouent un rôle important dans l'aération du sol et l'assimilation de la matière organique (France, 1998) ou encore les crabes arboricoles (*Goniopsis cruentata*). Citons par ailleurs l'huître des palétuviers (*Crassostrea rhizophorae*) rencontrée essentiellement entre Tonnegrande et Montsinéry

dans un affluent de la rivière de Cayenne et qui tend à se raréfier suite à la pression des consommateurs. Enfin, on ne saurait conclure ce chapitre sans évoquer les multiples insectes vivant dans ce milieu parmi lesquels des fourmis (*Asteca* spp), des termites, des moustiques, des punaises, des abeilles dont le souvenir reste cuisant et, les plus désagréables de tous, les " mouches à feu ", petites guêpes dont les piqûres ont été plus que nombreuses.

On retiendra de cette biodiversité de la mangrove qu'elle n'est importante que par les espèces qui y transitent et non par une diversité intrinsèque importante. Il convient également de remarquer que nombre de ces espèces qui transitent ou se nourrissent en mangrove sont des espèces protégées en Guyane.



Figure 20 : Répartition de la mangrove entre Kourou et Iracoubo en 1987 - Cartographie réalisée par L. Cadamuro et M. T. Lee, d'après photographies IGN.

## **La flore :**

Les mangroves guyanaises sont caractérisées par quatre espèces arborescentes: *Avicennia germinans* (Aviceniaceae) et *Laguncularia racemosa* (Combretaceae) qui colonisent les bancs de vases en front de mer, *Rhizophora mangle* et *Rhizophora racemosa* (Rhizophoraceae) qui forment les peuplements de mangrove d'estuaire. La forêt marécageuse est, elle, caractérisée par une espèce arborée, *Pterocarpus officinalis* (Fabaceae).

Sans s'étendre sur la répartition générale des espèces par ailleurs décrite par Spalding *et al.* (1997), on remarquera l'absence d'*Avicennia schaueriana* pourtant présent au Brésil et au Guyana, de *Rhizophora harrisonii* présent au Brésil et au Venezuela et enfin, la présence de *Conocarpus erectus* dans une seule et unique station de Guyane située en dehors de la zone d'étude.

### **a. *Avicennia germinans* (Linnaeus) Stearn**

Synonymie : *Avicennia marina* (Forsk.) Vierhapper ; *Avicennia nitida* N.J. Jacquin

Famille : AVICENNIACEAE.

Nom vernaculaire : Le palétuvier blanc.

Description : ([Figure 21](#)) Cet arbre peut dépasser 30 m dans les mangroves guyanaises. Pionnier, il se présente le plus souvent en peuplements homogènes en front de mer et forme l'essentiel de la mangrove guyanaise.

Les principales adaptations de cette espèce aux conditions du milieu sont la présence de pneumatophores, l'existence d'un mécanisme de sécrétion du sel au niveau des feuilles et la viviparie de l'embryon.

Les pneumatophores sont des excroissances racinaires, spongieuses, faiblement enterrées, qui sortent de la vase grâce à un géotropisme négatif et assurent les échanges gazeux par de nombreuses lenticelles communiquant avec un aerenchyme sous-jacent. Ces racines traçantes jouent également un rôle important dans l'implantation des individus sur un substrat instable.

La sécrétion du sel se fait par l'intermédiaire de glandes foliaires qui excrètent le sel qui se cristallise alors sur les feuilles par évaporation.

La viviparie se matérialise extérieurement par le développement de poils réfléchis au niveau de l'hypocotyle (Chapman, 1976 ; Trochain, 1980).

Enfin, il est remarquable que les plantules de cette espèce sont capables de produire des graines (phénomène de néoténie).



Figure 21: *Avicennia germinans* – Fleur, inflorescence, feuille, fruit.

**b. *Laguncularia racemosa* (Linnaeus) Gaertner f.**

Synonymie : *Laguncularia obovata* Miquel

Famille : COMBRETACEAE.

Nom vernaculaire : Le palétuvier gris.

Description : (Figure 22) Cet arbre atteint une dizaine de mètres de haut dans les mangroves guyanaises. Pionnier, il est rapidement surcimé par *A. germinans*. Ses branches verticillées sont remarquables dans les paysages de mangrove.

Les principales adaptations de cette espèce se manifestent sous la forme de pneumatophores et de mécanismes d'excrétion du sel.

Comme pour *Avicennia*, les pneumatophores des *Laguncularia* leur évitent l'asphyxie racinaire en permettant les échanges gazeux à marée basse (Figure 23) avec toutefois une variante par rapport à *Avicennia* en la présence de pneumathodes. Ces pneumathodes se développent au sommet de racines " socles " (" *peg roots* ") qui s'étendent jusqu'à la surface du sol. Ce sont ces pneumathodes qui assurent les échanges gazeux racinaires (Chapman, 1976). Ils sont complétés dans cette fonction par de nombreuses lenticelles sur le tronc.

La résistance au sel se manifeste, elle, dans la multiplication des structures excrétrices au niveau des feuilles. Au niveau des jeunes feuilles, les nectaires extra-floraux situés sur le pétiole jouent le rôle de glandes à sel en excréant dans leur nectar du sodium, du chlore et du

calcium. Parallèlement, des glandes marginales (hydathodes) sécrètent un mucilage riche en minéraux. Enfin, sur les feuilles adultes, des glandes à sels se développent, apparaissant comme des points translucides à la face supérieure des feuilles (Koyro *et al.*, 1997).



Figure 22: Fleurs et feuilles de *Laguncularia racemosa*.



Figure 23: Pneumatophores de *Laguncularia racemosa*.

**c. *Rhizophora mangle* Linnaeus et *R. racemosa* G.F.W. Meyer**

Famille : RHIZOPHORACEAE

*Nom vernaculaire* : Le palétuvier rouge.

Description : ([Figure 24](#) - [Figure 25](#)) Fréquents dans les mangroves d'estuaire, ces 2 espèces sont souvent confondues comme en témoignent leur appellation unique de " palétuvier rouge " ainsi que les nombreuses confusions dans les identifications des échantillons d'herbiers déposés à l'Herbier de Guyane à Cayenne. Atteignant 30 m, ils se singularisent des autres espèces de mangrove par la présence de grandes racines – échasses.

Le fût est droit, l'écorce finement réticulée, de couleur plus sombre chez *R. mangle* que chez *R. racemosa*.

Les feuilles sont simples, entières, opposées décussées, de forme lancéolée à elliptique (~15 x 5 cm). L'apex est obtus, la base atténuée. Le limbe est glabre, légèrement succulent. *R. mangle* présente de fines ponctuations noires à la face inférieure ([Figure 26](#)). Le pétiole et la nervure principale sont glauques chez *R. mangle*, rougeâtres chez *R. racemosa*. L'extrémité du rameau est protégée par un capuchon stipulaire vert-jaune chez *R. mangle*, rougeâtre chez *R. racemosa*.

Les fleurs sont blanches verdâtres chez *R. mangle*, jaunes chez *R. racemosa*. Elles sont regroupées en grappes lâches terminales, à 2-3 fleurs chez *R. mangle* ([Figure 24](#)), 15-30 chez *R. racemosa* ([Figure 25](#)).

Les principales adaptations de ces espèces se manifestent sous la forme de racines - échasses et de mécanismes de filtration du sel.

Les racines – échasses assurent la stabilité des individus ainsi que l'aération des tissus racinaires par la présence de nombreuses lenticelles en relation avec un aerenchyme sous-jacent (Trochain, 1980).

La résistance au sel (NaCl) est assurée par une membrane racinaire à perméabilité sélective qui empêche le passage du NaCl et maintient une pression osmotique interne hautement négative autorisant l'absorption de l'eau (Smith & Snedaker; 1995).

Par ailleurs, la survie des graines est assurée par une viviparie très marquée chez des 2 espèces, l'embryon du fruit germant et se développant sur l'arbre avant même de s'en détacher. La radicule de l'embryon atteint 15 à 20 cm de long, fusiforme et lestée à la base,

elle se plante verticalement dans la vase à marée basse. A marée haute, la propagule flotte dans l'eau saumâtre puis est rejetée sur la côte où elle germera si les conditions s'avèrent favorables.



Figure 24: *Rhizophora mangle* - Inflorescence.



Figure 25 : *Rhizophora racemosa* - Inflorescence



Figure 26: *Rhizophora mangle* – Détail de la feuille, face inférieure.

**d. *Pterocarpus officinalis* N.J. Jacquin**

Famille : FABACEAE

*Nom vernaculaire* : Le moutouchi marécage.

Description : (Figure 27) Arbre pouvant atteindre les 30 m aux larges contreforts lui assurant une bonne stabilité dans les milieux marécageux.

Le fût est courbe, lié au modèle architectural de l'arbre (modèle de Troll), l'écorce est fine, laissant échapper un latex rouge à l'entaille.

Le fruit est une gousse circulaire ailée monosperme capable de germer alors qu'elle flotte sur l'eau. Toutefois, le développement d'un appareil racinaire n'intervient que si le niveau de l'eau est inférieur à 3-4 cm (Bacon, 1990) ce qui limite considérablement la répartition de cette espèce.



Figure 27: *Pterocarpus officinalis* –Inflorescence, Fleurs et Fruit.

**Au cours des inventaires de terrain, d'autres espèces ont été rencontrées. Les principales font l'objet d'une description succincte ci-après.**

**e. Autres espèces**

*Acrostichum aureum* Linnaeus. (PTERIDACEAE) La fougère dorée (Figure 28). Cette grande fougère pantropicale peut atteindre 2-3 m de haut et couvrir de larges plages dans les vieilles mangroves. Elle est généralement considérée comme un marqueur de dessalure et de relèvement du sol.



Figure 28: *Acrostichum aureum*.

*Cyperus giganteus* Vahl (CYPERACEAE). (= *Papyrus gigantea* (Vahl) Schrader ex Nees) Herbacée pouvant atteindre 2 m de haut se rencontrant usuellement dans les marais côtiers.

*Montrichardia arborescens* (Linnaeus) Schott (ARACEAE). Cette herbacée géante à tige souvent épineuse, spongieuse peut atteindre 5-6 m de haut. Elle est typique des milieux inondés en permanence (marais, criques).

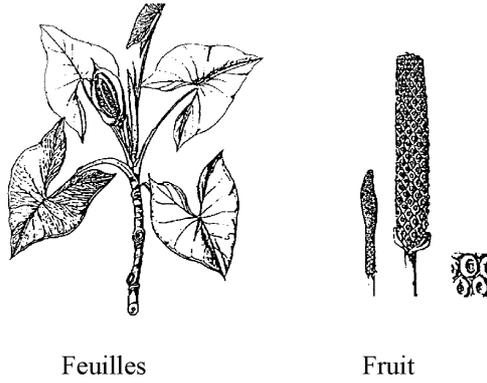


Figure 29: *Montrichardia arborescens* (Martius et al., 1841).

*Rhabdadenia biflora* (N.J. Jacquin) Müller-Argoviensis (APOCYNACEAE). Cette liane est sans doute une des plus importantes de la mangrove, envahissant le milieu dès que celui-ci tend à s'ouvrir ([Figure 30](#)). L'ensemble de la plante libère un latex blanc à l'entaille.



Figure 30: *Rhabdadenia biflora* – Massif et fleur.

*Tabebuia fluviatilis* (Aublet) A.P. De Candolle (BIGNONIACEAE). Cet arbuste peut dépasser 10 m de haut ([Figure 31](#)). On le rencontre dans les forêts marécageuses du littoral, en association avec *P. officinalis*.



Figure 31: *Tabebuia fluviatilis*. (Fournet, 1978).

### **I.3. Matériel et Méthodes**

*Suite à la présentation du contexte de l'étude, ce chapitre présente en détail la zone d'étude, le protocole des expérimentations sur le terrain comme en laboratoire ainsi que les outils utilisés.*

#### **I.3.1. Sites d'étude**

Le site d'étude devait présenter deux caractéristiques essentielles: être accessible en toute saison par la terre et être situé à l'interface des influences marines et fluviales. Par ailleurs, il devait également être préservé au maximum de l'influence anthropique (abattis, routes). Les travaux de Lointier (1986) situent la zone de balancement du front salé dans l'estuaire du Sinnamary (limite 0,01 g/l NaCl) entre le niveau de la route de l'Anse et la crique Toussaint ([Figure 32](#)). Parallèlement, il remarque que, au niveau du Sémaphore (*cf.* [Figure 35](#)), le fond du Sinnamary subit une nette remontée liée au dépôt des particules en suspension dans l'eau (*cf.* paragraphe [I.2.2.1](#)). On peut donc raisonnablement penser que la zone d'interface entre les **influences** marine d'une part, et fluviale d'autre part, se trouvera à proximité de ce point.

La délimitation de la zone d'étude s'est appuyée sur l'expérience acquise lors de projets précédents ainsi que des résultats de A. Peltier (1993).

Bien qu'offrant un accès par la piste " Route de l'Anse ", la rive droite du Sinnamary a été écartée car, la zone susceptible d'être étudiée non seulement ne présentait pas de cordon sableux favorisant le cheminement mais présentait un peuplement d'*Hibiscus tiliaceus* très difficilement pénétrable ([Figure 33](#)). De plus, la zone amont de cette rive, directement accessible par la piste présentait des signes d'anthropisation marquée (abattis, pâturages).

Au contraire, le lieu-dit " Brigandin " Situé à 5 km à vol d'oiseau de la ville de Sinnamary satisfait aux exigences définies précédemment et justifie l'étude de quatre transects perpendiculaires au fleuve, sur la rive gauche. Accessible par la " Piste Jojo ", faiblement anthropisé, ce site présente l'avantage de fournir un large accès au Sinnamary grâce à la présence d'un cordon sableux qui longe le fleuve et permet un déplacement relativement aisé dans un sous-bois clair et sur un substrat stable ([Figure 34](#)).

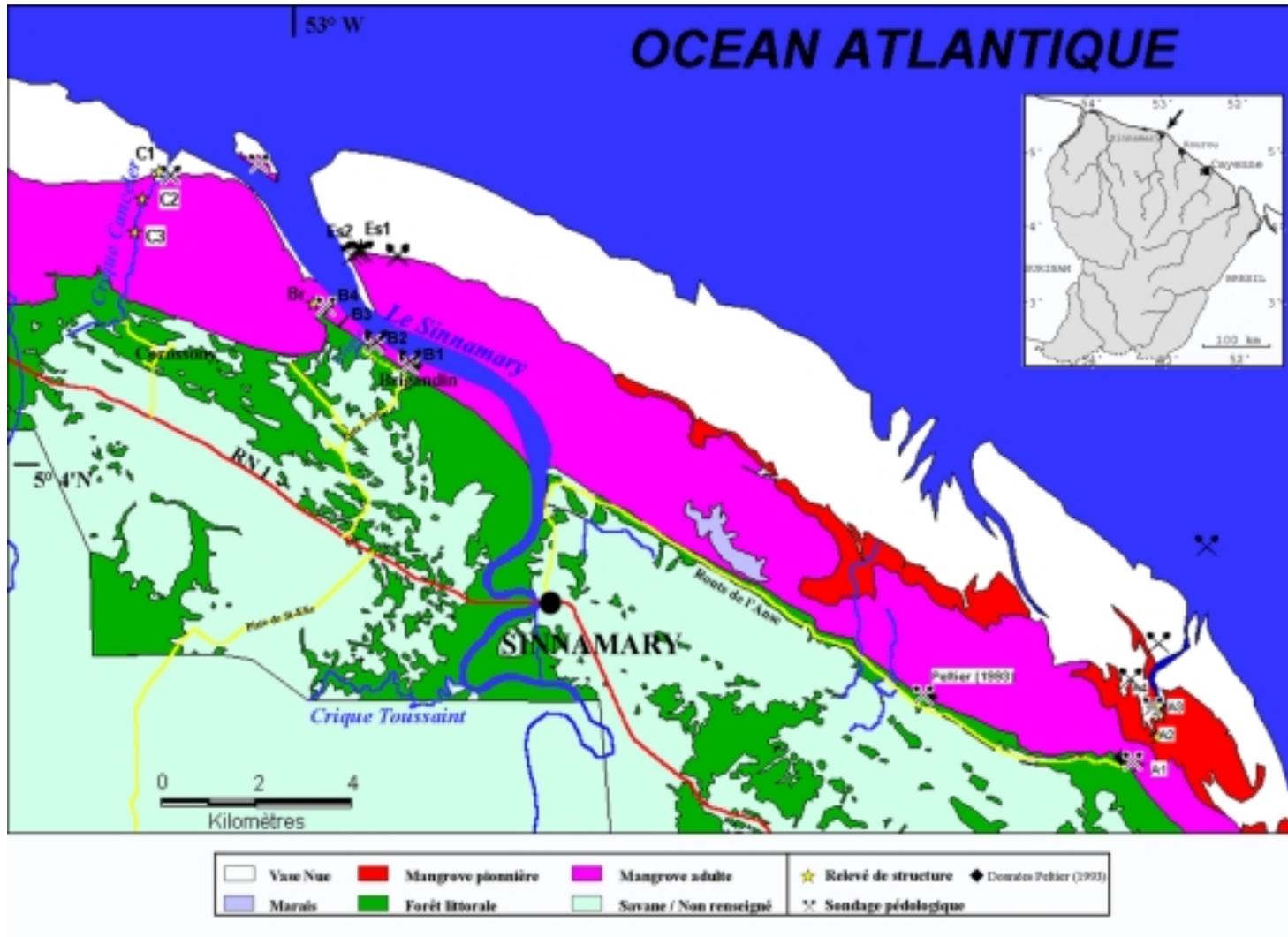


Figure 32 : Zone d'étude: Formations végétales et localisation des sites prospectés (**A** : Relevés sur le site de l'Anse ; **B1- B4** : Transects B1 à B4 ; **Br** : Relevé sur le site Brigandin ; **C** : Relevés sur le site Canceler ; **Es** : Relevés sur le site Estuaire). Cartographie d'après une image SPOT de 1997. (Collaboration LET / Texas A&M)



Figure 33: Layon<sup>(23)</sup> côtier Route de l'Anse dans un massif à *Hibiscus tiliaceus*.



Figure 34: Végétation sur cordon sableux.

Le dispositif expérimental sur le site étudié se compose de parcelles permanentes et de parcelles occasionnelles installées dans des milieux caractéristiques.

Les parcelles permanentes sont regroupées au sein de 4 transects successifs, rive gauche du Sinnamary (Figure 35). Ces transects couvrent une superficie de 2,17 ha et recensent plus de 70 000 individus de 26 espèces différentes.

Ce type de dispositif en transects répartis sur l'estuaire a été adopté pour avoir une idée des gradients pouvant exister dans les 2 dimensions Amont - Aval et Rive – Cordon sableux.

---

<sup>23</sup> Layon : Chemin tracé en forêt (Hachette encyclopédique, 1995).

Par ailleurs, des données ont été recueillies de façon ponctuelle dans des peuplements adjacents ([Figure 32](#)) afin de pouvoir caractériser les données recueillies sur les transects en les comparant avec d'autres faciès de mangrove. Ces mesures ont été effectuées sur la crique Canceler (mangrove adulte, dépérissante et cimetière de mangrove), au bout du cordon sableux de Brigandin (mangrove adulte), à l'embouchure du Sinnamary (rive droite, mangrove pionnière âgée de 2-3 ans) et au bout de la piste de l'Anse (mangrove pionnière âgée de 5 ans).

Au total, 2,6 ha ont ainsi été inventoriés sur 14 sites différents.

La délimitation des différentes parcelles a été effectuée par progression à la boussole et mesure au topofil. Par ailleurs, les parcelles comparatives ont été délimitées dans des formations physionomiquement homogènes.

Les inventaires de terrain demandent un investissement en temps et en moyens humains souvent considérables. Dans un milieu comme la mangrove où les déplacements sont rendus particulièrement pénibles par l'instabilité du substrat, les efforts à déployer pour un inventaire sont décuplés par rapport aux formations de terre ferme. Le choix du niveau d'inventaire est donc crucial dans la quantité de travail qui sera à fournir pour atteindre les objectifs fixés.

Dans notre cas, l'étude vise fondamentalement à quantifier une modification éventuelle de la flore sur une période relativement courte (2 ans) et mettre en évidence une déviation par rapport à la dynamique naturelle qui prévalait jusqu'alors. Seul un inventaire exhaustif de la flore présente sur cette zone pouvait autoriser la mise en évidence de tels phénomènes.

L'inventaire exhaustif permet de mieux comprendre d'une part quelle a été la dynamique de la végétation dans le passé grâce à l'étude de la structure de la population. D'autre part, par l'étude des phénomènes de régénération et de colonisation, la dynamique actuelle et l'évolution future du peuplement peuvent être pressentis.

Le positionnement des différents individus au sein des transects permet de mettre en évidence les phénomènes de répartition des espèces en fonction des caractéristiques du milieu. Cela permet également de mettre en évidence quelles sont les zones les plus dynamiques.

L'inventaire exhaustif avec positionnement des individus a donc été retenu pour les parcelles permanentes. Pour les autres parcelles, le niveau d'inventaire a été adapté en fonction de la difficulté du milieu et du temps disponible pour la réalisation des travaux.

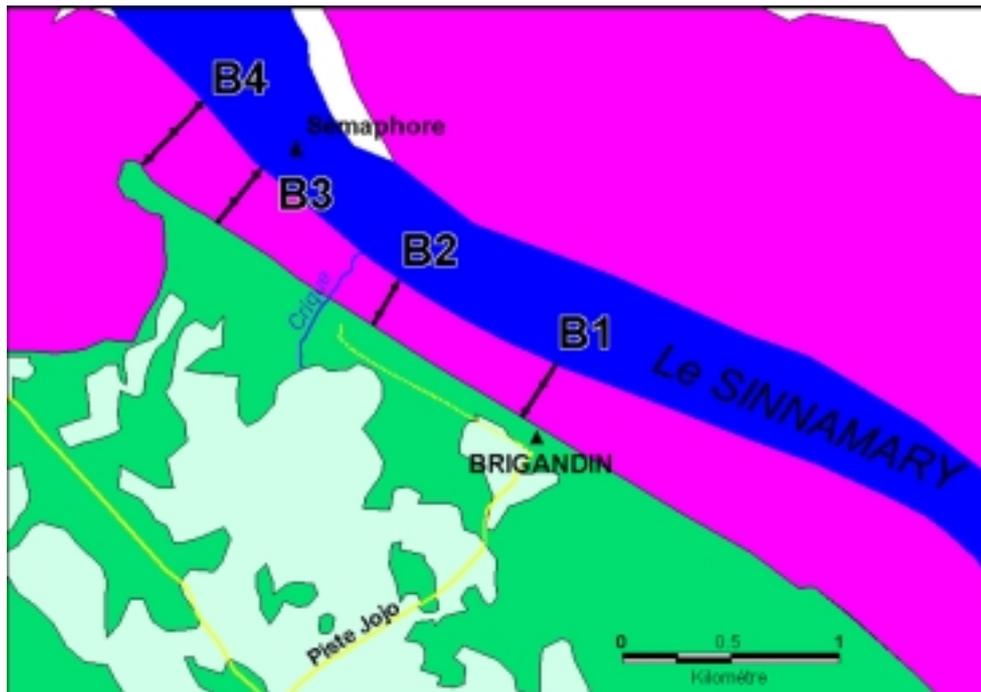


Figure 35: Localisation des transects sur le site d'étude.

### *1.3.1.1 Les transects :*

La mise en place des transects s'est faite par établissement d'un layon de base tracé à la machette à travers la végétation. Ils sont tous installés perpendiculairement à l'axe du fleuve et orientés selon une progression allant du fleuve vers le cordon sableux.

Le premier transect (B1) a une longueur de 290 m pour 10 m de largeur. L'inventaire s'est fait sur 5 m de part et d'autre d'un layon central sur 29 placettes de 10 x 10 m. Le layon a été matérialisé de façon permanente par l'installation d'une cordelette centrale marquée tous les 10 m. Ce type d'inventaire a été adopté pour faire face à la très forte densité du peuplement qui s'offrait à nous.

Les 3 autres transects font respectivement 230, 320 et 390 m de long sur 20 m de large. Des parcelles permanentes de 20 m x 20 m ont été délimitées depuis le fleuve jusqu'au cordon littoral. Les parcelles ont été subdivisées en 4 placettes de 10 m x 10 m puis inventoriées ([Figure 36](#)). Les placettes ont été matérialisées sur place par de la cordelette coton ordinairement utilisée pour confectionner les filets de pêche.

L'expérience acquise par le Laboratoire d'Ecologie Terrestre sur la structure des mangroves a montré que des parcelles de 400 m<sup>2</sup> étaient bien adaptées à l'étude des peuplements adultes de ces milieux. Par ailleurs, la subdivision de ces parcelles en 4 placettes de 100 m<sup>2</sup> permet d'obtenir des données sur des surfaces d'inventaire identiques sur tous les transects. D'autre

part, cette subdivision permet la localisation des différentes plantes au mètre près au sein du transect. L'erreur augmenterait de façon considérable si l'on ne matérialisait que les limites de parcelle à 20 m, principalement à cause de la difficulté des déplacements dans la vase. Cette subdivision permet donc d'identifier un transect comme étant la juxtaposition de 2 bandes de 10 m de larges : une bande " Aval " constituée des placettes a & c, une bande " Amont " constituée des placettes b & d.

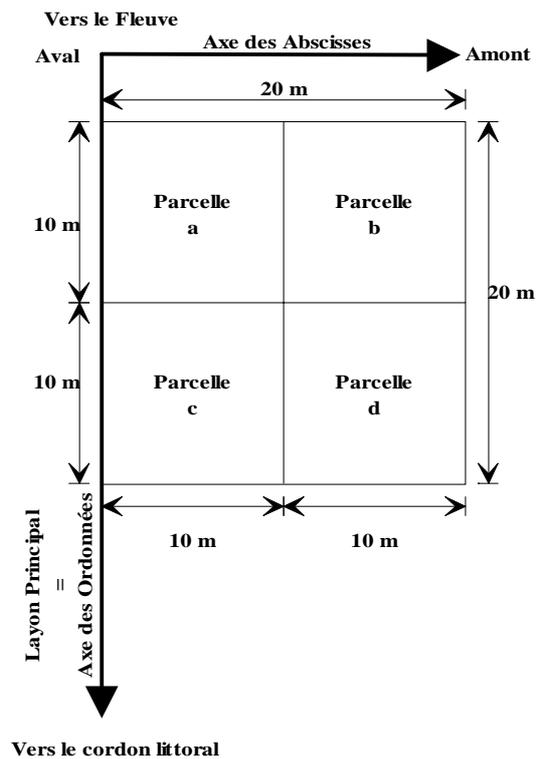


Figure 36 : Schéma de mise en place des parcelles d'échantillonnage sur le transects.

Afin d'éviter les effets de lisière, les placettes sont au moins distantes de 10 m par rapport au cordon littoral et au fleuve.

L'inventaire botanique réalisé pour chaque parcelle consiste en un relevé floristique aussi exhaustif que possible. Toutes les espèces ont été identifiées par comparaison avec d'autres spécimens déposés à l'Herbier de Guyane ainsi qu'en utilisant les descriptions existant dans la littérature (Crisan, 1981; CTFT, 1972; Fournet, 1978; Lescure, 1977; Little *et al.*, 1974; Montagut, 1981; Peltier, 1993). La position de chaque plante au sein des transects B2 à B4 a été mesurée au mètre près. Pour le transect B1, seule la distance à la rive a été notée.

Pour chaque individu, le D.B.H. (*Diameter at Breast Height = Diamètre à hauteur de poitrine*) a été relevé. Ce diamètre a été mesuré à 1,30 m sur les individus atteignant au moins 2 m de haut et, à au moins 50 cm au-dessus des dernières racines ou contreforts (racines échasses de

*Rhizophora*, contreforts de *Pterocarpus*). Pour les individus n'atteignant pas 2 m de haut, la mesure a été faite au niveau de la première ramification. Pour les individus n'atteignant pas 1 cm de diamètre, la valeur moyenne de 0,7 cm leur a été affectée. Concernant les lianes, leur diamètre moyen a été estimé.

La hauteur de chaque individu a été mesurée au mètre ruban ou au télémètre optique (Rangin 120).

Enfin, sur chaque parcelle de 10 x 10 m, le taux de recouvrement de chaque espèce a été estimé.

### ***1.3.1.2 Les parcelles comparatives :***

Pour toutes les parcelles étudiées, la hauteur des individus a été relevée et leur diamètre a été mesuré chaque fois qu'il dépassait 1 cm.

**Plage de l'Anse :** (05° 20' 45'' N – 052° 50' 45'' W) : Peuplement pionnier.

Quatre sites ont été inventoriés route de l'Anse:

- Le site **Anse 1** situé à proximité du cordon sableux dans une mangrove âgée de 5 ans. L'inventaire a été fait sur 5 placettes jointives de 5 x 5 mètres selon une progression vers la mer (axe Sud-Nord), la première placette se trouvant à une dizaine de mètres de la plage.
- Le site **Anse 2** se situe à 600 mètres de la plage. Il est formé de 5 placettes jointives de 5 x 5 mètres orientées Ouest-Est.
- Le site **Anse 3** se situe à 1 200 mètres de la plage. Il est formé de 5 placettes jointives de 5 x 5 mètres orientées Ouest-Est.
- Le site **Anse 4** se situe à 1 300 mètres de la plage. Il est formé d'une placette de 5 x 5 m.

**Brigandin** : (05° 25' 57" N - 53° 00' 07" W) : Peuplement adulte.

Une parcelle de (20 x 20) m a été délimitée au topofil et à la boussole dans une zone physionomiquement homogène. Dans cette parcelle, un inventaire exhaustif a été effectué sur tous les individus présentant un développement supérieur à 10 cm.

**Crique Canceler** : (5° 27' 27" N - 53° 01' 53" W): Peuplement adulte.

Trois sites ont été inventoriés :

- Le site **Canceler 1** (C1) est situé à l'embouchure de la crique (5° 27' 27'' N - 53° 01' 53'' W), dans un cimetière de mangrove où 3 parcelles de (20 x 20) m ont été délimitées puis inventoriées. Compte tenu de la faible densité des individus et de l'absence de sous-bois, l'inventaire a été exhaustif sur les 3 parcelles.
- Le site **Canceler 2** (C2) se situe en amont sur la crique (5° 27' 08" N - 53° 02' 04" W), dans une mangrove adulte. Trois parcelles de (20 x 20) m ont été délimitées au topofil et tous les individus de diamètre supérieur à 10 cm inventoriés. Une bande de 2 m de large a également été délimitée au sein de laquelle un inventaire exhaustif a été réalisé.
- Le site **Canceler 3** (C3) est le plus amont des 3 (5° 26' 45" N - 53° 02' 08" W), dans une mangrove déperissante. Trois parcelles de (20 x 20) m ont été délimitées puis inventoriées selon le même protocole que pour Canceler 2.

**Estuaire du Sinnamary** : (5° 26' 35'' N – 52° 59' 35'' W): Peuplement pionnier.

Deux sites ont été inventoriés :

- Le site **Estuaire 1**, situé sur la frange marine du peuplement de mangrove rive droite à l'embouchure du Sinnamary (5° 26' 35'' N – 52° 59' 35'' W), dans une mangrove pionnière de front de mer de 3-4 ans. Une parcelle de 10 x 10 m a été inventoriée et tous les individus ont été décrits par leur diamètre, 50% d'entre eux également par leur hauteur.
- Le site **Estuaire 2** se situe plus encore en influence marine (5° 26' 36'' N – 52° 59' 34'' W), dans une mangrove pionnière de front de mer âgée de 2-3 ans. Une parcelle de 5 x 5 m a été délimitée. Une estimation de la hauteur moyenne de la voûte a été effectuée.

### **I.3.2. Etude de la végétation**

L'objectif fixé comme cadre de ce travail est d'étudier les caractéristiques des formations et ainsi que leur dynamique. Pour caractériser la physionomie des formations, les descripteurs classiques de structure ont été relevés, leurs descripteurs associés ont été calculés et la localisation des individus au sein des parcelles permanentes a été relevée. Des indices biologiques utilisés dans les études de structure des forêts tropicales ont été étudiés afin de comparer les différents types de formations. Enfin, une hypothèse de corrélation entre la structure du peuplement et sa réponse spectrale a été testée.

La dynamique de la végétation a été étudiée selon 2 axes, l'un concernant la dynamique au niveau spécifique avec une étude diachronique des caractères structuraux, l'autre concernant l'évolution des formations végétales avec un suivi de l'évolution du couvert végétal à différentes échelles.

#### ***I.3.2.1 Structure du peuplement***

- La densité, la densité relative, la dominance relative, la fréquence spécifique, la fréquence relative, la surface terrière, le diamètre moyen, la hauteur moyenne, l'Indice de Complexité (*Complexity Index*) et le "*Species Importance Value Index*" ont été calculés selon les adaptations citées en littérature pour les peuplements de mangrove (Cintron & Schaeffer-Novelli, 1984; Pool *et al.*, 1977). Les formules utilisées ont été les suivantes:

##### ***Densité :***

$$D = [N_i / S_{(ha)}]$$

Nombre de tiges / surface d'inventaire (ha)

##### ***Densité relative :***

$$RD = [(N_i_{sp} / \sum N_i_{sp1..n}) \times 100]$$

(Nombre d'individus d'une espèce /  $\sum$  individus toutes espèces) x 100

##### ***Surface terrière :***

$$ST = \sum [\pi (DBH)^2 / 4]$$

$\sum$  surface occupée par les troncs (section faite au DBH) sur une parcelle (en m<sup>2</sup>/ha)

***Dominance relative :***

$$RDo = [(ST_{sp_x} / ST_{sp_{1..n}}) \times 100]$$

(Surface terrière d'une espèce /  $\Sigma$  surfaces terrières toutes espèces) x 100

***Fréquence spécifique***

$$Frq\ sp_x = [ np_{(sp_x)} / Np ]$$

Nombre de parcelles contenant une espèce / Nombre de parcelles total

***Fréquence relative :***

$$Frq.R\ sp_x = [ Frq\ sp_x / \Sigma Frq\ sp_{1..n} ]$$

(Fréquence d'une espèce /  $\Sigma$  toutes les fréquences) x 100

***Indice de complexité :***

$$IC = [ N_{sp} \times D \times ST \times H_{moy.} \times 10^{-5} ]$$

Nombre d'espèces x Densité x Surface terrière x Hauteur moyenne x 10<sup>-5</sup>

***Importance value index***

$$IVI\ sp_x = [ RD + RDo + Frq.R\ sp_x ]$$

Densité relative + Dominance relative + Fréquence relative

- Le relèvement des coordonnées de chaque individu au sein des différents transects permet d'établir les cartes de répartition des différentes espèces au sein des transects ainsi que la répartition spatiale des individus d'une même espèce que ce soit au niveau du transect ou de la zone d'étude.
  
- Le croisement des informations issues de la datation des peuplements (cf. [p 72](#)) et de la typologie issue de la photo-interprétation a permis de définir des parcelles d'échantillonnages plus précises et plus pertinentes que la seule interprétation visuelle dans la classification supervisée d'une image SPOT par traitement d'image. Cette

démarche permet d'associer l'histoire du peuplement à la réponse spectrale de ses composants.

Les images SPOT ont été contrastées par un étalonnage linéaire<sup>24</sup> et les zones n'appartenant pas au domaine maritime ont été masquées afin de ne pas être prises en compte lors des classifications.

Les parcelles d'échantillonnages ont été choisies en fonction des formations identifiées par le travail de terrain, les survols et les photographies aériennes réalisés. Elles ont été calées sous MapInfo™ afin d'être associées à l'âge de la formation échantillonnée. Ces parcelles ont enfin été utilisées dans la classification supervisée des images SPOT sous IDRISI™ après avoir recalé géographiquement les fenêtres SPOT étudiées. Différents types de classifications ont été testés dans chaque cas afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles en termes de pourcentage de pixels classés et de nombre de pixels isolés.

Les différentes limites de classes obtenues selon les années ont ensuite été comparées et la qualité de ces classifications a été évaluée.

### *1.3.2.2 Dynamique de la végétation*

- **En complément de l'étude diachronique des caractères structuraux, un suivi de l'évolution du peuplement au cours des 2 années d'études de terrain a été réalisé.**

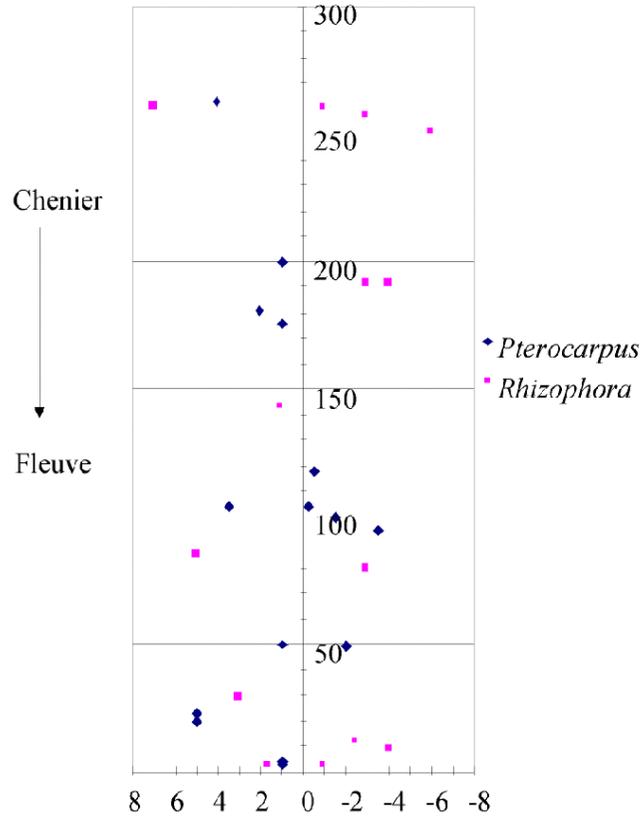
Un **second inventaire** s'intéressant uniquement à la **composition floristique** des transects a été réalisé en Février 1997, un nouvel inventaire exhaustif ne pouvant être réalisé compte tenu de la faiblesse des moyens humains disponibles. Cet inventaire a été complété par une évaluation du **taux de recouvrement** des différentes espèces au sein de chaque placette de (10 x 10) mètres.

Par ailleurs, des **rubans dendromètres** ont été installés en 1996 sur 40 *R. racemosa* et 25 *P. officinalis* répartis sur les transects B1, B2 et B3 ([Figure 37](#)).

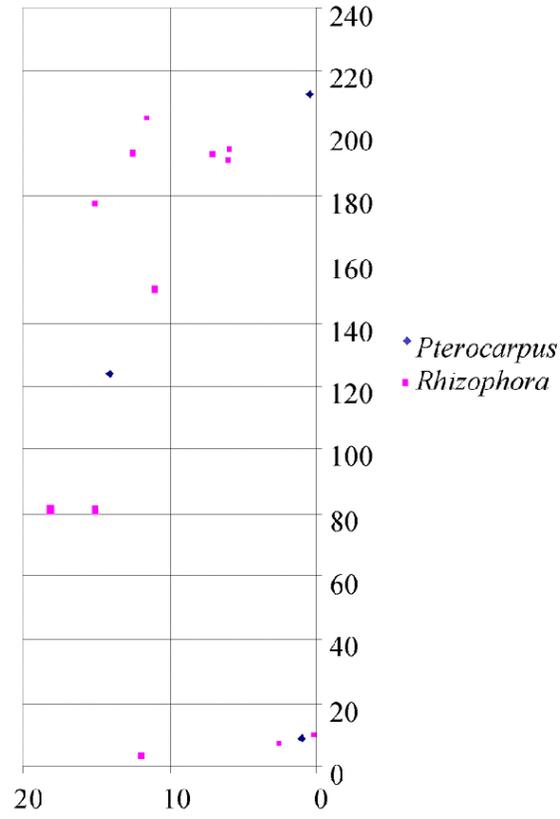
---

<sup>24</sup> Les nouvelles valeurs sont créées par une mise à l'échelle des valeurs entre un minimum et un maximum spécifié. Toutes les valeurs supérieures à ce maximum seront assignées à cette limite maximum et de même pour les valeurs inférieures au minimum qui seront assignées à ce dernier.

Répartition des dendromètres sur B1



Répartition des dendromètres sur B2



Répartition des dendromètres sur B3

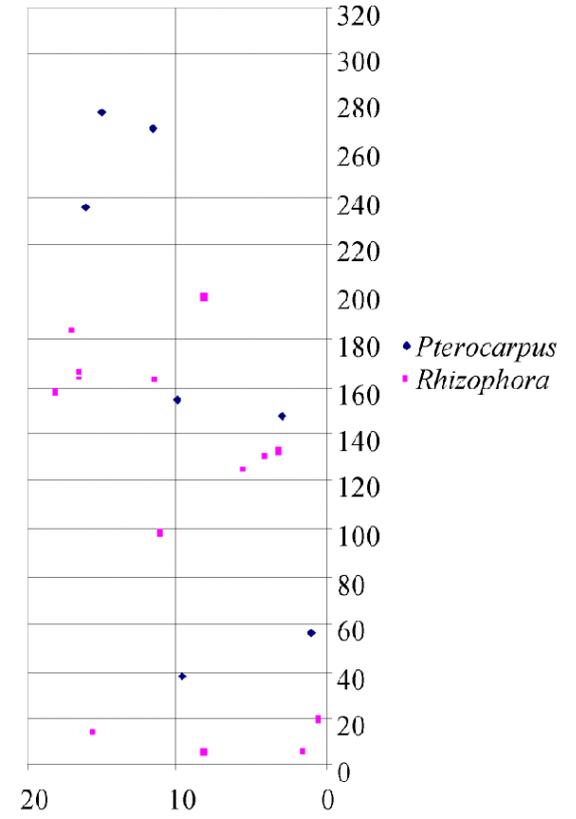


Figure 37: Répartition des rubans dendromètres sur les transects.

Ce dispositif permet de recueillir des données sur la croissance en circonférence de ces espèces tout au long de l'année. Couplées avec un suivi du développement de plantules de *R. racemosa*, ces données permettent de mieux comprendre la dynamique de cette espèce au sein du peuplement de mangrove.

**Le suivi du développement des plantules** de *R. racemosa* a été effectué sur 5 placettes de 2 x 2 m. Les dimensions des placettes ont été choisies afin de pouvoir accéder à chaque plantule sans avoir à pénétrer dans la placette, ce pour éviter que le piétinement ne perturbe le milieu. Les 5 placettes ont été implantées dans des zones présentant une **régénération** en *R. racemosa* **active** présupposant que les conditions du milieu à cet endroit se trouvaient être les plus favorables à l'espèce. Les diamètres des plantules étant faibles, leur hauteur a été préférée pour évaluer l'accroissement. Chaque plantule a été repérée, étiquetée et sa hauteur relevée tous les 2 mois sur une période de 1 an.

➤ **Le suivi de l'évolution des formations végétales a été abordé par combinaison des techniques de cartographie et de photo-interprétation.**

En étroite collaboration avec le département d'Océanographie dirigé par Mead Allison de la Texas Agriculture & Mechanic University à Galveston qui s'intéresse depuis plusieurs années à la dynamique des sédiments amazoniens, la cartographie de la zone de l'estuaire à différentes dates au cours de ces 50 dernières années a été réalisée.

Afin d'étudier cette dynamique côtière, la Texas A&M a utilisé 4 missions de photographies aériennes de l'IGN couvrant la zone Kourou - Sinnamary datées de 1951, 1955, 1976 et 1987. Pour sa part, le LET s'est porté acquéreur d'une image SPOT de 1997<sup>25</sup> et a fourni des images sur la zone pour les années 1988 (Landsat TM), 1991<sup>26</sup> et 1993<sup>27</sup> (SPOT). Enfin, une carte des limites de la mangrove pour l'année 1966 a été puisée dans l'atlas des DOM-TOM édité par l'ORSTOM (1979).

L'ensemble des photographies aériennes a été numérisé et ces photos ont été assemblées sous la forme de mosaïques d'images. Ces supports ont ensuite été recalés dans un Système d'Information Géographique (MapInfo™) et l'estuaire a été cartographié pour chacune de ces dates. Les différentes formations ont été identifiées par interprétation visuelle sur les mosaïques comme sur les images satellites.

---

<sup>25</sup> Scene ID : 2 690-339 97/09/02 14 :20 :23 2 X

<sup>26</sup> Scene ID : 2 689-339 91/09/06 13 :58 :00 2 X

<sup>27</sup> Scene ID :3 690-339 93/10/02 13 :56 :35 1 X

Cette succession de cartes nous donne une idée de la dynamique côtière qui s'est opérée sur cette zone au cours des 50 dernières années. Cette méthode est rappelée dans ce mémoire sous le terme de " **cartographie historique** ".

Par ailleurs, en reportant les limites observées pour chaque année sur la carte la plus récente de la zone, on a pu donner une estimation de l'âge de chaque formation végétale.

Dans la pratique, les cartes thématiques différenciant plusieurs formations végétales ont été réalisées pour les années 1951, 1955, 1976, 1987, 1991 et 1997. Les informations issues de l'image LANDSAT TM de 1988 n'ont pas été retenues du fait de la proximité temporelle avec les photographies de l'IGN de 1987. De même, la forte couverture nuageuse présente sur l'image SPOT de 1993 nous a amené à écarter cette image lors des photo-interprétations. Toutefois, elle a été retenue pour le dessin du trait de cote.

- **Si la photo-interprétation des images disponibles sur la zone a permis de différencier et de cartographier les formations végétales présentes sur l'estuaire, une attention particulière a été accordée au site Brigandin.** Une interprétation visuelle a donc été réalisée pour les années 1951, 1955, 1976 et 1987 en ce qui concerne les photographies aériennes de l'IGN, 1991 et 1997 pour les images SPOT (complétées par une image de 1993) et 1988 pour une image Landsat TM. Pour les mêmes raisons que précédemment, les images de 1988 et 1993 ont été écartées.

Cette photo-interprétation a été complétée par l'acquisition d'images aériennes obliques à basse altitude lors de 2 survols de la zone au moyen d'un U.L.M. et d'un avion léger en 1996 et 1998. Bien que nécessitant un gros travail de rectification géométrique du fait de l'angle de prise de vue et de la qualité des optiques employées, ces photographies à basse altitude se sont révélées très utiles dans la caractérisation des formations végétales. Le matériel de prise de vue était constitué en 1996 d'un boîtier BX 20 Praktika (Zoom 35-70 mm réglé à 70 mm) chargé avec des films Fuji SuperG ISO 200. En 1998, il était composé d'un EOS 500 Canon (Zoom Tamron 28-80 mm asphérique réglé sur 80 mm) chargé avec des films Fuji SuperG ISO 200. La hauteur de prise de vues en 1996 était alors de 1 000 m contre 700 m en 1998.

Les phénomènes de transformation de la mangrove ont ainsi été mis en évidence.

### **I.3.3. Etudes géochimiques**

L'environnement dans lequel ces formations se sont développées a été appréhendé afin de caractériser les interactions pouvant se développer entre le milieu et la végétation.

- **Les caractéristiques physico-chimiques du sol ont fait l'objet d'une étude particulière. Des carottages dans la vase à différents sites ont été réalisés (Tableau 1 / Tableau 2).**

Ces échantillons ont été prélevés sur 3 ans, en saison sèche (novembre 1996, novembre 1997 et novembre 1998) et en saison des pluies (avril 1997).

Tableau 1: Nombre et dates des prélèvements de vase par site.

Localisation	Nombre de prélèvements	Novembre 1996	Avril 1997	Novembre 1997	Novembre 1998
Transect B1	4	-	*	*	*
Transect B2	6	*	*	*	*
Transect B4	5	-	-	*	-
Route de l'Anse	1	-	-	*	-
Anse 1	1	-	*	*	-
Anse 4	1	-	-	*	-
Canceler 1	1	-	*	-	-
Estuaire 1	1	-	-	-	*
Estuaire 2	1	-	-	-	*
Ilot des Palétuviers	1	-	*	-	-

Tableau 2: Localisation des points de sondages sur les transects:

Transect	B1				B2						B4				
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5
<b>X (m)</b>	0	4	7	6	15	2	9	5	7	13	7	2	2	8	4
<b>Y (m)</b>	10	90	170	275	0	55	87	155	197	221	3	90	180	240	370

Le prélèvement des carottes a été effectué à l'aide d'une tarière à vase de 1 mètre de long (Figure 38). Ces carottages ont atteint une profondeur de 2 mètres chaque fois que la nature du sol le permettait. Les carottes obtenues ont été conditionnées pour leur transport jusqu'au Centre ENGREF de Kourou en étant placées dans des tubes P.V.C. et enrobées

dans un film plastique ([Figure 39](#)). Là, les premières analyses ont été faites suivant le protocole défini par F. Baltzer (1982), à savoir :

- une mesure de la salinité des eaux interstitielles qui ici a été réalisée par extraction de cette eau et lecture de la teneur en sel à l'aide d'un réfractomètre ATAGO (Baltzer *et al.*, 1994)
- une mesure du pH et du potentiel d'oxydoréduction. Ces mesures de pH et de potentiel rédox ont été réalisées par insertion directe de l'électrode dans la vase des carottes à l'aide d'un pH-Eh mètre de type KNICK-portamess.

Toutes les mesures ont été effectuées en plusieurs points sur chaque carotte, à 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 et 200 cm de profondeur.

Toutefois, des problèmes de matériel ne nous ont pas permis d'effectuer les mesures prévues sur les échantillons de 1996.

**Les échantillons ont ensuite été reconditionnés pour être expédiés en France métropolitaine pour y subir des analyses plus poussées. Ainsi, les échantillons de novembre 1996 ont été expédiés au Groupe de Pétrologie Organique de l'Université d'Orléans où elles ont été analysées dans le cadre du DEA de L. Gojard (1998), les autres échantillons ont été expédiés au LET où 9 carottes de novembre 1997 ont été analysées dans le cadre du DEA de S. Nivelet (1998).**



Figure 38: Carottage en mangrove.



Figure 39: Conditionnement des carottes de terre.

- Les échantillons à expédier au LET ont été débités en cylindres de 2 cm d'épaisseur sur 5 cm de diamètre correspondant aux niveaux 0, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 et 200 cm de profondeur du sondage sous réserve qu'il atteigne cette profondeur. Ces prélèvements ont été mis à sécher dans une étuve à 60°C pendant 36 heures. Ils ont ensuite été placés sous emballages plastiques étanches pour être expédiés à Toulouse. Là, les mesures ont été effectuées sur les 6 prélèvements du transect B2, sur le prélèvement Route de l'Anse et sur les 2 prélèvements Plage de l'Anse.

Les mesures effectuées ont été :

- pH
- dosage de l'azote total
- dosage du carbone total
- dosage des cations majeurs ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Ca}^{2+}$ )

Chaque échantillon a été broyé et tamisé avec une maille de 2 millimètres. Chaque fraction (fine et grossière) a été pesée et la fraction fine a été analysée.

Les protocoles d'étude retenus sont décrits [Annexe 1](#).

**Les mesures de pH** ont été faites après remise en suspension de 10 g de terre dans 20 ml d'eau distillée, agitation, mise au repos de 3 h et mesure du pH du surnageant

**Le dosage du Carbone** a été effectué selon la méthode ANNE. Cette méthode est basée sur une oxydation du carbone organique par un réactif oxydant en excès, en milieu

sulfurique. Le réactif en excès, non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sel de Mohr en présence de diphénylamine qui joue le rôle de réactif coloré. Par comparaison avec un témoin, la teneur en carbone est alors déduite.

**La teneur en Azote** est obtenue par dosage selon la méthode KJELDAHL. Cette méthode est basée sur le dosage de l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) formé lors de la réduction de la matière organique par de l'acide sulfurique chauffé. L'ammoniac formé est ensuite transformé en sulfate d'ammonium que l'on recueille dans un d'acide en excès. L'excès d'acide est ensuite dosé et, par différence, on connaît la quantité d'acide neutralisé par le sulfate d'ammoniac et donc, la quantité d'azote présente.

**Le dosage des cations majeurs** ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Ca}^+$ ) a été effectué par chromatographie ionique. Usuellement, ce dosage se fait par percolation d'eau sur un échantillon de terre et dosage de la solution par spectrophotométrie. Toutefois, dans le cas de sols très hydromorphes comme les sols de mangrove, cette percolation est très longue (plusieurs jours). La méthode retenue a donc été une chromatographie ionique.

Ce type de chromatographie couple la séparation sur résines et la détection conductimétrique.

La chromatographie sur résines échangeuses d'ions<sup>(ii)</sup> permet de séparer les cations de la solution et la détection conductimétrique<sup>28</sup> permet de quantifier ces cations avec une grande précision ( $10^{-8}$  g/l).

Cette technique nécessite de neutraliser les ions de la résine échangeuse d'ions avant de procéder à la détection des ions de la solution. Les mesures ont été faites à l'aide de l'analyseur d'ions Dionex (Série 2 000 i).

- Les échantillons destinés au Laboratoire de Géologie de la Matière Organique (LGMA) ont été expédiés sous la forme de tronçons de carottes de 5 cm de diamètre pour 50 cm de long. Ces tronçons ont été débités en cylindres de 2 cm d'épaisseur sur 5 cm de diamètre correspondant aux niveaux 0, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 80, 100, 120, 140 et 180 cm de profondeur du sondage (sous réserve qu'il atteigne cette profondeur). Ces prélèvements ont été mis à sécher sous étuve pendant 48 heures.

Les mesures ont été effectuées sur les 6 prélèvements du transect B2 de novembre 1996.

---

<sup>28</sup> La *conductimétrie* est la mesure de la conductance d'une solution. Cette grandeur est reliée linéairement aux concentrations des ions en solution. (© 1997 Encyclopædia Universalis)

Les mesures effectuées ont été :

- dosage du carbone total
- dosage de l'azote total
- dosage du soufre total
- dosage du carbone organique total

Plusieurs types d'analyses ont donc été réalisés. Le dosage du carbone total, de l'azote total et du soufre total a été effectué par analyse des sédiments par pyrolyse LECO. Une analyse des sédiments par pyrolyse Rock Eval a également été effectuée ([Annexe 2](#)). Les paramètres restitués sont le Carbone Organique Total, l'indice d'hydrogène et l'indice d'oxygène. Seul le Carbone Organique Total a été utilisé dans le cadre de cette présente étude.

- **L'acquisition de ces données *in situ* en des points géoréférencés a permis de visualiser les variations existant au niveau des différents paramètres géochimiques.** La représentation de ces données en gradients a été élaborée sous le logiciel Surfer (version 5.03). La méthode retenue pour l'interpolation des isovaleurs a été celle du *Kriging* ([Annexe 3](#)). Le géoréférencement des différents points de sondages a autorisé une représentation des variations tant sur le plan vertical (profils) qu'horizontal qui, après recalage dans MapInfo™, ont permis de visualiser l'évolution de ces différents paramètres sur l'ensemble de la zone d'étude, ce, à différentes profondeurs.
- **Un profil topographique a pu être réalisé sur le transect B2 grâce au concours de F. Baltzer, (Université Paris Sud). Ce profil a été réalisé en Avril 1997 à l'aide d'un niveau Nikon™ et d'une mire verticale graduée.**

### **I.3.4. Statistiques**

Les différentes analyses statistiques présentées ici ont été effectuées sous ADE-4<sup>29</sup> (Chessel et Dolédec, 1994).

#### ***I.1.1.1 Analyses de répartition:***

L'étude de la répartition des espèces dominantes a été réalisée sur les zones où le repérage cartographique (longitude / latitude) des différents individus avait été effectué, à savoir les transects B2, B3 et B4. Cette répartition a été étudiée par l'intermédiaire de la **fonction de Ripley** (Ripley, 1976) dédiée à l'analyse multiéchelle de la structure spatiale d'un semis de points par la méthode des distances. Cette méthode inspirée de la distance au plus proche voisin (Ledoux, 1991) permet de différencier trois grands types de répartition spatiale (distribution aléatoire, agrégative ou régulière) résultant de trois stratégies de colonisation du milieu (neutralité, favorisation ou inhibition du voisin). La distance considérée dans cette méthode permet de définir une surface élémentaire dans laquelle la densité de points observée est comparée à la densité de points théorique d'un semis aléatoire.

Dans le cas d'une parcelle d'échantillonnage, les effets de bord pouvant biaiser les résultats, une correction est prise en compte. Les fonctions de voisinages ont été calculées jusqu'à 10 m de chaque individu selon un pas de 1 m. L'estimation de l'intervalle de confiance à 90 % pour l'hypothèse nulle de répartition aléatoire a été réalisée sur 1 000 simulations par point.

#### ***I.3.4.2 Analyses statistiques multivariées :***

Lorsque l'on cherche à dégager les grandes tendances de la variabilité d'un échantillon à partir de plusieurs descripteurs, la représentation de cet échantillon dans un espace multidimensionnel devient incontournable. Toutefois, pour être interprétable, ce diagramme multidimensionnel de dispersion doit être projeté dans un espace de dimension réduite le plus représentatif possible de la réalité. Ces techniques d'ordination en espace réduit sont à la base des *Analyses Factorielles* (Legendre & Legendre, 1984).

**L'Analyse en Composantes Principales** (A.C.P.) est utilisée pour décrire des tableaux quantitatifs, y rechercher et en expliquer la structure. Les unités statistiques étant centrées à l'origine et transformées en pourcentage (variable centrée réduite), la notion d'unité de mesure n'intervient plus et l'on peut comparer des variables de poids statistiques différents.

---

<sup>29</sup> <http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4/ADE-4F.html>

**L'Analyse Factorielle des Correspondances (A.F.C.)** a été utilisée dans la recherche de corrélations entre les unités statistiques considérées et leurs descripteurs. Elle se pratique sur une table de contingence associant en lignes les unités statistiques et en colonnes les descripteurs (Ex. Stations associées à leur composition floristique). Ce type d'analyse présente l'avantage d'étudier simultanément les proximités entre les profils des unités statistiques entre elles et les profils des descripteurs entre eux. Les résultats de cette analyse sont alors représentés sous la forme d'un nuage de points dans un espace factoriel.

Concrètement, ce type d'analyse permet d'étudier la répartition des espèces au sein des différents relevés et illustre graphiquement la proximité entre des lots d'espèces. De la même façon, elle décrit la proximité des différentes stations sur la base de leur composition floristique.

#### *1.3.4.3 Classifications hiérarchiques automatiques*

L'analyse des nuages de points obtenus par les différentes Analyses Factorielles réalisées a été effectuée par l'utilisation des méthodes de **Classification Hiérarchiques Automatiques** plutôt que par interprétation visuelle jugée peu objective. Le regroupement des différents points a été effectué sur la base de leurs coordonnées dans l'espace factoriel obtenu. Ce type de classification permet de constituer des groupes d'éléments correspondant à un certain niveau de distance. La classification retenue a été la méthode de Ward (Rouanet & Le Roux, 1993), classification hiérarchique ascendante sur le moment d'ordre 2 (variance). La méthode consiste à constituer des groupes d'éléments par agrégations successives d'éléments. Un groupe est constitué par les éléments engendrant entre eux la plus faible variation d'inertie et caractérisé par son moment d'inertie (= Somme du Carré des Ecart au centre). L'agrégation se fait par adjonction au groupe de l'élément (ou autre groupe) induisant la plus petite variation d'inertie.

Ce type d'interprétation permet par ailleurs de s'affranchir du biais induit par la projection d'un point à  $n$  dimensions ( $n$ = nombre d'axes factoriels retenus) dans un espace à 2 dimensions lors de la représentation graphique puisque le calcul prend en compte tous les axes factoriels retenus dans l'A.F.C.

Ce type de classification a également été utilisé pour identifier précisément les limites de répartition des différentes espèces au sein des transects.



## 2<sup>ème</sup> partie

### Résultats - Discussion

**Chapitre 1 - Structure et Evolution du peuplement**

**Chapitre 2 - Structure et Evolution des populations**

**Chapitre 3 - Relations entre les conditions hydrologiques et géochimiques du substrat et la Végétation**

**Chapitre 4 - Structure et Evolution des Formations et de la Zone d'étude**

*" - On ne traverse pas la mangrove. On s'empale sur les racines des palétuviers. On s'enterre et on étouffe dans la boue saumâtre. "*

M. Condé, 1989.



## II. Résultats – Discussion

*Les études réalisées dans le passé en Guyane ont conduit les auteurs à définir plusieurs faciès en fonction de la " maturité " du peuplement. Ainsi, Fromard et al. (1998) comme Lescure & Tostain (1989) identifient 3 grands faciès, pionnier, adulte et sénéscent définis par leur âge et caractérisés par la structure du peuplement. La transformation du milieu y est alors décrite par la disparition progressive des espèces de mangrove et son remplacement intégral par des espèces de forêt marécageuse.*

Dans le cadre de la présente étude, l'objectif est de mettre en évidence les phénomènes de transformation de la mangrove en forêt marécageuse. Afin de parvenir à ce but, la zone d'étude a été ciblée sur une formation de transition mangrove / forêt marécageuse et les résultats obtenus ont été comparés à des formations de mangrove *sensu stricto*.

L'identification et la caractérisation de ces phénomènes s'est appuyée sur une double approche impliquant une **description des différents stades de transformation du milieu** sur la base de la structure du peuplement ainsi que, dans un deuxième temps, **une modélisation de l'évolution du milieu** en fonction du temps.

**Cette approche s'est appliquée aussi bien à la végétation qu'au milieu environnant.**

### **II.1. Structure et Evolution du peuplement**

*Après avoir défini les différents faciès de végétation sur la base de la composition floristique, les paramètres structuraux de la végétation (densité, surface terrière, indice d'importance) et les relations allométriques hauteur – diamètre sont décrits et commentés sur la base des résultats des inventaires de terrain.*

#### **II.1.1. Composition floristique :**

Le [Tableau 3](#) présente une synthèse des résultats obtenus lors des différentes campagnes de relevés de terrain entre 1996 et 1998. L'analyse de ce tableau met en évidence 3 groupes en fonction de la richesse spécifique des sites :

- Les sites à forte richesse spécifique ( $> 10$  espèces).
- Les sites à faible richesse spécifique ( $4 < RS < 10$  espèces)
- Les sites à très faible richesse spécifique ( $< 4$  espèces).

On peut ainsi regrouper les 4 transects et le site Canceler 3 dont la richesse spécifique est comprise entre 13 et 23 espèces.

Les 4 sites de la plage de l'Anse et les 2 sites de l'aval l'estuaire du Sinnamary peuvent être classés en sites à très faible richesse spécifique.

Enfin, les sites Canceler 1 et 2 et Brigandin peuvent faire l'objet d'un regroupement particulier.

Ces groupes correspondent aux faciès identifiés dans les mangroves prospectées (cf. paragraphe [1.3.1](#)) avec la **mangrove pionnière** au niveau des relevés de la plage de l'Anse et de l'Estuaire du Sinnamary, une **mangrove adulte / sénescence** au niveau de Brigandin et de l'estuaire de la crique Canceler (site Canceler 1) et, une mangrove soumise à une forte influence fluviale (**mangrove en transformation**) au niveau des 4 Transects et dans la partie amont de la crique Canceler (site Canceler 2). La caractérisation structurale du peuplement se fera sur la base de ces 3 faciès.

Tableau 3 : Composition floristique des différents sites : - = espèce absente, + = présente (Densité < 100 tiges/ha), ++ = présente (100 ≤ D < 500 tiges/ha), +++ = présente (500 tiges/ha ≤ D), les parenthèses indiquent que les individus sont tous morts, le **surlignement** indique un recrutement observé au cours des 2 années du suivi (1996-1998) – Formation : **MP**= Mangrove pionnière, **MA**= Mangrove adulte/sénescence, **MT**= Mangrove en transformation .

