



CAP Nord Martinique  
Communauté d'Agglomération du Pays Nord Martinique

# Diagnostic de la qualité des eaux du milieu récepteur & Diagnostic et détermination des besoins en protection / restauration des forêts humides du Galion

---



Rapport final

Mai 2014

Référence dossier : 1212\_02



Note : Pour une communication éco-reposable : ce rapport est imprimé en recto verso sur du papier recyclé ou issu de la gestion de forêts durables, avec une imprimante respectueuse de l'environnement. La mise en page est conçue pour limiter le nombre de pages et la consommation d'encre. [www.ademe.fr/eco-conception](http://www.ademe.fr/eco-conception)



**Étude pour le compte de :**



CAP Nord Martinique  
Communauté d'Agglomération du Pays Nord Martinique

**CAP Nord Martinique** (Communauté de Communes du Nord de la Martinique)  
39 lotissements La Mairie, 97225 MARIGOT  
[danielle.marie-louise@capnordmartinique.fr](mailto:danielle.marie-louise@capnordmartinique.fr)  
Contact : Danielle Marie Louise

**Dont l'Assistance à maîtrise d'ouvrage est assurée par**



**Egis Eau Martinique**  
6 rue des Arts et Métiers, Lotissement Dillon – Stade, 97200 Fort-de-France  
[mattieu.grosjean@egis.fr](mailto:mattieu.grosjean@egis.fr)  
Contact : GROSJEAN Matthieu

**Rapport à citer sous la forme :**

Impact-Mer, Bios, Ecolab, 2014. Diagnostic de la qualité des eaux du milieu récepteur & diagnostic et détermination des besoins en protection / restauration des forêts humides du Galion. Rapport pour : CAP Nord Martinique, 132 pp (annexes incluses).

**Rédaction :**

Mélanie HERTEMAN, Marie DUFLOS, Félix BOMPY, Gilles LEBLOND, Jean-François BERNARD

**Contrôle qualité :**

Christophe YVON

**Coordination générale :**

Mélanie HERTEMAN, Marie DUFLOS, Christophe YVON

**Terrain :**

Mélanie HERTEMAN, Marie DUFLOS, Céline LEROY, Félix BOMPY, Jean-François BERNARD, Gilles LEBLOND

**Cartographie :**

Romain WALKER, Paul-Alexis CUZANGE

**Crédits photographiques :**

Mélanie HERTEMAN, Félix BOMPY, Jean François BERNARD, Gilles LEBLOND, Marie DUFLOS

**Expertises complémentaires**

Gilles LEBLOND : Ornithologue

Jean-François BERNARD : Botaniste

Elisabeth LAVOCAT BERNARD, Jean Pierre FIARD, Jacques FOURNET : Botanistes



**Remerciements -**

Daniel IMBERT- Université des Antilles et de la Guyane, Jonathan MIGEOT



90 rue Prof. Garcin – Didier  
97200 Fort-de-France  
Tel : 05 96 63 31 35  
Siret : 534 347 836 00015  
[contact@impact-mer.fr](mailto:contact@impact-mer.fr)

# Sommaire

<b>A. CONTEXTE DE L'ETUDE</b> .....	<b>11</b>
<b>1 Le bassin versant du Galion</b> .....	<b>11</b>
1.1 Contexte.....	11
1.2 Le contrat de rivière .....	12
<b>2 Les milieux récepteurs du bassin versant du Galion</b> .....	<b>12</b>
2.1 La baie du Galion.....	12
2.2 Zones humides.....	13
2.3 Enjeux globaux de la baie - Problématique actuelle .....	14
<b>B. OBJECTIFS DE L'ETUDE</b> .....	<b>17</b>
<b>1 Objectifs 17</b>	
<b>2 Déroulement global de l'étude</b> .....	<b>17</b>
<b>3 Secteur d'étude</b> .....	<b>17</b>
<b>C. PHASE 1 : DIAGNOSTIC DE L'ETAT QUALITATIF PHYSICO-CHIMIQUE DE LA BAIE DU GALION</b> .....	<b>18</b>
<b>1 Objectifs de la phase 1</b> .....	<b>18</b>
<b>2 Matériel et Méthodes</b> .....	<b>18</b>
2.1 Fréquences et stations d'échantillonnage.....	18
2.2 Etape 1 : analyses physico-chimiques et microbiologiques sur le compartiment eau de mer .....	20
2.2.1 Echantillonnages.....	20
2.2.2 Analyses en laboratoire.....	20
2.3 Etape 2 : analyses des contaminants chimiques sur le compartiment sédiments.....	21
2.3.1 Echantillonnages.....	21
2.3.2 Analyses en laboratoire.....	21
<b>3 Résultats et Discussion</b> .....	<b>22</b>
3.1 Déroulement des campagnes .....	22
3.2 Difficultés rencontrées .....	22
3.3 Qualité physico-chimique et microbiologique de la masse d'eau .....	23
3.3.1 Paramètres descripteurs de la masse d'eau : salinité, température, pH.....	23
3.3.2 Paramètres indicateurs du degré d'eutrophisation : nutriments, chlorophylle <i>a</i> , oxygène dissous.....	25
3.3.3 Apports particuliers terrigènes : matières en suspension.....	28
3.3.4 Paramètres indicateurs d'un risque sanitaire : <i>Escherichia coli</i> , entérocoques intestinaux.....	29
3.3.5 Qualité de la masse d'eau de la baie du Galion : en lien avec les apports du bassin versant.....	31
3.4 Contamination chimique du sédiment .....	34
3.4.1 Granulométrie .....	34
3.4.2 Contaminants chimiques dans les sédiments .....	35
3.4.3 La contamination chimique de la baie du Galion : en lien avec les apports du bassin versant.....	44
<b>4 Conclusion du diagnostic de la phase 1</b> .....	<b>46</b>
<b>D. PHASE 2 : DIAGNOSTIC ECOLOGIQUE DES MANGROVES ET DE LA FORET MARECAGEUSE</b> .....	<b>48</b>
1.1 Objectifs.....	48
<b>2 Méthodologie</b> .....	<b>48</b>
2.1 Détails du déroulement des campagnes de terrain.....	48
2.2 Dynamique spatiale de la mangrove et de la forêt marécageuse .....	48
2.3 Caractérisation de la composition et de la structure de la forêt marécageuse.....	49
2.3.1 Organisation spatiale de l'inventaire et de la caractérisation de la structure de la végétation.....	49
2.3.2 Inventaire floristique.....	50

2.3.3	Caractérisation de la végétation en forêt marécageuse .....	51
2.3.4	Mesures physico-chimique des sols inondés .....	52
<b>2.4</b>	<b>Caractérisation de la mangrove .....</b>	<b>52</b>
2.4.1	Stratégie d'inventaire pour la description de la mangrove.....	52
2.4.2	Inventaire de la flore terrestre et épiphyte en arrière mangrove et sur ses lisières.....	53
2.4.3	Caractérisation de la végétation de mangrove.....	54
2.4.4	Mesures physico-chimiques en mangrove.....	54
<b>2.5</b>	<b>Caractérisation de la faune et avifaune de la mangrove.....</b>	<b>55</b>
<b>2.6</b>	<b>Elaboration des propositions et fiches d'actions.....</b>	<b>56</b>
<b>3</b>	<b>Difficultés rencontrées au cours de l'étude .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1</b>	<b>Accès aux parcelles .....</b>	<b>57</b>
<b>3.2</b>	<b>Ajustement du protocole .....</b>	<b>57</b>
<b>3.3</b>	<b>Les dégâts de la tempête Chantal.....</b>	<b>58</b>
<b>4</b>	<b>Résultats et discussion .....</b>	<b>59</b>
<b>4.1</b>	<b>Dynamique de la couverture spatiale de mangrove et forêt marécageuse.....</b>	<b>59</b>
4.1.1	Evolution des surfaces de forêt marécageuse à <i>P. officinalis</i> (1951-2012).....	59
4.1.2	Evolution des surfaces de mangrove (2004-2012).....	59
<b>4.2</b>	<b>Caractérisation de la forêt marécageuse .....</b>	<b>61</b>
4.2.1	Caractérisation hydrologique.....	61
4.2.2	Caractérisation floristique .....	62
<b>4.3</b>	<b>Caractérisation de la mangrove .....</b>	<b>73</b>
4.3.1	Caractérisation hydrologique.....	73
4.3.2	Répartition spatiale des différents types de végétation.....	76
4.3.3	Caractérisation floristique .....	86
<b>4.4</b>	<b>Caractérisation faunistique .....</b>	<b>96</b>
4.4.1	Les espèces et les différentes communautés d'oiseaux .....	96
4.4.2	Approche de la structure et de la répartition des populations d'oiseaux .....	97
4.4.3	Les autres taxons .....	100
4.4.4	Les enjeux patrimoniaux.....	101
<b>4.5</b>	<b>Menaces et contraintes sur les forêts humides du Galion.....</b>	<b>104</b>
<b>5</b>	<b>Conclusion du diagnostic de la phase 2 .....</b>	<b>109</b>
<b>E.</b>	<b>PROPOSITION D' ACTIONS ET DE RESTAURATION.....</b>	<b>110</b>
<b>1</b>	<b>Recommandations .....</b>	<b>110</b>
<b>F.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>125</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>127</b>	
<b>Annexe 1</b>	<b>: Liste des paramètres analysés dans le sédiment par le laboratoire de Rouen .....</b>	<b>128</b>
<b>Annexe 2</b>	<b>Couche MangEvol_2004_2013.....</b>	<b>131</b>
<b>1.1</b>	<b>Description générale .....</b>	<b>131</b>
<b>1.2</b>	<b>Caractéristiques des données sources.....</b>	<b>131</b>
<b>1.3</b>	<b>Caractéristiques de la couche .....</b>	<b>131</b>
<b>1.4</b>	<b>Exemple de la couche .....</b>	<b>132</b>
<b>Annexe 3</b>	<b>Couche MANGROVES 2013 .....</b>	<b>133</b>
<b>1</b>	<b>Description générale .....</b>	<b>133</b>
<b>2</b>	<b>Caractéristiques des données sources.....</b>	<b>133</b>
<b>3</b>	<b>Caractéristiques de la couche .....</b>	<b>133</b>
<b>4</b>	<b>Exemple de la couche .....</b>	<b>134</b>
<b>Annexe 4</b>	<b>Couche MANGROVES 2004 .....</b>	<b>135</b>
<b>1</b>	<b>Description générale .....</b>	<b>135</b>

2	Caractéristiques des données sources .....	135
3	Caractéristiques de la couche .....	135
4	Exemple de la couche .....	136
<b>Annexe 5</b>	<b>Couche <i>Pterocarpus</i>_1951 .....</b>	<b>137</b>
1	Description générale .....	137
2	Caractéristiques des données sources .....	137
3	Caractéristiques de la couche .....	137
4	Exemple de la couche .....	138
<b>Annexe 6</b>	<b>Couche <i>Pterocarpus</i>_2013 .....</b>	<b>139</b>
1	Description générale .....	139
2	Caractéristiques des données sources .....	139
3	Caractéristiques de la couche .....	139
4	Exemple de la couche .....	140

# Liste des figures

Figure 1 : Localisation et limites géographiques du bassin versant du Galion .....	11
Figure 2 : Baie du Galion juste après un épisode pluvieux. On distingue nettement les nappes turbides dues à l'apport de matières en suspension en provenance de l'exutoire de la rivière du Galion. ....	12
Figure 3 : Les milieux récepteurs de la baie du Galion.....	14
Figure 4 : Déroulement de l'étude en 2 phases .....	17
Figure 5 : Stations de prélèvements d'eau de mer et de sédiments dans la baie du Galion .....	19
Figure 6 : Description schématique des prélèvements à réaliser sur une carotte sédimentaire en vue d'analyses de contaminants chimiques (guide de prélèvement d'échantillons marins pour l'analyse de contaminants chimiques, Ifremer, 2007). ....	21
Figure 7 : Positionnement de la station 4 .....	22
Figure 8 : Paramètres descripteurs mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Salinité, température (°C) et pH.....	24
Figure 9 : Paramètres descripteurs mesurés à la station 1 en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Profils de salinité et température (°C). ....	24
Figure 10 : Paramètres indicateurs du degré d'eutrophisation, mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Azote inorganique dissous (DIN, $\mu\text{M}$ ), phosphate ( $\mu\text{M}$ ), chlorophylle a ( $\mu\text{g l}^{-1}$ ) et oxygène dissous ( $\text{mg l}^{-1}$ ).....	27
Figure 11 : Paramètres indicateurs du degré d'eutrophisation dans la baie du Galion. Etats évalués à partir des données de juillet et septembre 2013, sur la base des seuils et grilles de qualité DCE provisoires définis pour la Martinique en 2009 (Impact Mer & Pareto, 2010). ....	28
Figure 12 : Apports particuliers mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Matières en suspension ( $\text{mg l}^{-1}$ ).....	28
Figure 13 : Paramètres indicateurs d'un risque sanitaire, mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Escherichia coli et entérocoques intestinaux ( $\text{cellules.100 ml}^{-1}$ ). ....	30
Figure 15 : Gradient de sensibilité à l'eutrophisation dans la baie du Galion .....	32
Figure 16 : Carte des risques de pollutions terrestres en nutriments et MES susceptibles d'entraîner une eutrophisation et une hypersédimentation des eaux côtières (extrait de Legrand, 2010).....	33
Figure 17 : Proportion des différentes fractions granulométriques (%) dans les sédiments de la baie du Galion. ....	34
Figure 18 : Cartographie des substrats du littoral de la Martinique pour la zone côtière de 0-50 m (extrait de Legrand, 2010). ....	35
Figure 19 : Teneurs en métaux mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013. ....	38
Figure 20 : Concentrations en métaux ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013. ....	39
Figure 21 : Concentrations en hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP, $\mu\text{g kg}^{-1}$ p.s.) mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013. ....	41
Figure 22 : Concentrations en hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP, $\mu\text{g kg}^{-1}$ p.s.) mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013 et normalisées à 2,5 % de carbone organique total.....	42
Figure 23 : Evaluation de la qualité des cours d'eau en Martinique à partir des données 2011-2012 (Office de l'Eau).43	
Figure 24 : Schéma des pressions sur la qualité des eaux. ....	47
Figure 25 : Schéma des pressions sur la qualité du sédiment. ....	47
Figure 26 : Carte de la forêt marécageuse du Galion. Les deux parcelles inventoriées ainsi que les chemins d'accès sont localisées (Impact Mer) .....	49
Figure 27 : Géométrie des parcelles d'inventaire pour la caractérisation de la structure verticale et horizontale de la forêt marécageuse.....	50
Figure 28 : Photographie de la canopée en forêt marécageuse (A), quadrat pour l'inventaire de la structure forestière dans la zone est (aval) du massif (B), (Impact Mer) .....	51
Figure 29 : Clinomètre Suunto : mesure de la hauteur des arbres (A), étiquette DYMO : identification des arbres (B), (Impact Mer).....	52
Figure 30 : Emplacement des prélèvements d'eau pour analyse isotopique en forêt marécageuse.....	52
Figure 31 : Localisation des inventaires pour la description de la structure de la végétation de la mangrove (Impact Mer) .....	53
Figure 32 : Emplacements des prélèvements d'eau pour analyse isotopique en mangrove (Impact Mer) .....	55

Figure 33 : Points de prospection pour l'avifaune de l'ensemble de la zone (BIOS) .....	56
Figure 34 : Vue d'ensemble de la forêt marécageuse en eau (A et B). Impraticabilité de la zone ouest du massif lié au niveau d'eau trop important et à l'enfoncement du sol (C et D), (Impact Mer).....	57
Figure 35 : dégâts occasionnés par la tempête Chantal en forêt marécageuse.....	58
Figure 36 : Carte des changements de surfaces couvertes par la forêt marécageuse entre 1951 et 2012, (Ecolab).....	59
Figure 37 : Carte de l'évolution des surfaces couvertes par les palétuviers entre 2004 et 2012 (Ecolab) .....	60
Figure 38 : Carte de l'évolution des mangroves du Galion entre 1951 et 2004 (extrait de Impact Mer, 2011) .....	60
Figure 39 : Photographies prises sur le terrain de la sortie nord-est des buses (A) et mesure de suivi de la hauteur d'eau au niveau des buses nord est (B), (Impact Mer) .....	62
Figure 40 : Transect descriptif du contexte écologique de la forêt marécageuse (BIOS, Impact Mer) .....	63
Figure 41 : Photographies en forêt marécageuse. Absence de sous bois caractéristique des forêts marécageuses et dégâts importants sur la canopée après le passage de la tempête Chantal, mois de juillet (A). Forêt prises en photo en septembre, 3 mois après la tempête Chantal (B, C), (Impact Mer).....	67
Figure 42 : Illustration de la répartition des hauteurs dominantes (m) dans les parcelles A et B, les intensités de vert figurent des hauteurs dominantes plus ou moins élevées, la flèche donne la direction du Nord .....	67
Figure 43 : Illustration de la répartition dans l'espace du nombre d'arbre adulte et de juvéniles par quadrat (100 m <sup>2</sup> ) dans la parcelle A. Les intensités de vert figurent des densités plus ou moins élevées.....	68
Figure 44 : Illustration de la répartition dans l'espace du nombre d'arbre adulte et de juvéniles par quadrat (25 m <sup>2</sup> ) dans la parcelle B. Les intensités de vert figurent des densités plus ou moins élevées.....	68
Figure 45 : Canopée au mois de septembre 2013 (A). Travaux dans la partie amont de la forêt marécageuse (B, C). Vue d'ensemble de la forêt marécageuse en eau (D), (Impact Mer) .....	69
Figure 46 : Densité de tiges en fonction des classes de diamètre dans les parcelles A (bleu) et B (vert) en 2003 (tirets) et 2013 (ligne pleine). .....	70
Figure 47 : Distribution en classe de diamètre des <i>P. officinalis</i> des stations de la forêt de Golconde (Guadeloupe ; histogrammes) et des parcelles de la forêt du Galion (courbes continues de couleur). Les pointillés indiquent la répartition potentielle sans perturbations .....	72
Figure 48 : Analyses isotopiques de l'eau dans la mangrove du Galion. Positionnement des échantillons dans le plan $\delta^{18}O$ x $\delta^2H$ (A) et dans le plan $\delta^{18}O$ x salinité (B).....	74
Figure 49 : Cartographie des différents faciès des mangroves du Galion – octobre 2013, (Impact Mer).....	76
Figure 50 : Emplacement des différents transects illustratifs des faciès de végétation rencontrés dans le secteur d'étude.....	77
Figure 51 : Transect a, illustratif des différents types de végétation de la zone A vers l'étang de chasse (BIOS, Impact Mer). .....	78
Figure 52 : Transect b, illustratif des différents types de végétation de l'étang de chasse vers la zone B (BIOS, Impact Mer) .....	79
Figure 53 : Transect c.1, illustratif de différents types de végétation dans la zone C (BIOS, Impact Mer).....	80
Figure 54 : Autre transect illustratif (c.2) de différents types de végétation dans la zone C, avec des boisement secondaire en amont (BIOS, Impact Mer).....	81
Figure 55 : Transect d.1, illustratif des différents types de végétation que l'on peut retrouver dans les zones C et D (BIOS, Impact Mer) .....	82
Figure 56 : Transect d.2, illustratif de différents types de végétation dans la zone D (BIOS, Impact Mer) .....	83
Figure 57 : Transect e, illustratif de différents types de végétation dans la zone E (BIOS, Impact Mer) .....	84
Figure 58 : Proportion de la composition spécifique des parcelles étudiées – Juillet 2013.....	89
Figure 59 : Densité (individus/ha ; échelle log10) selon les différents stades (plantule, gaulis, baliveau) et les classes de diamètre dans les parcelles d'études des zones étudiées .....	89
Figure 60 : Etat de santé général des palétuviers – juillet 2013.....	90
Figure 61 : Phénologie des palétuviers – juillet 2013 .....	90
Figure 62 : Faciès des zones A et B à <i>R. mangle</i> (parcelle A1, A2 et B1) (respectivement photos A, B et C), et à <i>L. racemosa</i> (parcelle B2) (photo D), (Impact Mer) .....	92
Figure 63 : Faciès de la zone C à codominance de <i>R. mangle</i> et <i>L. racemosa</i> (parcelle C1, photo A) et à dominance de <i>L. racemosa</i> , inondée à marée montante (parcelle C3, photo B), (Impact Mer) .....	93
Figure 64 : Faciès des la zone D à <i>A. germinans</i> (parcelle D3) (photo A), à <i>R. mangle</i> arbustif (parcelle D2) (photo B), à <i>R. mangle</i> arboré (parcelle D1) (photo C) et embouchure du canal entre la zone D et C, (Impact Mer) .....	94
Figure 65 : Faciès de la zone E à <i>R. mangle</i> (parcelle E1 et E2) (Photo respectivement A et B), (Impact Mer).....	95

Figure 66 : Approche des structures de population d'oiseaux selon les différents habitats, (BIOS) .....	98
Figure 67 : Groupement hiérarchique des différentes zones à partir de la distance euclidienne. Légende : zones de A à E sont les zones de mangrove définies par le CCTP; zone F = miroir de chasse ; FM = forêt marécageuse, (BIOS).....	100
Figure 68 : Photographie de Tyran janeau (BIOS, G. Leblond).....	102
Figure 69 : Photographie de mâle de Paruline jaune prise sur le Galion (BIOS, G. Leblond) .....	102
Figure 70 : Photographie de Colombe rouviolette (K. Hansen, Wikipedia, 2010).....	102
Figure 71 : Photographie de Balbuzard pêcheur (J.F. Magne) .....	103
Figure 72 : Photographie de Martin pêcheur d'Amérique mâle (BIOS, G. Leblond) .....	103
Figure 73 : Photographie de Chevalier solitaire (BIOS, G. Leblond) .....	103
Figure 74 : Trame verte existante sur le site (BIOS).....	105
Figure 75 : Miroir de chasse et abris de chasseurs (BIOS, Impact Mer).....	105
Figure 76 : Macro déchets visibles en lisière de forêt marécageuse, à proximité de la ZAC du Bac (BIOS, Impact Mer)	106
Figure 77 : Exemples de macro déchets rencontrés le long des lisières de la mangrove du Galion (BIOS, Impact Mer)	106
Figure 78 : Préparation du charbon de bois (BIOS) .....	106
Figure 79 : Cultures de madères et enclos d'élevage en lisière de forêt marécageuse (BIOS).....	107
Figure 80 : Petits élevages observés en arrière mangrove (BIOS) .....	107
Figure 81 : Remblais de terre (au premier plan) en lisière de forêt marécageuse (BIOS) .....	107
Figure 82 : Schéma synthèse des pressions sur la forêt marécageuse du Galion. ....	108
Figure 83 : Schéma synthèse des pressions sur la mangrove du Galion. ....	108
Figure 84 : Axes de recommandation d'action, déclinés en objectifs stratégiques .....	110
Figure 85 : Objectif de trame verte à atteindre sur le secteur (BIOS) .....	113
Figure 86 : Zones dans lesquelles favoriser/assister la régénération naturelle de la mangrove (BIOS, Impact Mer) .	118
Figure 87 : Carte d'extension proposée pour l'APB de la pointe Jean-Claude.....	120
Figure 88 : Couche MangEvol_2004_2013.....	132
Figure 89 : Couche Mangrove 2013.....	134
Figure 90 : Couche Mangrove 2004.....	136
Figure 91 : Couche <i>Pterocarpus</i> 1951-2013 .....	138
Figure 92 : Couche <i>Pterocarpus</i> 1951-2013 .....	140

# Liste des tableaux

Tableau 1 : Coordonnées GPS et bathymétrie des stations positionnées dans la baie du Galion .....	18
Tableau 2 : Paramètres à analyser sur la matrice eau de mer .....	20
Tableau 3 : Données DCE. Concentrations en azote inorganique dissous (DIN) mesurées depuis 2007 dans les masses d'eau de type 1 .....	26
Tableau 4 : Classement des stations de la baie du Galion au regard de l'indicateur DCE « nutriments ». Classement établi sur la base des seuils et grilles de qualité provisoires définis pour les masses d'eau de type 1 (baies) en Martinique .....	26
Tableau 5 : Classement des stations de la baie du Galion au regard de l'indice DCE « biomasse phytoplanctonique ». Classement établi sur la base des seuils et grilles de qualité provisoires définis pour les masses d'eau de type 1 (baies) en Martinique .....	26
Tableau 6 : Classement des stations de la baie du Galion au regard de l'indicateur DCE « oxygène dissous ». Classement établi sur la base des seuils et grilles de qualité provisoires définis pour les masses d'eau de type 1 (baies) en Martinique .....	27
Tableau 7 : Seuils de qualité définis pour les paramètres microbiologiques (Directive 2006/7/CE) .....	29
Tableau 8 : QSEd déterminés pour quelques substances DCE et ERL (Effects Range Low) déterminés dans le cadre d'OSPAR pour le sédiment ou le biote .....	36
Tableau 9 : Niveaux de référence réglementaires ou en cours de validation par le groupe GEODE pour les sédiments dragués dans les ports français, destinés à être immergés .....	37
Tableau 10 : Concentrations en métaux dans les sédiments de la baie du Galion .....	38
Tableau 11 : Concentrations en HAP (ng l <sup>-1</sup> ) mesurées par la technique SBSE lors de la campagne d'échantillonnage passif réalisée en mai 2012 (Gonzalez, 2013) .....	41
Tableau 12 : Tableau bilan des contaminations et de leurs origines probables .....	46
Tableau 13 : Déroulement des campagnes de terrain .....	48
Tableau 14 : Caractéristique de l'images satellite Pléiades utilisées pour l'étude de la dynamique spatiale de la mangrove et de la forêt marécageuse .....	49
Tableau 15 : Description, superficie et coordonnées GPS des parcelles d'étude en mangrove .....	53
Tableau 16 : Evolutions de surfaces (ha) de la forêt marécageuse de 1951 à 2012 .....	59
Tableau 17 : Evolutions des surfaces de mangrove de la baie du Galion .....	61
Tableau 18 : Caractéristiques de la nappe d'eau dans les différents points de mesure en forêt marécageuse .....	61
Tableau 19 : Liste des espèces observées dans les parcelles de forêt marécageuse .....	65
Tableau 20 : Liste des espèces observées caractéristiques de la communauté végétale de la forêt marécageuse .....	66
Tableau 21 : Liste des espèces d'intérêt patrimonial, localisation dans la forêt marécageuse du Galion et vulnérabilité .....	66
Tableau 22 : Densité de juvénile dans les parcelles de forêt marécageuse .....	70
Tableau 23 : Résultats des tests statistiques pour comparer les distributions des effectifs par classes de diamètre .....	70
Tableau 24 : Caractéristiques hydrologiques des parcelles de mangrove et des différents écoulements à proximité .....	73
Tableau 25 : Liste des espèces végétales présentes dans la mangrove du Galion .....	86
Tableau 26 : Liste des espèces d'intérêt patrimonial présentes dans la mangrove du Galion .....	87
Tableau 27 : Densité moyenne et diamètre moyen des arbres dans les parcelles étudiées – Juillet 2013 .....	88
Tableau 28 : Caractéristiques de la mangrove de la zone A .....	91
Tableau 29 : Caractéristiques de la mangrove de la zone B .....	91
Tableau 30 : Caractéristiques de la mangrove de la zone C .....	92
Tableau 31 : Caractéristiques de la mangrove de la zone D .....	93
Tableau 32 : Caractéristiques de la mangrove de la zone E .....	94
Tableau 33 : Liste des espèces d'oiseaux contactées lors de cette étude et dans la littérature (noir) et potentielles (rouge) dans les forêts côtières inondables du Galion. Leur statut (M : migrateur, MH : migrateur hivernant, MN : migrateur nicheur, S : sédentaire), leur communauté (OH : oiseau d'eau et des milieux humide, OM : oiseau marin, OT : oiseau terrestre, OA : oiseau aérien) et leur appartenance à la liste des espèces protégées par l'arrêté ministériel du 17/02/1989 sont indiqués .....	96

Tableau 34 : Matrice d'abondance : répartition de l'avifaune détectée pendant les prospections dans les différentes zones. \* : espèce protégée. Présence détectée : 1 ; présence non détectée : 0. FM : forêt marécageuse, MANG : mangrove.....99

# Abréviations

---

<b>APB</b>	Arrêté de Protection de Biotope
<b>CCNM</b>	Communauté de Commune du Nord Martinique
<b>CCTP</b>	Cahier des Clauses Techniques et Particulières
<b>CELRL</b>	Conservatoire des Espace Littoraux et des Rivages Lacustres
<b>CO</b>	Carbone Organique
<b>COFIL</b>	Comité de Pilotage
<b>DCE</b>	Directive Cadre sur l'Eau
<b>DEAL</b>	Direction de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement
<b>DIN</b>	Azote Inorganique Dissous
<b>EAC</b>	Ecotoxicological Assessment Criteria
<b>ERL</b>	Effect Range Low
<b>ETM</b>	Éléments Traces Métalliques
<b>GEODE</b>	Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement
<b>HAP</b>	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
<b>LDA</b>	Laboratoire Départemental d'Analyse
<b>LMWL</b>	Local Meteorological Water Line
<b>LQ</b>	Limite de Quantification
<b>MEC</b>	Masse d'eau côtière
<b>MES</b>	Matières en Suspension
<b>NQE</b>	Norme de qualité environnementale
<b>ODE</b>	Office de l'Eau
<b>PCB</b>	PolyChloroBiphényles
<b>PIR</b>	Proche Infra Rouge
<b>PNRM</b>	Parc Naturel Régional de la Martinique
<b>POCIS</b>	Polar Organic Chemical Integrative Sampler
<b>REPOM</b>	Réseau national de surveillance de la qualité de l'eau et des sédiments dans les Ports Maritimes
<b>RNABE</b>	Risque de non atteinte du bon état écologique
<b>SANDRE</b>	Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau
<b>SBSE</b>	Stir Bar Sorptive Extraction
<b>SDAGE</b>	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
<b>SEQ</b>	Seuil Environnemental de Qualité
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>STEP</b>	Station d'épuration
<b>TBT</b>	Tributylétain
<b>UFC</b>	Unité formant des colonies
<b>UICN</b>	Union Internationale de Conservation de la Nature
<b>VNBC</b>	Viable mais non cultivable
<b>ZAC</b>	Zone d'Aménagement Concerté



## Préambule

Ce document constitue le rendu final attendu dans le cadre du marché N° M2013/022. Il est accompagné :

- des données brutes acquises dans le cadre de la phase 1, saisies au format SANDRE dans un fichier quadrilabo, exportable dans Quadrigé 2
- des fiches terrain des phases 1 et 2
- des listes d'espèces issues des inventaires floristiques
- des fichiers de cartographie sur l'évolution des couverts forestiers

## A. Contexte de l'étude

### 1 Le bassin versant du Galion

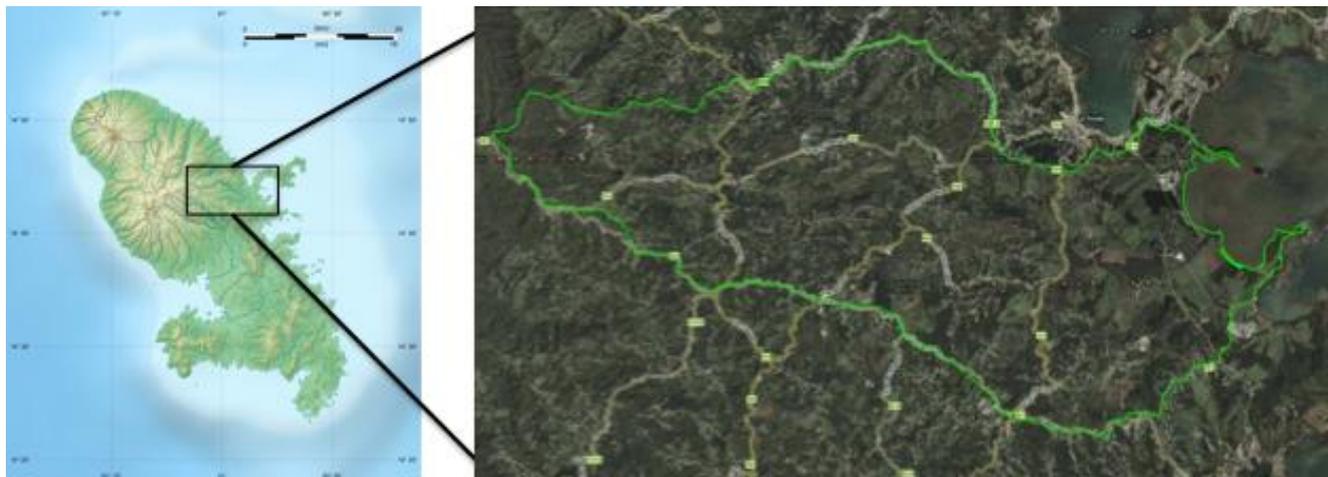


Figure 1 : Localisation et limites géographiques du bassin versant du Galion

#### 1.1 Contexte

Le bassin versant du Galion, territoire d'action du Contrat de Rivière du Galion, s'étend sur plus de 44,5 km<sup>2</sup> (soit 4 % de la superficie de l'île) et 4 communes : Trinité, Gros-Morne, Sainte-Marie et Le Robert. Le bassin versant draine 4 cours d'eau (le Galion, le Petit Galion, la Rivière racée et la rivière La Digue) et se jette dans la Baie du Galion. D'un point de vue paysager : la partie amont du bassin est peu habitée, essentiellement forestière et reçoit d'abondantes précipitations (5000 mm) ; la partie médiane du bassin est plus dense avec des exploitations de canne et de banane ; en aval, la plaine du Galion est exclusivement agricole et reçoit beaucoup moins de précipitations (1400 mm).

Diverses activités humaines ont lieu sur ce bassin versant : de l'agriculture (451 ha) avec des jardins traditionnels, de grandes exploitations (canne, banane) et quelques élevages, des activités industrielles importantes à l'échelle de l'île (agroalimentaire, peintures, gestion des déchets) et une population à la fois dense et en forte croissance. L'eau est un élément indispensable aux activités économiques du bassin versant et à son développement.

L'eau du bassin versant est utilisée à la fois pour la consommation d'eau potable (environ 2 millions m<sup>3</sup>/an), pour l'agriculture (4 millions de m<sup>3</sup>/an ; 700 ha de bananes irrigués) et pour le fonctionnement des industries.

Ces différentes activités sont à l'origine de rejets dans le bassin versant. Les effluents agricoles ne subissent aucun traitement et peuvent être une source de pollutions. Le type de rejet issu des activités industrielles varie selon les usines. Certaines sont équipées d'un système d'assainissement autonome, d'une STEP en interne mais peuvent également être à l'origine de pollutions.

L'état des eaux du bassin versant a été caractérisé dans le cadre de la révision de l'état des lieux du district hydrographique de la Martinique (2013). L'état écologique a été jugé « moyen » et l'état chimique comme « bon », sur la base des données DCE acquises en 2011-2012. Ces classements sont notamment dus à la présence de métaux (substances de l'état écologique).

Deux situations de crises sont à l'origine de l'élaboration du contrat de rivière. En 2001 et 2003 les périodes de carêmes ont été intenses avec très peu de précipitations. Les débits sont devenus trop faibles lié aux faibles précipitations et aux prélèvements. Ces situations de crises ont été gérées par l'élaboration de tours d'eau organisés en concertation avec les différents acteurs. Elles ont mis en évidence la nécessité de raisonner plus

profondément la gestion à la fois quantitative et qualitative du bassin versant pour éviter ces situations et améliorer l'état écologique et chimique des eaux.

Suite à ces périodes de crise, l'Office Départemental de l'Eau (ODE) a engagé la réalisation d'un « Schéma de gestion rationnelle des eaux » sur le bassin versant du Galion.

Conscients de la nécessité d'une démarche territoriale, concertée et intégrée pour répondre aux problématiques de gestion de la ressource, les partenaires institutionnels, techniques et financiers ont opté pour l'élaboration et la mise en œuvre d'un contrat de rivière.

## 1.2 Le contrat de rivière

Ce contrat de rivière a pour objectif de fixer contractuellement un programme d'action. Ce programme comprend des engagements pour une gestion quantitative et des actions pour l'amélioration ou la réhabilitation des milieux aquatiques et des zones humides dépendant de la rivière du Galion.

Un comité de rivière a été créé en 2007 pour définir le cadre de la concertation, élaborer le contrat de rivière et suivre son application. CAP Nord Martinique est depuis 2009 la structure porteuse en charge de l'animation du contrat de rivière, elle est assistée par EGIS eau pour l'élaboration du dossier définitif.

Le contrat de rivière pose de nombreux objectifs (i) liés à une meilleure gestion de la quantité des eaux et (ii) liés à l'amélioration de leur qualité, pouvant entraîner une amélioration des milieux terrestres. Aussi certains enjeux du rapport de phase 1 du contrat de rivière sont spécifiques aux forêts littorales humides ; tels que préserver et restaurer les espaces de mangroves et de forêts marécageuses, réduire les pollutions et les apports sédimentaires, et enfin intégrer la problématique de la Baie du Galion en tant que milieu récepteur des eaux du bassin versant. Le rapport de phase 1 suggère de réaliser des études complémentaires pour mieux connaître la qualité des eaux de la baie du Galion et l'état des milieux récepteurs. Cette étude correspond à ce besoin de connaissance et vient dans le cadre de la phase 2 de l'élaboration du contrat de rivière.

## 2 Les milieux récepteurs du bassin versant du Galion

### 2.1 La baie du Galion

La baie du Galion se situe au centre-est de la Martinique, et plus précisément au sud de la presqu'île de la Caravelle. C'est le milieu récepteur des eaux du bassin versant du Galion, compris entre la Pointe Jean-Claude et la Pointe Marcussy (Figure 3).

Cette baie de 25 km<sup>2</sup>, ouverte à l'est, est très peu profonde (0,2 à 0,5 m près du rivage, isobathe 1,9 m à 70 m de la côte) et essentiellement exposée aux houles de sud-est (Robert, 2012).

Elle est l'exutoire de la rivière du Galion, à l'origine d'apports particuliers importants, et dont le panache est visible sur les ortho-photographies ou photographies prises au niveau de la baie du Galion (Figure 2). Ces apports sédimentaires associés au faible renouvellement des eaux et à de faibles courants sont à l'origine du fort engorgement de la baie.



© C. Yvon, déc. 2011

Figure 2 : Baie du Galion juste après un épisode pluvieux. On distingue nettement les nappes turbides dues à l'apport de matières en suspension en provenance de l'exutoire de la rivière du Galion.

## 2.2 Zones humides

La baie du Galion se caractérise par la présence de 2 zones humides caractéristiques : une mangrove et, plus à l'intérieur des terres (derrière la zone du Bac), une forêt marécageuse (Figure 3). La forêt marécageuse du Galion est un petit massif forestier, dominé par le Mangle médaille (*Pterocarpus officinalis*), aujourd'hui sur la liste rouge des espèces menacées en France<sup>1</sup>, et constitue, à la Martinique, le dernier site où est représentée cette formation forestière. En effet, il est fort probable que cette formation forestière ait été autrefois présente en baie de Fort de France, en amont de la mangrove de Génipa (Imbert & Leblond, 2003). Celle-ci a été coupée en 2 par la construction de la RN1 dans les années 1980. Sa partie à l'est (en aval de la RN1 et en amont de la partie sud de la zone d'activités du Bac) est classée comme zone humide RAMSAR.

**Mangrove et forêt marécageuse sont des espaces de transition entre la terre et la mer, qui remplissent diverses fonctions leur conférant des valeurs biologiques, hydrologiques, économiques et sociologiques remarquables.**

Ces écosystèmes dépendent d'une inondation peu profonde, constante ou récurrente, ou de la saturation du substrat, ainsi que de caractéristiques physiques, chimiques et biologiques reflétant cette inondation ou saturation. Ces milieux humides recèlent une richesse écologique particulière et souvent exceptionnelle. Les zones humides, de façon générale, assurent de nombreuses fonctions :

❖ Fonctions biologiques :

Les zones humides sont des milieux de vie remarquables pour leur biodiversité. De nombreuses espèces végétales et animales y sont inféodées. Ce sont des lieux d'abri, de nourrissage et de reproduction pour de nombreuses espèces. Elles constituent des étapes migratoires, des lieux de reproduction ou d'hivernage pour de nombreuses espèces d'oiseaux aquatiques et de poissons. Les mangroves jouent également un rôle très important dans la protection des berges face à l'érosion. Elles permettent ainsi de retenir les sédiments qui seraient préjudiciables au développement des herbiers et des récifs coralliens. Mais c'est aussi par son rôle d'abri et de zone d'alimentation pour la faune du littoral et marine que la mangrove joue un rôle prépondérant.

❖ Fonctions hydrologiques :

Les zones humides participent à la régulation du débit des cours d'eau (atténuation des crues, prévention des inondations, soutien d'étiage, rétention des eaux de ruissellement, recharge des nappes). Leur capacité de stocker et de restituer progressivement de grandes quantités d'eau, permet l'alimentation des nappes d'eau souterraines et superficielles. En favorisant l'épuration grâce à leur riche biocénose (stockage et dégradations biochimiques dans le sol et assimilation par les végétaux, décantation des apports solides), elles participent à la préservation de la qualité de l'eau.

❖ Fonctions économiques :

De nombreuses activités économiques, telles que l'élevage, l'aquaculture (crustacés, mollusques, poissons), la pêche ou encore les productions d'osier, de sel et de tourbe dépendent de zones humides.

❖ Fonctions sociales et culturelles :

De par leur grande qualité paysagère, les zones humides sont des lieux de détente, de découverte et de loisirs, propices à de nombreuses activités récréatives, telles la navigation, la chasse ou la pêche.

Ces écosystèmes font partie des espaces naturels protégés de la Martinique. La forêt marécageuse du Galion est protégée par un Arrêté de Protection de Biotope (APB) et relève du régime forestier. A ce titre il s'agit donc d'un espace inaliénable et imprescriptible protégé contre toute destruction d'origine anthropique. La mangrove de la baie du Galion est sur le terrain du Parc Naturel Régional de la Martinique.

<sup>1</sup> [http://inpn.mnhn.fr/espece/listerouge/FR/Flore\\_vasculaire\\_Martinique\\_1\\_2013](http://inpn.mnhn.fr/espece/listerouge/FR/Flore_vasculaire_Martinique_1_2013)

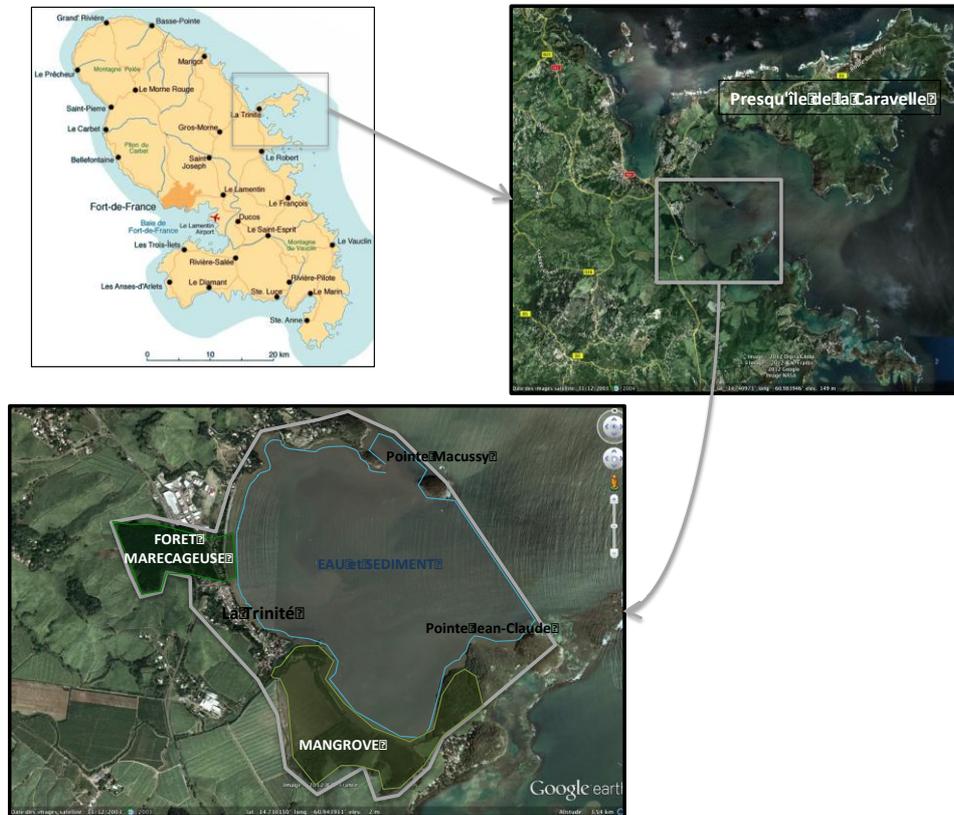


Figure 3 : Les milieux récepteurs de la baie du Galion

### 2.3 Enjeux globaux de la baie - Problématique actuelle

Les masses d'eau du bassin versant du Galion sont soumises à des pressions d'origine domestique, agricole, industrielle, qui peuvent altérer la qualité des cours d'eau et par conséquent la qualité des milieux récepteurs du bassin. Les facteurs d'altération sont multiples :

- ❖ L'assainissement des eaux usées présente de nombreuses défaillances. Sur 7 stations d'épuration actives en 2010, une seule était conforme aux normes de rejets et seulement 10% des systèmes d'assainissement autonomes sont estimés conformes. L'émissaire de la station de la Trinité est situé dans la baie à 1000 m du bord de mer afin d'assurer une dilution initiale de l'effluent épuré et limiter les risques de contamination du bord de mer.
- ❖ Le bassin versant est industrialisé et, bien que les rejets en rivière soient de plus en plus limités et contrôlés, cette industrialisation contribue à la dégradation de la qualité générale des eaux. Les concentrations en métaux y sont fortes (cadmium, mercure, nickel et plomb). On retrouve entre autres sur le bassin une usine de peinture, une sucrerie et une carrière d'andésite.
- ❖ L'agriculture et notamment la production bananière, très consommatrice en engrais et en produits phytosanitaires, ainsi que les traitements en post-récolte sont responsables de l'émission de nombreuses substances dans l'environnement.
- ❖ L'érosion des sols peut être favorisée par l'urbanisation, les défrichements, l'imperméabilisation des sols, certaines pratiques culturales, l'entretien des berges. Elle est à l'origine de fortes charges en matières en suspension au niveau des cours d'eau et des milieux récepteurs.
- ❖ Le transport des MES depuis le bassin versant vers la baie est responsable du transport associé de molécules telle que la chlordécone qui s'adsorbe sur les particules en suspension. La contamination par la chlordécone a notamment conduit à l'interdiction de la pêche sur l'ensemble du bassin versant et dans la baie du Galion (Arrêté préfectoral n° 10-3275 (article 1).

La baie du Galion appartient à la masse d'eau côtière (MEC) de type 1 (baies) FRJC014 (délimitation des masses d'eau côtière et de transition, révisée en 2011). Cette masse d'eau avait été identifiée comme présentant un risque de non atteinte du bon état écologique (RNABE) à l'horizon 2015 lors de l'état des lieux du district hydrographique de la Martinique. Elle présentait notamment un risque d'altération fort à très fort en raison :

- des processus d'hypersédimentation
- des processus d'eutrophisation
- de l'écotoxicité liée aux rejets industriels

En 2013, lors de la révision de l'état des lieux du district hydrographique, le risque de non atteinte des objectifs environnementaux (RNAOE) à l'horizon 2021 est avéré.

Aucune station n'est suivie dans la masse d'eau de la baie du Galion depuis la mise en œuvre des réseaux DCE de référence et de surveillance en 2007. Il existe donc très peu de données de qualité hydrologique et chimique du milieu :

- ❖ Une station (« Fond de Baie du Galion ») a été positionnée dans la baie lors de la campagne d'échantillonnage passif réalisée en Martinique en mai-juin 2012 (DEAL-ODE). Lors de cette campagne prospective, de nombreux polluants (hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), PCB, pesticides, produits pharmaceutiques, alkylphénols) ont été analysés par les techniques SBSE et POCIS. D'une manière générale, la station présentait le plus grand nombre de pesticides détectés par POCIS pour les eaux littorales, dans des concentrations inférieures aux NQE proposées dans le cadre de la DCE. Des concentrations faibles en HAP et bisphénol A ont également été mesurées. Aucun PCB ni pesticide hydrophobe n'a été détecté par SBSE (Gonzalez et al., 2013).
- ❖ Bertrand *et al.* (2009) se sont intéressés à la contamination chimique de la faune halieutique des littoraux des Antilles françaises. Des sédiments prélevés à l'embouchure de la rivière du Galion ont également fait l'objet d'une recherche en chlrodécone et contaminants métalliques. Pour la chlrodécone, l'étude met en évidence une contamination généralisée des sédiments pour les zones situées entre le Vauclin et le sud de la Caravelle, l'embouchure de la rivière du Galion n'étant pas le site le plus contaminé. La faune halieutique de la baie du Galion, en revanche, présente des concentrations significatives en chlrodécone, parmi les plus importantes. L'étude souligne également la contamination des sédiments estuariens du Galion en zinc et en plomb.
- ❖ Dans le cadre du projet Chlosed, l'historique de la contamination en chlrodécone a été étudiée dans les sédiments littoraux de la baie du Galion et du Havre du Robert (Robert, 2012). L'étude met en évidence l'importance des apports terrigènes par la rivière du Galion. L'accumulation sédimentaire et la contamination en chlrodécone sont plus marquées dans les sédiments proches de l'embouchure de la rivière du Galion que ceux du Robert. Les différences de contamination résident notamment dans les spécificités sédimentologiques des deux baies. Au regard des concentrations mesurées, l'étude conclut que les sédiments superficiels n'apparaissent pas comme un réceptacle important de la chlrodécone dans le milieu marin.
- ❖ D'autre part, sur le bassin versant, la qualité de l'eau de la rivière du Galion est suivie depuis 1993 à la station « Grand Galion ». Cette station est située en aval du bassin versant, en zone agricole, dans une exploitation de bananes. Depuis 2007, les paramètres physico-chimiques, des pesticides, métaux et autres polluants organiques, ainsi que des paramètres biologiques sont suivis par l'ODE dans le cadre de la DCE. Les données acquises en 2011 ont été valorisées et ont permis de classer la masse d'eau en état chimique « bon » et en état écologique « bon » ou « moyen » selon que le chlrodécone était pris en compte ou non. Depuis 2007, la qualité de la masse d'eau a été plusieurs fois déclassée en raison de la présence de mercure (2007-2008), d'indéno (1,2,3-cd) pyrène et de benzo (a) pyrène (2010) et de chlrodécone en général. Cette station a également fait l'objet de la campagne d'échantillonnage passif de 2012. Des concentrations faibles en métaux, HAP et pesticides (diazinon, dieldrine et chlropyrifos) ont été détectées.

Les zones humides de la Baie du Galion ont également fait l'objet d'études par le passé. Le potentiel écologique des mangroves de Martinique (dont celle de la baie du Galion) a été évalué (Impact Mer, 2009). Les espaces de mangroves au niveau de la baie du Galion sont en progression de 3,36 % depuis 1951 (Impact Mer, 2011). La mangrove subit une forte sédimentation et montre des signes d'eutrophisation. Des zones d'herbiers ont disparu du fait de la turbidité et de l'envasement de la baie. Cependant, l'estuaire de la rivière du Galion comporte encore des herbiers et des récifs coralliens.

D'autres études concernent aussi cette zone de façon plus ou moins spécifique :

- ❖ PNRM, D. Imbert, 2003. Diagnostic écologique de la forêt marécageuse (Commune de Trinité, Martinique).
  - Cette étude montre la richesse biologique du massif, celui-ci revêtant des aspects patrimoniaux par le caractère relictuel de ce type de formation forestière (la dernière à la Martinique) et la grande richesse de l'avifaune qu'elle héberge.

- Cette étude conclue que ce dernier lambeau de forêt marécageuse à *Pterocarpus* à la Martinique doit être conservé et mis en valeur en tant qu'élément remarquable du patrimoine de l'île. L'accent est mis sur la contrainte que provoque le passage de la RN1 au milieu du massif, la nécessité de contenir l'extension de la ZAC et d'en limiter les nuisances, ainsi que de créer des corridors boisés pour rompre l'isolement du massif
- ❖ PNRM, 2007. Inventaire des zones humides de la Martinique.
  - Cet inventaire classe la forêt marécageuse du Galion comme étant la seconde zone humide avec le plus fort intérêt patrimonial de l'île (sur les 156 zones humides inventoriées). Il reprend les conclusions du travail d'Imbert et Leblond en mettant en exergue la nécessité de contenir la pression d'urbanisation de la ZAC.

Enjeux et  
problématique :

Les données actuelles sont insuffisantes pour déterminer la qualité hydrologique, chimique et écologique des milieux récepteurs du bassin versant du Galion.

Aussi, un diagnostic de la qualité de la baie, de la forêt marécageuse et des mangroves est nécessaire pour actualiser les connaissances.

La présente étude prévoit la réalisation de deux diagnostics qui concernent d'une part, la masse d'eau de la baie du Galion et ses sédiments, et d'autre part, ses forêts humides littorales.

## B. Objectifs de l'étude

### 1 Objectifs

Bassins versants, rivières, forêts marécageuses et littorales, mangroves et masse d'eau de la Baie du Galion forment un continuum de la terre vers la mer dont les différents compartiments ne peuvent être dissociés d'un point de vue fonctionnel. Il s'agit donc ici d'évaluer les effets des apports issus du bassin versant, sur les milieux récepteurs (masse d'eau de la baie, forêt marécageuse et mangroves). Il s'agit de réaliser un état de ces milieux et de proposer des actions de protection, de gestion ou de restauration.

Cette étude fournira un état écologique initial qui permettra de préconiser des actions de restauration ou de gestion et de mettre en place un programme de surveillance pour suivre les évolutions et les effets des actions engagées sur la qualité des eaux marines réceptrices.

Cette mission s'intègre dans le contexte de l'élaboration du Contrat de Rivière du Galion. Les objectifs sont multiples et conformes aux éléments de contexte décrits aux chapitres précédents :

- ❖ Evaluer l'état des milieux récepteurs (mangroves, forêts marécageuses, baie du Galion)
- ❖ Etablir les liens de causes à effets entre les pressions terrestres et les impacts sur les milieux récepteurs (mangroves, forêts marécageuses, baie du Galion)
- ❖ Proposer des actions de protection, de restauration et de gestion des milieux récepteurs

Objectifs de l'étude :

Les milieux récepteurs sont des indicateurs des pressions qui s'exercent sur le bassin versant du Galion (rejets, atteintes à l'environnement). Cette étude doit permettre d'établir un état zéro pour ces indicateurs et d'évaluer les effets de ces pressions et émissions.

### 2 Déroulement global de l'étude

L'étude est organisée en 2 phases :

- ❖ **PHASE 1** : élaboration d'un diagnostic de l'état qualitatif physico-chimique de la baie du Galion. Cette phase comprend :
  - Des prélèvements d'eau et de sédiment ainsi qu'une analyse bibliographique
  - Des analyses en laboratoire des échantillons récoltés
  - L'interprétation des données pour évaluer l'état qualitatif physico-chimique de la baie du Galion
- ❖ **PHASE 2** : réalisation d'un diagnostic de l'état écologique des mangroves et de la forêt marécageuse. Cette phase comprend :
  - Des inventaires faune / flore afin d'établir un diagnostic de ces milieux (biodiversité, santé)
  - Des propositions d'actions de restauration, de protection et de gestion

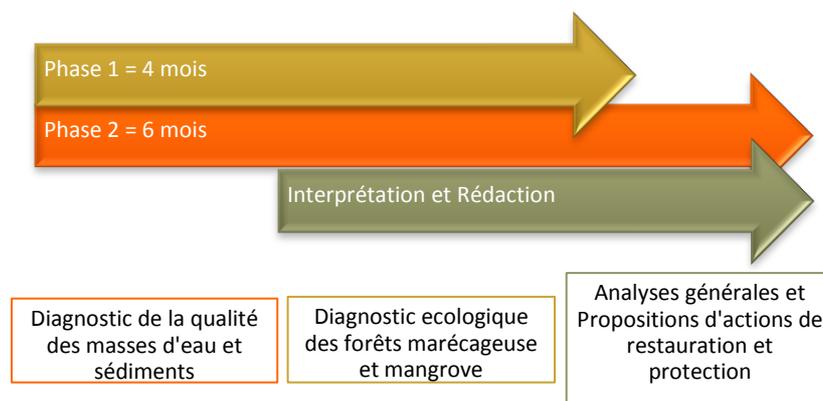


Figure 4 : Déroulement de l'étude en 2 phases

### 3 Secteur d'étude

Le secteur d'étude concerne les milieux récepteurs des eaux du bassin versant du Galion :

- ❖ Baie du Galion (eaux marines et sédiments)
- ❖ Mangroves
- ❖ Forêts marécageuses

L'étude s'est focalisée sur les compartiments eaux marines et sédiment de la baie du Galion ainsi que sur ces deux forêts « humides » (mangrove et forêt marécageuse à *Pterocarpus officinalis*).

# C. Phase 1 : Diagnostic de l'état qualitatif physico-chimique de la baie du Galion

## 1 Objectifs de la phase 1

L'objectif de cette première phase est d'évaluer l'état physico-chimique de la baie du Galion. Ce diagnostic porte sur les matrices eau de mer et sédiment dans la baie et s'articule autour de 3 étapes :

- analyses physico-chimiques de l'eau de mer,
- analyse des contaminants dans les sédiments,
- élaboration du diagnostic sur la base des données existantes et des données complémentaires acquises dans le cadre de l'étude.

L'objectif final est de définir l'état qualitatif de la baie en lien avec les pressions identifiées au sein du bassin versant dans le cadre de l'élaboration du Contrat de Rivière.

## 2 Matériel et Méthodes

### 2.1 Fréquences et stations d'échantillonnage

Deux campagnes d'échantillonnage et de mesures *in situ* ont été réalisées à deux mois d'intervalle.

La première campagne a concerné les compartiments sédiment (29 juillet 2013) et eau de mer (30 juillet 2013). La seconde n'a porté que sur celui de l'eau de mer (24 septembre 2013).

Remarque :

Afin de mieux apprécier les flux terre-mer, et d'améliorer l'interprétabilité des données, les deux campagnes de prélèvements d'eau de mer ont été réalisées simultanément aux campagnes de mesures DCE en rivière (ODE).

Cinq stations ont été pré-positionnées dans la baie (CCTP). Les stations 1 à 3 sont situées au droit de l'embouchure de la rivière du Galion, de manière à mettre en évidence un éventuel gradient (croissant) de contamination dans la baie. Les stations 4 et 5 sont placées en fond de baie. La position de la station 4 a été revue lors du comité de pilotage (COFIL) de démarrage du 5 juillet 2013, afin de la positionner dans la mangrove. La station 5 se trouve en face de la zone du Bac (Figure 5). Les coordonnées GPS précises et la bathymétrie des 5 stations ont été relevées lors de la première campagne d'échantillonnage (Tableau 1). Une demande d'attribution de code SANDRE pour ces nouveaux sites a ensuite été réalisée par CAP Nord Martinique auprès de l'ODE.

Tableau 1 : Coordonnées GPS et bathymétrie des stations positionnées dans la baie du Galion

Stations	Code SANDRE	Coordonnées GPS (WGS 84, UTM20, dms)		Bathymétrie (m)
Station 1	08999517	14°43'38.24"N	60°55'46.63"O	9
Station 2	08999518	14°43'27.51"N	60°56'2.95"O	4
Station 3	08999519	14°43'13.30"N	60°56'19.07"O	1
Station 4	08999520	14°42'57.45"N	60°56'10.61"O	1
Station 5	08999521	14°43'36.10"N	60°56'32.83"O	2

Position des stations d'échantillonnage d'eau de mer et de sédiments



Source : Google Earth, BD Carthage, DEAL 972/ Réalisation : Impact Mer - PA CUZANGE / Janvier 2014

Figure 5 : Stations de prélèvements d'eau de mer et de sédiments dans la baie du Galion

## 2.2 Etape 1 : analyses physico-chimiques et microbiologiques sur le compartiment eau de mer

### 2.2.1 Echantillonnages

Les méthodes de prélèvements, d'échantillonnage et d'analyse sont conformes aux préconisations de l'IFREMER (Aminot et Kérouel, 2004) et aux normes en vigueur (NF EN ISO 5667, FD T90 523-1, notamment). Elles correspondent à celles utilisées dans les protocoles de suivi du Réseau National d'Observation (ex-RNO) en Martinique, de la DCE Martinique et Guadeloupe et du Contrat de la Baie de Fort-de-France.

L'ensemble des prélèvements a été réalisé le matin. Les stations ont été échantillonnées dans le même ordre et à des heures comparables lors des deux campagnes.

#### Mesure des paramètres *in situ*

Les mesures *in situ* ont été réalisées à l'aide d'une sonde YSI (6600-V2) équipée de capteurs optique (oxygène), électrochimique (pH) et physiques (température, salinité, profondeur), et calibrée avant la prise de mesure.

A la station 1, des profils ont été enregistrés le long de la colonne d'eau pour ces paramètres. Aux autres stations, trop peu profondes, les mesures n'ont été prises qu'à une seule profondeur (environ à mi-profondeur).

#### Prélèvements d'eau de mer (nutriments, matières en suspension, chlorophylle *a*, bactériologie)

L'eau de mer a été prélevée à l'aide d'une bouteille NISKIN à 2m au-dessus de la profondeur maximale à la station 1 et approximativement à mi-profondeur aux autres stations. Elle a ensuite été échantillonnée dans les flacons destinés aux différentes analyses, conformément aux recommandations en vigueur (Aminot et Kérouel, 2004). Du fait de la forte turbidité de la zone, une attention particulière a été portée à l'homogénéisation des échantillons lors du remplissage des flacons.

Une fois remplis, les flacons ont été immédiatement placés debout, à l'obscurité et au frais jusqu'à leur livraison au laboratoire d'analyse (LDA Martinique<sup>1</sup>).



### 2.2.2 Analyses en laboratoire

Les analyses ont été réalisées par le Laboratoire Départemental d'Analyse de Martinique (LDA 972). Le dosage des nutriments (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate) repose sur des méthodes colorimétriques (décrites par Aminot et Kérouel). La mesure des matières en suspension (MES) est réalisée selon la norme NF EN 872, celle de la chlorophylle *a* selon la norme NFT 90-117, conformément aux préconisations du CCTP. Pour la qualité microbiologique, les concentrations en *Escherichia coli* (*E. coli*) et en entérocoques intestinaux sont mesurées selon les normes NF EN ISO 9308-3 et NF EN ISO 7899-1, respectivement (Tableau 2).

Tableau 2 : Paramètres à analyser sur la matrice eau de mer

Paramètres	Analyse	Méthode	Matrice	Limite de quantification
Nitrate	LDA 972	Méthode RNO + Spectro UV-V	Eau pré-filtrée sur 10 µm	0,05 µM
Nitrite				0,03 µM
Ammonium				0,1 µM
Orthophosphate				0,05 µM
Chlorophylle <i>a</i>	LDA 972	NF T 90-117 SCOR UNESCO	Eau brute	0,1 µg l <sup>-1</sup>
Matières en suspension	LDA 972	NF EN 872 juin 05	Eau brute	2 mg l <sup>-1</sup>
<i>Escherichia coli</i>	LDA 972	NF EN ISO 9308-3	Eau brute	15 x 100ml <sup>-1</sup>
Entérocoques intestinaux	LDA 972	NF EN ISO 7899-1	Eau brute	15 x 100ml <sup>-1</sup>

*Remarque* : Lors du traitement des données, les mesures inférieures aux seuils de quantification du laboratoire ont été considérées comme étant égales à la valeur des seuils de quantification considérés (traitement RNO également adopté pour la DCE).

<sup>1</sup> Le choix de ce laboratoire a été réalisé en accord avec le maître d'ouvrage

## 2.3 Etape 2 : analyses des contaminants chimiques sur le compartiment sédiments

### 2.3.1 Echantillonnages

Les méthodes de prélèvements, d'échantillonnage et d'analyse reposent sur les recommandations de l'Ifremer (guide de prélèvement d'échantillons marins pour l'analyse des contaminants chimiques, 2007) et sur les normes et/ou guides en vigueur (norme NF EN ISO 5667-15, guide ISO 5667-12, notamment). Elles sont conformes à celles utilisées dans le cadre du réseau de suivi REPOM.

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés avec une benne Eckman-Birge (0,033 m<sup>2</sup>), en sub-surface. A chacune des 5 stations, 3 prélèvements élémentaires ont été réalisés, espacés au maximum de quelques mètres les uns des autres. Les premiers centimètres de sédiment contenus dans chaque benne ont été récupérés, en prenant soin d'éviter toute contamination (uniquement la partie centrale et intermédiaire de la carotte qui n'a pas été en contact avec la benne (Figure 6).

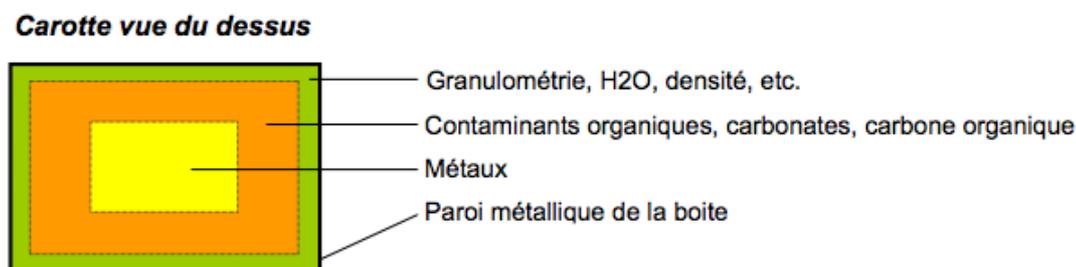


Figure 6 : Description schématique des prélèvements à réaliser sur une carotte sédimentaire en vue d'analyses de contaminants chimiques (guide de prélèvement d'échantillons marins pour l'analyse de contaminants chimiques, Ifremer, 2007).

Les échantillons élémentaires ont été mélangés afin d'obtenir un échantillon brut par station. L'échantillon brut a ensuite été transféré dans les flacons destinés aux différentes analyses. Une fois remplis, les flacons ont immédiatement été placés debout à l'obscurité et au frais jusqu'au retour à terre.

Les échantillons ont été expédiés le jour même au laboratoire, conditionnés dans des glacières contenant de la carboglace. Afin de prévenir les risques de perte d'échantillons liés au transport, des répliqués ont été conservés à Impact-Mer jusqu'à confirmation par le laboratoire de la bonne réception des échantillons.

### 2.3.2 Analyses en laboratoire

Les paramètres généraux descripteurs du sédiment, les métaux, hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) et un certain nombre de polluants organiques ont été analysés par un laboratoire agréé (laboratoire de Rouen<sup>1</sup>). La liste des paramètres, méthodes d'analyse, limites de quantification et accréditations COFRAC éventuelles sont détaillées dans le tableau figurant à l'Annexe 1. Elles sont conformes à celles utilisées dans le cadre du réseau de suivi REPOM.

Les métaux ont été analysés selon la norme NF EN ISO 11885 sauf l'étain (NF EN ISO 15586) et le mercure (NF EN ISO 17852). La méthode XP T 90-250 mod a été utilisée pour les organostanniques ; et la méthode XP X 33-012 pour les PCB, organochlorés et pesticides azotés et phosphorés, les HAP, les alkylphénols. Les autres composés ont été analysés en chromatographie en phase gazeuse ou liquide, couplée à une détection par spectrométrie de masse.

<sup>1</sup> Le laboratoire de Rouen possède l'accréditation COFRAC et l'agrément du Ministère de l'Environnement pour la plupart des paramètres à analyser.

## 3 Résultats et Discussion

### 3.1 Déroutement des campagnes

Les échantillonnages se sont déroulés pendant la saison humide et à deux mois d'intervalle (fin juillet et fin septembre 2013). La première campagne a eu lieu après le passage d'une tempête tropicale précoce sur la Martinique (Chantal, 9 juillet 2013), surtout marquante par les vents forts qui l'ont accompagnée. Les dégâts occasionnés par cette tempête ont été observés lors des terrains réalisés dans le cadre de la phase 2. Le reste du mois, la pluviométrie était conforme aux normales saisonnières avec quelques épisodes pluvieux marquants : le 7 et dans une moindre mesure les 8-9 et 17 juillet. Le mois de septembre, en revanche, a présenté un déficit de pluviométrie par rapport aux normales saisonnières et une augmentation de la température moyenne. Dans l'ensemble après le passage de Chantal, les alizés ont soufflé de manière régulière sur l'ensemble de la période de l'étude. Ils étaient plus soutenus lors des échantillonnages de septembre que de juillet.

La première campagne a permis de positionner sur le terrain les stations d'échantillonnage pré-définies. Les observations réalisées en mangrove les 23 et 24 juillet (phase 2) ont permis de repérer un passage accessible en bateau dans la mangrove. La station 4 a ainsi pu être placée dans la lisière même (Figure 7), conformément aux recommandations émises lors du COPIL de démarrage.



Figure 7 : Positionnement de la station 4

### 3.2 Difficultés rencontrées

La principale difficulté rencontrée lors de cette phase a concerné les analyses d'eau de mer par le Laboratoire Départemental d'Analyses de Martinique (LDA 972) pour la première campagne d'échantillonnage (juillet 2013).

L'analyse de la chlorophylle a nécessite au préalable la filtration des échantillons dans les 6 heures suivant les prélèvements. Les filtres sont ensuite généralement conservés à -20°C par le LDA, en vue de l'extraction de chlorophylle a et de l'analyse des extraits dans un délai maximal de 30 jours (Aminot et Kérouel, 2004).

- Du fait de la simultanéité des échantillonnages avec ceux réalisés en cours d'eau par l'ODE, le LDA n'était pas en mesure de réceptionner l'ensemble des échantillons et de réaliser les filtrations de chlorophylle dans des délais raisonnables lors de la campagne de juillet (manque de moyens matériels et humains).
- D'autre part, le laboratoire nous a fait part d'une panne de leur spectrophotomètre (analyses des nutriments et de la chlorophylle), avec pour conséquence l'impossibilité d'analyser les extraits de chlorophylle a dans les 30 jours suivant les filtrations.

Pour cette campagne, Impact Mer a donc réalisé la filtration des échantillons dans ses locaux, selon le protocole appliqué par le LDA. Les filtres ont ensuite été plongés dans l'azote liquide puis conservés dans un congélateur à -80 °C jusqu'à ce qu'ils puissent être extraits et analysés. Ce protocole permet de prévenir la dégradation des échantillons et de les conserver jusqu'à un an<sup>1</sup>. Ce point a fait l'objet d'une validation lors du COPIL du 5 juillet 2013.

<sup>1</sup> Ce protocole de conservation a été validé par l'Ifremer pour les échantillons de chlorophylle a prélevés dans le cadre des suivis DCE et Contrat de la Baie de Fort-de-France, aux mêmes périodes.

### 3.3 Qualité physico-chimique et microbiologique de la masse d'eau

#### 3.3.1 Paramètres descripteurs de la masse d'eau : salinité, température, pH

La salinité et la température dépendent quasiment exclusivement de processus physiques et sont, à ce titre, de bons traceurs du mélange des eaux. En milieu littoral où les apports d'eau douce continentale peuvent générer des stratifications verticales, ces paramètres sont alors particulièrement utiles pour suivre le comportement des masses d'eau. Alors que la salinité moyenne océanique est d'environ 35, en milieu côtier elle peut descendre jusqu'à 25 à proximité de certaines embouchures fluviales (Aminot et Kérouel, 2004).

Les valeurs de **salinité** mesurées en juillet et septembre 2013 illustrent le gradient côte/large existant entre les stations 1 et 2, sous influence marine, et la station 3, sous l'influence des apports d'eau douce de la rivière du Galion. Au cours des 2 campagnes, les valeurs minimales sont mesurées à la station 3 (23,1 – 29,4). Elles augmentent à la station 2, puis à la station 1 (32,0 – 34,5). Les stations 4 (dans la mangrove) et 5 sont intermédiaires, avec des valeurs de salinité comprises entre 26,6 et 33,0 (Figure 8).

Les tendances spatiales sont identiques au cours des deux campagnes, avec des valeurs plus élevées en septembre pour l'ensemble des stations. Ceci pourrait illustrer le déficit de pluviométrie enregistré à cette période sur l'île (Météo France).

Les **températures** sont typiques des eaux côtières tropicales. Les mesures enregistrées au cours des 2 campagnes, entre 7h15 et 11h00, varient de 29,2 à 30,6 °C, avec une moyenne de  $30,1 \pm 0,4$  °C.

En juillet, on note une légère augmentation des températures depuis l'extérieur vers l'intérieur de la baie. La diminution de la bathymétrie et le décalage horaire des échantillonnages est probablement à l'origine de ces variations. Cette tendance ne se confirme pas en septembre.

Le **pH** est étroitement lié à certains processus biologiques tels que l'activité photosynthétique ou la reminéralisation de la matière organique, qui agissent sur le système des carbonates et donc sur l'équilibre des espèces chimiques majeures. En milieu marin ce paramètre varie peu, en particulier en surface : 8 – 8,3 en moyenne. En revanche, le mélange avec les eaux douces dans les estuaires peut conduire à des variations beaucoup plus importantes.

Au cours des deux campagnes, les valeurs de pH sont relativement homogènes aux stations 1, 2, 3 et 5. Elles varient entre 8,01 et 8,13. A la station 4, elles sont plus acides, en particulier lors de la seconde campagne (7,69). Ces valeurs sont représentatives des conditions rencontrées en mangrove, où l'influence des eaux douces et de la reminéralisation de la matière organique sont plus marquées.

#### **Profils à la station 1 :**

Les profils enregistrés à la station 1 mettent en évidence une différence dans les conditions hydrologiques rencontrées lors des deux campagnes :

- D'une manière générale, les variations sont de faible amplitude le long de la colonne d'eau (< à 10 m).
- Toutefois, une légère stratification (thermo-)haline est en place lors de la première campagne. En juillet, les eaux sont moins salées et plus chaudes en surface (sur les 2-3 premiers mètres). La salinité augmente et la température diminue avec la profondeur. En septembre, la colonne d'eau est beaucoup plus homogène et les eaux plus salées.

Dans la baie du Galion, l'étude de Robert (2012) décrit que les eaux marines sont probablement « poussées » en surface par les alizés vers l'intérieur de la baie. Les eaux douces en provenance du bassin versant seraient maintenues en fond de baie et évacuées par un courant de fond lors de la marée descendante.

Les conditions rencontrées en juillet pourraient s'expliquer par les pluies plus abondantes qui ont précédé les échantillonnages de juillet, couplées à des alizés moins soutenus. Ces conditions pourraient avoir favorisé un étalement plus important en surface des apports de la rivière du Galion et limité cet effet « downwelling ».

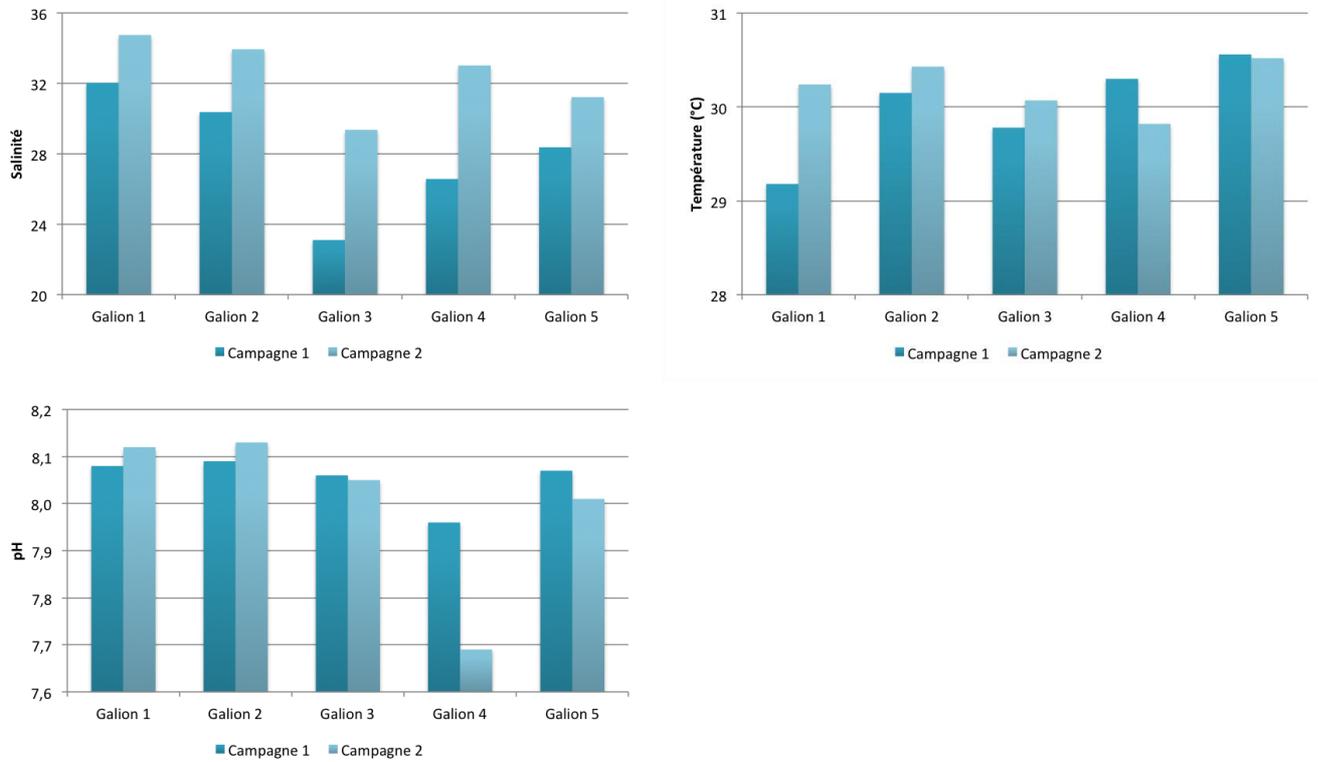


Figure 8 : Paramètres descripteurs mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Salinité, température (°C) et pH.

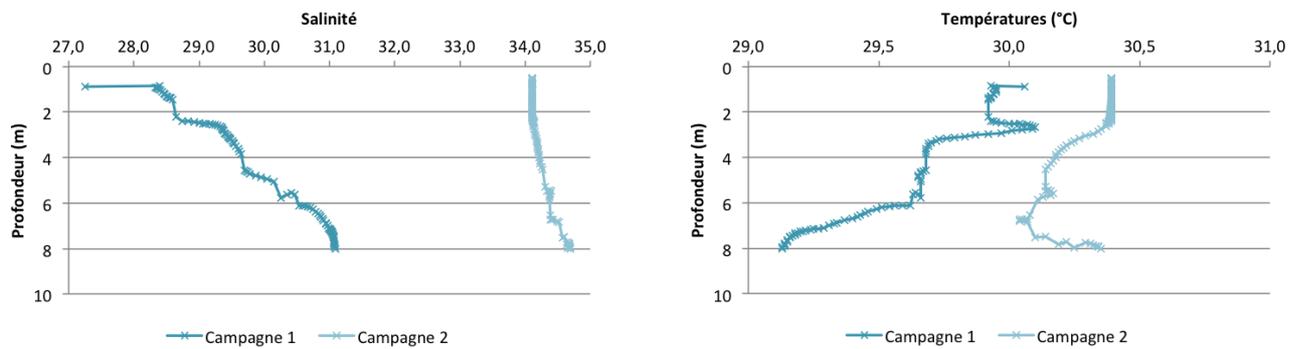


Figure 9 : Paramètres descripteurs mesurés à la station 1 en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Profils de salinité et température (°C).

### 3.3.2 Paramètres indicateurs du degré d'eutrophisation : nutriments, chlorophylle $\alpha$ , oxygène dissous

Naturellement présents dans le milieu marin, les nutriments sont indispensables au développement des communautés algales. Ils peuvent provenir du lessivage des sols, de la dégradation de la matière organique mais également d'apports anthropiques : rejets urbains, industriels, domestiques, agricoles. Bien qu'ils ne soient pas directement toxiques pour le milieu marin, l'apport de nutriments en excès peut induire des nuisances indirectes et conduire à des phénomènes d'eutrophisation, voire d'anoxie (Daniel & Soudant, 2010). Afin d'évaluer le niveau d'eutrophisation d'un milieu à un temps donné, ces paramètres doivent être accompagnés d'autres indicateurs, témoins de ces perturbations :

- la chlorophylle  $a$ , indicatrice de la biomasse phytoplanctonique. Les organismes autotrophes utilisent les nutriments présents dans le milieu afin de produire de la biomasse. En cas d'apports en excès dans le milieu, des blooms phytoplanctoniques massifs peuvent se développer.
- l'oxygène dissous, paramètre vital pour les organismes vivants marins. Après un bloom phytoplanctonique ou macroalgal, la décomposition de la matière organique produite entraîne une consommation de l'oxygène disponible dans le milieu. Des épisodes d'eutrophisation sévères peuvent conduire à des situations d'anoxie entraînant la mortalité des organismes. Les zones à faible renouvellement des masses d'eau sont particulièrement sensibles à ces phénomènes.

Le paragraphe ci-après présente les résultats obtenus pour ces paramètres lors des campagnes de juillet et septembre 2013. Ils sont mis en relation avec les mesures réalisées depuis 2007 dans le cadre de la DCE dans les autres masses d'eau de type 1 (baies).

#### Éléments nutritifs

**L'azote inorganique dissous (DIN)** correspond à la somme des éléments nitrate, nitrite et ammonium.

Au cours des deux campagnes, les concentrations en DIN varient entre 1,1 et 7,4  $\mu\text{M}$ . **Elles sont donc systématiquement supérieures au seuil d'eutrophisation défini par Lapointe et al. (1993) pour le DIN (1  $\mu\text{M}$ ).**

Lors de la première campagne (juillet 2013), les concentrations sont maximales aux stations 3 (6,0  $\mu\text{M}$ ) et 4 (7,1  $\mu\text{M}$ ). Celles mesurées aux autres stations sont comprises entre 1,1 et 2,3  $\mu\text{M}$ . Les concentrations augmentent en septembre, lors de la seconde campagne (sauf à la station 4), avec un maximum mesuré à la station 3 (7,4  $\mu\text{M}$ ). Les valeurs sont homogènes et relativement élevées dans le reste de la baie (3,7 à 4,8  $\mu\text{M}$ ) (Figure 10).

Ces concentrations sont essentiellement liées à la présence de **nitrites**, qui varient entre 1,0 et 7,0  $\mu\text{M}$ . Les nitrites varient entre la limite de quantification (0,03  $\mu\text{M}$ ) et 0,3  $\mu\text{M}$ , avec des concentrations maximales aux stations proches du rivage. Enfin, les concentrations en ammonium, qui signalent généralement des apports d'eaux usées, sont comprises entre la limite de quantification (0,1  $\mu\text{M}$ ) et 1,5  $\mu\text{M}$  (stations 3 et 4, lors des campagnes 1 et 2, respectivement).