	Transects				Parcelles comparatives									
	B1	B2	B3	B4	Anse 1	Anse 2	Anse 3	Anse 4	Brigandin	Canceler 1	Canceler 2	Canceler 3	Estuaire 1	Estuaire 2
Formation	MT	MT	MT	MT	MP	MP	MP	MP	MA	MA	MA	MT	MP	MP
Superficie (m <sup>2</sup> )	2 900	4 600	6 400	7 800	125	125	125	25	400	1 200	1 200	1 200	100	25
<b>Espèces arborescentes :</b>														
<i>Avicennia germinans</i>	(++)	(++)	(++)	(+)	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	++	+++	+++
<i>Laguncularia racemosa</i>	+	++	++	+	+++	-	++	+++	+++	++	+++	+	-	-
<i>Pachira aquatica</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pterocarpus officinalis</i>	+++	++	++	++	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-
<i>Rhizophora mangle</i>	+	+	-	+	-	++	++	-	-	+	-	-	-	-
<i>Rhizophora racemosa</i>	+++	+++	+++	+++	+	-	-	-	+++	-	-	+++	-	-
<b>Autres espèces :</b>														
<i>Acrostichum aureum</i>	+	++	++	+++	-	-	-	-	++	-	+	++	-	-
<i>Aechmea melinonii</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Arrabidaea corralinea</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Astrocaryum sp.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Calliandra sp.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Clusia sp.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Cyperus giganteus</i>	-	-	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dalbergia monetaria</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Desmoncus polyacanthos</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ficus sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Heteropterys multiflora</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	-	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>Macfadyena uncata</i>	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Machaerium lunatum</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Montrichardia arborescens</i>	+++	++	+++	++	-	-	-	-	-	-	-	+++	-	-
<i>Oryctanthus florulentus</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Paullinia pinnata</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Philodendron sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Phytolacca retroflexa</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhabdadenia biflora</i>	++	+++	+++	+++	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-
<i>Smilax sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>	+	++	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Tabebuia fluviatilis</i>	+++	+++	+++	+	-	-	-	-	+++	-	-	++	-	-
<i>Typha angustifolia</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Total : 30 espèces</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

### II.1.1.1 Mangrove pionnière : (Sites Anse 1 à 4 et Estuaire 1 & 2)

On remarque que les sites en front de mer (Estuaire 1 & 2) présentent la richesse spécifique la plus faible (une seule espèce). Cette richesse augmente sur le site Anse 4 avec 2 espèces (*A. germinans* et *L. racemosa*) puis avec l'apparition de *R. mangle* et de *R. racemosa* dans les sites plus proches de la plage. Parallèlement, *L. racemosa* tend à se raréfier.

### **II.1.1.2 Mangrove adulte / sénescence : (sites Brigandin et Canceler 1 & 2)**

Comme indiqué par la dynamique initiée en mangrove pionnière, le milieu s'enrichit d'espèces nouvelles alors que *L. racemosa* se maintient. Deux espèces nouvelles se retrouvent dans les 2 sites ; la fougère *A. aureum* et la liane *R. biflora*. Le site Brigandin, sous l'influence des eaux douces du Sinnamary, s'enrichit en plus de 3 espèces à halotolérance faible avec *P. officinalis*, *H. tiliaceus* et *T. fluviatilis*.

### **II.1.1.3 Mangrove en transformation : (Transects 1 à 4 et site Canceler 3)**

Les relevés dans ces milieux se caractérisent par le développement du nombre d'espèces se rattachant au cortège floristique de la forêt marécageuse (*M. arborescens*, *P. officinalis*, *M. lunatum*) et la présence de nombreuses lianes, épiphytes et parasites. On peut par ailleurs remarquer que le milieu est progressivement envahi par des espèces herbacées (*C. giganteus*, *T. angustifolia*) qui supplantent les lianes présentes (*R. biflora* / *S. bannisterioides*) ou colonisent les étendues dénudées.

Sans entrer dans le détail de la répartition spécifique au sein des différents transects qui fera l'objet d'une étude particulière au paragraphe [II.4.1](#), on peut d'ores et déjà signaler l'existence d'une forte disparité de la richesse floristique au sein d'un même transect.

Cette disparité paraît d'autant plus marquée que le nombre d'espèces présentes dans les différentes placettes est faible, compris en moyenne entre 4 et 7. La faible richesse floristique de ce type de milieu autorise facilement des variations du simple au double entre 2 placettes jointives par apparition d'un nombre restreint d'espèces.

Ainsi, 2 paramètres semblent influencer sur la richesse de la composition floristique du milieu ([Figure 40](#)):

- l'âge de la formation,
- l'alimentation en eau douce.

En gagnant en maturité, la mangrove maritime voit sa richesse spécifique augmenter par colonisation du sous-bois par la fougère *A. aureum* et la liane *R. biflora* qui profitent des espaces libérés par la mort des espèces arborescentes.

L'apparition d'espèces dulçaquicoles qui concurrencent *Acrostichum aureum* et *R. biflora* dans la colonisation du sous-bois et qui prennent le relais de

*Avicennia germinans* et de *Laguncularia racemosa* dans l'occupation des strates supérieures traduit l'influence de la dessalure du milieu. Cette concurrence se manifeste aussi par le développement de *Montrichardia arborescens* en sous-bois ainsi que par l'envahissement du milieu par de nombreuses lianes. La strate supérieure est colonisée par *Pterocarpus officinalis*.

La phase intermédiaire entre l'état de mangrove maritime et forêt marécageuse est représentée par les phases à *Rhizophora mangle* et *Rhizophora racemosa*, espèces capables de s'installer alors que le milieu est encore trop salé pour les espèces dulçaquicoles *sensu stricto* et de se maintenir dans un milieu totalement dessalé.

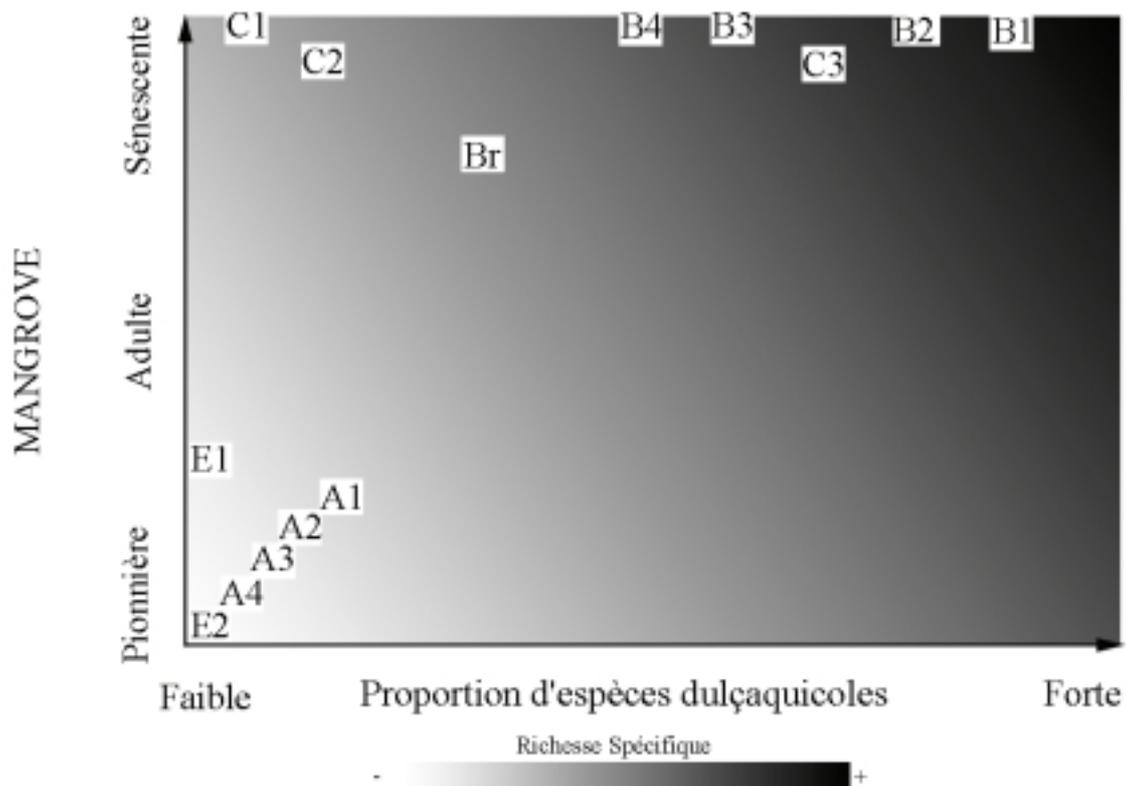


Figure 40: : Répartition des sites en fonction de l'âge de la formation et de la proximité d'une source d'eau douce (A = plage de l'Anse, B = Transect, C = Canceler, Br = Brigandin, E = Estuaire).

### II.1.2. Densité :

Les densités dans les différents sites sont extrêmement variables (de 550 à plus de 100 000 individus / hectare selon les sites - [Figure 41](#)). Les plus fortes densités sont observées dans les formations mixtes de mangrove et de forêt marécageuses, essentiellement liées à un sous-bois très dense.

Un second pic de densité est observé dans la mangrove pionnière de la plage de l'Anse. Les résultats obtenus sur ce site sont comparables avec ceux trouvés par Peltier (1993) dans la même zone (31 100 individus / ha).

A l'opposé, la plus faible densité est rencontrée dans le cimetière de mangrove (Canceler 1) avec seulement 550 individus / ha dont 45 % des individus sont morts sur pied.

Enfin, il est intéressant de noter la forte proportion d'individus morts dans les sites Anse 2 (62 %) et Anse 3 (66 %), en mangrove pionnière alors que la densité d'individus vivants varie peu.

Les densités spécifiques par sites sont données dans le [Tableau 4](#).

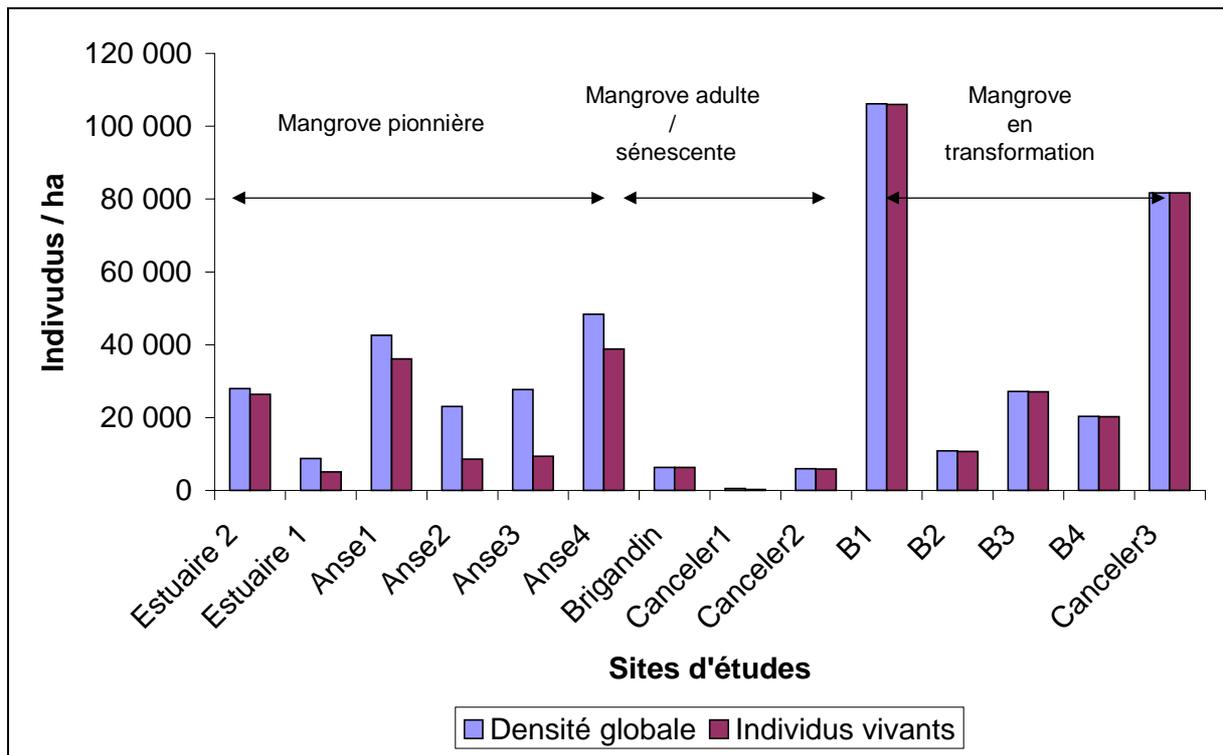


Figure 41: Densités de population par site d'étude.

Tableau 4 : Densités spécifiques par site (tiges / ha).

Densités	Mangrove pionnière						Mangrove adulte/sénescence			Mangrove en transformation				
	Estuaire 2	Estuaire 1	Anse4	Anse3	Anse2	Anse1	Brigandin	Canceler1	Canceler2	B1	B2	B3	B4	Canceler3
<b>Espèces arborescentes</b>														
<i>Avicennia germinans</i> Total	28 000	8 800	30 800	8 960	8 400	35 840	425	275	1 475	200	117	118	93	142
<i>Avicennia germinans</i> Vivants	26 400	5 100	30 800	8 960	8 400	35 840	425	25	1 458	0	0	4	1	100
<i>Avicennia germinans</i> Morts	1 600	3 700	0	0	0	0	0	250	17	200	117	114	92	42
<i>Laguncularia racemosa</i> Total	0	0	16 400	320	0	960	1 125	183	4 358	24	133	14	92	33
<i>Laguncularia racemosa</i> Vivants	0	0	8 000	320	0	960	1 125	183	4 358	24	133	14	92	33
<i>Laguncularia racemosa</i> Morts	0	0	8 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pachira aquatica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
<i>Pterocarpus officinalis</i>	0	0	0	0	0	0	575	0	0	1 790	111	506	100	0
<i>Rhizophora mangle</i>	0	0	0	160	240	0	0	8	0	3	37	0	49	0
<i>Rhizophora racemosa</i>	0	0	0	0	0	80	3 125	0	0	14 848	6 811	7 392	11 027	533
<b>Autres espèces :</b>														
<i>Acrostichum aureum</i>	0	0	0	0	0	0	425	0	83	28	104	38	891	350
<i>Aechmea melinonii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	8
<i>Arrabidaea corralinea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	25
<i>Astrocaryum sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Calliandra sp.</i>	0	0	0	0	0	0	25	0	0	28	0	0	0	0
<i>Clusia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	8
<i>Cyperus giganteus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1 763	5 980	0
<i>Dalbergia monetaria</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	17	0	0	67
<i>Desmoncus polyacanthos</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Ficus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Heteropterys multiflora</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	24	0	3	8
<i>Macfadenya uncata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	9	0	1	0
<i>Machaerium lunatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0	9	17
<i>Montrichardia arborescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87 424	757	5 239	296	80 000
<i>Oryctanthus florulentus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Paullinia pinnata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	2	0	0	0
<i>Philodendron sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
<i>Phytolacca retroflexa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Rhabdadenia biflora</i>	0	0	0	0	0	0	50	83	17	203	1 041	413	714	8
<i>Smilax sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	333
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	291	10 867	1 047	17
<i>Tabebuia fluviatilis</i>	0	0	0	0	0	0	750	0	0	1 383	1 391	822	88	150
<i>Typha angustifolia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0

### II.1.2.1 Densités en mangrove pionnière : (sites Anse 1 à 4 et Estuaire 1 & 2)

La comparaison des valeurs mesurées sur les sites Anse 1 à Anse 4 met en évidence une diminution régulière de la densité des individus à mesure que l'on s'éloigne de la mer. Cette diminution est beaucoup plus tranchée lorsque l'on ne tient plus compte des individus morts sur pied très largement présents sur les sites Anse 2 et Anse 3.

Sur la mangrove pionnière la plus proche de la mer (Estuaire 1 & 2), *A. germinans* forme un peuplement monospécifique. Lorsque l'on s'éloigne de la mer (Anse 4), le milieu s'enrichit de *L. racemosa* et *A. germinans* ne représente plus que 64 % des individus présents avec une densité de 30 800 individus / ha. Ce pourcentage monte à 79 % lorsque l'on ne s'intéresse qu'aux individus vivants. *L. racemosa* ne représente que 34 % des individus présents (16 400 individus / ha) et seulement 21 % des individus vivants.

La mortalité des individus est perceptible presque exclusivement sur les *Laguncularia* alors que la population d'*Avicennia* résiste mieux. Betouille (1998) a montré que cette mortalité de *Laguncularia* est reliée à un phénomène de surcimage par *Avicennia* qui ferme rapidement le milieu par réitération d'axes horizontaux (Lescure, 1977). Cette fermeture du milieu est fatale à une espèce strictement héliophile comme *Laguncularia*.

Les sites Anse 2 et Anse 3 sont similaires pour les densités d'individus vivants. Seule la densité des tiges mortes est plus importante sur Anse 3 que sur Anse 2. L'état de dégradation des tiges n'a pas autorisé la reconnaissance spécifique des individus morts.

Les *Avicennia* sont présents dans des densités comparables sur les 2 sites alors que *Laguncularia* disparaît complètement dans Anse 2.

*R. mangle* apparaît dans Anse 3 avec une densité de 160 individus / ha, densité qui augmente à 240 individus / ha dans Anse 2.

Enfin, le site Anse 1 se distingue des trois autres par sa forte densité en *Avicennia* (35 840 individus / ha) et en *Laguncularia* (960 individus / ha). Il se démarque également par la présence non plus de *R. mangle* mais de *R. racemosa* à hauteur de 80 individus / ha.

Comparées avec les densités rencontrées dans la littérature, ces valeurs sont largement supérieures à celles rencontrées par Lescure ( $\leq 6\ 000$  ind./ ha - Lescure, 1977 ; Lescure & Tostain, 1989) ou Betouille (1998) sur les mangroves pionnières. Toutefois, elles sont relativement proches de celles trouvées par Peltier (1993) sur la zone signalée un pic de densité à 15 m de la plage avec des valeurs de densités de 26 667 individus / ha pour *Avicennia* et 24 440 individus / ha pour *Laguncularia*. Ces valeurs ont été recueillies sur un peuplement

pionnier âgé de 1 an en 1993 et situé à moins de 400 m de la zone de relevés de 1998 sur la plage de l'Anse. Par ailleurs, ces valeurs correspondent, au moins pour *A. germinans*, à celles également rencontrées sur Estuaire 2. On peut donc considérer que ces valeurs correspondent à l'état initial de la formation lors de la colonisation du banc de vase par les propagules.

### **II.1.2.2 Densités en mangrove adulte / sénescence : (sites Brigandin et Canceler 1 & 2)**

Situés à des distances comparables de la mer (environ 400 m), les sites Brigandin et Canceler 2 présentent des densités globales analogues, proches de 6 000 individus / ha. Le site Canceler 1 se singularise en présentant la plus faible densité observée tous sites confondus.

Ces densités, deviennent très différentes dès lors que l'on s'intéresse aux densités spécifiques. Ainsi, sur Canceler 2, avec 4 358 individus / ha, *Laguncularia* est très largement majoritaire (73 % des individus du peuplement). Avec 1 475 individus / ha dont seulement 1,15 % sont morts, *Avicennia* représente le deuxième peuplement du site. Enfin, avec respectivement 83 et 17 individus / ha, *A. aureum* et *R. biflora* font leur apparition dans le milieu traduisant le vieillissement du peuplement.

Sur Brigandin, les densités d'*Avicennia* et de *Laguncularia* sont nettement plus faibles que précédemment avec respectivement 425 et 1 125 individus / ha. Le milieu est dominé par *R. racemosa* présent avec une densité de 3125 individus / ha. L'influence marine décroît et des espèces du cortège floristique de la forêt marécageuse font leur apparition comme *T. fluviatilis* à 750 individus / ha ou *P. officinalis* à 575 individus / ha. Le vieillissement de la formation est marqué par la présence d'*Acrostichum* et de *Rhabdadenia* dans des valeurs plus importantes que sur Canceler 2 (respectivement 425 et 50 individus / ha).

Ces résultats sur Canceler 2 et Brigandin diffèrent singulièrement de ceux trouvés par Peltier (1993) sur la route de l'Anse, dans une formation de mangrove adulte. Si ses mesures de densités en *Avicennia* peuvent se rapprocher des résultats obtenus à Brigandin avec 558 individus / ha, les densités en *Laguncularia* sont, en revanche, très nettement supérieures aux résultats de 125 individus / ha observés par cet auteur.

Enfin, le site Canceler 1 présente les caractères d'un cimetière de mangrove<sup>30</sup> avec une très faible densité (550 individus / ha) représentée à 45 % par des individus morts sur pied. La

---

<sup>30</sup> Un cimetière de mangrove est formé par un peuplement d'*Avicennia* de diamètres élevés, morts sur pieds et dans lequel aucune régénération ne se développe.

densité d'*Avicennia* vivants n'est plus que de 25 individus / ha. *Laguncularia* n'est plus représenté que par 183 individus / ha, *R. mangle* apparaît avec une densité de 8 individus / ha et *Rhabdadenia* profite des larges étendues dénudées pour se développer, ceci en dépit de la forte influence marine du site.

### **II.1.2.3 Densités en mangrove en transformation : (Transects 1 à 4 et Canceler 3)**

La variabilité des densités sur ce type de formation est très importante puisque l'on regroupe sous cette dénomination des formations présentant des densités très fortes (> 100 000 individus / ha pour le transect B1 ou encore > 80 000 individus pour Canceler 3) comme des formations à densités plus faibles (10 854 individus / ha pour le transect B2). Les pics de densité les plus élevés sont dus à la présence en grande quantité de l'herbacée géante *M. arborescens* qui atteint des densités supérieures à 80 000 individus / ha sur le transect B1 et le site Canceler 3.

Ce milieu se caractérise aussi par ses fortes densités en *R. racemosa*. Bien que restant modeste sur Canceler 3 avec 533 individus / ha, cette densité se situe sur les transects entre 6 811 et 14 848 individus / ha. *R. racemosa* apparaît comme étant l'arbre dominant de ce type de formation.

Les *Avicennia* vivants ne présentent plus ici qu'une population de faible densité qui varie entre 100 individus / ha dans Canceler 3 et 0 sur les transects 1 et 2. Cette densité est un indicateur du degré de transformation de la mangrove.

Les densités de *Laguncularia* restent faibles, variant de 14 individus / ha sur le transect B3 à 133 sur le transect B2.

Le vieillissement de la formation est toujours marqué par l'apparition d'*Acrostichum* et de *Rhabdadenia* pourtant concurrencés par les fortes densités en *Montrichardia* et *R. racemosa* qui ferment le milieu.

L'influence des eaux douces se traduit sur les densités des espèces de forêt marécageuses. *Tabebuia fluiatilis* se rencontre avec une densité maximale (1 300 individus / ha) sur les transects 2 et 3.

Il apparaît donc que la phase de colonisation du banc de vase est marquée par de fortes densités. Celles-ci tendent à diminuer de façon logarithmique à mesure que le peuplement gagne en maturité. Initialement liée à la forte mortalité des *Laguncularia*, cette diminution se poursuit avec la mort d'*Avicennia*. La sénescence du peuplement de mangrove se traduit par 2 alternatives :

- Une disparition de l'ensemble du couvert végétal avec formation d'un cimetière de mangrove en relation avec l'érosion côtière.
- Une transformation du milieu en mangrove à *Rhizophora* ou en forêt marécageuse. Cette transformation est marquée par un phénomène de recolonisation du milieu caractérisé par une augmentation de la densité de *Rhizophora racemosa* mais également de l'ensemble des espèces de forêt marécageuse, en particulier *Pterocarpus officinalis*, *Tabebuia fluviatilis* et surtout *Montrichardia arborescens*.

### **II.1.3. Surface terrière**

La surface terrière des différents sites d'études est donnée [Figure 42](#). La contribution relative des principales espèces est résumée dans le [Tableau 5](#).

- En mangrove pionnière (sites Estuaire 1 & 2, Anse 1 à 4), la surface terrière augmente les 3 premières années<sup>31</sup>, ce malgré la diminution de la densité. La surface terrière d'*A. germinans* représente alors dans ces peuplements pionniers plus de 90 % de la surface terrière totale. Ce n'est que, au bout de 3-4 ans, lorsque la mortalité d'*A. germinans* se cumule avec celle de *L. racemosa* (sites Anse 3 et Anse 2) que son incidence se révèle supérieure à l'accroissement naturel de ces espèces et que la surface terrière totale diminue.
- En mangrove adulte (sites Brigandin et Canceler 2), *A. germinans* représente toujours entre 70 et 91 % de la surface terrière totale. *L. racemosa* est également toujours présent mais de nouvelles espèces (*R. racemosa* et *P. officinalis*) commencent à occuper l'espace.
- sur le cimetière de mangrove (site Canceler 1), *L. racemosa* domine alors que *R. racemosa* ne parvient pas à se développer et prendre le relais de *A. germinans*.
- Enfin, dans la mangrove en transformation (Transects B1 à B4 et Canceler 3), la mortalité massive de *A. germinans* se traduit par une diminution spectaculaire de la surface terrière. Toutefois, la diminution observée est limitée par un développement accru des autres espèces. Trois espèces se démarquent par leur développement. *P. officinalis* devient dominant sur le transect le plus amont. *R. racemosa* domine les 3 autres transects. Enfin, la valeur de la contribution de *T. fluviatilis* aux différents transects et tout particulièrement au niveau du transect B2 mérite d'être signalée.

Ces valeurs sont comparables à celles trouvées par Betoulle (1998), tant en mangrove pionnière qu'en mangrove adulte / sénescence.

---

<sup>31</sup> L'âge des sites est connu par le travail de "cartographie historique" effectué par ailleurs. Ainsi, le site Estuaire 2 serait âgé de 1 an, Anse 4 de 2 ans, Anse 3 de 3 ans, Anse 2 de 4 ans et Estuaire 2 de 5 ans.

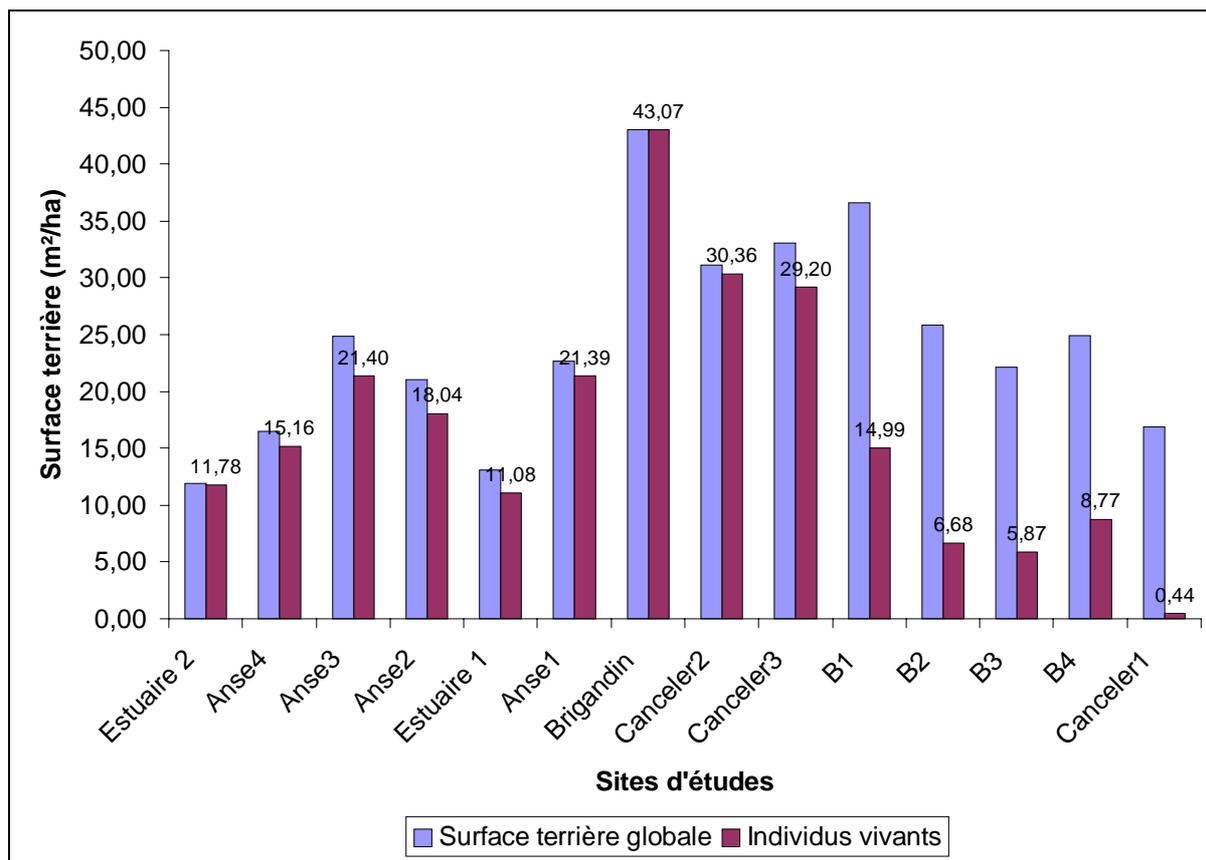


Figure 42: Surface terrière par site d'étude.

Tableau 5 : Contribution des principales espèces à la surface terrière totale.

	Surface terrière globale (m²/ha)	Individus vivants	% <i>A. germinans</i>	% <i>L. racemosa</i>	% <i>P. officinalis</i>	% <i>R. racemosa</i>	% <i>T. fluviatilis</i>
Estuaire 1	13,06	11,08	100%	0%	0%	0%	0%
Estuaire 2	11,93	11,78	100%	0%	0%	0%	0%
Anse4	16,51	15,16	92%	0%	0%	0%	0%
Anse3	24,86	21,40	100%	0%	0%	0%	0%
Anse2	21,06	18,04	100%	0%	0%	0%	0%
Anse1	22,69	21,39	97%	0%	0%	0%	0%
Brigandin	43,07	43,07	70%	0%	2%	27%	0%
Canceler2	31,08	30,36	91%	9%	0%	0%	0%
Canceler3	33,06	29,20	94%	0%	0%	4%	0%
B1	36,59	14,99	0%	1%	47%	37%	13%
B2	25,89	6,68	0%	7%	6%	56%	30%
B3	22,17	5,87	0%	1%	25%	62%	12%
B4	24,89	8,78	13%	1%	3%	81%	1%
Canceler1	16,90	0,44	11%	83%	0%	6%	0%

## II.1.4. Synthèse des paramètres structuraux spécifiques : Utilisation de

### I.V.I.

Basé sur la fréquence, la surface terrière et la densité de l'espèce, l'*Importance Value Index* (I.V.I.) peut varier entre 0 et 300. Si cet indice s'applique parfaitement dans des peuplements ligneux adultes, dans notre étude, il est limité dans sa valeur explicative car le milieu est également colonisé par de nombreuses herbacées qui ne sont pas prises en compte dans le calcul de la surface terrière. Par ailleurs, de nombreux troncs morts d'*A. germinans* occupent encore l'espace. La question de l'intégration de ces troncs dans le calcul de cet indice s'est posée.

Afin de bien rendre compte de la place réelle de chaque espèce dans le milieu, les calculs ont finalement intégré les paramètres suivants :

- les troncs morts d'*A. germinans* ont été intégrés dans le calcul de la surface terrière utilisée dans le calcul de l'I.V.I.
- l'herbacée géante *M. arborescens* présentant un axe principal suffisamment développé pour que son diamètre soit mesuré a été assimilée pour les calculs à une plante ligneuse.
- les autres herbacées et les lianes ont été intégrées dans les calculs comme ayant une surface terrière nulle.

Les résultats obtenus par cette méthode sont rassemblés dans le [Tableau 6](#).

En mangrove pionnière (sites Anse 1 à 4 et Estuaire 1 & 2), *A. germinans* est l'espèce qui présente l'emprise la plus importante sur le milieu (I.V.I. variant entre 190 et 300). Cette tendance reste valable dans la mangrove adulte / sénescence (sites Brigandin et Canceler 2 & 3) mais *A. germinans* est désormais sérieusement concurrencé par d'autres espèces comme *L. racemosa* lorsque le milieu tend à s'ouvrir suite aux phénomènes d'auto-éclaircie<sup>32</sup> (Canceler 1 et 2) ou lorsque l'influence marine diminue (Brigandin) avec le développement de *R. racemosa* et d'espèces duçaquicoles (*T. fluviatilis* et *P. officinalis*).

---

<sup>32</sup> Ces phénomènes peuvent être représentés par le taux de mortalité de l'espèce.

La transformation de la mangrove se traduit par la diminution de l'importance d'*A. germinans* alors qu'un cortège d'espèces prend le relais dominé par *Montrichardia arborescens*, *Rhizophora racemosa*, *Tabebuia fluviatilis* et *Pterocarpus officinalis*.

Tableau 6: Valeurs de l'Importance Value Index par site ( $IVI sp_x = [Densité Relative + Dominance relative + Fréquence Relative] sp_x$ ).

	B1	B2	B3	B4	Anse 1	Anse 2	Anse 3	Anse 4	Brigandin	Canceler 1	Canceler 2	Canceler 3	Estuaire 1	Estuaire 2
Acrostichum aureum (F)	3	9	7	19	-	-	-	-	7	-	1	0	-	-
Aechmea melinonii (E)	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Arrabidaea corralinea (L)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Astrocaryum sp. (L)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Avicennia germinans (T)	25	86	76	84	226	247	228	190	90	181	166	40	300	300
Calliandra sp. (L)	3	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-
Clusia sp. (E)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Cyperus giganteus (H)	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dalbergia monetaria (L)	6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Desmoncus polyacanthos (L)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ficus sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Heteropterys multiflora (L)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hibiscus tiliaceus (S)	-	2	-	0	-	-	-	-	17	-	-	17	-	-
Laguncularia racemosa (T)	3	12	2	7	40	-	37	110	35	70	132	17	-	-
Macfadenya uncatata (L)	3	1	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Machaerium lunatum (S)	0	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Montrichardia arborescens (H)	171	11	44	5	-	-	-	-	-	-	-	190	-	-
Oryctanthus florulentus (P)	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pachira aquatica (T)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paullinia pinnata (L)	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Philodendron sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Phtirusa retroflexa (P)	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pterocarpus officinalis (T)	19	10	26	13	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-
Rhabdadenia biflora (L)	10	24	16	19	-	-	-	-	1	15	1	0	-	-
Rhizophora mangle (T)	1	5	-	4	-	53	35	-	-	35	-	-	-	-
Rhizophora racemosa (T)	28	91	58	127	34	-	-	-	93	-	-	18	-	-
Smilax sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Stigmaphyllon banisterioides (L)	6	10	50	11	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-
Tabebuia fluviatilis (S)	15	35	20	9	-	-	-	-	29	-	-	17	-	-
Typha angustifolia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### **II.1.5. Corrélation Hauteur - Diamètre :**

Les données recueillies lors des différents inventaires ont permis de préciser les relations allométriques pour différentes espèces. Ce type de relation a déjà été établi pour les espèces de mangrove de Guyane par Peltier (1993) sur la même région géographique.

#### ***II.1.5.1 Avicennia germinans :***

Cette courbe de régression ([Figure 43](#)) a été établie à partir des 245 individus vivants tous sites confondus pour lesquels la mesure de la hauteur a été réalisée. Le coefficient de corrélation ( $R^2$ ) est de 0,88 qui indique une bonne qualité de la représentation de la relation entre la hauteur et le diamètre par la courbe de régression d'équation:

$$H(m) = -0,0046 \text{ dbh}^2 + 0,6727 \text{ dbh} + 1,8426$$

On peut remarquer une forte variabilité de la hauteur pour les gros diamètres et une sous estimation des hauteurs maximales par la courbe de régression, l'aspect de cette courbe traduit en fait les effets de la sénescence sur la hauteur des arbres de cette espèce sujette aux phénomènes de descentes de cimes chez les individus âgés.

#### ***II.1.5.2 Laguncularia racemosa :***

Bien que la mesure ait pris en compte 529 individus, aucune courbe de régression satisfaisante n'a pu être établie pour cette espèce. Cet état de fait illustré [Figure 44](#) est lié à la présence de nombreux individus très abîmés par les chutes d'*A. germinans* lors de la transformation de la mangrove maritime en une mangrove d'estuaire.

La comparaison avec la courbe de régression polynomiale établie par Peltier (1993) pour les diamètres inférieurs à 10 cm et rencontrés exclusivement en mangrove pionnière illustre bien cette altération des individus de gros diamètres, une très large majorité d'individus se situant sous la courbe de régression.

#### ***II.1.5.3 Pterocarpus officinalis :***

La courbe de régression illustrée [Figure 45](#) est établie à partir des mesures effectuées sur 986 individus. Le coefficient de corrélation pour la droite de régression proposée est de 0,60 ce qui traduit une corrélation assez moyenne. Ce coefficient n'augmente que très faiblement lorsque l'on augmente l'ordre du polynôme. Les hauteurs mesurées se répartissent en un nuage de point assez régulier de part et d'autre de la droite. Cette répartition s'explique par le

modèle architectural de l'arbre qui se rattache au modèle de Troll (axe et ramifications plagiotropes) qui est plus ou moins marqué selon les individus. Il est par ailleurs notable que cette espèce est également sujette au phénomène de descente de cime qui participe à la dispersion des points sous la courbe de régression. La relation entre la hauteur et le diamètre peut s'exprimer par la courbe de régression d'équation:

$$H(m) = 0,4599 \text{ dbh} + 1,3822$$

#### **II.1.5.4 *Rhizophora racemosa* :**

La courbe de régression polynomiale représentée [Figure 46](#) a été réalisée à partir de près de 6500 mesures. Le coefficient de corrélation de 0,83 traduit la qualité de la régression proposée même si une régression polynomiale du premier degré permet déjà d'obtenir un coefficient de corrélation supérieur à 0,8. Il est par ailleurs notable que l'allure de la courbe reste identique lorsque l'on élimine l'individu de 56 cm de diamètre qui semble attirer la courbe à lui.

La relation entre la hauteur et le diamètre peut s'exprimer par la courbe de régression d'équation:

$$H(m) = -0,0107 \text{ dbh}^2 + 0,9623 \text{ dbh} + 1,2485$$

Ces relations allométriques établies sur la base d'un échantillonnage significatif d'individus permettent de mieux appréhender les caractères structuraux des différents peuplements en autorisant l'affranchissement de l'une des 2 mesures (hauteur ou diamètre) lors des inventaires de terrain avec une marge d'erreur acceptable pour la plupart des espèces considérées (*Laguncularia* excepté). Ces relations seront également utilisées lors des modélisations d'évolution du peuplement.

La comparaison de ces modèles à l'équation générale  $H=100 D$  donnée par Hallé *et al.* (1978) met en évidence la biologie des espèces. Ainsi, une hauteur supérieure à  $100 D$  traduit une tendance à privilégier la croissance en hauteur des individus. Cette tendance trouvée dans les classes de faible diamètre des 4 espèces se poursuit également dans les forts diamètres chez *Laguncularia* (suivant la régression établie par Peltier – 1993) traduisant le caractère héliophile strict de cette espèce. La tendance inverse se retrouve chez *Pterocarpus* qui privilégie la croissance en diamètre des individus.

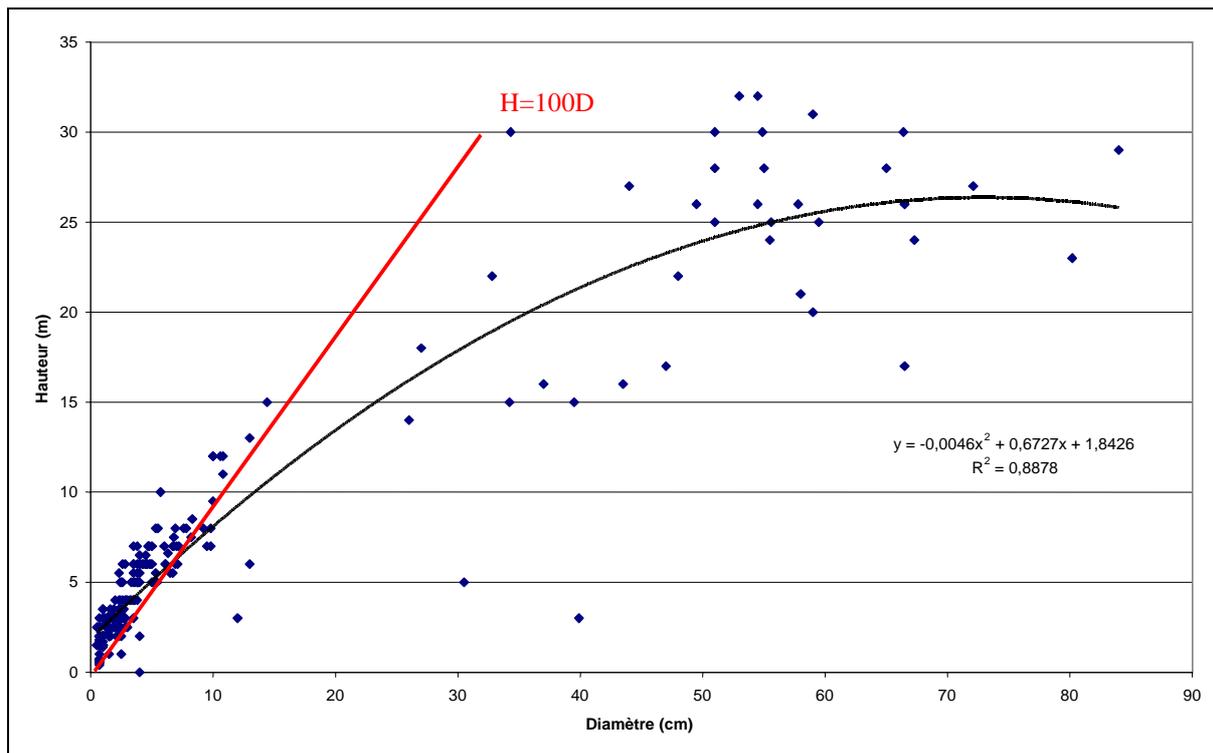


Figure 43 : Corrélation DBH / Hauteur – *Avicennia germinans*

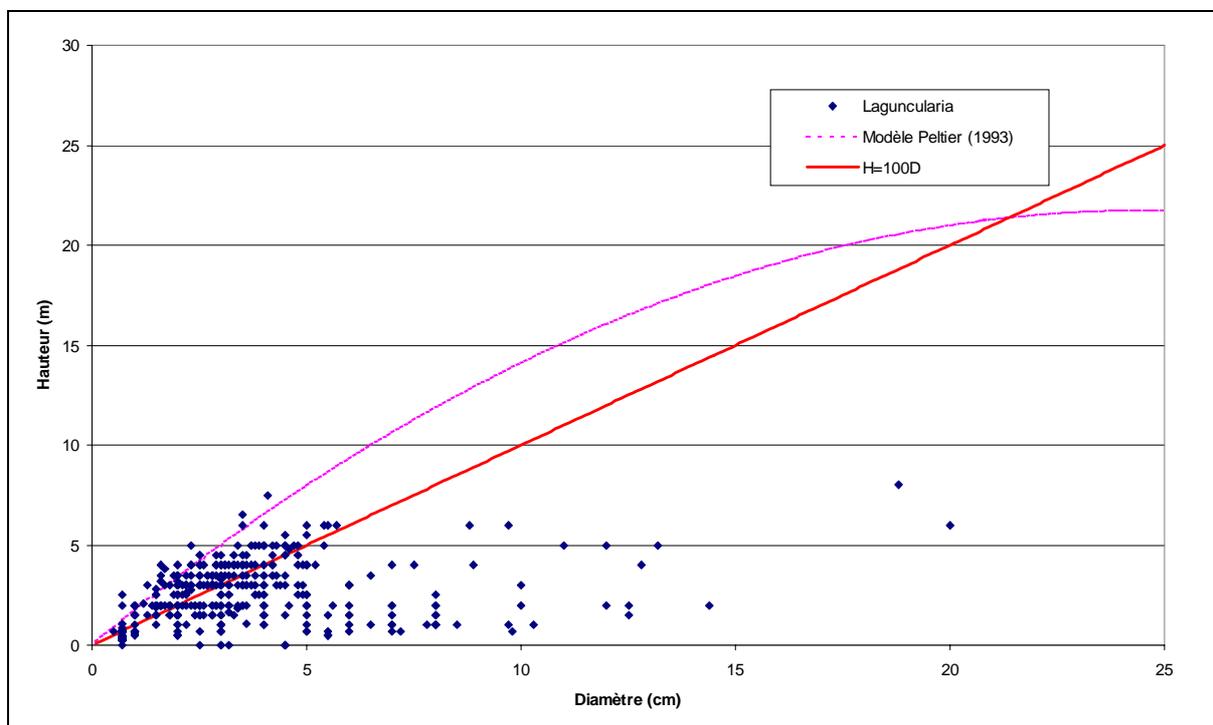


Figure 44 : Corrélation DBH / Hauteur – *Laguncularia racemosa*

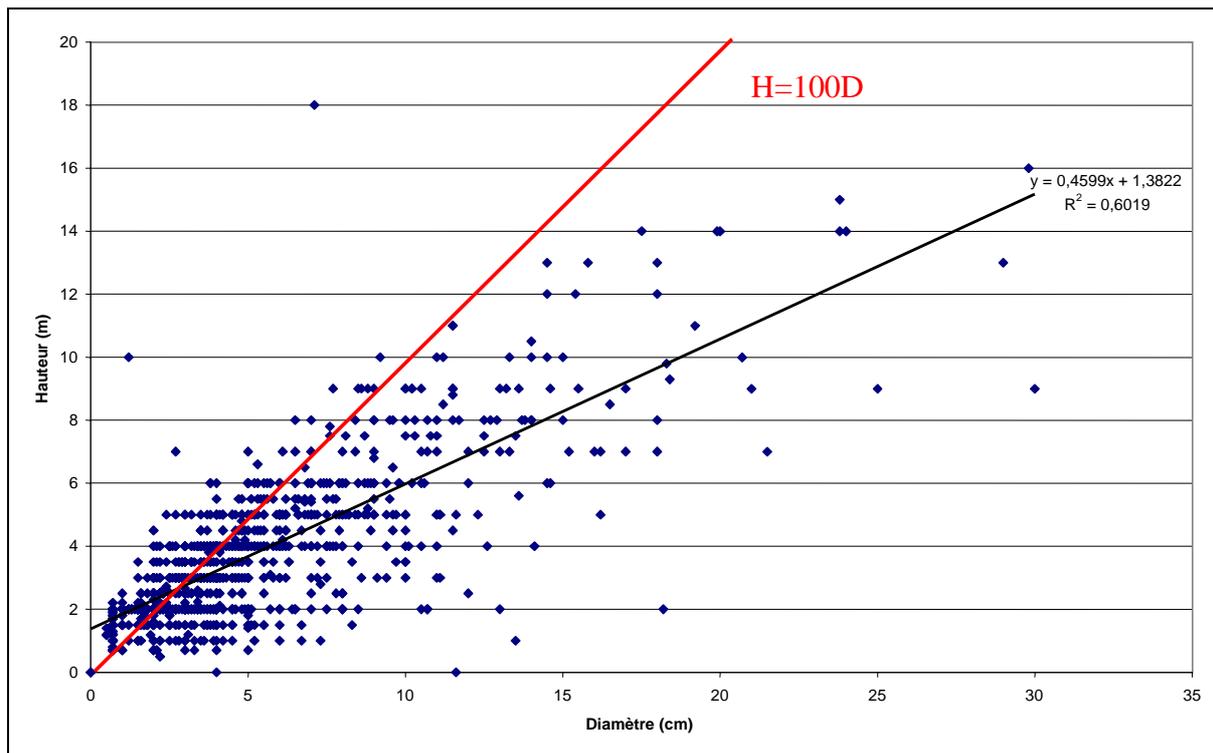


Figure 45 : Corrélation DBH / Hauteur – *Pterocarpus officinalis*

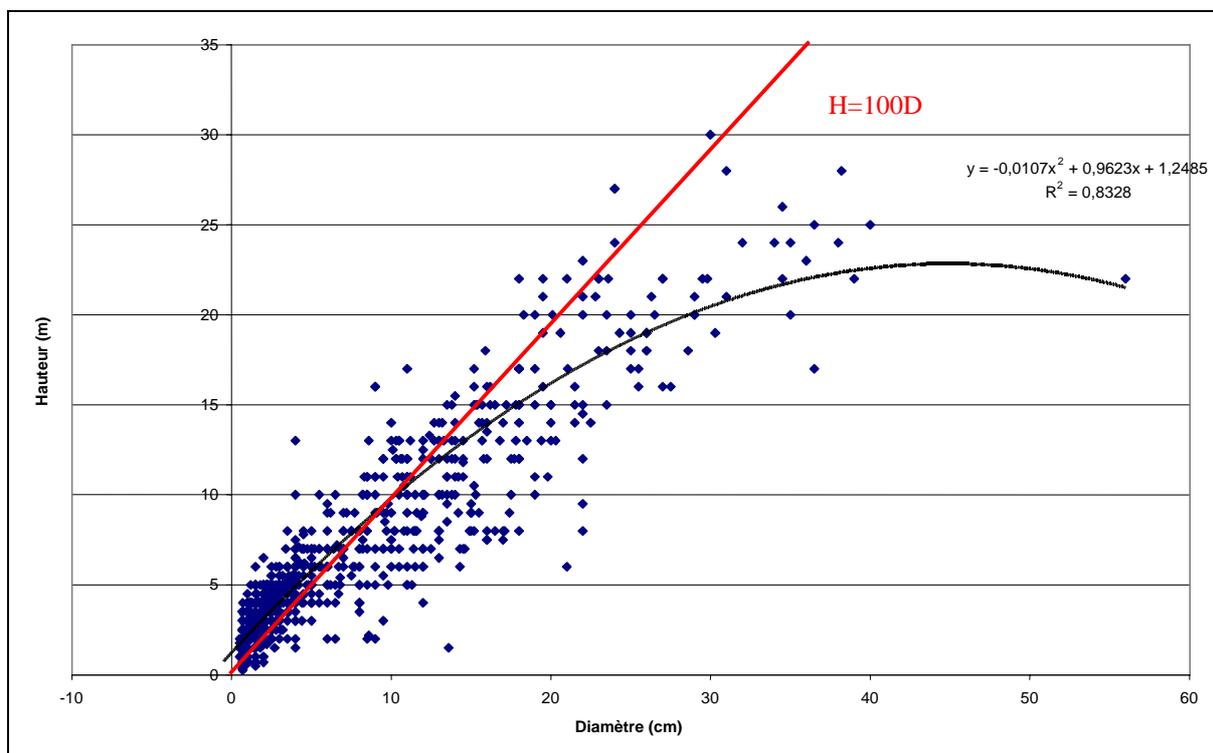


Figure 46 : Corrélation DBH / Hauteur – *Rhizophora racemosa*

## **II.1.6. Discussion et Conclusions sur la structure générale du peuplement**

La structure du peuplement peut s'aborder selon 2 schémas distincts :

- La séquence à *A. germinans* qui caractérise la mangrove maritime.
- La séquence Post - *A. germinans* qui caractérise la mangrove d'estuaire ainsi que la transformation du milieu en forêt marécageuse.

### **II.1.6.1 La mangrove maritime :**

La séquence à *A. germinans* se caractérise par une domination de cette espèce sur le peuplement en termes de densité et de surface terrière.

Cette séquence est initialisée par les phases pionnières illustrées par les sites Estuaire 1 & 2 ainsi que Anse 1 à 4. Elle atteint son développement maximal au niveau de la mangrove mature (sites Brigandin et Canceler 2). Le terme de cette séquence est matérialisé par le cimetière de mangrove (site Canceler 1).

Au niveau floristique, cette séquence est caractérisée par sa pauvreté (le nombre moyen d'espèces par site est inférieur à 4 et au total, on n'observe que 10 espèces inégalement réparties entre les 9 sites).

Elle est initiée par la colonisation du banc de vase par *Avicennia germinans* parfois en mélange avec *Laguncularia racemosa*. Après 3 à 5 ans, *Laguncularia racemosa* est surcimé et le peuplement est alors dominé par *Avicennia germinans*, *Laguncularia* ne supportant pas l'ombrage induit par ce couvert. Quelques *Rhizophora* spp. font leur apparition dans le milieu.

La densité du peuplement est alors essentiellement conditionnée par les phénomènes d'auto-éclaircie au sein de la population d'*A. germinans*.

La surface terrière augmente régulièrement les 3 premières années quand l'accroissement en diamètre des *Avicennia germinans* est encore suffisant pour compenser la perte occasionnée par la diminution de la densité. A partir de la quatrième année, cet accroissement en diamètre n'est plus suffisant et la surface terrière diminue. Toutefois, cette diminution n'est que passagère et

lorsque le taux de mortalité a suffisamment diminué pour être de nouveau compensé par la croissance en diamètre, la surface terrière augmente à nouveau.

L'évolution de cette séquence est marquée par l'apparition de nouvelles espèces dans le sous-bois (*Acrostichum aureum* et *Rhabdadenia biflora*) ainsi que d'une espèce d'eau douce (*Pterocarpus officinalis*).

La mortalité massive et synchrone des *Avicennia germinans* observée dans les cimetières de mangrove laisse penser qu'un événement brutal, extérieur à la dynamique interne du peuplement (auto-éclaircie), soit à l'origine de ce phénomène.

Ce cimetière de mangrove peut alors être érodé sous l'action des vagues ou, après quelques années, être colonisé par un épais tapis de végétation formé par la fougère *Acrostichum aureum* et différentes lianes, notamment *Rhabdadenia biflora* ([Figure 47](#)).

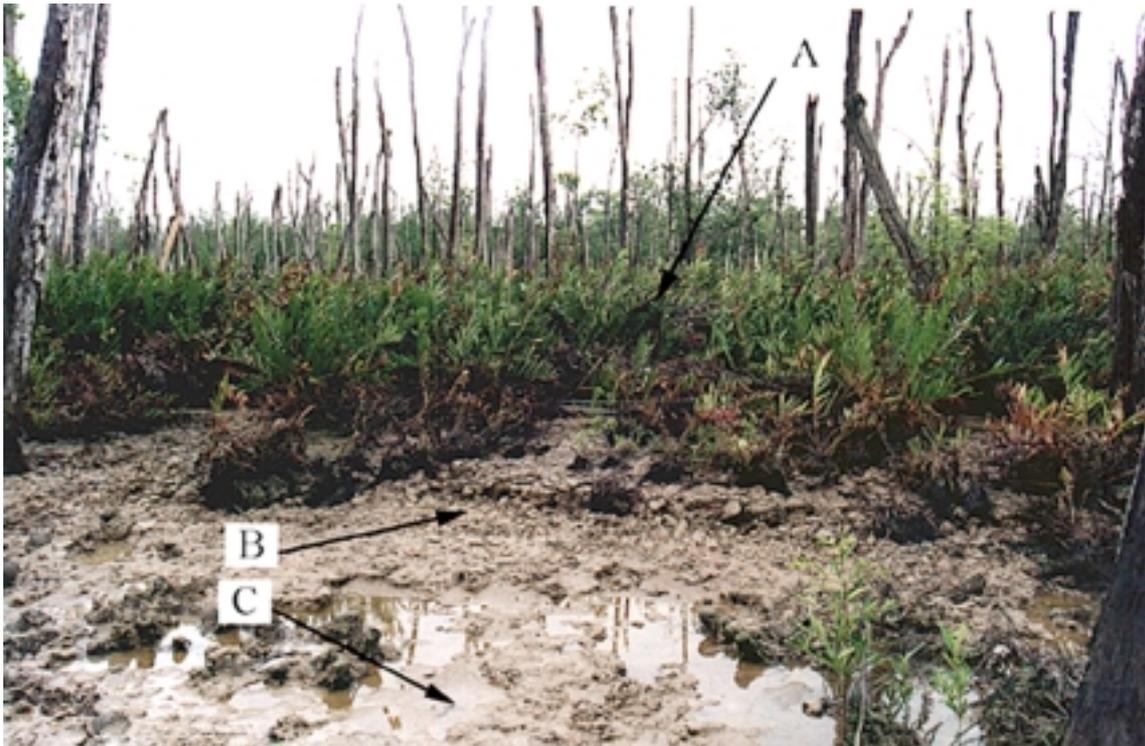


Figure 47 : Cimetière de mangrove (Sinnamary –1998) – **A.** Colonisé par *A. aureum* et *R. biflora* ; **B.** Limite de la zone d'érosion ; **C.** Décapé superficiellement (~ 30 cm) par l'action des vagues.

### II.1.6.2 La mangrove d'estuaire et la forêt marécageuse :

La séquence Post - *A. germinans* se caractérise par la transformation du cimetière de mangrove en une formation à *R. racemosa* et/ou à *P. officinalis*.

Cette séquence prend la suite du cimetière de mangrove. Elle ne peut donc se développer que dans une zone protégée de l'érosion marine. Les sites illustrant cette transformation sont les sites Canceler 3 et les transects B1 à B4.

Au niveau floristique, cette séquence se caractérise par un nombre d'espèces très supérieur à la séquence précédente avec, en moyenne, plus de 16 espèces par site.

Profitant de l'ouverture du milieu, *Rhizophora racemosa* et *Pterocarpus officinalis* se développent, soit en peuplement monospécifique de *Rhizophora racemosa* sous influence marine ; soit en peuplement mixte *Rhizophora racemosa* / *Pterocarpus officinalis* plus à l'intérieur des terres. La forte densité locale de *Rhizophora racemosa*, en particulier dans les classes de petits diamètres, traduit le dynamisme de sa régénération. Toutefois, la concurrence d'espèces nouvelles se fait rapidement sentir dès que l'on s'éloigne de l'influence marine. Finalement, des espèces herbacées comme *Stigmaphyllon banisterioides*, *Cyperus giganteus* ou *Montrichardia arborescens* colonisent les espaces laissés disponibles par le développement d'*Acrostichum aureum* et de *Rhabdadenia biflora*. Localement, à partir de *Laguncularia racemosa* survivants de la phase de colonisation, quelques taches de régénération de cette espèce se développent.

## II.2. Structure et Evolution des populations

Développant les notions précédemment exposées, ce chapitre s'intéresse à l'évolution des paramètres structuraux spécifiques. Il insistera particulièrement sur l'étude des Transects, sites où un suivi de la croissance en diamètre des 2 espèces arborées dominantes a été réalisé sur une période de 2 ans.

### II.2.1. Distribution instantanée des diamètres des principales espèces

Ce type d'analyse permet d'avoir une vision statique de la distribution des diamètres. Le suivi des cohortes par analyse modale met en évidence les phases de recrutement pour les différentes espèces.

#### II.2.1.1 *Avicennia germinans*

L'étude de la distribution globale des diamètres (Figure 48) d'*A. germinans* devrait permettre d'identifier les différentes phases de colonisation qui se sont succédées dans la région de Sinnamary depuis les années 30, époque de la première colonisation pour le peuplement étudié (Lointier, 1986). En effet, l'absence de régénération de cette espèce sous couvert végétal implique que toute nouvelle cohorte d'individus ne peut apparaître qu'à l'occasion de l'arrivée d'un nouveau banc de vase qui pourra être colonisé.

Partant du principe que, pour chaque cohorte, la dispersion des tailles autour de la moyenne est symétrique, chaque distribution des diamètres de la cohorte doit suivre une loi normale.

Ainsi, pour les 20 premières classes de diamètre observées, la courbe de régression correspondant à l'équation de loi normale:

$$y = a e^{-\frac{[(x-x_0)/b]^2}{2}}$$

a été calculée sous SigmaPlot™ ce qui a donné des valeurs de coefficients et de constantes de :

$$a = 228.4014$$

$$b = 1.7992$$

$$x_0 = 2.5351$$

ce avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,93$ .

Avec  $y$  = Effectif corrigé pour la classe de diamètre  $x$  et  $x_0$  = Moyenne de la cohorte

L'ajustement de la courbe de régression avec les données mesurées étant satisfaisant, ce modèle a été retenu comme étant représentatif de la première cohorte. Afin de mettre en évidence la seconde cohorte, le "bruit" induit par le chevauchement des 2 cohortes successives a été éliminé en retranchant les valeurs obtenues par cette première équation (effectifs théoriques par classe de diamètre) aux valeurs mesurées (décomposition d'un histogramme plurimodal en plusieurs histogrammes unimodaux).

La même démarche que pour la première cohorte a été adoptée pour en déterminer les paramètres. L'intervalle retenu couvre les classes 21 à 60 cm.

Les valeurs obtenues sont de  $a = 6.8796$ ,  $b = 20.9429$  et  $x_0 = 37.5774$ . Bien que les données de l'intervalle passent le test de Normalité<sup>33</sup> avec succès, le coefficient de détermination  $R^2$  pour la courbe de régression n'est plus significatif avec une valeur de 0,1. Les effectifs présents dans les classes sont trop faibles pour permettre une analyse plus poussée.

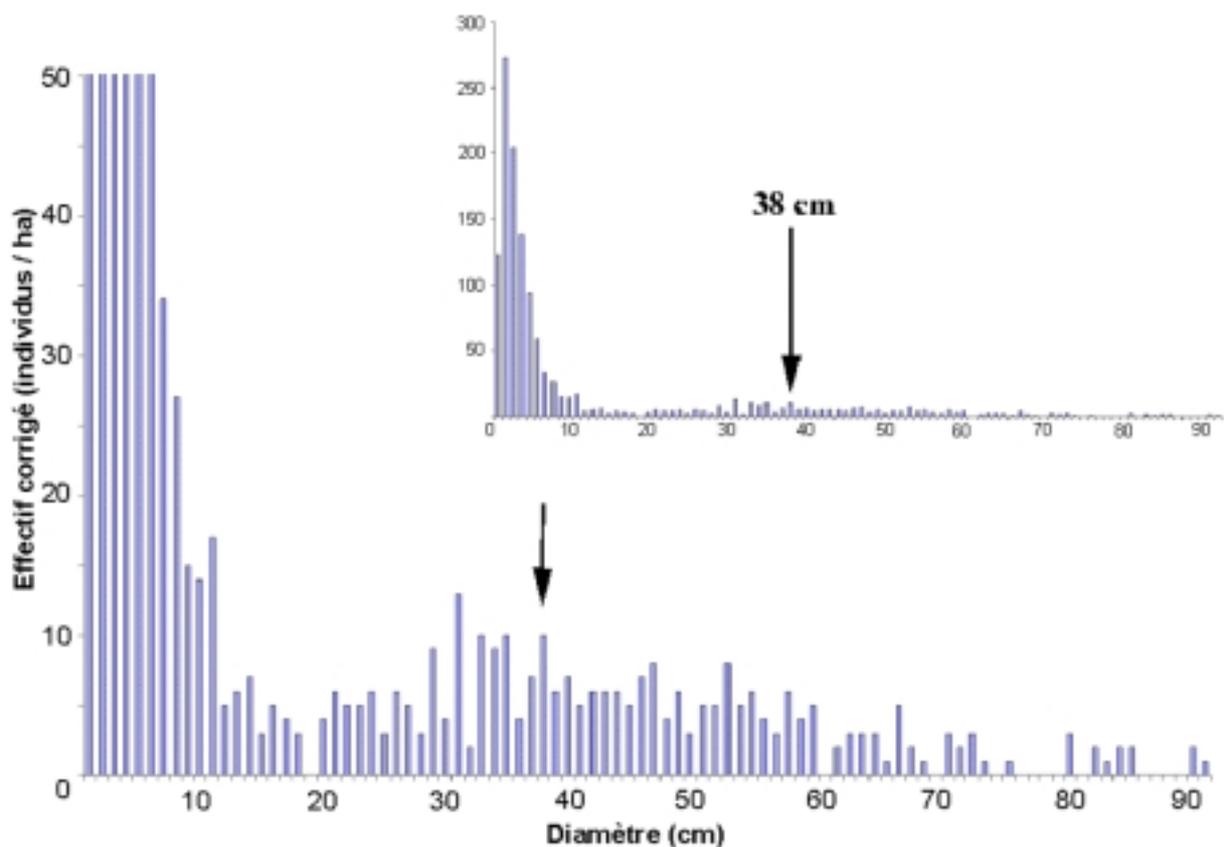


Figure 48 : Distribution des effectifs de *A. germinans* en fonction des classes de diamètre.