Les concentrations en **phosphates**, qui peuvent avoir des origines diverses (agricoles, urbaines et industrielles), sont généralement supérieures à la limite de quantification (0,05  $\mu\text{M}$ ). Elles sont maximales à la station 3 en juillet 2013 (0,81  $\mu\text{M}$ ) et à la station 5 en septembre 2013 (0,5  $\mu\text{M}$ ).

Une station hors DCE située dans la baie du Galion a fait l'objet d'un suivi exceptionnel pour l'endofaune, dans le cadre des suivis DCE 2011 (Impact Mer & Pareto, 2012). Quelques mesures physico-chimiques ont accompagné les échantillonnages. La concentration en DIN était de 7,8  $\mu\text{M}$  et résultait principalement d'un excès d'ammonium (5,42  $\mu\text{M}$ ), contrairement à ce qui a été observé en juillet et septembre 2013. La concentration en phosphate (0,21  $\mu\text{M}$ ) était également supérieure.

A titre de indicatif, il est également intéressant de comparer ces données avec celles mesurées au titre de la DCE dans les autres masses d'eau de type 1 depuis 2007 (Tableau 3). En moyenne, les concentrations en DIN mesurées dans les baies sont de  $2,7 \pm 3,8 \mu\text{M}$ . Celles en phosphates sont de  $0,13 \pm 0,33 \mu\text{M}$ .

Les mesures de la baie du Galion sont donc dans la fourchette haute des teneurs en nutriments mesurées dans les autres baies de Martinique. Ce constat est particulièrement vrai pour les stations du fond de la baie du Galion.

Tableau 3 : Données DCE. Concentrations en azote inorganique dissous (DIN) mesurées depuis 2007 dans les masses d'eau de type 1.

	DIN ( $\mu\text{M}$ )		PO4 ( $\mu\text{M}$ )	
	Moyenne $\pm$ sd	Min – Max	Moyenne $\pm$ sd	Min – Max
Baie du Trésor	2,01 $\pm$ 2,12	0,2 - 8,6	0,15 0,39	0,05 – 2,27
Banc Gamelle	3,16 $\pm$ 3,52	0,2 - 15,13	0,14 1,25	0,05 – 1,00
Ilet à Rats	2,85 $\pm$ 3,37	0,2 - 12,56	0,15 0,45	0,05 – 2,33
Baie du Marin	3,13 $\pm$ 5,61	0,2 - 26,15	0,08 0,07	0,05 – 0,30

Des **seuils et grilles de qualité provisoires** ont été établis en Martinique pour le classement des masses d'eau dans le cadre des suivis DCE (Impact Mer & Pareto, 2009 à 2013). En appliquant ces grilles aux concentrations moyennes en DIN et phosphates mesurées dans la baie du Galion lors des deux campagnes, on peut estimer la qualité de la masse d'eau (au sens de la DCE) pour l'indicateur nutriments.

La baie du Galion serait classée en état moyen pour ce paramètre, en particulier en raison de l'enrichissement en nutriments azotés. La station 3 serait la plus déclassante, révélant une sensibilité de la masse d'eau à l'eutrophisation, selon un gradient décroissant côte-large (Tableau 4 et Figure 11).

Tableau 4 : Classement des stations de la baie du Galion au regard de l'indicateur DCE « nutriments ». Classement établi sur la base des seuils et grilles de qualité provisoires définis pour les masses d'eau de type 1 (baies) en Martinique.

	Galion 1	Galion 2	Galion 3	Galion 4	Galion 5	Baie du Galion
<b>Indicateur nutriments</b>	Bon	Moyen	Médiocre	Moyen	Moyen	Moyen

#### **Phytoplancton : biomasse chlorophyllienne**

Les concentrations en chlorophylle *a* sont comprises entre 0,7 et 4,5  $\mu\text{g l}^{-1}$  et augmentent de l'extérieur vers l'intérieur de la baie (Figure 10). Elles sont maximales à l'embouchure du Galion en juillet et à la station 5 en septembre. Ces valeurs sont nettement plus importantes que celles mesurées depuis 2007 dans les autres baies de Martinique dans le cadre de la DCE (0,51  $\pm$  0,28  $\mu\text{g l}^{-1}$ , avec des concentrations variant entre 0,1 et 1,4  $\mu\text{g l}^{-1}$ ; Impact-mer *et al.*, 2012).

Les concentrations les plus élevées, mesurées aux stations les plus turbides (cf. MES), ne sont pas forcément à mettre en relation avec une augmentation de la production primaire sur le site de prélèvement. En effet, d'une manière générale, les particules limitent la pénétration de la lumière dans l'eau et donc la croissance phytoplanctonique. Les fortes concentrations en chlorophylle *a* dans les milieux turbides pourraient traduire une accumulation temporaire de biomasse liée à un apport ponctuel par la rivière du Galion plutôt qu'une production phytoplanctonique importante (Gailhard-Rocher *et al.*, 2012). Ce paramètre n'a d'ailleurs pas été jugé pertinent pour le suivi DCE des masses d'eau de transition martiniquaises.

Comme pour les nutriments, les seuils et grilles de qualité DCE provisoires peuvent être appliqués aux concentrations en chlorophylle *a* mesurées dans la baie, afin d'estimer un état de santé potentiel pour l'indicateur phytoplancton. La masse d'eau serait classée en mauvais état au regard de cet indicateur biologique (Tableau 5 et Figure 11). Là encore, la qualité décroît de l'extérieur vers l'intérieur de la baie.

Tableau 5 : Classement des stations de la baie du Galion au regard de l'indice DCE « biomasse phytoplanctonique ». Classement établi sur la base des seuils et grilles de qualité provisoires définis pour les masses d'eau de type 1 (baies) en Martinique.

	Galion 1	Galion 2	Galion 3	Galion 4	Galion 5	Baie du Galion
<b>Indicateur biomasse phytoplanctonique</b>	Bon	Médiocre	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais

### Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous sont comprises entre 4,1 et 7,4 mg l<sup>-1</sup>. Au cours des deux campagnes, les valeurs minimales sont mesurées à la station 4 (Figure 10). Cette dernière est positionnée dans la mangrove, zone d'accumulation de matière organique. Les mesures reflètent les processus de décomposition de cette matière organique par les organismes hétérotrophes. Les autres valeurs sont dans la gamme de celles rencontrées dans les baies martiniquaises depuis 2007 (6,8 ± 0,7 mg l<sup>-1</sup>).

La saturation en oxygène tient compte de sa solubilité, qui dépend de la température et de la salinité. Elle varie entre 65,4 et 117,3 % et suit la même tendance que les concentrations.

Les seuils et grilles de qualité DCE provisoires pour les masses d'eau côtières de type 1 classent la masse d'eau du Galion en très bon état au regard de l'indicateur oxygène dissous (Tableau 6 et Figure 11). Ainsi, malgré les apports en nutriments et les concentrations en chlorophylle a, le milieu était encore bien oxygéné lors des échantillonnages.

Tableau 6 : Classement des stations de la baie du Galion au regard de l'indicateur DCE « oxygène dissous ». Classement établi sur la base des seuils et grilles de qualité provisoires définis pour les masses d'eau de type 1 (baies) en Martinique.

	Galion 1	Galion 2	Galion 3	Galion 4	Galion 5	Baie du Galion
<b>Indicateur oxygène dissous</b>	Très bon	Très bon	Très bon	Bon	Très bon	Très bon

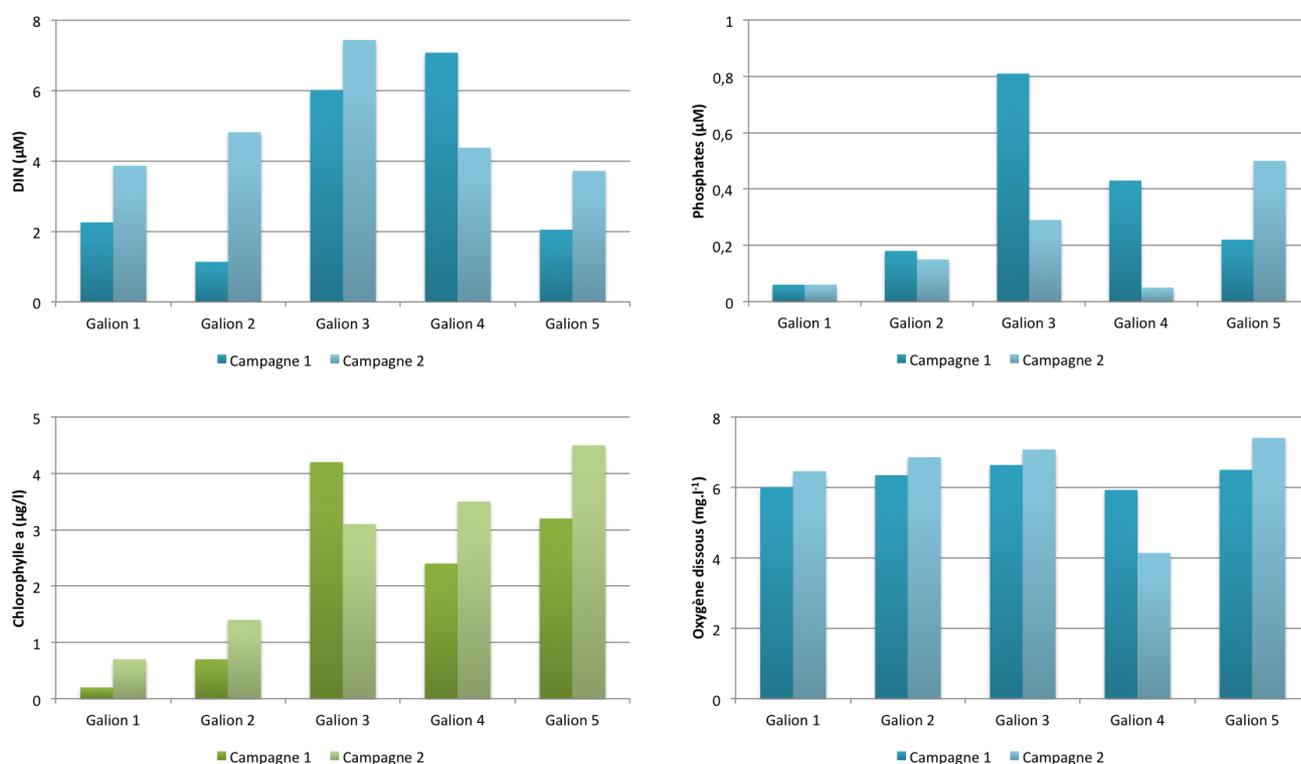


Figure 10 : Paramètres indicateurs du degré d'eutrophisation, mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Azote inorganique dissous (DIN, µM), phosphate (µM), chlorophylle a (µg l<sup>-1</sup>) et oxygène dissous (mg l<sup>-1</sup>).

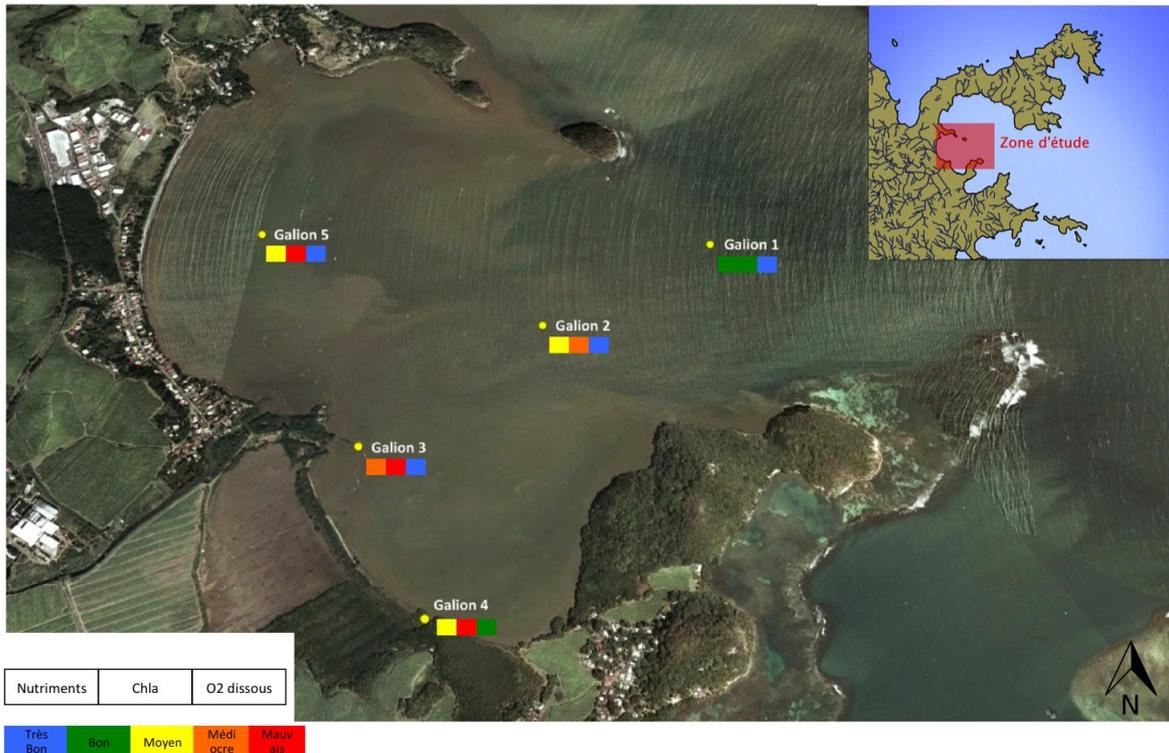


Figure 11 : Paramètres indicateurs du degré d'eutrophisation dans la baie du Galion. Etats évalués à partir des données de juillet et septembre 2013, sur la base des seuils et grilles de qualité DCE provisoires définis pour la Martinique en 2009 (Impact Mer & Pareto, 2010).

### 3.3.3 Apports particuliers terrigènes : matières en suspension

Les matières en suspension (MES) sont des particules en suspension dans l'eau, d'origine organique ou minérale. Elles peuvent être liées aux apports continentaux (érosion, lessivage des sols, rejets industriels, domestiques, agricoles, etc.), et au remaniement du sédiment (vent, houle) ou encore à une production de matière organique particulaire interne (blooms phytoplanctoniques, développements bactériens, etc.).

Dans la baie du Galion, les MES présentent un gradient côte-large marqué lors de la campagne de juillet 2013 (Figure 12). Les concentrations maximales sont mesurées à la côte (54 – 73 mg l<sup>-1</sup>) et diminuent jusqu'à la station 1 (9 mg l<sup>-1</sup>). En septembre 2013, le gradient est moins net : la charge en particule reste importante dans la mangrove (64,3 mg l<sup>-1</sup> à la station 4). En revanche, les concentrations mesurées aux autres stations côtières sont plus faibles (13,1 et 13,4 mg l<sup>-1</sup> aux stations 3 et 5, respectivement). Elles diminuent jusqu'à la station 1 (4,1 mg l<sup>-1</sup>).

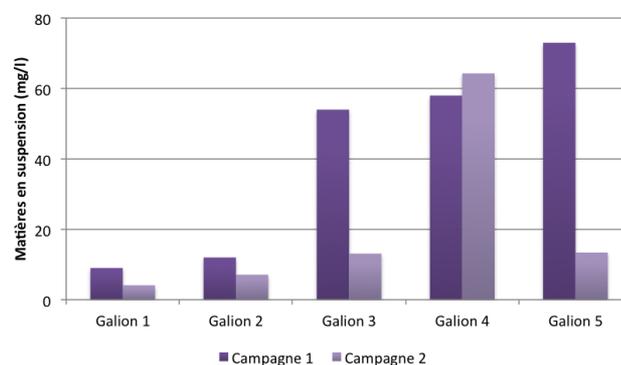


Figure 12 : Apports particuliers mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Matières en suspension (mg l<sup>-1</sup>).

A titre de comparaison, des concentrations en MES sont mesurées régulièrement dans la baie de Fort-de-France dans le cadre du RNO. Les valeurs maximales concernent généralement la Cohé du Lamentin, à l'embouchure de la rivière Lézarde qui draine le plus grand bassin versant de Martinique. En 2012, les concentrations moyennes pour cette station étaient de  $8,8 \pm 6,7 \text{ mg l}^{-1}$  et  $12,0 \pm 18,9 \text{ mg l}^{-1}$  en surface et en profondeur, respectivement. Un maximum a été mesuré en profondeur au mois de juillet 2012 :  $62 \text{ mg l}^{-1}$  (Créocéan, 2013).

Les concentrations mesurées dans la baie du Galion sont donc relativement élevées pour les stations proches du rivage et dans la mangrove.

D'autre part, les données acquises dans le cadre de la DCE en cours d'eau (station Grand Galion) en 2011 ont été valorisées (ODE : valorisation patrimoniale des données de chimie des cours d'eau en Martinique, 2011). Elles mettent en évidence une qualité « mauvaise » pour le paramètre particules en suspension à cette station.

### 3.3.4 Paramètres indicateurs d'un risque sanitaire : *Escherichia coli*, entérocoques intestinaux

Les bactéries *Escherichia. coli* et entérocoques sont naturellement présents dans les systèmes digestifs des organismes à sang chaud. Ils ont été reconnus appropriés pour évaluer le risque sanitaire associé aux utilisations de l'eau (Edberg *et al.*, 2000; Fewtrell et Bartram, 2001). Ces germes ne représentent pas nécessairement un risque important pour la santé humaine, mais ils sont généralement associés à d'autres pathogènes. Cette approche reste controversée, du fait de la faible corrélation mise en évidence par de nombreux auteurs entre abondance des indicateurs et abondance de certains pathogènes. En effet, les sources et comportements dans l'environnement naturel peuvent varier d'une espèce à l'autre. D'autre part, les méthodes utilisées pour l'énumération des bactéries fécales reposent sur leur mise en culture. Ces méthodes ne permettent pas de détecter les bactéries « viables mais non cultivables » (VBNC), bien que ces dernières puissent rester actives et pathogènes dans le milieu naturel.

Dans le cadre de la DCE en rivière, le suivi de ces paramètres a été abandonné en raison :

- de la durée de vie limitée des organismes pathogènes (environ 8h) et de la forte variabilité des concentrations cellulaires dans le milieu naturel,
- des risques de contamination de l'échantillon par le préleveur.

Toutefois, cette approche reste la seule appliquée en routine pour l'évaluation des risques sanitaires. La directive européenne du 15 février 2006 (Directive 2006/7/CE) prévoit notamment leur suivi dans le cadre de l'évaluation de la qualité des eaux de baignades. Ces suivis sont réalisés par l'ARS et l'application d'un protocole strict (utilisation de gants et flacons stériles) permet de limiter les risques de contamination. Ce protocole a également été respecté lors de cette étude.

Des seuils de qualité (valeurs guides et valeurs impératives) ont été établis afin de déterminer la qualité des eaux (cf Tableau 7).

L'eau est considérée comme étant :

- de bonne qualité lorsque les résultats sont inférieurs aux valeurs guides
- de moyenne qualité lorsque les résultats sont supérieurs aux valeurs guides mais inférieurs aux valeurs impératives
- de mauvaise qualité lorsque les résultats sont supérieurs aux valeurs impératives.

Tableau 7 : Seuils de qualité définis pour les paramètres microbiologiques (Directive 2006/7/CE).

	Valeurs guides (UFC / 100 ml) (limite bon/moyen)	Valeurs impératives (UFC / 100 ml) (limite moyen/mauvais)
<i>Escherichia coli</i>	100	2 000
Entérocoques fécaux	100	

#### *Escherichia coli*

En juillet, les concentrations en *E. coli* sont inférieures à la limite de quantification (LQ) ( $15 \text{ cell.100 ml}^{-1}$ ) aux stations 1, 2 et 5. Elles sont de  $270 \text{ cell.100 ml}^{-1}$  à l'embouchure du Galion et de  $434 \text{ cell.100 ml}^{-1}$  dans la mangrove, ce qui correspond à des eaux de qualité moyenne au regard de la directive 2006/7/CE. Au cours de la seconde campagne, les concentrations sont inférieures à la LQ à la station 1. Les concentrations mesurées aux stations 2, 3 et 4 dépassent la valeur guide, avec un maximum de  $228 \text{ cell.100 ml}^{-1}$  dans la mangrove.

**Entérocoques intestinaux**

Les concentrations en entérocoques sont supérieures à la LQ dans la mangrove (avec un dépassement de la valeur guide au mois de septembre (126 cell.100 ml<sup>-1</sup>) et à l'embouchure de la rivière du Galion uniquement au mois de juillet (30 cell.100 ml<sup>-1</sup>).

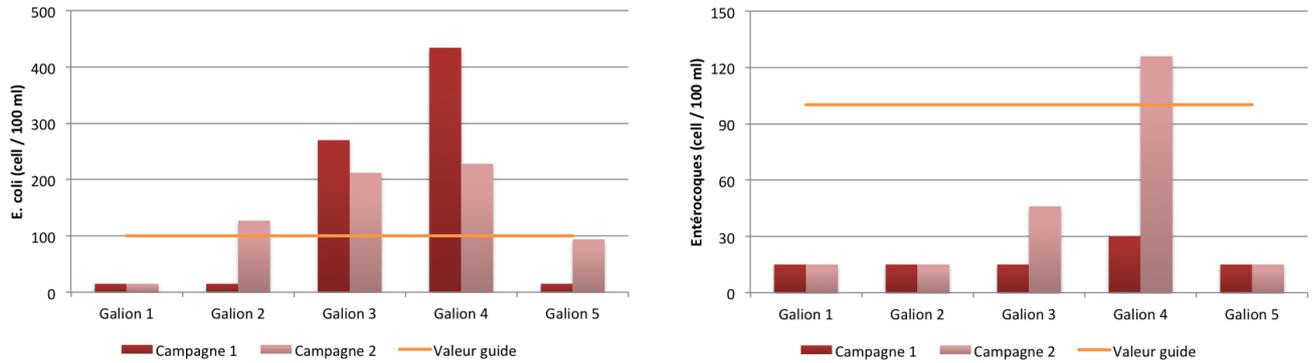


Figure 13 : Paramètres indicateurs d'un risque sanitaire, mesurés dans la baie du Galion en juillet 2013 (campagne 1) et septembre 2013 (campagne 2). Escherichia coli et entérocoques intestinaux (cellules.100 ml<sup>-1</sup>).

### 3.3.5 Qualité de la masse d'eau de la baie du Galion : en lien avec les apports du bassin versant

Lors de l'état des lieux du district hydrographique de la Martinique (2005), la baie du Galion avait été identifiée parmi les masses d'eau présentant un risque de non atteinte du bon état (RNABE) à l'horizon 2015. Elle présentait notamment un risque fort à très fort :

- d'eutrophisation
- d'hypersédimentation

#### L'eutrophisation dans la baie du Galion

La notion d'eutrophisation peut désigner à la fois les causes (apports de nutriments) et les conséquences de la fertilisation du milieu (développement algaux pouvant conduire à l'hypoxie, voire l'anoxie du milieu) (Lacaze, 1996). Souchu et Aminot (2001) ont proposé une définition qui s'attache aux conséquences du phénomène : l'eutrophisation désignerait la situation d'un « milieu eutrophe ayant atteint un niveau d'enrichissement tel que des dégradations ou des nuisances manifestes peuvent y être constatées ». Les régions tropicales et notamment le littoral martiniquais sont particulièrement sensibles aux phénomènes d'eutrophisation. Adaptées aux conditions oligotrophes, ces régions sont généralement soumises à des apports en nutriments ponctuels, sous formes de pulses.

Pour les eaux douces, la station Grand Galion, située sur la rivière du Galion a été classée en état moyen pour les nutriments, la matière organique et la biologie en 2011/2012 (Figure 14). Les nutriments étaient classés en très bon état à partir des données de 2011.

**Dans la baie du Galion, les paramètres suivis en 2013 mettent en évidence une sensibilité du milieu à l'eutrophisation, selon un gradient décroissant côte – large (Figure 15).**

Les apports en nutriments, en particulier nitrate et phosphate à l'embouchure de la rivière du Galion (ou dans la mangrove), ne sont pas excessifs mais sont à l'origine et/ou accompagnés de développement algaux relativement importants par rapports aux concentrations mesurées habituellement en Martinique. Selon les seuils et grilles de qualité DCE provisoires établis en Martinique, la qualité de la baie serait mauvaise pour ce paramètre. Toutefois le milieu était bien oxygéné (hormis dans la mangrove) au moment des échantillonnages, avec des concentrations très éloignées des seuils d'hypoxie dommageables à l'environnement ( $2 \text{ mg l}^{-1}$ , Bricker et al., 1999). Ces deux campagnes ne présentaient donc pas de phénomène d'eutrophisation à proprement parler, mais la situation reste à surveiller. En appliquant le traitement DCE aux paramètres indicateurs du niveau d'eutrophisation, la baie du Galion est en mauvais état, du fait de la concentration en chlorophylle a.

Sur le bassin versant, plusieurs sources peuvent expliquer les apports en nutriments dans le milieu :

- Le secteur agricole : les élevages et les engrais utilisés pour les cultures de bananes notamment constituent probablement une source diffuse majeure de l'enrichissement en nutriments. Les élevages sont également une source de matière organique qui peut être à l'origine d'un enrichissement en nutriments dans le milieu, après reminéralisation.
- Le secteur industriel : les entreprises agroalimentaires (sucrierie du Galion et DENEL - SA ROYAL), et la blanchisserie rejettent des effluents enrichis en matières azotées et phosphorées dans le milieu.
- Les rejets d'eaux usées (ponctuels ou diffus) : ils sont généralement accompagnés de fortes teneurs en MO et nutriments (ammonium notamment). L'influence de l'émissaire de la station de Trinité, proche de la station 1 n'était toutefois pas visible lors de nos échantillonnages.

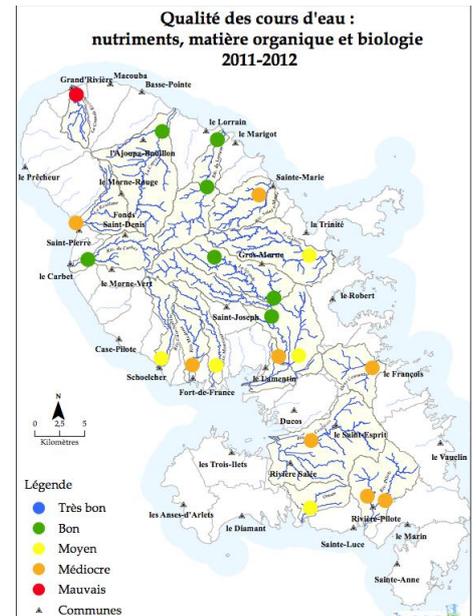


Figure 14 : Evaluation de la qualité des cours d'eau en Martinique à partir des données 2011-2012 (Office de l'eau).

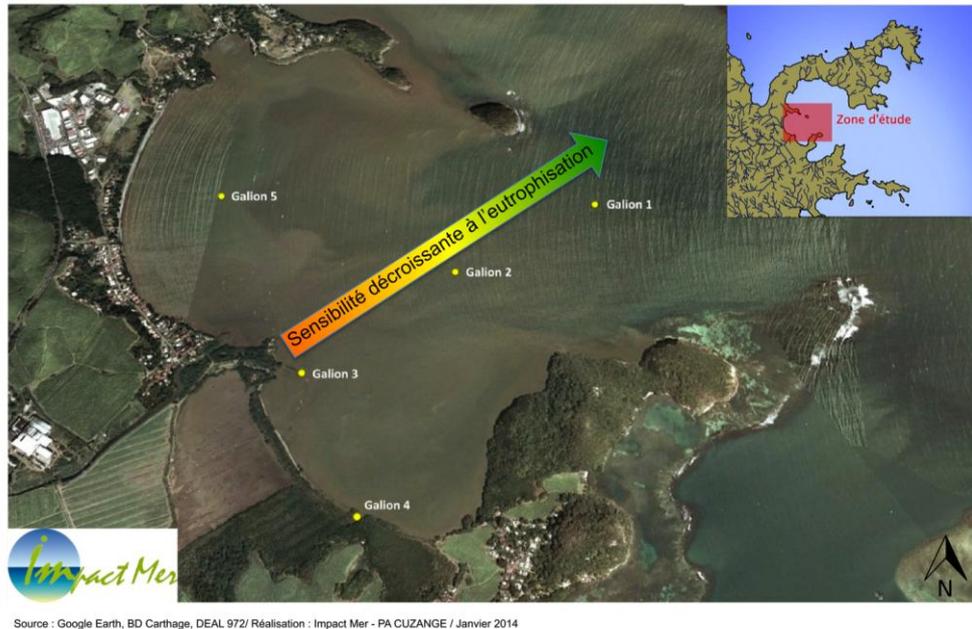


Figure 15 : Gradient de sensibilité à l'eutrophisation dans la baie du Galion

### **Les apports particuliers dans la baie du Galion**

**Les apports particuliers en provenance du bassin versant sont importants et constituent probablement la principale source de dégradation de la masse d'eau de la baie du Galion.**

Le risque d'hypersédimentation avait déjà été identifié par le passé (Robert, 2012 ; Legrand, 2010 ; Etat des lieux du district hydrographique de la Martinique, 2005).

L'apport sédimentaire dans la baie du Galion s'effectue principalement « au droit » de la rivière éponyme (Robert, 2012). Selon cet auteur, les particules sont maintenues en fond de baie sous l'action des alizés et peuvent être évacuées en profondeur à la marée descendante. Le faible renouvellement des masses d'eau peut accentuer leur effet néfaste.

En fortes concentrations, les MES peuvent limiter la pénétration de la lumière dans l'eau et nuire au développement des organismes benthiques et pélagiques (réduction de la photosynthèse, colmatage). Les particules sont généralement associées à des micro-organismes qui constituent une source de nourriture pour de nombreux autres organismes (filtreurs par exemple). Des apports importants en MES peuvent donc contribuer indirectement à la consommation de l'oxygène du milieu. Enfin et surtout, de nombreux contaminants chimiques tendent à s'adsorber sur les particules. Les MES constituent donc un vecteur majeur dans le transport des polluants chimiques vers les milieux côtiers et estuariens, où les plus fortes valeurs sont mesurées.

Sur le bassin versant du Galion, les sources potentielles identifiées pour les MES sont diverses :

- les formations pédologiques du bassin versant présentent une faible perméabilité qui favorise les phénomènes de ruissellement (Contrat de Rivière du bassin versant de la rivière du Galion, dossier sommaire, 2007). D'autres facteurs accentuent l'érosion des sols, tels que leur imperméabilisation, l'urbanisation, les défrichements, les cultures, etc.
- Les effluents industriels sont également chargés en particules. Cela concerne principalement les entreprises d'extraction et de transformation des matériaux (Gravillonord, Caraïbe MOTER) dans la mesure où leurs effluents sont directement rejetés dans des ravines. Les autres entreprises (SIAPOC et SA Royal) peuvent aussi être une source de rejet de MES mais celles-ci sont raccordées au système d'assainissement.
- Les activités agricoles (élevage et cultures) contribuent probablement pour une part significative à ces apports. En particulier, les élevages porcins représentent généralement un risque plus important.
- Les effluents domestiques peuvent également représenter une source non négligeable d'apports particuliers dans le milieu.

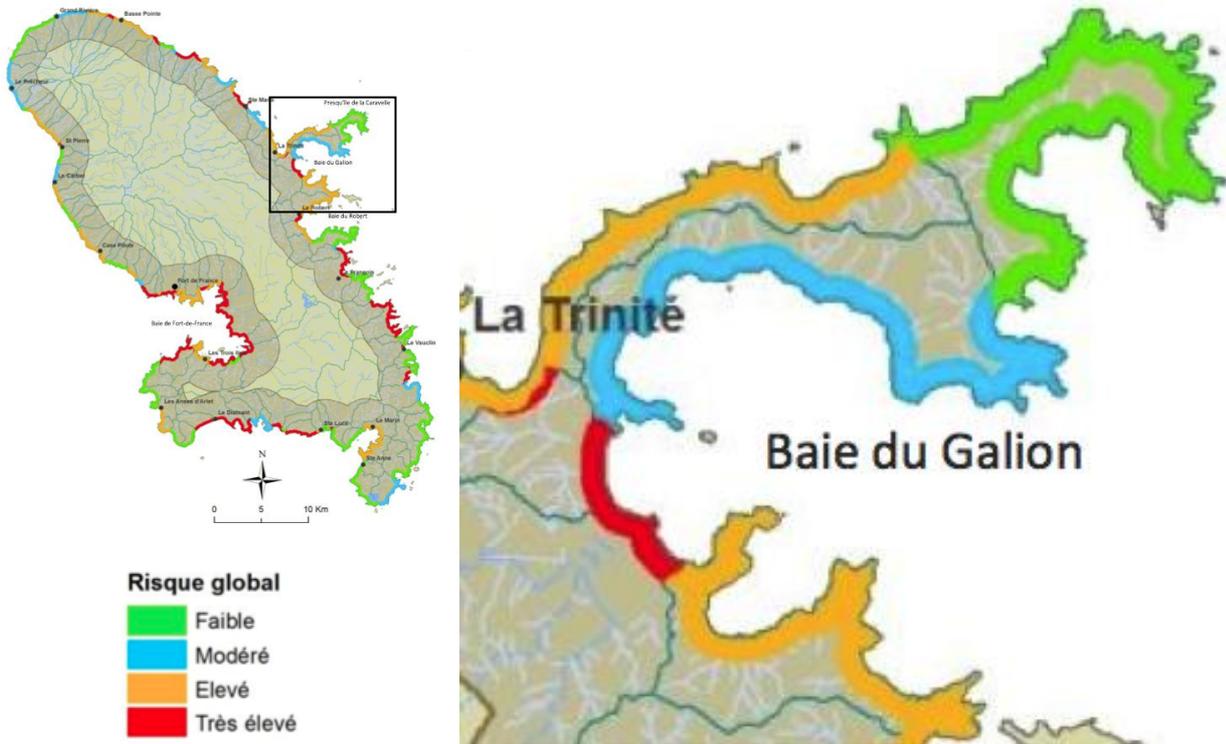


Figure 16 : Carte des risques de pollutions terrestres en nutriments et MES susceptibles d'entraîner une eutrophisation et une hypersédimentation des eaux côtières (extrait de Legrand, 2010)

**Pollution microbiologique :**

Comme pour les autres paramètres, la charge bactérienne est surtout significative aux stations les plus proches du littoral.

Les sources de contamination par les bactéries fécales peuvent être ponctuelles (rejets d'effluents traités ou non d'eaux usées, industrielles, d'élevage) ou diffuses (ruissellement et lessivage des sols, animaux sauvages, bétail, fuites dans les systèmes d'assainissement, etc.). Leur importance dépend des conditions hydrologiques, de la climatologie (pluviométrie) et de la nature des sols lessivés.

Sur le bassin versant du Galion, les principales sources de contamination microbiologiques identifiées sont :

- Les rejets d'eaux usées :
  - Sur les 6 stations d'épuration actives sur le bassin versant, deux sont conformes aux normes de rejets.
  - D'autre part, de nombreuses habitations ne sont pas raccordées à un système de collecte public d'eaux usées (plus de 60 %). On estime qu'environ 90% des systèmes d'assainissement autonomes en Martinique seraient défectueux ou inexistantes.
- Les élevages, via les rejets et les épandages de lisiers.

### 3.4 Contamination chimique du sédiment

#### 3.4.1 Granulométrie

L'analyse de la granulométrie a été réalisée sur la fraction brute de sédiment inférieure à 2 mm.

La Figure 17 illustre la répartition des différentes fractions granulométriques dans les sédiments des stations 1 à 5 de la baie du Galion.

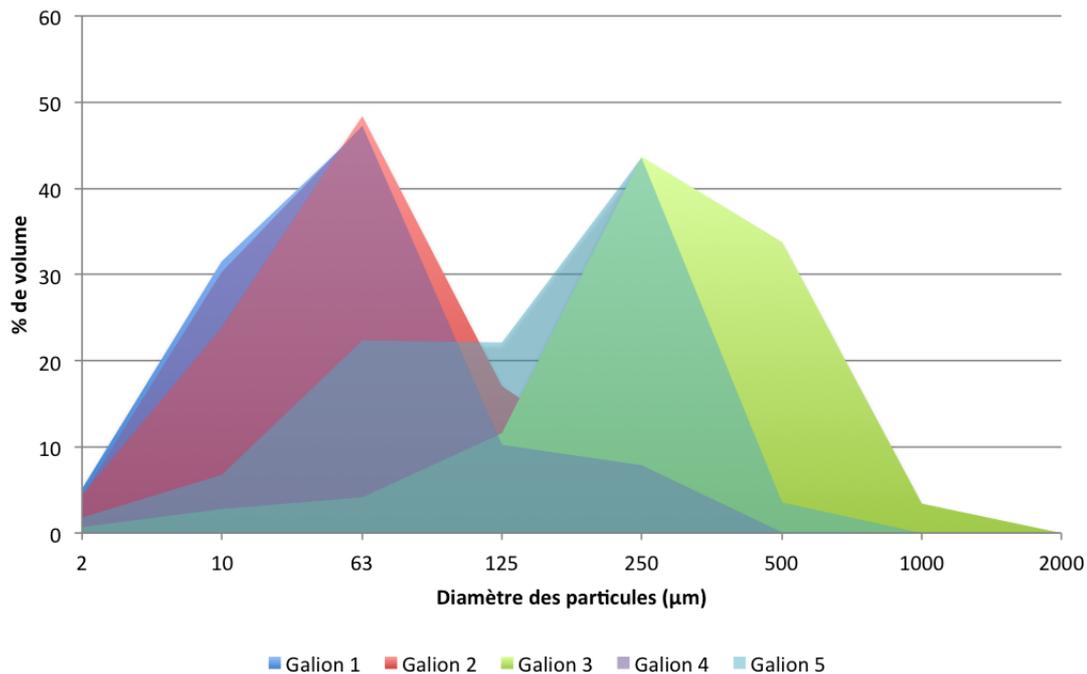


Figure 17 : Proportion des différentes fractions granulométriques (%) dans les sédiments de la baie du Galion.

Les granulométries sont très proches aux stations 1, 2 et 4. Les sédiments sont représentés en majorité par des vases (< 63 µm, 76,6 à 83,7 %) et des sables très fins (63-250 µm, 16,2 à 23,2 %). La proportion de sables fins est négligeable à ces stations (0,1 à 0,2 %).

Ces résultats sont cohérents avec les éléments de la littérature. Les fonds des baies situées au sud de la presqu'île de la Caravelle sont constitués de vases et de vases sableuses, d'origine principalement terrigène (Robert, 2012 ; Legrand, 2010 ; Figure 18).

Toutefois, le profil de la station 3 se distingue nettement : les sédiments sont composés en majorité de sédiments très fins (55,3 %) et fins (250-500 µm : 33,7 %). Les vases ne représentent que 7,7 % du sédiment. D'autre part, les sables moyens (< 1 mm) représentent 3,4 % de la fraction granulométrique.

Enfin, la station 5 est intermédiaire, avec une majorité de sables très fins (65,6 %) et de vases (30,9 %). Les sables fins représentent 3,5 % des sédiments.

Sur l'ensemble des stations, la proportion d'argiles (< 2 µm) ne représente que 5,2 % (station 4) à 8,6 % (station 3) des vases et 0,7 % (station 3) à 5,2 % (station 1) de la fraction brute du sédiment (< 2 mm).

Robert (2012) rapporte également une fraction argileuse faible (de 4-5 %) pour des sédiments de surface prélevés dans une zone correspondant approximativement aux stations 1 et 2 de la présente étude.

La répartition des fractions granulométriques du sédiment brut illustre le degré d'éloignement des stations aux sources particulières. Les particules terrigènes les plus grosses se déposent préférentiellement à l'embouchure de la rivière du Galion (station 3). Les sédiments plus fins sont transportés jusqu'aux stations 1 et 2. La station 4, positionnée dans la mangrove est sous l'influence du ruissellement des effluents du bassin versant. Les sédiments les plus fins sont transportés jusqu'à la mer.

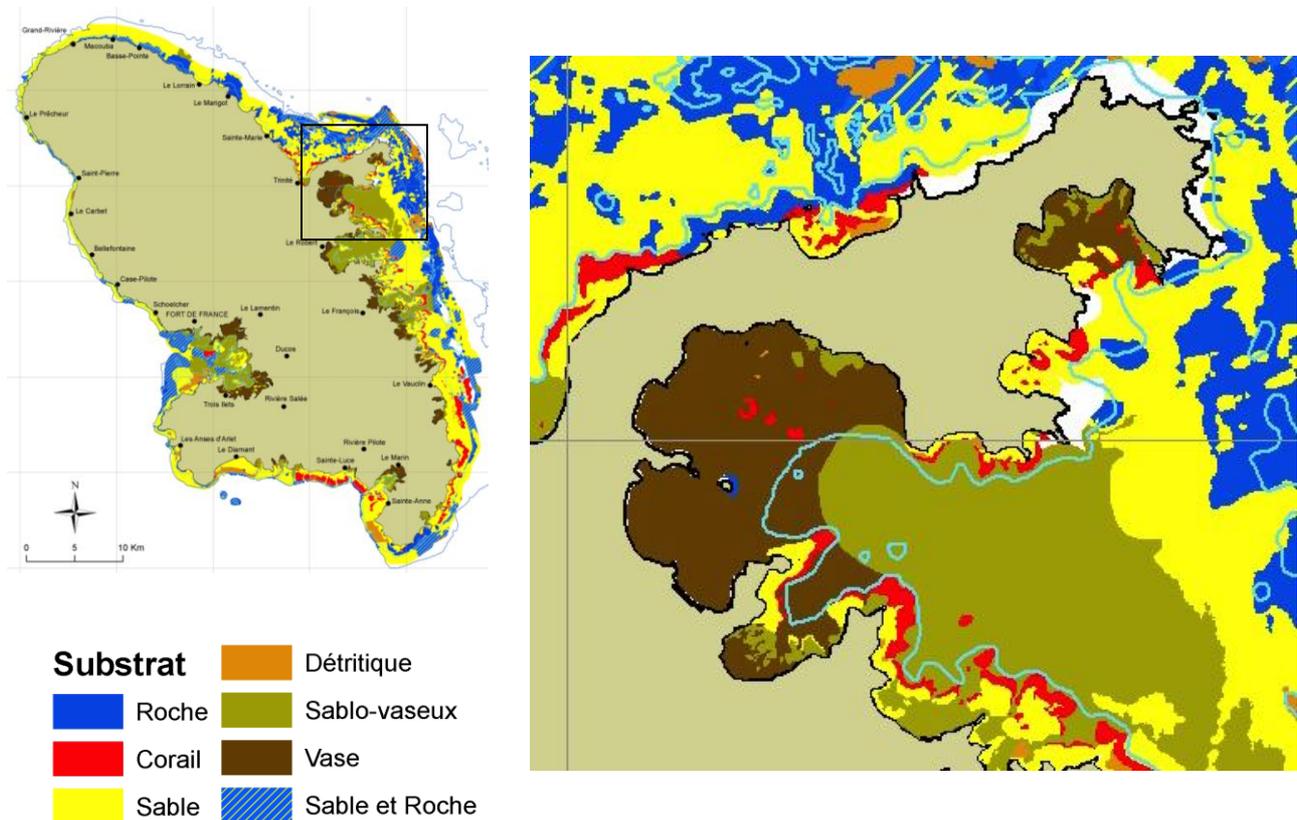


Figure 18 : Cartographie des substrats du littoral de la Martinique pour la zone côtière de 0-50 m (extrait de Legrand, 2010).