<sup>33</sup> Test de Kolmogorov-Smirnov.

Les deux points d'inflexions sur les courbes de régressions calculées donnent la classe de diamètre correspondant à la moyenne du diamètre de la cohorte considérée ( $x_0$ ). Ainsi, la phase de colonisation observée actuellement sur la région de Sinnamary correspond à la classe de diamètre 3 cm. La précédente phase de colonisation correspondrait au diamètre 38 cm.

En appliquant la relation d'évolution du diamètre en fonction du temps qui sera définie au chapitre [II.2.4](#) par l'équation  $\boxed{\varnothing_t = 0,002.t^3 - 0,0112.t^2 + 0,8859.t + 1,2292}$ , la phase de colonisation actuelle se centre sur t-3 ans, soit 1994. Ceci correspond aux observations réalisées sur la zone signalant un début d'envasement de la plage de l'Anse en 1992. Concernant la seconde phase de colonisation, le diamètre 38 cm correspond à 22-23 ans avant les dates de mesures (1997) soit 1975. Manifestement, cette valeur sous-estime la date réelle du passage du banc de vase sur la zone, le suivi des documents cartographiques et photographiques disponibles pour la zone faisant état en 1976 d'une phase d'érosion active. Il est vraisemblable que le faible nombre d'individus de gros diamètres inventoriés pour cette espèce fausse considérablement les courbes de régressions proposées, tant pour la relation âge-diamètre que pour l'analyse des cohortes.

### **II.2.1.2 *Rhizophora racemosa***

Dans les mangroves en transformation, les espèces présentes sont capables de se développer, au moins en partie, sous couvert. Les cohortes observées peuvent donc être issues d'apports extérieurs et de la régénération *in situ* des espèces. Dans le cas où le potentiel séminal advectif est faible, la distribution des tailles de la population considérée sera essentiellement due aux phénomènes de régénération. Si les cohortes apparaissent dans le milieu selon un intervalle de temps suffisamment important ou si la croissance est suffisamment rapide (de façon à ce que l'écart type au sein d'une même cohorte soit inférieur à l'écart entre 2 cohortes successives), la distribution des tailles apparaîtra selon une courbe plurimodale. Chaque mode de la courbe correspondra alors à une cohorte soit encore à une **génération** et chaque cohorte passera alors le test de Normalité.

Ainsi, pour *R. racemosa*, la distribution des effectifs (en données corrigées d'individus / ha) en fonction du diamètre est manifestement plurimodale ([Figure 49](#)).

De la même façon que pour *A. germinans*, les modes de la distribution des diamètres de *R. racemosa* ont été calculés. Il en ressort 2 points d'inflexion, l'un à 1 cm, l'autre à 9 cm. Les 2

cohortes passent le test de Normalité, les coefficients de détermination  $R^2$  des 2 courbes de régression étant significatifs (supérieurs à 0,8).

Si l'on considère que le premier point correspond à la régénération en cours, le second pic doit correspondre à la génération précédente.

Comme cela sera détaillé plus loin dans le [paragraphe II.2.3.1](#), le taux moyen d'accroissement annuel de *R. racemosa* est de 13 % pour l'accroissement en hauteur ce qui correspond à 8 % pour l'accroissement en diamètre. Ainsi il faudrait près de 20 ans à un individu pour atteindre un diamètre de 9 cm.

C'est donc au bout de cette période de 20 ans que la précédente cohorte de *R. racemosa* aura atteint sa capacité optimale de production de propagules viables.

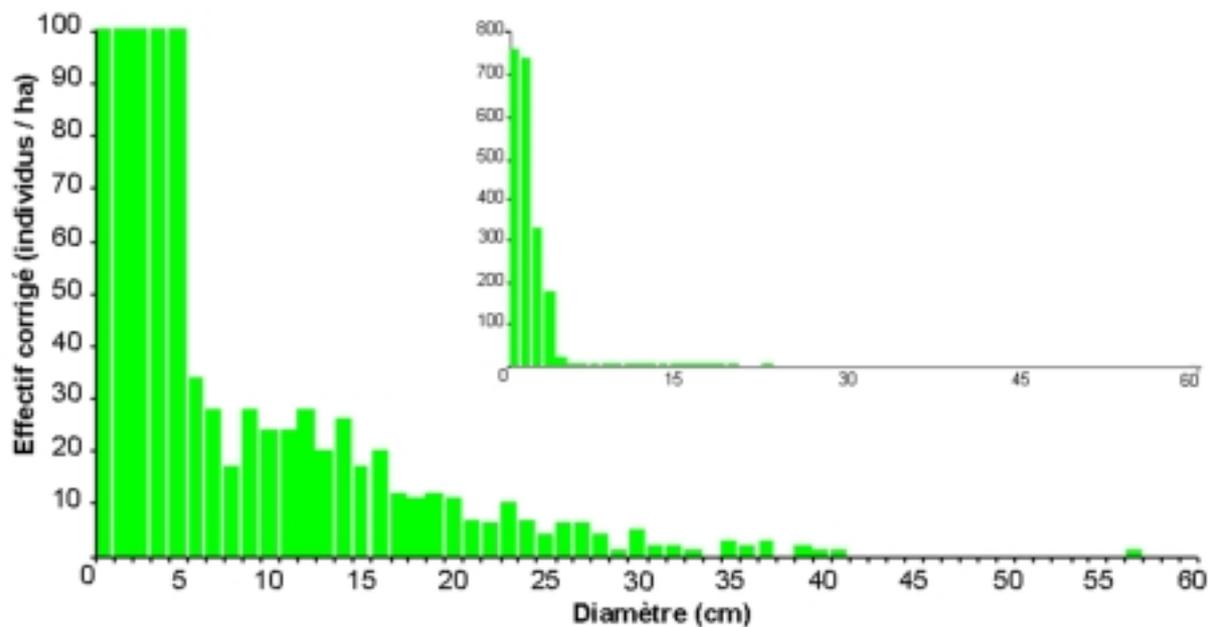


Figure 49: Distribution des effectifs de *R. racemosa* en fonction du diamètre.

La troisième cohorte susceptible d'être étudiée ne passant pas le test de Normalité, il n'a pas été possible d'obtenir confirmation de ces premiers résultats obtenus sur les 2 premières cohortes.

Par ailleurs, ces analyses n'ont pas été étendues à *P. officinalis* et à *L. racemosa*, les distributions d'effectifs ne passant pas le test de Normalité.

## II.2.2. Courbes de survie :

### *II.2.2.1 Espèces ne régénérant pas in situ :*

Au sein des formations pionnières, dès lors qu'un couvert végétal est installé, les plantules d'*Avicennia* qui n'ont pas encore commencé leur développement meurent. On n'observe pas de recrutement dans la population de *Laguncularia*. Pour ces 2 espèces, il n'y a pas de phénomène de recrutement du peuplement que ce soit par arrivée de nouvelles propagules ou par production interne. Les densités observées dans les différents sites correspondent donc à l'évolution du stock initial de propagules. Les plus fortes densités doivent donc être considérées comme étant les valeurs initiales de la dynamique du peuplement. On doit néanmoins tenir compte des effets d'accumulation de propagules à proximité de la plage lors de l'installation du banc de vase ce qui nous a conduit à ne pas intégrer les données issues de ces zones (site Anse 1) dans le calcul du modèle.

L'évolution de la densité au sein de la population considérée résulte donc de la mortalité des différentes espèces présentes dans le stock initial de propagules. Le taux de mortalité instantanée des individus est obtenu par la relation :

$$dN/dt = -m \cdot N$$

où N est l'effectif de la population à l'instant t (effectif exprimé en unité se surface constante), m le coefficient de mortalité.

Dans le cas d'une population ne se recrutant pas, les variations d'abondances sont liées à la seule mortalité. On peut alors linéariser l'équation en la transformant en logarithmes :

$$\ln N = \ln N_0 - m \cdot (t-t_0)$$

Cette linéarisation permet d'obtenir une suite de points alignés sur une droite dont la pente donne le taux de mortalité instantanée.

Ainsi, l'effectif (= densité) au temps t sera de :

$$N_t = N_0 \cdot e^{-m \cdot (t-t_0)}$$

**Dans le cadre de notre étude, les données susceptibles d'être datées sont peu nombreuses et le modèle proposé doit donc être considéré avec circonspection.**

Les mesures de densités effectuées dans les différents peuplements, comme les autres paramètres étudiés, peuvent être associées à l'âge de la formation grâce au suivi de l'évolution du trait de côte par télédétection satellitaire et photo-interprétation. Ce travail s'inscrit également dans le cadre d'une synthèse sur la dynamique sédimentaire de la région de Sinnamary. Pour respecter un plan basé sur un niveau croissant d'observation (du site à la région), ces résultats sont exposés au [paragraphe II.4.2](#).

Empiriquement, pour *Laguncularia racemosa*,

- $N_0 = 24\ 440$  (source Peltier, 1993),
- $N_1 = \text{Individus vivants} + \text{Individus morts sur Anse 4} = 16\ 400$ ,
- $N_2 = \text{Individus vivants sur Anse 4} = 8\ 000$ ,
- $N_3 = \text{individus vivants sur Anse 3} = 320$ ,
- $N_4 = \text{Individus vivants sur Anse 2} = 0$ .

La pente de la droite obtenue par linéarisation de la fonction de mortalité est de  $m = -2,4145$  avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,8167$  (valeurs obtenues par calcul de la courbe de régression des moindres carrés sous Excel <sup>TM</sup>).

**Ainsi, une première approximation du modèle de survie pour *Laguncularia racemosa* est de :**

$$N_t = 24\ 440 \cdot e^{-2,4145 \cdot (t)}$$

Avec  $N_t$  = effectif de la population au temps  $t$

De la même façon, pour *Avicennia germinans*,

- $N_0 = 26\ 667$  (source Peltier, 1993),
- $N_1 = \text{Individus vivants sur Estuaire 2} = 26\ 400$ ,
- $N_2 = \text{Individus vivants sur Anse 4} = 30\ 800$ ,
- $N_3 = \text{Individus vivants sur Anse 3} = 8\ 960$ ,
- $N_4 = \text{Individus vivants sur Anse 2} = 8\ 400$ ,
- $N_5 = \text{Individus vivants sur Estuaire 1} = 5\ 100$ ,

$N_{60}$  = Individus vivants sur Brigandin<sup>34</sup> = 225

Si l'on considère que les phénomènes de mortalité commencent à intervenir à  $t=2$  (fermeture du milieu suffisante pour ne plus autoriser le recrutement), la pente de la droite alors obtenue par linéarisation de la fonction de mortalité est de  $m = -0,0862$  avec un coefficient de détermination  $R^2 = 0,671$ .

**Une approximation du modèle de survie pour *Avicennia germinans* est alors de :**

$$N_t = 30\,800 \cdot e^{-0,0862 \cdot (t-2)}$$

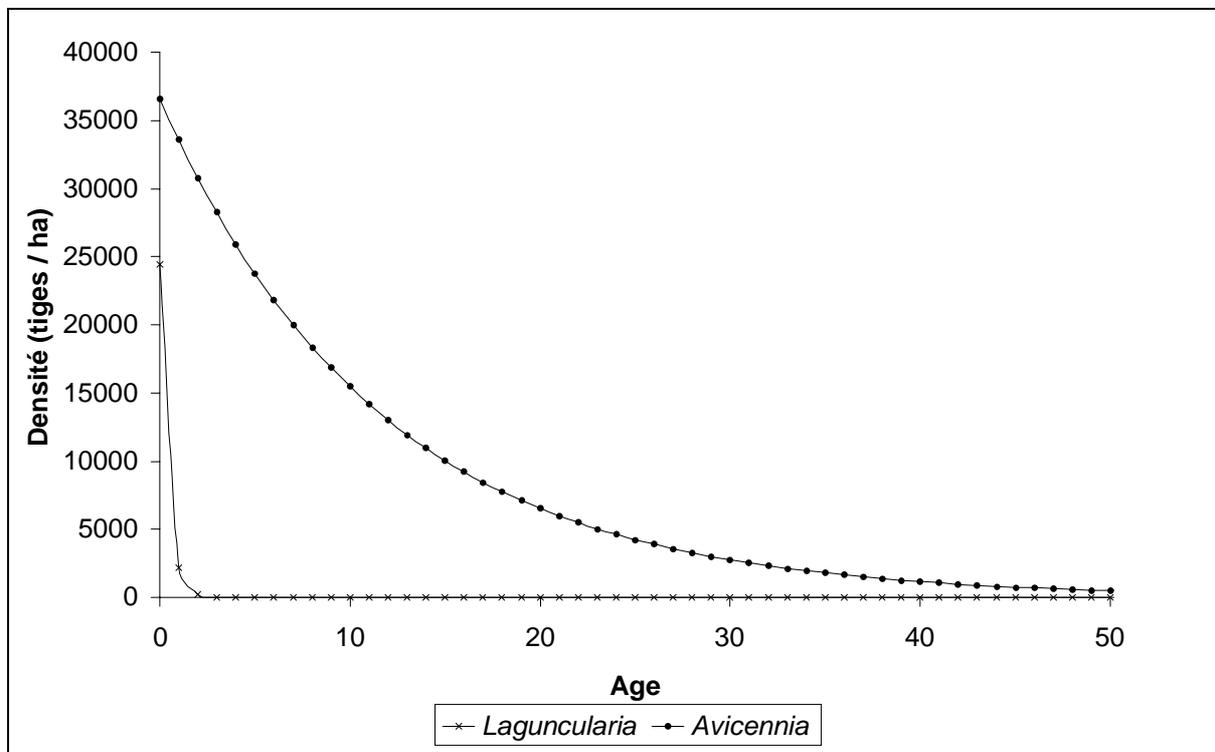


Figure 50 : Modèles de survie pour *A. germinans* et *L. racemosa*

Ainsi, l'établissement de ces modèles permet une double démarche :

- Une démarche prospective qui permet d'avoir une idée de la densité du peuplement dans quelques années.

<sup>34</sup> L'âge des formations existant avant 1993 est estimé d'après les photographies aériennes réalisées par l'IGN depuis 1951 et les témoignages des habitants. (Photographies de l'IGN fournies par Texas A&M University en collaboration avec le LET.)

- Une démarche rétrospective qui fournit un moyen de quantifier l'âge du peuplement en fonction de la densité spécifique.

*Ces démarches doivent être considérées avec toute la circonspection qui s'impose eu égard aux conditions d'établissement des modèles.*

### **II.2.2.2 Espèces régénérant in situ :**

Dans les mangroves en transformation, les espèces comme *R. racemosa* et *P. officinalis* sont amenées à succéder aux espèces pionnières que sont *A. germinans* et *L. racemosa*. Elles sont contraintes de se développer dans un premier temps sous l'ombrage de ces pionniers. Le remplacement des pionniers par ces espèces est un phénomène long et progressif ce qui rend la méthode de datation des peuplements précédemment utilisée caduque pour ces espèces. La méthodologie utilisée pour construire le modèle de survie de ces espèces sera donc différente.

**Ce type d'étude a été réalisé pour *R. racemosa*** par l'installations de 5 placettes de 2 x 2 m de suivi de la régénération. Ce suivi a permis d'évaluer le taux de mortalité annuel des plantules et des jeunes plants, le recrutement annuel de nouveau individus ainsi que l'accroissement en hauteur annuel (le diamètre n'étant pas mesurable précisément sur de jeunes individus). Cette mesure de la hauteur a permis de donner une évaluation indirecte de l'accroissement annuel du diamètre grâce à une courbe de régression hauteur - diamètre établie sur l'ensemble des relevés effectués dans le cadre du travail d'inventaire (cf. paragraphe [II.1.5.4](#)) valable pour des individus de plus de 1 cm de diamètre (limite inférieure de la mesure).

A l'issue d'un suivi de 14 mois ([Annexe 4](#)), sur 151 individus inventoriés, 115 sont encore en vie soit un pourcentage de mortalité proche de 24 %.

Sur la même période, 66 individus ont été recrutés. 51 d'entre eux étaient encore en vie lors de la dernière mesure, un an après leur recrutement, soit une mortalité " instantanée " de 22 %. Comparés aux résultats obtenus par Saenger (1996) sur *Rhizophora stylosa*, le taux de mortalité annuelle observé ici est très largement inférieur aux 77 % mesurés en Australie.

En définitive, après 1 an, 217 individus ont été observés sur les placettes dont 166 ont survécu soit une mortalité globale de 23,5 % des individus (soit un taux de survie de 0,765).

Le taux de mortalité annuel observé parmi les jeunes plants en cours d'installation semble donc être semblable à celui des jeunes plants déjà installés, de l'ordre de ¼ des individus / an.

Si on considère que le recrutement est constant d'une année sur l'autre, que la valeur observée est représentative de la réalité, le recrutement annuel, **dans les zones en régénération active** serait de :

$$[\text{Régénération observée} / \text{Surface de mesure (m}^2\text{)}] \times 10\,000$$

$$\text{soit : } [66/20] \times 10\,000 = 33\,000 \text{ plantules / ha.}$$

Compte tenu du taux de mortalité observé, à la fin de la première année de régénération, le recrutement net (**RN**) de la population de plantules serait de l'ordre de :

$$33\,000 \times 0,765 = 25\,245 \text{ individus / ha.}$$

L'évolution de la densité dans ces zones sera donc de :

$$D_t = (D_{t-1} \times 0,765) + \text{Recrutement Net}$$

$$\text{Soit } D_t = (D_{t-1} \times 0,765) + 25\,245$$

Le fait de parler de zones de régénération active implique qu'il existe des zones où la régénération n'est pas active. Cela s'explique par le mode même de régénération de *R. racemosa* dont les plantules peuvent se planter directement dans la boue, au pied du semencier. Les plantules tombant à marée haute ne pouvant se fixer dans la boue et celles issues des individus se trouvant sur la rive d'un cours d'eau sont entraînées par la marée et participent à la dissémination à longue distance de l'espèce par hydrochorie.

Les observations de terrain semblent montrer que les zones de régénération active se situent en frange de houppier des individus les plus gros (semenciers) et, de préférence vers l'extérieur des massifs. Ceci s'explique par 2 caractères :

- Le premier est la configuration générale d'un houppier qui s'apparente à une forme hémisphérique qui fait que pour une distribution homogène en surface de cet hémisphère, la distribution devient Normale inverse en projection au sol ([Figure 51](#)).
- Le second tient à la biologie de l'espèce qui ne tolère qu'un ombrage léger ce qui tend à éliminer les plantules situées sous le houppier.

Il s'ensuit que le Recrutement Net tend à diminuer avec le vieillissement de la population alors que le taux de mortalité restera constant. Concrètement, les densités les plus élevées se rencontreront donc dans les peuplements jeunes, à la périphérie des plus âgés ([Figure 52](#)).

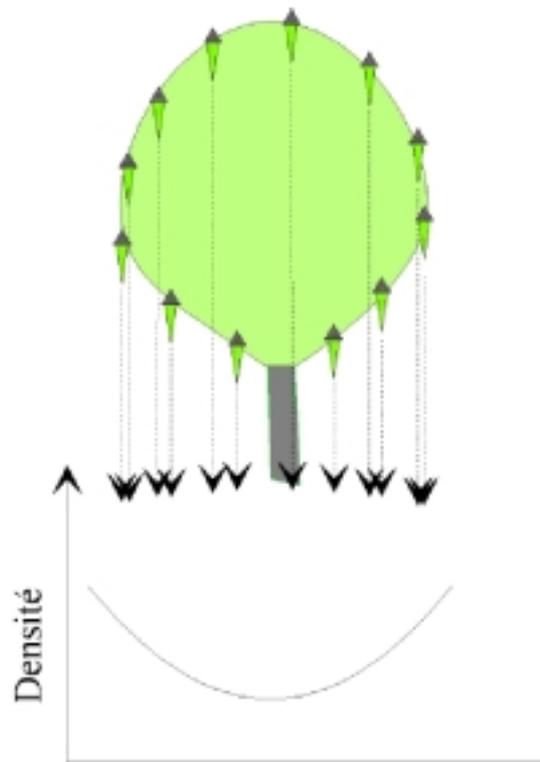


Figure 51 : Répartition théorique homogène.

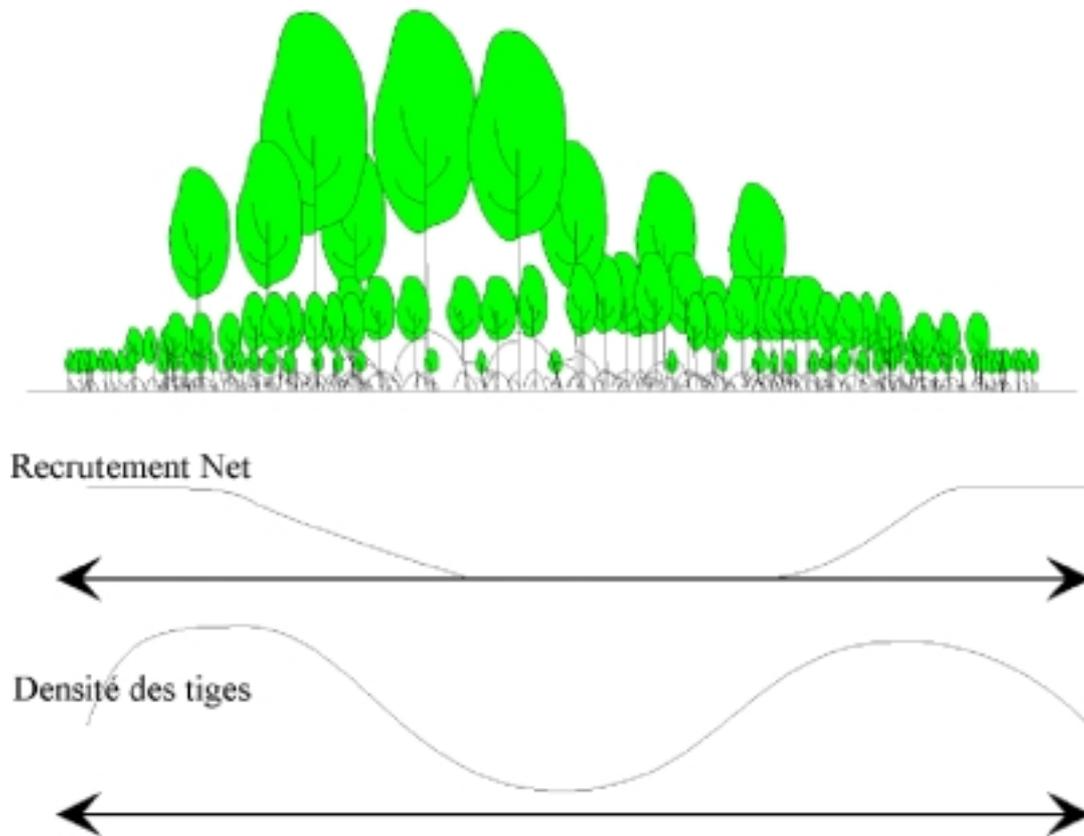


Figure 52 : Profil structural dans un peuplement homogène de *R. racemosa*.

Sur l'ensemble des relevés effectués, la plus forte densité observée pour *R. racemosa* a été de 83 100 individus / ha (Transect B4, placette 8d – 150/160 m). Selon la relation établie [ci-dessus](#), cette densité correspondrait à un peuplement âgé de 6 ans.

**L'expression de la densité fonction du temps donnée ci-dessus ne serait donc valable que pour les 6 premières années du peuplement.**

Pour estimer cette évolution de la densité au delà de ces 6 années, il faut être en mesure de donner une estimation de l'âge du peuplement. Pour cela, une mesure indirecte peut être basée sur l'accroissement en diamètre de cette espèce.

Pour ce faire, les résultats de 2 dispositifs sur *R. racemosa* sont utilisés :

- Placettes de suivi de la régénération
- Rubans dendromètres sur 40 individus

Les placettes de suivi de la régénération ont permis de définir les classes de hauteur (et par conséquent de diamètre par exploitation de la relation allométrique Hauteur – Diamètre) correspondant aux âges des individus considérés.

Ainsi, au cours de l'année de suivi de ces plantules, une phase de recrutement est intervenue, donnant ainsi les valeurs limites de la classe initiale. Reportées sur la population observée, cette classe a permis de définir de proche en proche les classes successives par observation du devenir des valeurs limites après 1 an ([Tableau 7](#)).

Le nombre d'individus pris en compte dans ce tableau varie entre 5 et 29 selon les classes.

Tableau 7 : Classes de hauteur observées.

Année	Classe de référence		Devenir 1 an après	
	Hauteur minimale	Hauteur maximale	Hauteur minimale	Hauteur maximale
Référence utilisée : (Recrutement observé)			0,25	0,80
0	0,25	0,8	0,70	1,16
1	0,7	1,2	0,88	1,39
2	1,2	1,4	1,32	1,66
3	1,4	1,7	1,40	1,87
4	1,7	1,9	1,77	2,46
5	1,9	2,5	1,85	3,45
6	2,5	3,5	2,20	5,75
7	3,5	5,75	3,22	5,80

Ces classes observées ont été transformées en classes de diamètres par la relation allométrique détaillée précédemment au [paragraphe II.1.5.4](#). Les limites des classes supérieures à 7 ans ont été obtenues par calcul à partir de la fonction d'accroissement annuel qui sera exposée au [paragraphe II.2.3.1](#).

L'histogramme des densités observées pour l'ensemble de la population est donné [Figure 53](#) à partir de la classe de 4 ans, première classe où le diamètre théorique dépasse 1 cm (limite inférieure de mesure sur le terrain). Cet histogramme représente la distribution instantanée de la population (équivalent d'une pyramide des âges). On remarque que le profil diminue très rapidement les premières années, ce qui indique que la mortalité intervient essentiellement parmi les jeunes classes. **La densité se stabilise ensuite autour de 18 tiges / ha (densité moyenne entre 10-50 ans)**. La distribution présente plusieurs modes correspondant à plusieurs générations (ou cohortes d'âges différents) qui se superposent partiellement dans l'échantillon observé ([Figure 54](#)). Ainsi, on peut distinguer 4 cohortes sur les 52 années représentées par l'histogramme dont 3 au delà de la limite des 6 ans évoquée ci-dessus. Ces cohortes représentent les générations successives de *R. racemosa*. Dans la mesure où la régénération de cette espèce n'est pas directement liée aux phénomènes de sédimentation, ces cohortes représentent l'âge moyen de maturité sexuelle de l'espèce.

On peut donc estimer à :

$$[(52-6)/3] = 15,3 \text{ ans}$$

l'âge de maturité sexuelle pour *R. racemosa*.

Les irrégularités observées dans cette distribution sont sans doute à relier à une augmentation ponctuelle de la mortalité en relation avec les conditions climatiques du moment.

Une approximation de cette courbe de distribution pourrait être donnée sous la forme de 2 équations différentes qui ne nous ont pas paru satisfaisantes.

- La première équation consiste en un polynôme du  $n^{\text{ième}}$  degré qui s'ajuste particulièrement bien à la courbe de distribution mais qui n'est valable que pour la description de la distribution des effectifs à un instant  $t$ .
- La seconde est une régression logarithmique qui décrit bien la tendance générale de la distribution mais en masque les modes.

La distribution des densités des *Rhizophora racemosa* de plus de 6 ans suit donc une courbe plurimodale ayant une fréquence proche de 15 ans et une moyenne de 18 tiges / ha.

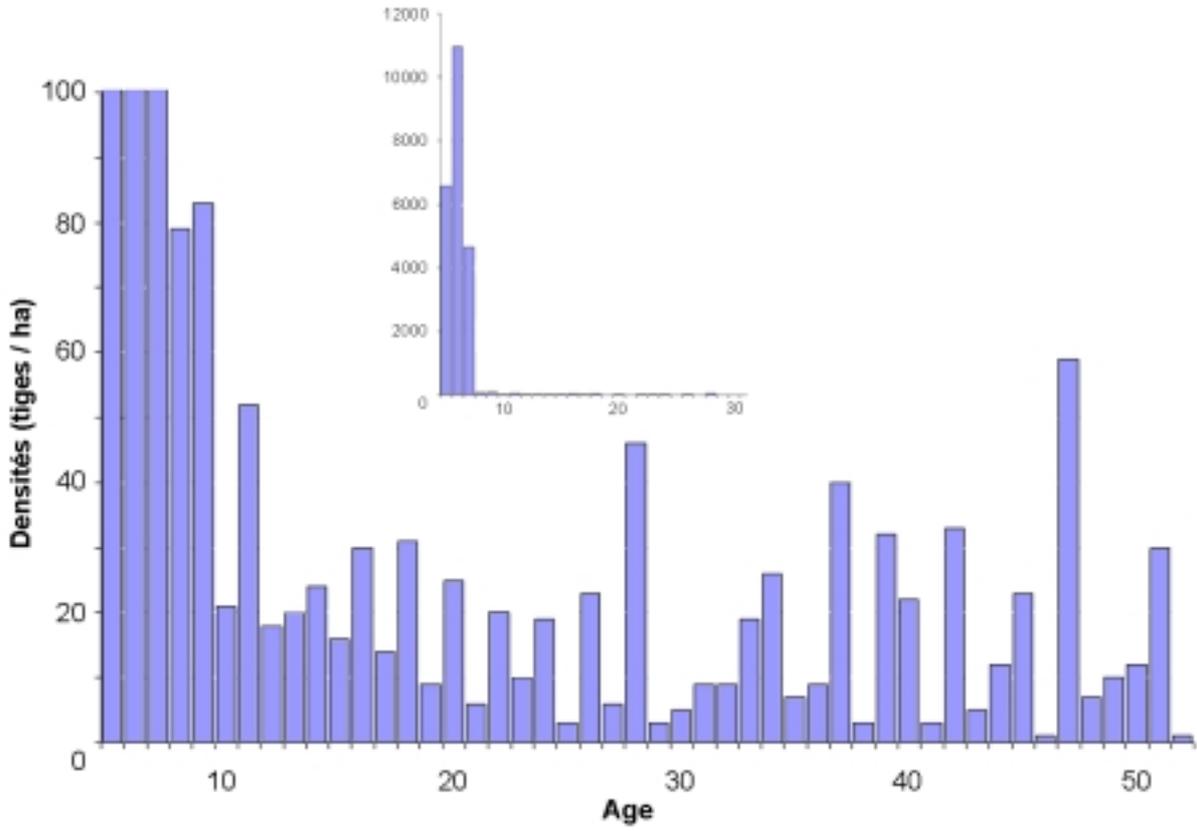


Figure 53 : Histogramme des âges dans la population de *R. racemosa* (individus / ha).

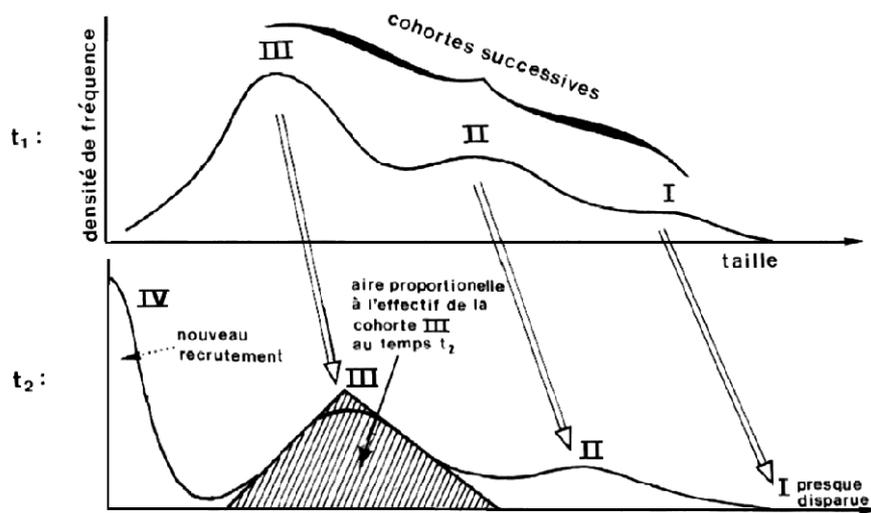


Figure 54 : Suivi de cohorte (Extrait de Frontier & Pichod-Viale, 1995)

### **II.2.3. Croissance en diamètre**

*L'étude de l'accroissement en diamètre des arbres, examiné conjointement avec l'évolution de la densité ([paragraphe II.1.2](#)) est un des aspects qui permet d'appréhender la productivité du peuplement.*

Ce type d'étude a déjà été utilisé en Guyane, dans les forêts denses perturbées ou non (Favrichon, 1995 ; Gazel, 1983 ; Prévost et Puig, 1981 ; Puig et Prévost, 1986). C'est également une méthode qui permet, *a posteriori*, une estimation de l'âge du peuplement (Terborgh *et al.*, 1997). Cette méthode a d'ailleurs été utilisée dans l'estimation des classes de diamètres au [paragraphe II.2.2.2](#).

Cette étude s'est appuyée sur l'installation et le suivi sur 2 ans de rubans dendromètres sur *R. racemosa* et *P. officinalis*, *A. germinans* n'ayant pas été équipé du fait de l'absence d'individus vivants sur la zone d'étude. Elle a été complétée pour les petits diamètres par le suivi sur 1 an des placettes de régénération de *R. racemosa*.

#### ***II.2.3.1 Croissance nette annuelle***

##### ***Rhizophora racemosa***

Pour cette espèce, la mesure a porté sur 217 individus de faible diamètre par le suivi des placettes de régénération ainsi que sur 40 individus de plus de 10 cm de diamètre par le suivi des rubans dendromètres.

Concernant ces rubans dendromètres, l'accroissement en diamètre des individus suivis atteint en moyenne 1,6 % avec un maxima de 8,4 % (Individu 51 - [Annexe 5](#)). Bien qu'aucun individu ne soit mort pendant la durée de l'étude, 5 d'entre eux n'ont montré aucun accroissement net pendant le 2 années d'études. Deux d'entre eux (Individus 04 et 09) ont vu dans un premier temps leur diamètre augmenter avant de reprendre leur taille initiale, les 3 autres (Individus 27, 39 et 52) ont eut un comportement inverse (constriction puis dilatation).

Le [Tableau 8](#) nous montre que 2 classes de diamètre présentent de forts pourcentages d'accroissements. Il s'agit de la classe des plus petits diamètres (10 cm) et de la classe 30 cm. Si un fort accroissement est compréhensible chez les individus de grand diamètre ayant déjà atteint la voûte, l'accroissement observé chez les faibles diamètres est plus surprenant. En effet, on aurait pu s'attendre à ce que ces individus se développent en hauteur (concurrence pour la lumière) au détriment du diamètre. En fait, cette croissance en diamètre semble indépendante de la croissance en hauteur, les ressources énergétiques de la plante paraissant suffisantes pour assurer simultanément ces 2 mécanismes.

Par ailleurs, on remarque une diminution très importante de la croissance pour les diamètres moyens (20 cm). Cette classe semble correspondre à un équilibre entre la disponibilité énergétique du milieu et la demande énergétique globale de la population. Seule une modification du rapport disponibilité / demande par :

- a) augmentation de la disponibilité énergétique suite à une ouverture du milieu,
- b) diminution de la demande énergétique par diminution de la densité de la population permettra la reprise de la croissance.

Ces observations rejoignent celles effectuées par Prévost et Puig (1981) sur la forêt de terre ferme.

Tableau 8 : Pourcentages des accroissements moyens annuels de *R. racemosa* par classe de diamètre.

Classe de Diamètre	Limites de classe (cm)	Nombre d'individus	% d'accroissement
10	[10-12,5[	6	4,01
15	[12,5-17,5[	10	1,38
20	[17,5-22,5[	9	0,81
25	[22,5-27,5[	7	1,18
30	[27,5-32,5[	6	4,65
35	≥ 32,5	2	1,3

Le suivi des parcelles de régénération a non seulement donné des indications sur le taux de survie des plantules de *R. racemosa*, mais également des valeurs d'accroissement en hauteur annuelles moyennes. Ainsi, en s'intéressant au devenir des individus recrutés au cours de l'année, on peut en déduire une estimation de la hauteur des individus âgés de 1 an. En répétant l'opération de proche en proche, et par recoupement entre les différentes valeurs mesurées sur 1 an, une approximation de la croissance des jeunes plants peut être donnée ([Tableau 9](#)). Si l'on excepte la première année où, manifestement, la plantule se développe sur ses réserves, le taux d'accroissement moyen annuel est de 13 % ce qui, en appliquant la relation allométrique Hauteur – Diamètre définie au [paragraphe II.1.5.4](#) permet d'obtenir un taux d'accroissement diamétrique moyen annuel de 8 %.

L'évolution du diamètre au cours de la vie d'un *R. racemosa* peut donc être représentée par la courbe figurée ci-après ([Figure 55](#)). Toutefois, les mesures effectuées pour obtenir les valeurs des coefficients d'accroissement diamétrique en fonction du diamètre sont trop peu

nombreuses pour avoir une signification statistique et ces résultats doivent être considérés avec toutes les précautions qui s'imposent.

Tableau 9 : Accroissement moyen annuel des plants de *R. racemosa*.

Année	Hauteur moyenne (m)	Accroissement annuel moyen (m)	Pourcentage	Diamètre estimé (cm)
0 (recrû)	0,53	0,52	98%	
1	1,05	0,09	9%	
2	1,14	0,08	7%	2,2
3	1,22	0,18	15%	2,3
4	1,4	0,22	16%	2,5
5	1,62	0,17	10%	2,7
6	1,79	0,29	16%	2,9
7	2,08	0,38	18%	3,2
8	2,46	0,06	2%	3,5
9	2,52	0,1	4%	3,5
10	2,62	0,28	11%	3,6
11	2,9	0,1	3%	3,9
12	3	0,57	19%	4
13	3,57	0,73	20%	4,5
14	4,3	1,1	26%	5,2
15	5,4			6,1

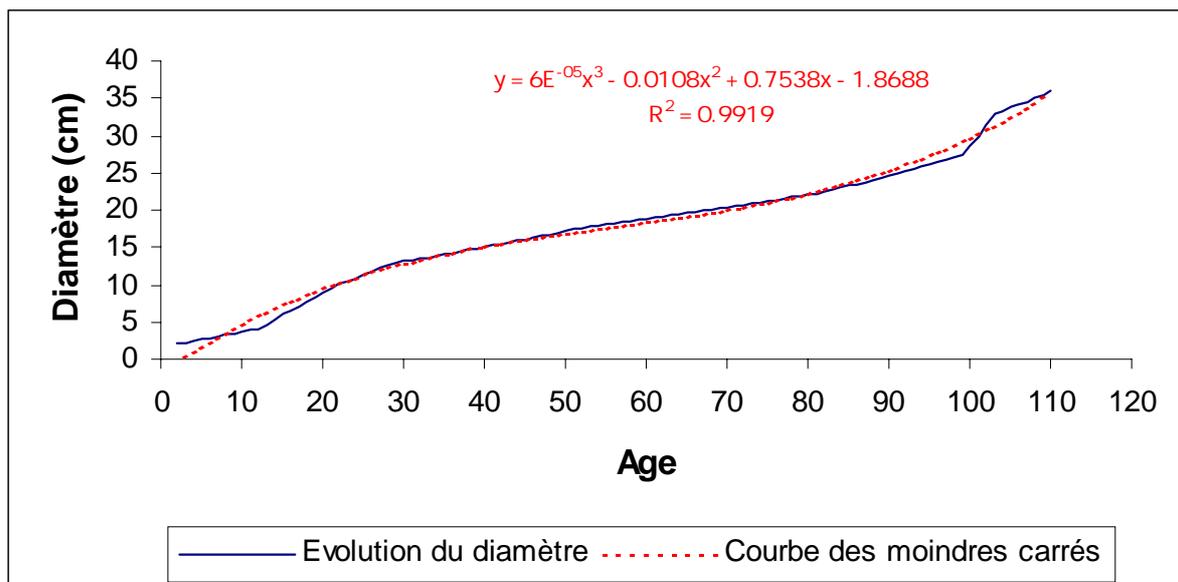


Figure 55 : Estimation du diamètre en fonction de l'âge de l'individu chez *R. racemosa*.

### ***Pterocarpus officinalis***

L'accroissement moyen a été de 3,83 % par an avec un maximum mesuré de 14,86 % (Individu 65 - [Annexe 6](#)) 3 individus ont montré un bilan d'accroissement nul au bout des 2 années de mesures. Un n'a jamais évolué sur l'ensemble de la période (Individu 64), 1 a augmenté de diamètre avant de subir une constriction équivalente (Individu 36). Un dernier enfin a tout d'abord subi une constriction avant de reprendre sa taille initiale (Individu 15). Il est à noter qu'un individu est mort durant la période d'observation (Individu 16).

Les pourcentages d'accroissement résumés dans le [Tableau 10](#) se comportent de façon similaire à ceux observés précédemment chez *R. racemosa*.

L'évolution du diamètre au cours de la vie d'un *P. officinalis* peut donc être représentée par la courbe [Figure 56](#). Cette courbe étant basée sur les accroissements mesurés sur des individus de plus de 10 cm de diamètre, son origine est  $t_{10}$  = temps nécessaire pour un individu pour atteindre 10 cm de diamètre, soit 15 ans si l'on considère la courbe de régression établie comme représentative de la période non renseignée.

Tableau 10 : Pourcentages des accroissements moyens annuels de *P. officinalis* par classe de diamètre.

<b>Classe de Diamètre</b>	<b>Limites de classe (cm)</b>	<b>Nombre d'individus</b>	<b>% d'accroissement</b>
10	[10-12,5[	7	7,35
15	[12,5-17,5[	9	3,29
20	[17,5-22,5[	5	1,71
25	[22,5-27,5[	2	0,78
30	[27,5-32,5[	2	2,29

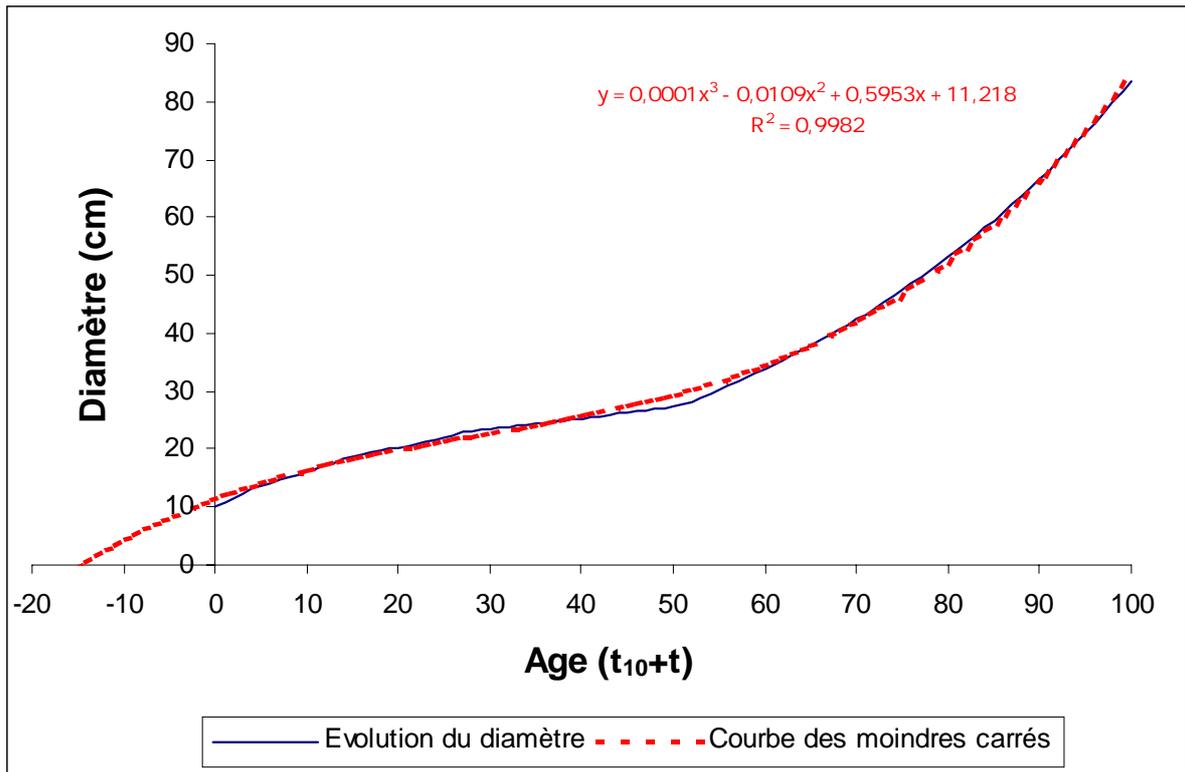


Figure 56 : Estimation du diamètre en fonction de l'âge de l'individu chez *P. officinalis* (basée sur les pourcentages d'accroissement moyens annuels par classe de diamètre).

### **II.2.3.2 Rythmicité**

La rythmicité de la croissance des arbres a déjà été remarquée sous les climats tropicaux. Puig et Prévost (1986) ont observé ce phénomène et l'ont relié à la pluviométrie et, en particulier, à l'humidité du sol.

Dans les mangroves, le problème se pose de façon plus complexe. En effet, la teneur en eau du sol y est toujours très élevée comme l'ont montré les mesures effectuées en fin de saison sèche en 1998 avec des valeurs supérieures ou égales à 40 % ([paragraphe II.3.1](#)) ce qui provoque des phénomènes d'asphyxie racinaire.

D'autre part, ces sols sont salés et l'eau présente n'est pas forcément utilisable par les plantes. Cette humidité du sol pose donc 2 problèmes, celui de la disponibilité de cette eau et celui de l'asphyxie des racines des plantes.

Toutefois, il est remarquable que les plantes qui se rencontrent dans ces milieux ont également développé des mécanismes d'adaptation leur permettant de compenser plus ou moins efficacement ces handicaps.

Afin d'étudier ces phénomènes de rythmicité, on a comparé pluviométrie et accroissement en diamètre.

#### ***Rhizophora racemosa***

On constate [Figure 57](#) que, si un accroissement a bien lieu pendant les épisodes pluvieux, la vitesse d'accroissement, matérialisée par le pourcentage d'accroissement entre 2 mesures, est indépendante des quantités d'eau tombées. En effet, lorsque l'on examine l'évolution de la courbe en avril - mai 1997, la pluviométrie y est sensiblement équivalente à celle mesurée 3 mois plus tôt, pourtant, l'accroissement mesuré y est nettement inférieur. Inversement, on constate un accroissement équivalent en novembre - décembre 1997 qu'en avril - mai pour une pluviométrie très largement inférieure. On assiste même à un phénomène de constriction en janvier 1998 alors que la pluviométrie n'a cessé d'augmenter depuis septembre 1997.

#### ***Pterocarpus officinalis***

La [Figure 58](#) montre les accroissements moyens mesurés sur *P. officinalis*. Contrairement à *R. racemosa* qui présentait des alternances de phases d'accélération et de ralentissement de la croissance, *P. officinalis* présente une croissance régulière tout au long de l'année.

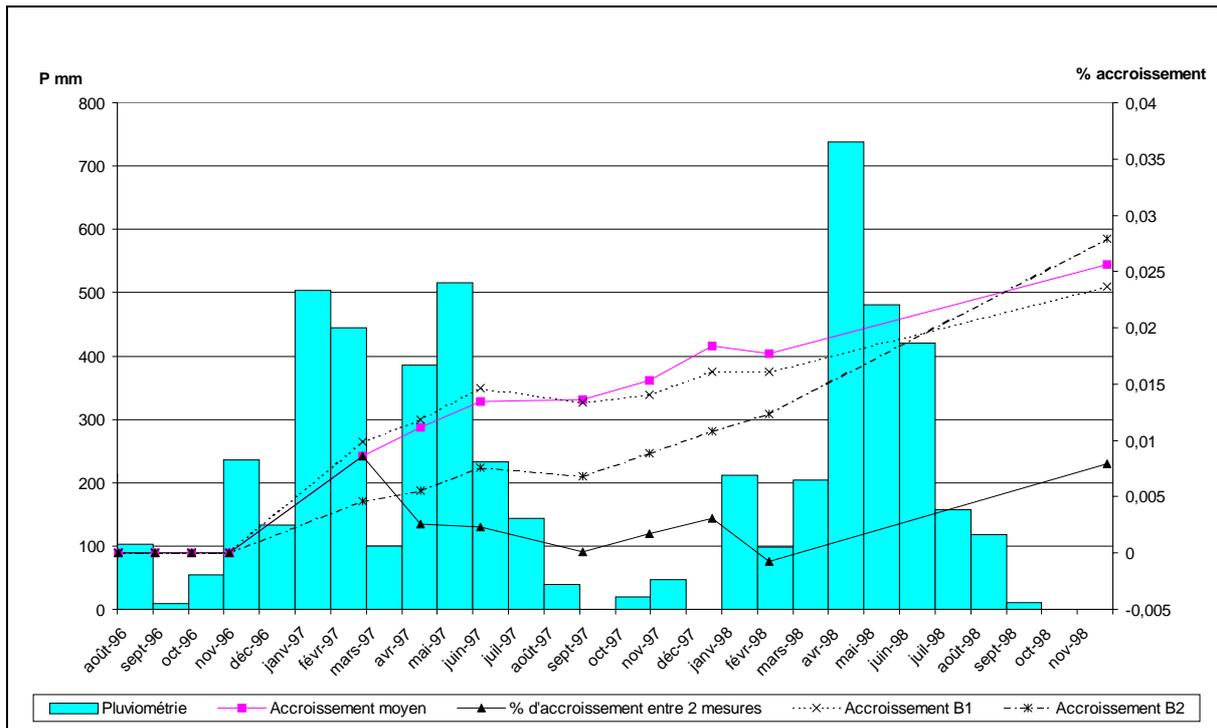


Figure 57 : Pourcentages d'accroissement moyens de *R. racemosa* (40 individus) et pluviométrie mensuelle en mm.

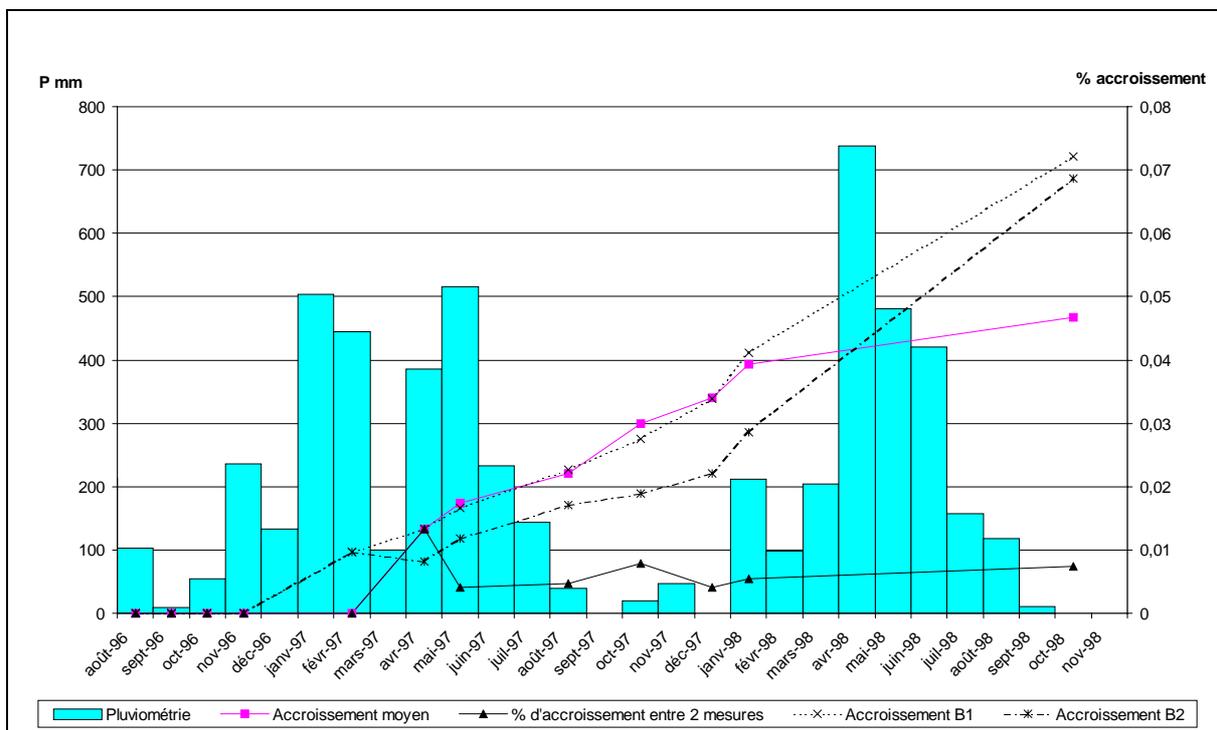


Figure 58 : Pourcentages d'accroissement moyens de *P. officinalis* (25 individus) et pluviométrie mensuelle en mm.

La comparaison des accroissements entre les Transects B1, B2 et B4 (placettes) permet de se faire une idée de l'influence de la salinité du milieu sur la croissance.

Concernant les rubans dendromètres, la salinité moyenne mesurée sur les 20 premiers centimètres (moyenne des salinités les plus fortes mesurées le long du transect) sur B1 est de 9,5 g/l contre 15 g/l sur B2 (cf. paragraphe [II.3.1.1](#)). Globalement, B2 apparaît donc comme étant plus salé que B1.

- En 1997, l'accroissement de *R. racemosa* a été plus important sur B1 que sur B2. Toutefois, en 1998, cette tendance s'est inversée, ce alors que la salinité du milieu avait entre-temps augmenté ([paragraphe II.3.1](#)).
- Concernant *P. officinalis*, bien que l'accroissement sur B2 soit toujours inférieur à celui sur B1, il est remarquable que les 2 courbes tendent à se rapprocher.

Enfin, si l'on s'intéresse au plantules de *R. racemosa*, le suivi des parcelles de régénération entre B2 et B4 permet de comparer leur réponse dans des conditions légèrement différentes (8 g/l sur B2, 14 g/l sur B4). L'accroissement moyen en hauteur des plantules a été identique, de l'ordre de 15 % sur les 2 transects.

L'accroissement en diamètre des individus des 2 espèces étudiées ne présente pas de rythmicité particulière.

- *Pterocarpus officinalis* présente une croissance régulière sur l'ensemble de la période d'étude.
- *Rhizophora racemosa* a une croissance plus irrégulière alternant accélération et ralentissement de la vitesse de croissance sans qu'il soit possible de relier ces phénomènes aux conditions pluviométriques ou à la salinité du milieu. Concernant la salinité, les résultats obtenus vont dans le sens de ceux trouvés par Smith & Snedaker (1995) sur les plantules de *Rhizophora mangle* à savoir, une absence de différence significative entre sites salés et sites dessalés.

Ces relations sol - végétation seront plus amplement examinées au [paragraphe II.3](#).

#### II.2.4. Modélisation de l'évolution de la surface terrière :

La surface terrière étant une fonction du diamètre et de la densité, la modélisation de l'évolution du diamètre peut permettre de modéliser l'évolution de la surface terrière. En cela, la très faible diversité spécifique de ces peuplements et le fait que leur population soit équiennne sont des avantages qui simplifient considérablement les calculs. En effet, avec une représentativité moyenne de 93 % pour la mangrove maritime, *A. germinans* permet à lui seul de proposer un modèle d'évolution du peuplement.

La surface terrière de ces peuplements correspond à la surface terrière individuelle multipliée par la densité.

Ainsi, en considérant le diamètre moyen des formations jeunes d'âge connu (relevés sur les sites Estuaire & Anse) et la moyenne des plus gros diamètres dans les formations matures d'âge estimé à partir des photographies aériennes, on arrive aux données suivantes :

$\varnothing_{t=1}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Estuaire 2	= 1,9 cm
$\varnothing_{t=2}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Anse 4	= 2,5 cm
$\varnothing_{t=3}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Anse 3	= 4,9 cm
$\varnothing_{t=4}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Anse 2	= 4,7 cm
$\varnothing_{t=5}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Estuaire 1	= 4,9 cm
$\varnothing_{t=55}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Canceler 2	=53,25 cm
$\varnothing_{t=60}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Brigandin <sup>34</sup>	=60,77 cm
$\varnothing_{t=60}$ = Moyenne des diamètres d' <i>A. germinans</i> sur Canceler 3 <sup>34</sup>	=62,82 cm

Le calcul d'une courbe de régression en polynôme du 3<sup>ème</sup> degré abouti à l'équation suivante :

$$\varnothing_t = 0,0002.t^3 - 0,0112.t^2 + 0,8859.t + 1,2292$$

avec un coefficient de détermination égal à :  $R^2=0,9996$

Le modèle de calcul de la surface terrière peut donc s'écrire :

$$ST_t = [(\pi \times \varnothing_t^2) / 4] \times N_t$$

Soit :

$$ST_t = [(\pi \times (0,0002.t^3 - 0,0112.t^2 + 0,8859.t + 1,2292)^2) / 4] \times (30\ 800 \cdot e^{-0,0862.(t-2)})$$

La valeur maximale (théorique) de la surface terrière devrait être alors atteinte dans un peuplement de 19 ans avec une valeur de 132,34 m<sup>2</sup> / ha ([Figure 59](#)). Cette valeur, très nettement supérieure à toutes celles rencontrées lors des échantillonnages ou dans la littérature (Betoulle, 1998 ; Peltier, 1993) laisse penser que les modèles de régression doivent encore être affinés.

Enfin, si l'on compare le diamètre des troncs mesurés dans les cimetières de mangrove à la courbe théorique d'évolution du diamètre d'*Avicennia germinans*, la mort de ces individus semble être intervenue entre 65 et 75 ans.

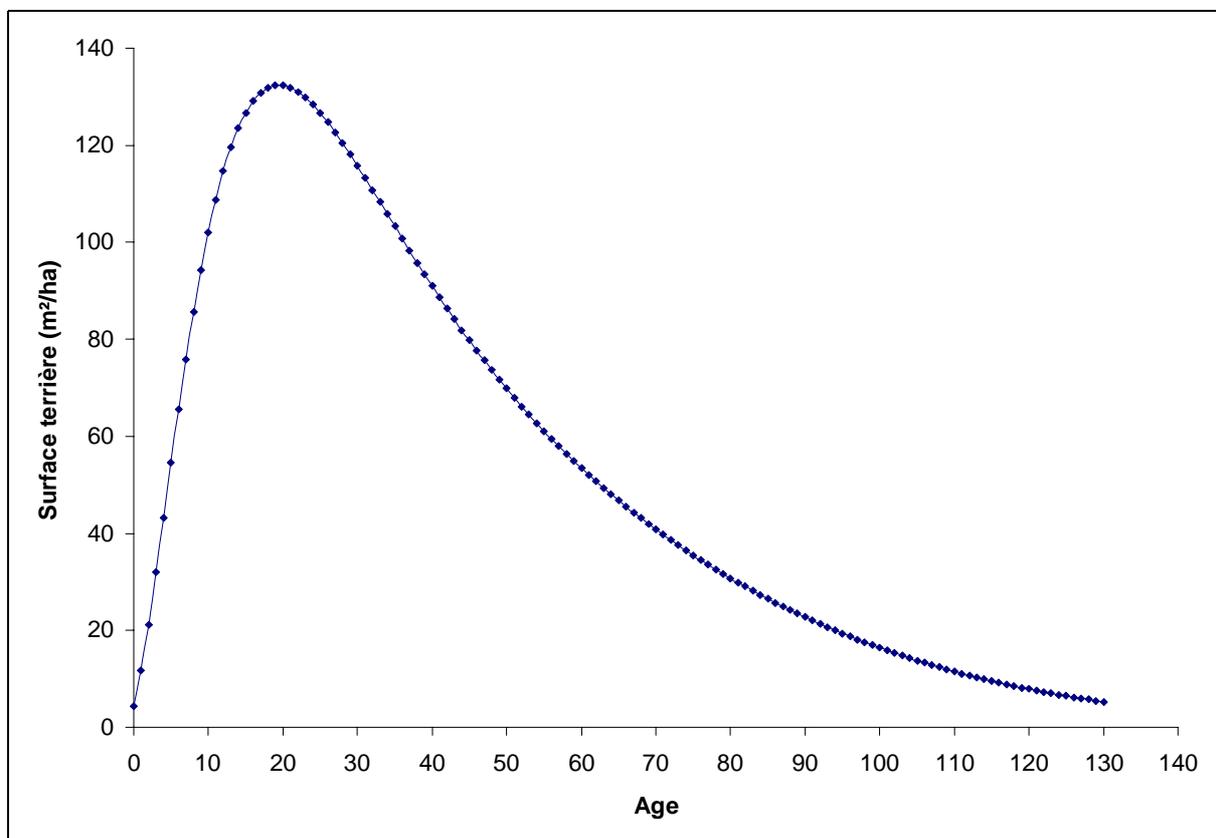


Figure 59 : Evolution théorique de la surface terrière d'*A. germinans*.

A partir des inventaires réalisés, la structure des populations a été décrite pour *Avicennia germinans* et *Rhizophora racemosa*.

Si l'analyse des cohortes d'*Avicennia germinans* peut permettre, en théorie, de retracer l'histoire sédimentaire de la zone, l'analyse est rapidement limitée par des effectifs faibles dans les classes de gros diamètres. Les courbes de régressions obtenues ne sont plus représentatives et les résultats obtenus divergent des données historiques existant sur la zone développées au paragraphe [II.4.2.1](#).

Concernant *Rhizophora racemosa*, cette analyse permet de pressentir un intervalle de 20 ans entre 2 générations. Toutefois, comme pour *Avicennia*, les faibles effectifs dans les classes de gros diamètres limitent l'analyse et ce résultat demande encore à être confirmé.

Des modèles d'évolution de la densité ont été proposés pour *Laguncularia racemosa*, *Avicennia germinans* et *Rhizophora racemosa*. Si il est notable que ces modèles souffrent d'une discontinuité importante dans les données datées pour *Avicennia* et *Rhizophora*, ce problème n'affecte pas le modèle proposé pour *Laguncularia* compte tenu de la forte mortalité juvénile de cette espèce.

Le suivi de l'accroissement en diamètre de *Rhizophora racemosa* et de *Pterocarpus officinalis* a montré que cet accroissement se fait de façon globalement continue pour ces 2 espèces même si l'analyse fine de ces résultats révèle une grande variabilité individuelle. Contrairement à ce qui avait été observé par Puig et Prévost (1986), l'accroissement est indépendant de la pluviométrie. A partir des données mesurées, des modèles d'accroissement du diamètre en fonction du temps ont été établis pour ces 2 espèces.

Enfin, a partir des paramètres structuraux des différents sites prospectés et grâce à la datation de ces sites par " cartographie historique ", un modèle d'évolution du diamètre au cours du temps a pu être établi pour *Avicennia germinans*. Ce modèle a ensuite été étendu à la surface terrière pour cette espèce.

## **II.3.Relations entre les conditions hydrologiques et géochimiques du substrat et la Végétation**

*Ce chapitre étudie les caractéristiques physico-chimiques des sols des différents sites (Transects B1, B2, B4, sites Route de l'Anse, Plage de l'Anse 1 & 4, Canceler 1, Estuaire 1 & 2, et Ilot des palétuviers) et leur évolution au cours des 2 années d'études. Une mise en corrélation entre la végétation et les caractéristiques géochimiques des sols sera tentée.*

**Les données utilisées dans ce chapitre sont issues des mesures *in situ* effectuées lors des campagnes de terrain, des travaux de DEA de S. Nivelet (1998) pour les cations majeurs et une partie des données sur la matière organique ainsi que des travaux de DEA de L. Gojard (1998) également pour la matière organique.**

Parmi les différents paramètres pris en compte, la salinité des eaux interstitielles est particulièrement importante car elle permet de mettre en évidence l'importance relative des eaux douces, des eaux saumâtres et des eaux salées dans le milieu (Baltzer, 1982 ; Imbert, 1985 ; Sam & Ridd, 1998). Cet équilibre conditionnera la répartition de la végétation (Imbert, *op. cit.*; Thibodeau *et al.*, 1998; Ukpong, 1997).

### **II.3.1. Analyses géochimiques**

*Quatre campagnes de prélèvements sur le terrain ont été réalisées entre novembre 1996 et novembre 1998. Elles ont permis de réaliser 49 sondages sur un total de 10 sites différents (cf. paragraphe [1.3.3](#)).*

#### **II.3.1.1 Salinité**

L'évolution de la salinité dans le milieu a pu être observée à plusieurs échelles :

- A l'échelle du site (Transects)
- A l'échelle du lieu-dit (Brigandin / Route de l'Anse)

Sur Brigandin, le **Transect B2** a été le plus étudié au cours du travail de terrain. Il a été prospecté au cours des 4 campagnes de prélèvements, à raison de 6 sondages par campagne localisés à 0, 55, 87, 155, 197 et 221 m du début du transect sur la rive du fleuve. Bien que les conditions de mesures en 1996 aient été différentes de celles des autres campagnes, les résultats obtenus ont été conservés.

Les profils ont été réalisés par interpolation des valeurs de points situés entre les sondages par " grilleage " de la matrice du taux de recouvrement sous le logiciel Surfer™. Cette méthode est détaillée en [Annexe 3](#).

Plusieurs observations se dégagent de ces profils ([Figure 60](#)):

- Quelle que soit la saison (avril – saison des pluies ; octobre/novembre – Saison sèche), un gradient vertical existe avec une augmentation des teneurs en sel avec la profondeur.
- Une lentille d’eau saumâtre se forme dans la partie médiane du transect.
- Des variations très nettes existent entre la saison des pluies et la saison sèche qui se traduisent par une augmentation généralisée de la salinité en saison sèche avec une importance plus marquée en surface.
- On remarquera une augmentation générale de la salinité de surface entre novembre 1997 et novembre 1998.
- Enfin, on notera l’absence de limite oblique entre le début et la fin du transect ce, malgré une diminution de la salinité en fin de transect.

L’interface entre les nappes d’eau douce et d’eau salée se traduit généralement par une limite oblique telle celle observée sur la mangrove d’estuaire de Cayenne (Baltzer *et. al.*, 1995). L’absence de cette limite indique ici que le transect n’est pas orienté selon l’axe de pénétration de la nappe salée dans la source principale d’eau douce. Toutefois, la diminution des valeurs en fin de transect indique que des infiltrations d’eau douce se font depuis les marais littoraux situés de l’autre côté du cordon sableux.

Le gradient vertical observé dénote l’existence d’une hydrocirculation sur la zone avec la présence d’une nappe salée en profondeur opposée à une nappe d’eau douce sus-jacente. La percolation des eaux douces météoritiques ou résultant de la submersion par les eaux fluviales tend à repousser les isohalines<sup>35</sup> vers le bas (dilution) alors que les phénomènes d’évaporation et d’évapotranspiration induisent une remontée saisonnière des isohalines.

En fonction de ces processus, la salinité des eaux interstitielles du sol variera. La présence de la lentille d’eau saumâtre dans la zone médiane est vraisemblablement due aux phénomènes d’évaporation bien décrits en Australie par Hollins & Ridd (1997), liés à la présence d’une zone peu végétalisée entre 100 et 160 m (*cf.* [Figure 85](#)). On remarquera toutefois l’accentuation de cette remontée de la salinité en avant de la zone dénudée, au niveau d’un rideau de *R. racemosa* en relation avec les phénomènes d’évapotranspiration et à l’importance

---

<sup>35</sup> Isohalines = courbes reliant les points de même salinité.

de la bioturbation induite tant par l'activité des crabes que par le réseau racinaire des *Rhizophora*. Ces phénomènes ont par ailleurs été observés en Guadeloupe (Perrussel, 1996), en Nouvelle-Calédonie (Baltzer, 1982) et dans le golfe persique (Baltzer *et al.*, 1994).

**Les variations entre la saison des pluies et la saison sèche** illustrées [Figure 60](#) traduisent la diminution des apports en eau douce par :

- la pluie avec augmentation générale de la salinité de surface du transect,
- le fleuve (diminution du débit) avec l'augmentation sensible de la salinité de surface en début de transect,
- les infiltrations au niveau du cordon sableux avec le déplacement latéral des isohalines vers la fin du transect.

La diminution des valeurs de salinité en profondeur est vraisemblablement à relier à une baisse du niveau de la nappe salée qui ne permet plus une recharge régulière du milieu en eau saumâtre.

L'illustration de **l'évolution annuelle** de la salinité ([Figure 60](#)) montre une augmentation des valeurs de surface alors que la salinité de la lentille d'eau saumâtre diminue. Ceci peut être lié soit à une sécheresse particulièrement forte qui a accentué les variations saisonnières, soit à un recul plus général de l'intrusion saline en relation avec la dynamique sédimentaire qui "rejette" l'embouchure de l'estuaire vers l'océan (l'arrivée d'un banc de vase au niveau de l'embouchure du Sinnamary induit une phase de sédimentation qui modifie le trait de côte par une avancée des terres émergées – *cf.* paragraphe [I.2.3](#)).

Dans la mesure où l'année 1998 n'a pas subi de sécheresse particulière (*cf.* [Figure 10](#)) et que cette tendance semblait déjà établie pour la période 1996-97, la deuxième hypothèse semble à retenir.

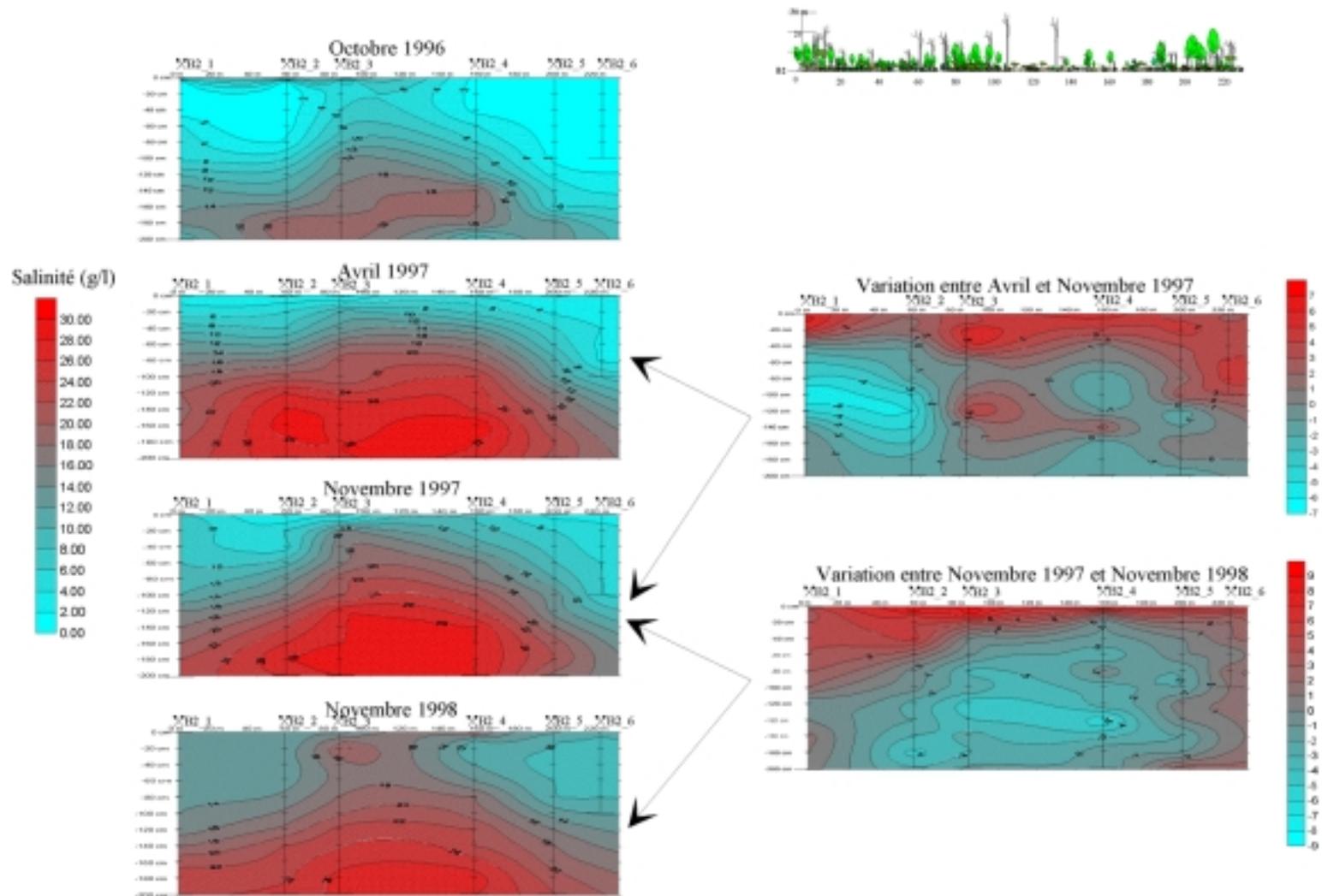


Figure 60 : Evolution de la salinité sur le Transect B2 entre octobre 96 et novembre 98.

**Le Transect B1** se trouve en amont de B2. Son alimentation en eau saumâtre est plus faible et cela se traduit par des valeurs de salinité moindres ([Figure 61](#)). On y retrouve toutefois les mêmes caractéristiques que sur B2 à savoir :

- Un gradient vertical avec augmentation de la salinité en profondeur
- Une lentille d'eau salée dans la partie médiane, particulièrement développée en novembre 98.
- L'absence de limite oblique.
- Une variation nette entre saison des pluies et saison sèche.
- Une augmentation de la salinité de surface entre 1997 et 1998.

Comme pour B2, la lentille d'eau saumâtre se positionne en arrière d'un rideau de *R. racemosa* ( cf. [Figure 84](#)).

Un profil réalisé en novembre 1997 sur le **Transect B4** situé en aval des transects B1 et B2 ([Figure 62](#)) montre des valeurs de salinité supérieures à celles constatées sur les précédents transects tout en montrant une organisation des isohalines comparable aux observations précédentes avec :

- Un gradient vertical avec augmentation de la salinité en profondeur
- Une lentille d'eau salée dans la partie médiane.
- L'absence de limite oblique.

Contrairement à B1 et B2, la lentille d'eau saumâtre ne se positionne plus en arrière mais au niveau même d'un rideau de *R. racemosa* ( cf. [Figure 87](#)), sur la fin du transect.

L'augmentation régulière des valeurs de la salinité de profondeur entre les Transects B1 et B4 laisse penser que le gradient oblique est orienté selon l'axe du fleuve, donc perpendiculairement à l'orientation des transects.

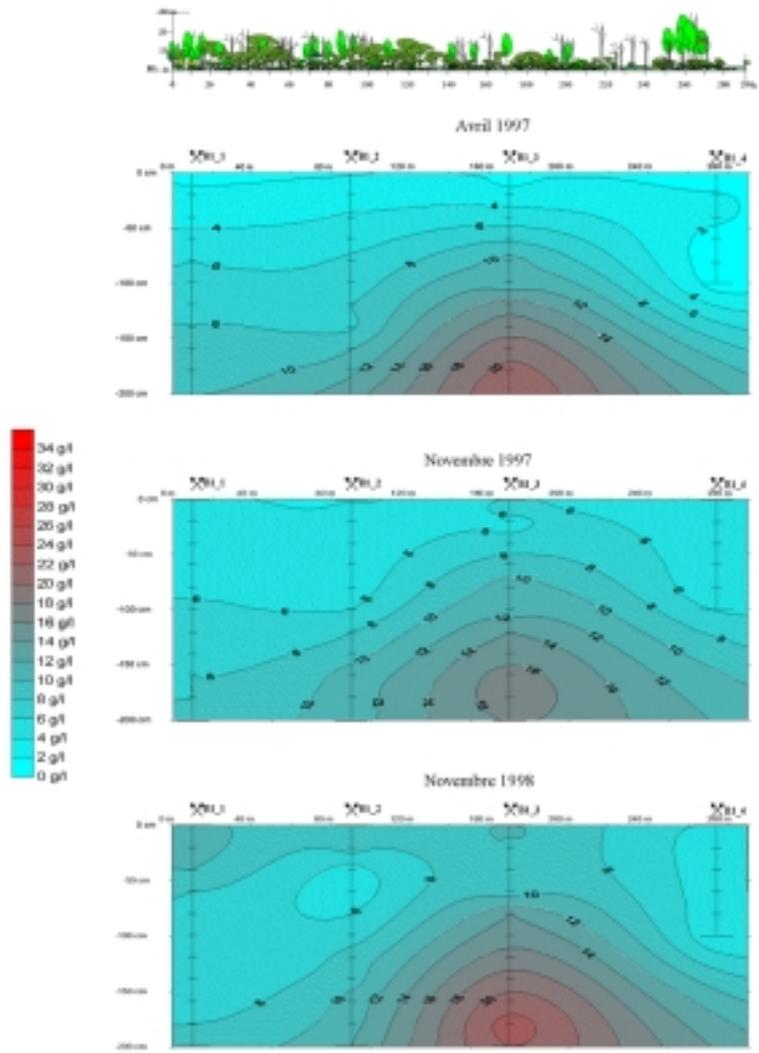


Figure 61 : Evolution de la salinité sur le Transect B1 entre avril 97 et novembre 98.

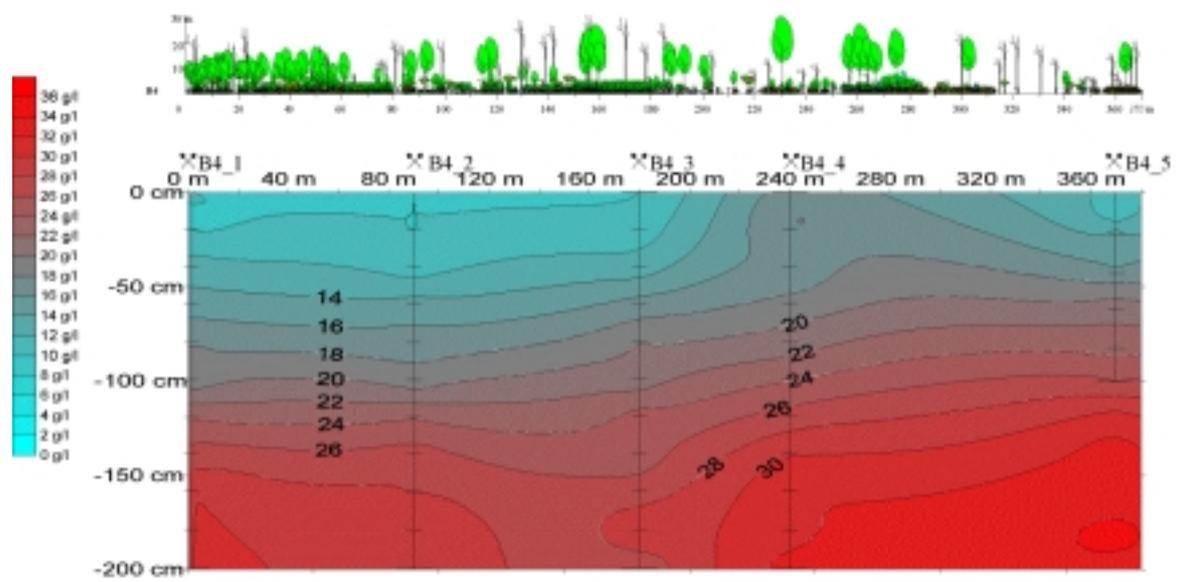


Figure 62 : Répartition des isohalines sur le Transect B4 - novembre 97.

**L'évolution latérale de la salinité entre les Transects B1 et B2 à 5 profondeurs différentes** est illustrée [Figure 63](#). La limite entre la nappe d'eau douce de surface et la progression du coin salé apparaît dans le double gradient existant :

- une salinité toujours plus élevée en profondeur qu'en surface
- des isohalines qui s'organisent en valeurs décroissantes de l'aval vers l'amont.

Ce double gradient se retrouve sur toutes les campagnes de mesures de terrain effectuées.

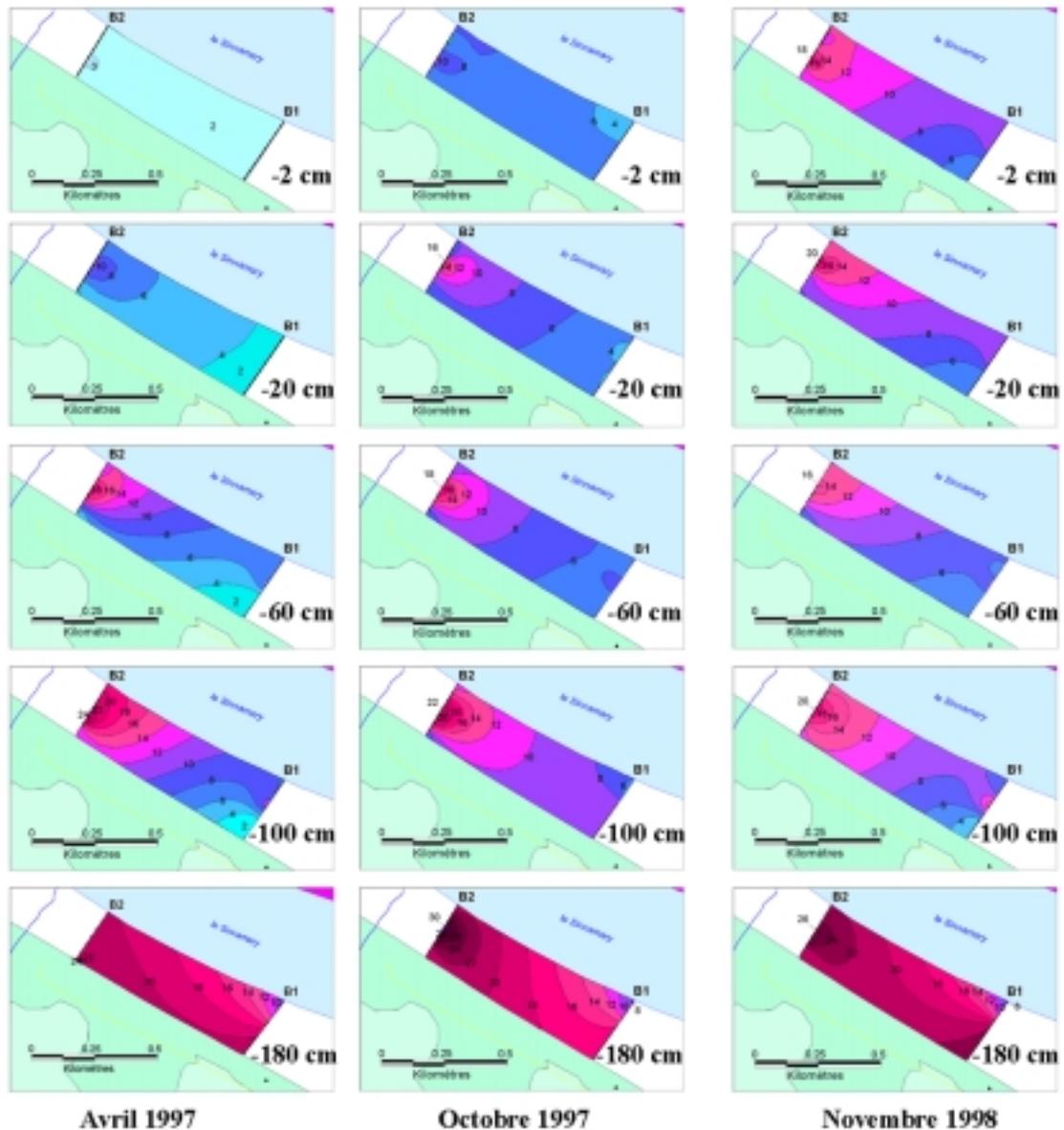


Figure 63 : Evolution de la salinité entre B1 et B2 à différentes profondeurs pour la période avril 97 - novembre 98.

Toutefois, il convient de remarquer que ce type de figures issues de l'interpolation de valeurs nécessiterait une maille d'échantillonnage plus fine entre les transects. Les lentilles

d'eau saumâtre apparaissent disjointes sur ces représentations, or la maille de l'échantillonnage ne permet pas de vérifier si ces lentilles forment une bande continue ou un chapelet de lentilles disjointes.

Cette remarque est également valable pour la l'ensemble de **l'estuaire du Sinnamary** où l'interpolation des valeurs fait appel à des sondages effectués en avril 1997 sur les sites Canceler 1, Ilot des Palétuviers et sur les transects B1, B2 et B4 ([Figure 64](#)). Le même type d'interpolation a également été réalisé pour l'ensemble des sondages effectués en novembre 1998 concernant les sites Estuaire 1 & 2 et les transects B1 et B2. Ces résultats montrent un " puits " d'eau douce au niveau du Transect B1 alors que ce phénomène peut être imputable au faible nombre de mesures réalisée sur la zone. Les isohalines sont alors entraînées vers les points de sondages (✕).

D'autre part, il convient de souligner que ces mesures ont été effectuées sur les eaux interstitielles des sédiments et non dans l'eau libre.

Enfin, les profondeurs annoncées ne tiennent pas compte de la topographie existant sur cette région.

Néanmoins, ce type de figure permet d'illustrer la répartition des masses d'eau sur la zone avec une nappe d'eau faiblement salée en surface et une masse d'eau salée en profondeur séparées par une limite oblique bien marquée selon l'axe du fleuve. On remarque également la variation saisonnière de la salinité avec des valeurs de surface beaucoup plus faibles en avril qu'en novembre. Ces variations sont à mettre en relation conjointe avec les différences de pluviométrie entre saison des pluies et saison sèche ainsi qu'avec l'activité du courant des Guyanes qui véhicule les eaux de l'Amazone durant la saison des pluies alors qu'en saison sèche, elles sont rejetées vers le large par le phénomène de rétroflexion (*cf.* [Figure 16](#)).

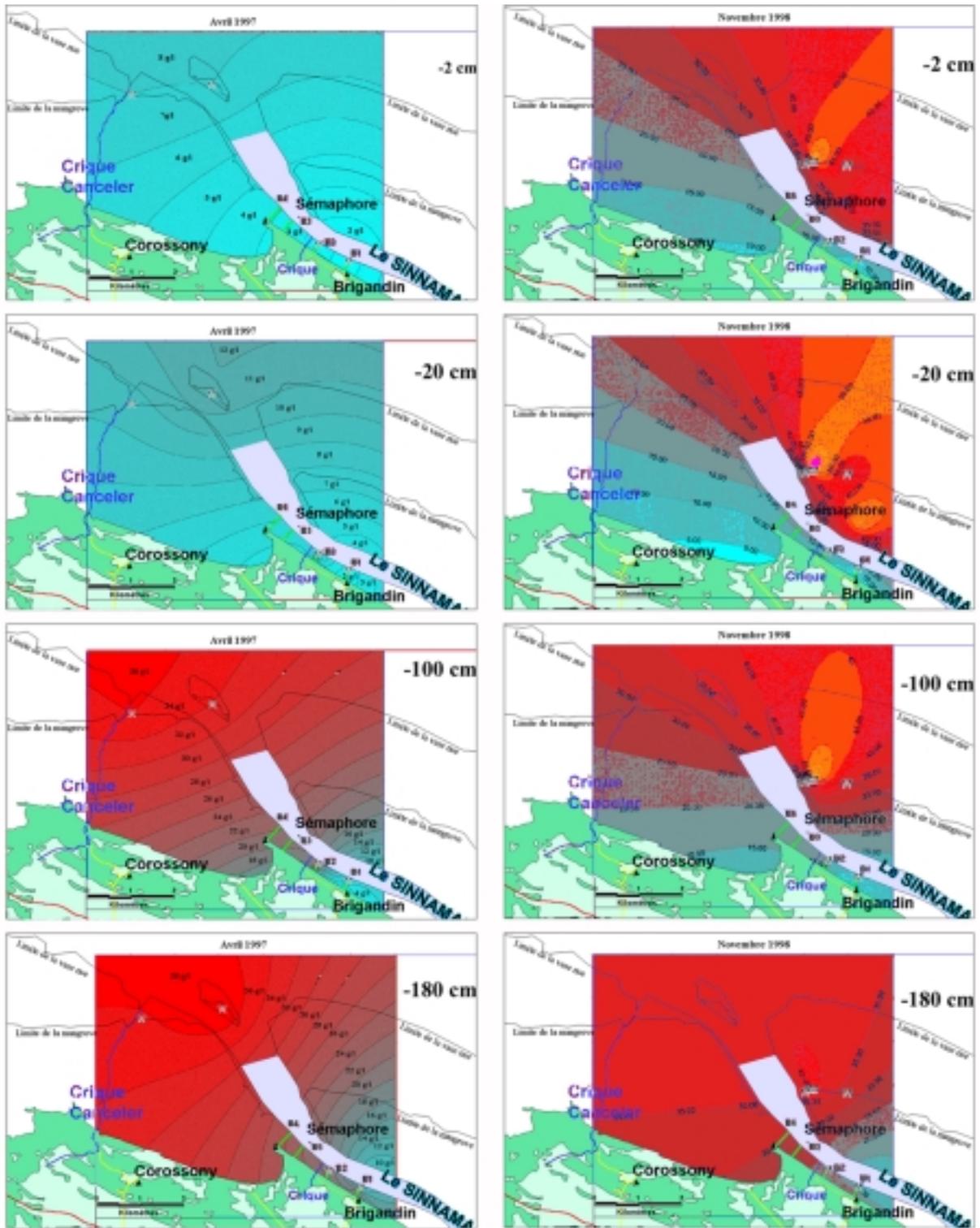


Figure 64 : Salinité à différentes profondeurs sur l'estuaire du Sinnamary – avril 97-novembre 98.

Sur la **Plage de l'Anse**, un premier site en mangrove pionnière, à 20 m du bord du cordon sableux (site Anse 1) a été prospecté en avril et en novembre 97, révélant des variations saisonnières dans la salinité de surface alors que, en profondeur, les valeurs restent constantes ([Figure 65](#)).

L'augmentation de la salinité de surface en saison sèche est très nette. Comme précédemment, on peut la relier à une diminution des apports en eaux douces de l'amazone. Toutefois, les valeurs observées étant très supérieures à la salinité de l'eau de mer, on peut penser que la concentration du sel en surface est accentuée par l'évapotranspiration du peuplement.

Un second site de sondage réalisé en novembre 1997 (site Anse 4) couplé à celui cité précédemment permet de se faire une idée de l'évolution latérale de la salinité entre la plage et l'océan, le long de l'axe Anse 1 – Anse 4 ([Figure 66](#)).

Enfin, un troisième site de sondage (Site Route de l'Anse) situé dans une mangrove à *Avicennia* adultes, à proximité du site cité par Peltier en 1993 a été prospecté en novembre 1997. Relié aux 2 autres sites (Anse 1 & 4), il permet de visualiser l'évolution de la salinité à l'échelle du lieu-dit " Route de l'Anse " ([Figure 67](#)).

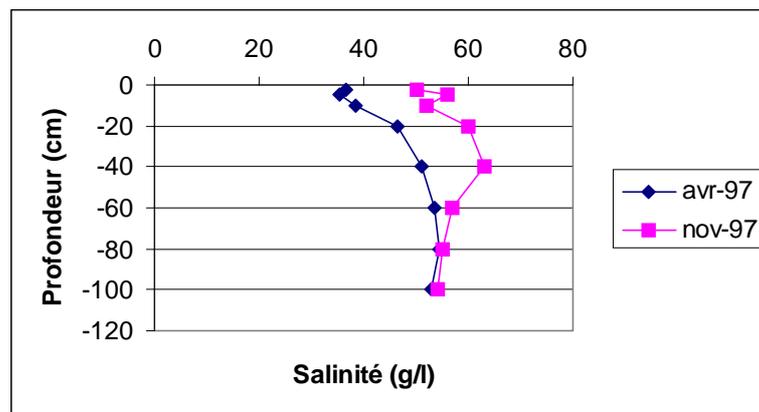


Figure 65 : Variation saisonnière de la salinité sur Anse 1 – avril/novembre 97.

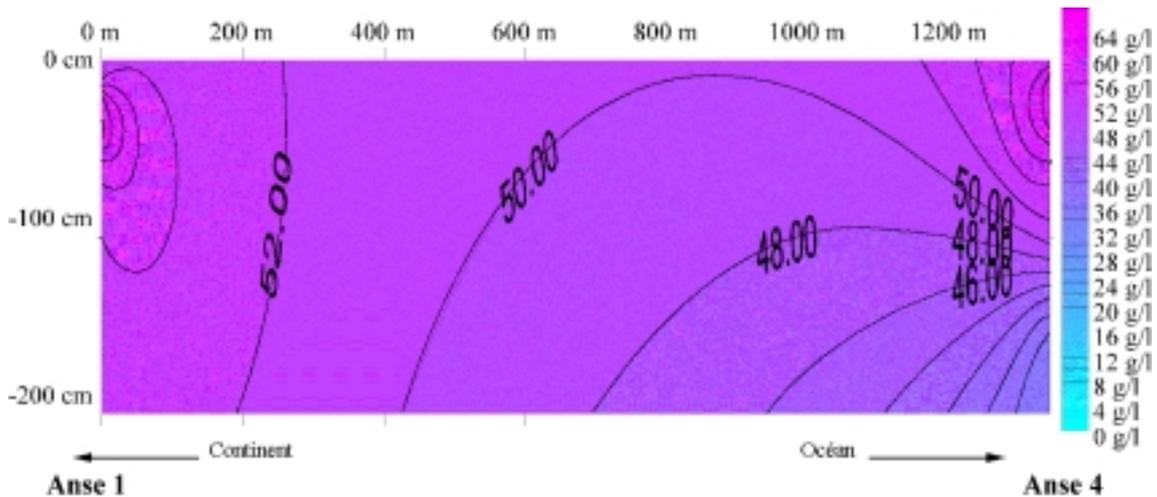


Figure 66 : Répartition latérale de la salinité sur la Plage de l'Anse – novembre 1997.

La première remarque concerne les fortes valeurs observées sur ce profil. Comme évoqué ci-avant, avec une salinité comprise entre 36 et 63 g/l, ce profil présente une sursalure qui fait plus du double de salinité par rapport aux valeurs de l'eau de mer mesurées en mer, à l'est de l'embouchure du Sinnamary (~31 g/l en novembre 97 <sup>36</sup>– C. Maia de Oliveira, *Comm. Pers.*). Cette sursalure est à relier à la forte évaporation de surface renforcée par l'évapotranspiration et la forte activité excrétrice du jeune peuplement d'*A. germinans*.

La seconde remarque concerne le gradient vertical observé. Inversement à ce qui a été constaté sur les transects dans la zone de Brigandin, le gradient montre ici une décroissance de la salinité en profondeur. Ceci montre que l'alimentation en eau saumâtre sur ce site se fait par submersion lors des marées et non pas par remontée saline depuis une nappe sous-jacente comme c'était le cas sur Brigandin.

Enfin, l'absence de diminution de la salinité du côté du cordon sableux littoral (Anse 1) démontre l'absence d'infiltrations d'eau douce depuis les marais littoraux. En fait, le drainage de ces marais se fait par l'intermédiaire d'une "crique" située à l'Est de ce transect et dont un méandre passe à proximité de Anse 4 (cf. [Figure 32](#)) ce qui explique la diminution de la salinité constatée côté océan (Anse 4) sur la [Figure 66](#). Cette "crique" représente une source d'infiltration d'eaux douces.

Sur la zone de la fin de la Route de l'Anse, les cartes de répartitions des isohalines à 2 profondeurs différentes (20 cm et 1 m) ont pu être établies (les isohalines plus profondes n'ont pu être calculées faute d'un nombre de points suffisant) et sont données [Figure 67](#).

<sup>36</sup> Au mois de Novembre, le courant des Guyanes n'est pas alimenté par les eaux de l'Amazonie (phénomène de rétroflexion). Les valeurs de salinité de eaux mesurées à cette époque sont donc les plus fortes de l'année.

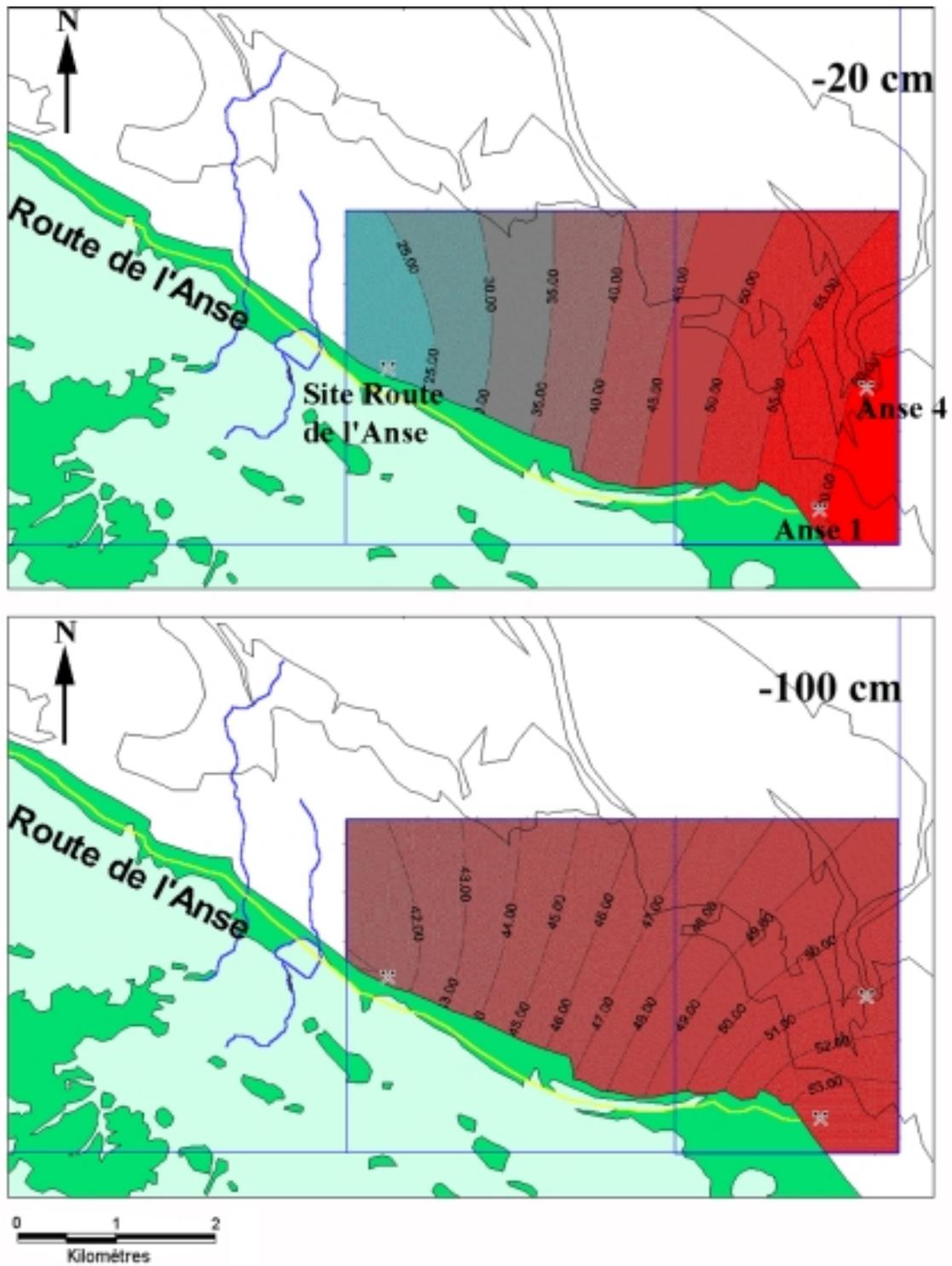


Figure 67 : Salinité sur la zone de la Route de l'Anse – novembre 1997.

Comme sur Brigandin, le gradient de salinité entre l'océan et les sources d'eau douce (Marais / Criques) est bien marqué. On remarquera que le sondage situé à l'Ouest de la zone, dans la mangrove adulte, présente un gradient inverse de ceux situés en mangrove pionnière. Cela indique que l'alimentation en eau saumâtre de ce site se fait par l'intermédiaire d'une nappe de subsurface et non plus par submersion périodique comme c'était le cas pour les sondages sur les sites Anse 1 et Anse 4. Ceci tendrait à indiquer que ce site à mangrove adulte se trouve en un point surélevé par rapport à ceux de mangrove pionnière. Ce relèvement est à mettre en relation avec la capacité des mangroves à piéger les sédiments évoquée par Cahoon & Lynch (1997), Furukawa & Wolanski (1996), Mazda *et al.* (1997b) et Saad *et al.* (1999).

Lors de l'installation de la mangrove sur un banc de vase, le peuplement à *Avicennia* participe par évapotranspiration à une augmentation de la salinité des eaux interstitielles du sol qui s'ajoute à la très forte évaporation. A mesure que le peuplement gagne en maturité, le substrat se rehausse et fini par limiter les phénomènes de submersion par la marée. L'alimentation en eaux salées du milieu change de régime, passant désormais à une alimentation par nappe sous-jacente. Les apports d'eau douce continentale et météoritique contribuent alors à limiter la salinité du substrat de ces peuplements.

### ***II.3.1.2 Potentiel Hydrogène (pH)***

Lors de la dégradation de la matière organique, différents processus décrits par Clark *et al.* (1998) sont mis en œuvre en fonction des conditions du milieu. La dégradation des sucres en milieu aérobie conduit à la formation d'eau et de gaz carbonique. En milieu anaérobie, en présence d'eau de mer les bactéries sulfato-réductrices entrent en action provoquant une acidification du milieu par libération d'ions  $H^+$  (Duchaufour, 1997). Lorsque les sulfates sont épuisés, des bactéries méthanogènes poursuivent la dégradation accentuant l'acidification du milieu et produisant du méthane. Le pH de l'eau de mer est en moyenne de 8,2 (Peltier, 1993), celui du Sinnamary présente un minimum de 5,2 (C. Maia de Oliveira, *Comm. Pers.*), donc une acidification de l'eau interstitielle présente dans les sols de mangrove avec des valeurs inférieures à celles du fleuve témoigne de ces phénomènes de dégradations de la matière organique en anaérobie.

**Sur Brigandin**, l'analyse des profils en isovaleurs du pH ([Figure 68](#)) met en évidence trois gradients différents. Le premier, vertical, montre une augmentation du pH avec la profondeur. Le second gradient, latéral, montre des valeurs de pH plus faibles du côté du cordon sableux. Le troisième gradient, longitudinal, est une augmentation du pH à mesure que l'on se rapproche de l'océan (augmentation de B1 vers B4).

Ces gradients correspondent aux mécanismes de circulation de l'eau dans cette zone avec un rôle tampon des infiltrations marines. Durant la saison des pluies (Avril), la dilution est très importante et le pH tend à s'homogénéiser. En saison sèche des zones oxydantes avec pH acide se démarquent. Elles correspondent à la localisation des rideaux de *R. racemosa* (Transects B1 et B2) sauf pour le Transect B4 où elle correspondent aux limites de ces rideaux.

La dégradation de la matière organique semble donc avoir essentiellement lieu en surface, au niveau des *Rhizophora*.

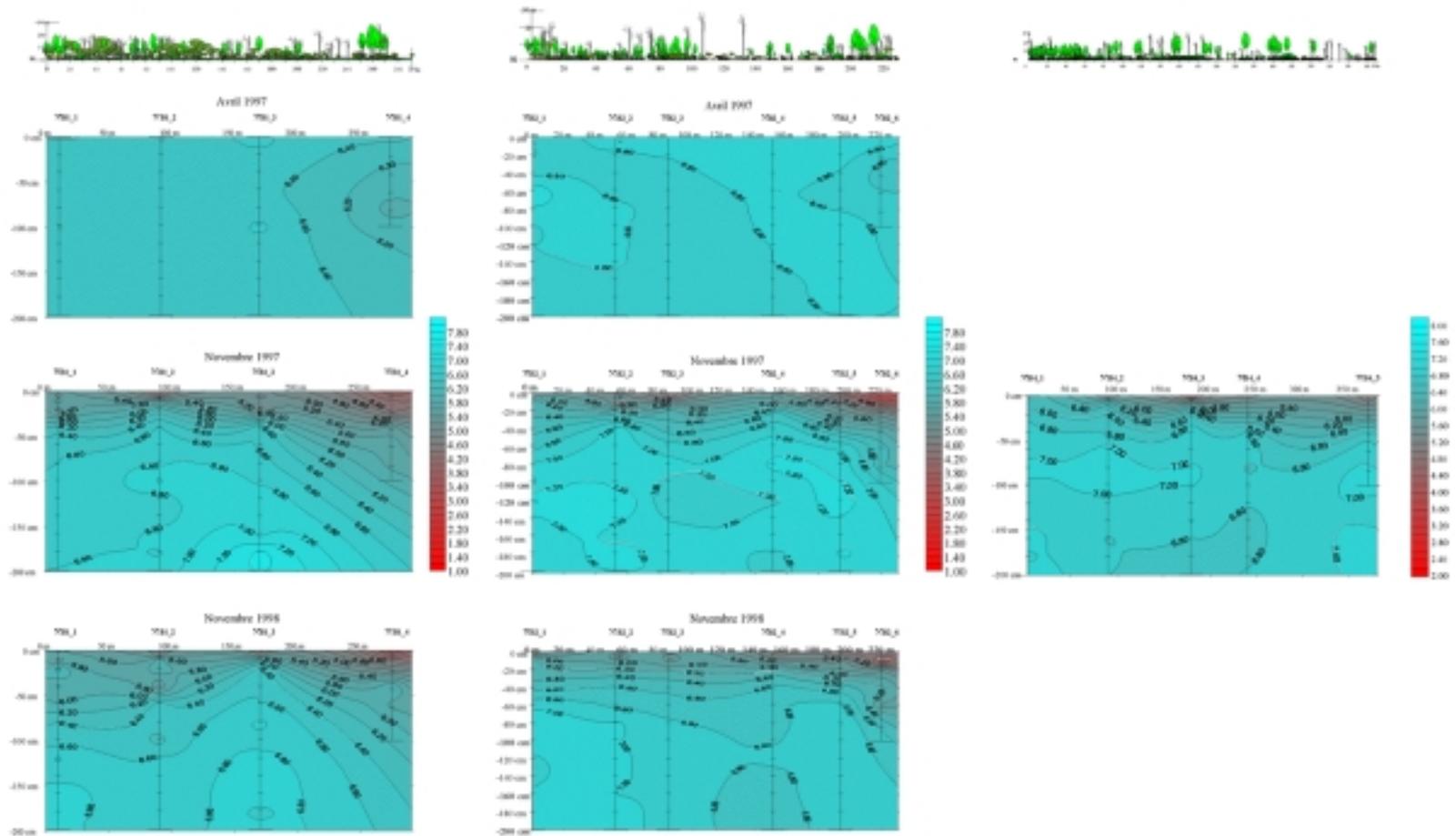


Figure 68 : Evolution latérale des pH sur les Transects entre avril 97 et novembre 98.

Sur la **Route de l'Anse** ([Figure 69](#)), on retrouve ce même gradient vertical avec une neutralisation du pH en profondeur.

L'acidification de surface constatée sur l'Ouest de la zone d'étude est liée à un peuplement mature à *A. germinans* présentant une importante litière en cours de décomposition. Cette litière est piégée par les pneumatophores d'*Avicennia* alors que l'onde de marée n'est plus assez importante à ce niveau pour balayer le substrat. Il s'ensuit une accumulation de matière organique. Sur l'Est de la zone, le peuplement est encore jeune, le substrat est périodiquement balayé par la marée, l'accumulation de la matière organique est encore faible tandis que l'eau de mer tamponne le pH du milieu.

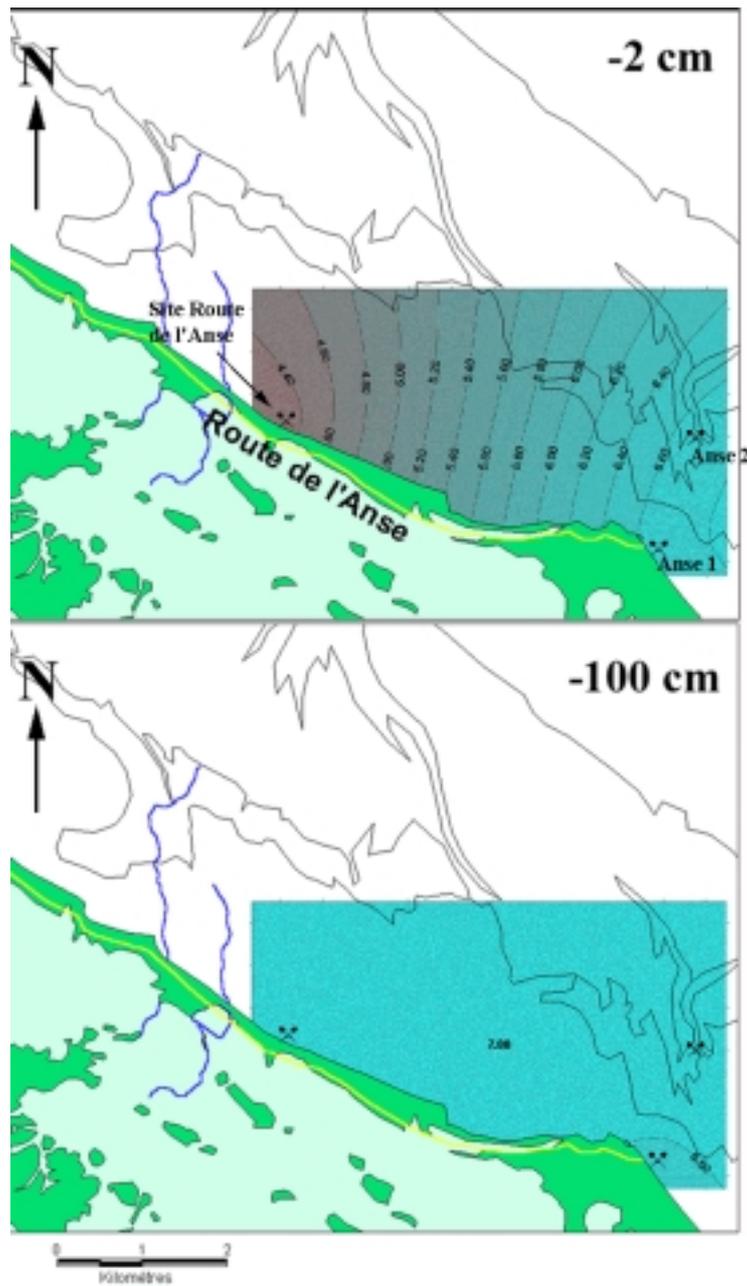


Figure 69 : Evolution du pH sur la zone de la Route de l'Anse – novembre 1997.

### II.3.1.3 Potentiel rédox

Le potentiel d'oxydoréduction<sup>iii</sup> ou Eh est l'expression en millivolts du potentiel électrique qui résulte du transport d'électrons et qui caractérise le pouvoir oxydant d'un couple rédox (Duchaufour, 1997). Les valeurs du potentiel rédox sont données en  $E_0$ , telles que lues sur un millimètre avec une électrode Ag / AgCl.

Sur le **Transect B1** (Figure 70), en saison des pluies (Avril), l'ensemble du profil est réducteur (Eh négatif) sans que l'on puisse établir de tendance bien marquée. Les valeurs observées révèlent que le milieu est anoxique ( $0 < Eh < -300$  mV). La matière organique présente ne peut se décomposer que sous l'action de fermentations anaérobies.

En saison sèche, bien qu'encore hypoxique ( $450 < Eh < 0$  mV), les valeurs du potentiel d'oxydoréduction augmentent en surface, surtout vers le cordon sableux. Ceci suggère que l'effet de plus en plus positif d'une exondation partielle de ces sols est à l'origine de l'augmentation du potentiel d'oxydoréduction à mesure que l'on se rapproche du cordon sableux et avec des valeurs positives atteignant des profondeurs croissantes. Le relèvement de la topographie du transect explique en partie ce phénomène, mais il s'y ajoute probablement un effet d'infiltration d'eaux continentales. Sur le Transect B2, on peut remarquer une zone oxydante marquée entre 80 et 100 m correspondant à un rideau de *Rhizophora*. Cette oxydation peut être reliée au dégagement d'oxygène racinaire cités par Clark *et al.* (1998).

Enfin, on ne note pas d'évolution notable entre 1997 et 1998.

On retrouve ces mêmes phénomènes sur le **Transect B2** (Figure 70) avec des valeurs d'oxydation de surface plus importantes que sur B1, traduisant une exondation partielle plus marquée.

Un profil topographique réalisé en 1997 (Figure 71) montre que la surface s'élève très rapidement au voisinage du fleuve puis de plus en plus lentement vers le cordon sableux.

Cette tendance se retrouve également sur le **Transect B4** (Figure 70) ainsi que sur la **Route de l'Anse** (Figure 72) avec une pente du sol montant de la mer vers l'intérieur des terres c'est à dire des peuplements les plus jeunes vers les peuplements les plus âgés. Ces résultats rendent compte de l'effet des palétuviers sur la rétention des particules sédimentaires telle que la floculation observée par Baltzer (1975) ou par Furukawa & Wolanski (1996) dans les mangroves Australiennes.

La comparaison entre les mesures d'avril et de novembre est éclairante. Elle montre qu'en avril la saison humide en cours n'a pas effacé les effets de la saison sèche précédente qui peut

s'exprimer au maximum. Les potentiels rédox les plus bas des profils de Brigandin sont mesurés à cette époque. Inversement, en novembre, la saison est sèche mais les effets de la saison humide précédente ne sont pas encore complètement effacés en surface.

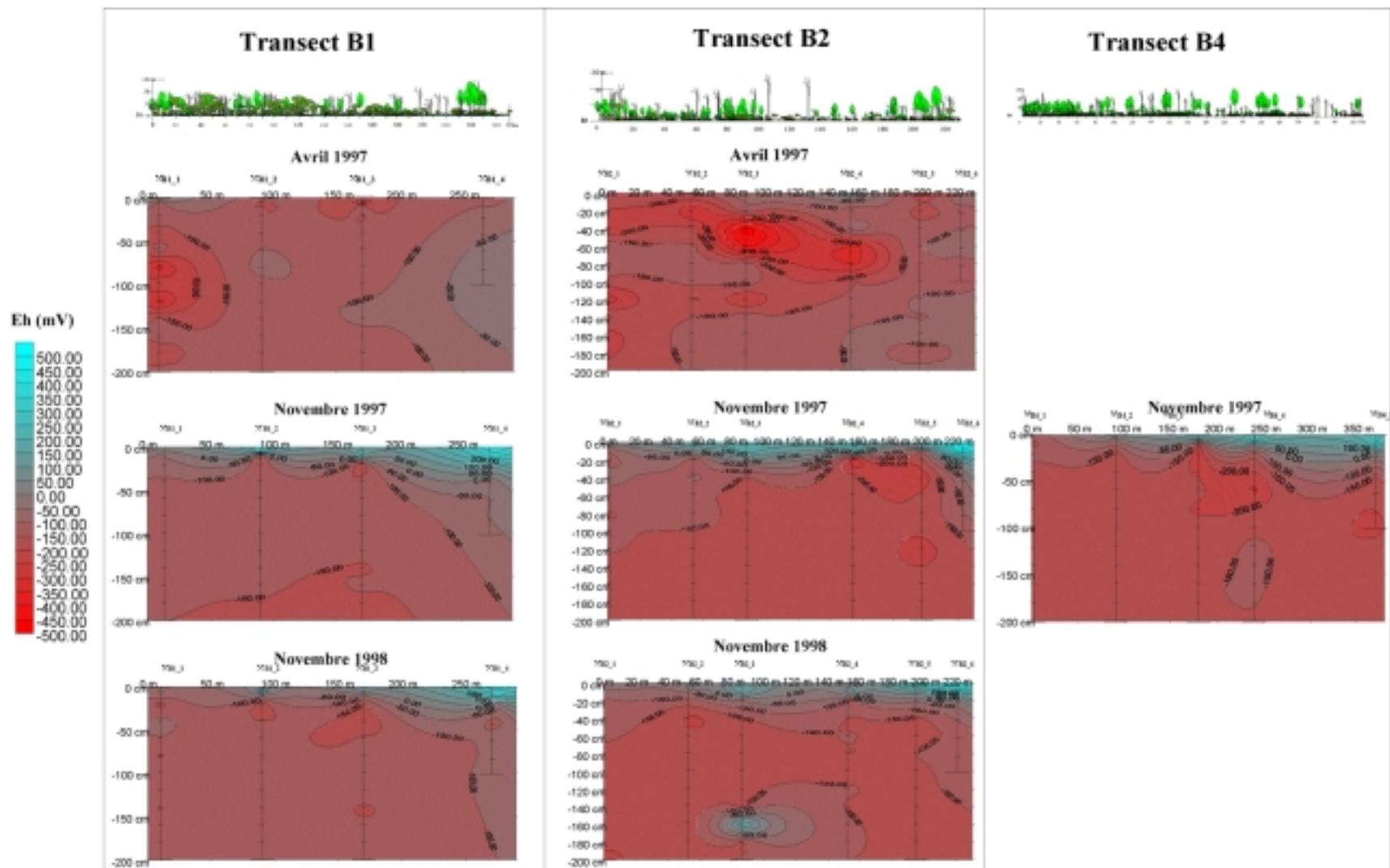


Figure 70 : Evolution latérale du potentiel rédox sur les Transects entre avril 97 et novembre 98.

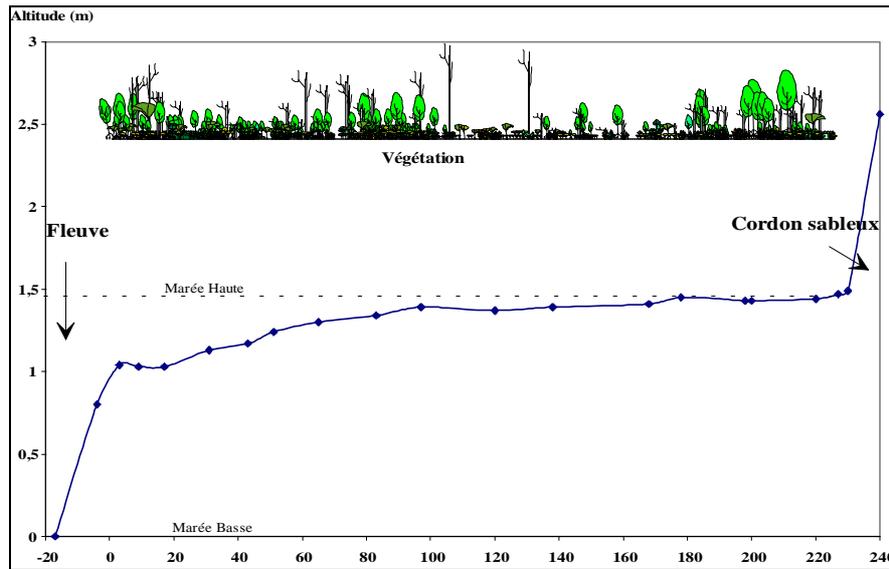


Figure 71 : Profil topographique du transect B2.

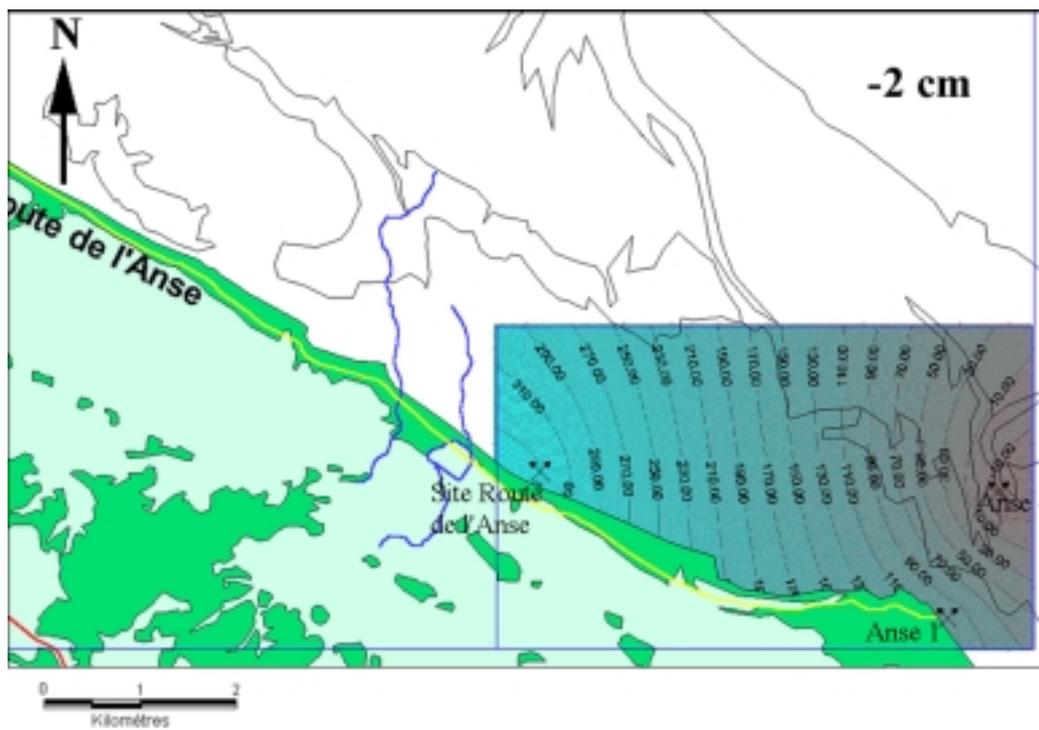


Figure 72 : Potentiel rédox de surface sur la zone de la Route de l'Anse – novembre 1997.

#### II.3.1.4 Cations majeurs

Les cations sodium, magnésium, calcium et potassium ont été dosée sur 9 sondages de **novembre 1997** réalisés dans une mangrove pionnière (Plage de l'Anse – 2 sondages), une mangrove adulte à *Avicennia* (Route de l'Anse – 1 sondage) et une mangrove en transformation (site Brigandin B2 – 6 sondages).

**Le sodium** est le cation principal de l'eau de mer [62-212 mg/l]. On pourrait donc s'attendre à voir ses concentrations varier de façon rigoureusement corrélative avec celles de la salinité.

Sur Brigandin, le **Transect B2** présente des valeurs comprises entre [60-160 mg/l], avec un gradient croissant en profondeur ([Figure 73](#)). On remarquera la présence de 2 zones, entre 70 et 110 m ainsi qu'entre 180 et 230 m où les concentrations diminuent brutalement jusqu'à près de 1 m de profondeur. Ces zones correspondent aux 2 rideaux internes de *Rhizophora* présents sur ce transect (cf. paragraphe [II.4.1](#)).

Les résultats de Betoulle (1998) peuvent nous laisser supposer que cet élément est prélevé par *Rhizophora* puis exporté avec la litière où il représente jusqu'à 3 % du poids sec des feuilles, soit 150 à 200 kg. ha<sup>-1</sup>.an<sup>-1</sup>.

Sur la **Route de l'Anse**, le gradient de salinité était lié à l'activité physiologique du peuplement ([Figure 67](#)). Les concentration en sodium ne suivent pas la même évolution ([Figure 74](#)). Elles paraissent plus liées à l'alimentation en eau de mer qu'à la présence de sel dans le milieu. Ainsi, on retrouve des concentrations en sodium élevées sur l'ensemble de la zone [190-212 mg/l] avec une légère diminution en mangrove adulte atteinte dans une moindre mesure par les marées. La constance de ces valeurs sur l'ensemble de la zone quelle que soit la profondeur " montre le mélange régulier de la colonne d'eau salée dans le sol " (Nivelet, 1998).

**Le magnésium** est l'ion le plus représenté dans les échantillons après le sodium.

Sur la **Route de l'Anse** les concentrations observées en surface sont plus importantes qu'en profondeur ([Figure 74](#)). Par ailleurs, ces concentrations augmentent avec l'âge de la mangrove. Cette augmentation semble être en relation avec la production de litière.

Sur le **Transect B2** ([Figure 73](#)) les concentrations en magnésium sont très nettement inférieures à celles rencontrées sur la Route de l'Anse. L'évolution latérale des concentrations est similaire à celle observée pour la salinité (*cf.*[II.3.1.1](#)). La diffusion de cet ion dans le milieu se fait suivant les infiltrations d'eau de mer. On ne note pas d'augmentation des concentrations au niveau des rideaux de *Rhizophora*. Ceci tendrait à indiquer que l'augmentation constatée dans la mangrove adulte de la Route de l'Anse est liée à une restitution plus importante de cet élément dans la litière d'*Avicennia*. Cela concorde avec les résultats obtenus par Betouille (1998) qui mesure des concentrations comprises entre 0,36 et 1,38 % du poids sec des feuilles chez *Avicennia* contre 0,31 à 0,66 % chez *Rhizophora* spp.

**Le calcium et le potassium** se comportent de la même façon que le magnésium mais avec des concentrations moindres que ce soit sur Brigandin ([Figure 73](#)) ou sur la Route de l'Anse ([Figure 74](#)).

La répartition de ces cations dans le milieu a une importance considérable sur la stabilité du substrat. En effet, les sols des mangroves des côtes de Guyane sont formés à partir d'alluvions argilo-limoneux (Peltier, 1993). Les argiles sont très sensibles au pouvoir flocculant des cations du sol. Toutefois, il convient de rappeler que le **sodium** présent en grandes quantités dans ces sols d'origine marine a, en présence d'eau douce, une forte action dispersante par formation de soude<sup>37</sup>. La diminution des concentrations en **sodium** au niveau des rideaux de *Rhizophora* renforce la cohésion des argiles du sol et peut contribuer à la stabilisation du substrat. Cette action dispersante du **sodium** peut être contrecarrée par le remplacement de cet ion par le **calcium** ou le **magnésium** (Duchaufour, 1997). C'est le cas dans la mangrove adulte à *Avicennia* de la Route de l'Anse où les dosages du Calcium et du Magnésium réalisés par Peltier (*op. cit.*) révélaient leur déficit par rapport aux concentrations dans l'eau de mer.