### 3.4.2 Contaminants chimiques dans les sédiments

La contamination sédimentaire offre en général une bonne image de la qualité d'une masse d'eau (Pellouin & Romana, 2006), les premiers centimètres intégrant les apports récents. De nombreux contaminants ont été recherchés dans les échantillons de sédiment prélevés dans la baie du Galion (Annexe 1). La majorité est absente ou présente à des concentrations inférieures aux limites de quantifications appliquées par le laboratoire d'analyses. Seuls les éléments traces métalliques (ETM), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et les phtalates ont présentés des concentrations quantifiables.

#### *Interprétation des résultats :*

Des normes de qualité environnementales (NQE) existent pour un certain nombre de polluants mais ne sont pas encore arrêtées pour la matrice sédiment. Les concentrations mesurées dans cette matrice peuvent toutefois être comparées à d'autres seuils de qualité :

- Plusieurs seuils ont été définis dans le cadre des travaux de la convention OSPAR en 2009 (Claisse, 2009). L'EAC (Ecotoxicological Assessment Criteria) est la concentration d'un contaminant dans les sédiments ou le biote en-dessous de laquelle on ne s'attend à aucun effet chronique sur les espèces marines. Aucun EAC n'existe pour les contaminants quantifiés dans les échantillons du Galion. L'ERL (Effects Range Low) est défini comme étant le 10<sup>ème</sup> percentile inférieur de la série de données sur les teneurs dans les sédiments qui sont associés aux effets biologiques (Tableau 8).
- Des standards de qualité ont été déterminés pour un faible nombre de molécules (Qsed, INERIS, union européenne) (Tableau 8).

Tableau 8 : QS<sub>ed</sub> déterminés pour quelques substances DCE et ERL (Effects Range Low) déterminés dans le cadre d'OSPAR pour le sédiment ou le biote

	Unités	QS <sub>ed</sub>	ERL (normalisation à 2,5% du COT pour HAP et 5% de l'Al pour métaux)
Cadmium	mg kg <sup>-1</sup> p.s.*	2,5	1,2
Cuivre		0,8	
Mercuré		0,67	0,15
Plomb		53,4	47
Zinc		37	
Anthracène	µg kg <sup>-1</sup> p.s.	24	85
Benzo (a) anthracène			261
Benzo (a) pyrène		543	
Benzo (g,h,i) périlène			85
Benzo (k) fluoranthène		1743	
Chrysène			384
Fluoranthène		129	600
Indéno (1,2,3-cd) pyrène			240
Naphtalène		53	160
Phénanthrène			240
Pyrène			665
Phtalates (DEHP)	mg kg <sup>-1</sup> p.s.	100	240

\*p.s. = poids sec

- dans le cadre du GEODE pour les sédiments dragués, destinés à être immergés.

Les études menées par le Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement (GEODE) ont permis de définir des niveaux de référence pour certains métaux lourds, polychlorobiphényles (PCB) et le tributylétain (TBT), pour les sédiments dragués dans les ports français, destinés à être immergés en mer.

Les valeurs pour les métaux lourds et les PCB dans le sédiment ont été officialisées par l'arrêté interministériel du 9 août 2006:

- le niveau N1 est la valeur seuil pour une immersion des produits de dragage sans étude complémentaire,
- le niveau N2 est la valeur seuil au-delà de laquelle l'immersion des produits de dragage est susceptible d'interdiction.

Des niveaux de référence pour certains hydrocarbures polyaromatiques (HAP) sont en cours de définition au sein du groupe GEODE.

Le Tableau 9 récapitule les niveaux règlementaires ou en cours de discussion existants pour les composés retrouvés dans la baie du Galion.

Tableau 9 : Niveaux de référence réglementaires ou en cours de validation par le groupe GEODE pour les sédiments dragués dans les ports français, destinés à être immergés

		N1	N2	
Métaux (mg kg <sup>-1</sup> )	Arsenic	25	50	Arrêté du 9 août 2006
	Cadmium	1,2	2,4	
	Chrome	90	180	
	Cuivre	45	90	
	Mercure	0,4	0,8	
	Nickel	37	74	
	Plomb	100	200	
	Zinc	276	552	
HAP (µg kg <sup>-1</sup> )	Fluoranthène	600	2850	Valeurs proposées (GEODE / Abarnou 2012)
	Benzo(b) fluoranthène	400	900	
	Benzo ( k ) fluoranthène	200	400	
	Benzo (a) pyrène	430	1015	
	Benzo (g,h,i) périlène	1700	5650	
	Naphtalène	160	1130	
	Anthracène	85	590	
	Chrysène	380	1590	
	Phénanthrène	240	870	
	Pyrène	500	1500	
	Indéno (1,2,3-cd) pyrène	1700	5650	

D'autre part, les résultats bruts relatifs à la contamination des sédiments ne sont pas directement interprétables lorsque des différences granulométriques ou de composition organique sont mises en évidence entre les sites prospectés. En effet, la plupart des contaminants organiques et métalliques présentent une plus forte affinité pour les particules les plus fines et/ou la matière organique. Des techniques de normalisation sont alors utilisées. La normalisation consiste à transformer les concentrations des éléments dans chaque échantillon en ce qu'elles seraient si le paramètre normalisateur choisi avait une valeur particulière, identique pour tous les échantillons.

Pour les métaux, l'élément normalisateur le plus utilisé est l'aluminium car il est présent en fortes proportions dans les argiles. Il est supposé dériver de minéraux détritiques, avoir un apport anthropique négligeable et un comportement conservatif en milieu marin (Heirut et Sandler, 2006). Le lithium peut être un meilleur élément normalisateur dans certains sédiments marins. Il est également conservatif et n'est généralement pas dû à l'activité humaine (Aloupi et Angelidis, 2001).

Les contaminants organiques ont généralement une forte affinité pour la matière organique. C'est la raison pour laquelle la teneur en carbone organique (CO) est couramment utilisée pour normaliser les concentrations en HAP.

Dans la suite du rapport, nous nous sommes intéressés aux niveaux de contamination rencontrés dans la baie, au regard des seuils existants d'une part, et à la répartition de cette contamination en tenant compte des valeurs normalisées d'autre part.

## Métaux

Parmi les 10 composés métalliques recherchés, seul le cadmium n'a été détecté sur aucun site. Les autres composés sont présentés ci-après.

La proportion en aluminium (Al), qui représente la fraction fine (argileuse) du sédiment varie de 6,5 à 10,1 %. Le minimum est mesuré à l'embouchure de la rivière du Galion, le maximum à la station 2. Les concentrations en lithium (Li) présentent sensiblement la même distribution avec des concentrations comprises entre 33 et 60 mg kg<sup>-1</sup> p.s (Figure 19).

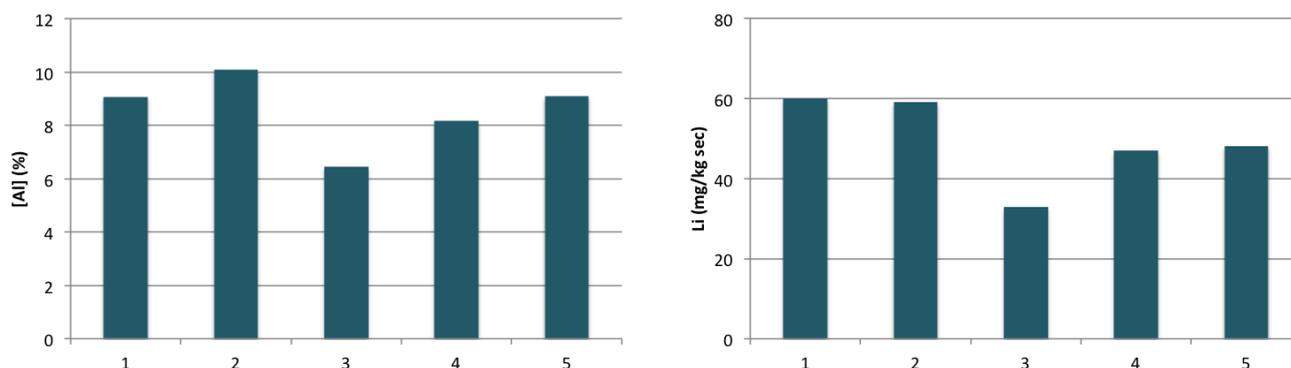


Figure 19 : Teneurs en métaux mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013.

Seul le **cuivre** dépasse les valeurs règlementaires fixées par le GEODE. Le seuil N1 (45 mg kg<sup>-1</sup> p.s.) est dépassé sur tous les sites et les concentrations sont proches du seuil N2 (90 mg kg<sup>-1</sup> p.s.) pour les stations 1, 2 et 4 (respectivement : 84, 86 et 85 mg kg<sup>-1</sup> p.s.) (Figure 20). D'autre part, le seuil de qualité Qsed proposé par l'INERIS est également largement dépassé.

Les concentrations en **arsenic** (As) sont inférieures aux seuils N1 du GEODE (25 mg.kg<sup>-1</sup> p.s.) mais en sont proches à la station 5 (21 mg kg<sup>-1</sup> p.s.). Il en va de même pour la concentration en **zinc** (Zn) mesurée à la station 3, élevée (216 mg kg<sup>-1</sup> p.s.) et proche du N1 (276 mg kg<sup>-1</sup> p.s.). A toutes les stations, les concentrations en zinc dépassent le Qsed proposé par l'INERIS (37 mg kg<sup>-1</sup>).

Pour les autres éléments, les seuils existants (Qsed, OSPAR, concentrations normalisées à 5 % d'Al et GEODE) ne sont dépassés pour aucune station.

En 2008, des contaminants métalliques ont été recherchés dans des échantillons de sédiment prélevés à l'embouchure de plusieurs rivières de Martinique, dont celle du Galion (Bertrand *et al.*, 2009). D'une manière générale, les teneurs mesurées à l'époque sont dans la gamme des concentrations obtenues en 2013 (Tableau 10).

Tableau 10 : Concentrations en métaux dans les sédiments de la baie du Galion

	Stations	2013, présente étude					Bertrand <i>et al.</i> , 2009
		1	2	3	4	5	Embouchure du Galion
Aluminium	%	9,06	10,1	6,45	8,16	9,09	6,8
Arsenic	mg kg <sup>-1</sup> p.s.	18	17	3	4	21	
Cadmium		-	-	-	-	-	0,18
Chrome		15	16	30	13	17	20
Cuivre		84	86	51	85	53	83
Etain		2	1,7	2,1	1,6	2,1	
Lithium		60	59	33	47	48	12
Mercure		0,11	0,09	0,03	0,09	0,05	0,038
Nickel		9	10	13	8	8	14
Plomb		12	14	10	18	10	36,2
Zinc		87	102	216	81	145	262

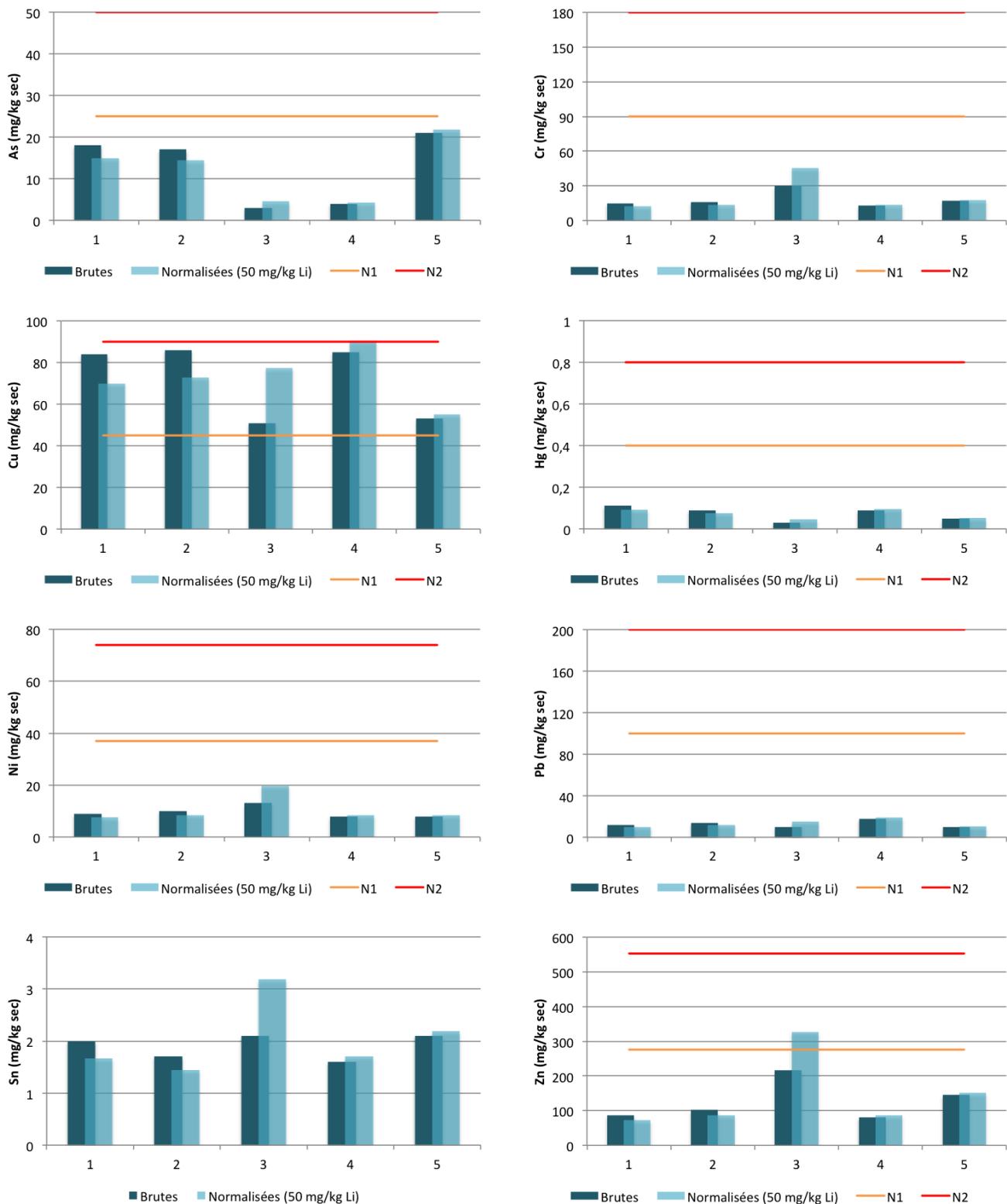


Figure 20 : Concentrations en métaux (mg kg<sup>-1</sup>) mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013.

La campagne d'échantillonnage passif réalisée en Martinique en mai 2012 a permis de mesurer les concentrations en métaux dissous sur la plupart des sites DCE littoraux et continentaux, ainsi que quelques stations complémentaires (Gonzalez *et al.*, 2013).

En milieu littoral, les métaux n'ont pas été analysés à la station « Fond de baie du Galion ». En revanche, l'étude met en évidence de fortes concentrations en zinc (très supérieures aux NQE) dans des stations proches, situées dans la baie du Robert, la baie du Trésor ou plus au large. A la station Grand Galion, pour les eaux douces, les concentrations étaient inférieures aux NQE pour l'ensemble des éléments métalliques.

Dans le cadre des réseaux DCE et pesticides en rivière, les concentrations en éléments traces métalliques (ETM) sont régulièrement mesurées à la station Grand Galion :

- Les données valorisées de 2008 à 2011 montrent que le cuivre dissous a déclassé l'état écologique de la station Grand Galion au cours de 2 campagnes (2008 et 2010). Le mercure était également un élément déclassant de l'état chimique 2007-2008 (valorisation des données de suivi de la qualité chimique de l'eau DCE, ODE, année 2011).
- En juillet et septembre 2013, lors des échantillonnages simultanés (eaux douces – eaux littorales), les concentrations en cuivre ( $0,6 - 0,9 \mu\text{g l}^{-1}$ ) étaient inférieures à la NQE. Le zinc n'a pas été détecté.

Enfin, ces éléments ont également été mesurés dans les sédiments de la rivière du Galion (station Grand Galion). Les seuils de qualité (SEQ) existant pour le cuivre et le zinc ont été dépassés en 2008 et 2010 (valorisation patrimoniale de la chimie des sédiments des cours d'eau martiniquais, ODE, 2011).

Au niveau de la baie du Galion et de son bassin versant, le cuivre et le zinc semblent donc être les éléments métalliques potentiellement problématiques. Les compartiments eau (douce et marine) et sédiment (rivière et marin) ont tous présenté des concentrations supérieures aux seuils existants.

Les éléments métalliques sont des constituants de l'écorce terrestre. On parle de valeur de fond géochimique (ou concentration de référence actuelle) en référence à leurs concentrations naturelles dans le milieu. Ces valeurs sont importantes à connaître afin de mettre en évidence d'éventuels enrichissements résultant des activités humaines. Chiffolleau *et al.* (2011) se sont intéressés aux bruits de fonds géochimiques de 4 métaux traces dans les eaux marines martiniquaises (Cd, Pb, Ni et Hg). D'une manière générale, les concentrations mesurées étaient faibles (de l'ordre du nanogramme ou microgramme par litre) et dans la gamme des concentrations considérées comme fond naturel géochimique en métropole. L'étude conclut qu'il est « illusoire d'en tenir compte ». Dans les sédiments, ces concentrations de références n'ont pas été déterminées en Martinique. Celles de la métropole ne peuvent cependant pas être appliquées à notre île, dont les sols volcaniques sont susceptibles d'être enrichis en ETM. Dans ce contexte, les valeurs brutes sont délicates à interpréter.

Les concentrations ont été normalisées en fonction du lithium qui présentait de meilleures corrélations que l'aluminium avec l'ensemble des éléments. D'autre part, l'aluminium fait partie des composés potentiellement présents dans les effluents de plusieurs industries du bassin versant (usine de peinture, sucrerie du Galion, culture de la banane, Egis Eau, 2011). Les teneurs en ETM normalisées (à  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  p.s. de lithium, Figure 20) suivent globalement la même distribution que les concentrations brutes et ne permettent pas de mettre en évidence de gradient spatial.

En plus d'une origine naturelle probable, les sources potentielles pour ces éléments métalliques peuvent être liées aux cultures, aux élevages et à l'épandage, au ruissellement urbain et aux activités industrielles (sucrerie du Galion, usine de peinture).

**Hydrocarbures polyaromatiques (HAP)**

Tous les HAP recherchés présentent des concentrations mesurables dans les sédiments de la baie du Galion. Les teneurs sont inférieures aux seuils existant ou en cours de validation, aucune concentration ne dépasse 25  $\mu\text{g kg}^{-1}$  p.s. Les composés majoritaires sur l'ensemble des stations sont le fluoranthène et le pyrène, avec des concentrations de 7,7 à 24,3  $\mu\text{g kg}^{-1}$  p.s. et 7,8 à 24,6  $\mu\text{g kg}^{-1}$  p.s., respectivement (Figure 21).

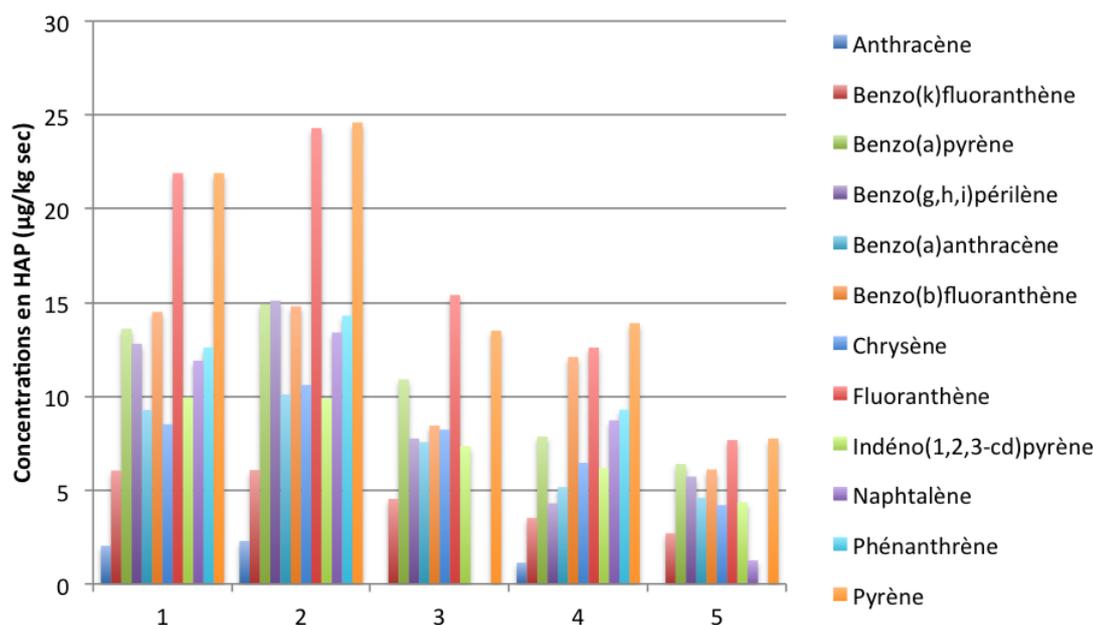


Figure 21 : Concentrations en hydrocarbures polyaromatiques (HAP,  $\mu\text{g kg}^{-1}$  p.s.) mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013.

Ces composés n'ont pas fait l'objet de mesure dans les sédiments de la baie du Galion par le passé. En revanche, ils ont été analysés dans l'eau de mer (station Fond de Baie du Galion) et en rivière (station Grand Galion) dans le cadre de la campagne d'échantillonnage passif réalisée en mai 2012 (technique SBSE).

Aux deux stations, et comme sur les reste des stations prospectées autour de l'île :

- aucun des HAP recherchés par SBSE et appartenant à la liste des substances prioritaires ne dépassait les NQE définies,
- un grand nombre de composés était absent ou présentait des concentrations inférieures aux limites de détection/quantification,
- le naphtalène était le composé dominant.

Les mêmes composés ont été identifiés aux deux stations (à l'exception du biphenyle, uniquement en mer), dans des concentrations faibles (de l'ordre du nanogramme ( $10^{-9}$  g) par litre : 0,6 - 24,4  $\text{ng l}^{-1}$ ) et du même ordre de grandeur (Tableau 11).

Tableau 11 : Concentrations en HAP ( $\text{ng l}^{-1}$ ) mesurées par la technique SBSE lors de la campagne d'échantillonnage passif réalisée en mai 2012 (Gonzalez, 2013)

	Fond de baie du Galion (eaux littorales)	Grand Rivière (eaux douces de surface)
naphtalene	24,4	22,8
2-methylnaphtalene	11,1	9,4
biphenyl	7,7	<LQ
dibenzothiophene	0,9	0,6
phenanthrene	3,7	3,2
fluoranthene	0,8	0,8
pyrene	1,7	1,0

Certains HAP appartenant à la liste des substances prioritaires de la DCE sont suivis de façon mensuelle dans dans les cours d'eau. L'indéno (1,2,3-cd)pyrène et le benzo(a)pyrène sont à l'origine du déclassement de la qualité chimique de la masse d'eau à la station Grand Galion en 2010 (valorisation des données de suivi de la qualité chimique de l'eau DCE, ODE, 2011). En 2013, les concentrations en HAP mesurées à la station Grand Galion sont toutes inférieures ou égales à la LQ du laboratoire d'analyses.

D'une manière générale, les concentrations sont presque systématiquement maximales aux stations 1 et 2 et minimales à la station 5 (et ponctuellement aux stations 3 et 4). Toutefois, les HAP présentent généralement une forte affinité pour la matière organique. Afin de comparer l'enrichissement entre les stations, on peut donc normaliser les concentrations à 2,5 % de carbone organique, représentatif de la teneur en matière organique dans les sédiments. Cette normalisation montre que la station 4 est relativement peu enrichie en HAP compte tenu de sa forte teneur en matière organique. A l'inverse, la matière organique de la station 3 serait très enrichie en HAP par rapport aux autres stations (Figure 22).

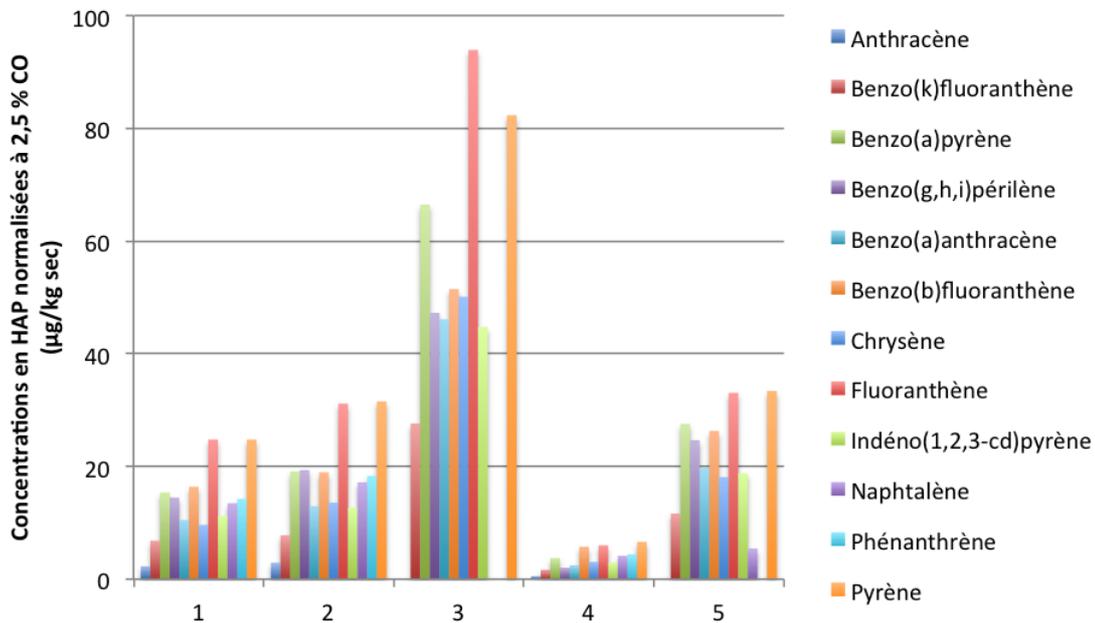


Figure 22 : Concentrations en hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP,  $\mu\text{g kg}^{-1}$  p.s.) mesurées dans les sédiments de la baie du Galion en juillet 2013 et normalisées à 2,5 % de carbone organique total.

De nombreuses sources peuvent être à l'origine des concentrations en HAP rencontrées dans les sédiments de la baie du Galion : les apports atmosphériques, les activités agricoles et industrielles, l'assainissement collectif ou encore le ruissellement sur les routes.

### Autres contaminants

Lors de la campagne de juillet 2013, des phtalates ont également été mesurés dans les sédiments de la baie du Galion, excepté à la station 5. Les concentrations sont comprises entre  $113 \mu\text{g kg}^{-1}$  p.s. (station 3) et  $199 \mu\text{g kg}^{-1}$  p.s. (station 4). Elles sont donc très faibles au regard de la valeur seuil existant pour ce composé (QSed =  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  p.s.).

Dans la matrice eau de mer, d'autres contaminants ont été recherchés et mesurés dans la baie du Galion (campagne d'échantillonnage passif, mai 2012). D'une manière générale, la station positionnée dans la baie présentait le plus grand nombre de pesticides détectés par POCIS pour les eaux littorales. Les concentrations les plus élevées ont été mesurées pour le métolachlore et ses métabolites. Du Bisphénol A a également été détecté. Les concentrations de ces composés étaient très inférieures aux NQE existantes (Gonzalez *et al.*, 2013). Les POCIS n'ont pas été analysés à la station Grand Galion, positionnée sur la rivière du Galion. Cependant, d'autres pesticides ont été recherchés à cette station par la technique SBSE. Des concentrations en diazinon, dieldrine et chlorpyrifos ont été mesurées, là encore en faibles concentrations ( $0,5$  à  $2,1 \text{ ng l}^{-1}$ ). Ces composés étaient inférieurs à la limite de détection dans les eaux marines.

Lors des campagnes DCE réalisées simultanément en rivière en juillet et septembre 2013, 8 pesticides ont été retrouvés dans les eaux douces de la station Grand Galion, dans des concentrations comprises entre  $0,01$  et  $1,12 \mu\text{g l}^{-1}$ . La majorité des composés ont été mesurés lors des deux campagnes. C'est le chlordécone qui présentait les concentrations les plus élevée lors des deux campagnes.

Ces composés n'ont pas été mesurés dans les sédiments marins lors de la campagne de juillet.

### Cas du chlordécone

Depuis 2008, le chlordécone décline systématiquement la qualité écologique DCE de la station Grand Galion lorsqu'il est pris en compte (Figure 23). On pourrait donc s'attendre à détecter ce contaminant dans les sédiments de la baie, milieu récepteur de la rivière du Galion. Toutefois, en juillet 2013, les concentrations en chlordécone étaient inférieures à la limite de quantification appliquée par le laboratoire de Rouen ( $100 \mu\text{g kg}^{-1}$  p.s.) pour cette matrice.

Ce seuil de quantification se révèle supérieur aux concentrations mesurées dans les sédiments de la baie lors d'études antérieures. En 2009, Bertrand *et al.* ont mesuré  $47 \mu\text{g kg}^{-1}$  p.s. de chlordécone dans des sédiments prélevés à l'embouchure de la rivière Galion. Alors que la faune halieutique présentait des concentrations significatives, les sédiments du site n'étaient que moyennement contaminés, au regard des maximums relevés aux embouchures des rivières Lézarde et Basse Pointe par exemple ( $552$  et  $549 \mu\text{g kg}^{-1}$  p.s., respectivement). Dans le cadre du projet CHLOSED (Robert, 2012), des concentrations de  $12,8$  à  $68,3 \mu\text{g kg}^{-1}$  p.s. ont été mesurées sur les 20 premiers centimètres de carottes prélevées dans la baie (dans des zones correspondant approximativement aux stations 2 et 5 de notre étude).

Ce composé a également été analysé dans les eaux douces et littorales lors de la campagne d'échantillonnage passif de mai 2012. Les concentrations mesurées à la station Grand Galion étaient de  $95,2 \pm 69 \text{ ng l}^{-1}$ . Les auteurs soulignent que ces valeurs sont probablement sous estimées par la technique d'analyse utilisée (SBSE) et qu'elles seraient probablement supérieures à la NQE ( $100 \text{ ng l}^{-1}$ ). Dans les eaux littorales, en revanche, le composé n'a pas été détecté.

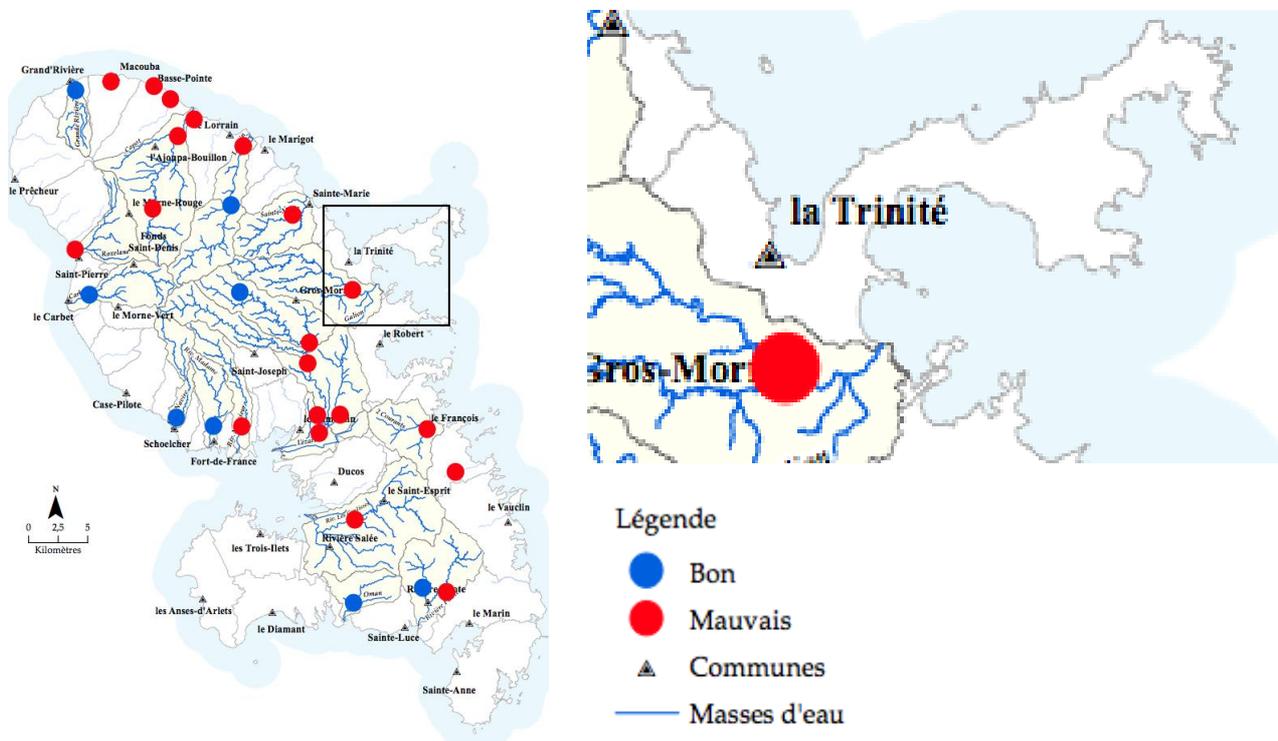


Figure 23 : Evaluation de la qualité des cours d'eau en Martinique à partir des données 2011-2012 (Office de l'Eau).

### 3.4.3 La contamination chimique de la baie du Galion : en lien avec les apports du bassin versant

Sur le bassin versant, le suivi de la qualité des cours d'eau a montré :

- la présence de pesticides et en particulier une contamination en chlordécone,
- des contaminations antérieures en cuivre et en zinc dans l'eau et les sédiments,
- la détection d'HAP en concentrations généralement faibles. Certains composés ont toutefois déclassé l'état de la station en 2010.

La contamination du milieu récepteur reflète les apports du bassin versant avec :

- la présence avérée de chlordécone dans les sédiments. Bien qu'inférieures à la limite de quantification en 2013, des concentrations en chlordécone ont été mesurées lors d'études antérieures (13 à 68  $\mu\text{g kg}^{-1}$ , Bertrand *et al.*, 2009 ; Robert, 2012). Ces concentrations doivent être relativisées au regard du taux de contamination important de la faune halieutique dans la baie (Bertrand *et al.*, 2009) et des maximums mesurés à l'embouchure des rivières Lézarde ou Basse Pointe.
- Des concentrations en cuivre et zinc dépassant les seuils existants dans les sédiments et des masses d'eau adjacentes contaminées en zinc. En l'absence de valeurs de fonds géochimiques pour ces composés en Martinique, il reste toutefois difficile de conclure sur ces concentrations élevées.
- La présence d'hydrocarbures polyaromatiques dans les sédiments et l'eau de mer, dans des concentrations inférieures aux seuils de qualité définis ou en cours de définition.

L'origine du chlordécone dans le milieu est clairement liée à la présence de bananeraies sur le bassin versant. Ce composé a été largement utilisé sur le territoire pour lutter contre un charançon avant son interdiction en 1993. Du fait de sa persistance dans l'environnement et des quantités déversées avant 1993, ce composé est au cœur des préoccupations environnementales dans les Antilles françaises. La contamination de la faune halieutique a conduit à l'interdiction de la pêche dans certaines zones, dont la baie du Galion (Arrêté préfectoral n° 10-3275, article 1).

Les éléments traces métalliques (dont le cuivre et le zinc) sont des constituants de l'écorce terrestre, ils sont donc naturellement présent dans l'environnement. Les activités humaines peuvent être à l'origine d'enrichissements importants dans le milieu pour ces composés.

Le cuivre est principalement utilisé en métallurgie, plomberie et dans les matériaux électriques. Ses propriétés biocides sont également utilisées dans la formulation de certains insecticides et fongicides. Les élevages intensifs et les épandages de lisier peuvent donc représenter une source non négligeable pour l'environnement. Le zinc est également utilisé en métallurgie, ainsi que dans la galvanoplastie, la fabrication et l'utilisation de piles électriques, les protections anti-corrosion et l'industrie pharmaceutique.

Sur le bassin versant, des sources en éléments traces métalliques ont été identifiées (rapport d'analyse de phase 1 du Contrat de Rivière) :

- la sucrerie du Galion
- l'usine de peinture SIAPOC

Les émissions diffuses issues des élevages et épandages sont également des sources potentielles, tout comme la carrière d'extraction d'andésite. En effet, si ces composés sont naturellement présents dans les sols, il est probable qu'ils soient associés aux rejets de MES issus de la carrière.

Toutefois, les fortes concentrations en cuivre et zinc ne semblent pas spécifiques à la baie du Galion. En effet, ces composés sont mesurés en fortes concentrations sur un grand nombre de stations, dans le cadre du suivi DCE des eaux de surface. Ils sont également suivis dans les sédiments marins des baies de Fort-de-France et du Marin dans le cadre du REPOM. Entre 2003 et 2012, 64 % des mesures de cuivre étaient comprises entre les niveaux N1 et N2 du GEODE et 32 % étaient supérieures au niveau N2. Pour le zinc, en revanche, la majorité des mesures (77%) étaient inférieures au seuil N1 (Créocéan, 2013). Pour rappel, le zinc a toutefois présenté des concentrations très supérieures aux seuils de qualité, dans certaines stations des eaux littorales en 2012 (échantillonnage passif). Ainsi, il est probable qu'il n'y ait pas de source spécifique à ces éléments sur le bassin versant du Galion.

*Remarque : le BRGM a été consulté pour tenter d'expliquer ces fortes concentrations en cuivre et zinc. D'une manière générale, les connaissances sont encore insuffisantes pour conclure sur la part éventuelle du fond géochimique, en particulier dans les matrices sédiment et eaux marines. Ces éléments sont justement très sensibles aux contaminations, qui peuvent survenir lors des échantillonnages ou des analyses réalisées en laboratoire, ce qui complique d'autant plus les évaluations (A.L. Tailame, BRGM, comm. pers.). Toutefois, comme évoqué plus haut, les concentrations mesurées dans les sédiments de la baie du Galion dans le cadre de notre étude sont dans la gamme de celles rapportées par d'autres auteurs pour ce site (Bertrand *et al.*, 2009) ou d'autres en Martinique (sédiments marins des baies de Fort-de-France et du Marin : Impact Mer, 2012 ; Créocéan, 2013 ; sédiments terrestres ou eaux de rivières : BRGM, ODE, etc.).*

Les hydrocarbures polyaromatiques peuvent avoir une origine naturelle (volcanisme par exemple, feux de forêts, ...), mais ils sont principalement émis dans l'environnement par les activités humaines. Les apports se font principalement par les rejets pétroliers, par voie atmosphérique, par des rejets directs ou diffus (eaux usées, ruissellement, rejets des activités agricoles, industrielles).

Les contaminants dominants dans les sédiments de la baie du Galion étaient le fluoranthène et le pyrène. On considère généralement que la distribution des concentrations en fluoranthène est représentative de la contamination chronique en HAP. Ce composé est très persistant dans l'environnement. Il appartient aux HAP prédominants dans les émissions des incinérateurs d'ordures ménagères et est présent dans de très nombreux rejets industriels. Le pyrène est généralement issu de combustions incomplètes. Il est présent dans les gaz d'échappement automobiles, dans les goudrons. Il est utilisé pour de nombreuses applications industrielles.

Sur le bassin versant, les sources d'émissions identifiées proviennent du secteur industriel. La sucrerie du Galion, l'usine de peinture, la carrière d'extraction Gravillonord, ainsi que la centrale béton Caraïbes Moter sont des sources potentielles d'hydrocarbures. Des apports diffus par les eaux pluviales (lessivage des routes) peuvent également contribuer aux apports en HAP.

## 4 Conclusion du diagnostic de la phase 1

La baie du Galion est le réceptacle final des eaux du bassin versant du Galion. En 2010, des risques d'altération de la masse d'eau avaient été identifiés, du fait des pressions s'exerçant sur le bassin versant et du faible renouvellement des eaux. Ces risques étaient liés aux processus d'hypersédimentation, d'eutrophisation et à l'écotoxicité des rejets industriels.

L'analyse des données disponibles, et acquises dans le cadre de cette étude, ont permis d'établir un diagnostic de la qualité physico-chimique de la baie.

Le problème majeur est lié à l'hypersédimentation, associée au transport de polluants (chlordécone, métaux traces, hydrocarbures polyaromatiques) en concentrations parfois importantes.

D'autre part, la baie présente un risque d'eutrophisation, en particulier aux stations les plus proches du littoral. Bien que ce phénomène n'ait pas été mis en évidence lors des échantillonnages, les paramètres mesurés permettent de conclure à la sensibilité du milieu pour ce type de processus. Un suivi régulier des indicateurs d'eutrophisation pourrait aider à identifier les périodes les plus à risques.

Enfin, un risque sanitaire a également été identifié et pourrait être en partie résolu par l'amélioration du réseau de traitement des eaux usées.

Dans l'ensemble, l'état de la baie est donc préoccupant et cohérent avec les apports issus du bassin versant. A l'avenir, un suivi de la qualité de la masse d'eau et des sédiments pourrait permettre d'évaluer l'effet des actions entreprises sur le bassin versant dans le cadre du contrat de rivière.

Tableau 12 : Tableau bilan des contaminations et de leurs origines probables.

Substances / Paramètres	Compartiment	Niveau de contamination	Origine probable	Commentaires
Nutriments	Eau de mer	Moyen	Agriculture, eaux usées, lessivage des sols, industries	Risque d'eutrophisation
MES	Eau de mer	Fort	Erosion, eaux usées, industries	Transport associé de polluants, eutrophisation
Germes fécaux	Eau de mer	Moyen	Eaux usées, élevages, épandages	Risque sanitaire
Métaux (Cu, Zn)	Sédiment	Moyen	Fond géochimique, industries, agriculture	Risque écotoxicologique
HAP	Sédiment	Faible	Lessivage, eaux usées, industries	Risque écotoxicologique
Chlordécone	Sédiment	Faible	Bananeraies	Concentrations inférieures à la LQ du laboratoire, mais présence avérée (littérature)

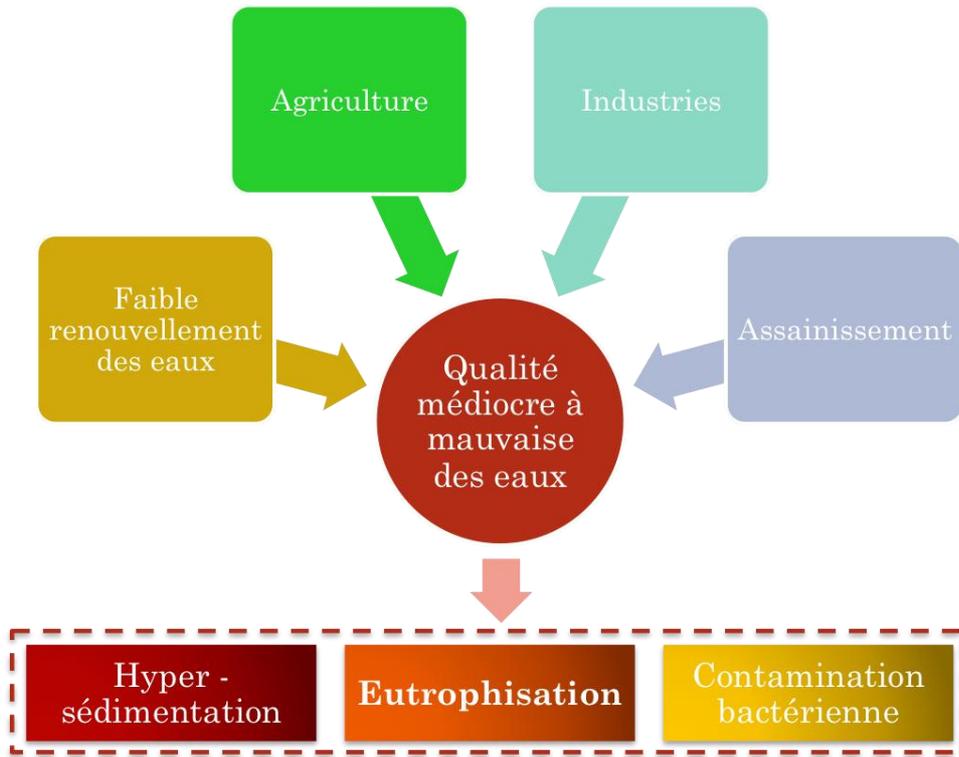


Figure 24 : Schéma des pressions sur la qualité des eaux.

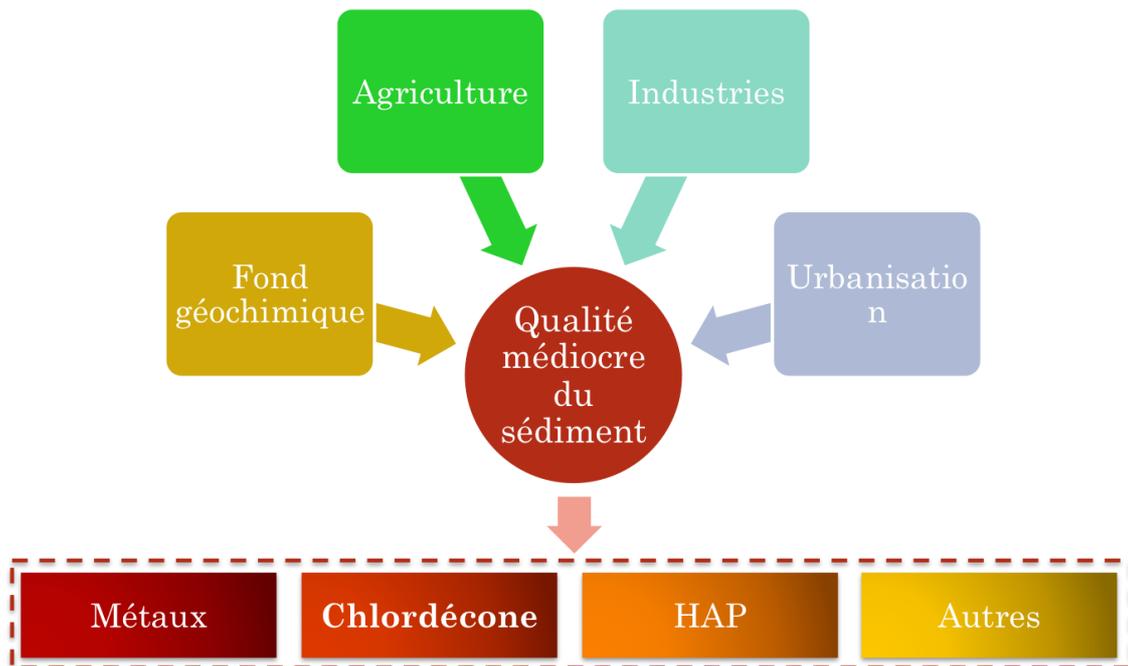


Figure 25 : Schéma des pressions sur la qualité du sédiment.

## D. Phase 2 : diagnostic écologique des mangroves et de la forêt marécageuse

### 1.1 Objectifs

La caractérisation écologique des deux unités (mangrove, forêt marécageuse) est partitionnée et répartie entre plusieurs analystes. Cette phase intègre les inventaires botaniques de l'intérieur des formations et de leurs lisières, la caractérisation de la structure de la végétation et la prise en compte des principales espèces animales. Pour des raisons pratiques et du fait de la logique d'analyse, tous les travaux concernant la végétation ont été coordonnés entre eux.

D'autre part, la forêt marécageuse du Galion a fait l'objet en 2003 d'un diagnostic écologique global qui comprenait aussi l'étude de la faune (Imbert & Leblond, 2003). Dans le cadre de cette nouvelle étude, qui inclue les mangroves, le volet faunistique a également fait l'objet d'observations afin d'établir des propositions d'action de restauration et de protection.

Cette phase 2 se découpe en 3 étapes:

- ❖ Etape 1 : Dynamique spatiale de l'évolution de la forêt marécageuse et de la mangrove
- ❖ Etape 2 : Caractérisation de la forêt marécageuse et de la mangrove
- ❖ Etape 3 : Elaboration de proposition et de fiches actions

## 2 Méthodologie

### 2.1 Détails du déroulement des campagnes de terrain

La caractérisation de la structure forestière de la forêt marécageuse du Galion a été réalisée en deux temps (Tableau 13).

Tableau 13 : Déroulement des campagnes de terrain

	Mission / étude	Date	Remarque
Campagne 1	Avifaune	28 et 29 mai 11 à 13 juin 2013 20 juillet 2013	Période de reproduction des oiseaux sédentaires / premiers migrateurs avant l'ouverture de la chasse (28 juillet)
	Forêt marécageuse	22 et 23 Juillet 2013	Accès impossible parcelle B
	Ecoulement (buses)	23 juillet 2013	2 buses trouvées
	Mangrove	23 et 24 juillet 2013	Zone D et E réalisées
	Inventaire Botanique	22, 23 et 24 juillet 2013	Linéaire foret et mangrove
Campagne 2	Avifaune	octobre 2013	Plusieurs dates d'observation/ migrateurs
	Forêt marécageuse	20 septembre 2013	Accès parcelle B
	Ecoulement (buses)	20 septembre 2013	Pas plus d'avancée
	Mangrove	18 et 19 septembre 2013	Zone A, B et C réalisées
	Inventaire Botanique	21 au 24 septembre 2013	Linéaire foret et mangrove
	Inventaire Botanique	1 octobre 2013 12 novembre 2013	

La zone est du massif a été inventoriée le 22 juillet 2013 soit 12 jours après le passage de la tempête Chantal sur la Martinique. La zone ouest n'a pu être inventoriée en juillet, les dégâts récents occasionnés par la tempête associés au niveau d'eau important rendant impraticable cette partie du massif. Aussi, la partie ouest du massif a été inventoriée le vendredi 20 septembre 2013.

### 2.2 Dynamique spatiale de la mangrove et de la forêt marécageuse

La télédétection et l'analyse spatiale par Système d'Information Géographique (SIG) sont des techniques qui permettent d'évaluer d'une part les superficies occupées par ces milieux à un instant donné et d'autre part l'évolution de ces superficies dans le temps.

Les images optiques satellites et aériennes fournissent des données d'observation horizontales inférieure au mètre avec, pour les images satellites, des informations dans le Proche Infra-Rouge (PIR) donnant des renseignements permettant de discriminer les différents types de peuplement. L'analyse de plusieurs dates de prise de vue permet (i) d'établir des bilans chiffrés de l'évolution de superficie des types de peuplements et (ii) de localiser les pertes et les gains correspondants.

Les cartographies de 1950 et 2004 précédemment réalisées dans le cadre de l'étude Impact Mer (2011) ont été mises à jour dans cette étude, à partir de la photo-interprétation d'images satellites Pléiades dont les caractéristiques sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Caractéristique de l'images satellite Pléiades utilisées pour l'étude de la dynamique spatiale de la mangrove et de la forêt marécageuse

Date	22 septembre 2012
Capteur	Pléiades
Producteur	Astrium
Taille du pixel (m)	0,5
Bandes spectrales	Bleu, Vert, Rouge, PIR, Panchromatique
Niveau Produit	Orthomosaïque (corrigée du relief, projetée)
Coût au km <sup>2</sup> (euros HT)	10

Toutes les fiches descriptives (description générale, caractéristiques des sources des données...) des différentes couches étudiées se trouvent en annexe de ce rapport.

## 2.3 Caractérisation de la composition et de la structure de la forêt marécageuse

### 2.3.1 Organisation spatiale de l'inventaire et de la caractérisation de la structure de la végétation

Le protocole d'inventaire de la forêt marécageuse est défini dans le cahier des clauses techniques particulières (CCTP). Il comprend plusieurs parties :

- ❖ L'inventaire des lisières nord et sud
- ❖ L'inventaire le long du transect central d'est en ouest
- ❖ L'inventaire de deux parcelles de 400 m<sup>2</sup> situées sur le transect

Cependant en raison du très fort niveau d'inondation dans la partie ouest (amont) du massif du Galion, la méthodologie a été légèrement modifiée en accord avec le maître d'ouvrage :

- ❖ L'inventaire le long du transect n'a pas pu être réalisé dans la zone ouest du massif.
- ❖ La parcelle de caractérisation de la structure de la végétation de la zone ouest du massif (parcelle A) a été repositionnée et reconfigurée (Figure 26, Figure 27).



Figure 26 : Carte de la forêt marécageuse du Galion. Les deux parcelles inventoriées ainsi que les chemins d'accès sont localisées (Impact Mer)

La parcelle A, située dans la zone ouest du massif, peut être rejointe par un sentier qui part du rond point et qui longe la lisière nord. Il s'agit ensuite de s'enfoncer dans la forêt sur 50 m vers le sud (cap 160°). La parcelle B, située dans la zone est du massif, peut être rejointe en longeant la lisière nord par la zone d'activité, en marchant dans le canal qui longe la lisière est vers le sud, puis en s'enfonçant de 20 m vers l'ouest (cap 250°). La carte présentée en Figure 26 localise les parcelles et leurs accès.

L'accès à la parcelle B peut se faire par l'est en longeant le canal. Le sol reste meuble entre les arbres avec des enfoncements de l'ordre de 60 à 70 cm, la progression reste donc difficile mais possible. La circulation dans la parcelle est rendue très difficile par un nombre important de branches voire de grandes parties de houppier au sol suite à la tempête tropicale Chantal.

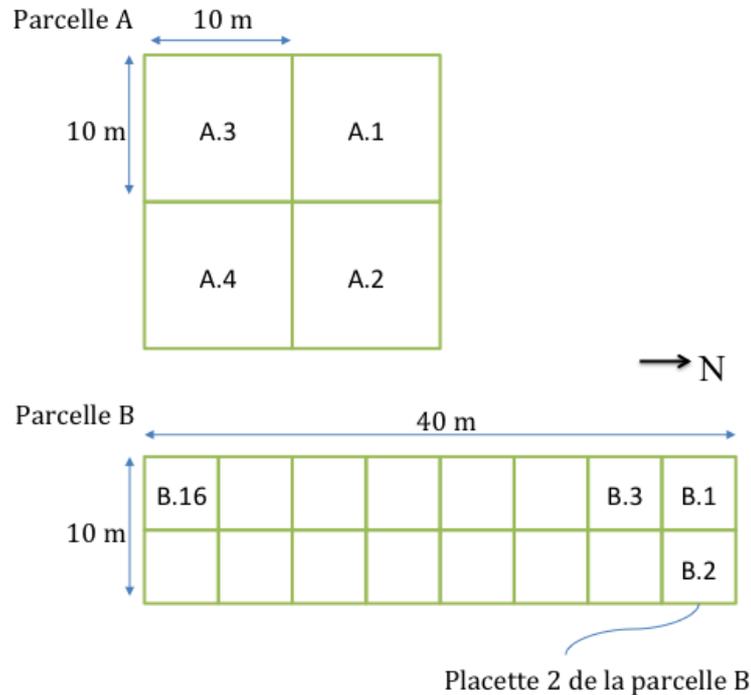


Figure 27 : Géométrie des parcelles d'inventaire pour la caractérisation de la structure verticale et horizontale de la forêt marécageuse

L'impraticabilité de la zone ouest (amont) du massif a rendu très difficile et même dangereux les déplacements. Aussi, afin de limiter les déplacements dans cette zone, l'étude de la structure de la végétation a été réalisée sous la forme d'une parcelle carrée.

### 2.3.2 Inventaire floristique

#### Méthodes d'inventaire

L'itinéraire d'inventaire a suivi les lisières et bordures boisées. Des incursions à l'intérieur des formations inondées ont été pratiquées lorsque des configurations écologiques stationnelles particulières (buttes de déracinement, arbres de plus grande taille) indiquaient la possibilité d'installation d'espèces végétales correspondant à ces particularités. L'intérieur de la forêt marécageuse a été inventorié également dans les placettes de relevés. L'intérieur des deux formations arborées inondées et notamment les ramifications hautes des *Pterocarpus* dans la forêt marécageuse a également été observé à l'aide de jumelles (Minolta x8).

#### La détermination des espèces

Les espèces sont soit directement déterminées sur le terrain et notées (observation directe ou avec jumelles pour les épiphytes hauts et lianes), soit déterminées ultérieurement à partir de prélèvements d'échantillons, de photographies et/ou de notes botaniques. Une partie des déterminations a été confiée à l'expertise de spécialistes locaux. Les avis et informations données par ces experts ont été diversement intégrés dans l'analyse et les critiques éventuelles des identifications botaniques ou interprétations écologiques proposées dans ce diagnostic ne peuvent s'adresser qu'à l'auteur de l'inventaire.

#### Les listes d'espèces

Le nom des plantes observées est listé par sous unité d'analyse (forêt marécageuse, mangrove). Les listes précisent également la famille, les noms vernaculaires connus (Guadeloupe et Martinique sans distinction), et la répartition géographique de chaque espèce à l'échelle mondiale ainsi qu'à l'échelle des Petites Antilles.

Les noms botaniques sont ceux qui sont donnés dans les flores utilisées localement (Fournet, 2002 ; Proctor, 1977) ou bien correspondent à des mises à jour plus récentes de la nomenclature. Étant donnée l'importance des travaux actuels sur la taxonomie, il est possible que certains noms soient rapidement obsolètes (mis en synonyme). La mise à jour ultérieure de la nomenclature pourra se référer au suivi floristique assuré par le Conservatoire Botanique de la Martinique.

Les autres informations données dans les listes d'espèces (famille, distribution géographique) se réfèrent aux mêmes ouvrages de référence (Fournet, 2002 ; Proctor, 1977).

#### Précisions conceptuelles sur le patrimoine végétal

La notion de patrimoine est aujourd'hui diversement interprétée et il convient de préciser le sens qui lui est accordé ici. C'est une notion subjective qui attribue une valeur d'existence forte aux espèces qui sont plus rares que les autres et qui sont bien connues. Il s'agit des espèces autochtones vulnérables en Martinique du fait de leur rareté et de façon générale à cause des diverses menaces pesant sur leur population.

### **Vulnérabilité des espèces**

Concernant les espèces autochtones dont les populations sont vulnérables et évoluent vers un risque d'extinction locale (régionale), il est aujourd'hui d'usage d'évaluer cette vulnérabilité avec les critères UICN (Union Internationale de Conservation de la Nature) et de l'exprimer par les catégories UICN de vulnérabilité. Cependant, à ce jour, seule une petite partie de la flore a été évaluée et est officiellement reconnue par l'UICN. Il convient de noter que l'UICN ne prend pas en compte les espèces allochtones.

### **2.3.3 Caractérisation de la végétation en forêt marécageuse**

La caractérisation de la structure de la végétation de la forêt marécageuse du Galion, s'est faite sur 2 parcelles de 400 m<sup>2</sup> subdivisées en 4 placettes de 100 m<sup>2</sup> ou 16 placettes de 25 m<sup>2</sup> selon la praticabilité du terrain (Figure 27, p50). Ces 2 parcelles ont été positionnées aussi proches que possible de celles réalisées par Daniel Imbert en 2003.

Les positions géographiques des parcelles ont été repérées au GPS (Tableau 15, p53). L'extrémité nord de la parcelle a été matérialisée par un piquet en PVC marqué à la peinture rouge. Ces informations et ces marquages ont permis de retrouver les positions exactes des parcelles pour la caractérisation de la flore terrestre et épiphyte et pourront aussi servir dans le cas d'éventuels suivis futurs.



Figure 28 : Photographie de la canopée en forêt marécageuse (A), quadrat pour l'inventaire de la structure forestière dans la zone est (aval) du massif (B), (Impact Mer)

#### **Structure verticale**

Dans chaque parcelle de 400 m<sup>2</sup>, une mesure de la hauteur dominante de la forêt a été réalisée par placette avec un clinomètre PM5 Suunto. Ces mesures permettent de dessiner un profil vertical de la végétation dans chacune des parcelles.

#### **Structure horizontale**

La structure horizontale des 2 parcelles a été caractérisée pour chaque placette.

- Les individus de *P. officinalis* juvéniles (circonférence < 10 cm et hauteur > 1 m) ont été dénombrés. Les plantules n'ont pas été dénombrées<sup>1</sup>.
- Les individus d'arbres adultes (circonférence > 10 cm) ont été identifiés par un numéro en relief sur une étiquette de type DYMO fixé par un clou à l'arbre. L'étiquette en relief DYMO est le marquage le plus durable d'arbre, elles permettent de retrouver les individus échantillonnés pour de futurs suivis.
- La circonférence de chaque individu adulte a été mesurée mètre ruban, à 1,30 m au dessus du sol et, dans le cas de contreforts supérieurs à 1,30 m, 20 cm au dessus des contreforts. La hauteur de mesure a été notée et matérialisée par un trait de peinture.

<sup>1</sup> La densité des plantules est peu indicatrice de la dynamique forestière à moyen – long terme en forêt marécageuse. Elle reflète plutôt la production de fruit par les *P. officinalis* adultes.



Figure 29 : Clinomètre Suunto : mesure de la hauteur des arbres (A), étiquette DYMO : identification des arbres (B), (Impact Mer)

### 2.3.4 Mesures physico-chimique des sols inondés

#### **Caractéristiques de la nappe d'eau en forêt marécageuse**

Les mesures physico-chimiques *in situ* (température, salinité, pH, oxygène dissous) ont été réalisées à l'aide d'une sonde multiparamètres *YSI Professional Plus* calibrée avant la prise de mesure.

En raison des difficultés d'approche et de déplacement liées à un niveau d'eau trop important, le protocole a été revisité. Les mesures des paramètres physico-chimiques de l'eau stagnante ont été réalisées dans chaque parcelle et non pas le long des transects.

#### **Origine et circulation de l'eau en forêt marécageuse**

Sur l'initiative du bureau d'étude, des prélèvements d'eau pour analyse de la composition isotopique en  $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^2\text{H}$  ont été conduites dans

- ❖ les 2 parcelles d'étude de forêt marécageuse (A et B)
- ❖ dans le canal à l'est du massif



Figure 30 : Emplacement des prélèvements d'eau pour analyse isotopique en forêt marécageuse

Ces analyses permettent (i) d'évaluer la contribution de l'eau douce (issues des pluies et du ruissellement) et de l'eau de mer à la nappe d'eau présente en mangrove et (ii) de déterminer s'il y a eu évaporation de l'eau dans le milieu. Ces analyses étaient conseillées en option recommandée mais n'ont pas été validées par CAP Nord Martinique. Cependant, le groupement a tout de même été intéressé pour effectuer les analyses en les prenant à sa charge. Aussi, quelques résultats issus de ces analyses seront présentés dans la partie résultat.

## 2.4 Caractérisation de la mangrove

### 2.4.1 Stratégie d'inventaire pour la description de la mangrove

La zone d'étude se compose de 5 sous-unités distinctes et hétérogènes. La méthode de transect est en effet mieux adaptée à un contexte de type de peuplement homogène (comme la forêt marécageuse), il a été choisi d'utiliser la méthode d'échantillonnage par quadra. En effet, cette technique permet de mieux caractériser la population en adaptant de façon proportionnelle, la taille de chacun des quadas à la surface de la zone de mangrove à échantillonner.

Les quadras ont été repérés par GPS. La mise en place de ces quadras et la réalisation du protocole de description de la mangrove s'est faite en accédant à pied, en prenant soin de ne pas provoquer de dégradation sur la végétation (aucune coupe/taille n'a été effectuée).

Afin de s'adapter complètement à la réalité du terrain et au type de faciès rencontré, l'échantillonnage des 5 zones s'est fait de manière proportionnelle à la surface de chacune des zones au moyen d'une à trois parcelles par zone selon le nombre de type de végétation rencontré (cf Figure 31 et Tableau 15).

- ❖ A : 2 parcelles 75 m<sup>2</sup>
- ❖ B : 2 parcelles 75 m<sup>2</sup>
- ❖ C : 2 parcelles 75 m<sup>2</sup> et 1 parcelle de 50 m<sup>2</sup>
- ❖ D : 2 parcelles 200 m<sup>2</sup> et 1 parcelle de 25 m<sup>2</sup>
- ❖ E : 2 parcelles 200 m<sup>2</sup>

Tableau 15 : Description, superficie et coordonnées GPS des parcelles d'étude en mangrove

Site	N° parcelle	Description	Lat (°N)	Long (°O)	Superficie (m <sup>2</sup> )
Mangrove, Zone A	A1	Lr arboré	0721662	1628461	75
Mangrove, Zone A	A2	Lr et Ag arboré	0721590	1628393	75
Mangrove, Zone B	B1	Rm arboré	0721797	1628247	75
Mangrove, Zone B	B2	Lr arbustif	0721814	1628270	75
Mangrove, Zone C	C1	Lr arboré	0721892	1627891	75
Mangrove, Zone C	C2	Rm arboré	0721811	1627847	75
Mangrove, Zone C	C3	Lr arboré	0721759	1627836	50
Mangrove, Zone D	D1	Rm arboré	0722256	1627884	200
Mangrove, Zone D	D2	Rm arbustif	0722351	1627868	25
Mangrove, Zone D	D3	Ag ramifié	0722450	1627840	200
Mangrove, Zone E	E1	Rm arboré	0722667	1628081	200
Mangrove, Zone E	E2	Rm arboré	0722709	1628073	200

Ag : *Avicennia germinans*, Lr : *Laguncularia racemosa*, Rm : *Rhizophora mangle*



Figure 31 : Localisation des inventaires pour la description de la structure de la végétation de la mangrove (Impact Mer)

La stratégie d'inventaire vise à représenter au mieux chaque zone. L'hydrologie étant un facteur clef de la structure de la mangrove, une parcelle (ou sous parcelle) a été installée en amont et une autre en aval pour chacune des zones.

#### 2.4.2 Inventaire de la flore terrestre et épiphyte en arrière mangrove et sur ses lisières

L'inventaire s'est déroulé sur la bordure intérieure de la mangrove. Pour des raisons pratiques, les sentiers existants ont été prioritairement utilisés pour l'itinéraire d'inventaire. Les transects ou placettes définis pour les

autres aspects de l'étude (abondance, relevé de structure et de dimension) ont également fait l'objet d'un inventaire des espèces végétales présentes.

### 2.4.3 Caractérisation de la végétation de mangrove

La structure de la végétation de la mangrove a été décrite par parcelle (ou sous parcelle) en observant plusieurs critères. A l'échelle de chaque parcelle :

- ❖ Une description générale du peuplement (arbres, baliveaux, gaulettes, semis et plantules) a été effectuée en précisant :
  - L'espèce dominante
  - La densité des individus (gaulis, baliveau, adulte) et plantules (hauteur < 1 m) de chaque espèce ainsi que la dynamique générale (ratio vivant/mort)
    - plantules et semis : hauteur inférieure à 1 m et diamètre compris entre 0 et 1 cm
    - gaulis : hauteur supérieure à 1 m et diamètre compris entre 1 et 7 cm
    - baliveau : hauteur supérieure à 1 m et diamètre compris entre 7 et 12 cm
    - adulte : hauteur supérieure à 1 m et diamètre supérieur à 12 cm
- ❖ Le taux de recouvrement des différentes strates (arbres, fourrés, herbes et sols nus) a été estimé et exprimé en %. L'abondance des lianes et des herbacées a été notée par un indice de 0 à 4 (absent, peu abondant, abondant, très abondant).

Chaque arbre a été caractérisé, marqué à la peinture rouge et mesuré. Les paramètres suivants ont été recueillis :

- ❖ Espèce
- ❖ Hauteur (m)
- ❖ Diamètre (cm) : le diamètre est pris à 1,30 m en l'absence d'irrégularité de conformation du tronc. Dans le cas de *R. mangle*, le diamètre est pris à 20 cm au dessus de la plus haute racine échasse. La hauteur de mesure est matérialisée par un trait de peinture rouge.
- ❖ Phénologie (fleur, fruit, ni fleur ni fruit)
- ❖ Etat de santé (très bon, bon, moyen, mort)
  - Très Bon (TB) : Houppier très vert, très touffu, port général imposant, feuillage continu, pas de branche principale étiée, pas écimé, écorce robuste et sans trop de lichen
  - Bon (B) : Houppier vert, touffu, port général présent, feuillage continu, pas écimé, possible branches principales étiées, arbres bon régénérer d'un ancienne coupe ou chute
  - Moyen (M) : Houppier clairsemé, port général très incliné et/ou dominé, feuillage discontinu, écimé, branches principales étiées, écorce couverte de lichen
  - Mort : Aucune feuille
- ❖ Inclinaison

Les arbres dont le diamètre était supérieur à 7 cm ont tous été également identifiés par une étiquette DYMO et un numéro.

Ces informations ont été notées dans des fiches de terrain spécifiques où apparaissent aussi :

- ❖ Le numéro du quadrat
- ❖ La date
- ❖ Le nom de l'observateur

### 2.4.4 Mesures physico-chimiques en mangrove

#### **Physico-chimie des sols inondés**

Les mesures physico-chimiques *in situ* (température, salinité, pH, oxygène dissous) ont été réalisées à l'aide d'une sonde multi paramètres *YSI Professional Plus* calibrée avant la prise de mesure.

#### **Description du sédiment en mangrove**

Pour chacune des stations positionnées pour le suivi des paramètres physico-chimiques, une description du sédiment a été réalisée : nature, couleur, odeur, présence de matière organique et litière.

#### **Origine et circulation de l'eau en mangrove**

Sur l'initiative propre du bureau d'étude (option proposée dans la note méthodologique mais non validée par le maître d'ouvrage), des analyses de la composition isotopique de l'eau en  $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^2\text{H}$  ont été conduites dans certaines zones de l'étude et dans les sources d'alimentation en eau potentielle. Les échantillons d'eau aux emplacements suivants ont été prélevés

- ❖ Parcelle A1
- ❖ Parcelle C1
- ❖ Parcelle C3
- ❖ Parcelle E1
- ❖ Eau de mer dans la baie à proximité de la parcelle B2
- ❖ Eau dans la ravine qui traverse les champs de canne en amont de la zone C



Figure 32 : Emplacements des prélèvements d'eau pour analyse isotopique en mangrove (Impact Mer)

Les analyses isotopiques associées aux données de salinité permettent de savoir si l'eau de la nappe provient du ruissellement d'eau douce du bassin versant et/ou de la mer et si elle est soumise à des phénomènes d'évaporation.

## 2.5 Caractérisation de la faune et avifaune de la mangrove

Cette phase du diagnostic a intégré des données issues de la bibliographie et des missions de terrain. Elles se sont effectuées en plusieurs passages afin de tenir compte au mieux de la période de reproduction des oiseaux sédentaires, de la période de migration et de la période de chasse.

Toute présence et toute activité des vertébrés (mammifères, reptiles, batraciens, oiseaux) ont été notées et décrites. Les contacts se sont effectués de manière visuelle et acoustique, et les indices de fréquentation faunistiques (présence de nids, de gîtes, de coulées, de fèces et d'empreintes au sol) ont également été utilisés. Les différentes zones ont été prospectées en utilisant les chemins et les traces existantes. Les espèces fréquentant les zones humides ou leurs périphéries immédiates ont été notées régulièrement et localisées grâce à des points GPS.

Trois séances de captures de l'avifaune ont été effectuées (en octobre) : une en bordure de forêt marécageuse, une autre dans la zone C et une dernière en bordure de zone E. Des filets japonais ont été utilisés pour les oiseaux. Ces séances ont eu pour but de compléter la liste des espèces présentes dans le secteur d'étude.

Seules les oiseaux contactés lors des points d'écoute ont été utilisés dans l'exploitation des résultats. Ces résultats ont été

- ❖ Utilisés pour calculer des abondances relatives pour chaque espèce par zone, selon la formule ci-dessous

$$\text{Abondance relative} = \frac{\text{Nombre d'individus de l'espèce}}{\text{Nombre total d'individu}} \times 100$$

- ❖ Mis sous la forme d'une matrice d'abondance donnant la présence ou l'absence de chaque espèce par zone d'étude. La matrice d'abondance a ensuite été analysée par le logiciel Past afin d'obtenir une première approche de la structure des populations d'oiseaux



Figure 33 : Points de prospection pour l'avifaune de l'ensemble de la zone (BIOS)

## 2.6 Elaboration des propositions et fiches d'actions

A partir des diagnostics réalisés au cours de la phase 1 et 2, cette étude a permis d'émettre des propositions de gestion, d'aménagement, de restauration adaptées et de valorisation des différents sous unités écologiques de la Baie du Galion. Ces propositions sont adaptées au contexte local et aux deux écosystèmes : forêt marécageuse et mangrove. Elles sont compilées dans des fiches actions, ludique et facile d'accès.

Chaque fiche présente une proposition d'action de restauration et/ou protection. Illustrée par des cartes et des photos, elles contiennent les informations suivantes :

- Objectifs de l'action
- Type d'action (travaux, études, gestion, animation / sensibilisation...)
- Descriptif de l'action
- Résultats attendus : social, économique et environnemental
- Coût estimatif
- Zone ciblée (unité écologique particulière, ensemble du milieu récepteur...)
- Acteurs et porteurs

Les actions proposées sont les concrètes et prennent en compte leur faisabilité à l'échelle du contrat de rivière (5 ans).

Ces fiches ont été établies dans le cadre de 2 ateliers de travail entre les experts intervenus sur les différents volets de cette étude.

### 3 Difficultés rencontrées au cours de l'étude

#### 3.1 Accès aux parcelles

Les forêts marécageuses à *P. officinalis* constituent des écosystèmes dans lesquels il est très difficile de progresser. La microtopographie du terrain est en général très irrégulière, formée de buttes au pied des grands arbres adultes et de cuvettes entre deux. Dans ces cuvettes, le niveau d'eau peut atteindre des hauteurs importantes (environ un mètre) ce qui rend les déplacements très difficiles. La forêt du Galion ne fait pas exception et l'utilisation de wadders pour s'y déplacer est indispensable. Par ailleurs, il semble évident que la route qui la traverse a profondément modifié les écoulements d'eau. Le talus, sur lequel se situe la route, fait barrage à la circulation naturelle de l'eau depuis la partie ouest du massif, en amont, vers la partie est du massif, en aval. Aussi, le niveau d'eau dans la partie ouest du massif est très élevé atteignant, dans les cuvettes, des hauteurs supérieures à 1,5 m qui rendent la progression dangereuse. Par ailleurs les nombreuses chutes de houppiers et de branches occasionnées par la tempête Chantal (9 juillet 2013) ont constitué autant d'obstacles au déplacement. Ces différents éléments ont conduit à réviser le protocole initialement prévu dans le CCTP avec l'approbation du maître d'ouvrage.



Figure 34 : Vue d'ensemble de la forêt marécageuse en eau (A et B). Impraticabilité de la zone ouest du massif lié au niveau d'eau trop important et à l'enfoncement du sol (C et D), (Impact Mer)

#### 3.2 Ajustement du protocole

Au vu des difficultés de circulation dans la forêt marécageuse, les mesures et caractérisations prévues sur le transect ont été déplacées. Les mesures de caractérisation de la nappe ont été réalisées dans les parcelles de caractérisation de la structure de la forêt marécageuse. L'inventaire de la flore ne s'est pas fait sur le transect même mais a bien eu lieu dans les parcelles et l'intérieur de la forêt marécageuse a été observé depuis les lisières avec des jumelles et par de courtes incursions lorsque l'inondation le permettait. Toutefois, les résultats de l'inventaire doivent être relativement complets : dans ce milieu, les parties les moins accessibles (les plus inondées) sont généralement uniquement peuplées de *Pterocarpus officinalis*.

Malgré les difficultés importantes pour progresser il a été possible de réaliser le protocole de caractérisation de la structure forestière dans les deux parties du massif. Toutefois, l'emplacement des parcelles et le protocole ont été ajustés par rapport à la méthodologie proposée initialement. La parcelle A étant particulièrement difficile à atteindre et le milieu difficile pour se déplacer, il a été choisi d'inventorier les 400 m<sup>2</sup> prévus sous la forme d'une parcelle de 20 x 20 m.

### 3.3 Les dégâts de la tempête Chantal

La forêt marécageuse a beaucoup souffert du passage de la tempête Chantal<sup>1</sup>. Fin juillet 2013, la canopée était très impactée avec une strate dominante feuillée ne couvrant plus que 20-30 % de la surface au sol, contre une couverture totale (100 %) en temps normal dans d'autres sites de référence (forêt de Golconde, Guadeloupe). Beaucoup d'arbres ont été étêtés, cassés. Le niveau d'impact de la tempête Chantal a été équivalent dans les zones est et ouest du massif avec une défoliation de la canopée très importante. Cependant, lors des sorties de septembre 2013, une très forte re-augmentation de la couverture par la canopée a pu être observée, celle-ci étant, en moyenne, supérieure à 50 % de la surface du sol.

Ces observations sont conformes à la littérature qui fait état du bois cassant et de la grande fragilité des tiges de *P. officinalis* (le sol des forêts marécageuses est souvent couvert de débris de bois) et également de la capacité de cette espèce à rejeter vigoureusement après une perturbation (Migeot 2010).



Figure 35 : dégâts occasionnés par la tempête Chantal en forêt marécageuse

<sup>1</sup> Tempête « Chantal »: tempête tropicale impactant la Martinique le mardi 9 juillet 2013. Des rafales supérieures à **130 km/h** ont en effet été enregistrées sur les hauteurs de Fort-de-France ou à la Caravelle. Les vents moyens ont atteint 80 km/h. De nombreux arbres ont été arrachés, aussi bien dans le sud que dans le nord du département. Plus de 30 000 foyers ont été privés d'électricité et au moins 8 communes privées d'eau courante. Au niveau des précipitations, les lames d'eau ont surtout été significatives sur le sud-ouest de l'île. Il a ainsi été relevé en 24h, entre mardi 9 à 9h et mercredi 10 à 9h, une lame de **118 mm** à l'Anse d'Arlet et de **94 mm** à Trois-Ilets. Ailleurs sur l'île des cumuls compris entre **20 et 60 mm** ont été enregistrés.

## 4 Résultats et discussion

### 4.1 Dynamique de la couverture spatiale de mangrove et forêt marécageuse

#### 4.1.1 Evolution des surfaces de forêt marécageuse à *P. officinalis* (1951-2012)

La superficie couverte par la forêt marécageuse à *P. officinalis* a augmenté de 0,5 ha de 1951 à 2012. Cette augmentation ne s'est pas faite de manière homogène sur l'ensemble du périmètre des lisières de la forêt marécageuse. La superficie a diminué en raison de l'aménagement routier de la RN1, la lisière nord-est a reculé à cause de l'extension de la ZAC du Bac et la lisière sud ouest du massif a reculé à cause de l'extension de terres agricoles et du pâturage. Certaines lisière ont, au contraire, gagné du terrain : au nord et à l'ouest du massif sur des terres agricoles, et à l'est du massif le long du canal de drainage. Le périmètre de forêt marécageuse a également vu la fermeture de nombreuses « invaginations » (sud, est, nord) pour prendre un contour plus lissé.

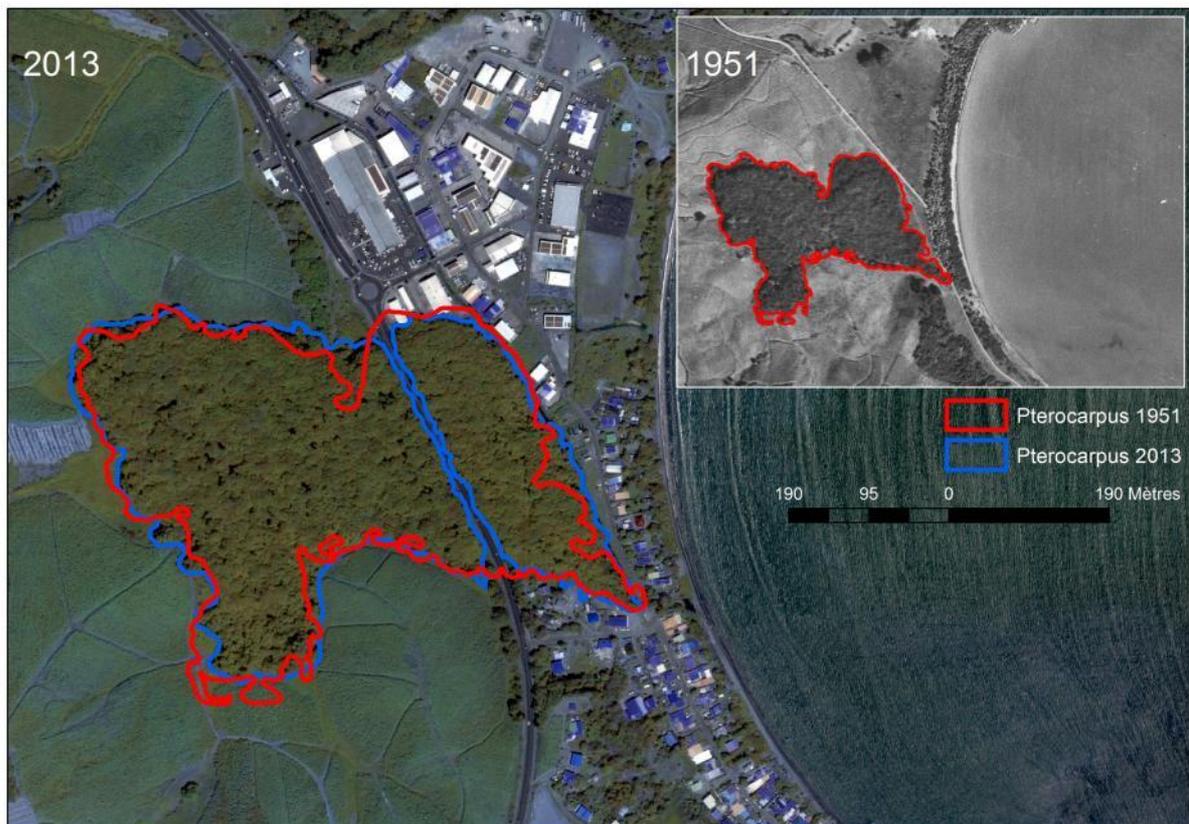


Figure 36 : Carte des changements de surfaces couvertes par la forêt marécageuse entre 1951 et 2012, (Ecolab)

Tableau 16 : Evolutions de surfaces (ha) de la forêt marécageuse de 1951 à 2012

Date	1951	2012	Bilan
Surface (ha)	16,2	16,7	+ 0,5

#### 4.1.2 Evolution des surfaces de mangrove (2004-2012)

La superficie couverte par les palétuviers a augmenté de 1.2 ha entre 2004 et 2012, passant de 20,6 ha en 2004 à 21,8 ha en 2012 (Tableau 17). Cette augmentation s'est essentiellement faite par la colonisation du miroir de chasse (Figure 37). Ce dernier a ainsi diminué de 2,3 ha, passant de 15,4 ha en 2004 à 13,1 ha en 2012.