---

<sup>37</sup> Argile Na + H<sub>2</sub>O ⇌ Argile H + Na<sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>

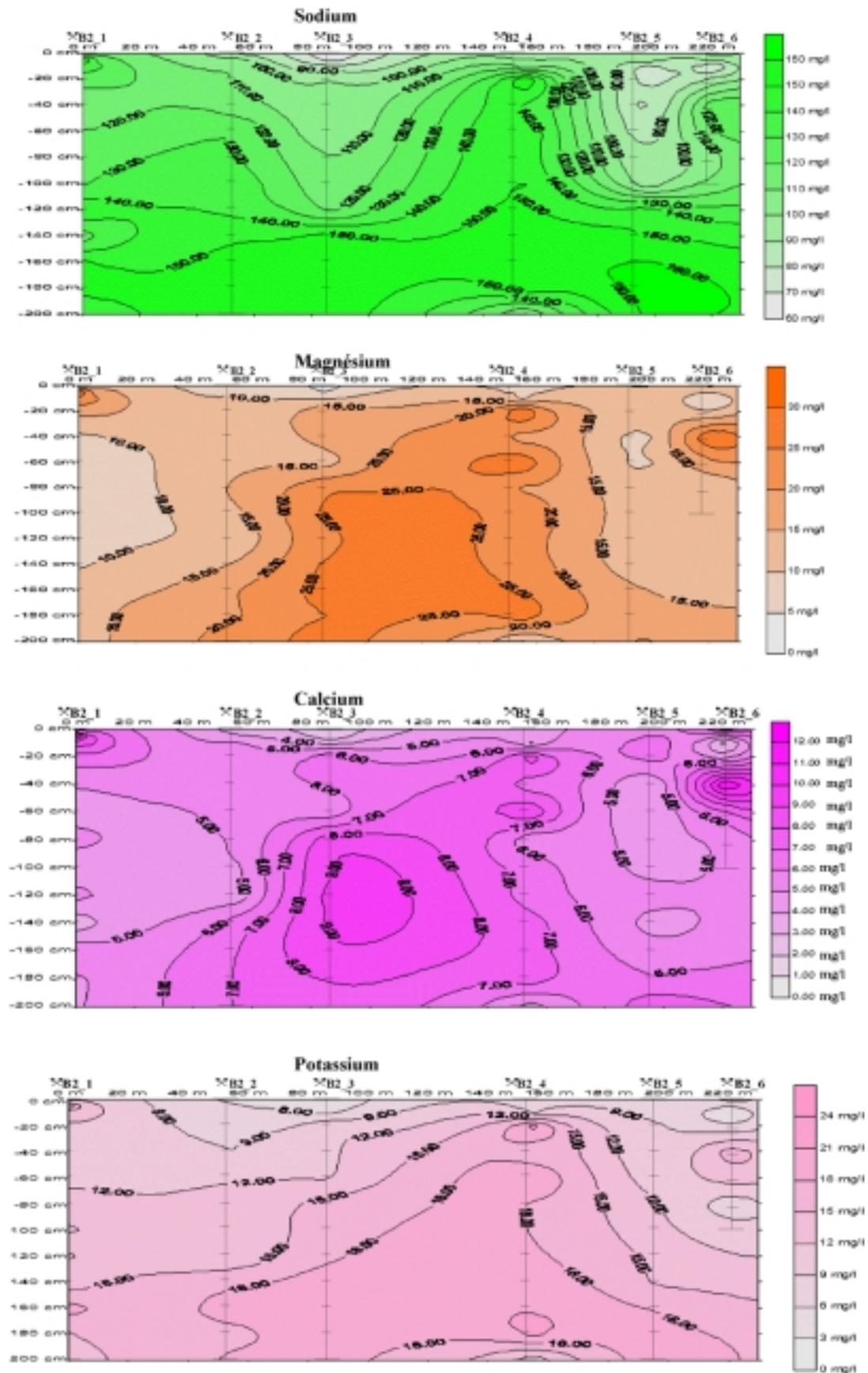


Figure 73 : Répartition latérale de la concentration en cations sur le Transect B2 – novembre 1997.

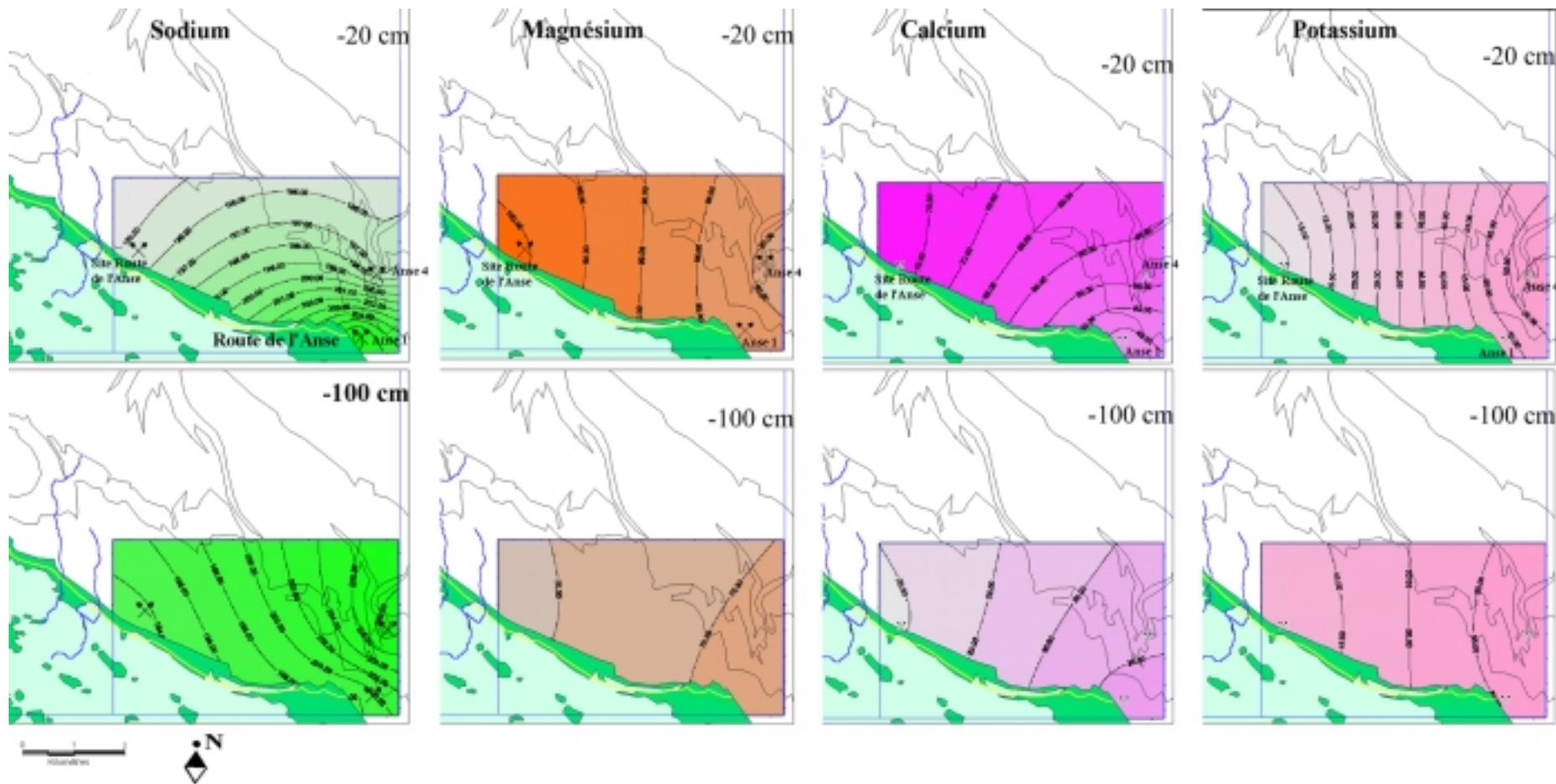


Figure 74 : Concentration en différents cations (mg/l) sur la route de l'Anse – novembre 1997.

### II.3.1.5 Matière Organique

L'étude de la matière organique a été réalisée par L. Gojard (1998) pour les prélèvements effectués en novembre 1996 et avril 1997. Et par S. Nivelet (1998) pour les prélèvements effectués en novembre 1997.

L'ensemble de ces mesures a permis de caractériser l'évolution générale de la matière organique tant saisonnière qu'annuelle.

**Le carbone total** présente des teneurs inférieures à 20 %. Ces valeurs sont plus faibles que ce qui a été observé en Guadeloupe par Perrussel (1996) avec des teneurs de 20 à 40 %. Il apparaît donc clairement que, comme le souligne Matsui (1998), les sols de mangroves présentent par leur anaérobie, des conditions favorables à la conservation du carbone organique.

**Sur Brigandin** (Figure 75), les profils présentent une structure horizontale quelle que soit la saison. Le relâchement des isolignes en profondeur traduit une baisse de l'intensité de la dégradation du carbone. On notera également la hausse des concentrations de surface au niveau des rideaux de *Rhizophora* ainsi qu'un phénomène d'accumulation en bordure du cordon sableux. La variation annuelle comme saisonnière est très faible.

**Sur la Route de l'Anse** (Figure 76), on observe une opposition de valeurs entre la mangrove pionnière où le pourcentage de carbone est assez faible (valeurs < 2%) et la mangrove adulte à *Avicennia* où le carbone s'accumule en surface (valeur > 10 %). La mangrove pionnière s'installe sur un substrat sédimentaire nouveau dans lequel la matière organique n'a pas encore eut le temps de s'accumuler. De plus, une partie du carbone des litières peut être exporté par les marées.

A une profondeur de 1 m, les concentrations sont très faibles sur l'ensemble de la zone.

Soumises à une dynamique sédimentaire particulièrement intense, ces côtes sont régulièrement remaniées. Le substrat est encore très jeune, contrairement à celui observé par Perrussel (1996) en Guadeloupe ce qui explique le faible pourcentage de carbone observé.

**Le rapport C/N** est un indice de la " qualité " de la matière organique, de son origine et de son aptitude à la décomposition. Les valeurs faibles, de 5 à 8, caractériseraient une matière organique riche, facilement décomposée et élaborée à partir d'algues ou de bactéries. Les végétaux supérieurs sont à l'origine de matières organiques plus pauvres en azote avec des C/N s'étalant de 20 à 100 (Perrussel, 1996), les valeurs les plus fortes correspondant à des matières organiques stables, difficilement décomposables.

**Sur les Transects B1 et B2** ([Figure 75](#)), le rapport C/N varie entre 4 et 42. On remarque tout d'abord une structure horizontale des isolignes avec une décroissance des valeurs en profondeur. Il y aurait donc une dégradation plus rapide des composés carbonés par rapport aux composés azotés. Par ailleurs, on note une diminution du rapport de surface sur B2 au niveau d'une zone peu végétalisée (avril 97 – 120/180 m). L'absence de couvert végétal permet le développement, à ce niveau, d'une couche d'algues qui atteignent un développement maximal en saison des pluies. Enfin, une très nette augmentation du rapport est enregistrée en début de transect B2, en novembre 97.

**Sur la Route de l'Anse** ([Figure 76](#)), le rapport C/N varie entre 15 et 25 traduisant une origine continentale de la matière organique. Par ailleurs, les valeurs sont très homogènes sur l'ensemble de la zone ce qui exprime une source commune ou des conditions de dégradation similaires de la matière organique. Ceci est explicable par le fait que les 3 sites de prospection sont dans des peuplements dominés par *A. germinans*, l'âge de ces peuplements ne semblant pas avoir de répercussion significative sur la dégradation de la matière organique produite.

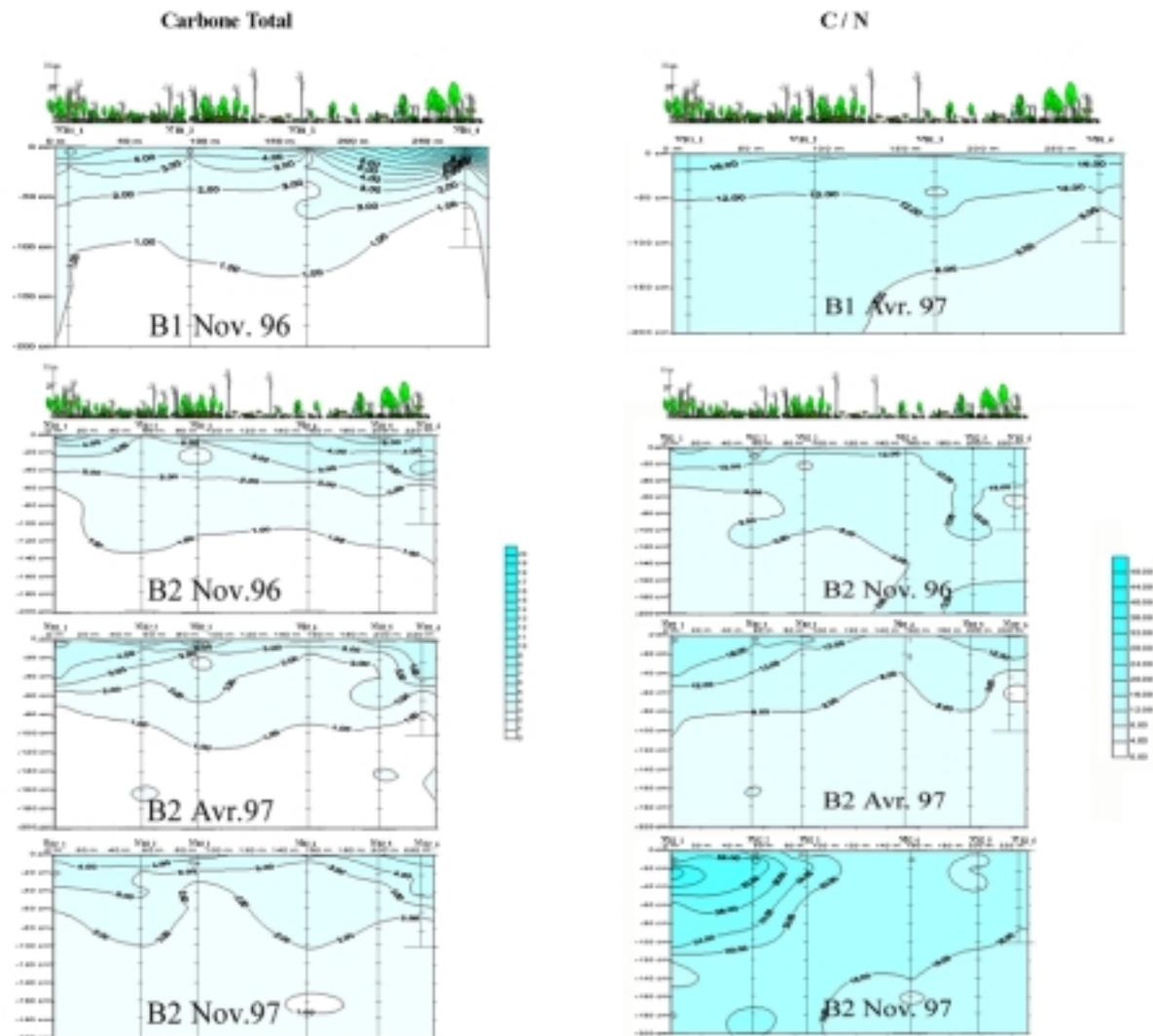


Figure 75 : Répartition latérale du carbone total et du rapport C/N sur les Transects B1 & B2.

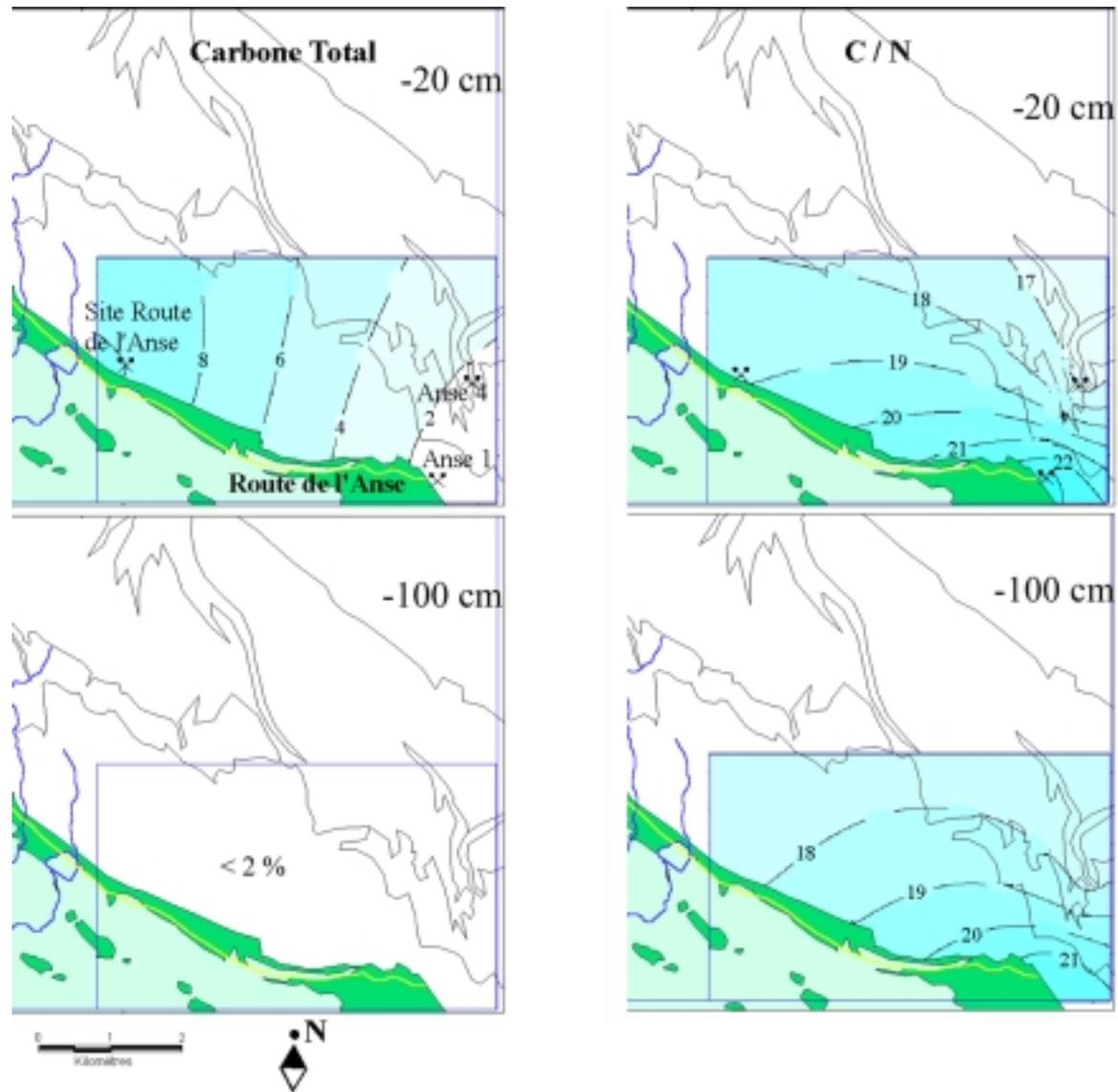


Figure 76 : carbone total et C/N Route de l'Anse - novembre 97.

### II.3.2. Interactions sol - végétation

Chaque site de sondage (Figure 77) peut être caractérisé par sa couverture végétale. Ainsi, pour les 28 sites prospectés et utilisés dans les analyses statistiques suivantes, le couvert végétal correspondait à :

<b>Anse 1 :</b>	Formation pionnière à <i>Avicennia</i>
<b>Anse 4 :</b>	Formation pionnière à <i>Avicennia</i> & <i>Laguncularia</i>
<b>Anse S1 :</b>	Plantules <i>Avicennia</i> et <i>Laguncularia</i>
<b>Anse S2 :</b>	Formation pionnière à <i>Avicennia</i> & <i>Laguncularia</i>
<b>Route de l'Anse :</b>	Formation adulte à <i>Avicennia</i>
<b>Estuaire 1 :</b>	Formation pionnière à <i>Avicennia</i>
<b>Estuaire 2 :</b>	Formation pionnière à <i>Avicennia</i>
<b>Estuaire S4 :</b>	<i>Avicennia</i> morts & <i>Acrostichum</i>
<b>Estuaire S5 :</b>	Formation jeune à <i>Avicennia</i>
<b>Estuaire S6 :</b>	<i>Avicennia</i> morts & <i>Acrostichum</i>
<b>Estuaire S7 :</b>	<i>Avicennia</i> morts (Profil S6 décapé)
<b>Embouchure Canceler :</b>	<i>Avicennia</i> morts
<b>Ilôt des Palétuviers :</b>	Formation à <i>Rhizophora mangle</i>
<b>Transect B1 1 :</b>	Formation à <i>R. racemosa</i> , <i>Pterocarpus</i> , <i>Montrichardia</i> & <i>Tabebuia</i>
<b>Transect B1 2 :</b>	Formation à <i>R. racemosa</i> , <i>Pterocarpus</i> , <i>Montrichardia</i> & <i>Tabebuia</i>
<b>Transect B1 3 :</b>	Formation à <i>Pterocarpus</i>
<b>Transect B1 4 :</b>	Formation à <i>Montrichardia</i>
<b>Transect B2 1 :</b>	Formation à <i>R. racemosa</i> & <i>Pterocarpus</i>
<b>Transect B2 2 :</b>	Formation à <i>Laguncularia</i>
<b>Transect B2 3 :</b>	Formation à <i>R. racemosa</i>
<b>Transect B2 4 :</b>	Terre nue colonisée fin 1997 par <i>Rhabdadenia</i>
<b>Transect B2 5 :</b>	Formation à <i>Acrostichum</i>
<b>Transect B2 6 :</b>	Formation à <i>R. racemosa</i> , <i>Montrichardia</i> , <i>Tabebuia</i> & <i>Stigmaphyllon</i>
<b>Transect B4 1 :</b>	Formation à <i>R. racemosa</i>
<b>Transect B4 2 :</b>	Terre nue colonisée fin 1997 par <i>Rhabdadenia</i>
<b>Transect B4 3 :</b>	Formation jeune à <i>R. racemosa</i>

- Transect B4 4 :** Terre nue colonisée début 1997 par *Cyperus*, *Rhabdadenia* & *Stigmaphyllon*, évoluant en 1998 en formation à *Cyperus*.
- Transect B4 5 :** *Avicennia* morts & *Acrostichum*.

Une Analyse Factorielle des Correspondances basée sur la composition floristique (exprimée en pourcentage de recouvrement spécifique) des sites listés ci-dessus interprétée en s'appuyant sur une Classification Hiérarchique a permis de regrouper ces sites en différents faciès.

Ainsi, 2 grands groupes se sont individualisés ([Figure 78](#))

- **Mangrove en transformation :**
  - Faciès à *Montrichardia* (sondages B1\_3 et B1\_4)
  - Faciès à *R. racemosa* (sondages B2\_1, B2\_2, B2\_3, B4\_1, B4\_2 et B4\_3)
  - Faciès à *Pterocarpus* (sondages B1\_1 et B1\_2)
  - Faciès à *R. mangle* (sondage Ilot des palétuviers)
  - Faciès à *Cyperus* (sondages B4\_4)
  - Faciès à *Acrostichum* (sondages B2\_5, B2\_6, B4\_5, Estuaire S4 et Estuaire S6)
- **Mangrove à *Avicennia***
  - Faciès à *Avicennia* vivants (sondages Estuaire 1, Estuaire 2, Estuaire S5, Route de l'Anse, Anse S1, Anse S2, Anse 1 et Anse 4)
  - Faciès à *Avicennia* morts (sondages B2\_4, Embouchure Canceler et Estuaire S7)

La représentation de l'espace factoriel selon les axes 1 et 2 (expliquant respectivement à 19 et 17 % de l'inertie relative) est donnée [Figure 79](#). La dispersion des points le long de l'axe 1 semble corrélée au degré d'évolution de la formation (Mangrove pionnière / mangrove en transformation) alors que l'axe 2 semble plus corrélé au niveau d'inondation de la formation exprimé par l'écologie des espèces végétales associées à l'axe (*Montrichardia* caractérise l'inondation permanente, *Acrostichum* traduisant plutôt une exondation).

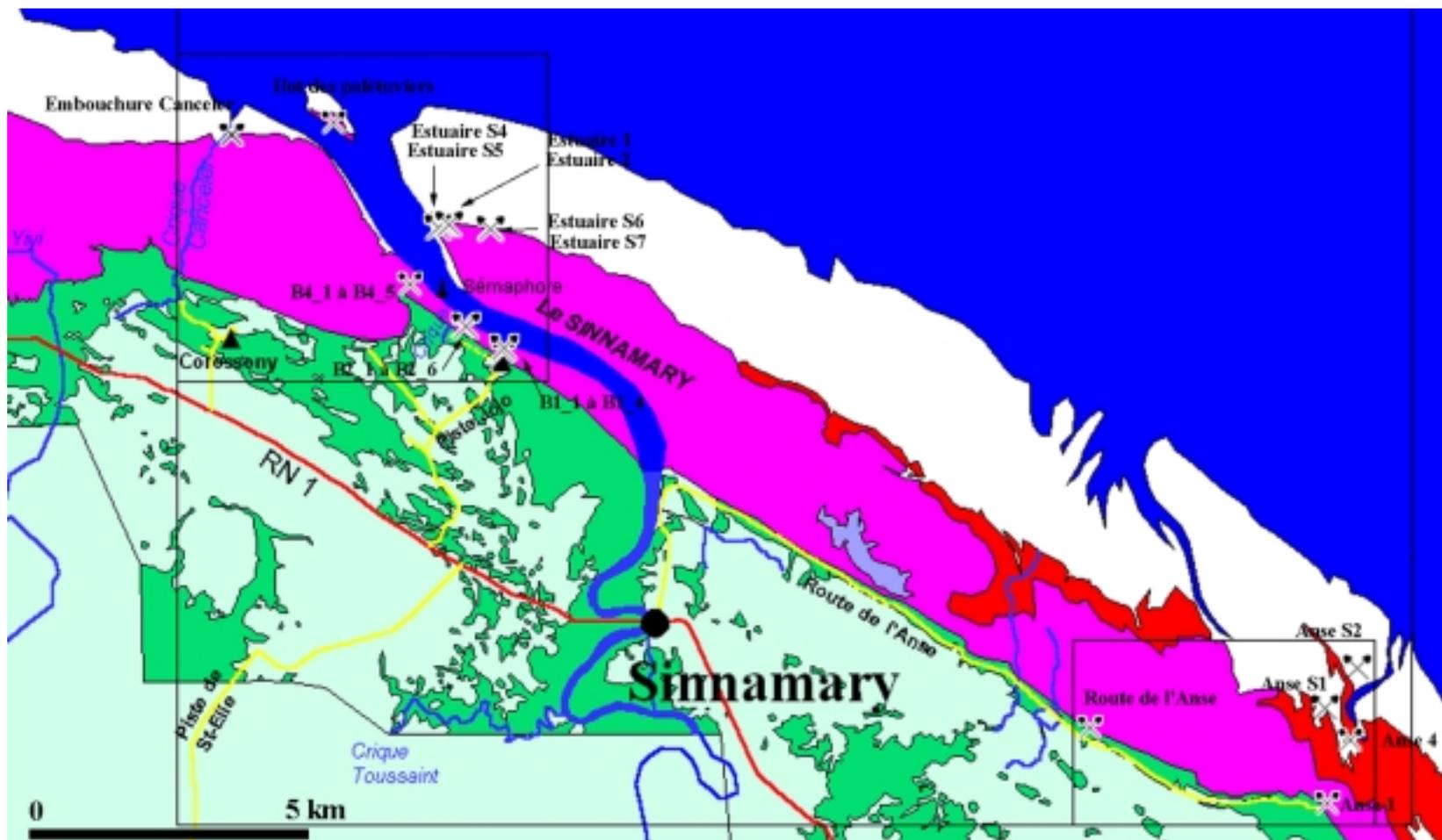


Figure 77: Localisation des différents sites de sondage.

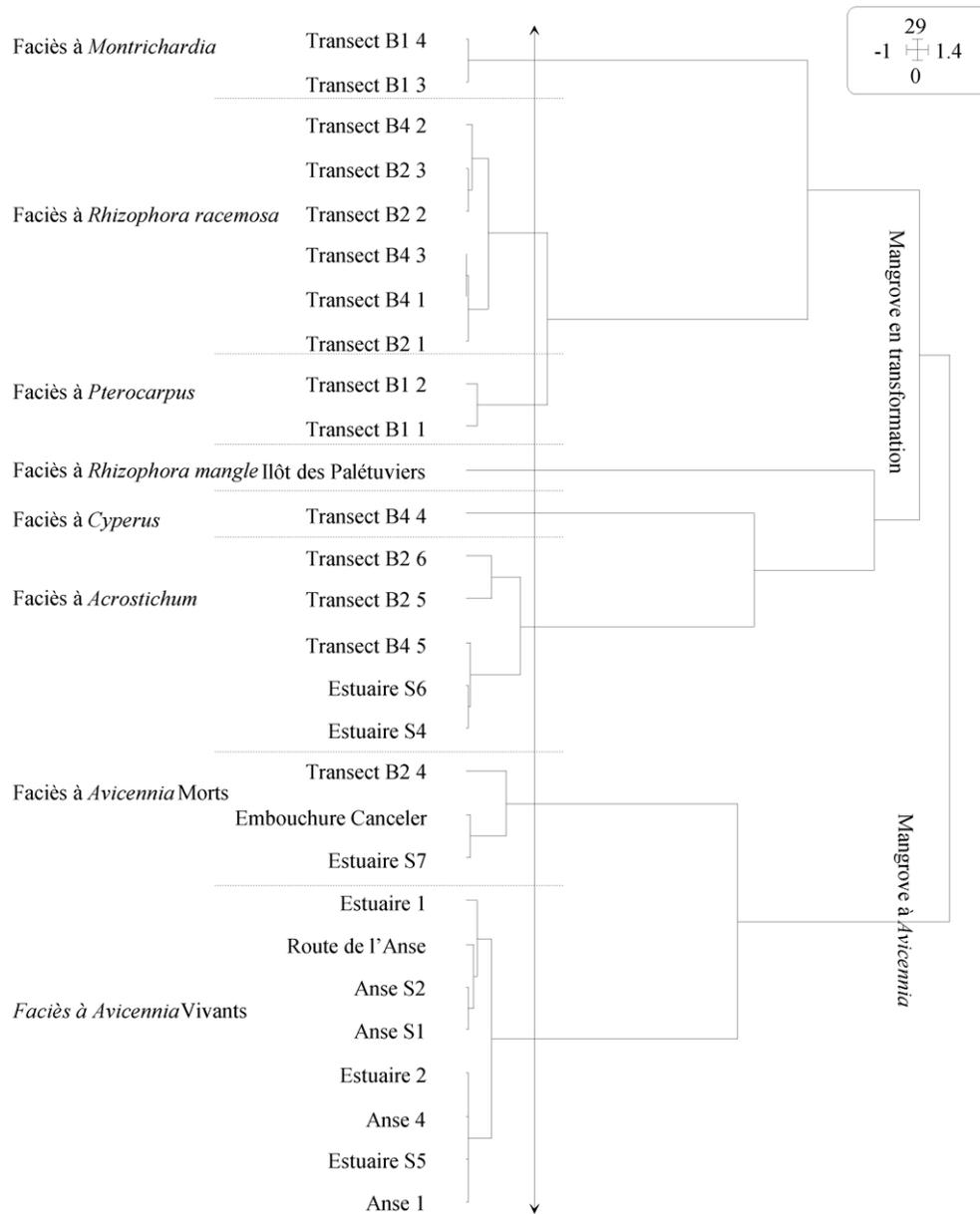


Figure 78: Dendrogramme issu de la Classification Hiérarchique.

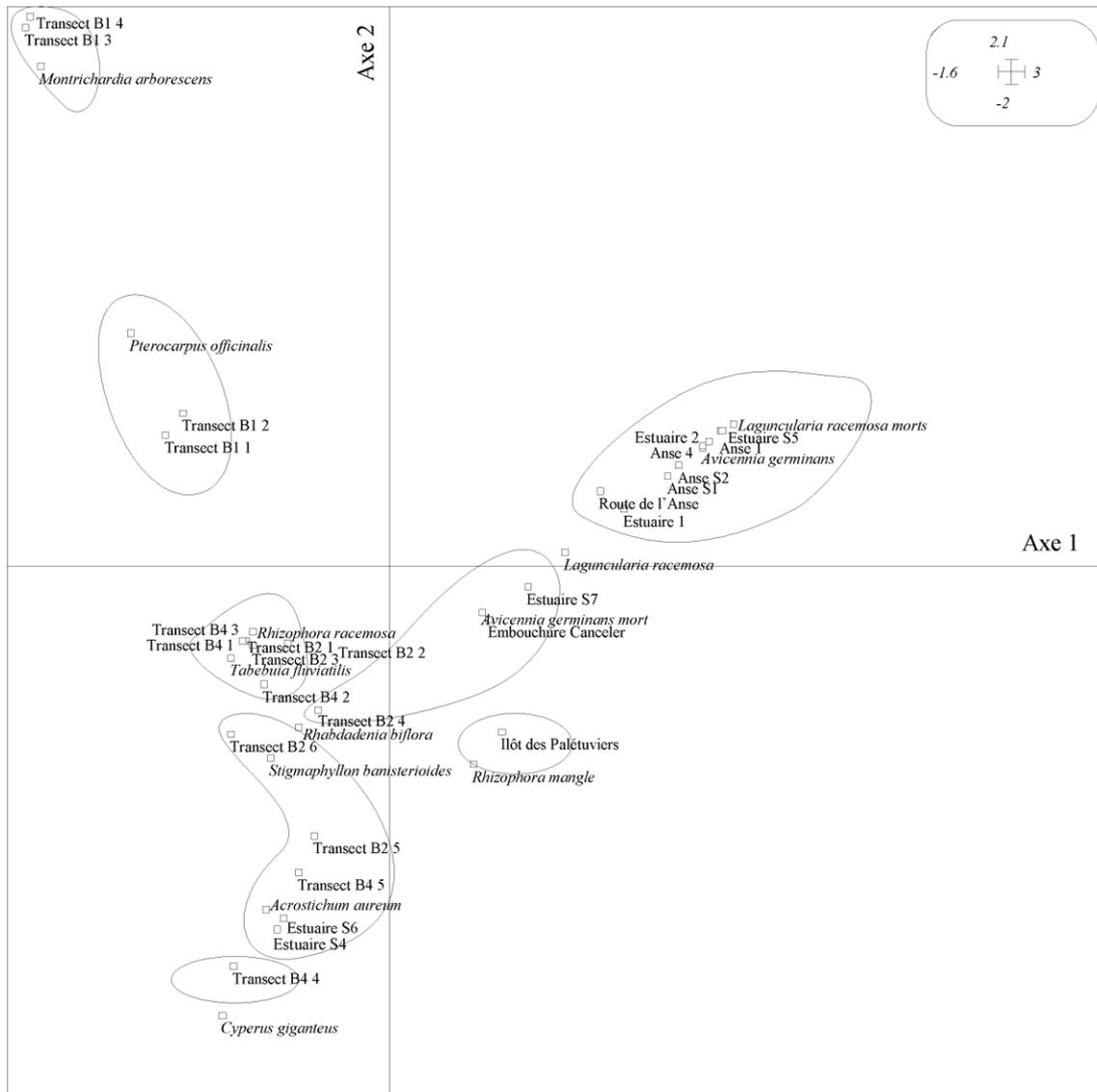


Figure 79 : Projection des résultats de l'A.F.C. selon les axes 1 et 2.

Trois Analyses en Composantes Principales ont également été effectuées sur les paramètres physico-chimiques du sol regroupés en :

- Le pH, potentiel rédox et Salinité
- Les cations majeurs (Ca, Mg, Na, K)
- La matière organique (% C, % N, C/N<sup>38</sup>)

**Ces regroupements ont été effectués en fonction du nombre de mesures disponibles pour chaque paramètre mesuré.**

<sup>38</sup> Le rapport C/N étant considéré comme un indicateur de l'état de la minéralisation.

Ainsi, concernant la salinité, la conductimétrie et le pH ([Figure 80](#)), les relevés s'organisent selon un double gradient de salinité (axe 2) et de pH (axe 1). Par ailleurs, pH et potentiel rédox sont anti-corrélés. Ce diagramme montre également que cette anti-corrélation entre pH et potentiel rédox possède la plus grande valeur explicative de l'hétérogénéité des échantillons (L'axe 1 explique 60,98 % de l'inertie relative). L'axe 2 représente la salinité du milieu et explique 31,13 % de l'inertie.

Cette A.C.P. met en évidence les phénomènes de variations saisonnières des conditions du milieu (pH, Eh, salinité - [Figure 80](#)).

Ainsi, on constate une augmentation générale de la salinité en surface entre la saison des pluies (avril) et la saison sèche (novembre). On remarque également une modification du potentiel rédox avec une augmentation qui traduit une exondation du milieu plus importante en saison sèche qu'en saison des pluies.

Concernant l'évolution interannuelle (entre novembre 1997 et novembre 1998), les relevés s'orientent vers une réduction assez générale du potentiel rédox qui s'accorde bien avec le caractère accentué de la saison sèche de 1998, avec aussi disparition de la saison humide intermédiaire.

De son côté, la [Figure 81](#) montre l'évolution de ces paramètres en fonction du degré de maturité de la mangrove. On remarquera que la salinité apparaît comme étant le facteur ayant l'influence prédominante sur la répartition des points relevés<sup>39</sup>. Ainsi, le passage d'une mangrove pionnière à une mangrove jeune se caractérise par une augmentation très sensible de la salinité. Toutefois, il faut se méfier du biais introduit par la localisation en front de mer des sites prospectés pour les mangroves pionnières. En effet, l'évaporation simple sur la vase peut expliquer à elle seule la hausse de la salinité. La mise en évidence de cet effet nécessite de trouver une formation pionnière à *Avicennia* dans l'estuaire du Sinnamary, en milieu dessalé et de confronter les dosages de salinité avec d'autres formations.

Cette salinité décroît par la suite, à mesure que la mangrove gagne en maturité. Lorsque le couvert d'*Avicennia* disparaît (cimetière de mangrove), selon que le milieu est érodé ou recolonisé, la salinité du milieu augmente (érosion) ou reste relativement stable (mangrove en transformation).

Les différents faciès de mangrove en transformation se répartissent alors le long de l'axe 1 (horizontal). Le faciès à *R. racemosa* se caractérise par un pH élevé lié au pouvoir tampon des

---

<sup>39</sup> Les points relevés correspondent à la projection des sites de relevés dans l'espace factoriel considéré.

eaux saumâtres alors que le faciès à *Montrichardia* se localise en opposition d'axe, sous pH plus bas.

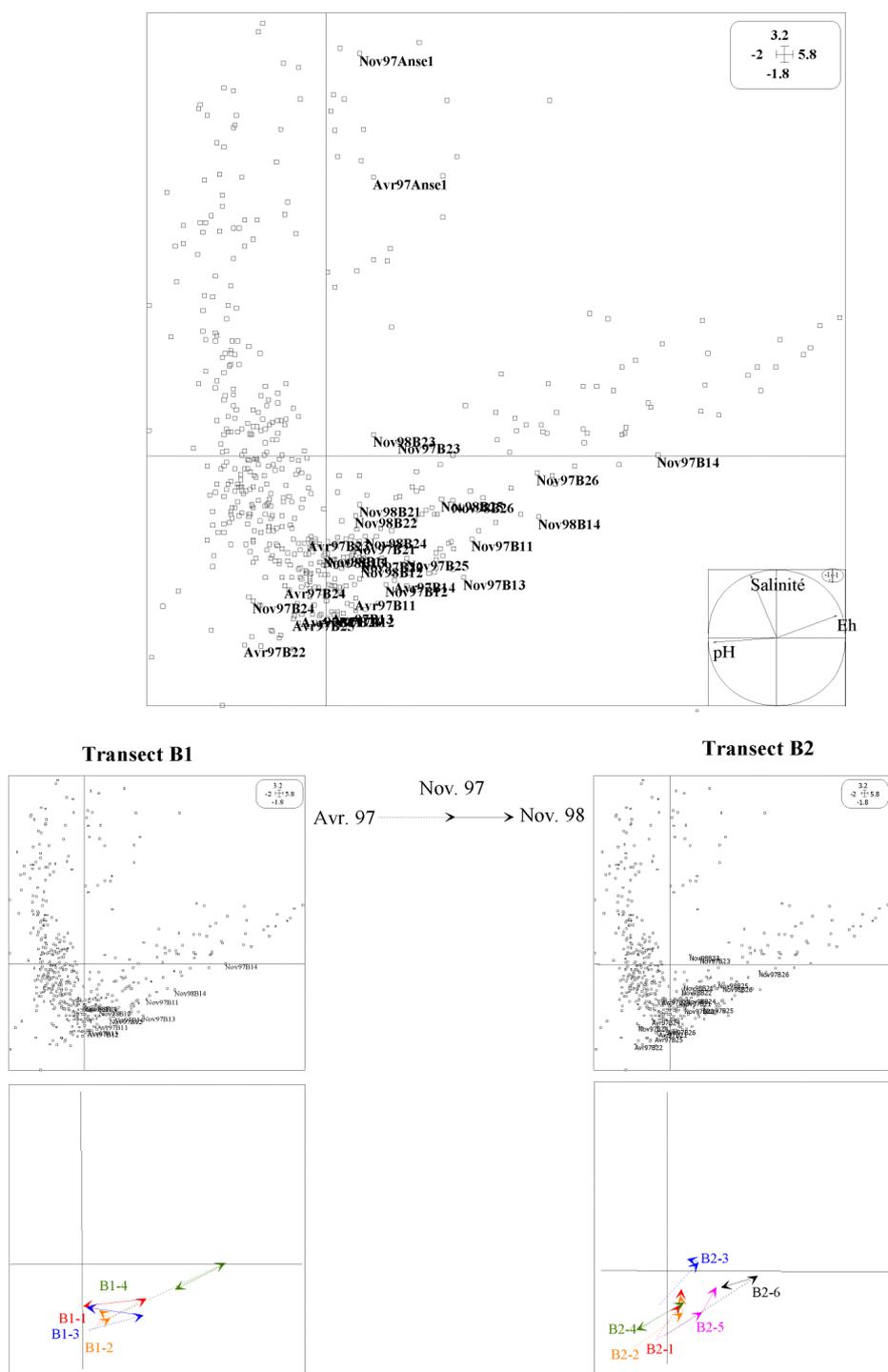


Figure 80 : Evolution saisonnière et annuelle des échantillons (pH, Eh, salinité) - ne sont légendés que les points de sondage à -20 cm.

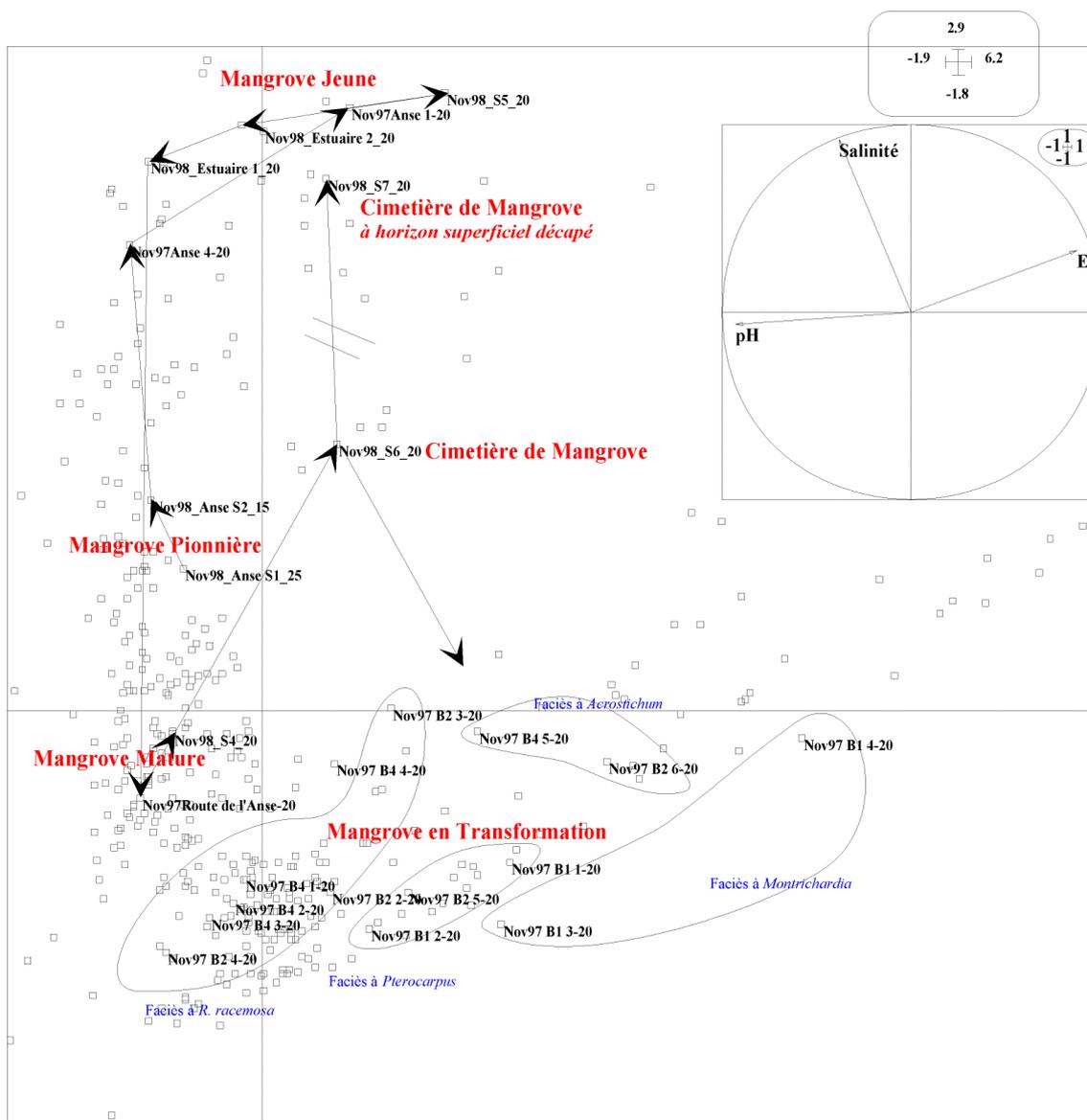


Figure 81 : Evolution des paramètres physico-chimiques en fonction du degré de maturité de la mangrove - ne sont légendés que les points de sondage à -20 cm.

En ce qui concerne les cations majeurs ([Figure 82](#)), on remarque une opposition mangrove à *Avicennia* (pionnier ou adulte) / mangrove en transformation. Toutes les variables sont plus ou moins bien corrélées avec l'axe 1 qui explique à lui seul à 87,96 % de l'inertie relative. La charge en cations est inférieure sur **Brigandin** par rapport à **l'Anse**.

L'étude détaillée de la répartition des relevés met en évidence le déplacement du nuage de points le long de l'axe 1 (horizontal) selon l'âge de la formation, allant de la plus jeune (Anse 4) à la plus âgée (B2 6). Il y a appauvrissement du milieu en cations à mesure que le peuplement vieillit.

Il est par ailleurs remarquable que les valeurs en profondeur (valeurs inférieures à -100 cm) varient globalement moins que celles de surface, mettant en avant le rôle du couvert végétal et des phénomènes d'évaporation dans les concentrations des cations dans le sol. On remarque enfin que l'appauvrissement du milieu en cations est plus marqué dans les faciès à *Avicennia* morts et à *Acrostichum* où la production de litière est très limitée.

Enfin, l'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur la matière organique ([Figure 83](#)) montre un double gradient entre le pourcentage de carbone (axe 1) et le rapport C/N (axe 2). Si en toute rigueur, une A.C.P. ne peut pas être effectuée sur une variable formée par la combinaison de 2 autres variables introduites dans l'analyse, il convient de considérer le rapport C/N comme indicatif de l'état de minéralisation de la matière organique plus que comme témoin de la teneur relative de ces 2 éléments.

Ces deux gradients traduisent respectivement l'évolution saisonnière (passage de la saison des pluies à la saison sèche) du sol (axe 1; Flèche 1) à cette profondeur (-20 cm) et l'évolution annuelle pour les relevés situés coté fleuve (B2 1 – B2 3 ; Axe 2 ; Flèche 2).

On constate une diminution de la teneur en carbone entre la saison des pluies et la saison sèche que l'on peut relier à la diminution de la production de feuilles à cette saison constatée par Betoulle (1998).

L'augmentation du rapport C/N constatée entre novembre 1996 et novembre 1997 montre une diminution de la minéralisation du carbone entre ces 2 années.

Au niveau des différents faciès, seul le faciès à *R. racemosa* se singularise des autres avec une augmentation du C/N. De son côté, le site de sondage " Route de l'Anse" se singularise par sa forte teneur en carbone en relation avec un horizon organique particulièrement important.

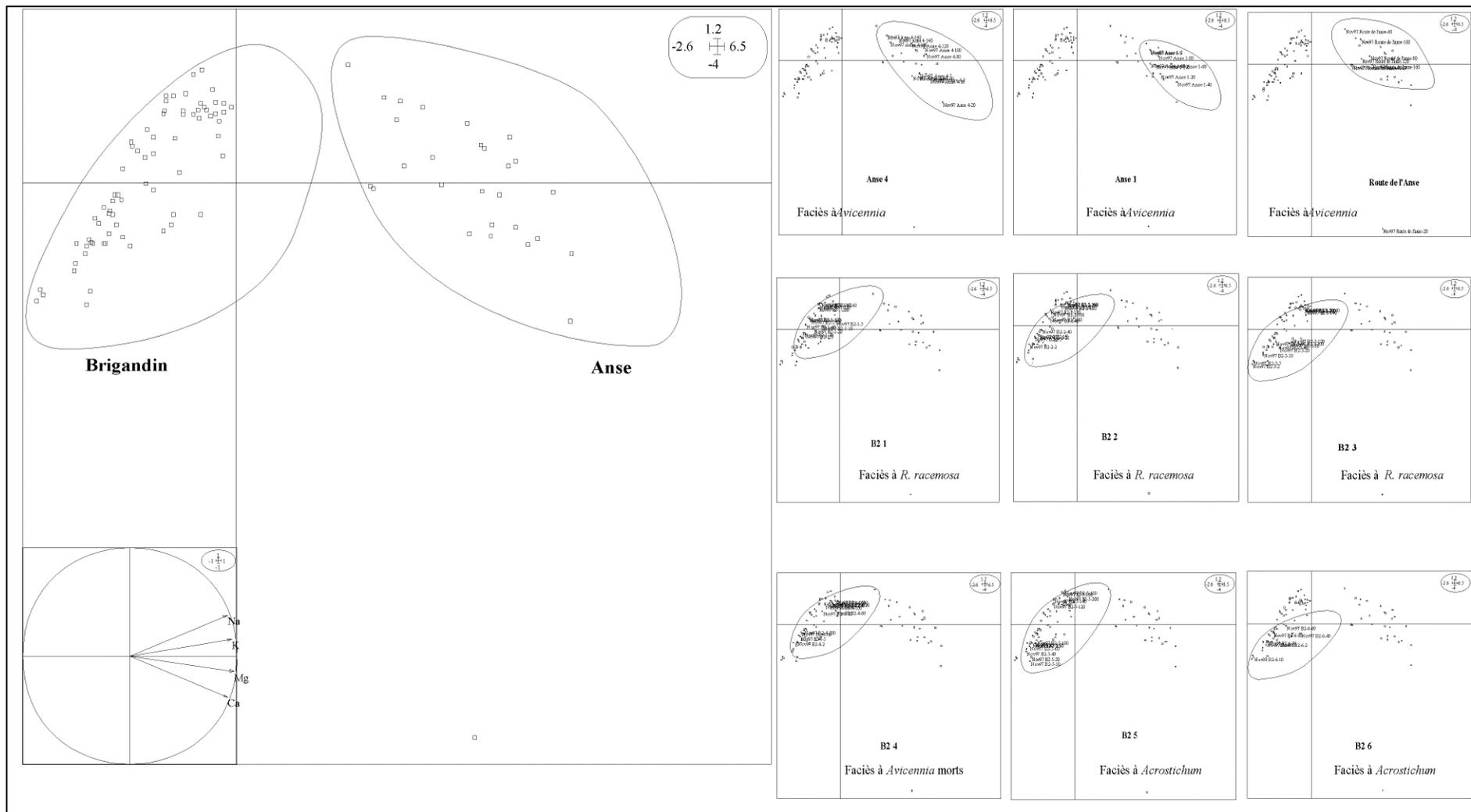


Figure 82 : Analyse en Composantes Principales sur les cations majeurs.



Le couvert végétal intervient donc de façon très nette dans la qualité des sols de mangrove jusqu'à environ 1 m de profondeur. La modification des valeurs de salinité en fonction de l'âge du peuplement dans les mangroves à *Avicennia*, l'opposition entre mangrove à *Avicennia* et mangrove de Brigandin<sup>40</sup> pour les cations majeurs en sont des exemples flagrants.

Le développement de la Mangrove à *Avicennia* coïncide avec de fortes valeurs de la salinité des sols. Cette salinité décroît lorsque le peuplement devient mature, c'est à dire avec le degré d'évolution du sédiment.

Concernant les cations, à l'exception du calcium, les concentrations supérieures retrouvées dans les sols des faciès à *Avicennia* par rapport à celles des faciès à *Rhizophora* confirment les variations spécifiques d'apports en nutriments au sol (Turn-over des éléments) observées par Betoulle (1998) avec des teneurs en nutriments (C, N, P, K, Mg & Na) plus élevées dans les feuilles d'*Avicennia* que de *Rhizophora*.

La matière organique est dégradée de manière comparable sur tous les faciès (C/N faible) et les concentrations en carbone, faibles pour des mangroves varient peu d'un faciès à l'autre.

L'évolution de la mangrove en forêt marécageuse se caractérise par une diminution du pH corrélé à une baisse du potentiel rédox et une baisse de la salinité.

---

<sup>40</sup> la dénomination " Mangrove de Brigandin " désigne d'une façon globale les relevés de la rive gauche du Sinnamary et est utilisée par opposition à ceux de la rive droite dont le peuplement est majoritairement constitué d'*Avicennia*.



## **II.4. Structure et évolution des formations et de la zone d'étude**

*Ce chapitre traite de la répartition spatiale des espèces et des formations. Les analyses de répartition spécifiques sont réalisées à partir des relevés de terrain. Le suivi de l'évolution des formations est assuré par cartographie à partir de photo-interprétations à différentes dates. Ce suivi est étendu à la dynamique sédimentaire sur l'ensemble de la zone de Sinnamary. Enfin, une méthode de classification d'image satellite par échantillonnage supervisé est évaluée.*

### **II.4.1. Répartition des espèces :**

*L'étude de la répartition des espèces est réalisée à l'échelle de la station (Transects) par positionnement des individus des différentes espèces puis à l'échelle du lieu-dit (Brigandin) par interpolation des taux de recouvrement spécifiques.*

#### ***II.4.1.1 Répartition Intra transect***

##### **Cartes de répartition spécifiques :**

La distribution spécifique a été cartographiée au sein des transects B2 à B4. Cette cartographie n'a pu être réalisée pour le transect B1, les valeurs des abscisses n'ayant pas été notées lors de la phase de relevé de terrain. Pour ce transect, seul un profil sera donné. Les individus étant positionnés au mètre près, un même point peut parfois représenter plusieurs individus. Ces cartes ne préjugent donc pas de la densité de population.

L'étude de la répartition des espèces a été effectuée par l'utilisation conjointe du **test de Ripley** ([Annexe 7](#)) et de la **Classification Automatique**.

**a. Transect B1 :**

Le profil structural ainsi que les effectifs des principales espèces sont donnés sur la [Figure 84](#), le tableau d'occurrence des espèces est donné en [Annexe 8](#).

➤ Espèces arborescentes :

*A. germinans* n'est représenté que par des individus morts sur pieds se retrouvant sur trois grands ensembles situés entre : 0-71 m ; 81-154 m ; 187-268 m.

Quatre rideaux de *R. racemosa* (0-30 m ; 80-105 m ; 140-170 m ; 245-260 m) soulignent les ensembles d'*A. germinans*. Contrastant avec les espèces précédentes, *P. officinalis* se retrouve de façon assez homogène tout au long du transect. *L. racemosa*, *R. mangle* et *P. aquatica* ne se retrouvent que de façon très ponctuelle le long du transect.

➤ Autres espèces :

L'herbacée géante *M. arborescens* recouvre intégralement le transect. Elle constitue l'essentiel du sous-bois de ce transect et étouffe littéralement toutes les autres espèces. L'arbuste *T. fluviatilis* parvient toutefois à se développer d'une manière importante à une faible distance du fleuve. Les seules plantes qui parviennent à se développer sous ce couvert de *M. arborescens* sont des lianes. Ainsi, on retrouve *R. biflora* sur tout le transect mais avec une préférence à proximité de la berge ainsi qu'un massif plus à l'intérieur, autour de 80 m. Inversement, *D. monetaria* et *S. banisterioides* se trouvent plutôt en position arrière.

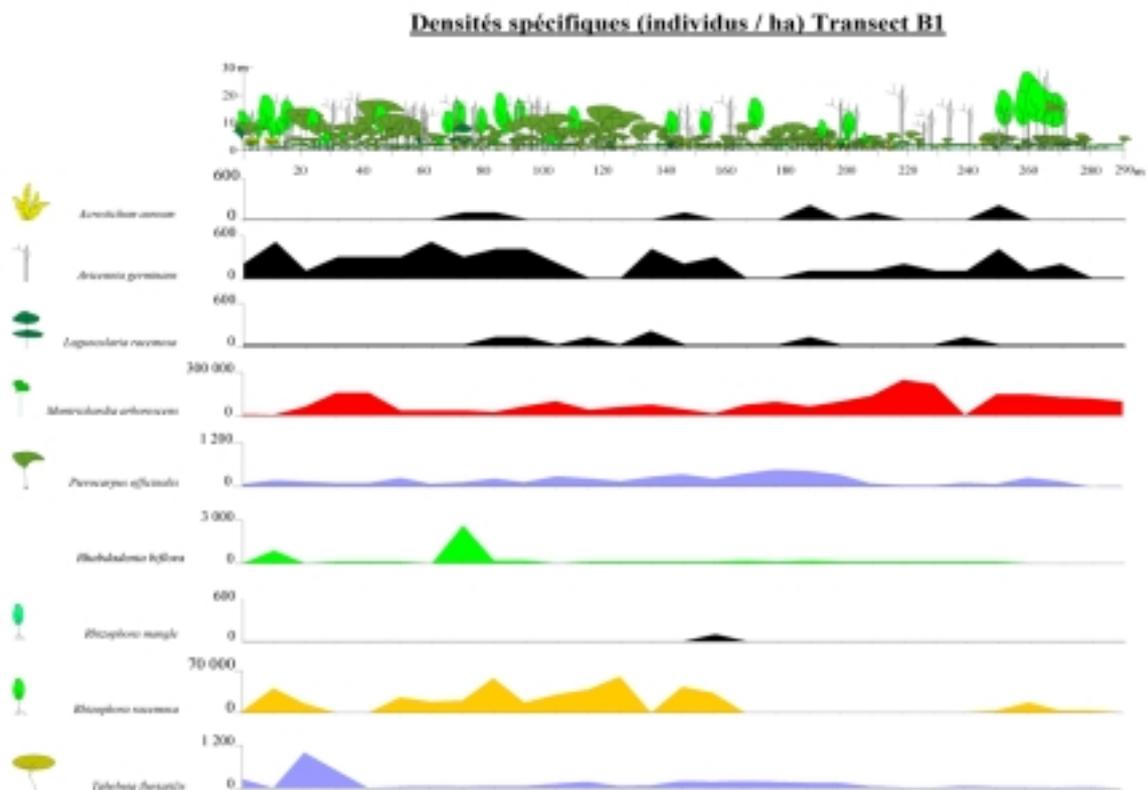


Figure 84: Répartition des principales espèces sur le transect B1.

### **b. Transect B2 :**

Le profil structural et la carte de répartition des espèces sont donnés [Figure 85](#), le tableau d'occurrence des espèces en [Annexe 9](#).

Le test de Ripley permet de conclure à une répartition aléatoire pour *A. germinans* contre une répartition agrégée pour *A. aureum*, *L. racemosa*, *M. arborescens*, *P. officinalis*, *R. biflora*, *R. racemosa* et *T. fluviatilis*.

#### ➤ Espèces arborescentes :

*A. germinans* se rencontre en quatre ensembles successifs le long du transect, entre 0-40 m, 52-106 m, 132-161 m et 178-225 m. *R. racemosa* forme 3 rideaux successifs entre 0-40 m, 70-100 m et 200-220 m. Toutefois, ces limites sont partiellement estompées par la présence d'un abondant semis en limite de houppier des grands individus.

*P. officinalis* se rencontre par petits groupes d'individus intercalés entre les ensembles d'*A. germinans* et de *R. racemosa*. Au contraire, *L. racemosa*, présent lui aussi en petits massifs, se rencontre plutôt au milieu des ensembles d'*A. germinans*. Enfin, *R. mangle* ne se rencontre qu'en fin de transect, en limite d'un rideau de *R. racemosa*.

#### ➤ Autres espèces :

*T. fluviatilis* se rencontre tout au long du transect, avec toutefois un développement particulier entre les rideaux de végétation. *R. biflora* colonise en priorité les lisières des rideaux de *R. racemosa* à partir desquelles elle s'étend vers les zones à faible couvert végétal contrairement aux lianes *D. monetaria* et *M. uncata* qui se localisent exclusivement à proximité du cordon sableux. Contrairement au transect B1, *M. arborescens* n'est plus représentée que par 2 massifs, l'un en début, l'autre en fin de transect. Enfin, la fougère *A. aureum* occupe la fin du transect où elle forme un peuplement dense.