L'augmentation à l'échelle globale des surfaces couvertes en palétuvier cache en réalité des disparités spatiales remarquables. Des clairières sont apparues à l'est de la zone d'étude entre les deux dates (Zone E). Le front de mer a reculé d'une dizaine de mètres en face du miroir de chasse (Zone B). Ces modifications pourraient avoir été créées par le passage de l'ouragan Dean en 2007.

D'un point de vue général, ces modifications (ouverture de clairières, colonisation du miroir de chasse) ont engendrées une augmentation du linéaire terrestre et côtier, passant respectivement de 6797 m et 2651 m en 2004 à 9971 m et 3121 m en 2012.

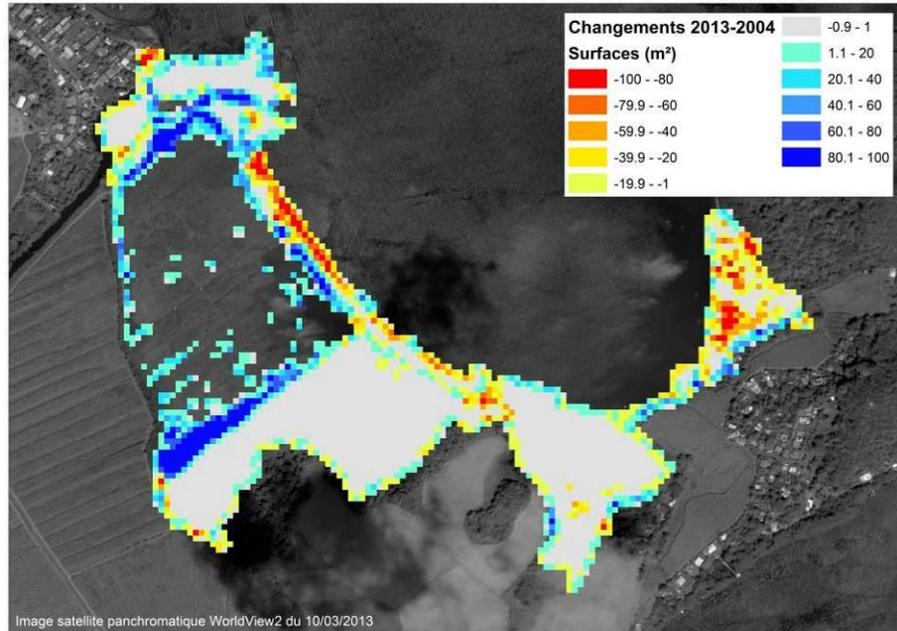


Figure 37 : Carte de l'évolution des surfaces couvertes par les palétuviers entre 2004 et 2012 (Ecolab)

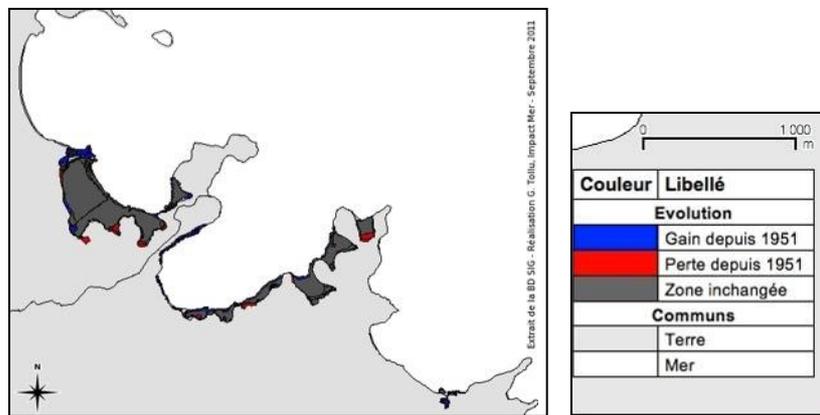


Figure 38 : Carte de l'évolution des mangroves du Galion entre 1951 et 2004 (extrait de Impact Mer, 2011)

Tableau 17 : Evolutions des surfaces de mangrove de la baie du Galion

Galion	2004	2012	Bilan
<b>Importance des différents espaces constituant la mangrove (ha)</b>			
Palétuviers	20,6	21,8	1,2
Etangs bois-sec			
Arrière mangrove			
Miroir de chasse	15,4	13,1	-2,3
Zone non définie (nuages)			
Mangrove totale	36	34,9	-1,1
<b>Calcul du linéaire terrestre de mangrove (m)</b>			
Galion	6797	9971	3174
<b>Calcul du linéaire côtier de mangrove (m)</b>			
Galion	2651	3121	470

## 4.2 Caractérisation de la forêt marécageuse

L'objectif de cette partie est de

- ❖ décrire les espèces présentes dans la forêt marécageuse du Galion et à ses lisières
- ❖ décrire les structures verticales et horizontales de la population de *P. officinalis* de la forêt marécageuse du Galion
- ❖ comparer la démographie de la population de *P. officinalis* de la forêt du Galion avec celles d'autres forêts du même type
- ❖ de statuer sur la détérioration potentielle de l'état de la forêt du Galion à cause des modifications hydrologiques causées par la route qui traverse le massif

### 4.2.1 Caractérisation hydrologique

#### Caractéristiques de la nappe d'eau

La caractérisation de la nappe montre que l'eau des parties est et ouest de la forêt marécageuse est très semblable (Tableau 18).

Tableau 18 : Caractéristiques de la nappe d'eau dans les différents points de mesure en forêt marécageuse.

Point de prélèvement	Salinité	pH	O <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (mg/l)
Forêt marécageuse - amont	0,15	6,6	6,1	0,45
Forêt marécageuse - aval	0,26	6,7	4,9	0,39
Canal Est Forêt marécageuse	0,1	7,88	82,3	6,31

La nappe est composée d'eau douce (la salinité avoisine en effet les 0 avec 0,26 à l'est et 0,15 à l'ouest), très faiblement oxygénée avec 0,39 mg/l pour la partie est et 0,45 mg/l pour la partie ouest, et dont le pH est légèrement acide avec 6,7 et 6,6 respectivement. Ces données sont classiques pour ce type d'écosystème ; à titre de comparaison, des salinités et des teneurs en oxygène semblables ont été mesurées dans la forêt marécageuse de Golconde, en Guadeloupe (Migeot, 2010).

Les données isotopiques issues de prélèvements de l'eau dans les deux parties du massif permettent d'appréhender l'hydrologie de cet écosystème. Les valeurs très négatives de  $\delta^{18}\text{O}$  et de  $\delta^2\text{H}$  confirment que l'eau qui alimente la forêt marécageuse est bien de l'eau douce et pas de l'eau de mer. Les valeurs très négatives de  $\delta^{18}\text{O}$  sont représentatives d'eau de pluie tombée en altitude. Ce résultat semble montrer qu'une partie des eaux alimentant la forêt marécageuse provient du ruissellement d'eau prélevée dans un captage en altitude, par exemple pour l'irrigation de cultures de bananes.

La valeur moins négative de  $\delta^{18}\text{O}$  dans la partie amont (ouest) du massif suggère que la nappe est plus fortement soumise à des processus d'évaporation que dans la partie aval (est). Ces résultats montrent que la circulation de l'eau entre la partie amont et la partie aval du massif est interrompue : l'eau stagne dans la partie amont et a donc tendance à plus s'évaporer.

La faible salinité des eaux de la nappe de la forêt marécageuse est parfaitement compatible avec les formations de type forêt marécageuse.

### ***Ecoulement de l'eau entre les deux parties de la forêt marécageuse***

Le niveau d'eau important dans la forêt (1,50 m) est certainement dû aux pluies importantes des derniers mois mais surtout aux difficultés d'écoulement de l'eau de la partie amont (ouest) vers la partie aval (est). Aussi, un regard attentif a été porté aux connexions hydrologiques reliant les deux parties du massif<sup>1</sup>.

La consultation du plan de recollement semble signaler une seule buse dans la portion de route proche du rond point au nord-est. En parcourant toute la portion de route, seule une connexion localisée au nord-est a pu être observée lors des du travail de terrain : elle est composée de 2 buses de diamètre de 60 cm (Figure 39). Un flux très faible semble sortir de ces buses. De l'eau stagnante d'une hauteur d'eau d'environ 1 m est visible à leurs sorties. De plus, de nombreux macro-déchets obstruent un peu plus la sortie (déchets verts, bouteilles, cannettes, borne en plastique, batteries, sacs, dépôt huileux sur la surface de l'eau). Afin d'avoir une référence de niveau d'eau, la hauteur d'inondation a été mesurée au niveau de cette buse. La hauteur d'eau par rapport au bas du tuyau est de 39,5 cm (ou distance « haut de la buse » – nappe : 20,5 cm).

Ce manque de circulation de l'eau engendre une stagnation très importante (jusqu'à 1,50 m mesurés dans les endroits restés encore accessibles). Il sera donc impératif de mieux appréhender le dispositif permettant l'écoulement entre les deux parties du massif. Des aménagements supplémentaires et des dispositions nouvelles sont nécessaires pour rétablir la connexion hydrologique : buses supplémentaires, meilleur dimensionnement, programmation d'un suivi et d'un entretien au moins après les événements de tempête. A l'avenir la planification des études sur ce milieu devrait privilégier la période de saison sèche (de janvier à mars) pour limiter les difficultés de déplacement.



Figure 39 : Photographies prises sur le terrain de la sortie nord-est des buses (A) et mesure de suivi de la hauteur d'eau au niveau des buses nord est (B), (Impact Mer)

#### **4.2.2 Caractérisation floristique**

##### ***Représentation schématique du contexte écologique de la forêt marécageuse***

La réflexion écologique pour une gestion adaptée de ce milieu appelle en premier lieu une description de la configuration écologique et notamment un aperçu de la diversité de situations des lisières au regard du relief, des aménagements et activités d'origine anthropiques (Figure 40).

Seuls quelques faciès sont illustrés. Chaque partie est assez diversifiée du fait de la diversité des conditions environnantes (Route N1, parking d'unité commerciales, bâtiments d'habitation, canal, parcelles agricoles, voie agricole...).

Dans la lisière amont nord, le premier tronçon de chemin agricole est très proche de la partie inondée. Cette voie est elle-même inondée lors de précipitations soutenues. Outre le fait qu'elle limite les possibilités d'élargissement de la lisière, cette voie de circulation constitue une structure périphérique peu stable.

<sup>1</sup> Une visite de terrain réalisée par CAP Nord Martinique et la Police de l'eau (DEAL) en février 2014 est venue confirmer ces observations.

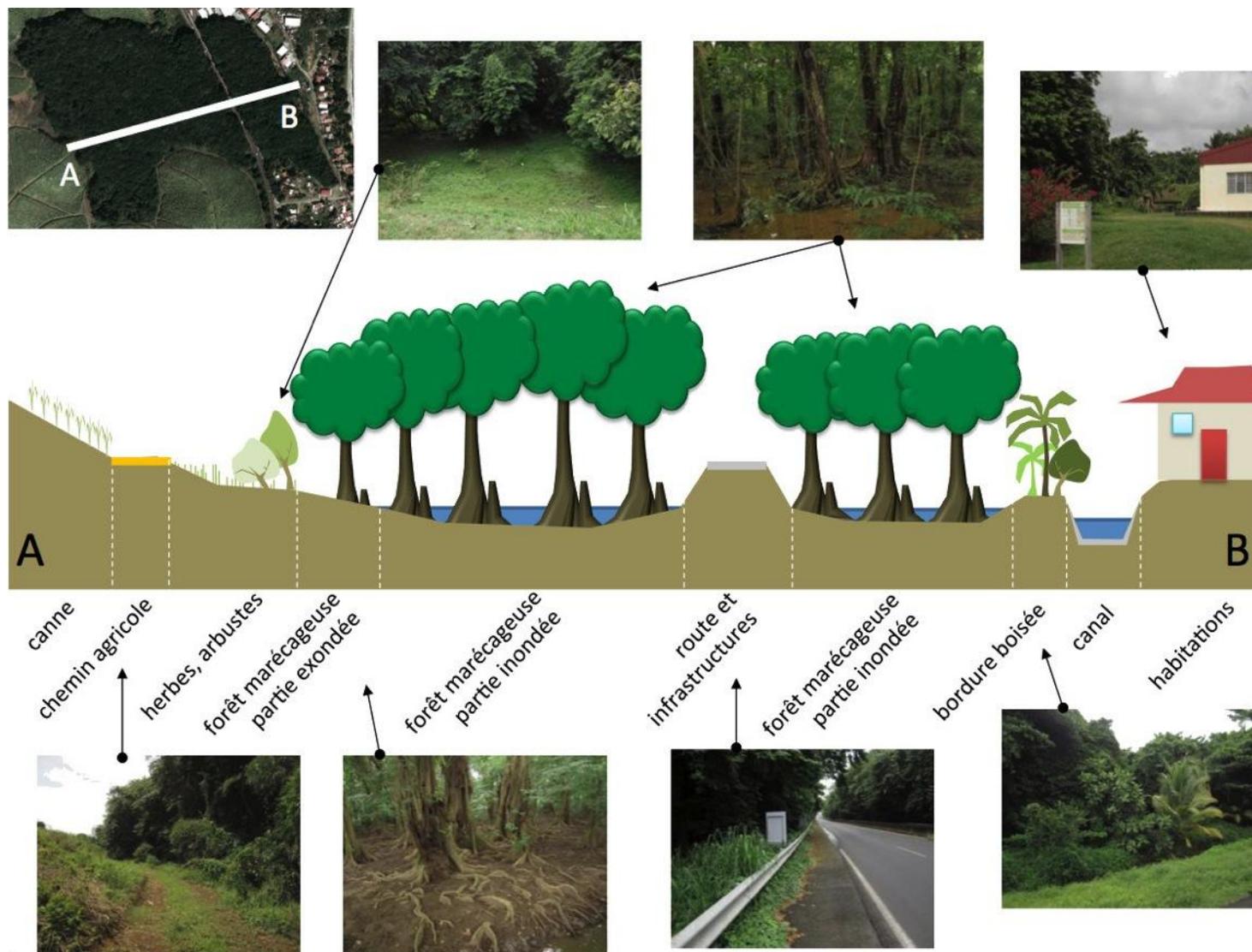


Figure 40 : Transect descriptif du contexte écologique de la forêt marécageuse (BIOS, Impact Mer)



### Inventaire floristique

L'inventaire a mis en évidence **96 espèces dont 79 autochtones. Parmi ces dernières : 9 sont endémiques de la Caraïbe.** Au vu de l'effort d'inventaire et en tenant compte des herbes, petites lianes et des espèces non encore déterminées, on peut estimer la richesse floristique de cette forêt à plus de **120 espèces** (algues et bryophytes non comprises).

Du point de vue de la composition floristique, la forêt marécageuse se distingue par une espèce structurante unique *Pterocarpus officinalis*, plus ou moins densément associée à de grandes lianes ligneuses. Les lisières constituent les zones les plus riches, contenant la majorité des espèces végétales de ce milieu.

#### ◆ Les espèces inventoriées dans les parcelles de forêt marécageuse

La liste des espèces qui ont été observées dans les 2 parcelles utilisées pour relever la structure de la végétation sont listées dans le Tableau 19. Outre l'espèce végétale prépondérante, *Pterocarpus officinalis*, l'intérieur de la forêt comprend quelques espèces végétales épiphytes, des lianes, ainsi que des espèces arbustives et arborées qui s'installent sur des surélévations du substrat entretenues par les racines des *Pterocarpus*.

Certaines de ces espèces ne s'installent que provisoirement dans le cœur de la partie inondée et n'atteindront pas forcément le stade adulte car le volume possible de développement de leur système racinaire est le plus souvent limité aux parties superficielles (exondées) des buttes d'enracinement des grands arbres.

Tableau 19 : Liste des espèces observées dans les parcelles de forêt marécageuse

Nom de l'espèce	Type biologique	Parcelle amont (ouest)	Parcelle aval (est)
<i>Coccoloba swartzii</i> Meissn.	Arbre de taille moyenne à exceptionnellement grande		☐
<i>Calophyllum calaba</i> L.	Arbre de taille moyenne		☐
<i>Cydista aequinoctalis</i> (L.) Miers	Grande liane ligneuse		☐
<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	Grande liane ligneuse	☐	☐
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	Grand arbre		☐
<i>Macfadyena unguis-cati</i> (L.) A. Gentry	Grande liane ligneuse	☐	
<i>Morinda citrifolia</i> L.	Arbre de petite taille à rarement moyenne	☐	
<i>Nephrolepis brownii</i> (Desv.) Hovenkamp & Miyam.	Fougère terricole ou épiphyte		☐
<i>Paullinia pinnata</i> L.	Grande liane ligneuse		☐
<i>Pisonia fragrans</i> Dum.-Cours	Arbre de taille moyenne		☐
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Grand arbre	☐	☐
<i>Tabernaemontana citrifolia</i> L.	Petit arbre	☐	

#### ◆ Les espèces caractéristiques de la forêt marécageuse

Parmi les 96 espèces relevées (lisières, parcelles et hors parcelles), certaines sont caractéristiques de la communauté végétale des forêts marécageuses (Tableau 20). Bien que ces espèces ne soient pas exclusivement inféodées à la forêt marécageuse à *Pterocarpus*, ce milieu constitue pour elles un habitat privilégié. D'autres espèces présentes à la Martinique et habituellement associées à ce milieu dans d'autres îles comme la Guadeloupe, pourraient s'y rencontrer (*Heteropteris platyptera*) mais n'ont pas été observées lors de l'inventaire.

Tableau 20 : Liste des espèces observées caractéristiques de la communauté de la forêt marécageuse

Nom	Type biologique
<i>Acrostichum aureum</i> L.	Grande fougère de zone humide
<i>Annona glabra</i> L.	Petit arbre
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taubert	Liane ligneuse
<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	Grande liane ligneuse
<i>Hippocratea volubilis</i> L.	Liane ligneuse
<i>Paullinia cururu</i> L.	Grande liane ligneuse
<i>Paullinia pinnata</i> L.	Grande liane ligneuse
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Grand arbre
<i>Stigmaphyllon puberum</i> (L.C. Rich.) A. Juss.	Liane
<i>Stigmaphyllon bannisterioides</i> (L.) C. E. Anderson	Arbuste lianescent

#### ◆ Les espèces d'intérêt patrimonial

Il s'agit d'espèces autochtones dont les populations sont vulnérables à des degrés divers selon différents facteurs. La catégorie UICN donnée concerne la vulnérabilité régionale.

Dix espèces autochtones (indigènes) présentent un grand intérêt patrimonial (Tableau 21). La forêt marécageuse du Galion héberge notamment 1 espèce reconnue vulnérable au niveau régional et 2 espèces en danger critique d'extinction (Liste rouge UICN pour la Martinique, 2013).

- ❖ *Entada polystachya*, vulnérable
- ❖ *Pterocarpus officinalis*, danger critique
- ❖ *Vittaria lineata*, danger critique

Il faut noter que, jusqu'alors, ce milieu inondé n'était pas connu en tant qu'habitat de *Vittaria lineata* et de *Cocotrinax barbadensis*.

Tableau 21 : Liste des espèces d'intérêt patrimonial, localisation dans la forêt marécageuse du Galion et vulnérabilité

Nom de l'espèce	Type biologique	Vulnérabilité
<i>Acrostichum aureum</i> L.	Grande Fougère de milieu humide	Espèce encore bien représentée à la Martinique mais en forte régression.
<i>Annona glabra</i> L.	Petit arbre	Espèce relativement rare, en régression.
<i>Coccothrinax barbadensis</i> (Lodd. ex Mart.) Becc.	Palmier	Espèce rare, en régression, endémique des Petites Antilles de Trinidad et de Tobago
<i>Cydista aequinoctialis</i> (L.) Miers	Grande liane ligneuse	Espèce encore bien représentée mais en régression. Non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	Grande liane ligneuse	Espèce rare ; <b>Catégorie UICN : VU</b> (vulnérable)
<i>Paullinia cururu</i> L.	Grande liane ligneuse	Espèce rare ; non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Paullinia pinnata</i> L.	Grande liane ligneuse	Espèce assez rare ; non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.	Grand arbre	Espèce très localisée : <b>Catégorie UICN : CR</b> (en situation critique)
<i>Stigmaphyllon bannisterioides</i> (L.) C. E. Anderson	Arbuste lianescent	Espèce rare : non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Vittaria lineata</i> (L.) Sm.	Fougère épiphyte	Espèce rarissime. 2 <sup>ème</sup> station actuelle connue à la Martinique ; <b>Catégorie UICN : CR</b> (en situation critique)

### Hétérogénéité spatiale et temporelle de la structure verticale

D'une manière générale, les forêts marécageuses se caractérisent par une grande simplicité de structure verticale avec une seule strate végétale au niveau de la canopée recouvrant quasiment 100 % de la surface au sol et une absence presque totale de sous bois. Dans le cadre de cette étude, le passage de la tempête tropicale Chantal a fortement modifié la structure verticale de la forêt marécageuse au moment des inventaires.

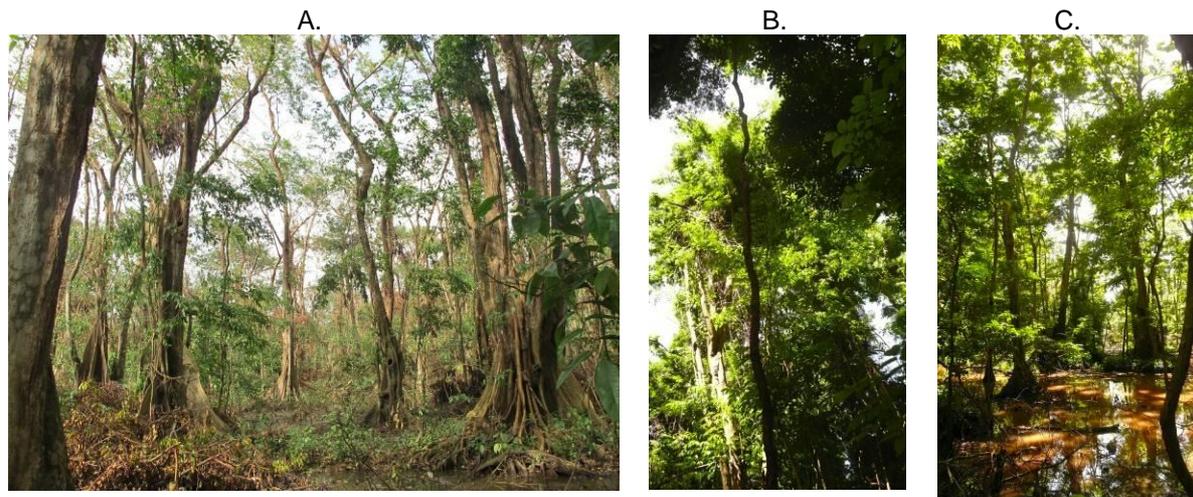


Figure 41 : Photographies en forêt marécageuse. Absence de sous bois caractéristique des forêts marécageuses et dégâts importants sur la canopée après le passage de la tempête Chantal, mois de juillet (A). Forêt prises en photo en septembre, 3 mois après la tempête Chantal (B, C), (Impact Mer)

Dans la parcelle A, les hauteurs dominantes ont été relevées dans 4 quadrats de 100 m<sup>2</sup>. La reconstitution de la canopée depuis la tempête Chantal nous a permis de mesurer des hauteurs dominantes. Dans chacun des quadrats les hauteurs dominantes ont été comprises entre 20 et 25 m.

Dans la parcelle B, les hauteurs dominantes ont été relevées dans 16 quadrats de 25 m<sup>2</sup>. Trois des 16 quadrats constituaient des trouées dépourvues d'arbres adultes où la hauteur dominante n'a pu être mesurée. Les hauteurs dominantes mesurées vont de 4 à 25 m en fonction des quadrats et reflètent bien l'hétérogénéité du milieu (Figure 42) : certains quadrats sont dépourvus d'arbres dominants, dans d'autres les arbres dominent à plus de 20 m de haut. On peut noter que, dans cette parcelle, le dispositif a permis de capter certains arbres de sous bois (4 et 7 m) malgré la faible proportion de sol couvert par leurs houppiers.

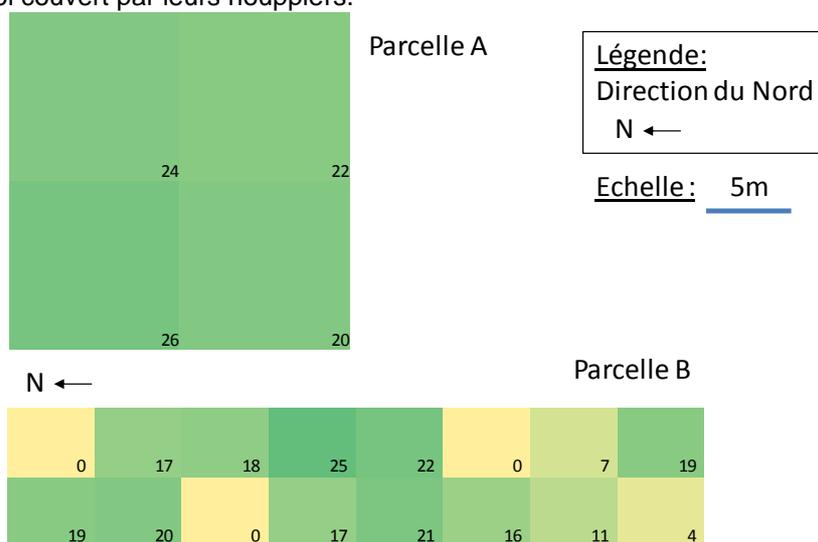


Figure 42 : Illustration de la répartition des hauteurs dominantes (m) dans les parcelles A et B, les intensités de vert figurent des hauteurs dominantes plus ou moins élevées, la flèche donne la direction du Nord

Les différents protocoles appliqués entre les deux parcelles permettent de montrer que la hauteur de

la canopée est très hétérogène à de petites échelles d'espace (5 m, parcelle B), mais en fait très homogène lorsque l'échelle considérée est plus grande (10 m, parcelle A).

Dans les parcelles A et B, des hauteurs maximums de 25 et 22 m respectivement ont été relevées. Les valeurs de hauteurs mesurées sont du même ordre de grandeur que les mesures réalisées en 2003 par Imbert (de 26 et 22 m respectivement pour les parcelles A et B). Les écarts de hauteurs entre les 2 relevés sont faibles et peuvent venir

- ❖ de l'imprécision de la mesure pour les fortes hauteurs
- ❖ de dégâts récents dans les houppiers des plus hauts arbres par la tempête Chantal
- ❖ d'une croissance en hauteur de quelques mètres entre 2003 et 2013

La structure verticale ne semble pas avoir évolué depuis 2003. La présence de la route et les perturbations d'écoulement de l'eau qu'elle engendre ne semblent pas avoir impacté la hauteur du peuplement.

### Structure horizontale – hétérogénéité spatiale de la densité de tiges

Les Figure 43 et Figure 44 représentent la répartition dans l'espace des individus pour les parcelles A et B respectivement.

Les densités de *P. officinalis* dans la parcelle A sont très hétérogènes aux stades juvéniles (circonférence < 10 cm, hauteur > 1 m) et aux stades adultes (circonférence > 10 cm). Trois quadrats sur 4 sont dépourvus de juvéniles et les densités d'adultes varient d'un facteur 3 (entre 5 et 16) entre les quadrats.

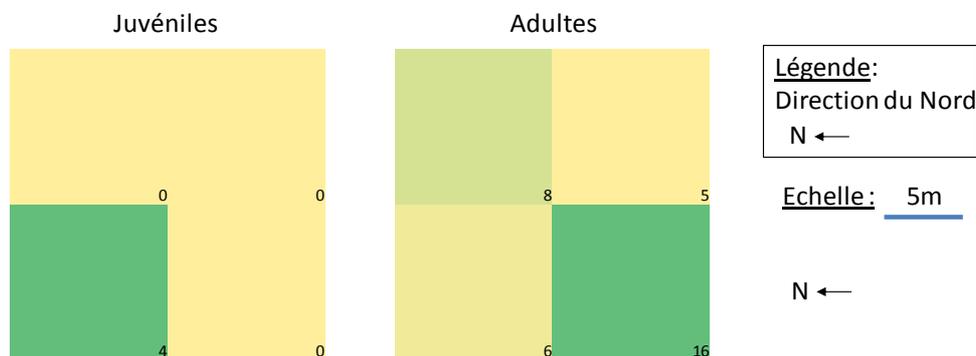


Figure 43 : Illustration de la répartition dans l'espace du nombre d'arbre adulte et de juvéniles par quadrat (100 m<sup>2</sup>) dans la parcelle A. Les intensités de vert figurent des densités plus ou moins élevées.

Les densités de *P. officinalis* présents dans les quadrats de la parcelle B sont très hétérogènes (Figure 44). Les nombres d'individus adultes (circonférence > 10 cm) relevés sur 25 m<sup>2</sup> varient entre 0 et 6, les nombres de juvéniles (circonférence < 10 cm, hauteur > 1 m) de 0 à 11.

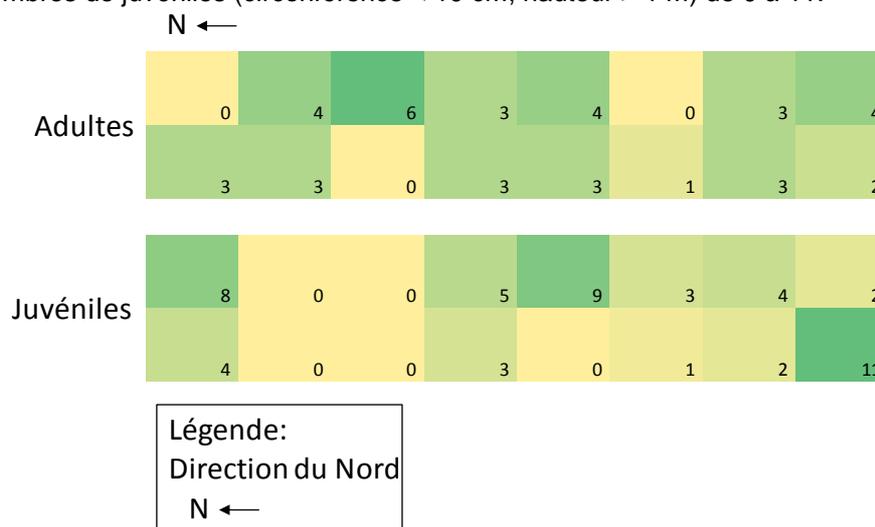


Figure 44 : Illustration de la répartition dans l'espace du nombre d'arbre adulte et de juvéniles par quadrat (25 m<sup>2</sup>) dans la parcelle B. Les intensités de vert figurent des densités plus ou moins élevées.

Ces résultats reflètent bien l'hétérogénéité du milieu sur les petites échelles spatiales. Deux éléments sont à prendre en compte pour expliquer la dynamique forestière : l'implantation pour la germination et les facteurs de croissance.

- ❖ La forêt marécageuse est constituée de buttes au pied des arbres et de dépressions entre deux individus adultes. Dans ces dépressions le niveau d'eau est important et il est plus difficile pour une graine de *P. officinalis* de s'implanter. Au pied des individus adultes, les racines retiennent les sédiments, la litière, et génèrent un espace surélevé sur lequel les graines de *P. officinalis* viennent s'échouer. Elles germent et se développent puis végètent en attendant une trouée pour atteindre le stade adulte.
- ❖ Les plantules de *P. officinalis* ont besoin de lumière pour atteindre le stade adulte. Or au pied des arbres adultes la transmission de rayonnement lumineux est plus faible. C'est entre deux arbres adultes que le rayonnement est le plus important et qu'il favorise la croissance.

Les emplacements les plus favorables pour qu'une graine de *P. officinalis* devienne juvénile sont là où le sol est exondé (hors de l'eau) mais aussi suffisamment éloigné des adultes pour maximiser l'acquisition de l'énergie lumineuse.



Figure 45 : Canopée au mois de septembre 2013 (A). Travaux dans la partie amont de la forêt marécageuse (B, C). Vue d'ensemble de la forêt marécageuse en eau (D), (Impact Mer)

### Approche démographique : différences entre stations et comparaison avec l'inventaire de 2003

#### ◆ Densité de juvéniles

Les plantules (hauteur < 1 m) de *P. officinalis* ont été observés en abondance (sans être dénombrés précisément), essentiellement sur les parties exondées de la forêt marécageuse (basses au pied des arbres adultes) et le long d'obstacles à l'écoulement (volis essentiellement). Elles semblent refléter une bonne capacité de production de fruit de la part des arbres adultes.

Les densités de juvéniles (circonférence < 10 cm, hauteur > 1 m) ont été quantifiées précisément sur les quadrats (Tableau 22).

Tableau 22 : Densité de juvénile dans les parcelles de forêt marécageuse

	Parcelle A	Parcelle B
Densité de juvéniles (nombre ha <sup>-1</sup> )	100	1 300

Ces densités montrent une régénération 10 fois plus faible dans la parcelle A que dans la parcelle B. Cette différence de régénération peut être due à la plus faible disponibilité d'espace propice pour l'établissement des plantules : la parcelle A plus inondée possède moins de surface exondée qui sont les zones sur lesquelles les plantules peuvent s'établir et passer au stade juvéniles.

#### ◆ Distributions des classes de diamètre

La Figure 46 présente les distributions en classe de diamètre des peuplements de *P. officinalis* dans les 2 parcelles étudiées aux deux dates d'inventaire. D'un point de vue général les distributions de classes de diamètre sont assez proches selon les parcelles et les dates d'inventaires. Elles se caractérisent par des densités de tiges importantes pour les faibles diamètres qui diminuent lorsque les diamètres augmentent. La classe « circonférence > 100 cm » est très fortement représentée et traduit une accumulation de gros diamètres.

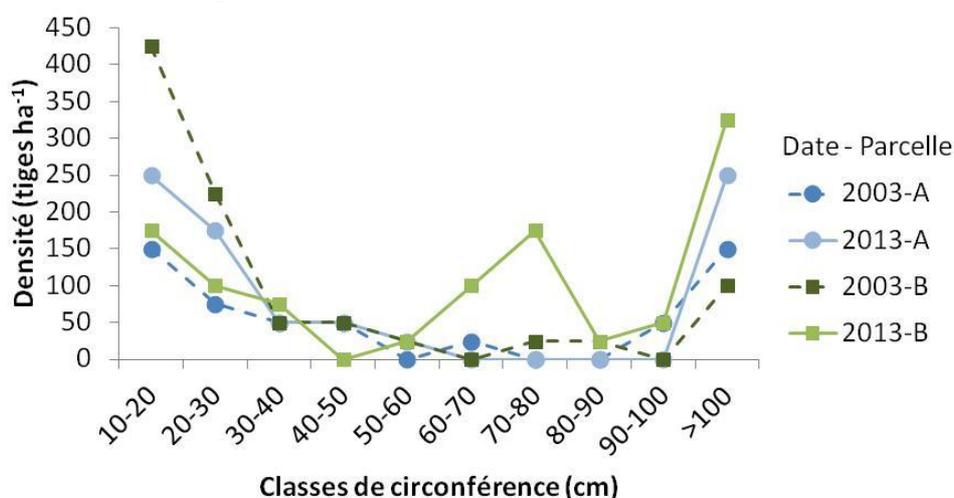


Figure 46 : Densité de tiges en fonction des classes de diamètre dans les parcelles A (bleu) et B (vert) en 2003 (tirets) et 2013 (lignes pleines).

Il est possible de tester statistiquement si les distributions en classe de diamètre ont changé entre les 2 dates d'inventaires (test de Kolmogorov – Smirnov). Le tableau ci dessous présente les différences entre parcelles et entre dates d'inventaire.

Tableau 23 : Résultats des tests statistiques pour comparer les distributions des effectifs par classes de diamètre

La différence de distribution est elle significative entre...			
... les 2 dates d'inventaire ?	<b>Non pour la parcelle A</b>	<b>Oui pour la parcelle B</b>	<b>Oui pour les 2 parcelles réunies</b>
... les 2 parcelles ?	<b>Non pour 2003</b>	<b>Oui pour 2013</b>	<b>Non pour les 2 inventaires réunis</b>

Dans la parcelle A, la répartition en classe de diamètre n'a pas beaucoup changé entre les inventaires de 2003 et 2013. On retrouve une quantité importante de petites tiges (entre 10 et 20 cm de circonférence), une diminution des effectifs dans les classes intermédiaires et une accumulation de gros diamètres (> 32 cm).

La répartition en classe de diamètre des tiges dans la parcelle B a changé entre les inventaires de 2003 et de 2013 (Figure 46). En 2003, la parcelle B se caractérisait par une abondance de tiges de petits diamètres alors qu'en 2013 elle se caractérise par une accumulation importante dans les fortes classes de diamètre. Il semble également qu'il y ait eu une baisse importante d'effectif dans les petites classes de diamètres. La répartition des diamètres de tiges dans la parcelle B en 2013 se rapproche ainsi plus de la répartition observée dans la parcelle A en 2003.

Ce changement de structure observée peut être du à :

- ❖ un décalage spatial entre les deux inventaires de la parcelle B, à cause de l'absence de point GPS ou de marquage lors du premier inventaire
- ❖ une croissance des gros diamètres<sup>8</sup>
- ❖ une mortalité importante des petits diamètres<sup>9</sup>

#### ◆ Comparaison avec une autre forêt marécageuse des Antilles

La forêt du Galion constitue la seule forêt marécageuse à *P. officinalis* de Martinique. D'autres îles des Antilles abritent ce type de forêt (Guadeloupe, Porto Rico) et il est possible de mobiliser des données de la littérature pour les comparer. La thèse de Migeot (2010) donne des distributions en classe de diamètre de 5 parcelles de 400 m<sup>2</sup> dans la forêt de Golconde en Guadeloupe, le protocole utilisé lors de ces inventaires est le même que celui utilisé dans cette étude. Cette forêt d'1 km<sup>2</sup> est le plus grand massif forestier de ce type dans les Antilles et peut être pris comme référence de l'état naturel des forêts marécageuses à *P. officinalis*. La Figure 47 compare les distributions en classe de diamètre des forêts de Golconde et du Galion. Des lignes en pointillés montrent ce que pourrait être la densité des classes de diamètre en l'absence de perturbation (Pascal, 2003).

<sup>8</sup> La croissance des *P. officinalis* adulte est de 0,7 à 2 cm de circonférence par an (Bompy, 2013) , soit maximum 20 cm en 10 ans. A moins d'une croissance très supérieure à celles mesurées dans la littérature, l'accumulation des gros diamètres observés en parcelle B semble difficilement liée uniquement à de la croissance.

<sup>9</sup> La mortalité des juvéniles est un phénomène « normal » dans ce type d'écosystème. Cette mortalité peut être liée (i) à un manque de lumière dans le sous-bois et (ii) à des niveaux d'eau élevés qui limitent l'établissement des plantules. Avec les données actuelles il est difficile de statuer précisément sur l'origine de la baisse des effectifs de juvéniles. Cependant l'ambiance forestière (luminosité non mesurée) dans la forêt (en septembre, avec un renouvellement partiel de la canopée) ne semble pas si différente de celle rencontrée dans les forêts marécageuses de référence en Guadeloupe. Toujours est il que cette forêt connaît un problème manifeste de régénération qui, à vue d'expert, semble être plus lié à l'hydrologie du massif.

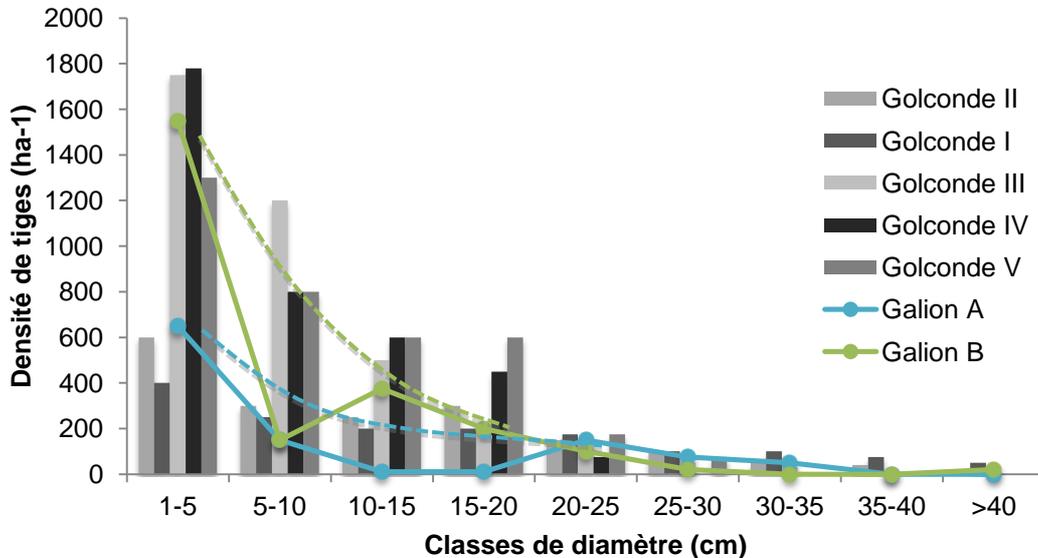


Figure 47 : Distribution en classe de diamètre des *P. officinalis* des stations de la forêt de Golconde (Guadeloupe ; histogrammes) et des parcelles de la forêt du Galion (courbes continues de couleur). Les pointillés indiquent la répartition potentielle sans perturbations

Les distributions des effectifs en classes de diamètre des forêts de Golconde et du Galion montrent de grandes différences.

La parcelle A du Galion semble correspondre assez bien avec la parcelle II de Golconde étant toutes deux : peu salées, inondées et sur des sols argileux, avec des effectifs semblables dans les classes de diamètre 1-5 cm, 20-25 cm et au-delà. Cependant, au Galion, les effectifs des classes intermédiaires de 5 à 20 cm de diamètre sont beaucoup plus faibles qu'à Golconde.

La parcelle B du Galion correspond plus à la parcelle III de Golconde étant toutes deux : peu salées, moins inondées, sur sol tourbeux et avec des effectifs semblables dans les classes de diamètre 1-5 cm, 10-15 cm et au-delà. Cependant, au Galion, les effectifs des classes de diamètre intermédiaires (5-10 cm) sont beaucoup plus faibles qu'à Golconde.

Aussi, il semblerait que les 2 parcelles souffrent d'un déficit de tiges dans certaines classes de diamètre. Il est probable que les répartitions en l'absence de perturbation de l'écoulement de l'eau par la route aient été différentes (traits en pointillés sur la Figure 47). Cette perturbation ne touche pas de la même manière les deux parties du massif.

La zone ouest, très inondée car en amont de la route, ne possède pas les effectifs nécessaires dans les classes de diamètre intermédiaires pour relayer les arbres dominants des classes de diamètre les plus grandes. Aussi, à moyen terme (50 ans), le renouvellement des plus grands arbres de cette partie du massif semble compromis. Même si les densités de juvéniles sont proches de celles de forêt de référence, la régénération est beaucoup plus faible dans cette partie du massif par rapport à la partie aval. Ce problème de régénération est probablement lié aux niveaux d'eau trop importants liés à l'effet de barrage de la RN1.

La zone est du massif est moins inondée et le déficit semble plutôt toucher les plus petites classes de diamètre (5-10 cm). Le renouvellement des arbres émergents (généralement > 15 cm de diamètre) semble pouvoir être assuré, dans un avenir proche (15-20 ans), par la classe 10-15 cm. Cependant le renouvellement de cette classe (10-15 cm) est problématique dans la mesure où les effectifs de la classe de diamètre inférieur sont très faibles. A plus long terme (100 ans), le maintien de la structure forestière de cette partie du massif semble également compromis.

Dans les 2 parties du massif, la comparaison de la distribution des classes de diamètre avec une forêt naturelle du même type montre que la démographie de la population de *P. officinalis* est perturbée. Cette perturbation est certainement liée à la modification des écoulements de l'eau à cause du passage de la route. Si aucune action de restauration de l'hydrologie de ce massif n'est entreprise dans les prochaines décennies, l'état de ce massif forestier se dégradera.

### 4.3 Caractérisation de la mangrove

Les objectifs de cette partie sont de :

- ❖ décrire la structure et la dynamique des 5 zones de mangroves de la Baie du Galion
- ❖ réaliser une carte de la composition et les caractéristiques de ces mangroves
- ❖ de statuer sur l'état écologique générale des ces mangroves

#### 4.3.1 Caractérisation hydrologique

##### **Caractéristiques physico chimiques de l'eau dans la mangrove**

Le Tableau 24 présente les mesures des paramètres de l'eau de surface dans chacune des parcelles d'étude ainsi que dans les ravines, l'eau de mer et les canaux mitoyens des parcelles d'études.

Tableau 24 : Caractéristiques hydrologiques des parcelles de mangrove et des différents écoulements à proximité

Site de prélèvement	Salinité	pH	O <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (mg/l)
Canal Est Forêt marécageuse	0,1	7,88	82,3	6,31
Mangrove A1	1,2	7,06	30,9	2,41
Mangrove A2	1,6	6,81	21,5	1,64
Mangrove B1	27,5	6,90	83,2	5,53
Mangrove B2				
Eau de mer devant B2	17,4	7,65	56,1	3,75
Mangrove C1	28,0	7,02	0,4	nd
Mangrove C2	27,0	7,03	5,7	0,38
Mangrove C3	3,5	7,23	26,0	1,74
Mangrove C3 bis	3,5	7,23	26,0	1,74
Ravine cane	3,8	7,74	99,0	7,12
Mangrove D1	30,4	7,82	54,6	3,44
Mangrove D2	28,9	7,6	45,3	3,42
Mangrove D3				
Mangrove E1 (amont)	28,0	7,14	35,3	2,20
Mangrove E2 (aval)	28,5	7,45	34,0	2,14

nd. Non détectable

Ces résultats montrent que :

- ❖ L'eau de mer prélevée en front de mer de la zone de mangrove B est peu salée (salinité de 17 par rapport à la salinité de l'eau de la mer à 35) ce qui peut être du à la proximité de la rivière du Galion et aux autres ravines qui se déversent dans la baie.
- ❖ Dans la mangrove de zone A : l'eau est stagnante (très peu oxygénée) et douce (salinité de 1).
- ❖ Dans la mangrove zone B : l'eau au pied des *R. mangle* est presque à la salinité de l'eau de mer et bien oxygénée, ce qui montre une bonne connexion hydrologique entre l'étang de chasse et la baie.
- ❖ Dans la zone C : les faciès à *R. mangle* des parcelles C1 et C2 sont dans une eau proche de la salinité de l'eau de mer, en revanche dans les faciès à *L. racemosa* la salinité est proche de 0, ce qui montre qu'il y a bien un écoulement d'eau douce au milieu du faciès à *R. mangle* et que la distribution spatiale des *L. racemosa* est bien liée à de faibles salinités.

Dans les zones D et E, l'eau possède des caractéristiques proches de l'eau de mer : très bien oxygénée et salée (mais moins que l'eau de mer) comme dans le faciès à *R. mangle* de la zone B.

### Origine et circulation de l'eau dans la mangrove du Galion

Lorsque les échantillons dans un secteur sont plus nombreux il est intéressant de les positionner dans des plans  $\delta^{18}\text{O}$  x  $\delta^2\text{H}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  x salinité (Figure 48).

Les compositions isotopiques de l'eau douce prise dans le canal qui longe la forêt marécageuse du Galion et la référence de l'eau de mer permettent de tracer des droites de référence pour chacun des plans :

- ❖ la LMWL (Local Meteorological Water Line) dans le plan  $\delta^{18}\text{O}$  x  $\delta^2\text{H}$  : évolution sans évaporation excessive de la signature isotopique sur un gradient amont – aval. Lorsqu'un point de prélèvement est en dessous de cette droite, cela indique que la nappe de laquelle il est issu est soumise à de forts processus d'évaporation
- ❖ la ligne de mélange eau douce – eau de mer dans le plan  $\delta^{18}\text{O}$  x salinité : évolution sans apports d'eau douce ou d'évaporation excessive de la signature  $\delta^{18}\text{O}$  et de salinité, par exemple dans des cas d'estuaire. Lorsqu'un point de prélèvement est en dessous de cette droite cela indique que des apports d'eau douce ont un effet de dilution sur l'eau du mélange (eau douce – eau de mer)

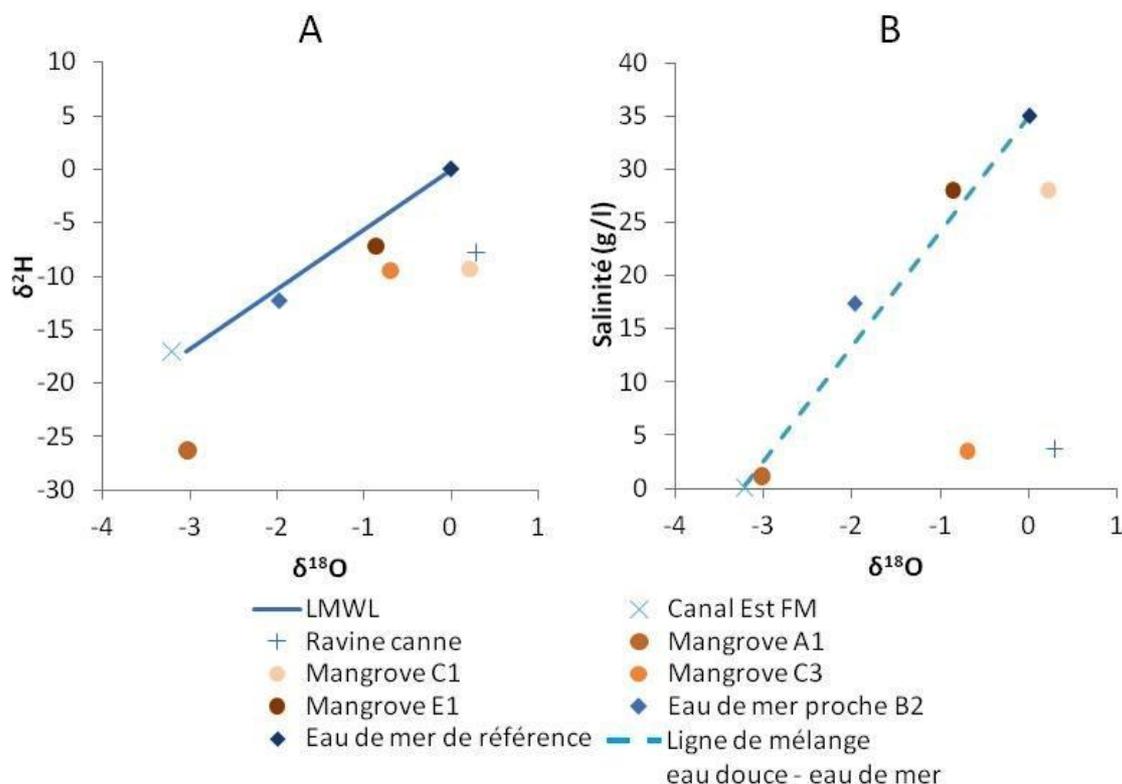


Figure 48 : Analyses isotopiques de l'eau dans la mangrove du Galion. Positionnement des échantillons dans le plan  $\delta^{18}\text{O}$  x  $\delta^2\text{H}$  (A) et dans le plan  $\delta^{18}\text{O}$  x salinité (B).

Sur les plans de la Figure 48, on retrouve l'eau du canal est de la forêt marécageuse (Canal Est FM) aux deux extrémités des plans d'analyse. L'eau de mer prélevée dans la baie devant la parcelle B2 est située sur les droites de référence et montre bien qu'il s'agit d'un mélange entre de l'eau de pluie (celle issue de la rivière du Galion) et l'eau de mer dans des proportions 2/3 eau douce, 1/3 eau de mer. L'eau de la ravine dans les champs de canne est peu salée mais positionnée presque au niveau de l'eau de mer dans la Figure 48 A, ce qui montre que ce ruissellement est sujet à de très forts phénomènes d'évaporation.

Ces résultats mettent également en évidence que la mangrove du Galion est alimentée par les deux sources d'eau (eau de mer et eau de pluie). La zone de mangrove A1 est exclusivement alimentée par de l'eau de pluie ( $\delta^{18}\text{O}$  très négatif) certainement issue du bassin versant via la rivière du Galion ce qui explique la faible salinité mesurée. L'eau de la mangrove E1 se situe à proximité des droites de référence dans les deux plans, il s'agit donc d'un mélange d'eau douce et d'eau de mer peu soumis aux processus d'évaporation : l'eau douce dans cette station est issue du bassin versant juste en amont de E1 (entre les mornes des pointes Bateau et Jean Claude) et est rapidement

acheminée dans la parcelle, sans avoir le temps de s'évaporer. La zone de mangrove C est elle aussi sous l'influence de l'eau de pluie et de l'eau de mer. La parcelle C3 est peu salée et plus fortement alimentée par l'eau de pluie que la parcelle C1 ( $\delta^{18}\text{O}$  plus négatif). La parcelle C1 a une signature isotopique proche de celle de l'eau de mer soumise à de l'évaporation. Cependant, la salinité moindre que celle de l'eau de mer montre que de l'eau douce atteint également cette station pour diluer l'eau de mer.

La mangrove du Galion est à la fois sous l'influence des eaux de ruissellement issues du bassin versant et de l'eau de mer (dans des proportions voisines : 2 zones alimentées préférentiellement par l'eau de ruissellement, 2 zones par l'eau de mer).

### 4.3.2 Répartition spatiale des différents types de végétation

#### Cartographie des types de peuplements dans la mangrove du Galion



Figure 49 : Cartographie des différents faciès des mangroves du Galion – octobre 2013, (Impact Mer)

La mangrove du Galion est structurée par un ensemble de plusieurs types de peuplements, 6 au total, qui globalement se succèdent du front de mer vers l'amont (Figure 49). Les types de peuplement de mangrove sont composés par 3 espèces de palétuviers : *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* et *Avicennia germinans*.

### **Représentations schématiques de transects écologiques dans les différentes zones d'études**

Les figures qui suivent illustrent les différents types de végétation rencontrés selon les zones d'études et les transects amont – aval. Ils n'ont pas pour objectif de représenter la stricte vérité terrain, mais plus vocation à illustrer la diversité des faciès de végétation retrouvés dans chacune des zones. Les échelles horizontale / verticale ne sont pas respectées.

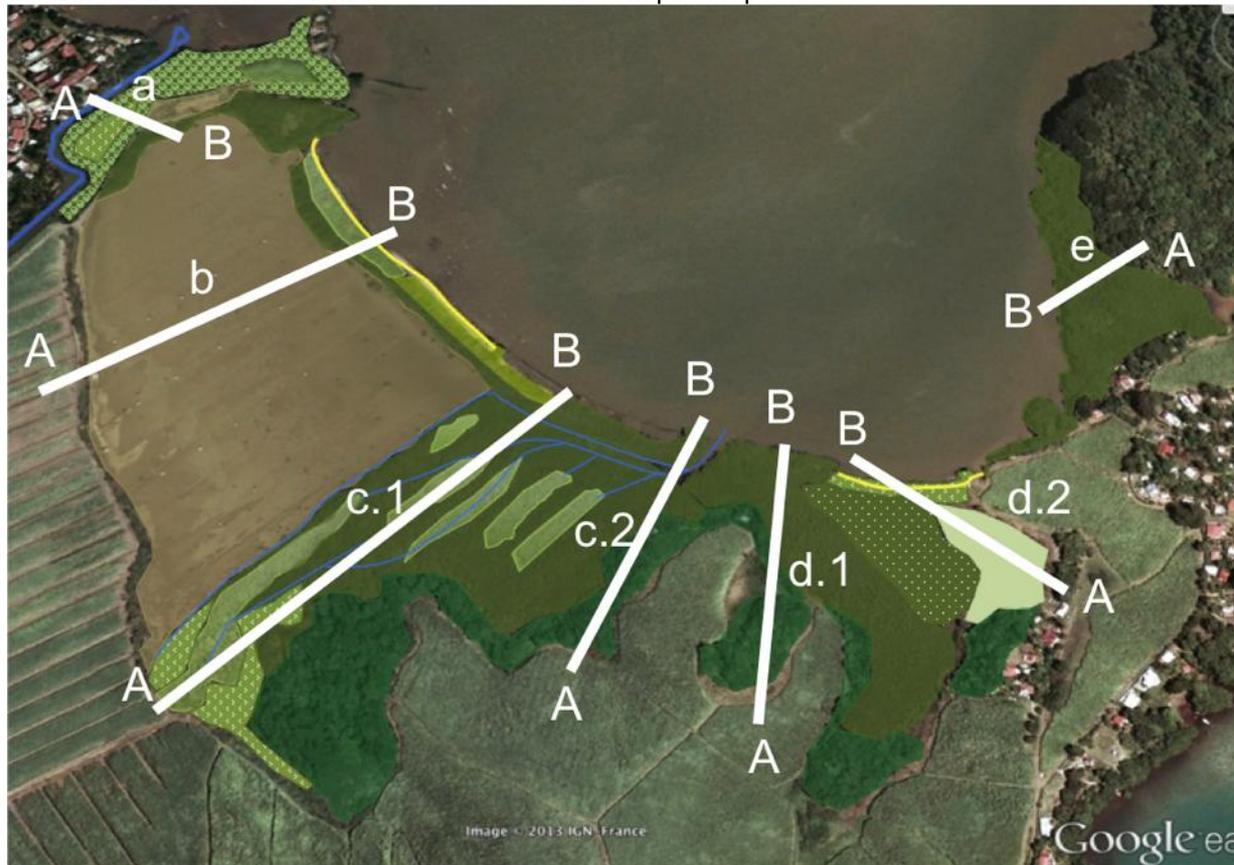


Figure 50 : Emplacement des différents transects illustratifs des faciès de végétation rencontrés dans le secteur d'étude

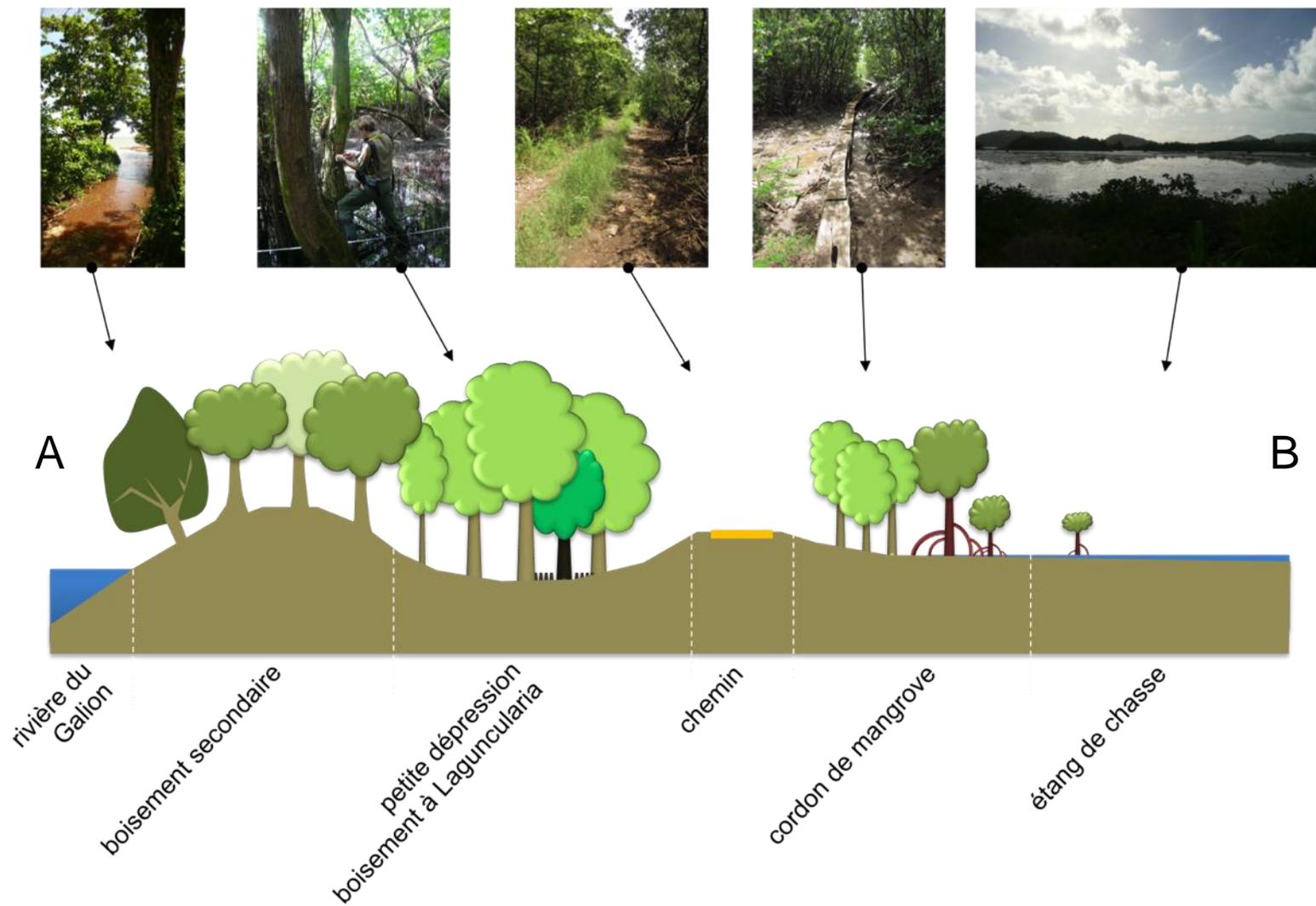


Figure 51 : Transect a, illustratif des différents types de végétation de la zone A vers l'étang de chasse (BIOS, Impact Mer).

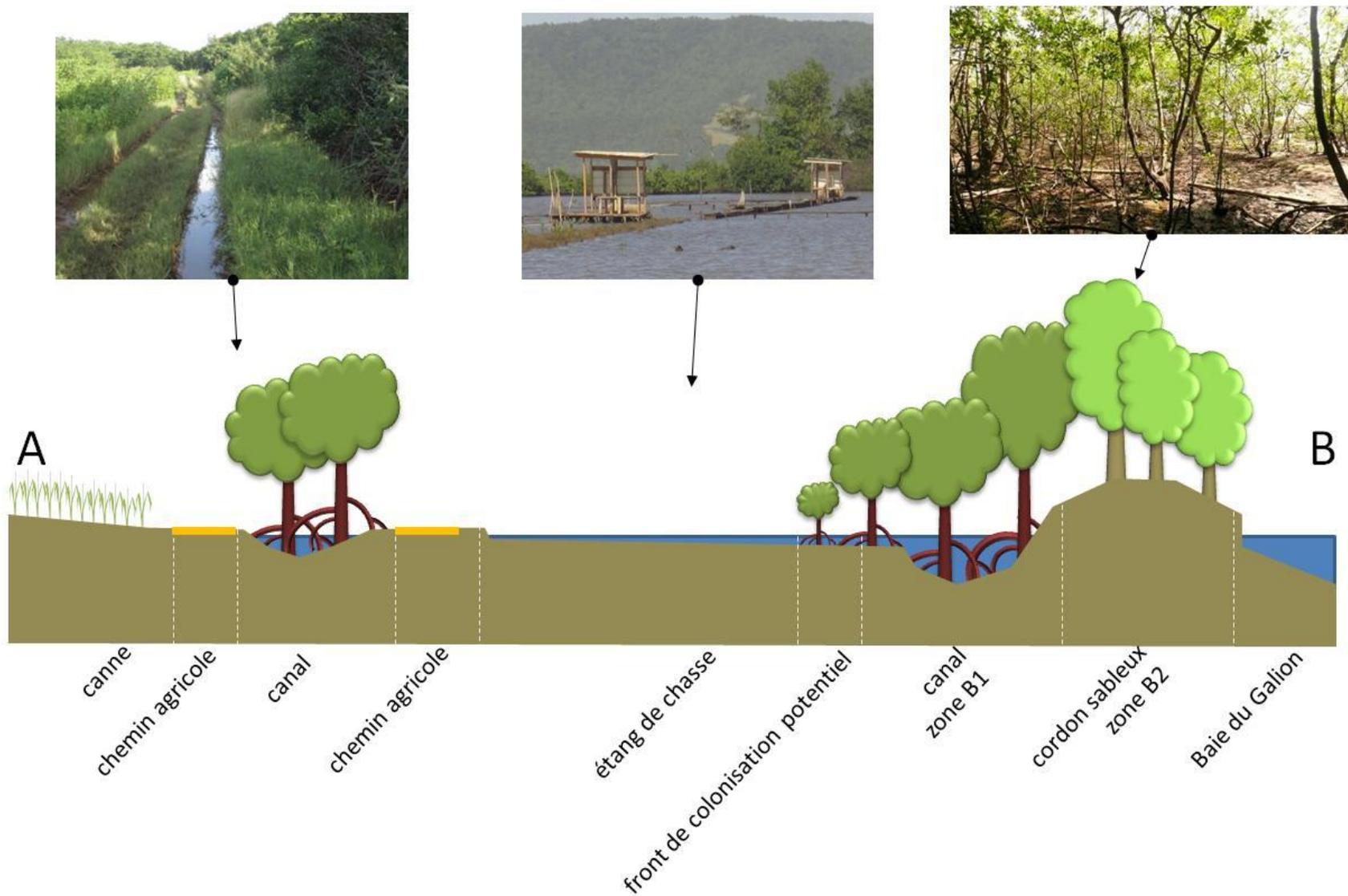


Figure 52 : Transect b, illustratif des différents types de végétation de l'étang de chasse vers la zone B (BIOS, Impact Mer)

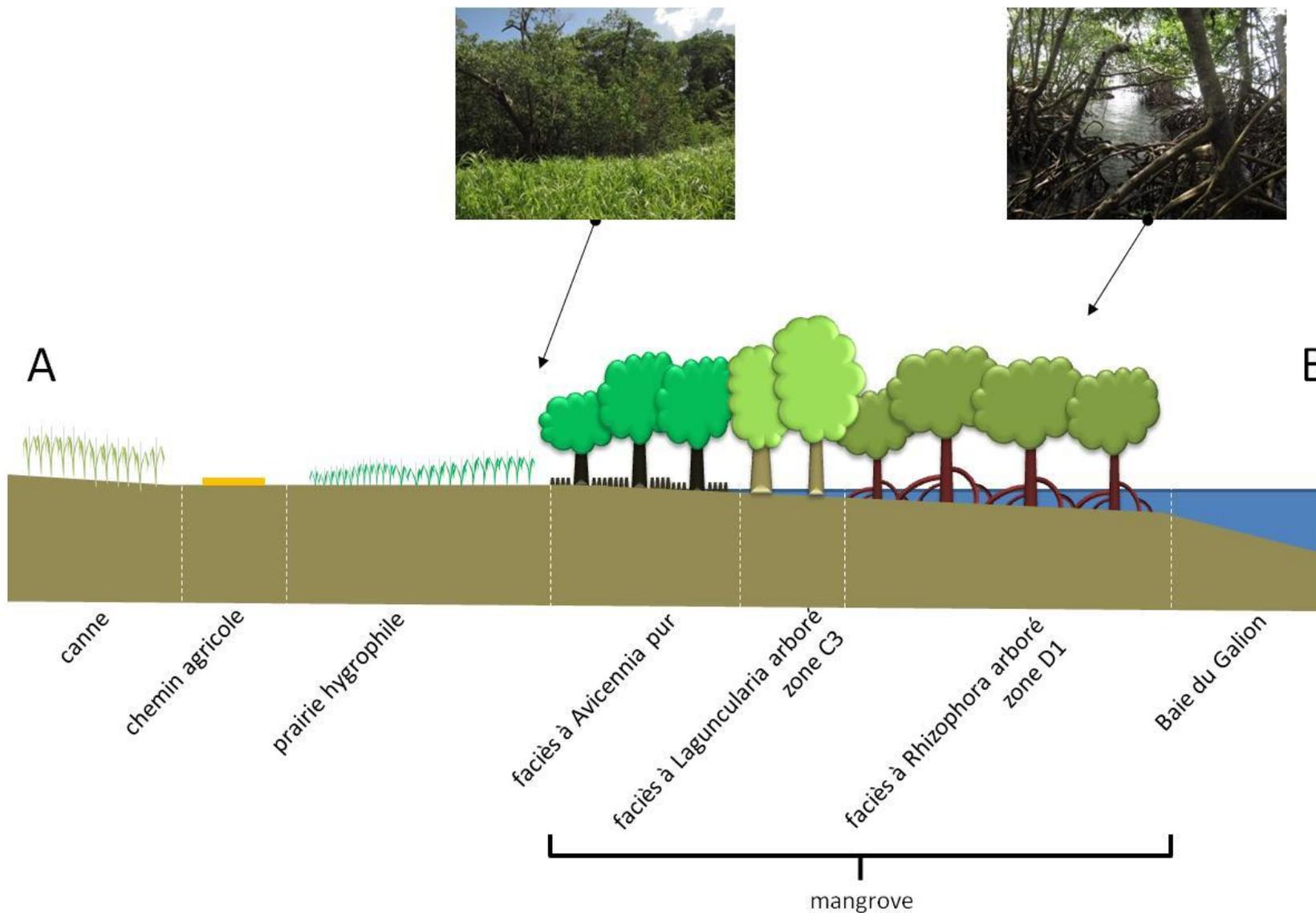


Figure 53 : Transect c.1, illustratif de différents types de végétation dans la zone C (BIOS, Impact Mer)

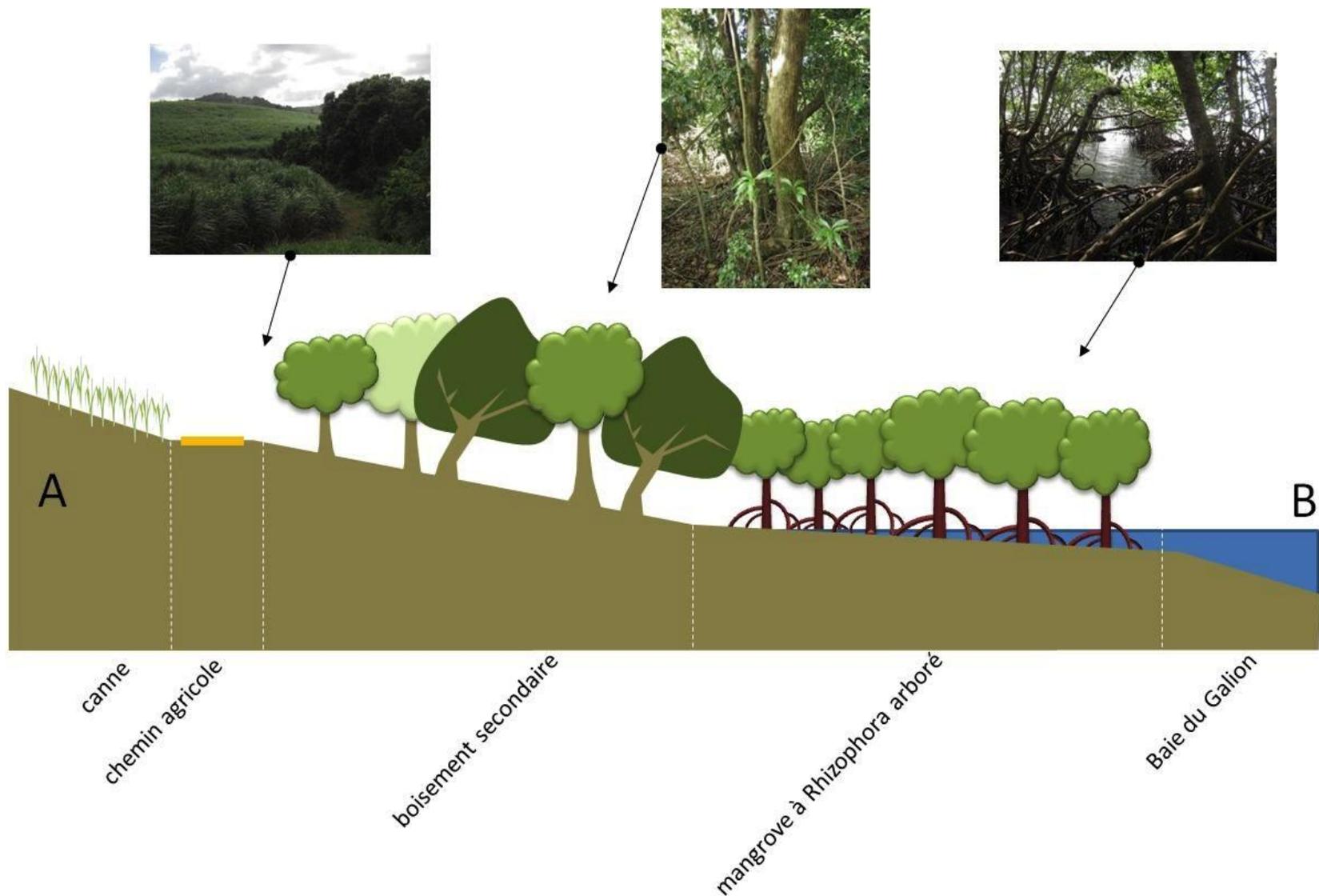


Figure 54 : Autre transect illustratif (c.2) de différents types de végétation dans la zone C, avec des boisement secondaire en amont (BIOS, Impact Mer)

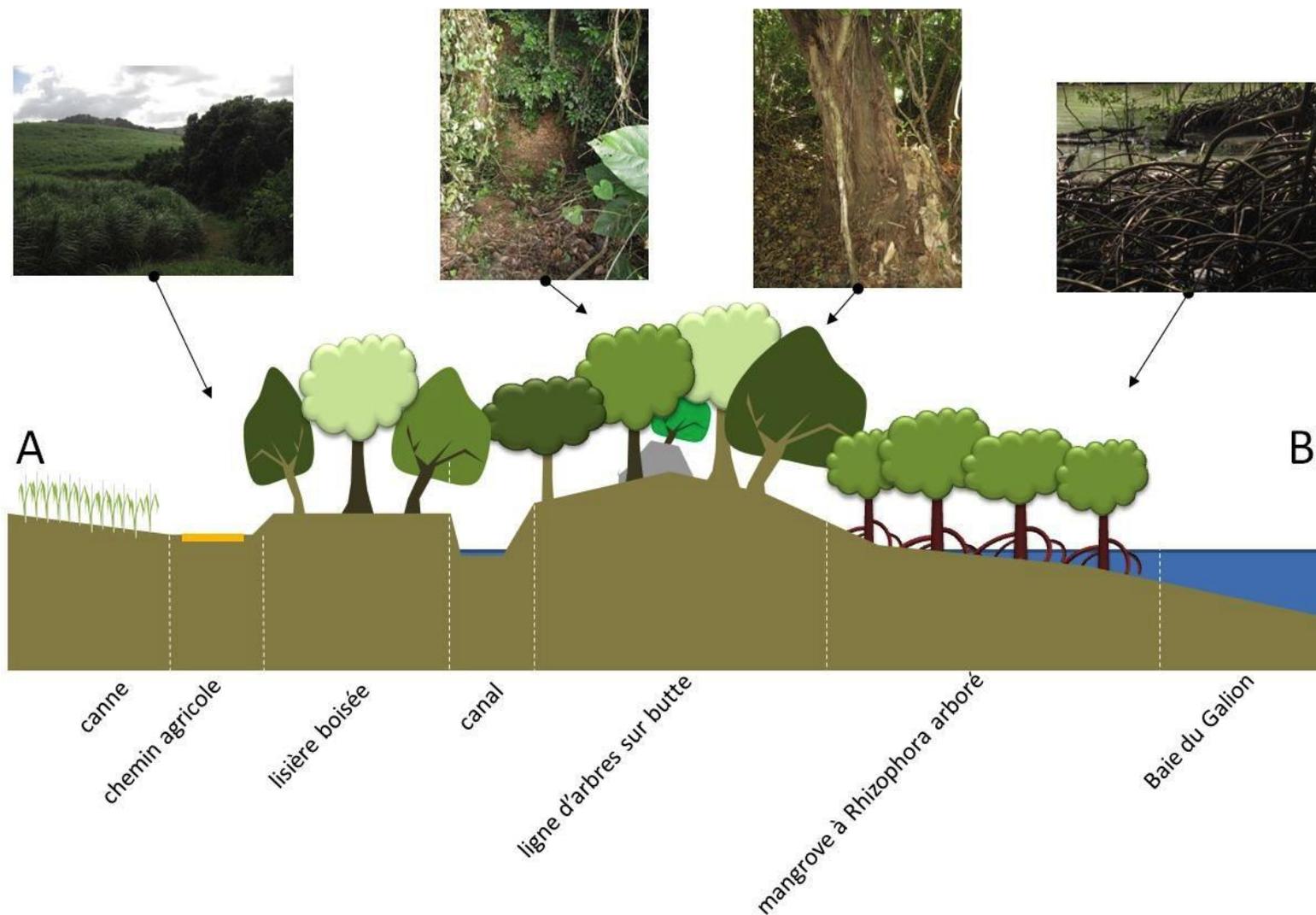


Figure 55 : Transect d.1, illustratif des différents types de végétation que l'on peut retrouver dans les zones C et D (BIOS, Impact Mer)

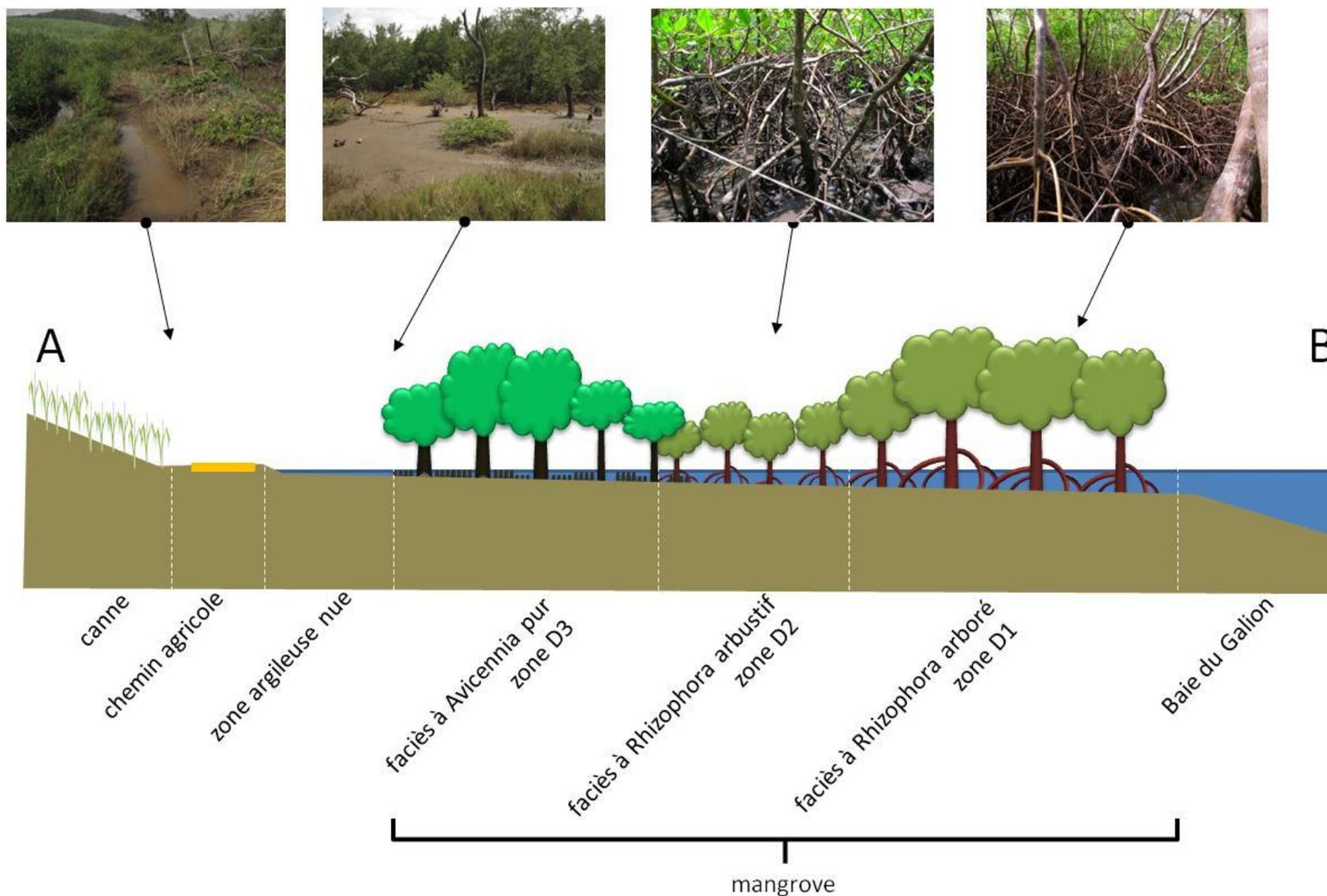


Figure 56 : Transect d.2, illustratif de différents types de végétation dans la zone D (BIOS, Impact Mer)

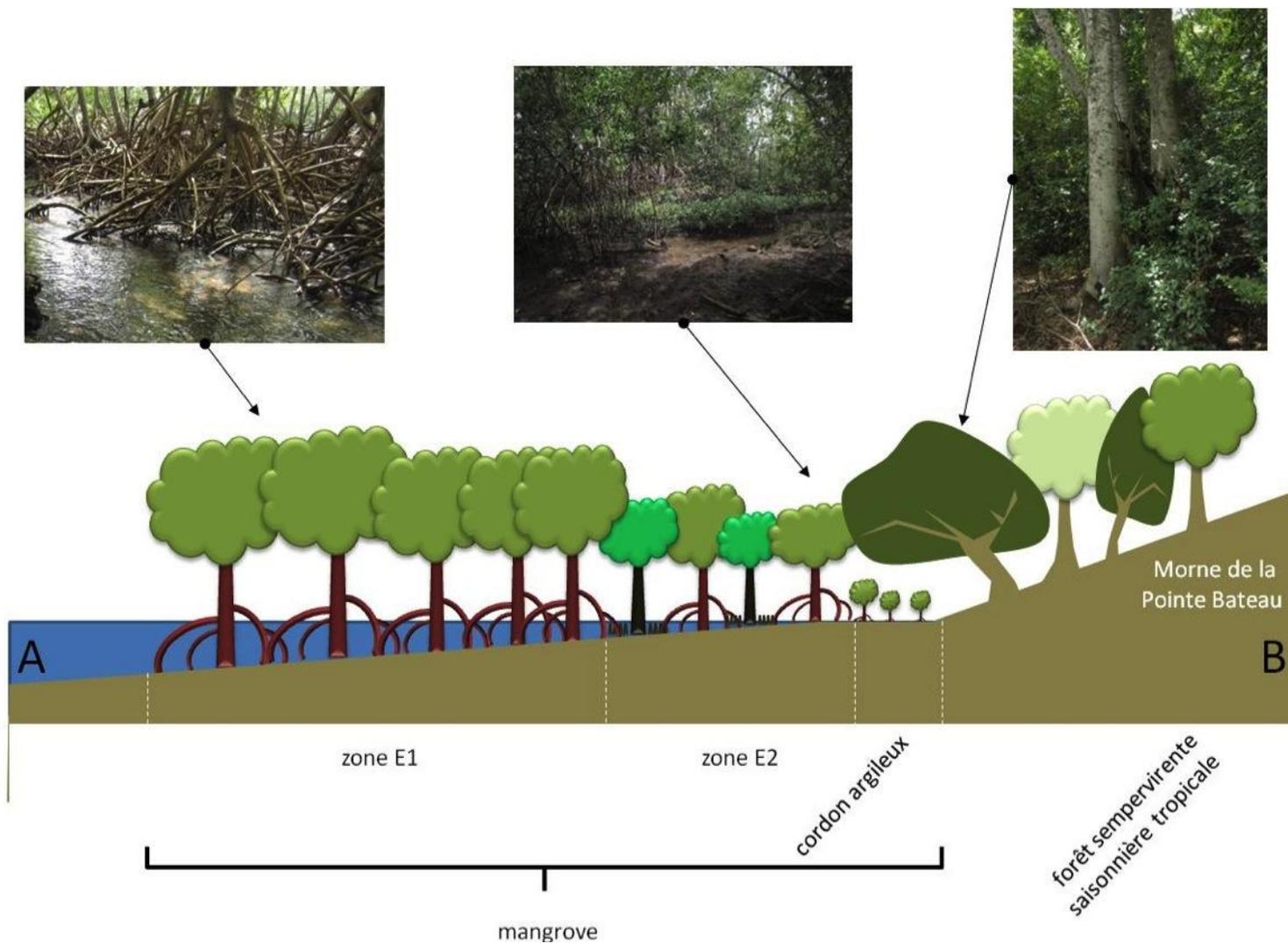


Figure 57 : Transect e, illustratif de différents types de végétation dans la zone E (BIOS, Impact Mer)

### **Synthèse des types de végétation rencontrés**

Les zones les plus en aval sont dominées par *R. mangle* soit sous la forme de peuplements formés par des arbres adultes de haute stature (< 10 m), soit sous un peuplement arbustif (< 2 m de haut) très dense. Les zones situées en amont des faciès à *R. mangle* sont co-dominées par 2 espèces (*A. germinans* et *L. racemosa*).