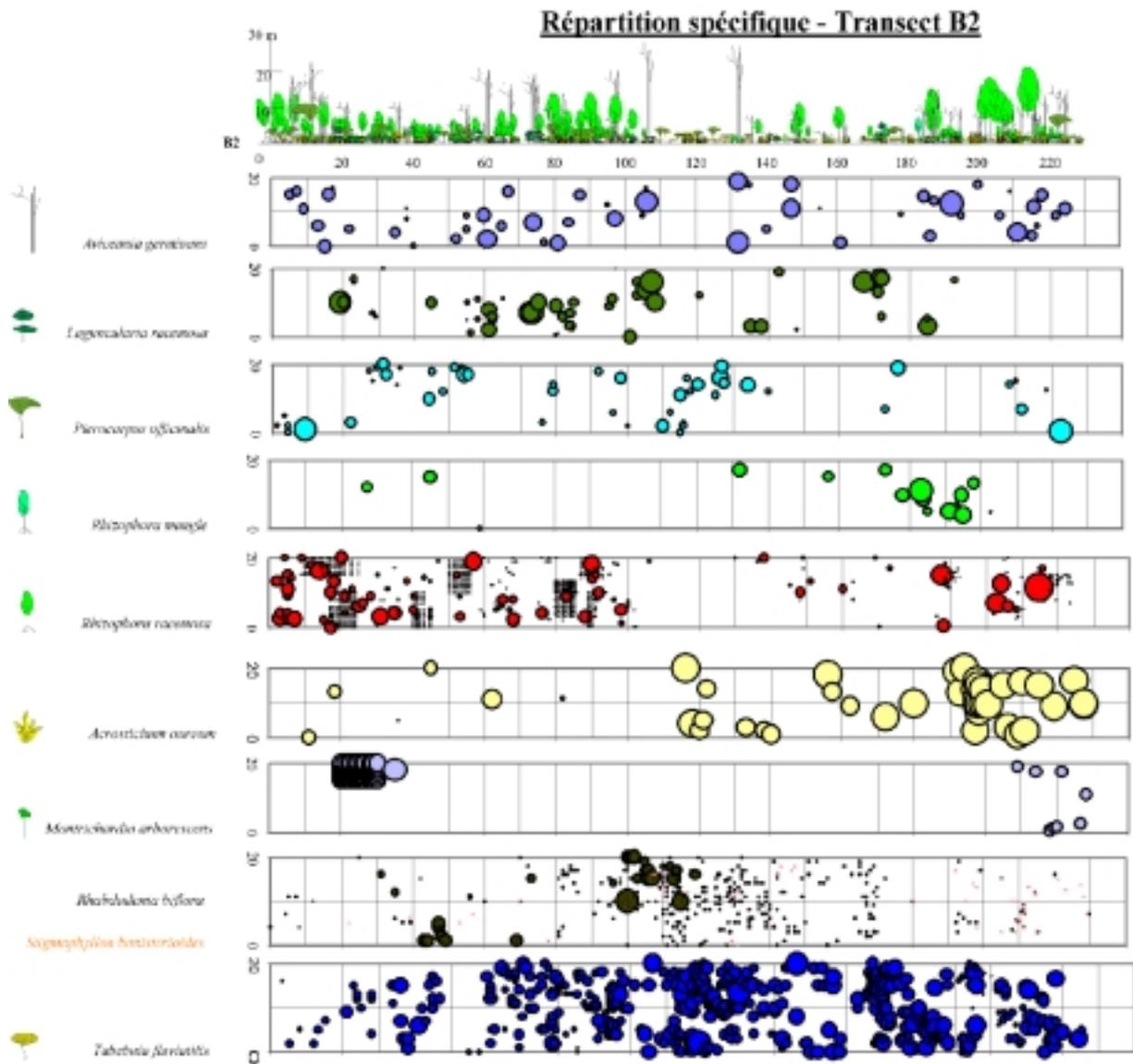


Figure 85 : Répartition spécifique sur le transect B2 - la taille des points est proportionnelle au diamètre - (DBH pour les arbres, Diamètre moyen / Diamètre de la souche pour les lianes, Diamètre du massif pour *A. aureum*).

### c. **Transect B3 :**

Le profil structural et la carte de répartition des espèces sont donnés [Figure 86](#), le tableau d'occurrence des espèces en [Annexe 10](#).

Les résultats du test de Ripley sont identiques aux précédents avec une répartition aléatoire pour *A. germinans* contre une répartition agrégée pour *A. aureum*, *L. racemosa*, *M. arborescens*, *P. officinalis*, *R. biflora*, *R. racemosa* et *T. fluviatilis*.

#### ➤ Espèces arborescentes :

Comme précédemment, *A. germinans* se regroupe en trois ensembles entre 0-75 m, 102-154 m et 161-316 m alors que *R. racemosa* se retrouve en 2 rideaux principaux entre 0-40 m et 140-210 m avec, en plus, un groupe restreint entre 60-90 m.

Les *P. officinalis* se retrouvent sur l'ensemble du transect même s'ils se concentrent essentiellement entre les rideaux de *R. racemosa*, avec en plus, une inclusion dans le rideau 140-210, au niveau d'une trouée dans le massif. Enfin, *L. racemosa* n'est présent que très ponctuellement alors que *R. mangle* est absent du transect.

#### ➤ Autres espèces :

Contrairement au transect B2, la fougère *A. aureum* ne se retrouve pas dans la zone arrière du transect. On la retrouve au contraire disséminée sur tout le transect en massifs clairsemés. De son côté, *M. arborescens* forme un peuplement dense entre 180-260 m. *R. biflora* colonise les 2 premiers tiers du transect, essentiellement entre les 2 rideaux de *R. racemosa*. Une autre herbacée lianescente, *S. banisterioides*, colonise le dernier tiers du transect, localement en peuplement mixte avec *M. arborescens*. L'absence d'autres lianes comme *D. monetaria* ou *M. uncata* est remarquable.

Enfin, *T. fluviatilis* se retrouve entre les 2 rideaux de *R. racemosa*, essentiellement au niveau des lisières alors qu'il est pratiquement absent de la fin du transect.

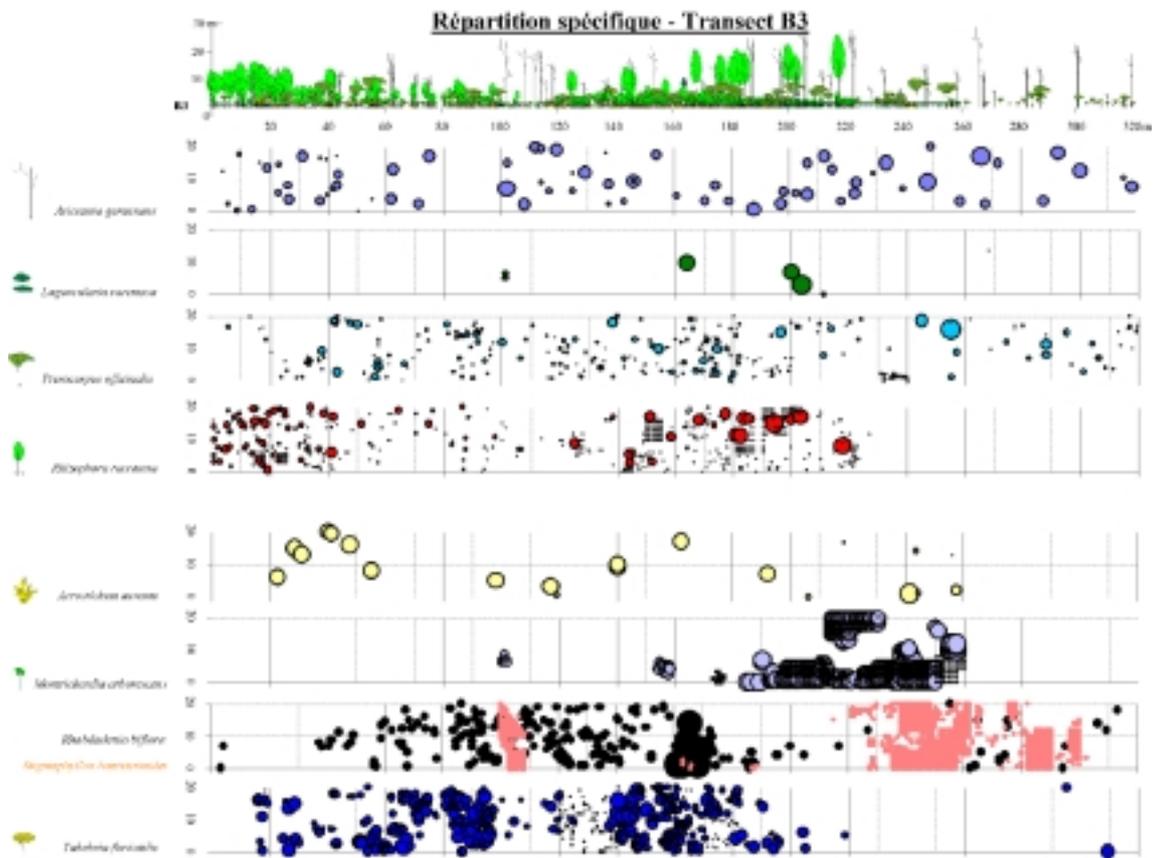


Figure 86: Répartition spécifique sur le transect B3 - la taille des points est proportionnelle au diamètre - (DBH pour les arbres, Diamètre moyen / Diamètre de la souche pour les lianes, Diamètre du massif pour *A. aureum*).

#### **d. Transect B4 :**

Le profil structural et la carte de répartition des espèces sont donnés [Figure 87](#), le tableau d'occurrence des espèces en [Annexe 11](#).

Les résultats du test de Ripley sont identiques aux précédents.

##### ➤ Espèces arborescentes :

Trois rideaux de *R. racemosa* entre 0-60 m, 140-170 m et 260-280 m soulignent trois ensembles d'*A. germinans* situés à 0-99 m, 115-264 m et 284-368 m.

*L. racemosa* se retrouve entre les rideaux de *R. racemosa*, essentiellement sur l'arrière du transect, contrairement à *P. officinalis* qui se localise entre les rideaux, sur le début du transect. De son côté, *R. mangle* forme un bosquet en arrière du dernier rideau de *R. racemosa*.

##### ➤ Autres espèces :

La fougère *A. aureum* forme 2 rideaux denses sur l'arrière du transect, l'un à proximité du cordon sableux, l'autre juste derrière le dernier rideau de *R. racemosa*. *R. biflora* colonise les espaces libres entre les rideaux de végétation, essentiellement sur le début du transect alors que *S. banisterioides* se cantonne sur la fin du transect où il forme un peuplement dense. Enfin, *T. fluviatilis* ne se retrouve que sur la première moitié du transect, localisé entre les 2 premiers rideaux de *R. racemosa*. *M. arborescens* n'est plus présente que par une petite tache en début de transect.

Il faut également souligner la présence en 1996 de quelques pieds de *C. giganteus* autour de 210 m, herbacée atteignant 1 m de haut et qui, fin 1997 colonisait tous les espaces libres entre 210 et 360 m.

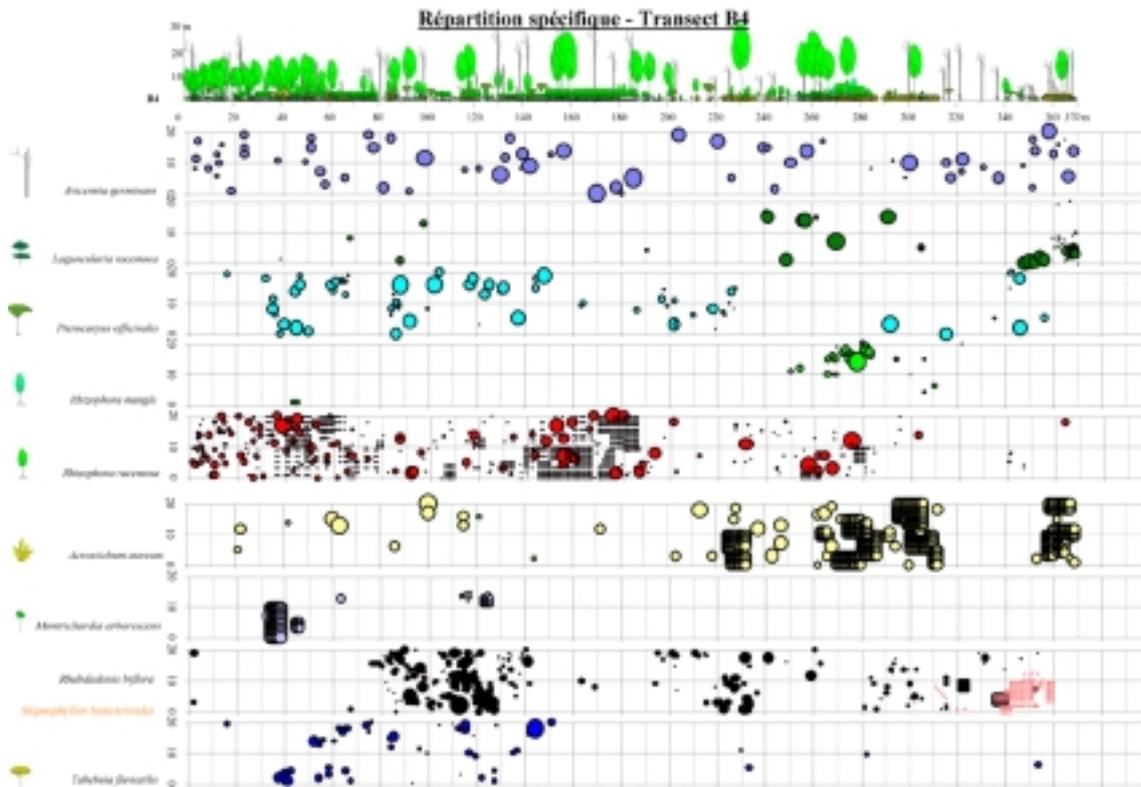


Figure 87: Répartition spécifique sur le transect B4 - la taille des points est proportionnelle au diamètre - (DBH pour les arbres, Diamètre moyen / Diamètre de la souche pour les lianes, Diamètre du massif pour *A. aureum*).

Il ressort de cette étude que si *Avicennia germinans* a une répartition apparaissant comme aléatoire, *Acrostichum aureum*, *Laguncularia racemosa*, *Montrichardia arborescens*, *Pterocarpus officinalis*, *Rhabdadenia biflora*, *Rhizophora racemosa* et *Tabebuia fluviatilis* ont des répartitions de type agrégatives.

*Avicennia germinans* et *Laguncularia racemosa* ont réalisé la première colonisation du milieu. Cette colonisation s'est effectuée à partir d'un semis de propagules véhiculées depuis la mer. Cette origine suffit à expliquer la répartition aléatoire d'*Avicennia germinans*. Toutefois, dans le cas de *Laguncularia racemosa*, cette répartition a été gommée par la forte mortalité du peuplement lorsqu'il fut surcimé par *Avicennia germinans*. Dès lors, son développement dans ces zones s'est fait de la même façon que pour les autres arbres présents, à partir de quelques semenciers (cas pour *Rhizophora racemosa*, *Pterocarpus officinalis* et *Tabebuia fluviatilis*) créant par là même une structure agrégée. Ce type de structure agrégée se retrouve également lié au développement des espèces herbacées qui colonisent le milieu par multiplication végétative (*Montrichardia arborescens* et *Rhabdadenia biflora*).

#### II.4.1.2 Répartition sur " Brigandin "

A partir de l'analyse des 4 transects, un essai d'interpolation a été réalisé afin de proposer une cartographie de la végétation sur l'ensemble du lieu-dit " Brigandin ". Des cartes de répartition spécifique ont été générées à partir des taux de recouvrement estimés par placette (10 x 10 m) sur chaque transect. Des photographies aériennes ont ensuite été utilisées de façon complémentaire pour recaler sur les cartes les zones de terre nue.

Comme pour les paramètres géochimiques, les cartes ont été réalisées par interpolation des valeurs de points situés entre les transects par " griddeage " de la matrice du taux de recouvrement sous le logiciel Surfer™ par la méthode du *Kriging* sans pondération des données ([Annexe 3](#)). Le gradient de couleur au sein de chaque espèce traduit l'importance du taux de recouvrement (les taux les plus élevés ont les teintes les plus foncés).

Ces cartes de répartition ([Figure 88](#)) mettent en valeur les préférences écologiques des différentes espèces étudiées sur l'ensemble de la zone. Ainsi,

*A. aureum* apparaît essentiellement en arrière mangrove, hors de l'influence directe des marées ordinaires, avec un développement maximal au niveau des zones non boisées même si elle se rencontre également sous couvert. Cette plante colonise le milieu à partir des zones dénudées en se dispersant autour de ces foyers.

*A. germinans* n'est pas représenté car, sur les 4 transects, les individus présents sont morts (ou très dépérissants), le taux de recouvrement de ces individus est donc nul.

*L. racemosa* se retrouve le long d'une bande parallèle à la rive, réparti en plusieurs foyers se développant particulièrement lorsque le milieu est ouvert. La disposition ainsi que la physionomie des individus observés laisse penser que cette espèce colonise le milieu à partir d'individus relictuels de la première colonisation du banc de vase.

*M. arborescens* présente un caractère dulçaquicole très marqué avec une distribution amont – aval très nette. Par ailleurs, cette colonisation semble se faire à partir d'un foyer situé à proximité du cordon sableux, les taux de recouvrements les plus importants se trouvant là.

*P. officinalis* présente lui aussi une distribution orientée amont – aval mais, inversement à *M. arborescens*, sa progression se fait à partir du fleuve.

*R. biflora* se développe en priorité au niveau des zones non boisées, progressant à partir du

cordon sableux vers la rive.

*R. mangle* présente sensiblement la même distribution que *L. racemosa*, vraisemblablement aussi à partir d'individus relictuels.

*R. racemosa* colonise le milieu essentiellement depuis le fleuve, même si des foyers relictuels servent de points de départ avancés à la colonisation depuis l'intérieur de la mangrove.

*S. banisterioides* se développe dans les zones non boisées, à partir du cordon sableux.

*T. fluviatilis* colonise le milieu selon une distribution amont – aval, à partir du fleuve vers le cordon sableux, le long de couloirs de pénétration.

Les photographies réalisées sur " Brigandin " en 1996 permettent de mettre en évidence les secteurs colonisés par la végétation. Si la distinction des espèces est très difficile à réaliser sur ce type de documents, on peut néanmoins arriver à distinguer les formations arborescentes des autres formations. La carte de ces formations est donnée [Figure 89](#). Les faciès sont identifiés à partir des observations de terrain ainsi que de l'interpolation des données précédentes. Bien que les conditions de prises de vues n'aient pas été optimales (visée oblique, variations des conditions lumineuses, ombres portées...), les images obtenues ont permis de construire une mosaïque. Par recalage de celle-ci sous MapInfo™ et photo-interprétation en se basant essentiellement sur la texture et la couleur des formations, une cartographie thématique a été proposée. Les surfaces de ces différentes formations ont été calculées par le SIG. **Ainsi, sur les 62,56 ha que représente la zone comprise entre les 2 transects les plus extrêmes (B1 et B4, en hachuré sur la figure) on peut classer :**

- 43,90 ha (soit 70,1 %) comme présentant une couverture végétale de type arborées (42,53 ha de *R. racemosa* - 1,37 ha de **formation mixte *P. officinalis* / *R. racemosa***),
- 4,81 ha (7,68 %) en **formations arbustives hétérogènes** (Massifs de *A. aureum*, *T. fluviatilis*),
- 9,78 ha (15,63 %) en **formations herbacées basses** (*R. biflora*, *S. banisterioides*),
- 0,55 ha (0,88 %) en **formations arbustives homogènes** (*M. arborescens*, *H. tiliaceus*, *D. monetaria*) et,
- 3,52 ha (5,62 %) de **terre nue**.

Hors de la zone couverte par les transects, un peuplement mature d'*A. germinans* a également été identifié.

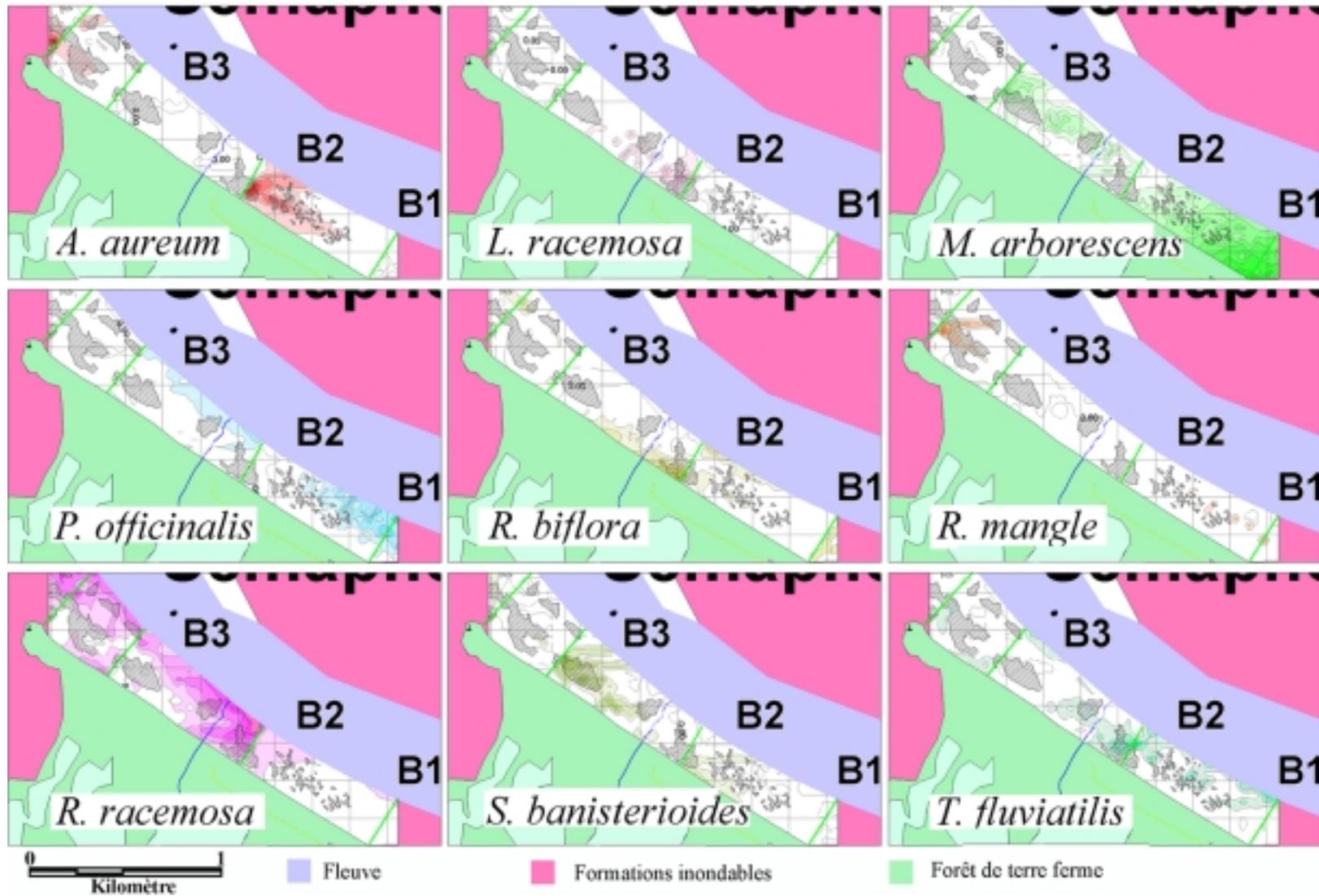


Figure 88 : Répartition (interpolée) des espèces (les zones hachurées représentent les zones non arborées du site).

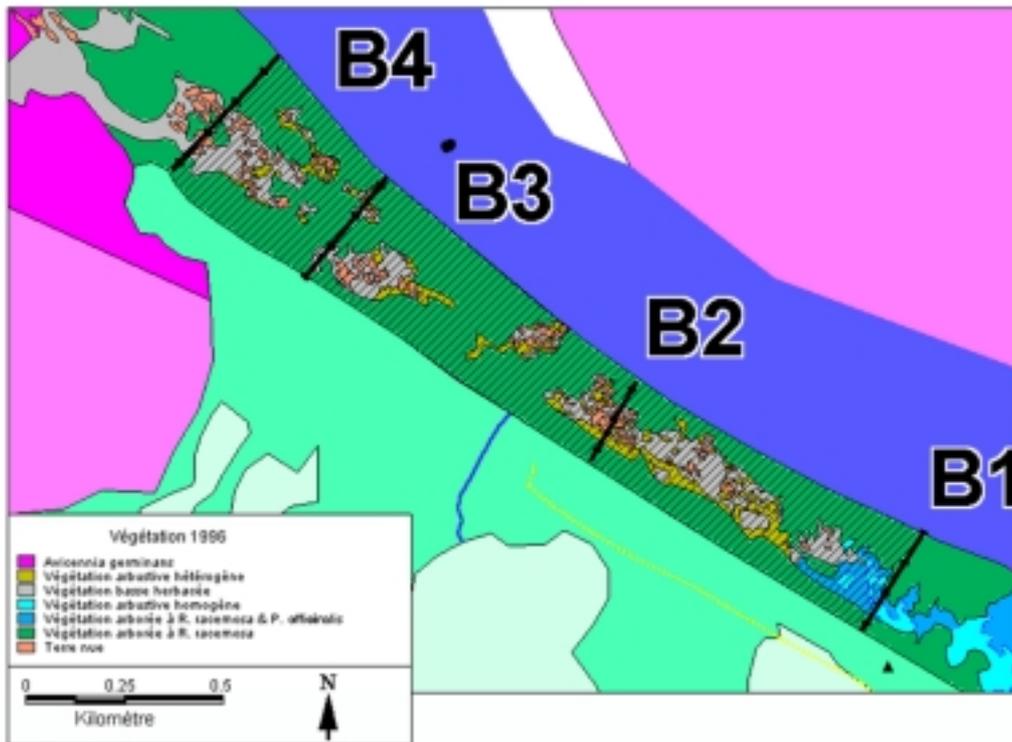


Figure 89: Carte des formations végétales en 1996. (la zones hachurée représente la zone prise en compte dans les calculs)

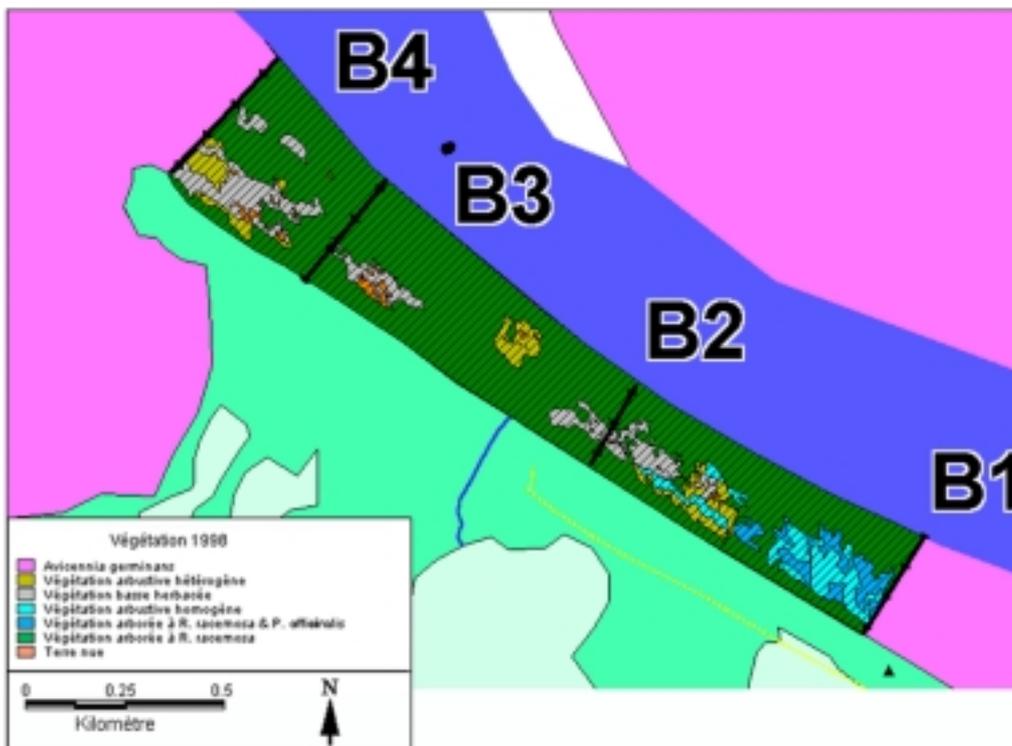


Figure 90: Carte des formations végétales en 1998. (la zones hachurée représente la zone prise en compte dans les calculs)

## II.4.2. Etude de la dynamique des formations par télédétection

### *II.4.2.1 Photo-interprétation sur l'estuaire*

#### **Dynamique sur la durée de l'étude de terrain**

Cette dynamique a été étudiée au travers de l'analyse des taux de recouvrement spécifiques sur les placettes des transects entre 1996 et 1998 ainsi qu'au travers de cartes des formations végétales de la zone établies à partir de photographies aériennes.

Ce type d'approche a déjà été appliqué à l'étude de la dynamique des populations d'arbres formant la canopée en forêt tropicale australienne (Herwitz *et al.*, 1998).

Sur la zone considérée, entre les transects B1 et B4, la typologie à 6 faciès établie d'après la photo-interprétation des photographies aériennes au paragraphe [II.4.1.2](#) a été reprise.

La carte des formations végétales en 1996 a été donnée [Figure 89](#), celle de 1998 est donnée [Figure 90](#).

Ainsi, au cours des 2 années écoulées, le peuplement a évolué.

La **végétation arbustive hétérogène** a régressé de 33 % par rapport à sa valeur de 1996, la **végétation basse herbacée** de 37 %, la **terre nue**<sup>41</sup> de 80 %. De son côté, la **formation à *R. racemosa*** s'est développée de 8 %, le **peuplement mixte *R. racemosa* / *P. officinalis*** de 59 % et le **peuplement arbustif homogène** a " explosé " avec un gain de 434 %.

Au delà des chiffres, on constate que : ([Figure 91](#))

La **terre nue** présente en 1996 a été colonisée par la **végétation basse herbacée** ainsi que par une **végétation arbustive hétérogène** vers l'intérieur des terres alors que vers le fleuve, la colonisation se fait plutôt par ***R. racemosa***. D'un autre côté, les zones de **terre nue** visibles en 1998 ne correspondent pas uniquement à des zones restées dénudées mais se sont formées à partir de zones occupées en 1996 par une **végétation** essentiellement **herbacée**.

La **végétation basse herbacée** a évolué essentiellement en **végétation arbustive** (homogène et hétérogène).

la **végétation arbustive hétérogène** a évolué en **peuplement arboré à *R. racemosa***.

---

<sup>41</sup> Terre nue = Zone non végétalisée

La **végétation arborée à *R. racemosa*** a évolué en **peuplement à *R. racemosa* & *P. officinalis*** dans la partie amont de l'estuaire. Dans les zones de chablis, la **terre nue** apparaît, rapidement colonisée par une **végétation arbustive**.

La **végétation arborée à *R. racemosa* & *P. officinalis*** évolue en **peuplement à *R. racemosa*** dans la partie aval de l'estuaire alors que les chablis sont cicatrisés par une **végétation arbustive homogène**.

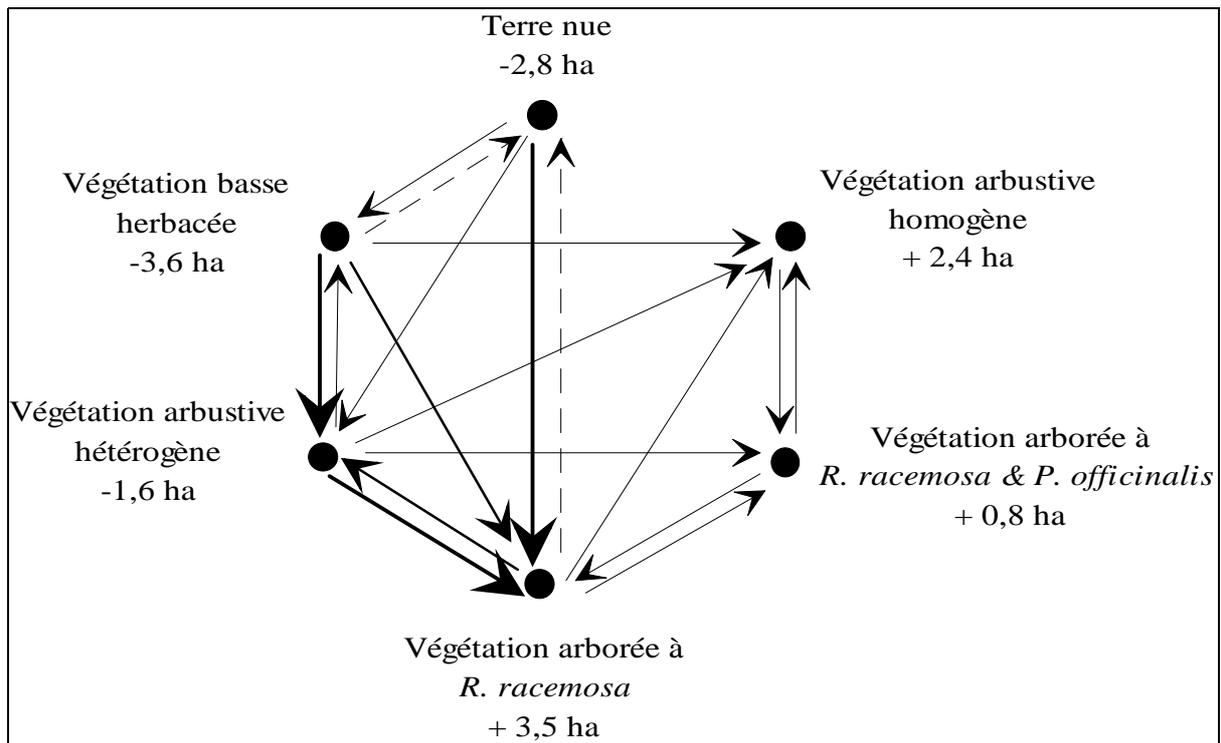


Figure 91 : Evolution des formations végétales en 1996-98.

Au niveau spécifique, la mortalité de *A. aureum* est plus importante sur la partie amont de l'estuaire que sur la partie aval. Cette mortalité intervient soit à proximité de *Rhizophora* spp. qui se développent, soit en milieu largement ouvert où l'espace libéré est colonisé par *S. banisterioides* et *R. biflora*.

Le développement de *R. racemosa* induit un effet d'ombrage qui réduit l'emprise de *R. biflora* sur la strate inférieure. De la même façon, le développement de *P. officinalis* influence la répartition de *M. arborescens* qui tend à disparaître sous son couvert.

Les espaces ouverts sont, eux, colonisés coté fleuve par *R. biflora*, coté cordon sableux par *S. banisterioides* et *C. giganteus*. La colonisation par *C. giganteus* se fait de l'aval vers l'amont de l'estuaire alors que celle par *S. banisterioides* a un cheminement inverse.

Enfin, les espaces libérés par la mort ou la chute de *R. racemosa* sont rapidement colonisés par *R. biflora* ou par *L. racemosa* lorsqu'un semencier se trouve à proximité.

### ***Dynamique sur les 50 dernières années***

La discussion de ce phénomène est basé sur l'analyse des photos aériennes (IGN et ULM) et des images satellites (Spot et Landsat TM) regroupées [Figure 92](#).

La photographie de **1951** montre que l'ensemble de la zone est colonisée par un peuplement homogène à *A. germinans*. On peut toutefois distinguer sur le document original 2 à 3 lignes au sein de ce peuplement, lignes matérialisées par une discontinuité dans la texture uniforme du peuplement. Ces lignes correspondent aux limites des ensembles identifiés dans la structure du peuplement au niveau des différents transects ([paragraphe II.4.1.1](#)). Ces lignes marquent très vraisemblablement les anciennes limites du peuplement liées aux phases de colonisation successives. Par ailleurs, l'aspect très homogène du peuplement laisse penser que ces phases de colonisation se sont succédées sur une période relativement courte (quelques années).

L'image de **1955** ne montre quasiment aucune différence avec celle de 1951. La texture du peuplement est sensiblement identique à la précédente, très homogène, les limites du peuplement sont toujours bien visibles.

L'image de **1976** présente, 21 ans après la précédente, un aspect totalement différent. La texture du peuplement apparaît désormais granuleuse. Des trouées vraisemblablement liées à des chablis et des volis apparaissent dans le peuplement. Enfin, les limites de colonisation ne sont désormais plus discernables.

L'évolution constatée sur l'image de 1976 s'accroît sur celle de **1987**. L'aspect granuleux reste très marqué alors que, dans la partie amont de l'estuaire (rive gauche), le peuplement présente une texture plus homogène et le peuplement paraît plus bas, témoin d'un début de transformation du milieu.

L'image Landsat en composition colorée des canaux 1, 2 et 3 permet d'avoir un aperçu de l'état de la végétation en **1988**. Si la résolution n'est pas suffisante pour obtenir le niveau de détail des photographies aériennes, on peut néanmoins constater que l'aspect du peuplement est très proche de celui montré sur la photographie précédente. Des zones plus sombres

apparaissent au sein du peuplement, sans doute en relation avec une ouverture plus grande du milieu qui laisse désormais apparaître le sol. Cette ouverture souligne une dégradation de l'état sanitaire des arbres constituant le peuplement avec un dépérissement des cimes des *Avicennia*.

L'image Spot de **1991** montre de larges plages de terre nue délimitées par de minces rideaux. Ceux-ci correspondent aux rideaux de *Rhizophora* spp. observés sur les transects. Le peuplement s'est radicalement transformé, passant d'une formation fermée à *Avicennia* à une formation relictuelle à *Rhizophora* spp. très largement ouverte. Seule la zone amont dont la transformation était engagée en 1987 conserve un couvert végétal important.

En **1993**, la mort des individus s'est accentuée par rapport à 1991. Les plages de terre nue se sont développées alors que les rideaux de végétation deviennent de plus en plus ténus. Même le peuplement amont semble subir cette mortalité avec des individus de plus en plus clairsemés laissant deviner le sol au travers des houppiers.

La mosaïque de photographies réalisées en **1996** montre un nouveau changement dans la dynamique du peuplement avec une recolonisation du milieu à partir des rideaux de végétation qui se sont désormais élargis. De larges plages restent encore dénudées mais une colonisation par un peuplement bas tend à gagner sur le sol nu. Le peuplement arboré est désormais dominé par *Rhizophora* spp. (essentiellement *R. racemosa*).

En **1997**, l'image Spot nous montre que le phénomène cicatriciel se poursuit avec une très nette diminution des plages de sol nu.

En **1998**, la mosaïque de photographies permet de constater que le phénomène cicatriciel est quasiment terminé avec l'installation de formations herbacées qui couvrent rapidement les zones dénudées alors que le peuplement arboré à *R. racemosa* se développe, rétablissant un couvert arboré homogène sur la zone.

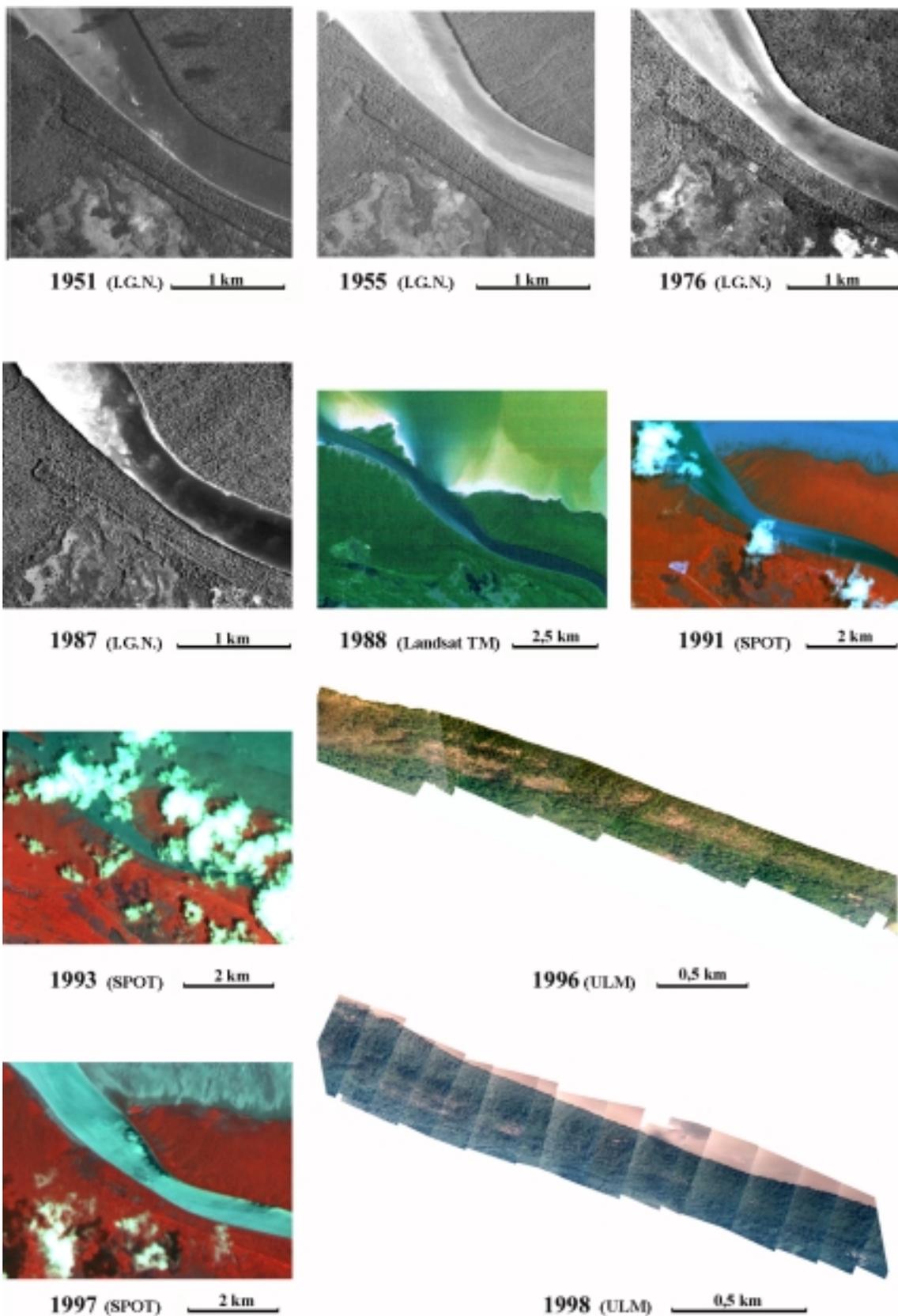


Figure 92: Evolution de la végétation sur la zone de Brigandín sur la période 1951-1998. (les échelles varient selon les documents).

## ***Evolution globale du peuplement et dynamique sédimentaire :***

De 1951 à 1988, le peuplement semble évoluer de façon linéaire selon un processus de maturation avec une diminution de la densité d'individus (phénomène d'auto-éclaircie) se traduisant sur les photographies par un changement dans la texture des houppiers (passage d'une texture à grain fin à une texture à grain grossier, le grain correspondant ici au houppier d'un individu). Toutefois, au cours des années 1989-1990, un événement soudain entraîne la mort massive des *Avicennia* de la zone d'estuaire. Certains auteurs (Blasco, 1991 ; Fromard *et al.*, 1998) ont invoqué des phénomènes de sur-sédimentation pour expliquer cette mortalité massive. D'autres (Prost & Charron, 1992 ; Prost, 1988) pensent au contraire, que cette mortalité est une conséquence de phénomènes érosifs. Différentes observations m'ont amené à pencher pour cette dernière hypothèse dans le cas du périmètre étudié.

La première observation en faveur de cette mortalité liée aux phénomènes érosifs est liée à la dynamique sédimentaire de la zone ([Figure 93](#)). Entre 1951 et 1966, le banc de vase s'est engraisé et la mangrove s'est développée. En 1976, le phénomène s'est inversé et une phase d'érosion a commencé. Ce phénomène se développe jusqu'au niveau de la route de l'Anse, balayant la mangrove qui s'y trouvait installée.

En 1987, ce phénomène s'accroît avec l'ouverture d'une brèche dans le cap de l'estuaire. Cette ouverture va permettre l'attaque de la rive gauche du Sinnamary par la houle marine.

A partir de 1991, l'arrivée d'un nouveau banc de vase au niveau de la route de l'Anse va marquer la fin de la phase d'érosion. Les effets de l'arrivée de ce banc de vase commenceront à se faire légèrement sentir sur l'estuaire à partir de 1993. En rehaussant les fonds au niveau de l'embouchure, le banc de vase fait office de brise lames et limite ainsi l'action érosive de la houle au niveau de l'estuaire. Le passage de ce banc de vase marque une nouvelle phase d'accrétion au niveau de l'estuaire.

Entre 1987 et 1991, la zone de l'estuaire était donc encore soumise à un **phénomène érosif**.

Cette hypothèse explique par là même que les phénomènes de mortalité massive se soient cantonnés sur la rive gauche du fleuve, le long de l'intrusion de l'onde de marée, la rive droite étant encore protégée par les restes du cap de l'estuaire.

Le second argument en faveur d'un phénomène d'érosion par opposition à un phénomène de sur-sédimentation est l'absence de toute colonisation du milieu par *A. germinans* même près de 10 ans après la mort des adultes et ce, malgré la présence massive de semenciers sur la rive

droite du fleuve. Or, sur cette région, toute nouvelle phase de sédimentation est systématiquement marquée par une colonisation rapide par les espèces pionnières de mangrove.

La dynamique sédimentaire de l'époque, la localisation des zones de mort massive et l'absence de régénération sont 3 arguments qui plaident en faveur d'une hypothèse d'érosion du substrat. Enfin, une observation ponctuelle faite sur le Transect B4 va dans ce sens. En 1996 un *Avicennia* était dans un état sanitaire très délabré et les racines de cet arbre présentaient déjà un déchaussement notable. En 1998, cet individu était mort, ses racines complètement déchaussées, le sol se trouvant alors à plus de 20 cm en dessous du tapis racinaire.

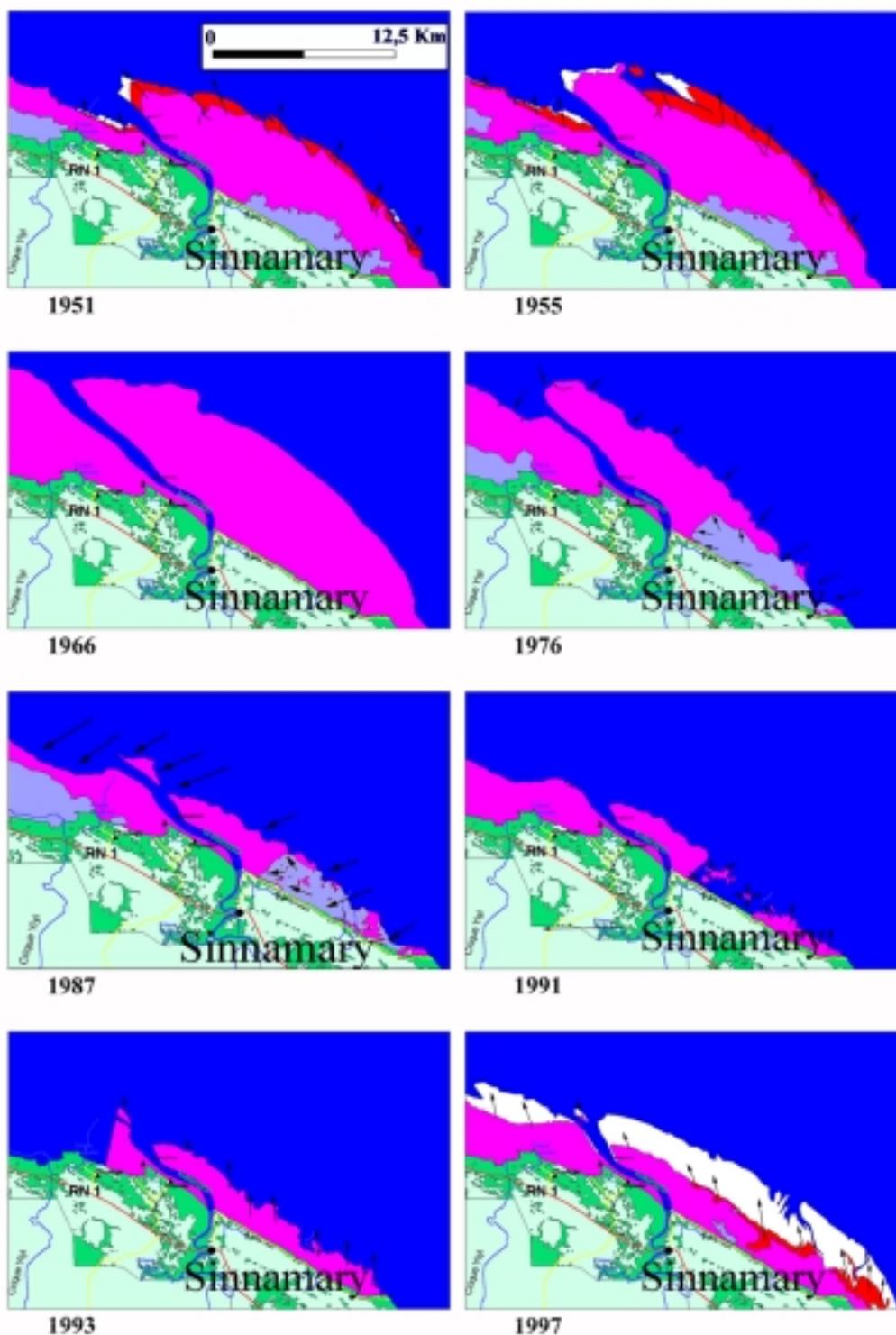


Figure 93 : Dynamique sédimentaire de l'estuaire sur la période 1951-1997<sup>42</sup>. En blanc est figurée la vase nue, en rouge la mangrove pionnière, en violet la mangrove mature, en bleu-violeté les marais saumâtres (quand ces formations sont identifiables sur les documents originaux)<sup>43</sup>.

<sup>42</sup> L'îlot formé par l'ouverture de la brèche n'a pas disparu en 1991 mais il n'était pas couvert par la scène SPOT dont nous disposons pour cette date. Il n'a donc pas pu être représenté. Il en est de même pour l'ouest de l'image de 1993.

<sup>43</sup> Collaboration Laboratoire d'Ecologie Terrestre – Texas A. & M. University

#### *II.4.2.2 Classification d'une image SPOT*

Les images satellites sont souvent utilisées pour donner une cartographie rapide sur de grandes surfaces. L'opérateur procède généralement à une première interprétation visuelle sur l'image afin d'identifier les classes. Cette interprétation est ensuite affinée par des observations de terrain. Ces classes sont ensuite échantillonnées sur l'image et la classification établie est étendue à l'ensemble de l'image sur la base des signatures spectrales des échantillons.

Dans cette étude, nous proposons d'établir les classes non plus par interprétation visuelle mais en nous référant à l'âge des formations végétales. Cette approche diffère sensiblement des approches "classiques" car elle ne prend en compte qu'une seule formation végétale, la mangrove. De fait, les indices habituellement utilisés pour caractériser la qualité de la classification ne sont pas applicables aux résultats obtenus.

Une fenêtre sur la zone Route de l'Anse - Brigandin a été extraite de la scène SPOT de 1997. Le contraste de l'image a ensuite été amélioré par linéarisation<sup>(44)</sup>. Un masque a été rajouté manuellement pour éliminer les formations de terre ferme ainsi que les zones nuageuses. Cette zone, en accréation depuis 1992 est visible sur les scènes de 1991, 1993 et 1997. Cette couverture multidates très rapprochée permet une datation précise des peuplements. Par ailleurs, la couverture assurée par la mosaïque de photographies aériennes de 1987 permet d'avoir un état zéro particulièrement précis de la zone.

Le "calage" de la fenêtre au sein du logiciel de traitement d'image IDRISI™ dans le même système de projection que celui des données cartographiées au sein du S.I.G. MapInfo™ a permis une localisation précise des limites des formations équiennes ([Figure 94](#)). Ceci nous a autorisé à établir des parcelles d'échantillonnage non plus en fonction de seuls critères visuels (couleur, texture...) mais, au sein d'une formation homogène, de définir des parcelles d'âges différents.

Ainsi, disposant de cartes montrant les limites de la végétation pour 8 années différentes (1951, 1955, 1966, 1976, 1987, 1991, 1993 et 1997) des échantillons dans chacune de ces classes ont été réalisés.

- Pour 1951, une zone a été identifiée sur l'Ouest de l'image. Il en est de même pour 1955 et 1966.

---

<sup>44</sup> La linéarisation consiste à définir les limites du spectre comportant l'information utile et à redistribuer les valeurs bornées sur l'ensemble des valeurs du spectre.

- Pour 1976, la zone était en phase d'érosion, il n'y a donc pas de formation qui se soit installée à cette époque.
- Pour 1987, la situation est la même que pour 1976 à ceci près que la phase d'érosion arrivait à son terme. Des peuplement résiduels déjà présents en 1951 mais fortement perturbés ont été échantillonnés et affectés à la " classe " 1987.
- Pour 1991, 2 faciès différents ont été identifiés dans les limites de la formation (classes 1991a et 1991b). Il en a été de même pour 1993.
- Enfin, 1 classe a été identifiée pour 1997.

Sur la base de ces parcelles d'échantillonnage, les différentes méthodes de " classification rigide " proposées par le logiciel IDRISI™ ([Annexe 12](#)) ont été testées. La méthode du " Maximum de vraisemblance " a donné les meilleurs résultats en termes de pourcentages de pixels classés ainsi qu'en termes de concordance de la classification avec les documents cartographiques.

L'image classée obtenue a été recalée sous MapInfo™ ([Figure 95](#)) afin d'être comparée aux limites de la mangrove aux différentes années disponibles.

Les limites de classes ainsi obtenues ont été cartographiées et comparées aux limites de formations issues de la " cartographie historique ". Les limites de classes correspondant aux limites de formations ont été considérées comme " Bien classées ". Dans le cas contraire, on a identifié avec quelle classe la confusion avait lieu. Les résultats obtenus sont résumés dans le [Tableau 11](#).

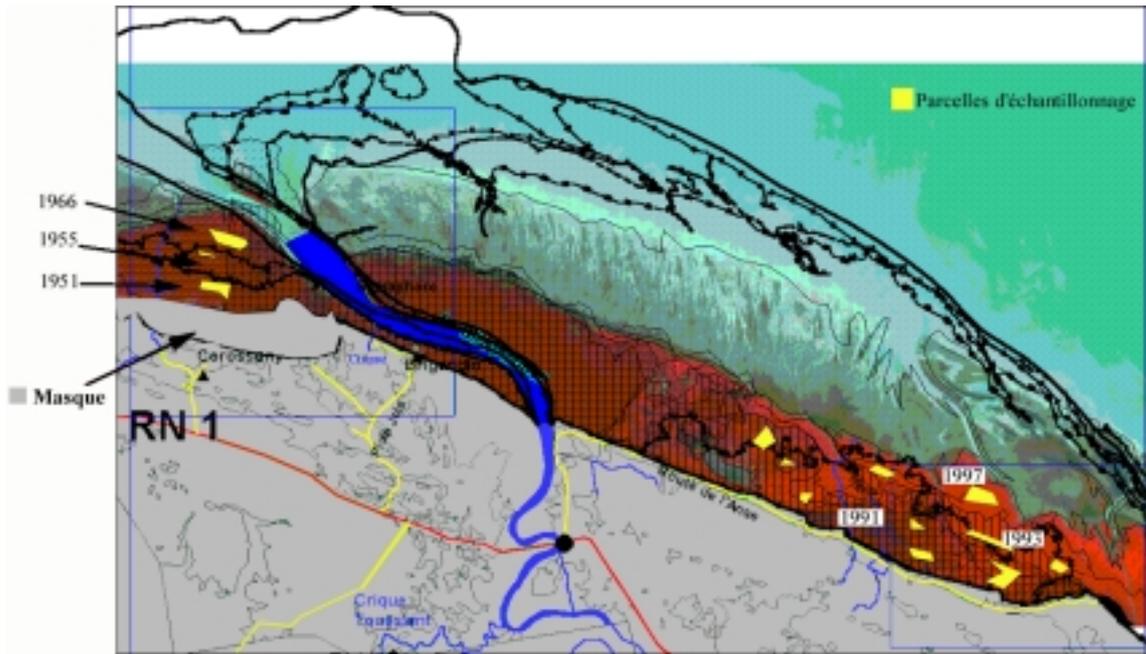


Figure 94 : Limites des peuplements visualisées sur la fenêtre SPOT linéarisée, recalée sous MapInfo™.

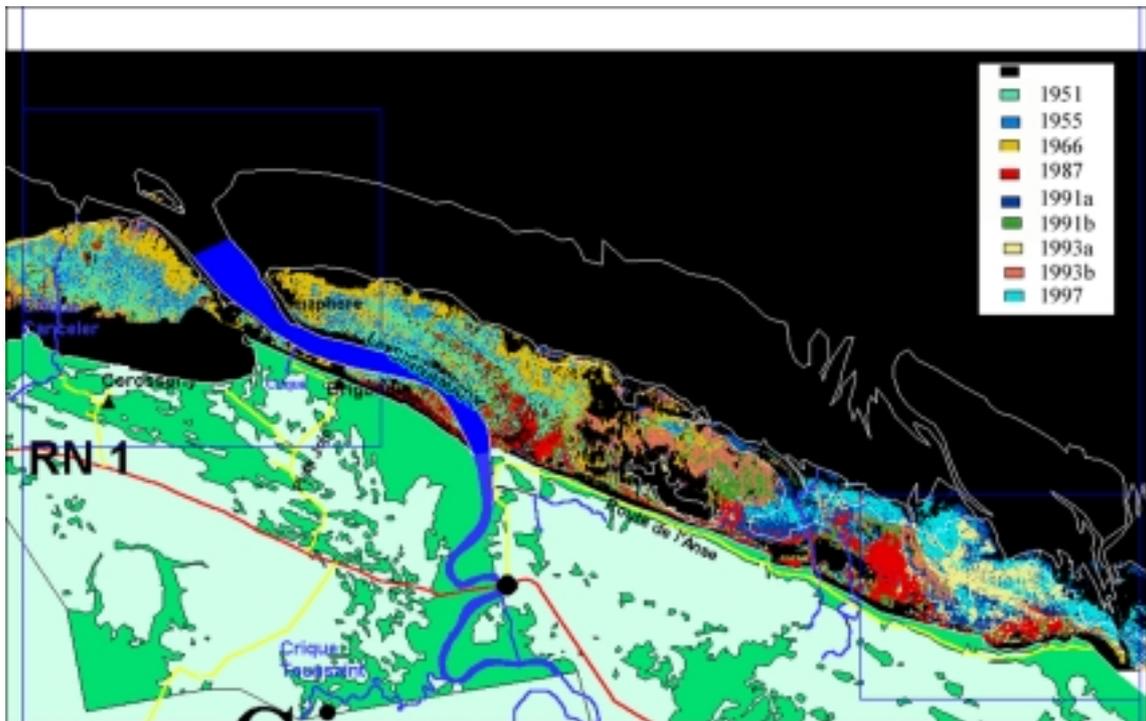


Figure 95 : Image classée recalée sous MapInfo™.

Tableau 11 : Surface occupée par la mangrove aux différentes dates et surface des classes testées (km<sup>2</sup>) sur la fenêtre d'étude. (les faciès d'une même année sont regroupées).

Année	Surface de mangrove (km <sup>2</sup> )	Modification (km <sup>2</sup> )	Classés en 1997 (km <sup>2</sup> )	Bien classés (km <sup>2</sup> )	Mal classés (km <sup>2</sup> )	% bien classé par rapport à la surface de base	% mal classé par rapport à la surface de base (année de confusion)
(1) 1951	99,76	-	5,272	3,785	1,487	10% <sup>45</sup>	4% - (2 ;3)
(2) 1955	127,6	+ 27,84	3,621	0,6987	2,9223	3% <sup>46</sup>	10% - (1 ;3)
(3) 1966	146,8	+ 19,2	7,04	1,298	5,742	7%	30% - (1 ;2)
(4) 1976	71,67	-75,13					
(5) 1987	37,08	-34,59					
(6) 1991	34,51	-2,57 / + 4,58 <sup>47</sup>	5,465	0,6088	4,8562	13%	106% - (1 ;3 ;7 ;8)
(7) 1993	46,31	+ 11,8	5,819	2,926	2,893	25%	25% - (6 ;8)
(8) 1997	54,83	+ 8,52	3,89	2,761	1,129	32%	13% - (6 ;7)

La première remarque que l'on peut faire sur le [Tableau 11](#) est la décroissance du pourcentage de pixels convenablement classés à mesure que l'on s'intéresse à des formations de plus en plus anciennes. Ce phénomène se prolonge malgré une augmentation importante de la superficie des peuplements anciens.

Globalement, sur les 54,83 km<sup>2</sup> de mangrove en 1997:

- 5,5 km<sup>2</sup> étaient masqués lors de la classification et n'ont pas été pris en compte
- 12,0775 km<sup>2</sup> ont été "bien classés" (24,5 % de la surface prise en compte)
- 19,0395 km<sup>2</sup> étaient "mal classés" (38,6 % de la surface prise en compte)

Les meilleurs résultats sont logiquement obtenus sur les formations les plus jeunes (1-4 ans) où les confusions se limitent aux formations issues de la même phase de colonisation. A 6 ans d'âge, la réponse spectrale de la formation commence à être confondue avec celle de formations appartenant à la phase de colonisation précédente (1951-1966).

En revanche, si les résultats sur les peuplements anciens semblent moins bons, lorsque l'on ne s'intéresse plus à leur âge mais à leur appartenance à une même phase sédimentaire, leurs pourcentages augmentent nettement puisque les confusions sont uniquement observées au sein de la même phase. Ainsi, on arrive à une classification de 53% de la surface prise en compte.

<sup>45</sup> 10 % = (" Pixels bien classés " / [surface de 1951 restant après la phase d'érosion = 37.08 (=> 1987)] ) x 100

<sup>46</sup> 3 % = (" Pixels bien classés " / [accroissement 1951-1955] ) x 100

<sup>47</sup> Gain sur la zone de la Route de l'Anse

Toutes ces confusions apparaissent donc dans les zones où la structure du peuplement s'éloigne de sa structure " normale ". La structure de la couverture végétale apparaît donc comme étant le facteur prédominant à la réponse spectrale. La classification des formations en fonction des limites d'âge des peuplements peut donc être un moyen d'identifier les faciès existant à l'échelle régionale. Elle permet également de planifier une campagne de terrain afin d'obtenir des données de structure tant sur les zones de confusion que sur les zones apparaissant bien classées.

Les problèmes de confusion observés portent sur :

- les zones dégradées soumises à l'érosion marine
- les abords de cours d'eau
- les zones en transformation (recolonisation par *Rhizophora* ou d'autres espèces).

Ce type d'approche permet d'une part d'optimiser la collecte des données dans un milieu aux conditions d'accès particulièrement difficiles et, d'autre part, d'affiner l'analyse du milieu par télédétection en fournissant des données terrain chiffrées directement corrélables aux résultats de photo-interprétation.

Ainsi, à l'heure actuelle (1997 - [Figure 96](#)), les classes jeunes (1991-1997) sont renseignées avec les parcelles de structure échantillonnées au niveau de la Plage de l'Anse (sites Anse 1 à 4). La classe de mangrove de type 1966 est caractérisée par les sites " Brigandin " et " Canceler 3 " ainsi que par des portions des Transects 2 à 4. La classe de mangrove de type 1955 est caractérisée par le site " Canceler 2 ". La classe de mangrove de type 1951 et la classe désignée 1987 (qui représente en fait un faciès résiduel dégradé de la classe 1951) ne sont pas caractérisées.

On peut donc proposer des valeurs de structure pour quelques classes identifiées à savoir pour les espèces de la voûte:

Classe	Espèce	Densité moyenne (tiges/ha)	Diamètre moyen (cm)	Hauteur moyenne (m)
<b>1991-97 :</b>	<i>Avicennia</i>	18325	3	3,8
	<i>Laguncularia</i>	900	2	3
	<i>Rhizophora</i>	150	<1	<1
	<b>Total:</b>	<b>19375</b>		
<b>1966 :</b>	<i>Avicennia</i>	166	62,6	25
	<i>Rhizophora</i>	216	25	20,4
	<b>Total:</b>	<b>382</b>		

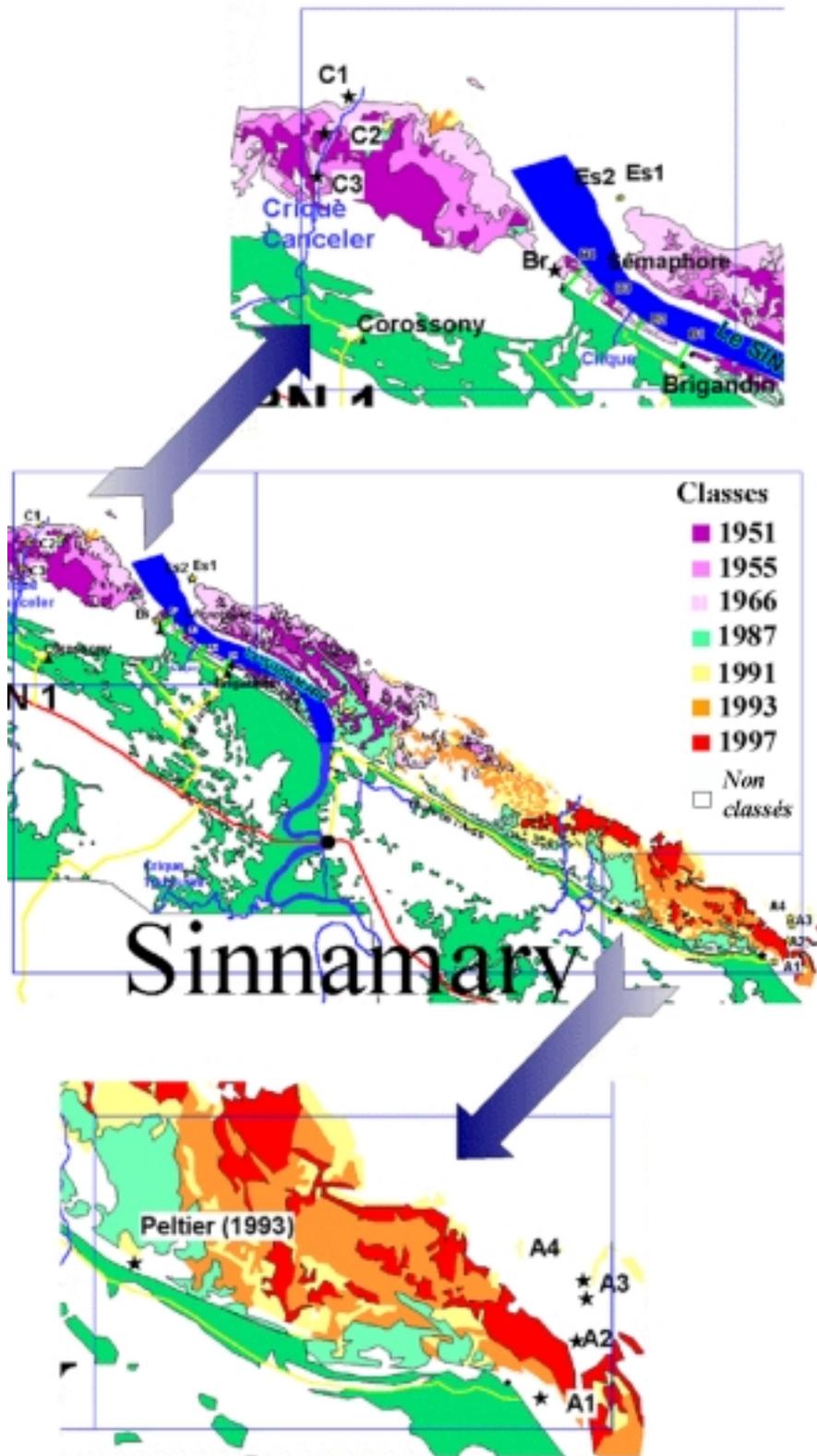


Figure 96 : Implantation des relevés dans les classes de mangrove.

La cartographie des limites de la mangrove sur la commune de Sinnamary à différentes époques (ou " cartographie historique ") a été utilisée de 2 manières différentes. La première a permis de proposer des datations pour les formations étudiées tandis que la seconde a autorisé la visualisation de la dynamique sédimentaire sur la zone d'étude.

Cette connaissance de l'histoire sédimentaire de la zone a permis de la relier à l'évolution des formations végétales sur une période de 50 ans.

Ainsi, la première phase d'accrétion pour laquelle nous ayons des données a eut lieu entre 1951 et 1966. Elle a vu l'installation d'une mangrove à *Avicenia* sur l'ensemble de la zone.

En 1976, une phase d'érosion lui succède et se poursuit jusque en 1991. Cette phase est caractérisée par un recul très important de la mangrove, en particulier sur la Route de l'Anse, et, formation de cimetières de mangrove à l'embouchure du Sinnamary, sur la rive gauche du fleuve au lieu-dit " Brigandin ".

Entre 1991 et 1993, une seconde phase d'accrétion débute. Elle bloque les processus érosifs sur la rive gauche du Sinnamary tandis qu'une mangrove pionnière s'installe sur la Route de l'Anse, développant une nouvelle mangrove à *Avicennia*.

Les cimetières de mangrove de " Brigandin " se cicatrisent rapidement à partir de *Rhizophora* spp. ayant survécu à la phase d'érosion ainsi qu'à partir d'espèces de forêt marécageuse véhiculées par le fleuve. En 1998, moins de 2 % de la zone comprise entre les Transects B1 et B4 apparaît sans couvert végétal.

Les cartes de répartitions spécifiques interpolées à partir des taux de recouvrement permettent de se faire une idée de la répartition des espèces, mettant en évidence les préférences écologiques et les foyers de dispersion.

L'analyse de répartition spécifique à l'échelle du transect met alors en évidence ces stratégies de colonisation du milieu.

Enfin, l'utilisation des données historiques dans la classification supervisée d'une image satellite a permis de mettre en évidence des faciès au sein formations paraissant homogènes.

## 3<sup>ème</sup> partie

### Synthèse - Conclusions - Perspectives

*" Mangrove ? Elle vit entre écologie et poésie. "*

A. Renau Ferrer, 21/12/1996



### III. Synthèse - Conclusions – Perspectives

Ces dernières années, le développement socio-économique de la Guyane a nécessité la mise en place de nombreux aménagements publics sur la zone littorale (Infrastructures routières, urbanisation, aménagements agricoles...). Si le barrage de Petit-Saut ne se situe pas sur cette zone littorale, son influence s'y fait néanmoins sentir.

Les écosystèmes tropicaux perturbés par ces aménagements étant mal connus, les problèmes d'impact sur l'environnement ont naturellement conduit les pouvoirs publics à solliciter les différents organismes scientifiques présents à des fins d'expertise.

S'appuyant sur une recherche fondamentale sur la dynamique côtière et l'évolution des mangroves, cette étude aide à répondre aux sollicitations des pouvoirs publics en contribuant à une meilleure connaissance de ces milieux inondables de la plaine côtière. La description de ces milieux à différentes échelles et la modélisation de leur évolution sont 2 préalables indispensables à la quantification de l'impact d'un aménagement sur ces milieux.

**La dynamique de transformation des mangroves maritimes de Guyane en forêt marécageuse peut se décomposer en 2 phases distinctes liées à la dynamique sédimentaire de la zone. La première phase concerne l'installation, le développement et la mort de la mangrove maritime. La seconde phase traite de la transformation de cette mangrove maritime en mangrove d'estuaire et en forêt marécageuse.**

**La première phase** débute avec l'arrivée d'un banc de vase sur les côtes de Guyane et l'établissement d'une mangrove pionnière. Entre 1951 et 1966, la phase d'accrétion a permis l'établissement de 47 km<sup>2</sup> de mangrove le long de 25 km de côtes s'étirant entre la fin de la route de l'Anse et la Crique Canceler. Sur cette même zone, l'accrétion a été de 25 km<sup>2</sup> entre 1991 et 1997.

Le substrat est constitué par des sédiments fins, de salinité comprise entre 36,5 et 38,5 g/l lorsqu'il est déposé et de pH 6,7 - 7. Lorsque l'accrétion a atteint un niveau suffisant pour permettre une exondation partielle, cela se traduit par un potentiel d'oxydo-réduction positif, une augmentation de la salinité de surface par évaporation de l'eau de mer pour atteindre des valeurs de l'ordre de 55 g/l.

Des plantules s'installent alors et constituent une mangrove pionnière. Cette mangrove se caractérise par une faible richesse spécifique avec moins de 4 espèces en moyenne dont 2 (*Avicennia germinans* & *Laguncularia racemosa*) dominant le peuplement et une forte densité (~ 30 000 individus / ha). Au bout de 3 à 5 ans, les plants d'*Avicennia germinans* surciment ceux de *Laguncularia racemosa* qui vont disparaître. Le peuplement n'est alors plus dominé que par *Avicennia germinans* qui conditionne à lui seul les paramètres structuraux de la formation. Le sous-bois s'enrichit progressivement de nouvelles espèces comme *Rhizophora* spp., *Acrostichum aureum* et *Rhabdadenia biflora* mais dont le développement reste limité. La salinité du substrat augmente jusqu'à des valeurs de 60 à 80 g/l sous l'effet conjugué de l'évaporation et de l'évapotranspiration du peuplement. Parallèlement, le peuplement tend à retenir activement les sédiments par le réseau racinaire ce qui rehausse le niveau du sol et contribue à son exondation. Cette exondation se traduit alors par une augmentation du potentiel d'oxydoréduction. A mesure que le peuplement gagne en maturité, le substrat tend à se rehausser et l'influence de la marée ne se fera plus sentir par submersion mais par infiltration depuis la nappe sous-jacente. L'influence des infiltrations d'eaux douces depuis le littoral se fait de plus en plus importante. Le chlorure de sodium présent dans le milieu tend à être lessivé alors que les phénomènes de concentration du sel liés à l'action excrétrice des *Avicennia* décroissent à mesure que la densité de cette population diminuera avec l'auto-éclaircie du peuplement. Parallèlement, la matière organique issue de la chute de litière est de moins en moins exportée en mer et s'accumule en surface. Elle s'additionne à la biomasse souterraine. Cette accumulation organique en milieu hypoxique induit une acidification du milieu avec des pH pouvant atteindre des valeurs très basses (valeur observée de pH=2,28).

Cette formation évolue avec la mort des *Avicennia*. Cette mort intervient le plus souvent lorsque le banc de vase se déplace, livrant ainsi le peuplement à l'action érosive des vagues. Selon le degré de l'attaque par l'érosion marine, la mangrove en place est alors complètement balayée ou transformée en " cimetière de mangrove " où subsistent les troncs morts des *Avicennia*. Si l'action érosive des vagues se poursuit, à terme, ce cimetière disparaît. Entre 1966 et 1991, sur la même zone comprise entre la fin de la Route de l'Anse et la crique Canceler, cette érosion a éliminé 112 km<sup>2</sup> de mangrove. Toutefois, il peut arriver qu'un nouveau banc de vase vienne s'installer et rétablisse la protection vis à vis de l'érosion marine. Ce cimetière peut alors se maintenir et *Rhizophora* spp., *Acrostichum aureum* et *Rhabdadenia biflora* profitent de l'ouverture du milieu suite à la mort des *Avicennia* pour le coloniser.

Selon les caractéristiques de la nouvelle dynamique sédimentaire, 2 alternatives se dégagent :

- Soit la **dynamique sédimentaire est importante** et le processus " boucle " sur une nouvelle mangrove maritime comme ce fut le cas sur la Route de l'Anse à partir de 1991.
- Soit la **dynamique sédimentaire est faible** (amortie par les reliquats sédimentaires précédents) et la deuxième phase peut se développer.

**La seconde phase** se développe donc à partir d'un cimetière de mangrove, en zone protégée de l'érosion marine, sous une dynamique sédimentaire faible. C'est le cas au niveau de Brigandin. Ainsi, profitant de conditions à nouveau stables et en l'absence d'un couvert d'*Avicennia*, de nouvelles espèces colonisent le milieu soit à partir d'individus résiduels qui jouent le rôle de semenciers, soit à partir d'un apport de propagules extérieur.

En fonction du degré d'inondation du sol et de la salinité du milieu, différentes espèces se développent. Ainsi, *Rhizophora racemosa* se développe dans les zones soumises à une inondation quasi permanente à partir des individus ayant survécu à la phase d'érosion. Cette recolonisation du milieu se fait dans des conditions d'autant plus favorables à cette espèce que l'inondation et la salinité limitent l'installation d'autres espèces. Les densités dans les zones en régénération peuvent atteindre plus de 83 000 tiges / ha.

*Rhabdadenia biflora* envahit les milieux ouverts même inondables par la marée dès lors qu'il peut trouver un support qui lui permettra de s'élever au dessus de l'eau. Enfin, *Acrostichum aureum* se développe en arrière mangrove, dans les zones suffisamment élevées pour être hors de l'influence des marées ordinaires.

Dans les milieux inondés à salinité plus faible, *Montrichardia arborescens* se développe, que ce soit en milieu ouvert ou sous couvert forestier. La densité atteint localement 250 000 tiges / ha. Lorsque le degré d'inondation décroît, *Pterocarpus officinalis* peut s'installer, essentiellement à partir d'un apport de propagules véhiculées par le fleuve. Sa répartition est limitée en aval par la salinité.

Sous la concurrence combinée de *Pterocarpus officinalis* et de *Montrichardia arborescens*, l'expansion de *R. racemosa* dans les zones peu salées est bloquée. A long terme, le peuplement peut évoluer en une forêt marécageuse.

Ces phénomènes de recolonisation du milieu sont rapides puisque en 1998, 80 % de la terre nue visible en 1996 a été revégétalisée.

Il apparaît donc clairement que la dynamique de transformation d'une mangrove en forêt marécageuse est intimement liée à la dynamique sédimentaire de la zone.

En ce qui concerne l'évolution des populations, la première difficulté réside dans l'évaluation de l'âge des individus considérés. Malgré l'existence de cernes dans le bois d'*Avicennia*, leur comptage ne permet pas d'établir leur âge (Peltier, 1993). La méthode de "cartographie historique" utilisée dans cette étude permet de proposer une estimation assez grossière de l'âge des formations. Bien que donnant de meilleurs résultats que l'analyse des cohortes, cette technique reste encore imprécise et limitée aux seules dates où une couverture cartographique existe par disponibilité de photographies aériennes ou d'images satellites. L'évolution du diamètre au cours du temps semble pouvoir donner une bonne idée de l'âge de l'individu. Cette méthode nécessite encore d'être affinée avec le suivi d'*Avicennia* et d'un nombre plus représentatif d'individus incluant notamment les individus de diamètres inférieurs à 10 cm.

Le second problème est ensuite de pouvoir inventorier dans des tranches d'âges plus variées afin de pouvoir préciser les modèles d'évolution des populations au cours du temps. Dans la mesure où l'alternance Erosion / Sédimentation ne permet que le développement de populations équiennes ce, sur une zone relativement importante, seule une extension de l'étude historique à une zone plus grande que celle envisagée ici pourrait permettre de localiser des peuplements d'*Avicennia* d'âges différents de ceux étudiés.

Concernant *Rhizophora* ou *Pterocarpus*, seule une étude à moyen / long terme incluant une étude de la régénération semble pouvoir apporter des éléments avec la précision requise suffisante pour la validation de tels modèles.

Complémentaire des études de terrain, le suivi de l'évolution des formations végétales par photographies aériennes s'est révélé être un outil performant. Avec une résolution supérieure aux capteurs satellites, ce type d'approche permet d'appréhender la végétation à une échelle suffisamment grande<sup>48</sup> pour permettre une typologie basée sur la structure du couvert végétal sur une zone de plusieurs hectares. Cette démarche a permis de quantifier de façon très précise l'évolution de la végétation sur le lieu-dit " Brigandin " au cours des 2 années de l'étude. Ce suivi quantitatif a été précisé qualitativement par l'exploitation des données de terrain. Le positionnement précis de ces données de terrain a par ailleurs autorisé une analyse de la répartition des différentes espèces.

---

<sup>48</sup> le mot échelle est employé ici dans son sens cartographique.

Lorsque l'on change d'échelle et que l'on passe à l'étude globale de la commune de Sinnamary, l'outil satellitaire devient rapidement indispensable. Toutefois, pour obtenir des informations historiques sur la dynamique de la zone, les photographies aériennes à petite échelle réalisées par l'I.G.N. ont été d'une aide précieuse. Cette information historique a également été utilisée comme une aide à la classification supervisée d'images satellites. Les résultats obtenus par cette méthode sont encourageants, mais toutefois limités par la variabilité naturelle des formations. Les classes obtenues sont caractérisées par la structure du peuplement, faisant apparaître des variations importantes dans des formations qui paraissaient homogènes sur l'image comme sur les photographies aériennes.

Sur la base des classes obtenues, la collecte de données dans les zones ainsi définies permettra de décrire ces formations en leur associant les caractéristiques structurales du peuplement qui pourront être étendues à l'ensemble de la zone.

### **Perspectives :**

Ce travail de thèse s'est attaché à caractériser la structure et la dynamique de ces écosystèmes encore mal connus. Ceci a été réalisé avec le souci de restituer des informations aussi complètes que possibles sur l'état du milieu à un moment donné, afin que ces travaux puissent servir par la suite dans la quantification de l'impact à long terme des activités industrielles sur ces écosystèmes. Sans que cette description soit exhaustive, nous avons néanmoins pu donner les caractéristiques structurales et géochimiques des écosystèmes étudiés sous une forme spatialisée, ainsi que des outils mathématiques susceptibles de prévoir l'évolution de ces écosystèmes dans le temps. Toutefois, il est clair que ces outils ont besoin d'être affinés par un échantillonnage plus homogène dans les différentes classes d'âges.

Un développement des recherches dans cette voie passera nécessairement par une extension des dispositifs expérimentaux et une multiplication des mesures de terrain. L'expérience acquise tant en termes de connaissance du milieu que sur les techniques expérimentales permet d'envisager l'optimisation sensible des campagnes de terrain et de l'instrumentation des sites.

On notera également que la somme de données disponibles sous la forme d'une cartographie précise des différents individus sur les transects laisse la possibilité de multiples analyses de répartition intraspécifiques (proximité entre individus, zones d'exclusion, distance de

propagation) comme interspécifiques (covariations) qui n'ont pas été abordées dans cette thèse.

En ce qui concerne l'utilisation ultérieure des dispositifs expérimentaux permanents (Transects) mis en place lors de cette étude dans le cadre d'un suivi à long terme, la mission de novembre 1998 a mis en évidence le problème de la localisation des limites des transects. En effet, sans entretien pendant près de 1 an, le milieu s'est fermé, ces limites se sont estompées, la cordelette utilisée pour matérialiser ces limites s'étant rompue ou étant masquée à de nombreux endroits. Donc, malgré une localisation précise de ces transects en longitude et latitude, ainsi que l'existence d'indices (résidus de cordelette, traces de coupes, rubans dendromètres sur certains arbres), l'utilisation de ces dispositifs semble délicate pour toute personne n'y ayant jamais travaillé. Toutefois, cette même mission de 1998 nous a permis de constater la robustesse des rubans dendromètres dans un milieu pourtant difficile (humidité, salinité ambiante). En outre, leur cartographie précise et leur numérotation facilite leur localisation au sein des transects. Donc, si le problème de retour sur les transects peut être résolu (par utilisation d'un GPS<sup>49</sup> différentiel et/ou accompagnement par une personne ayant travaillé sur les sites), ces rubans dendromètres seront utilisables.

Un suivi sur les parcelles comparatives ne pose pas ces problèmes dans la mesure où elles ont été établies dans des milieux homogènes et caractéristiques. A défaut de pouvoir retrouver exactement ces parcelles, les techniques actuelles de positionnement par satellite permettent de s'en approcher suffisamment (50 à 100 m selon les performances du GPS) pour être dans une formation similaire.

Enfin, il faut remarquer que les formations pures de forêt marécageuse à *Pterocarpus officinalis* n'ont pas été étudiées dans ce travail. Leur caractérisation reste encore à faire.

Des perspectives de recherches intéressantes se dégagent à l'issue de ce travail :

- Les relations sol-végétation notamment au niveau du bilan des cations pour comprendre l'origine de l'opposition observée entre mangrove maritime et milieu estuarien.
- Les phytomasses spécifiques (*Rhizophora*, *Pterocarpus*...) pour l'évaluation du stock carboné dans ces formations.

---

<sup>49</sup> GPS: Global Positioning System / Système de positionnement par satellite.

- La corrélation télédétection – mesures de terrain notamment en précisant les caractéristiques des classes obtenues par classification supervisée sur la base des données historiques.

**Les écosystèmes côtiers de la Guyane sont encore préservés face à la pression anthropique. Toutefois, le développement économique, la pression démographique et la montée en puissance des activités industrielles modifieront à terme ce paysage. En prévision de la demande sociale qui se manifeste déjà, il est important de pouvoir proposer une base de connaissance solide aux différents acteurs de l'aménagement du territoire afin que celui-ci puisse se faire dans les meilleures conditions pour assurer la préservation de notre patrimoine naturel.**



## **BIBLIOGRAPHIE**



- Ajtay G.L., P. Ketner and P. Duvignaud - **1979** - Terrestrial primary production and phytomass. In : B. Bolin, E.T. Degens, S. Kempe and P. Ketner (Eds.), *The Global Carbon Cycle, SCOPE 13, John Wiley and Sons, New York, N.Y.*, pp. 129-182.
- Allais C. - **1994** - Un barrage sous haute surveillance. *Nature - Sciences - Sociétés - Vol.2, N°2: pp. 156-158*
- Allen G.P., P. Castaing et J.C. Salomon - **1982** - Effets de la marée sur les mouvements de l'eau et des sédiments dans les estuaires. *Mémoires de la Société Géologique de France - N°144: pp. 5-16*
- Allison M.A., C.A. Nittrouer and G.C. Kineke - **1995a** - Seasonal sediment storage on mudflat adjacent to the Amazon River. *Marine Geology - N°125: pp. 303-328*
- Allison M.A., C.A. Nittrouer and L.E.C. Faria Jr. - **1995b** - Rates and mechanisms of shoreface progradation and retreat downdrift of the Amazon River mouth. *Marine Geology - N°125: pp. 373-392*
- Allison M.A., C.A. Nittrouer, G.C. Kineke and R.W. Sternberg - **1994** - Use of an Instrumented Tripod System to examine Sediment Dynamics and Fine-scale Strata formation in Muddy Surfzone and Nearshore environments. *Journal of Coastal Research - Vol. 10, N°2: pp. 488-496*
- Allison M.A., C.A. Nittrouer, L.E.C. Faria Jr., O.M. Silveira and A.C. Mendes - **1996** - Sources and sinks of sediments to the Amazon margin: the Amapa coast. *Geo-Marine letters - N°16: pp. 36-40*
- A.N.P.E. - **1996** - Protocole d'études sur la protection et la mise en valeur des ressources aquacoles des mangroves de la Guadeloupe. *Association "Aprodécarm" - 14 p.*
- Audige M. - **1986** - Estuaire du Mahury. *Le littoral Guyanais. Fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. X<sup>e</sup> colloque SEPANRIT. Cayenne 1985: pp. 25-30*
- Augustinus P.G.E.F. - **1978** - The changing shoreline of Surinam. *Thesis; Found. for Sci. Res. in Surinam and Neth. Antilles; Zool. Lab. Utrecht - 232 p.*
- Augustinus P.G.E.F. - **1983a** - Coastal changes in Suriname recorded on aerial photographs. *K.N.A.G. Geogr. Tijds. XVIII - Vol. 4: pp. 216-221*

- Augustinus P.G.E.F. - **1983b** - Coastal changes in Suriname since 1948. In: *D.Bekkers and H.Ehrenburg (Eds.), Proc. Congr. Future of Roads and Rivers in Suriname and Neighbouring Regions; Delft Univ. Technol.: pp. 329-338*
- Augustinus P.G.E.F. - **1987** - The geomorphological development of the coast of Guyana between the Corentyne River and the Essequibo River. In: *V.Gardiner (Ed.) Intern. Geomorphology: pp. 1281-1292.*
- Augustinus P.G.E.F., Mees R.P.R. & J.S.L.J. Van Alphen - **1984** - Behaviour of the coastline between the Essequibo and the Corentyne Rivers (Guyana) since 1974. In: *J. Stuip (Ed.); Delft University of Technology; Report Lab. Of Physical Geography; 42 p.*
- Bacon P.R. - **1990** - Ecology and management of swamp forests in the guianas and the Caribbean region. In: *"Ecosystem of the World". Elsevier; Amsterdam: pp. 213-250*
- Bacon P.R. & G.P. Alleng - **1992** - The management of insular Caribbean mangroves in relation to site location and community type. *Hydrobiologia: (The Hague) - Vol.247: pp. 235-241*
- Baharuddin Nurkin - **1994** - Degradation of mangrove forest in south Sulawesi, Indonesia. *Hydrobiologia: (The Hague) - Vol.285, N°1-3: pp. 271-276*
- Balland P. - **1996** - Le barrage de Petit Saut en Guyane: Conséquences au plan de l'environnement. *Bulletin du conseil général du GREF - N°46: pp. 9-21*
- Baltzer F. - **1975** - Solution of silica and formation of quartz and smectite in mangrove swamps and adjacent hypersaline marsh environments. *Proceedings of the international symposium on biology and management of mangroves. Gainesville; University of Florida: pp. 482-498*
- Baltzer F. - **1982** - Géodynamique de la sédimentation et diagenèse précoce en domaine ultrabasique – Nouvelle-Calédonie. *Ed. de l'ORSTOM - N° 152, 298 p.*
- Baltzer F., O. Conchon, P. Freytet et B.H. Purser - **1982** - Un complexe fluvio-deltaïque sursalé et son contexte: originalité du Mehran (SE Iran). *Mémoires de la Société Géologique Française; N.S. - N°144: pp. 43-52*
- Baltzer F., F. Kenig, R. Boichard, J.C. Plaziat and B.H. Pursher - **1994** - Organic matter distribution, water circulation and dolomitization beneath the Abu Dhabi Sabkha (United Arab Emirates). *Special Publication of the International Association of Sedimentologists.- N°21: pp. 409-427*

- Baltzer F., J.C. Plaziat, M-T. Prost and J.P. Rudant - **1995** - Long term effects of seasonal changes on geochemical properties of sediments in mangrove-swamps under an equatorial climate, in French Guiana. *Workshop ECOLAB 95; MPEG; Belem, Para, Brésil. Expanded abstracts: pp. 51-54.*
- Betoulle J.L. - **1998** - Variations spatio-temporelles de la production de litière et des apports en éléments minéraux dans cinq faciès d'une mangrove en Guyane française. *Thèse ; Université Paul Sabatier, Toulouse III ; 168 p.*
- Betoulle J.L., H. Puig and F. Fromard - **1995** - Typology of estuarine mangrove: floristic and structural aspects (Crique Fouillée, French Guiana). *Workshop ECOLAB 95; MPEG; Belem, Para, Brésil. Expanded abstracts: pp. 12-14*
- Blasco F. - **1975** - Les mangroves de l'Inde. *Institut français de Pondichéry; Travaux de la section scientifique et technique - Vol.14, N°1: 175 p.*
- Blasco F. - **1991** - Les mangroves. *La Recherche - N°231: pp. 444-453*
- Bousquet-Melou A. - **1996** - Biosystématique des palétuviers du genre *Avicennia* : recherche de nouveaux marqueurs taxonomiques. *Thèse ; Université Paul Sabatier, Toulouse III ; 236 p.*
- Boyé M. - **1962** - Les palétuviers du littoral de la Guyane Française: ressources et problèmes d'exploitation. *Les cahiers d'Outremer; XV: pp. 271-290*
- Cadamuro L. - **1995** - Caractérisation et dynamique des savanes de Guyane Française. *Université Toulouse le Mirail; Rapport de stage de DEA; 47 p. + Annexes*
- Cahoon D.R. and J.C. Lynch - **1997** - Vertical accretion and shallow subsidence in a mangrove forest of southwestern Florida, USA. *Mangroves and Salt Marshes - Vol.1, N°3: pp. 173-186*
- Chapman V.J. - **1976** - Mangrove Vegetation. *J. Cramer; Leutershausen; 447 p.*
- Chessel D. et Dolédec S. - **1994** - Analyses multivariées et expression graphique des données environnementales. *Version 4, URA CNRS 1451, Université Claude Bernard, Lyon.*
- Chong V.C., Sasekumar A. and E. Wolanski - **1996** - The role of mangroves in retaining penaeid prawn larvae in Klang Strait, Malaysia. *Mangroves and salt marshes - Vol. 1, N°1: pp. 11-22*

- Cintrôn G. and Y. Schaeffer-Novelli - **1984** - Methods for studying mangrove structure. *In: Snedaker S. and M. Snedaker (Eds.) "The mangrove ecosystem: research methods."; UNESCO; Paris: pp. 91-113*
- Clark M.W., D. McConchie, D.W. Lewis and P. Saenger - **1998** - Redox stratification and heavy metal partitioning in *Avicennia*-dominated mangrove sediments: a geochemical model. *Chemical Geology - N°149: pp. 147-171*
- Condé M. - **1989** - Traversée de la mangrove. *Folio ; 251 p.*
- Cremers G. - **1990** - Petite flore illustrée : les savanes côtières. *Nature Guyanaise, Multigraphié ORSTOM, Cayenne, 144 p.*
- Crisan P.A. - **1981** - Flore de la mangrove: Les phanérogames. *Parc Naturel de Guadeloupe; 182 p.*
- Crisse & Goupil - **1991** - L'épée de cristal: la main de la mangrove. *Ed. Vents d'Ouest ;48p.*
- C.T.F.T. - **1972** - Mangroves de Guyane: Reconnaissance rapide. *Centre Technique Forestier Tropical; Nogent sur Marne; 61p + Annexes*
- Delmas J.R. - **1973** - Les mangroves de Guyane: Etude technico-économique. *E.C.P. 67 p.*
- Demagny B., D. Rocchy et P. de Montaignac de Chauvance - **1974** - Les mangroves de Guadeloupe. *O.N.F. / A.D.E.E.A.R.; 73 p.*
- Descoings, B. - **1987** - Structure et écologie de quelques formations herbeuses de Guyane Française. *Bulletin de la Société. Linnéenne de Lyon, tome 56, fasc. 9: pp. 280-291*
- Duchaufour P. - **1997** - Abrégé de Pédologie: Sol, végétation, environnement. *Masson; 5° Ed. 291p.*
- Eisma D. - **1988** - Dispersal of Amazon Supplied Particulate Matter. *Abstracts of the Chapman Conference on the fate of particulate and dissolved components within the Amazon Dispersal System; River and Ocean. Wild Dunes. USA.*
- Eisma D. and H.W. Van Der Marel - **1971** - Marine muds along the Guiana Coast and their origin from the Amazon Basin. *Contrib. to Minerl. Petrol.- Vol. 31: pp.321-334*
- Eisma D., Augustinus P.G.E.F. and C.R. Alexander - **1991** - Recent and subrecent changes in the dispersion of Amazon mud. *Neth. J. Sea Res. - N° 28: pp.181-192*
- Fanshawe D.B. - **1952** - The vegetation of British Guiana. A preliminary review. *Imperial Forestry Institute; University of Oxford; Oxford - 96 p.*

- Farnsworth E.J. and A.M. Ellison - **1997** - The global conservation status of mangrove. *Ambio*; Vol.26, N°6: pp. 328-334
- Favrichon, V. - **1995** - Modèle matriciel déterministe en temps discret : application à l'étude de la dynamique d'un peuplement forestier tropical humide (Guyane française). *Thèse. Université Claude Bernard - Lyon 1*; 252 p.
- Fournet J. - **1978** - Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique. *INRA, Paris* ; 1654 p.
- France R. - **1998** - Estimating the assimilation of mangrove detritus by fiddler crabs in Laguna Joyuda, Puerto Rico, using dual stable isotopes. *Journal of Tropical Ecology* N°14: pp. 413-425
- Froidefond J.M., M. Pujos & X. André - **1988** - Migration of mud banks and changing coastline in French Guiana. *Marine Geology*; N° 84: pp. 19-30
- Fromard F., H. Puig, E. Mougin, G. Marty J .L. Betoulle and L. Cadamuro - **1998** - Structure and above-ground biomass of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia* N°115: pp. 39-53
- Frontier S. et D. Pichod-Viale - **1995** - Ecosystèmes : Structure – Fonctionnement – Evolution. *Masson, Collection d'Ecologie* N°21, 2<sup>e</sup> édition, Paris, 447 p.
- Furukawa K. and E. Wolanski - **1996** - Sedimentation in the mangrove forests. *Mangroves and salt marshes. Vol. 1, N°1*: pp. 3-10
- Furukawa K., Wolanski E. and H. Mueller - **1996** - Currents and sediment transport in the mangrove forests. *Estuarine Coastal and Shelf Science* N°44: pp. 301- 310
- Gazel M. - **1983** - Croissance des arbres et productivité des peuplements en forêt dense équatoriale de Guyane ; *Rapport ONF* : 302 p.
- Gojard L. - **1998** - Caractérisation de la Matière Organique des sédiments de mangrove de Sinnamary (Guyane Française) et de son évolution diagénétique à court terme (50 ans). *Université d'Orléans; Rapport de stage de DEA*; 59 p. + Annexes
- Granville J.J. (De) - **1969** - Aperçu sur la structure des pneumatophores de 2 espèces sur sols hydromorphes : *Mauritia flexuosa* L. et *Euterpe oleracea* Mart. (Palmae). Généralisation au système respiratoire d'autres Palmiers; *Cahiers ORSTOM , Série Biologie*, N°23 : pp. 3-22

- Granville J.J. (De) - **1979** - Végétation. *Planches 12 et 13. Atlas des départements français d'outre mer; IV. La Guyane. CNRS-ORSTOM*
- Granville J.J. (De) - **1986a** - Les formations végétales de la bande côtière de la Guyane française. *Le littoral Guyanais. Fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. X<sup>e</sup> colloque SEPANRIT. Cayenne 1985: pp. 47-63*
- Granville J.J. (De) - **1986b** - Flore et Végétation. *Saga - La Documentation Guyanaise; 32 p.*
- Granville J.J. (De) - **1989** - Les palmiers de la Guyane française. *Bois et Forêts des Tropiques; N°220: pp. 43-54*
- Granville J.J. (De) - **1998a** - La flore de Guyane. *Le courrier de la nature ; Spécial Guyane, SNPN, Paris, N° 168, pp.4-6*
- Granville J.J. (De) - **1998b** - Flore Guyanaise : Les palmiers. *Le courrier de la nature ; Spécial Guyane, SNPN, Paris, N° 168, pp.12*
- Granville J.J. (De), G. Cremers, M. Hoff, J. Lescure et O. Tostain - **1993** - Les zones humides de Guyane; *Numéro Spécial Nature Guyanaise. 16 p.*
- Hallé F., R.A.A. Oldeman and P.B. Tomlinson - **1978** - Tropical Trees and Forests : An Architectural Analysis. *Berlin; Springer-Verlag; 441 p.*
- Herwitz Stanley R., Robert E. Slye and Stephen M. Turton - **1998** - Co-registered aerial stereopairs from low-flying aircraft for the analysis of long-term tropical rainforest canopy dynamics. *Photogrammetric Engineering & remote sensing Vol.64, N°5: pp. 397-405*
- Hollins S. and P.V. Ridd - **1997** - Evaporation over a tropical tidal flat. *Mangroves and Salt Marshes; Vol.1, N°2: pp.95-102*
- Horeau V., P. Cerdan, A. Champeau et S. Richard - **1996** - Importance des apports exogènes dans le régime alimentaire de quelques poissons de "criques" du bassin versant du Sinnamary (Guyane Française); *Revue Ecologique (Terre et vie); Vol.51: pp. 29-41*
- Hook, J. - **1971** - Les savanes Guyanaises: Kourou - Essai de phytoécologie numérique. *Mémoire ORSTOM N°44, Paris, France: 251 p.*
- Imbert D. - **1985** - Organisation spatio-temporelle des communautés végétales dans la mangrove du Grand Cul-de-Sac Marin (Guadeloupe). ; *Thèse ; Université des Sciences et Techniques du Languedoc ; Montpellier; 151 p.*

- Imbert D., F. Bland et F. Russier - **1988** - Les milieux humides du littoral Guadeloupéen. *ONF Guadeloupe*; 61 p.
- Kermarrec A. et B. Salvat - **1978** - Mangroves et zone côtière: La mangrove de Guadeloupe et sa zone côtière - Antilles Françaises. *D.G.R.S.T. Comité Gestion des Ressources Naturelles Renouvelables; Bulletin de liaison du groupe de travail; N°3*; 61 p.
- Koyro H.W., L. Wegmann, H. Lehmann and H. Lieth - **1997** - Physiological mechanisms and morphological adaptation of *Laguncularia racemosa* to high NaCl Salinity. *International Conference on "Water management, salinity and pollution control towards sustainable irrigation in the Mediterranean region" Special session " Salinity problems and halophyte use "*. Istituto Agronomico Mediterraneo Valenzano - Bari, Italy, 22-26 September 1997: pp. 51-78
- Ledoux H. - **1991** - La méthode de DIGGLE: Méthode "affinée" des plus proches voisins. *Séminaire Montpellier 9-11 Septembre 1991; Répartitions spatiales : méthodologies et traitements statistiques*; 14 p.
- Lee M.S. - **1997** - Mangroves of China: a brief review. *Forest Ecology and Management*; N°96: pp. 241-259
- Legendre L. & P. Legendre - **1984** - Ecologie numérique - tome 2 : La structure des données écologiques. *Collection d'écologie, Masson, Paris, Presses de l'Université du Québec*, 335 p.
- Lescure J.P. - **1977** - La mangrove guyanaise: architecture des jeunes stades et vie avienne. *Cahiers ORSTOM; série Biologie; Vol.12; N°4*: pp. 361-376
- Lescure J.P. & Tostain O. - **1989** - Les mangroves guyanaises. *Bois et Forêts des Tropiques ; N°220*: pp. 35-42
- Lindeman JC. - **1953** - The vegetation of the coastal region of Suriname. *In: De Huslster IA. et al., "The vegetation of Suriname."; Van Eedenfonds; Amsterdam; Netherlands; Vol.1, Tome 1*: pp. 1-135
- Little E., Woodbury R.O. & F.H. Wadsworth - **1974** - Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Washington (US), US Department of Agriculture*, 1024 p.
- Lointier M. - **1984** - Dynamique des eaux et de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary. *Rapport ORSTOM-EDF*, 39 p. + Figures

- Lointier M. - **1986** - Hydrodynamique et morphologie de l'estuaire du fleuve Sinnamary (Guyane Française). *Le littoral Guyanais. Fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. X<sup>e</sup> colloque SEPANRIT. Cayenne 1985: pp. 37-44*
- Lointier M. - **1990** - Evolution de la qualité des eaux et dynamique de l'intrusion saline dans l'estuaire du Sinnamary. *Rapport ORSTOM-EDF, 43 p.*
- Lointier M. - **1996** - Hydrologie des zones humides tropicales : apports de l'information spatialisée aux problèmes de gestion intégrée – Applications en Guyane.; *Thèse ; Université Pierre et Marie Curie ; Paris VI ; 231 p.*
- Lugo A.E, S. Brown and M.M. Brinson - **1990** - Concepts in wetland ecology - In: *"Ecosystem of the World". Elsevier; Amsterdam: pp.53-85*
- Marshall N. - **1994** - Mangrove conservation in relation to overall environmental considerations. *Hydrobiologia: (The Hague); Vol.285, N°1-3: pp.303-309*
- Martius C.F.P. (De), A.G. Eichler, M.T. Masters, F. Hegelmaier & E. Warming - **1841-1900** - Flora Brasiliensis: enumeratio plantarum in Brasilia hactenus detectarum quas suis aliorumque botanicorum studiis descriptas et methodo naturali digestas partim icône illustratas. *Reprint en 1965 par Verlag von J. Cramer. 3 Tomes; 1728 p.*
- Matsui N. - **1998** - Estimated stocks of organic carbon in mangrove roots and sediments in Hinchinbrook Channel, Australia. *Mangroves and Salt Marshes; Vol.2, N°4: pp.199-204*
- Mazda Y., M. Magi, M. Kogo and P.N. Hong - **1997a** - Mangroves as coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam; *Mangroves and Salt Marshes; Vol.1, N°2: pp.127-135*
- Mazda Y., E. Wolanski, B. King, A. Sase, D. Ohtsuka and M. Magi - **1997b** - Drag force due to vegetation in mangrove swamps. *Mangroves and Salt Marshes; Vol.1, N°3: pp. 193-199*
- Mol J.H.A. - **1993** - Structure and function of floating bubble nests of three armoured catfishes (Callichthyidae) in relation to the aquatic environment. In: *P.E. Ouboter (Ed.) "Freshwater Ecosystems of Suriname". Kluwer Academic Publishers; The Netherlands; pp. 167-197.*
- Montagut M. - **1981** - La mangrove Guyanaise. *CRDP des Antilles et de la Guyane. 31 p.*

- Moss B. - **1988** - Ecology of Fresh Waters: Man and Medium; *Blackwell Science Ltd; Oxford; England; Second edition; 417 p.*
- Nivelet S. - **1998** - Dynamique de transformation d'une mangrove en forêt marécageuse, Sinnamary, Guyane Française. *Université Toulouse le Mirail; Rapport de stage de DEA; 48 p. + Annexes*
- Othman M.A. - **1994** - Value of mangroves in coastal protection. *Hydrobiologia: (The Hague); Vol.285, N°1-3: pp.277-282*
- Ouboter P.E. & J.H.A. Mol - **1993** - The herpetofauna of floating meadows. In: P.E. Ouboter (Ed.) "*Freshwater Ecosystems of Suriname*". *Kluwer Academic Publishers; The Netherlands: pp.199-213*
- ORSTOM - **1979** - Atlas des DOM-TOM : IV- La Guyane. *ORSTOM, Paris.*
- Pavé A. - **1994** - Un barrage sous haute surveillance. *Nature - Sciences - Sociétés; Vol.2, N°2: pp. 159-160*
- Peltier A. - **1993** - Caractérisation et dynamique des mangroves de Guyane Française. *ENS - Paris VI; Rapport de stage de DEA; 39 p. + Annexes*
- Perrussel B-P. - **1996** - Evolution diagénétique de sédiments de marais maritimes actuels sous climat tropical (mangrove de Guadeloupe). *Université d'Orléans ; Rapport de stage de DEA; 63 p. + Annexes*
- Plaziat, J.C., M.T. Prost, F. Baltzer and J.P. Rudan - **1994** - Specificities of exposed shoreline mangals in French Guiana. *14<sup>th</sup> Internatinoal Sedimentological Congress. Recife, Brazil August 20-26. Abstracts pp. D69-D70.*
- Pool D.J., S.C., Snedaker and A.E. Lugo - **1977** - Structure of mangrove forests in Florida, Puerto Rico, Mexico, and Costa Rica. *Biotropica; Vol.9, N°3: pp. 195-212*
- Portecop J. - **1980** - Les mangroves de Guadeloupe. *CNDP - CDDP Guadeloupe; 55 p.*
- Prévost M-F. et Puig H. - **1981** - Accroissement diamétral des arbres de Guyane : observations sur quelques arbres de forêt primaire et de forêt secondaire. ; *Adansonia, 2 : pp. 149-171*
- Prost M-T. - **1986** - Morphologie et dynamique côtières dans la région de Mana. *Le littoral Guyanais. Fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. X<sup>e</sup> colloque SEPANRIT. Cayenne 1985: pp. 31-36*

- Prost M-T. - **1988** - Notes sur l'envasement des côtes des Guyanes. *Journal du CNES, Juillet 1988: pp. 16-17*
- Prost M-T. - **1990** - Les côtes des Guyanes. *Rapport Centre Orstom Cayenne; Programme Environnement Côtier, Géomorphologie, Sédimentologie; 213 p.*
- Prost M-T. - **1993** - La mangrove des côtes de Guyane : connaissance et suivi de ses mouvements ; *Atelier Silvolab ; Cayenne*
- Prost M-T. et C. Charron - **1992** - L'érosion côtière en Guyane. In "*Coastal Protection: International Experiences and Prospect*". *Special Issue of the Cahiers Nantais. Ed. A. MIOSSEC. Université de Nantes. France.*
- Prost M-T., Lointier M. et Panatier G. - **1989** - L'envasement des côtes de Guyane. *Nature Guyanaise; Sepanguy, Cayenne Mars 89; France: 25-32*
- Puig H. et Prévost M-F. - **1986** - Périodicité de l'accroissement chez quelques arbres de Guyane. ; *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, série A, tome 132 : pp. 149-171*
- Rasolofo M.V. - **1997** - Use of mangrove by traditional fishermen in Madagascar. *Mangroves and Salt Marshes; Vol.1, N°4: pp. 243-253*
- Ricci JP. - **1989** - Les pinotières. *Bois et Forêts des Tropiques; N° 220: pp. 55-63*
- Ripoll M. - **1996** - Structure et évolution spatiale de l'écotone Mangrove – Forêt marécageuse dans le bassin du Sinnamary (Guyane Française). *Université Toulouse le Mirail; Rapport de stage de DEA; 59 p. + Annexes*
- Ripley, B.D. - **1976** - The second-order analysis of stationary point processes. *Journal of Applied Probability. N°13: pp. 255-266*
- Roche M.A., Dubreuil P. & M. Hoepffner - **1974** - Dynamique des eaux, des sels et des sédiments en suspension des estuaires du Mahury et de l'Approuague. *ORSTOM Cayenne; 80 p.*
- Rojas-Beltran R. - **1986** - Rôle de la mangrove comme nourricerie de crustacés et de poissons en Guyane. *Le littoral Guyanais. Fragilité de l'environnement. Nature Guyanaise. X<sup>e</sup> colloque SEPANRIT. Cayenne 1985: pp. 97-110*
- Rouanet, H. & Le Roux, B. - **1993** - Analyse des données multidimensionnelles. *Dunod, Paris. 310 p.*

- Roux A. - **1994** - Un barrage sous haute surveillance. *Nature - Sciences - Sociétés*; Vol.2, N°2: pp. 160-161
- Saad S., M. Lokman Husain, R. Yaacob & T. Asano - **1999** - Sediment accretion and variability of sedimentological characteristics of a tropical estuarine mangrove: Kemaman, Terengganu, Malaysia. *Mangroves and Salt Marshes*; Vol.3, N°1: pp.51-58
- Saenger P. - **1996** - Ecology of Mangroves of Port Curtis: Regional biogeography, productivity and demography. in: *Mangroves - A resource under threat. ?* : pp.23-36
- Saenger P. & M.F. Bellan - **1995** - Les mangroves de la côte atlantique d'Afrique. *L.E.T. (UMR 9964)*; Toulouse; 96 p.
- Sam R. and P. Ridd - **1998** - Spatial variations of groundwater salinity in a mangrove-salt system, Cocoa Creek, Australia. *Mangroves and Salt Marshes*; Vol.2; N°3: pp.121-132
- Schnell R. - **1963** - Aperçu préliminaire sur la phytogéographie de la Guyane. *Adansonia*; Tome V, Fasc.3: pp. 309-355
- Schnell R. - **1967** - Problèmes biogéographiques comparés de l'Hylea amazonienne et de la forêt dense tropicale d'Afrique. *Atlas do simpósio a biota Amazônica, Vol.4 (Botânica)*: pp. 229-239
- Smith S.M. and S.C. Snedaker - **1995** - Salinity responses in two populations of viviparous *Rhizophora mangle* L. seedlings. *Biotropica*, Vol. 27, N°4: pp. 435-440
- Spalding M.D., F. Blasco and C.D. Field (Eds.) - **1997** - World Mangrove Atlas. *The international Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japan*, 178 pp.
- Sourdat M. - **1965** - Note sur les mangroves décadentes du littoral guyanais. *ORSTOM*, 14 p.
- Terborgh J., N. C. Flores, P. Mueller and L. Davenport - **1997** - Estimating the age of successional stands of tropical trees from growth increments. *Journal of Tropical Ecology* 14: pp.833-856
- Teunissen P.A. - **1993** - Vegetation and vegetation succession of the freshwater wetlands. In: *P.E. Ouboter (Ed.) "Freshwater Ecosystems of Suriname"*. Kluwer Academic Publishers; The Netherlands; pp. 77-98
- Thibodeau P.M., L.R. Gardner and H.W. Reeves - **1998** - The role of groundwater flow in controlling the spatial distribution of soil salinity and rooted macrophytes in a southeastern salt marsh, USA. *Mangroves and Salt Marshes*; Vol.2, N°1: pp.1-13

- Tomlinson P.B. - **1986** - The Botany of Mangroves ; *Cambridge University Press, U.K.* ;  
413 p.
- Tostain O. - **1986** - Etude d'une succession terrestre en milieu tropical: les relations entre la  
physionomie végétale et la structure du peuplement avien en mangrove guyanaise.  
*Revue Ecologique (Terre et Vie)*; Vol.41: pp. 315-342
- Trochain J.L. - **1980** - Ecologie végétale de la zone intertropicale non désertique. *Toulouse*;  
*Université de Toulouse 3*; 468 p.
- UNESCO - **1973** - International classification and mapping of vegetation. *Paris*; *UNESCO*
- Ukpong I.E. - **1997** - Vegetation and its relation to soil nutrient and salinity in the Calabar  
mangrove swamp, Nigeria. *Mangroves and Salt Marshes*; Vol.1, N°4: pp.211-218
- Young B.M. and E.L. Harvey - **1996** - A spatial Analysis of the Relationship Between  
Mangrove (*Avicennia marina* var. *australasica*) Physionomy and Sediment Accretion in  
the Hauraki Plains, New Zealand. *Estuarine, Coastal & Shelf Science*, Vol. 42, N° 2:  
pp.231-246

## ANNEXES

**Annexe 01 - Protocoles utilisés au LET pour le dosage du carbone et de l'azote.**

**Annexe 02 - Protocoles utilisés au Laboratoire de Géologie de la Matière Organique.**

**Annexe 03 - Choix de la méthode d'interpolation.**

**Annexe 04 - Suivi de placettes de régénération.**

**Annexe 05 - Accroissements individuels mesurés sur *R. racemosa*.**

**Annexe 06 - Accroissements individuels mesurés sur *P. officinalis*.**

**Annexe 07 - Résultats des analyses de répartition spatiale par la fonction de Ripley et ses fonctions associées pour les principales espèces de la mangrove.**

**Annexe 08 - Occurrence des espèces sur le Transect B1.**

**Annexe 09 - Occurrence des espèces sur le Transect B2.**

**Annexe 10 - Occurrence des espèces sur le Transect B3.**

**Annexe 11 - Occurrence des espèces sur le Transect B4.**

**Annexe 12 - Méthodes de traitement d'image par classificateurs rigides.**

©IDRISI



## Annexe 1: Protocoles utilisés au LET pour le dosage du Carbone et de l'Azote :

Les protocoles décrits ici sont détaillés dans le rapport de S. Nivelet (1998).

### **Protocole d'attaque de la matière organique:**

On introduit la prise d'essai dans un ballon Pyrex en présence de 15 ml d'acide sulfurique concentré et de 50 ml de réactif oxydant. On porte à ébullition 5 mn, on laisse refroidir, on dilue et on transvase dans une fiole jaugée de 250 ml.

Le témoin (sans sol) est effectué dans les mêmes conditions.

### **Dosage du Carbone :**

On prélève 25 ml de la solution obtenue précédemment et on la dilue à 100 ml. On ajoute quelques gouttes de diphénylamine et quelques grammes de NaF puis on titre la solution par sel de Mohr à 0.250 N (passage d'une coloration bleu-violet à une coloration Vert menthe à l'eau).

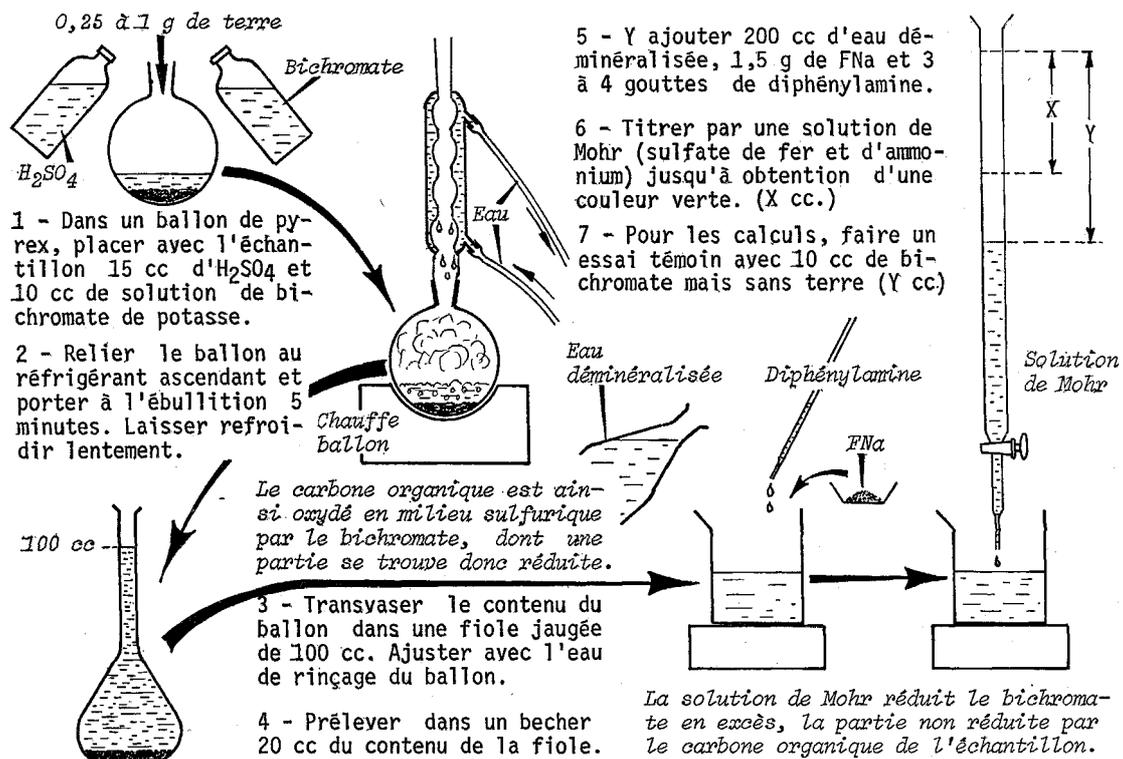
On réalise la même opération sur la solution témoin.

Le Carbone présent dans le sol est obtenu par l'équation :

$$C\% = [15 \times (V - V')] / (P \times T)$$

*avec T= Titre exact du Sel de Mohr ; P= Poids de la prise d'essai (en grammes) ; V= Volume de sel de Mohr utilisé pour titrer le témoin ; V'== Volume de sel de Mohr utilisé pour titrer la solution.*

Le pourcentage de matière organique est égal à : MO % = 1,72 C%



### Dosage de l'Azote :

On prélève 100 ml de la solution et on les introduit dans un ballon à distiller. On verse 100 ml de soude et on effectue la distillation par entraînement à la vapeur. On recueille 100 ml de distillat dans un bécher contenant 20 ml d'acide borique et quelques gouttes d'indicateur mixte. On dose alors le  $NH_3$  distillé par une solution titrée de  $H_2SO_4$  à 0,05N.

1 ml d'acide sulfurique à 0,05N titre 0,7 mg d'azote. Toutefois, dans les conditions expérimentales, seuls 89,4 % de l'azote sont minéralisés.

On réalise la même opération sur la solution témoin.

L'Azote présent dans le sol est obtenu par l'équation :

$$N \% = [0,783 \times (V - V')] / (4 \times P)$$

avec  $P$  = Poids de la prise d'essai (en grammes) ;  $V$  = Volume d'acide sulfurique versé pour le distillat ;  $V'$  = Volume d'acide sulfurique versé pour le témoin.

I - ATTAQUE sulfurique de l'azote organique, transformé en sulfate d'ammonium

1 - Placer dans un matras :

- . 5 g de terre
- . 20 cc d' $H_2SO_4$  concentré
- . un catalyseur ( $CuSO_4 + K_2SO_4 +$  sélénium)

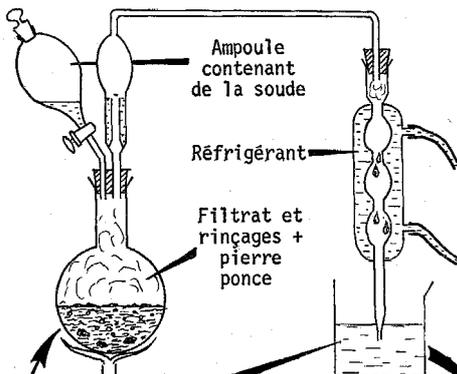
- 2 - Chauffer doucement jusqu'à ébullition et décoloration, puis une heure encore, et refroidir lentement.

3 - Diluer à l'eau distillée, filtrer sur un ballon et rincer : environ 200 cc de liquide



II - DEPLACEMENT de l'ammonium par la soude, distillation et récupération de l'ammoniac formé par un excès d'acide titré.

4 - Placer le ballon sur l'appareil à distiller ainsi préparé :



- . 10 cc d' $H_2SO_4$  titré (N)
- . 20 cc d'eau distillée
- . 5 gouttes de rouge de méthyle (*rose en milieu acide et jaune en milieu alcalin*).

5 - Faire passer la soude de l'ampoule au ballon et distiller. Le rouge de méthyle ne doit pas virer au jaune, sinon rajouter une quantité connue d'acide.

III - TITRATION par de la soude de l'excès d'acide non neutralisé par l'ammoniac distillé

6 - Titrer l'acide restant par de la soude ( $v$  cc de soude versés)

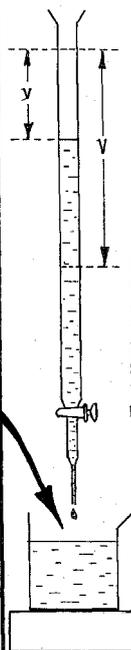
7 - Titrer par cette même solution de soude 10 cc de l'acide  $H_2SO_4$  N employé (soit  $v'$  cc).

En déduire le nombre de cc d'acide titré neutralisés par les  $v$  cc de soude, et, par différence, le nombre de cc d'acide neutralisés par l'ammoniac distillé.

Sachant que :

1 cc d'acide N = 14 mg d'azote

en déduire le taux d'azote en % de l'échantillon.



Nous ne présenterons ici qu'un aperçu de ces méthodes par ailleurs détaillées dans les rapports de L. Gojard (1998) et de B.P. Perrussel (1996).

### **Analyse des sédiments par pyrolyse LECO :**

Le sédiment est broyé à 20  $\mu\text{m}$ . Il est ensuite introduit dans un appareil de type LECO CNS 2000 où il est porté à 1 100°C. Lors de la combustion, la matière organique est totalement oxydée. Les gaz libérés (C, N et S) sont alors analysés en spectrométrie à infrarouge ce qui permet d'en doser la teneur en carbone et en soufre. La teneur en azote est mesurée grâce à une cellule à conductivité thermique.

Un test à HCl sur chacun des échantillons permet par ailleurs d'apprécier la teneur en carbonates du sédiment. Dans notre cas, le test ne révèle pas ou peu de carbonates.

La mesure du carbone effectuée par cette méthode peut donc être assimilée au Carbone Organique Total.

### **Analyse des sédiments par pyrolyse Rock Eval :**

Cette analyse consiste en une pyrolyse contrôlée de la matière organique. Elle a été développée dans le cadre des explorations pétrolifères et restitue des dosages très fins sur les composés hydrocarbonés du sédiment.

Les paramètres restitués sont le Carbone Organique Total, l'indice d'hydrogène et l'indice d'oxygène.

### Annexe 3: Choix de la méthode d'interpolation [Extrait de l'aide en ligne du logiciel Surfer™]

La méthode de grilleage du logiciel Surfer utilise des algorithmes d'interpolation de la moyenne pondérée.

A partir d'un jeu de données, important ou non, le logiciel génère une grille dont les nœuds sont estimés (moyennés) à partir des valeurs qui les entourent. Les différentes méthodes de grilleage s'expriment dans les différences de "poids " accordés aux valeurs informant les nœuds de la grille.

Pour comprendre comment les moyennes pondérées sont appliquées, on peut considérer l'équation suivante, pour N valeurs (jeu de données initiales):

$$\{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}$$

La valeur interpolée à chaque nœud de la grille ( $G_j$ ) peut être calculée comme la moyenne pondérée des valeurs des points considérées

$$G_j = \sum_{i=1}^N w_{ij} Z_i$$

$$\sum_{i=1}^N w_{ij} = 1$$

où

$G_j$  est la valeur interpolée du nœud de la grille au nœud  $j$ ,

$N$  est le nombre d'informations (de données) utilisés pour être interpoler a chaque nœud,

$Z_i$  est la valeur  $Z$  au  $i^{\text{ème}}$  point de donnée; et

$w_{ij}$  est le " poids " associé à la  $i^{\text{ème}}$  valeur quand  $G_j$  est calculé.

Le facteur " poids "  $w_{ij}$  est variable entre 0 et 1 pour chaque point considéré durant l'interpolation de la grille. La somme de tous les facteurs " poids " utilisés pour calculer un nœud de la grille est égale a 1.

Le choix des paramètres de la méthode de grilleage contrôle les procédures d'interpolation. L'utilisation d'algorithmes différents au cours de ces procédures amènent des interprétations des données différentes.

Les méthodes d'interpolation disponible pour cette version du logiciel sont :

\* *Inverse distance* : méthode très rapide qui a pour défaut de générer des " bulles ", correspondants à un contourage concentrique.

\* *Minimum Curvature* : méthode lissant beaucoup les données, mais rapide pour la plupart des jeux de données.

\* *Polynomial Regression* : méthode employée pour un grand jeu de données sur des échelles très petites (grilles larges), qui a pour défaut d'omettre les détails au cours de la génération de la grille.

\* *Radial Basis Function* : méthode flexible qui se rapproche de la méthode *Kriging*.

\* *Shepard's method* : méthode similaire à Inverse Distance mais qui tend à générer des "bulles " surtout quand un facteur de lissage est utilisé.

\* *Triangulation with Linear Interpolation* est rapide pour un jeu de données de taille modérée. Son avantage et son inconvénient réside dans le fait qu'elle génère des points "saillants" qui nuisent à la qualité de la représentation mais qui permettent de mettre en évidence d'éventuelles discontinuités.

\* *Kriging* méthode la plus couramment utilisée en géostatistique et qui est la plus flexible. Utilisée avec un variogramme linéaire elle génère la meilleure interprétation de la plupart des jeux de données.

On retiendra cette méthode dans le cadre de cette étude. Le krigeage possède différents modules optionnels dont les modèles de variogrammes (*Variogram Model*).

Ce concept mathématique est l'outil de base en géostatistique et permet d'avoir une expression objective de la structure spatiale des données. Le variogramme est utilisé pour déterminer le voisinage proche des observations utilisées quand sont interpolés chaque nœud de la grille. De plus, il permet de connaître quels sont les "poids " appliqués aux observations au cours du calcul des nœuds de la grille.

L'analyse détaillée du variogramme expérimental (assimilable à la nuée variographique) peut ainsi nous aider à trouver une fonction de modélisation (le modèle de variogramme), ou d'interpolation, proprement dite, valable.

Il n'a pas été dressé de variogramme expérimental pour notre jeu de données, cependant les différents essais des modèles de variogrammes pour l'interpolation nous ont conduit à privilégier le modèle de variogramme dit linéaire suivant:

$$\gamma(h)=Ch$$

où C est l'échelle pour le composant de structure du variogramme; et h est la distance de séparation relative entre deux points de données.

Il est également possible de "jouer" sur le paramètre C par l'intermédiaire du rapport anisotropique. En effet dans le cas de représentation tridimensionnelle dont les unités des axes X, Y et Z sont fondamentalement différentes il est utile d'accorder plus de " poids " dans le modèle de variogramme aux points de données situés sur un axe versus les autres points de données.

## Annexe 4: Suivi des placettes de régénération.

N° de relevé : 1

### Transect 4 – Placette 2c

N°	X	Y	Hauteur (m)							
			11/12/96	18/02/97	14/04/97	27/05/97	20/08/97	14/10/97	06/12/97	21/01/98
1	8,1	19,1	2	2	2	2,1	2,3	2,25	2,26	2,24
2	6,1	17,7	0,8	0,9	1	1	1,1	1,1	0,99	1,04
3	8,8	16,6	1	1,1	1,1	0,8	1	1	0,95	0,93
4	7	13,8	0,8	0,9	0,9	1	1	0,9	0,89	0,89
5	10,9	19,5	1,6	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,6	1,61
6	12	17,6	0,8	0,9	0,9	1	1	1	0,96	+
7	17,2	18,2	2,4	2,4	2	2,4	2,5	2,7	2,44	2,51
8	18,6	19	2,4	2,4	2	2,3	2,4	2,5	2,44	2,32
9	18,8	18,2	0,7	0,8	0,9	0,8	0,8	0,8	+	+
10	19,1	19,4	0,6	0,7	+	+	+	+	+	+
11	19,7	18,6	0,7	0,8	0,3	0,6	+	+	+	+
12	14,9	11	3	3	3,2	3,3	3,6	4	3,84	4,15
13	12,5	10,7	1	1,1	1,2	+	1,4	1,3	1,26	1,32
14	2,6	7,8	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,44	1,47
15	2,7	2	1,5	1,3	1,3	1,6	1,6	1,7	1,65	1,7
16	5,5	2,5	2,1	2,3	2,4	2,7	3	3	2,92	2,92
17	10	4,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	+	+	+
18	10	3,2	0,7	+	+	+	+	+	+	+
21	17,4	6,2	3,5	3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,29	+
22	19,8	4,3	3,3	3	2,3	2,3	2,7	2,8	2,67	2,26
23	14,5	8,7	3,3	2	2,2	2,5	2,5	2,7	2,37	+
25	1,4	9,2		0,9	0,9	0,8	+	+	+	+
26	9,8	8,8		0,4	+	+	+	+	+	+
27	8,81	13,7						0,7	0,76	0,77
28	9,71	19,8						0,3	0,53	0,53
29	10,88	19,8						0,6	0,63	0,62
30	11,41	0,82						0,6	0,69	0,69
31	14,96	9,79						0,6	+	+
32	9,97	9,85						0,6	0,68	0,7
33	0	4,99						0,6	0,73	0,75
34	3,29	19,4							0,62	0,69
35	15,38	9,62							0,31	0,45

N° de relevé : 2

### Transect 4 Placette 9c

	X	Y	Hauteur (m)							
			11/12/96	18/02/97	14/04/97	27/05/97	20/08/97	14/10/97	06/12/97	21/01/98
1	0,2	19,8	3	3,4	3,4	3,1	3,2	3,3	3,32	3,3
2	0,3	19,3	3,1	3,5	3,4	2,9	3,2	3,3	3,07	3,3
3	0,7	15,0	0,2	0,4	2	2	2	2	2,04	1,97
4	2,1	14,2	4	4,2	4,5	4,4	4,4	4,5	4,8	4,8
5	5,0	14,7	4	4,2	5	5,5	5,1	5,1	5,4	5,5
6	5,0	15,5	1,2	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,38	1,33
7										
8	5,0	16,1	0,9	0,9	0,9	0,9	+	+	+	+
9	9,8	12,8	4	4,5	4,7	5,5	5,1	5,1	5,5	5,8
10	9,8	10,2	2,4	2,4	2,4	2,5	2,7	2,7	2,59	2,62
11	5,4	11,8	0,8	+	+	+	+	+	+	+
12	5,0	10,2	5	5	5,2	5,5	5,3	5,4	5,85	5,8
13	4,3	11,8	0,7	0,7	0,7	+	+	+	+	+
14	1,3	13,8	0,9	1	1	1	1	0,9	+	+
15	17,1	18,3	3,5	3,7	3,5	3,3	3,2	3,2	3,24	3,22
16	19,5	17,3	3,7	3,8	3,9	4,2	4	4,2	4,1	4,17
17	19,8	15,1	2	2	2	1,8	1,9	1,9	2,08	1,85
18	16,1	14,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5	+	+	+
19	18,5	15,4	1,1	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,29	1,22
20	16,4	16,3	1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,76	1,72
21	15,1	15,7	0,8	+	+	+	+	+	+	+

22	16,8	16,6	1	1,1	1,1	1	+	+	+	+
23	15,1	13,9	3,7	4	4,5	5,9	5,1	5,4	5,4	5,8
24	16,7	12,9	1,3	1,3	1,3	1,5	+	+	+	+
25	12,5	16,6	0,4	+	+	+	+	+	+	+
26	12,8	14,6	0,5	0,7	+	+	+	+	+	+
27	11,9	14,4	1,3	1,3	1,3	1,2	+	+	+	+
28	12,5	13,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	+	+
29	13,6	12,2	1	1	1	0,9	+	+	+	+
30	0,1	8,1	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	1,39	1,5
31	0,9	7,7	3,5	4	4,4	4,5	4,4	4,4	4,4	5,1
32	0,1	5,3	2,1	2,2	2,2	2,2	2,3	2	2,22	2,32
33	1,0	1,6	1,3	0,5	+	1,1	+	+	+	+
34	0,3	2,4	0,9	1	1	1	0,9	1	0,99	0,96
35	0,3	1,0	4	4,2	4,4	4,3	4,4	4,4	4,6	4,7
36	1,8	0,6	1,3	1,3	1,3	1,3	+	+	+	+
37	2,6	7,6	2	1,8	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,88
38	4,0	5,0	2,3	2,3	2,3	2,3	2,5	2,5	2,2	2,38
39	4,5	0,2	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5	1,55	1,55
40	5,2	0,2	2,3	2,5	2,4	2,6	2,6	2,6	2,6	2,52
41	7,3	2,4	4	4,2	4,6	5	5,3	5,5	4,6	5,5
42	6,5	2,0	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	+	+
43	7,9	1,8	0,8	+	+	+	+	+	+	+
44	8,4	0,9	2,1	2,2	2,5	2,6	2,7	2,7	2,65	2,68
45	8,1	3,3	1,4	1,4	1,5	1,4	1,3	1,4	1,45	1,45
46	8,6	3,9	0,8	0,8	0,8	+	+	+	+	+
47	8,7	2,8	0,7	+	+	+	+	+	+	+
48	11,5	0,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,7	1,77	1,77
49	10,4	4,4	1,5	1,6	1,7	1,8	+	+	+	+
50	12,3	5,2	1,7	1,8	1,9	2,1	2,1	2	2	1,96
51	11,9	7,3	2,2	2,3	2,3	2,4	2,6	2,6	2,5	2,46
52	13,5	6,5	1	+	+	+	+	+	+	+
53	15,8	6,7	0,9	0,8	0,8	+	+	+	+	+
54	17,0	7,6	1,5	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,74	1,74
55	19,7	7,1	1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,63	1,63
56	19,3	9,5	2,4	2,4	2,4	2,5	2,7	2,7	2,69	2,62
57	19,8	10,0	2,1	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,49	2,44
58	20,0	5,0	3,3	3,5	3,7	4,5	4,3	4,3	4,05	4,4
59	20,0	12,3	3,5	3,7	3,9	5,1	4,5	4,8	5,4	5,5
60	20,0	11,1	1	1	1	1	0,9	1	+	+
61	13,5	13,6		1,1	1,1	1,1	1,1	1,2	1	+
62	17	10				0,8	0,8	0,9	0,84	0,78
63	16,06	4,88						0,5	0,43	+
64	9,18	3,86						0,6	0,69	+
65	13,78	9,63						0,4	0,73	0,73
66	12,21	7,1						0,5	0,64	0,56
67	11,59	9,73						0,5	0,62	0,58
68	13,39	15,2						0,7	0,68	0,69
69	10,37	17,5						0,7	0,82	0,77
70	18,55	16,4						0,7	0,83	0,77
71	7,01	16						0,6	0,83	0,78
72	6,61	16,1						0,6	0,68	0,65
73	5,28	12,8						0,4	0,82	0,82
74	3,37	15,5						0,6	0,68	+
75	3,01	15,4						0,8	0,88	0,9
76	2,7	18,9						0,3	0,5	0,51
77	1,6	19,7						0,6	0,18	+
78	0,51	7,35						0,7	0,75	0,76
79	4,23	0						0,5	0,54	0,43
80	0,94	0,58						0,5	0,59	0,59
81		9,84	13,3							0,61 0,65
82	19,47	15,3							0,56	0,57
83	19,2	11,1							0,87	0,85
84	19,36	9,06							0,46	0,52
85	17,02	9,47							0,46 Mort	+

## N° de relevé : 3

### Transect 3 Placette 1c

N°	X	Y	Hauteur (m)							
			12/12/96	19/02/97	09/04/97	27/05/97	21/08/97	16/10/97	05/12/97	22/01/98
1	5,1	17,6	3,3	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	4,2	4,35
2	5,0	11,4	3,3	3,3	3,3	3,6	3,7	3,4	3,9	4,1
3	0,7	9,1	3	3,3	3,3	3,4	3,6	3,3	3,85	4
4	4,0	9,1	3,6	3,6	3,6	3,7	3,9	3,9	4,2	4,5
5	9,7	9,7	3,6	3,6	3,6	3,9	3,9	3,9	4,25	4,35
6	0,5	5,7	3,7	4	4,3	4,1	4,4	4,4	4,6	4,8
7	2,5	0,8	3,3	3,5	3,9	2,1	2,2	2,1	2,06	2,2
8	5,0	0,8	4	4,5	4,5	4,6	4,8	5,1	5,3	5,34
9	15,0	5,0	3,7	3,9	3,3	3,9	3,5	3,6	3,75	3,75
10	12,1	9,7	3,3	3,7	3,9	3,9	3,8	4	4,25	4,35
11	19,3	9,2	3,6	4,2	4,2	4,3	4,1	4,2	4,64	4,48
12	19,3	1,7	3,5	4	4	4	4	4,2	6,64	4,1
13	15,2	12,1	3,3	3,4	3,9	3,9	3,8	3,2	3,66	3,66
14	16,2	12,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2	2	2	2
15	15,0	16,2	4	5	5	5,7	5,3	5,3	5,65	5,8
16	17,1	17,2	2,1	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,46	2,46
17	16,6	19,6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,27	1,34
18	14,7	19,7	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,38	1,4
19	12,1	17,6	0,7	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,87	0,88
20	6,1	17,5						0,45	0,49	+
21	15,0	18,0						0,7	+	+

## N° de relevé : 4

### Transect 3 Placette 11b

N°	X	Y	Hauteur (m)							
			12/12/96	19/02/97	09/04/97	27/05/97	21/08/97	16/10/97	05/12/97	22/01/98
1	0,1	19,8	2	2,1	2,4	2,3	2,8	3,1	3,2	3,45
2	0,9	15,0	3	3,1	3,2	3	2,8	3,1	3,7	3,2
3	2,8	16,9	4	4,2	4,2	4,4	4	4,2	4,5	4,7
4	7,9	15,3	4	4,5	4,8	4,9	4,5	4,9	5,8	5,75
5	8,4	12,4	2	2	2	2,1	2,4	2,5	2,71	2,78
6	0,5	9,7	3,3	3,4	4,2	4,4	4,3	5,2	5,3	5,75
7	7,9	9,7	4	4,3	4,4	4,9	4,5	5,2	5,3	5,25
8	5,1	5,0	2,3	2,4	3,1	2,6	2,9	3	3,25	3,3
9	9,4	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,5	1,3	1,32	1,39
10	7,3	2,4	0,6	0,7	0,8	0,7	0,9	0,85	0,91	0,96
11	11,9	0,8	4	4,1	4,1	4,6	4,6	4,6	5,1	5,05
12	11,0	4,9	3,4	3,4	3,7	4,4	3,9	3,8	4,5	4,7
13	10,7	7,9	2,1	2,3	2,4	2,5	2,5	2,5	2,62	2,67
14	15,1	9,1	1,5	2,5	2,5	2,7	2,7	2,7	2,86	2,97
15	15,7	0,4	4	4,3	4,2	4,6	4,6	4,6	5	5,05
16	18,8	0,9	3,5	3,7	3,1	3	3,2	3,2	3,17	3,25
17	17,7	2,6	4	4,2	4,2	4,8	4,8	4,8	5,1	5,05
18	19,2	6,7	4,2	4,6	4,4	5,1	5	5,6	5,8	5,75
19	10,6	18,6	4	4,5	4,6	4,9	4,5	4,9	5,75	5,75
20	10,5	15,4	3	3	3	3	3,1	3,1	3,21	3,2
21	18,6	17,9	0,8	+	+	+	+	+	+	+
22	17,6	16,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,71	0,69
23	17,9	11,6	0,5	0,5	+	+	+	+	+	+
24	19,9	14,9	0,7	0,8	0,8	1	1,1	1,1	1,11	1,16
25	17,2	19,8	3,8	4,2	4,6	4,1	4,2	4,3	4,5	4,9
26	19,2	12,0		0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,53	0,52
27	1,5	19,3						0,4	0,52	+
28	19,6	11,9							0,53	0,6

N° de relevé : 5

### Transect 2 Placette 01d

N°	X	Y	Hauteur (m)							
			17/12/96	20/02/97	10/04/97	28/05/97	21/08/97	16/10/97	05/12/97	22/01/98
1	0,2	19,8	2	2	2	2	2,1	2,2	2,27	2,14
2	0,7	12,1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,85	0,88
3	5,1	11,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,5	2,45	2,72
4	9,5	10,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,45	1,45
5	9,7	13,5	0,9	0,9	0,9	0,9	1	1	0,98	0,96
6	9,9	17,7	1	1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,18	1,2
7	15,0	17,6	0,8	0,8	0,9	1	1,1	0,95	1,02	0,96
8	12,5	16,4	0,7	0,7	0,7	0,7	+	+	+	+
9	14,5	10,7	1,4	1,4	1,4	1,4	+	+	+	+
10	18,5	17,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,29	1,33
11	18,2	14,9	1,5	1,5	1,5	1,7	1,7	1,75	1,82	1,87
12	19,5	18,5	2	2	2	2,1	2,2	2,15	2,2	2,2
13	19,7	19,7	0,8	0,8	+	+	+	+	+	+
14	19,5	8,0	1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,25	1,21	1,18
15	18,5	7,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,7	1,7	1,66	1,66
16	15,4	4,4	1,3	1,4	1,3	1,5	1,5	1,5	1,55	1,59
17	11,9	8,6	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,59	1,55
18	15,0	0,8	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	+	+	+
19	10,7	9,5	1,9	2	2,1	2,2	2,2	2,3	2,38	2,46
20	10,4	5,4	1,9	1,9	1,9	2,2	2,2	2,15	2,15	2,2
21	10,4	0,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,28	1,32
22	9,5	7,7	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,55	2,58	2,7
23	6,9	4,7	1,8	1,9	1,9	2,2	2,2	2,05	1,99	2
24	1,9	8,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,4	2,43	2,46
25	5,0	0,4	1,5	1,5	1,5	1,7	1,5	1,6	1,6	1,59
26	0,9	0,8	3,3	3,4	3,9	3,7	3,8	3,9	4,4	4,05
27	0,7	0,4	0,8	0,9	0,9	1	1,1	1,05	1,06	1,08
28	1,8	19,5						0,4	0,64	0,75
29	5,2	17,5						0,5	0,53	0,58
30	3,4	14,8						0,3	+	+
31	9,9	16,3						0,55	0,69	0,54
32	15,5	19,1						0,75	0,78	0,8
33	16,6	16,3						0,75	0,88	0,86
34	17,7	17,3						0,6	0,7	0,74
35	14,7	13,4						0,65	0,74	0,77
36	14,0	15,4						0,25	0,57	0,58
37	3,4	4,3						0,7	0,82	0,85
38	0,5	8,1						0,6	0,61	0,58
39	5,1	4,5						0,3	0,63	0,68
40	2,3	9,5						0,25	0,42	0,44
41	3,7	10,4						0,27	0,4	0,47
42	0,6	10,0						0,7	0,79	0,79
43	11,7	5,3						0,45	0,5	0,48
44	10,3	3,8						0,45	0,53	0,54
45	9,4	5,4						0,35	0,36	0,33
46	8,3	0,3						0,4	0,59	0,64
47	11,8	1,6						0,6	0,74	0,73
48	1,2	14,5							0,51	0,56
49	15,2	19,8							0,4	0,47
50	18,7	12,8							0,44	0,55
51	17,0	3,51							0,46	0,49

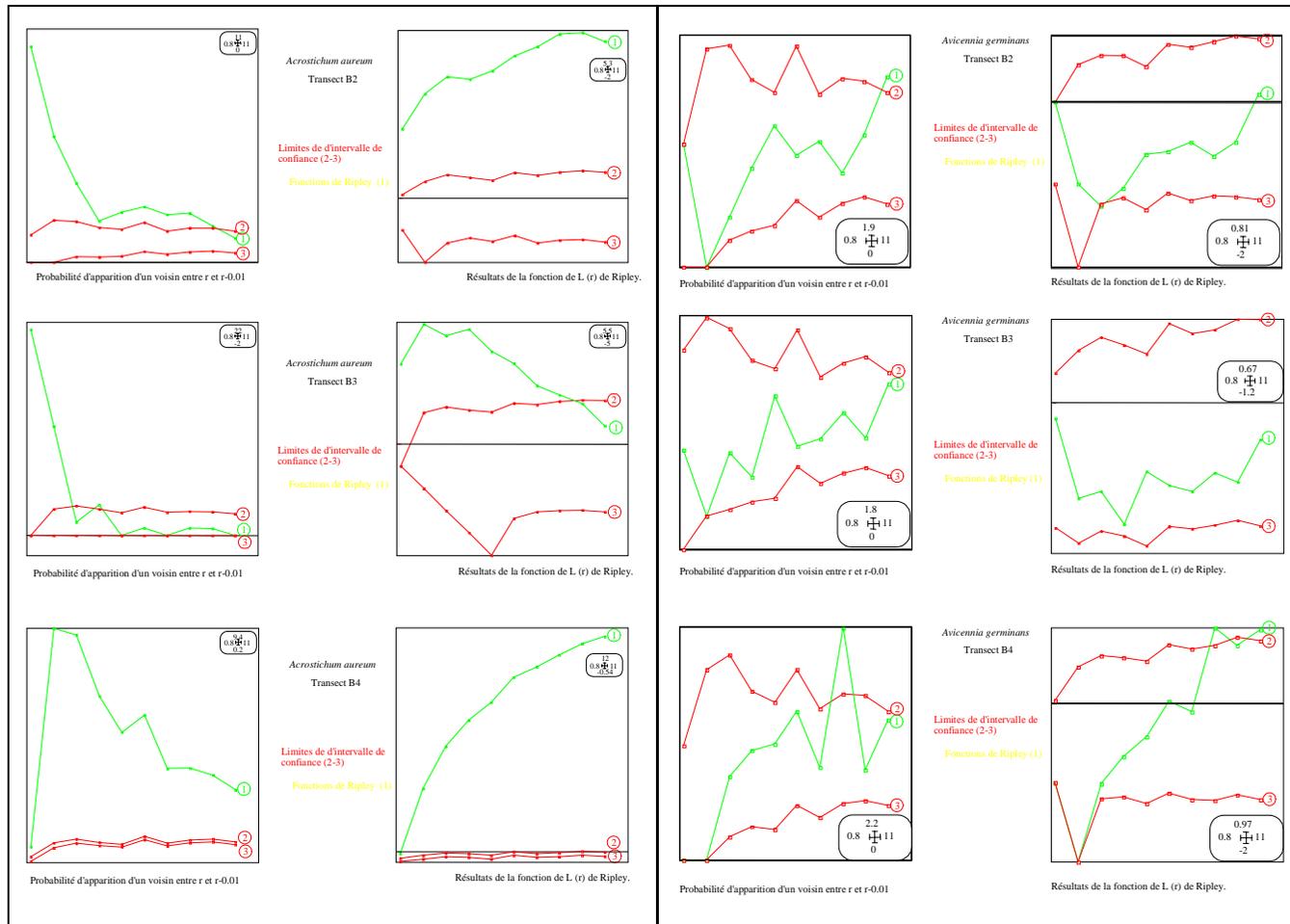
Annexe 5: Accroissements individuels mesurés sur *R. racemosa*.

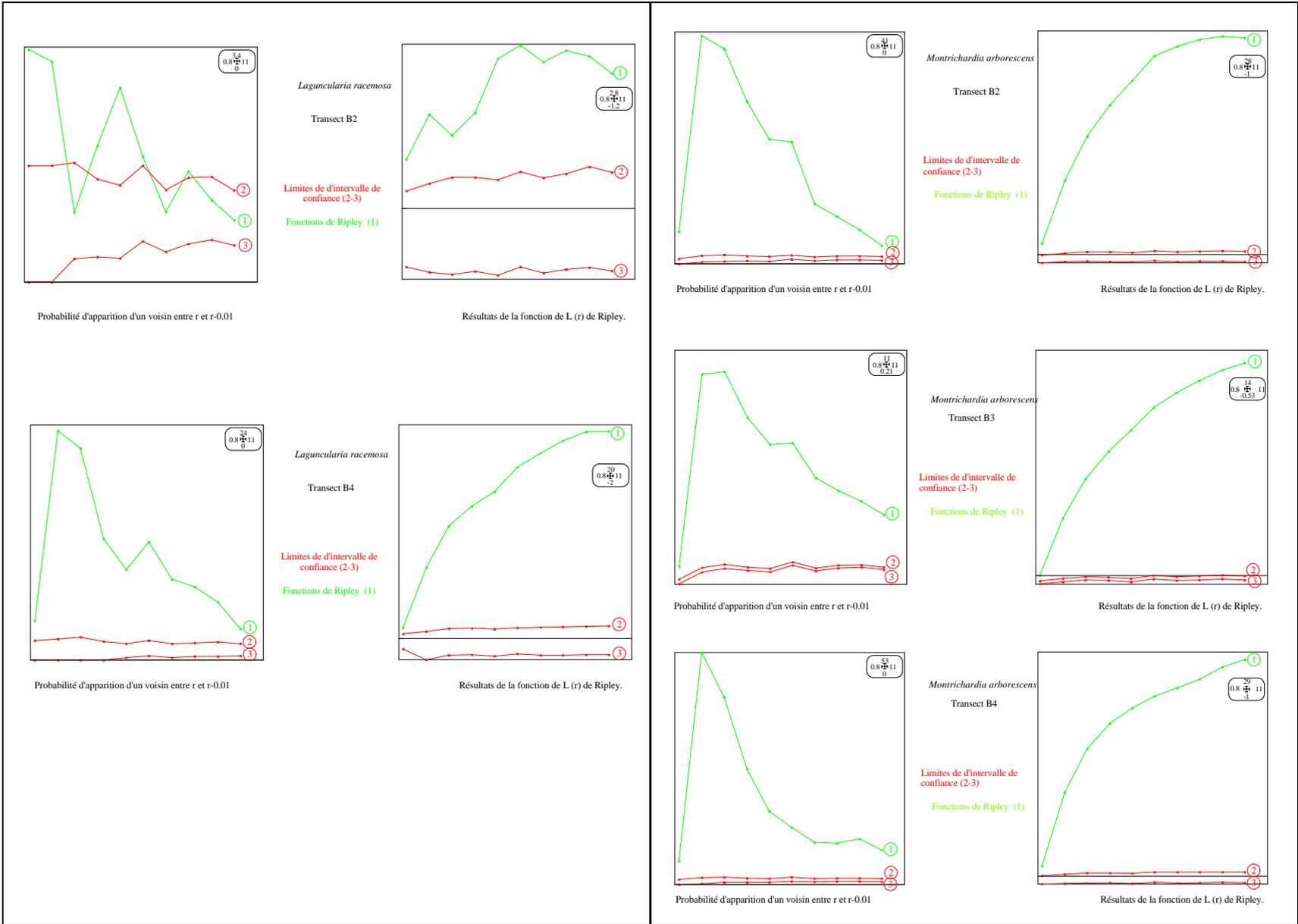
N°	Espèce	Diamètre Origine (mm)	01-sept-96	01-oct-96	01-nov-96	19-févr-97	08-avr-97	28-mai-97	20-août-97	14-oct-97	05-déc-97	21-janv-98	28-oct-98	Durée suivi (mois)	du Accroissement annuel moyen (mm)	% Total
03	<i>Rhizophora racemosa</i>	305,00	305,00	305,00	305,00	308,18	308,50	308,82	312,00	311,37	312,00	311,21	317,89	24,00	6,45	2,11
04	<i>Rhizophora racemosa</i>	143,00	143,00	143,00	143,00	145,55	145,86	146,18	144,91	144,59	145,07	143,00	143,00	24,00	0,00	0,00
05	<i>Rhizophora racemosa</i>	240,00	240,00	240,00	240,00	242,23	242,55	242,86	243,50	243,82	243,50	243,66	245,09	24,00	2,55	1,06
07	<i>Rhizophora racemosa</i>	103,00	103,00	103,00	103,00	105,55	105,86	105,55	104,59	104,59	104,59	104,27	104,75	24,00	0,88	0,85
09	<i>Rhizophora racemosa</i>	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	200,64	201,27	200,95	201,27	201,27	201,11	200,00	24,00	0,00	0,00
12	<i>Rhizophora racemosa</i>	265,00	265,00	265,00	265,00	266,59	266,59	266,59	266,59	266,59	267,39	268,50	269,62	24,00	2,31	0,87
13	<i>Rhizophora racemosa</i>	370,00	370,00	370,00	370,00	371,59	373,82	375,73	375,73	375,41	375,73	377,80	384,01	24,00	7,00	1,89
19	<i>Rhizophora racemosa</i>	158,00	158,00	158,00	158,00	160,23	160,23	160,55	160,23	160,23	160,71	160,23	160,86	24,00	1,43	0,91
22	<i>Rhizophora racemosa</i>	126,00	126,00	126,00	126,00	129,18	129,50	132,37	132,37	132,68	133,64	133,96	139,05	24,00	6,53	5,18
23	<i>Rhizophora racemosa</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	141,59	141,91	140,64	141,27	141,27	141,91	142,07	140,64	24,00	0,32	0,23
25	<i>Rhizophora racemosa</i>	257,00	257,00	257,00	257,00	259,23	259,86	260,82	260,50	260,18	260,66	260,98	262,41	24,00	2,71	1,05
26	<i>Rhizophora racemosa</i>	343,00	343,00	343,00	343,00	343,32	343,95	344,59	345,23	345,23	346,02	346,50	347,93	24,00	2,47	0,72
27	<i>Rhizophora racemosa</i>	213,00	213,00	213,00	213,00	213,00	213,00	213,00	209,82	212,05	213,00	213,00	213,00	24,00	0,00	0,00
29	<i>Rhizophora racemosa</i>	274,00	274,00	274,00	274,00	275,59	275,91	278,14	278,46	278,46	277,50	279,57	283,39	24,00	4,70	1,71
31	<i>Rhizophora racemosa</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,32	100,95	100,32	100,32	100,64	100,95	101,27	101,59	24,00	0,80	0,80
32	<i>Rhizophora racemosa</i>	226,00	226,00	226,00	226,00	226,00	226,00	226,32	226,32	226,95	226,95	227,43	229,18	24,00	1,59	0,70
33	<i>Rhizophora racemosa</i>	138,00	138,00	138,00	138,00	140,23	140,55	141,18	141,18	141,82	142,30	142,77	147,87	24,00	4,93	3,58
34	<i>Rhizophora racemosa</i>	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,00	220,64	221,27	222,23	223,18	222,86	226,37	24,00	3,18	1,45
35	<i>Rhizophora racemosa</i>	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,64	130,95	131,11	131,27	134,14	24,00	2,07	1,59
37	<i>Rhizophora racemosa</i>	145,00	145,00	145,00	145,00	145,00	145,00	145,00	145,95	145,00	145,00	145,00	146,43	24,00	0,72	0,49
38	<i>Rhizophora racemosa</i>	255,00	255,00	255,00	255,00	257,23	257,55	258,50	258,82	258,50	259,14	259,77	264,23	24,00	4,62	1,81
39	<i>Rhizophora racemosa</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	139,68	142,23	137,45	138,41	139,05	138,73	140,00	24,00	0,00	0,00
40	<i>Rhizophora racemosa</i>	290,00	290,00	290,00	290,00	294,77	294,77	294,77	296,68	297,32	297,96	298,12	303,21	24,00	6,60	2,28
41	<i>Rhizophora racemosa</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	140,00	139,36	138,41	139,36	139,36	139,36	140,48	24,00	0,24	0,17
42	<i>Rhizophora racemosa</i>	215,00	215,00	215,00	215,00	216,59	216,91	217,55	218,18	218,18	218,18	219,30	224,71	24,00	4,85	2,26
43	<i>Rhizophora racemosa</i>	300,00	300,00	300,00	300,00	300,95	301,59	302,23	304,14	303,82	304,46	305,57	309,87	24,00	4,93	1,64
45	<i>Rhizophora racemosa</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	104,46	105,09	106,37	107,32	108,28	109,87	110,82	N. M.	16,00	8,12	8,12
46	<i>Rhizophora racemosa</i>	132,00	132,00	132,00	132,00	135,18	136,14	136,77	137,73	138,68	139,64	140,75	N. M.	16,00	6,57	4,97
47	<i>Rhizophora racemosa</i>	152,00	152,00	152,00	152,00	152,64	153,91	154,86	155,18	155,82	155,82	155,82	N. M.	16,00	2,86	1,88
48	<i>Rhizophora racemosa</i>	192,00	192,00	192,00	192,00	194,23	195,18	196,14	196,14	196,46	197,09	197,41	N. M.	16,00	4,06	2,11
51	<i>Rhizophora racemosa</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	104,46	106,37	105,73	106,37	107,96	110,50	N. M.	N. M.	15,00	8,40	8,40
52	<i>Rhizophora racemosa</i>	204,00	204,00	204,00	204,00	204,00	204,00	204,00	204,00	202,73	203,05	204,00	N. M.	16,00	0,00	0,00
53	<i>Rhizophora racemosa</i>	200,00	200,00	200,00	200,00	200,64	200,64	200,00	200,00	200,00	200,64	200,80	N. M.	16,00	0,60	0,30
54	<i>Rhizophora racemosa</i>	115,00	115,00	115,00	115,00	115,00	115,95	115,95	115,95	115,95	116,27	116,11	N. M.	16,00	0,84	0,73
57	<i>Rhizophora racemosa</i>	238,00	238,00	238,00	238,00	239,27	239,91	239,91	239,91	239,91	240,23	241,02	N. M.	16,00	2,27	0,95
58	<i>Rhizophora racemosa</i>	300,00	300,00	300,00	300,00	300,95	300,64	301,59	302,23	302,23	302,86	303,18	N. M.	16,00	2,39	0,80
59	<i>Rhizophora racemosa</i>	265,00	265,00	265,00	265,00	265,32	265,95	266,27	266,27	266,59	267,23	267,86	N. M.	16,00	2,15	0,81
60	<i>Rhizophora racemosa</i>	218,00	218,00	218,00	218,00	218,95	219,27	219,27	219,27	218,95	219,27	219,43	N. M.	16,00	1,07	0,49
61	<i>Rhizophora racemosa</i>	297,00	297,00	297,00	297,00	298,27	299,55	300,82	302,09	303,05	304,64	306,71	N. M.	16,00	7,28	2,45
62	<i>Rhizophora racemosa</i>	290,00	290,00	290,00	290,00	290,00	290,00	290,00	290,00	290,00	290,00	290,32	N. M.	16,00	0,24	0,08

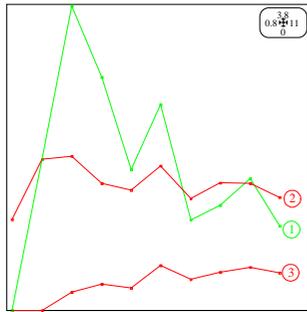
Annexe 6: Accroissements individuels mesurés sur *P. officinalis*.

N°	Espèce	01-août-96	01-sept-96	01-oct-96	01-nov-96	19-févr-97	08-avr-97	28-mai-97	20-août-97	14-oct-97	05-déc-97	21-janv-98	28-oct-98	Durée suivi (mois)	du Accroissement annuel moyen (mm)	% Total
01	<i>Pterocarpus officinalis</i>	145,00	145,00	145,00	145,00	147,55	148,18	149,46	151,68	152,64	153,91	155,66	164,74	24,00	9,87	6,81
02	<i>Pterocarpus officinalis</i>	107,00	107,00	107,00	107,00	110,82	112,73	113,05	115,91	116,55	118,62	121,01	129,92	24,00	11,46	10,71
06	<i>Pterocarpus officinalis</i>	205,00	205,00	205,00	205,00	202,77	204,05	204,68	205,95	207,55	208,50	209,46	218,05	24,00	6,53	3,18
08	<i>Pterocarpus officinalis</i>	290,00	290,00	290,00	290,00	297,96	297,96	299,23	302,41	305,28	306,55	307,51	310,37	24,00	10,19	3,51
10	<i>Pterocarpus officinalis</i>	175,00	175,00	175,00	175,00	175,95	176,59	176,59	177,23	177,86	178,18	179,30	180,41	24,00	2,71	1,55
11	<i>Pterocarpus officinalis</i>	221,00	221,00	221,00	221,00	222,27	222,91	224,50	225,77	226,41	227,84	229,28	233,89	24,00	6,45	2,92
14	<i>Pterocarpus officinalis</i>	185,00	185,00	185,00	185,00	185,00	186,91	186,59	186,59	187,23	187,23	187,07	189,62	24,00	2,31	1,25
15	<i>Pterocarpus officinalis</i>	231,00	231,00	231,00	231,00	231,00	230,68	230,36	230,05	230,05	230,36	230,68	231,00	24,00	0,00	0,00
16	<i>Pterocarpus officinalis</i>	155,00	155,00	155,00	155,00	155,00	155,00	155,00	155,64	N. M.	N. M.	N. M.	N. M.	13,00	0,59	0,38
17	<i>Pterocarpus officinalis</i>	110,00	110,00	110,00	110,00	113,50	114,46	115,73	115,73	117,64	120,50	123,53	132,76	24,00	11,38	10,35
18	<i>Pterocarpus officinalis</i>	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,00	210,95	210,00	210,00	211,27	210,95	212,23	24,00	1,11	0,53
20	<i>Pterocarpus officinalis</i>	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,00	182,32	182,32	183,27	183,91	184,39	24,00	1,19	0,66
21	<i>Pterocarpus officinalis</i>	144,00	144,00	144,00	144,00	145,59	145,59	145,91	145,59	145,91	146,23	147,02	148,30	24,00	2,15	1,49
24	<i>Pterocarpus officinalis</i>	122,00	122,00	122,00	122,00	124,55	124,55	125,50	128,37	127,09	127,25	128,53	136,64	24,00	7,32	6,00
28	<i>Pterocarpus officinalis</i>	244,00	244,00	244,00	244,00	244,32	244,64	244,64	244,64	244,64	245,27	245,27	251,64	24,00	3,82	1,57
30	<i>Pterocarpus officinalis</i>	144,00	144,00	144,00	144,00	145,27	144,64	145,27	148,14	147,82	148,14	148,62	152,75	24,00	4,38	3,04
36	<i>Pterocarpus officinalis</i>	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	105,95	105,00	105,00	105,00	105,00	105,00	24,00	0,00	0,00
44	<i>Pterocarpus officinalis</i>	127,00	127,00	127,00	127,00	129,55	129,55	129,23	129,86	130,82	131,77	133,84	145,46	24,00	9,23	7,27
49	<i>Pterocarpus officinalis</i>	128,00	128,00	128,00	128,00	134,05	135,32	134,68	141,37	142,96	143,28	143,28	N. M.	16,00	11,46	8,95
50	<i>Pterocarpus officinalis</i>	118,00	118,00	118,00	118,00	118,00	118,32	119,91	121,50	121,18	121,50	122,93	N. M.	16,00	3,70	3,14
55	<i>Pterocarpus officinalis</i>	105,00	105,00	105,00	105,00	108,82	109,77	113,59	112,64	112,96	113,28	113,91	N. M.	16,00	6,68	6,37
56	<i>Pterocarpus officinalis</i>	140,00	140,00	140,00	140,00	140,32	140,32	140,32	140,00	140,00	140,32	140,32	N. M.	16,00	0,24	0,17
63	<i>Pterocarpus officinalis</i>	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	300,00	302,86	303,18	303,18	303,50	304,30	N. M.	16,00	3,22	1,07
64	<i>Pterocarpus officinalis</i>	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	162,00	N. M.	16,00	0,00	0,00
65	<i>Pterocarpus officinalis</i>	106,00	106,00	106,00	106,00	113,64	116,82	117,14	120,96	121,28	123,19	127,01	N. M.	16,00	15,76	14,86

Annexe 7: Résultats des analyses de répartition spatiale par la fonction de Ripley et ses fonctions associées pour les principales espèces de mangrove.







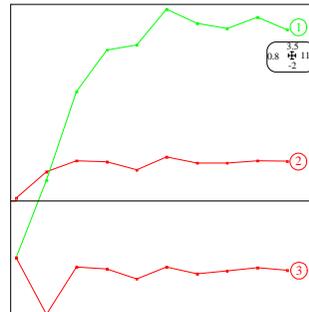
Probabilité d'apparition d'un voisin entre r et r-0.01

*Pterocarpus officinalis*

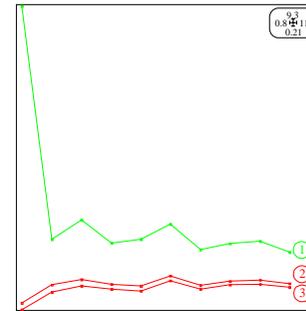
Transect B2

Limites de d'intervalle de confiance (2-3)

Fonctions de Ripley (1)



Résultats de la fonction de L (r) de Ripley.



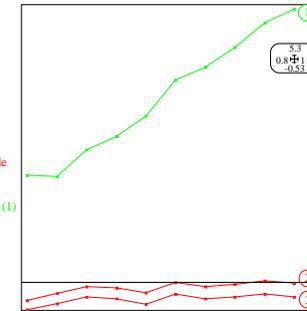
Probabilité d'apparition d'un voisin entre r et r-0.01

*Rhabdadenia biflora*

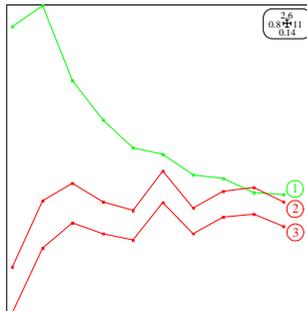
Transect B2

Limites de d'intervalle de confiance (2-3)

Fonctions de Ripley (1)



Résultats de la fonction de L (r) de Ripley.



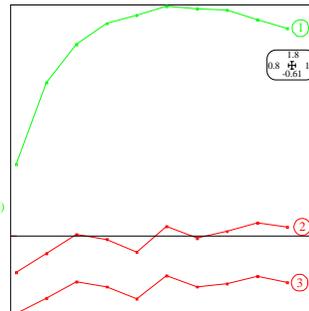
Probabilité d'apparition d'un voisin entre r et r-0.01

*Pterocarpus officinalis*

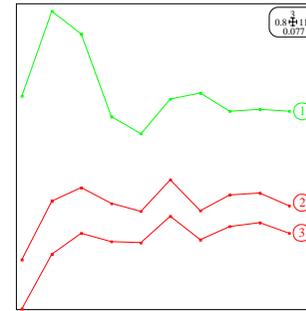
Transect B3

Limites de d'intervalle de confiance (2-3)

Fonctions de Ripley (1)



Résultats de la fonction de L (r) de Ripley.



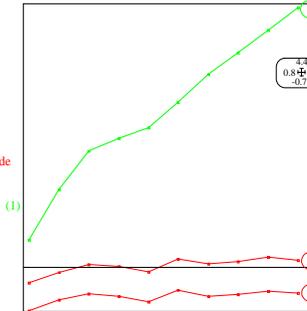
Probabilité d'apparition d'un voisin entre r et r-0.01

*Rhabdadenia biflora*

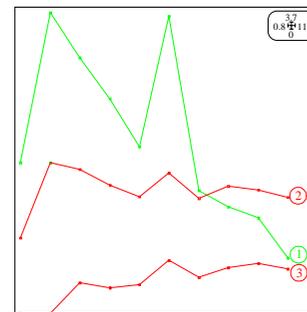
Transect B3

Limites de d'intervalle de confiance (2-3)

Fonctions de Ripley (1)



Résultats de la fonction de L (r) de Ripley.



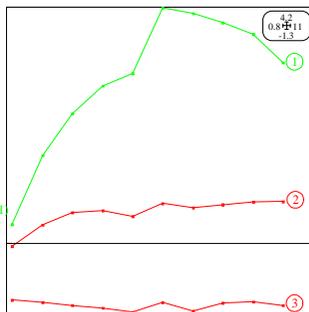
Probabilité d'apparition d'un voisin entre r et r-0.01

*Pterocarpus officinalis*

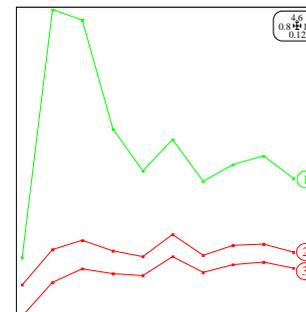
Transect B4

Limites de d'intervalle de confiance (2-3)

Fonctions de Ripley (1)



Résultats de la fonction de L (r) de Ripley.



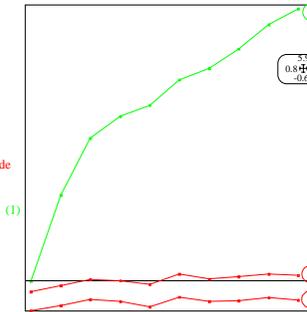
Probabilité d'apparition d'un voisin entre r et r-0.01

*Rhabdadenia biflora*

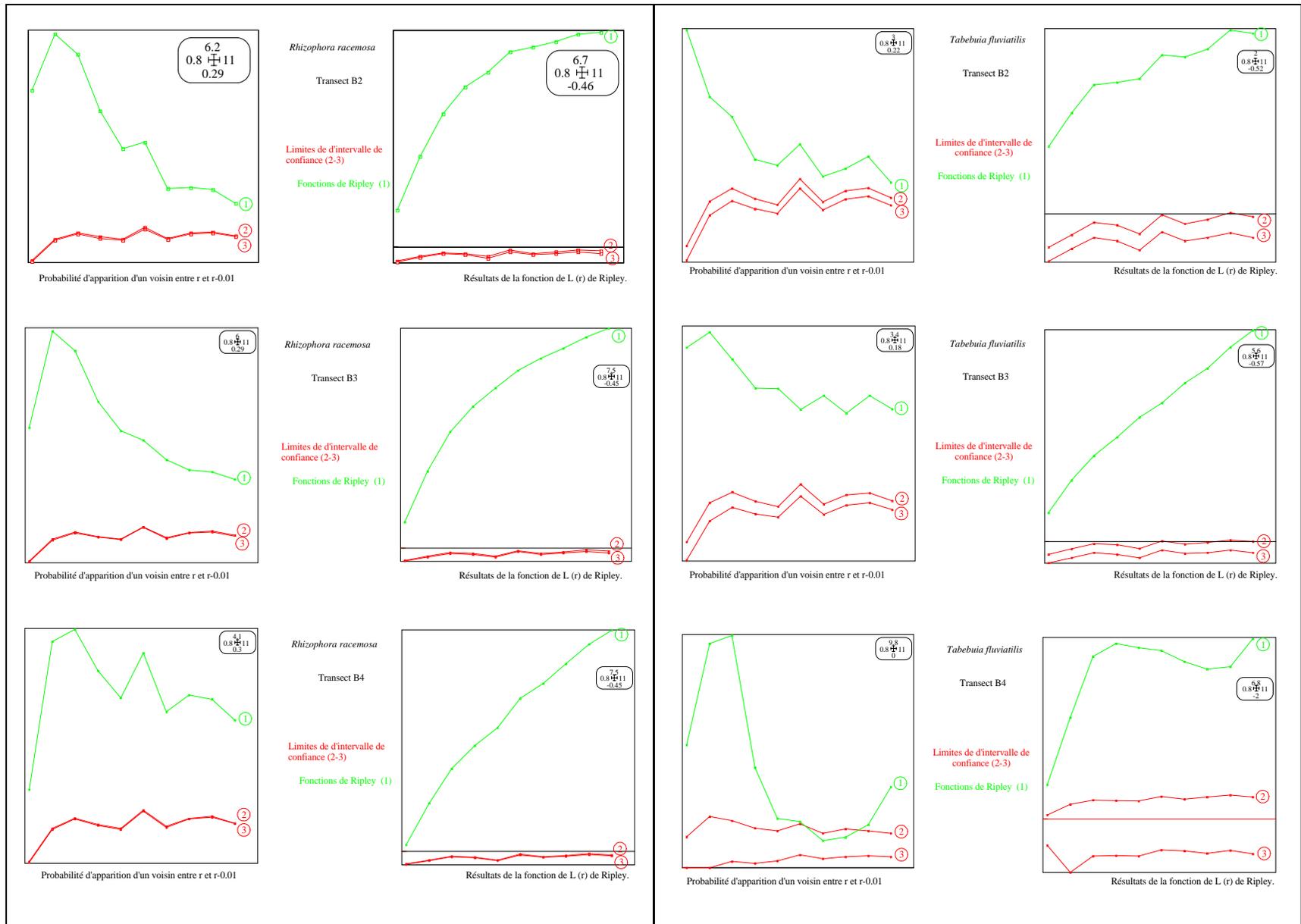
Transect B4

Limites de d'intervalle de confiance (2-3)

Fonctions de Ripley (1)



Résultats de la fonction de L (r) de Ripley.



Annexe 8: Occurrence des espèces sur le transect B1.

Espèce:	B1 1	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B1 10	B1 11	B1 12	B1 13	B1 14	B1 15	B1 16	B1 17	B1 18	B1 19	B1 20	B1 21	B1 22	B1 23	B1 24	B1 25	B1 26	B1 27	B1 28	B1 29	Occurrence
<i>Acrostichum aureum</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	<b>6</b>
<i>Aechmea melinonii</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<i>Arrabidaea corralinea</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>3</b>
<i>Astrocaryum sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	<b>1</b>
<i>Avicennia germinans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	<b>22</b>
<i>Calliandra sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<b>6</b>
<i>Clusia sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	<b>1</b>
<i>Dalbergia monetaria</i>	-	-	-	1	-	1	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>14</b>
<i>Desmoncus polyacanthos</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	<b>1</b>
<i>Heteropterys multiflora</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<i>Laguncularia racemosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	<b>6</b>
<i>Macfadyena uncata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	1	1	1	-	<b>7</b>
<i>Machaerium lunatum</i>	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<i>Montrichardia arborescens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	<b>29</b>
<i>Pachira aquatica</i>	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	<b>4</b>
<i>Paullinia pinnata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	-	<b>3</b>
<i>Phtirusa retroflexa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<i>Pterocarpus officinalis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	<b>27</b>
<i>Rhabdadenia biflora</i>	-	1	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	<b>21</b>
<i>Rhizophora mangle</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<b>1</b>
<i>Rhizophora racemosa</i>	1	1	1	1	-	1	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	1	1	1	1	<b>22</b>
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	<b>13</b>
<i>Tabebuia fluviatilis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	<b>28</b>

### Annexe 9: Occurrence des espèces sur le transect B2.

Espèce:	B2 01a	B2 01c	B2 02a	B2 02c	B2 03a	B2 03c	B2 04a	B2 04c	B2 05a	B2 05c	B2 06a	B2 06c	B2 07a	B2 07c	B2 08a	B2 08c	B2 09a	B2 09c	B2 10a	B2 10c	B2 11a	B2 11c	B2 12a	Total
<i>Acrostichum aureum</i>		1		1								1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	12
<i>Aechmea melinonii</i>																						1		1
<i>Avicennia germinans</i> vivant																							1	1
<i>Avicennia germinans</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1		1	1	1	1	1	1		18
<i>Dalbergia monetaria</i>																							1	1
<i>Hibiscus tiliaceus</i>																		1				1		2
<i>Laguncularia racemosa</i>					1	1	1	1	1	1	1			1	1			1	1					11
<i>Macfadyena uncata</i>																						1	1	2
<i>Machaerium lunatum</i>														1										1
<i>Montrichardia arborescens</i>																						1	1	2
<i>Paullinia pinnata</i>																							1	1
<i>Pterocarpus officinalis</i>	1		1					1		1	1	1						1				1	1	9
<i>Rhabdadenia biflora</i>	1			1	1		1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	18
<i>Rhizophora mangle</i>						1												1	1	1	1			5
<i>Rhizophora racemosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1		1	1	1	1	1	1	1	18
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>			1	1		1						1	1	1						1	1	1	1	10
<i>Tabebuia fluviatilis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23
Espèce:	B2 01b	B2 01d	B2 02b	B2 02d	B2 03b	B2 03d	B2 04b	B2 04d	B2 05b	B2 05d	B2 06b	B2 06d	B2 07b	B2 07d	B2 08b	B2 08d	B2 09b	B2 09d	B2 10b	B2 10d	B2 11b	B2 11d	B2 12b	Total
<i>Acrostichum aureum</i>		1			1		1		1			1	1			1			1	1	1	1	1	12
<i>Avicennia germinans</i> vivant																							1	1
<i>Avicennia germinans</i>	1	1		1			1		1	1	1			1	1	1			1	1	1	1		14
<i>Dalbergia monetaria</i>																						1	1	2
<i>Hibiscus tiliaceus</i>																		1		1	1			3
<i>Laguncularia racemosa</i>		1	1	1	1	1	1	1		1	1		1			1	1	1		1				14
<i>Macfadyena uncata</i>																							1	1
<i>Machaerium lunatum</i>					1																			1
<i>Montrichardia arborescens</i>			1	1																	1	1	1	5
<i>Pterocarpus officinalis</i>			1	1	1	1		1	1	1		1	1	1				1			1	1		14
<i>Rhabdadenia biflora</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	23
<i>Rhizophora mangle</i>			1	1									1		1		1	1	1	1				7
<i>Rhizophora racemosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>							1			1	1	1	1	1				1	1	1	1	1	1	11
<i>Tabebuia fluviatilis</i>	1		1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		20

### Annexe 10: Occurrence des espèces sur le transect B3.

Espèce: B3 Aval	B3 01a	B3 01c	B3 02a	B3 02c	B3 03a	B3 03c	B3 04a	B3 04c	B3 05a	B3 05c	B3 06a	B3 06c	B3 07a	B3 07c	B3 08a	B3 08c	B3 09a	B3 09c	B3 10a	B3 10c	B3 11a	B3 11c	B3 12a	B3 12c	B3 13a	B3 13c	B3 14a	B3 14c	B3 15a	B3 15c	B3 16a	B3 16c	Tota l	
<i>Acrostichum aureum</i>			1			1				1		1		1	1					1	1				1	1								10
<i>Avicennia germinans</i>	1	1	1		1	1	1	1			1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1			1	25	
<i>Laguncularia racemosa</i>										1	1										1	1											4	
<i>Machaerium lunatum</i>							1																										1	
<i>Montrichardia arborescens</i>											1					1		1	1	1	1	1	1	1	1	1							11	
<i>Pterocarpus officinalis</i>			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1		1	1		1	1	1	1	27	
<i>Rhabdadenia biflora</i>	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				1	1						23	
<i>Rhizophora racemosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									24	
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>											1						1		1				1	1	1	1	1	1	1	1	1		12	
<i>Tabebuia fluviatilis</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										1	22	

Espèce: B3 Amont	01b	01d	02b	02d	03b	03d	04b	04d	05b	05d	06b	06d	07b	07d	08b	08d	09b	09d	10b	10d	11b	11d	12b	12d	13b	13d	14b	14d	15b	15d	16b	16d	Tota l
<i>Acrostichum aureum</i>			1	1	1	1								1	1		1					1			1	1							10
<i>Avicennia germinans</i>	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	1		1					1	1	1	1	1		1	1		1	1	1	23
<i>Laguncularia racemosa</i>																	1										1						2
<i>Machaerium lunatum</i>																			1														1
<i>Montrichardia arborescens</i>																						1	1	1	1	1							5
<i>Oryctanthus florulentus</i>																							1										1
<i>Pterocarpus officinalis</i>	1	1			1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	28
<i>Rhabdadenia biflora</i>					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					1		1	1	1	1			1	1	21
<i>Rhizophora mangle</i>				1																													1
<i>Rhizophora racemosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									24
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>										1	1											1	1	1	1	1	1	1	1	1			11
<i>Tabebuia fluviatilis</i>		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1											1		19

### Annexe 11: Occurrence des espèces sur le transect B4.

Espèce:	01a	01c	02a	02c	03a	03c	04a	04c	05a	05c	06a	06c	07a	07c	08a	08c	09a	09c	10a	10c	11a	11c	12a	12c	13a	13c	14a	14c	15a	15c	16a	16c	17a	17c	18a	18c	19a	Total
<i>Acrostichum aureum</i>			1					1							1						1	1	1	1	1		1	1	1	1	1				1	1	16	
<i>Avicennia germinans</i>	1	1			1	1		1	1		1	1	1	1			1	1	1				1	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	24
<i>Cyperus giganteus</i>																					1																	1
<i>Hibiscus tiliaceus</i>																																			1			1
<i>Laguncularia racemosa</i>				1			1		1											1					1		1				1				1	1	1	10
<i>Macfadyena uncata</i>																					1																	0
<i>Machaerium lunatum</i>								1													1	1																3
<i>Montrichardia arborescens</i>				1	1																																	2
<i>Pterocarpus officinalis</i>				1	1				1	1			1	1			1		1	1	1	1	1							1		1		1	1	1	17	
<i>Rhabdadenia biflora</i>	1						1		1	1	1	1	1	1	1		1				1	1	1	1					1	1	1	1	1		1		22	
<i>Rhizophora mangle</i>					1																							1			1	1	1					5
<i>Rhizophora racemosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	31	
<i>Smilax sp.</i>																																						0
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>																																1	1	1	1	1	1	6
<i>Tabebuia fluviatilis</i>				1	1	1	1			1		1	1												1						1					1		10

Espèce:	01b	01d	02b	02d	03b	03d	04b	04d	05b	05d	06b	06d	07b	07d	08b	08d	09b	09d	10b	10d	11b	11d	12b	12d	13b	13d	14b	14d	15b	15d	16b	16d	17b	17d	18b	18d	19b	Total	
<i>Acrostichum aureum</i>			1		1	1	1			1	1	1	1				1					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1	1	21	
<i>Avicennia germinans</i>	1	1	1	1	1	1		1	1					1		1						1	1		1	1	1	1	1	1	1	1				1	1	23	
<i>Cyperus giganteus</i>																						1	1															2	
<i>Laguncularia racemosa</i>										1																1	1	1			1						1	6	
<i>Macfadyena uncata</i>																																		1			1		
<i>Machaerium lunatum</i>									1																													1	
<i>Montrichardia arborescens</i>							1						1	1																								3	
<i>Pterocarpus officinalis</i>		1		1	1	1	1		1		1	1	1	1	1						1	1		1					1	1	1	1		1			15		
<i>Rhabdadenia biflora</i>	1							1	1	1	1	1	1	1	1						1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	25		
<i>Rhizophora mangle</i>																											1	1	1	1	1	1							7
<i>Rhizophora racemosa</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1						1	31		
<i>Smilax sp.</i>																																						0	
<i>Stigmaphyllon banisterioides</i>										1																										1	1	3	
<i>Tabebuia fluviatilis</i>		1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									1													13	

### **HYPERBOITES - PIPED**

HYPERBOITES réalise une classification par parallélépipèdes (hyperboîtes) d'une image satellitaire en se basant sur l'analyse de l'information contenue dans un ensemble de fichiers de signature spectrale. Ce mode de classification étudie les valeurs minimum et maximum de la réflectance dans chaque bande spectrale. Pour être attribué à une classe, un pixel doit avoir une valeur de réflectance comprise dans chaque bande à l'intérieur de l'intervalle défini par les réflectances minimum et maximum de la bande spectrale considérée. Cette procédure de classification est la plus rapide, mais potentiellement la moins précise.

### **DISTANCE MINIMALE - MINDIST**

DISTANCE MINIMALE réalise une classification supervisée en utilisant l'algorithme de distance minimale aux centres des classes en se basant sur des fichiers de signatures. Cet algorithme étudie la valeur moyenne pour chaque signature de la réflectance dans chaque bande. Les pixels sont attribués à la classe dont la valeur moyenne de réflectance est la plus proche de celle du pixel. Pour tenir compte de la variabilité des signatures, DISTANCE MINIMALE peut normaliser les distances existant entre classes. DISTANCE MINIMALE est une procédure plus lente que HYPERBOITES, mais plus rapide que MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE. Cet algorithme est souvent utilisé lorsque le nombre de pixels contenus dans les zones d'entraînement est faible ou lorsque les zones d'entraînement ne contiennent pas des valeurs très homogènes.

### **MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE - MAXLIKE**

MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE réalise une classification supervisée en utilisant l'algorithme du maximum de vraisemblance basé sur des fichiers de signatures spectrales. L'algorithme du maximum de vraisemblance repose sur l'analyse de la fonction de densité de probabilité associée à une signature spectrale particulière. Les pixels sont attribués à la classe à laquelle ils ont la plus grande probabilité d'appartenir. Les probabilités sont calculées pour chaque signature spectrale et ensuite comparées. MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE est la routine de classification la plus lente, mais aussi la plus précise.

## NOTES DE FIN

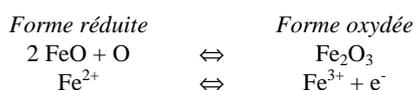
<sup>i</sup> **Périophtalme**, poisson que l'on trouve dans les mangroves et les estuaires le long des côtes tropicales, et qui est capable de vivre à l'air libre. Absent des Amériques, le périophtalme vit le long des plages humides et du littoral, où il peut rester hors de l'eau pendant plusieurs jours. Il a une taille réduite, de 10 à 27 cm, et de grandes nageoires, et peut se déplacer à terre à l'aide de ses nageoires pectorales, avec une vitesse considérable. Il peut également se propulser en avant à l'aide de sa queue, mètre par mètre. Les yeux protubérants sur le dessus de la tête peuvent être sortis ou rétractés et lui permettent d'avoir une vision aérienne ou aquatique. Ce poisson se nourrit d'insectes et de crustacés. Les œufs, habituellement pondus sous une profonde couche de vase, sont surveillés par la femelle. **Classification** : les périophtalmes appartiennent à la famille des Gobiidés de l'ordre des Perciformes. Ils sont classés dans le genre *Periophthalmus*. (D'après © 1998 Encyclopédie Encarta 98)

<sup>ii</sup> **Chromatographie sur résines échangeuses d'ions** : On peut faire appel, en chromatographie, à des phénomènes d'échanges chimiques, pourvu qu'ils soient, réversibles, et qu'ils aient lieu entre deux systèmes physiquement non miscibles. Tel est le cas des réactions d'échange d'ions entre solutions et résines; ils s'agit de polymères insolubles possédant des fonctions acide ou base et façonnés en forme de petites billes de quelques dixièmes de millimètre. Si  $M^+$  est un ion métallique dissous, RH la résine, on a la réaction:  $M^+ + RH = H^+ + RM$

Les ions métalliques sont échangés réversiblement entre les deux phases, suivant les principes régissant les équilibres acides-bases. C'est dire que les paramètres dont on dispose sont la force acide ou basique de la résine échangeuse et les constantes ioniques de la solution, spécialement son pH. Il peut être fixé par addition de substances tampons telles que des phosphates. On peut aussi ajouter des produits complexants, qui modifient la concentration des espèces ioniques libres.

Les aminoacides, entre autres, peuvent être séparés par simple régulation du pH de la solution. Considérons-en deux, A et All, dont les points isoélectriques sont respectivement aux pH 5 et 8. On sait qu'en dessous du pH isoélectrique les aminoacides donnent des ions positifs du type de l'ammonium et, au-dessus, des ions carboxyles négatifs. En fixant le pH à 6, l'acide A s'ionise négativement et ne peut s'échanger avec les protons  $H^+$  d'une résine acide, alors que pour All, ionisé positivement, cet échange est possible. Les choses sont, en réalité, moins simples que dans ce schéma, mais il n'en reste pas moins qu'on peut ajuster le pH de manière à avoir pour un couple d'acides aminés l'écart de coefficient de partage entre résine et solution le plus favorable à leur séparation. On dispose d'appareils permettant l'analyse automatique de tous les acides aminés d'un échantillon protéinique hydrolysé sur colonnes échangeuses d'ions, dont la composition est donnée directement sur une imprimante. La chromatographie par échange d'ions est évidemment réservée aux substances ionisables, tels les aminoacides et elle est, à ce titre, un procédé de choix en chimie minérale, où elle sert à la séparation de lanthanides ou de produits de fission. (© 1997 Encyclopædia Universalis)

<sup>iii</sup> **Potentiel d'oxydoréduction (Eh)** (Duchauffour, 1997): c'est l'expression en millivolts du potentiel électrique qui résulte du transport d'électrons et qui caractérise le pouvoir oxydant d'un couple rédox.



Eh  $\cong$  450 : 800 mV : L'oxygène est présent en quantité suffisante, tant à l'état gazeux qu'à l'état dissous ; les réactions d'oxydations (en particulier la nitrification) sont actives ; la matière organique soluble est rapidement biodégradée.

Eh  $\cong$  0 : 450 mV : C'est le domaine des équilibres appelé hypoxique ; l'oxygène gazeux ou dissous descend en dessous d'un seuil critique ; il est, dans une certaine mesure, relayé par l'intervention des donneurs (nitrates,  $Fe(OH)_3$ , parfois  $Mn_2O_3$ ) mais leur action est très progressive. La biodégradation de la matière organique soluble est très lente. Il est important de noter que **l'acidité renforce l'action du potentiel d'oxydoréduction pour favoriser les phénomènes de réduction** : la réduction partielle de  $Fe(OH)_3$  peut intervenir en milieu acide pour des Eh de 300 à 400 mV.

Eh  $\cong$  0 : -300 mV : Le milieu est très réducteur (sans oxygène = anoxique). La matière organique soluble se décompose sous l'action des fermentations anaérobies. Dès le Eh=0, la réduction des oxydes de fer intervient même à pH=7. Il se forme des sels mixtes ferreux-ferriques peu solubles, qui tendent à s'accumuler dans le milieu auquel ils confèrent une teinte gris verdâtre. Pour les Eh franchement négatifs (-200 ; -300 mV), des réactions particulières de réduction tendent à se produire :

1. La réduction des sulfates en sulfures de fer noirs (gley noir) qui caractérisent certains polders et **mangroves** mal aérés.
2. Dans les marais tourbeux riches en matière organique, la fermentation forménique qui fait disparaître sous la forme gazeuse tous les hydrates de carbone, même dans les celluloses (avec production de  $H_2$  et de  $CH_4$  – méthane)