Dans la formation à *R. mangle* de la zone C, au niveau des écoulements préférentiels d'eau douce (peu salée), des peuplements monospécifiques de *L. racemosa* se sont développés. Cette observation est conforme à l'écologie de cette espèce dont le développement est favorisé dans les zones peu inondées et à faibles salinités (< 20).

La partie la plus au nord sur la rive droite de l'embouchure du Galion, appelée ici zone A, constitue un type de peuplement particulier car des espèces de forêt sèche cohabitent avec des palétuviers. La morphologie globale semble artificielle avec de nombreux remaniements de la topographie (déversements anciens de sédiments issus de dragage ?) et de grands arbres qui se développent sur un sol ferme exondé. Cette formation végétale semble être une mangrove en régression sous l'effet anthropique. Cette zone est riche par la diversité des espèces végétales qui la compose doit représenter un habitat intéressant pour les oiseaux et les insectes.

La mangrove est bordée par 2 faciès de forêt terrestre : en amont par un faciès de forêt sempervirente sèche (zones C, D, E) et, en front de mer, sur les cordons sableux se développe un faciès forestier typique des bords de plage martiniquais (zone A) composés essentiellement par des mancenilliers (*Hippomane mancenilla*). Ces cordons sableux sont très probablement d'origine naturelle, dus aux apports de sédiments par la rivière du Galion.

### 4.3.3 Caractérisation floristique

#### Inventaire floristique

##### ◆ L'intérieur de la mangrove

Dans l'ensemble, l'intérieur de la mangrove est plus particulièrement dominé par les *Rhizophora mangle*. Selon les types de végétation, des faciès où dominent *Avicennia germinans* ou *Laguncularia racemosa* ont également pu être caractérisés. Ceux-ci sont détaillés page 88. Aucune autre espèce végétale n'a été observée dans la partie intérieure de la mangrove à l'exception de quelques algues et de quelques bryophytes en cours de détermination. L'exploration de l'intérieur de la mangrove a cependant été succincte et on ne peut en déduire l'absence d'épiphytes ou de plantes parasites.

##### ◆ Les espèces caractéristiques des mangroves et de leurs abords

Ces espèces ne sont pas forcément strictement limitées à la mangrove, mais celle-ci constitue cependant pour elles un habitat privilégié. La fonction d'« habitat » des mangroves est surtout connue pour la faune, mais a aussi une valeur pour certaines espèces végétales. On peut citer le kachiman kochon (*Annona glabra*) qui serait en limite d'extinction locale si les populations martiniquaises de l'espèce étaient réduites aux quelques rares installations en ravine mésophiles et dans l'unique petite unité de forêt marécageuse.

Tableau 25 : Liste des espèces végétale présentes dans la mangrove du Galion.

Nom botanique	Nom vernaculaire
<i>Acrostichum aureum</i> L.	Fougè dowé
<i>Annona glabra</i> L.	Kachiman kochon
<i>Avicennia germinans</i> (L.) L.	Mang blan
<i>Conocarpus erectus</i> L.	Mang gri
<i>Dalbergia ecastaphyllum</i> (L.) Taubert	Lyann a barik bò lanmè
<i>Entada polystachya</i> (L.) DC.	Mannyok lachapèl
<i>Hippocratea volubilis</i> L.	Lyann zanmand
<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn.f.	Mang blan
<i>Paullinia cururu</i> L.	Lyann mang
<i>Paullinia pinnata</i> L.	Lyann pèsi
<i>Rhabdadenia biflora</i> (Jacq.) Müll.	Lyann mang
<i>Rhizophora mangle</i> L.	Mang wouj
<i>Stigmaphyllon puberum</i> (L.C. Rich.) A. Juss.	Lyann a ravèt
<i>Stigmaphyllon bannisterioides</i> (L.) C. E. Anderson	Lyann bod lammè

### ◆ Les espèces représentant un enjeu patrimonial

Il s'agit d'espèces autochtones dont les populations sont vulnérables à des degrés divers, l'enjeu étant, le risque de perdre l'espèce au niveau régional. La catégorie UICN concerne la vulnérabilité régionale.

Tableau 26 : Liste des espèces d'intérêt patrimonial présentes dans la mangrove du Galion.

Nom botanique	Type biologique	Localisation	Vulnérabilité
<i>Acrostichum aureum</i> L.	Fougère	Rare mais dans toutes les sous unités sauf la zone B	Espèce bien représentée à la Martinique mais en forte régression.
<i>Annona glabra</i> L.	Petit arbre	Observée entre D et E	Espèce relativement rare, en régression.
<i>Cydista aequinoctialis</i> (L.) Miers	Grande liane ligneuse	zone A, C, D, E	Espèce bien représentée mais population en régression. Non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) Beauv.	Roseau (grande graminée)	zone C	Espèce rare fortement exploitée dans le passé ; présente un intérêt ethnobotanique
<i>Hylocereus trigonus</i> (Haw.) Saff.	Cactus lianescent	A proximité de l'extrémité de la mangrove (Pointe Bateau) et petit relief rocheux zone D.	Espèce rare : non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Grand arbre		Encore bien représentée dans certains secteurs mais en forte régression ; <b>Catégorie UICN : VU</b> (vulnérable)
<i>Lonchocarpus roseus</i> (Mill.) DC.	Grand arbre	zone A	Populations en régression ; <b>Catégorie UICN : VU</b> (vulnérable)
<i>Paullinia cururu</i> L.	Grande liane ligneuse	zone A, C,	Espèce rare ; non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Paullinia pinnata</i> L.	Grande liane ligneuse	zone A, C	Espèce assez rare ; non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Piscidia carthagenensis</i> Jacq.	Petit arbre	En bordure du chemin bordant le miroir de chasse.	Espèce rare : <b>Catégorie UICN : EN</b> (En danger)
<i>Sideroxylon foetidissimum</i> Jacq.	Grand Arbre	zone E	Espèce rare, inscrite sur la liste des espèces protégées en région Guadeloupe par l'arrêté ministériel du 26/12/1988.
<i>Stigmaphyllon bannisterioides</i> (L.) C. E. Anderson	Arbrisseau lianescent	zone A et C	Espèce rare : non évaluée précisément au niveau régional.
<i>Rhabdadenia biflora</i> (Jacq.) Müll.	Liane	zone A	Espèce rare : non évaluée précisément au niveau régional

### ◆ Petit relief rocheux

À l'ouest de la partie D se trouve un petit relief rocheux entouré de parcelles agricoles et couvert d'un boisement secondaire relativement dense avec quelques arbres de dimensions importantes (*Ficus sp.*) Les gros blocs rocheux constituent des conditions originales qui participent à la diversité écologique, floristique et faunistique du secteur.

### ◆ Aspect écologique de l'analyse floristique : bilan

Globalement la bordure de la mangrove expose des problématiques écologiques très semblables à celles de la forêt marécageuse. Il n'y a cependant pas de route à grande circulation à proximité de cette mangrove, ni de bâtiments directement en bordure. Dans les lisières étudiées, les espèces arborées installées naturellement sont suffisamment nombreuses pour porter une dynamique végétale vers une forme boisée. C'est-à-dire que le simple fait d'interrompre les usages ruraux qui freinent la dynamique naturelle de reconstruction (coupes de gaulettes, charbon de bois et pâturage), pourrait permettre un retour vers le stade arboré. Cependant, certaines espèces importantes sont absentes ou inhabituellement rares :

- ❖ Les espèces du sous-bois comme les petits arbres de la famille des myrtacées ou celles des lauracées, bien mieux représentées dans les forêts moins dégradées et plus étendues. Les tiges de ces espèces sont souvent prélevées pour la qualité de leur bois (myrtacées) en particulier pour la fabrication de nasses. Le secteur ayant plusieurs fois été coupé à blanc (à l'exception de la Pointe Bateau) il est possible que ces espèces prennent beaucoup de temps à se réinstaller.
- ❖ Les arbres qui suivent la première vague d'installation. Ils sont en général plutôt sciaphiles, en majeure partie sempervirents ou à brève période de défoliation, et plus résistants par rapport aux phénomènes climatiques forts. Sans ces deux catégories écologiques, la dynamique végétale de reconstitution naturelle ne développera pas de formation très résistante par rapport aux contraintes naturelles.

On peut noter que le bois blanc (*Simarouba amara*) fréquent dans l'étage des forêts tropicales submontagnardes se trouve ici à quelques mètres de la partie inondée de la mangrove.

### Structure de la végétation et caractéristiques des mangroves du Galion

Les parcelles d'étude installées dans chacune des 5 grandes zones prédéfinies ont permis de caractériser la structure des différents types de peuplement et leurs compositions.

#### ◆ Structure de la végétation des faciès de mangrove

Les résultats montrent que les 5 zones de mangroves ne sont pas homogènes, ni entre elles, ni à l'intérieur d'un même zone : composition, densité d'individu, taille et diamètre moyen sont différents selon les parcelles (Tableau 27, Figure 58).

La densité moyenne des formations de cette aire d'étude est comprise entre 800 et 22 400 individus/ha. C'est en amont de la zone E (parcelle E1) que l'on trouve la densité d'arbre la plus faible et les arbres les plus gros avec un diamètre moyen de 24,5 cm. Bien que cette formation monospécifique à *R. mangle* ait été dégradée après le cyclone Dean en 2009, elle a retrouvé aujourd'hui un très bon état écologique.

En zone D, une formation monospécifique à *R. mangle* avec de grands arbres est également retrouvée : la densité moyenne est de 10 individus/m<sup>2</sup> avec un diamètre moyen de 16,7 cm.

Au contraire, certaines zones ont des densités très élevées : il s'agit de la formation arbustive à *R. mangle* que l'on trouve aussi en zone D (parcelle D2). La densité est égale à 22400 individus/ha (soit 2,2 individus/m<sup>2</sup>), avec des arbustes dont le diamètre moyen avoisine 3,1 cm.

Deux faciès voient aussi leurs densités assez élevées (6000 et 9400 individus/ha), il s'agit des faciès à *L. racemosa* de la zone C dont les arbres sont assez petits (8,2 et 6,4 cm de diamètre respectivement).

Enfin, pour les autres faciès (A et B notamment), il s'agit globalement de densité moyenne comprise entre 1900 et 3300 individus/ha, avec des diamètres moyens compris entre 7 et 17 cm.

Tableau 27 : Densité moyenne et diamètre moyen des arbres dans les parcelles étudiées – Juillet 2013

Placette	Superficie parcelle (m <sup>2</sup> )	Nombre Individus/ha	Diamètre moyen (cm)
A1	75	2667	13,8
A2	75	2267	17,4
B1	75	2533	15,6
B2	75	3333	6,7
C1	75	6000	8,2
C2	75	2133	11,9
C3	50	9400	6,5
D1	200	1000	16,8
D2	25	22400	3,1
D3	200	2250	8,7
E1	200	800	24,2
E2	200	1900	13,6

Les intensités de vert correspondent aux valeurs de densité et de diamètre moyen, la case étant d'autant plus foncée que les valeurs élevées.

#### ◆ Composition des espèces structurantes dans les différents faciès de mangrove

Les zones de l'aire d'étude sont également différentes par leurs compositions spécifiques (Figure 58). Trois types de formations ont été rencontrés : formation **monospécifique**, à **dominance** d'une seule espèce et à **codominance**.

En effet, la plupart sont des formations monopécifiques à *R. mangle* (parcelle B1, D1, D2, E1), ou à *L. racemosa* (parcelle B2 et C3) ou encore *A. germinans* (parcelle D3).

D'autres zones sont dominées par une seule espèce, comme les parcelles :

- ❖ A1 et A2 qui sont dominées par du *L. racemosa* mais où il y a présence de *A. germinans*
- ❖ C2 est dominée par *R. mangle* avec présence de *L. racemosa*
- ❖ E2 est dominée par *R. mangle* avec présence de *A. germinans*

Enfin, une parcelle présente une codominance de *R. mangle* et *L. racemosa* (C1).

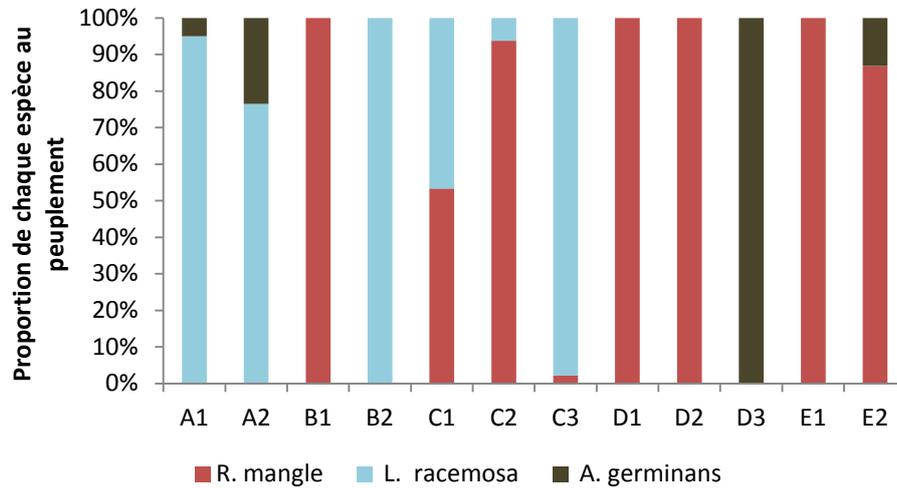


Figure 58 : Proportion de la composition spécifique des parcelles étudiées – Juillet 2013

◆ **Approche démographique des peuplements de mangrove du Galion**

Dans chaque parcelle d'étude, toutes les **plantules, semis, gaulis et baliveaux** ont été comptabilisés (Figure 59).

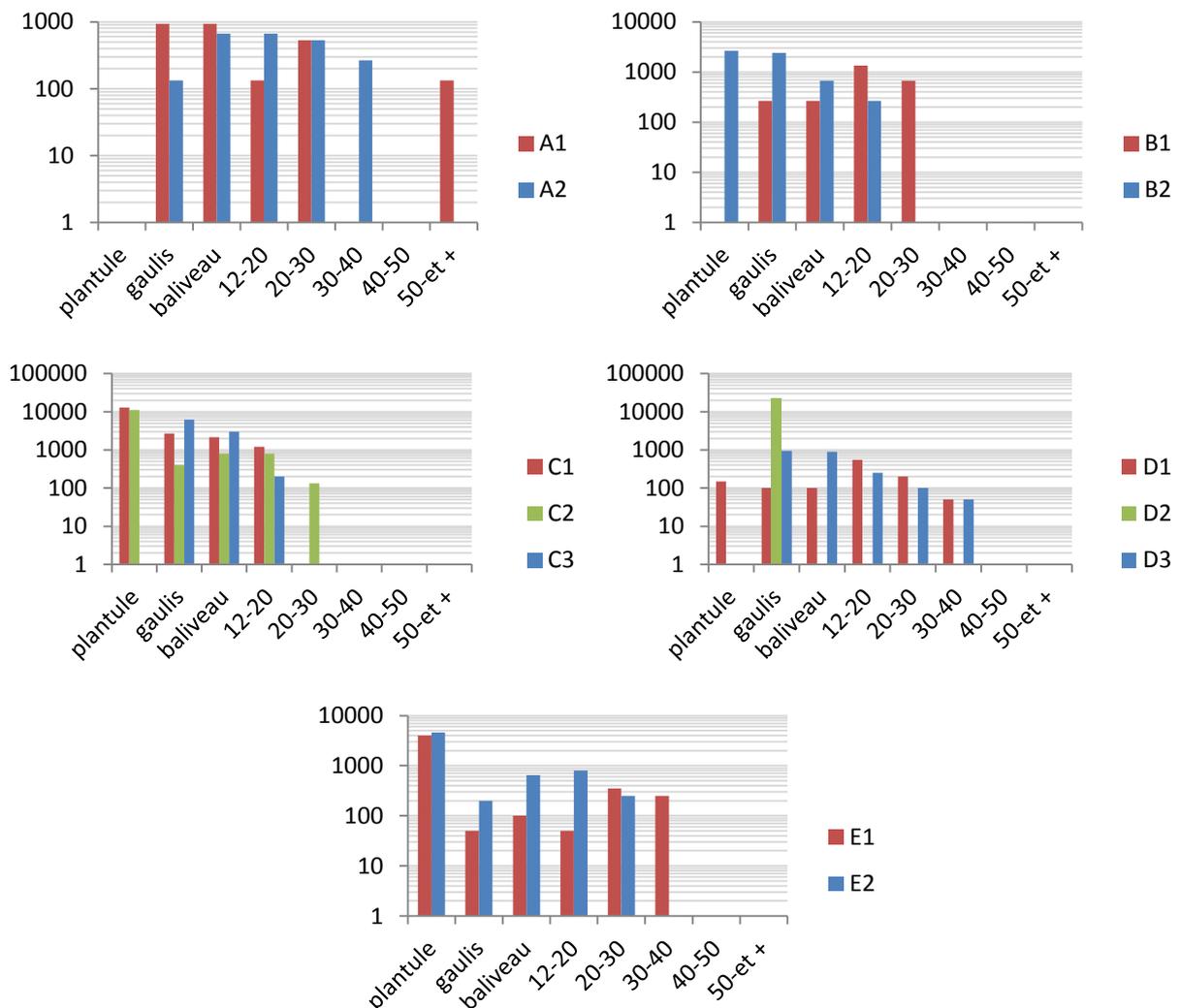


Figure 59 : Densité (individus/ha ; échelle log10) selon les différents stades (plantule, gaulis, baliveau) et les classes de diamètre dans les parcelles d'études des zones étudiées

De manière générale ces mangroves ont une capacité de régénération active. Des nombreuses plantules et semis ont été comptabilisés dans les faciès monospécifiques à grands arbres comme C1, C2, E1 et E2. Par exemple : 95 semis en C1 soit environ 2 plantules/m<sup>2</sup>.

Dans les faciès monospécifiques à *R. mangle* arbustifs très denses (comme dans D2 ou B2), aucun jeune plant n'a été comptabilisé. La compétition pour les ressources édaphique avec les adultes, et/ou le manque de lumière peuvent être des facteurs limitants.

#### ◆ Etat sanitaire des palétuviers des mangroves du galion

Les mangroves du Galion sont globalement en **bon état**.

D'une manière générale, les résultats montrent que les zones D et E sont des zones où plus de 80% de la population de palétuviers sont en **très bon état ou bon état**.

Pour les zones A, B, et C plus proches de l'étang bois sec ou du front de mer, l'état écologique général est bon à très bon pour plus de 60 % de la population.

La parcelle B2 est celle dont les arbres sont à 60% dans un état moyen : il s'agit d'une formation à *L. racemosa* sur un cordon littoral en bord de mer. Le caractère salé et la nature du sol sec et drainant sont probablement à l'origine de l'état de cette station. Cette espèce se retrouve sous la forme de beaux peuplements dans les zones avec des sols peu salés et faiblement inondés.

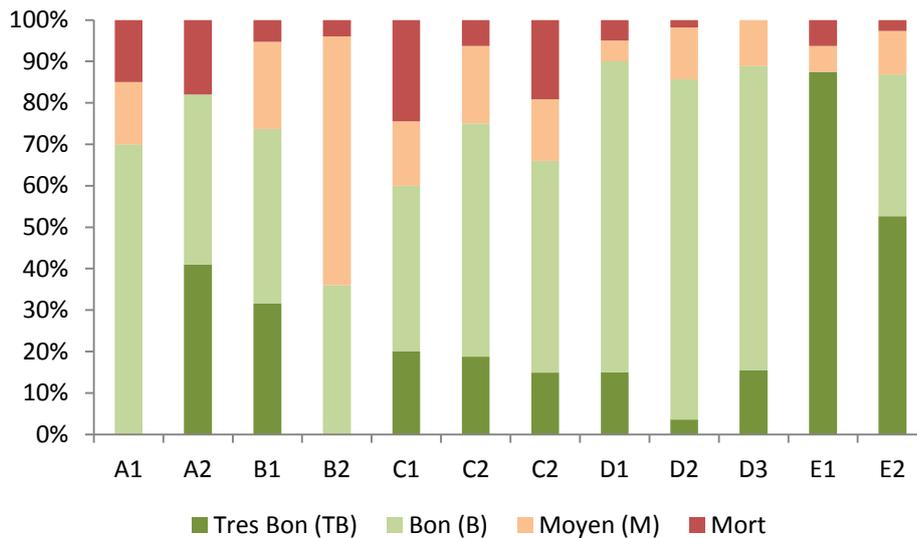


Figure 60 : Etat de santé général des palétuviers – juillet 2013

#### ◆ Phénologie des palétuviers au moment de la période d'étude

D'une manière générale, les résultats montrent qu'en juillet les différentes espèces de palétuvier ne sont pas en pleine saison de fructification ni de floraison. En moyenne, 0 à 25 % de la population portent fleur ou fruit. Seule la parcelle D2 atteint presque 50 % de la population en fruit et 20 % en fleur.

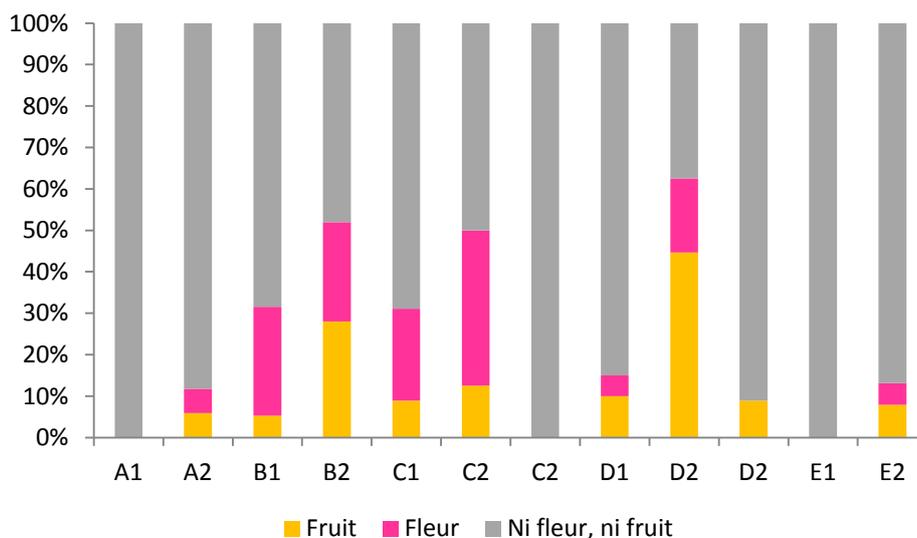


Figure 61 : Phénologie des palétuviers – juillet 2013

## Caractéristiques générales par zone d'étude

### ◆ La zone A

La densité de la zone A est en moyenne de 27 individus/ha. Les diamètres moyens sont de 13,8 cm pour A1 et de 17,4 cm pour A2. La formation de cette zone de mangrove est dominée par *L. racemosa* avec présence de *A. germinans*. 80% de la population est en bon état voire très bon état écologique. Les arbres ne sont pas en fruit ou fleur en parcelle A1 et seulement 12 % des arbres le sont en parcelle A2.

Tableau 28 : Caractéristiques de la mangrove de la zone A

Caractéristiques	Parcelle A1	Parcelle A2
Composition	<i>L. racemosa</i> dominant	<i>L. racemosa</i> dominant
Densité (individus/ha)	2700	2700
Diamètre moyen (cm)	13,8	17,4
Etat écologique	70 % bon	80 % bon à très bon
	13% de mort	13% de mort
Phénologie	0 % des arbres en fruit	6% des arbres en fruit
	0% en fleurs	6% fleurs

La zone A est une zone de mangrove qui soulève quelques interrogations. En effet, cette formation végétale est effectivement un type d'arrière mangrove mais qui semble être une mangrove en régression sous l'effet anthropique (Figure 62). La morphologie globale et la topographie semblent artificielles. Aujourd'hui, cette aire est une formation forestière où cohabitent espèces de palétuviers (*L. racemosa* dominants) avec des essences de forêt sèche qui ne se trouvent habituellement jamais dans des zones de mangrove « classique ». Cette formation de grands arbres (jusqu'à 15 m de haut) se développe sur un sol ferme (et non de la vase), borde l'embouchure et représente un habitat écologique intéressant pour les oiseaux et les insectes.

### ◆ La zone B

La densité de la zone B est en moyenne de 22 individus/ha pour le faciès en amont (parcelle B1) et de 33 individu/ha pour le faciès en front de mer (parcelle B2). Les diamètres moyens sont de 15,8 cm pour B1 et de 6,7 cm pour B2. La partie amont (B1) de cette zone de mangrove est une formation monospécifique à *R. mangle* qui se développe sur un sol vaso-limoneux. La partie en front de mer (B2) une formation monospécifique à *L. racemosa*. 70% de la population est en bon voir très bon état écologique dans la parcelle B1. La parcelle B2 est celle dont les arbres sont à 60% dans un état moyen : il s'agit d'une formation à *L. racemosa* sur un cordon littoral sableux en bord de mer. Il semble normal que le caractère salé et la nature du sol plus sec ne rendent pas la population en meilleur état. Ces arbres favorisent en général les milieux avec des sols plus humides et moins salés. Enfin, 30 à 50 % des arbres sont en fruit ou en fleurs.

Tableau 29 : Caractéristiques de la mangrove de la zone B

Caractéristiques	Parcelle B1	Parcelle B2
Composition	<i>R. mangle</i> monospécifique	<i>L. racemosa</i> monospécifique
Densité (individus/ha)	2200	3300
Diamètre moyen (cm)	15,8	6,4
Etat écologique	70 % bon à très bon	60 % moyen
	5% de mort	< 5 % de mort
Phénologie	5% des arbres en fruit	28% des arbres en fruit
	26 % en fleur	24% en fleur

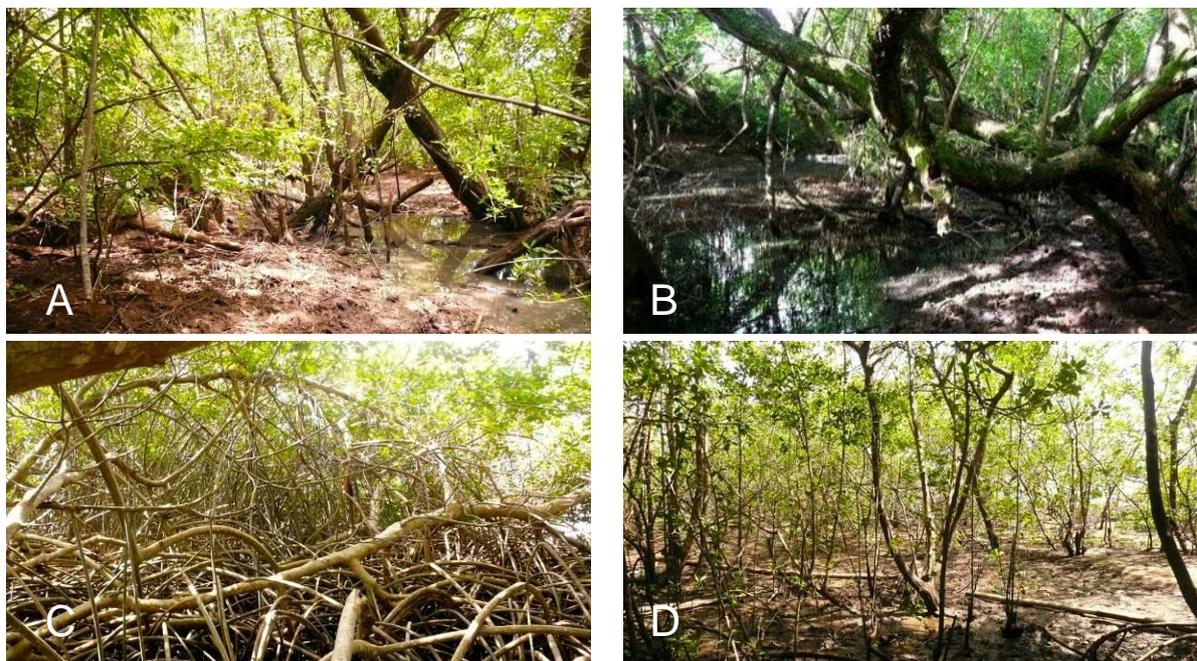


Figure 62 : Faciès des zones A et B à *R. mangle* (parcelle A1, A2 et B1) (respectivement photos A, B et C), et à *L. racemosa* (parcelle B2) (photo D), (Impact Mer)

#### ◆ La zone C

La zone C n'est pas homogène, elle est formée par 3 faciès de végétation qui sont différents en termes de composition et de structure. La densité moyenne de la zone C varie de 2130 individus/ha pour le faciès dominé par *R. mangle* (parcelle C2), à 9400 individus/ha pour le faciès dominé par *L. racemosa* (parcelle C3), en passant par 6000 individus/ha pour le faciès où il y a une codominance des deux espèces (parcelle C1).

Les diamètres moyens pour C1, C2, et C3 sont respectivement de 8,2, 11,9 et 6,5 cm. Environ 60% de la population est en bon état voire très bon état écologique dans l'ensemble de la zone. Enfin, la parcelle C3 n'est ni en fleur ni en fruit, mais les deux autres possèdent entre 30 à 50 % des arbres qui montrent des signes de reproductions (soit en fruit soit en fleurs).

Cette zone C est intéressante car les zones dominées par *L. racemosa* à l'intérieur même de la zone C globalement dominée par *R. mangle* sont les zones d'écoulement préférentiel de l'eau douce (Figure 49). En effet, cette espèce est décrite comme préférentiellement associées aux zones les moins salées (Imbert, 2000). Enfin, tout en amont de cette zone C, se développe sur une petite superficie, en contact avec le chemin agricole, un faciès dominé par *A. germinans*.

Tableau 30 : Caractéristiques de la mangrove de la zone C

Caractéristiques	Parcelle C1	Parcelle C2	Parcelle C3
Composition	<i>R. mangle</i> et <i>L. racemosa</i> en codominance	<i>R. mangle</i> dominant	<i>L. racemosa</i> dominant
Densité (individus/ha)	6000	2130	9400
Diamètre moyen (cm)	8,2	11,9	6,5
Etat écologique	60% bon à très bon, 25% de mort	60% bon à très bon, 5% de mort	60% bon à très bon, 20% de mort
Phénologie	22 % en fruit 9 % en fleur	13 % en fruit 38 % en fleur	0% 0%



Figure 63 : Faciès de la zone C à codominance de *R. mangle* et *L. racemosa* (parcelle C1, photo A) et à dominance de *L. racemosa*, inondée à marée montante (parcelle C3, photo B), (Impact Mer)

#### ◆ La zone D

En raison de leur trop petite taille et de leur grand nombre (2 individus par m<sup>2</sup>), les individus de la parcelle D2 ont seulement été marqués et non pas été identifiés par une étiquette.

Tableau 31 : Caractéristiques de la mangrove de la zone D

Caractéristiques	Parcelle D1	Parcelle D2	Parcelle D3
Composition	<i>R. mangle</i> monopécifique	<i>R. mangle</i> monopécifique	<i>A. germinans</i> monospécifique
Densité (individus/ha)	1000	22400	2250
Diamètre moyen (cm)	16,6	3,1	8,7
Etat écologique	90% bon à très bon	90% bon à très bon	> 90% bon à très bon
	< 5% de mort	< 2% de mort	0 % de mort
Phénologie	10 % en fruit	40 % en fruit	9% en fruit
	5 % en fleur	18 % en fleur	0% en fleur

La zone D n'est pas constituée d'un type de peuplement homogène, elle est formée par trois types de faciès de végétation qui diffèrent en termes de structure et de composition.

La densité moyenne de la zone D varie selon les faciès de végétation : elle est extrêmement dense dans la parcelle D2 avec 22400 individus/ha (soit plus de 2 individus par m<sup>2</sup>) et dominée par des *R. mangle* de port arbustif alors que la parcelle D1, également dominée par *R. mangle*, est composée d'arbres adultes avec une densité beaucoup plus faible (1000 individus/ha), enfin la parcelle D3 est composée de *A. germinans*, avec une densité de 2250 individus/ha.

Les diamètres moyens sont proportionnellement inverses à la densité avec respectivement pour D1, D2, et D3 des diamètres de 16,6, 3,1 et 8,7 cm. Environ 90% de la population est en bon état voire très bon état écologique dans l'ensemble de la zone D. Enfin, la parcelle D3 n'est presque ni en fleur ni en fruit, mais les deux autres possèdent entre 15 et 60 % des arbres qui sont en fruit ou en fleurs.

Une reconnaissance des autres types de peuplements a été réalisée en parcourant le littoral et la lisière sud est. Différents faciès de végétation de mangrove non inventoriés par des parcelles constituent la zone D.

- Un cordon sableux surélevé (1 à 1,5 m au dessus du niveau de la basse mer) longe le littoral. En contact immédiat avec la mer le peuplement est composé d'une fine ceinture (2 m) de *R. mangle*. Sur le cordon sableux les autres espèces de palétuviers (*L. racemosa*, *A. germinans*, *C. erectus*) sont observées.
- L'intérieur de la zone D est essentiellement un peuplement arbustif à *R. mangle* (4-5 m de haut) très dense, difficilement pénétrable. Le peuplement semble structuré par un gradient parallèle à la côte, avec en extrémité nord-ouest un faciès à *R. mangle* de grande taille (20 m), la hauteur des *R. mangle* diminue rapidement (en moins de 100 m) vers le faciès arbustif. En amont du faciès arbustif, dans la partie sud-est un faciès à *A. germinans* est retrouvé. Ils sont très ramifiés avec de nombreux rejets, typique des faciès d'arrière mangrove.

Les déterminants des modifications de structure des peuplements de mangrove sont souvent liés à l'hydrologie de la zone qui détermine les facteurs de stress (salinité, hypoxie, sulfure) et de croissance (quantité de minéraux disponibles). La zone à hauts *R. mangle* semble profiter d'une bonne connexion avec la mer et d'apports d'eau du bassin versant (salinité de surface mesurée à 27). Le substrat est vaso-argileux noirâtre sur une profondeur importante et est propice à l'installation et à la croissance de *R. mangle*. Dans la zone arbustive, la salinité est identique (27) mais le substrat est différent : une couche de vase noirâtre recouvre une tourbe composée de racines de *R. mangle*. Ce type de substrat est connu pour être oligotrophe, un milieu particulièrement pauvre en éléments nutritifs notamment le phosphore et le potassium, indispensable à la croissance des plantes. Ceci pourrait en partie expliquer la différence de structure de peuplement. Le faciès à *A. germinans* est légèrement plus salé (36 en surface) que les autres faciès et composé par de l'argile compacte et ocre. La salinité plus élevée correspond bien à la modification de composition du peuplement, *A. germinans* étant l'espèce la plus résistante à la salinité des 3 espèces de palétuvier.



Figure 64 : Faciès des la zone D à *A. germinans* (parcelle D3) (photo A), à *R. mangle* arbustif (parcelle D2) (photo B), à *R. mangle* arboré (parcelle D1) (photo C) et embouchure du canal entre la zone D et C, (Impact Mer)

#### ◆ La zone E

La densité de la zone E est en moyenne de 800 individus/ha pour le faciès en amont (parcelle E1) et de 1900 individus/ha pour le faciès en front de mer (parcelle E2). Les diamètres moyens sont les plus élevés de toute l'aire d'étude : 24,5 cm (E1) et 13,6 cm (E2). La partie amont (E1) de cette zone de mangrove est une formation monospécifique à *R. mangle* et la partie en front de mer (E2) une formation à dominance de *R. mangle* mais on trouve également la présence de 15 % de *L. racemosa*. Dans cette zone E, les palétuviers sont en remarquablement bon état : 80% de la population est en très bon état écologique dans la parcelle E1 et 90% de bon à très bon en parcelles E2. Cette zone n'est quasiment pas en fleur ni fruit.

Tableau 32 : Caractéristiques de la mangrove de la zone E

Caractéristiques	Parcelle E1	Parcelle E2
Composition	<i>R. mangle</i> monospécifique	<i>R. mangle</i> dominant
Densité (individus/ha)	800	1900
Diamètre moyen (cm)	24,5	13,6
Etat écologique	> 80 % de très bon < 5% de mort	90 % bon à très bon < 3 % de mort
Phénologie	0 % des arbres en fruit 0% en fleurs	8% des arbres en fruit 5% fleurs

La zone E est une mangrove entourée par des pentes importantes occupées par des champs de canne et de la forêt sèche. Le substrat est vaso-limoneux. Le peuplement est principalement constitué de *Rhizophora mangle* en bon état qui ne semble pas avoir été trop impacté par la tempête Chantal (seuls quelques rares individus sont étêtés). La canopée recouvre 65 à 75 % de la surface au sol. La composition du peuplement évolue depuis l'amont où les *R. mangle* sont accompagnés de quelques *Laguncularia racemosa* juvéniles et d'*Avicennia germinans* adultes vers l'aval et le front de mer où le peuplement n'est constitué que de *R. mangle*. La structure du peuplement évolue également. En amont le peuplement est moins haut (10 m) et plus dense, en aval la voute s'élève (20 m) et la densité diminue.

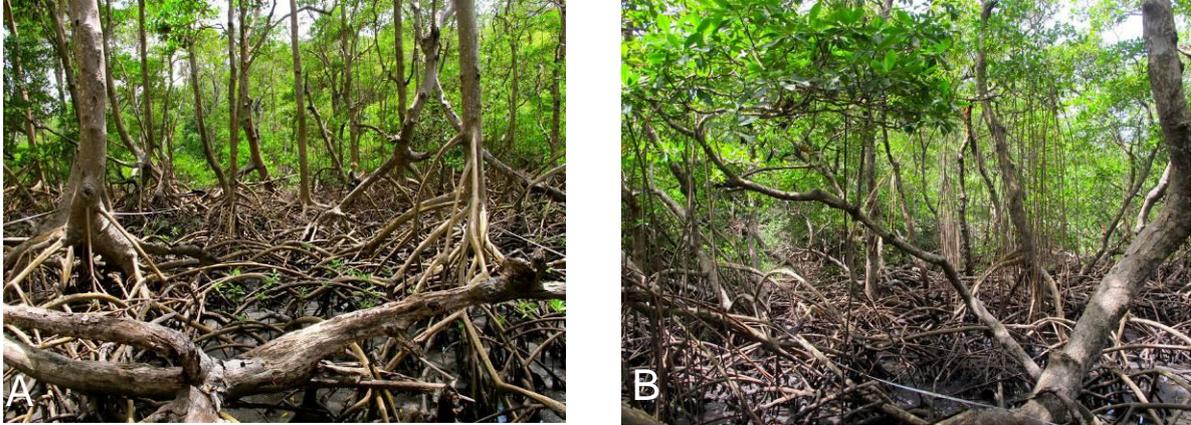


Figure 65 : Faciès de la zone E à *R. mangle* (parcelle E1 et E2) (Photo respectivement A et B), (Impact Mer)

#### ◆ L'étang de chasse

Aucune parcelle d'inventaire de la structure de la végétation n'a été installée dans cette zone. Cependant on peut noter que les lisières apparaissent particulièrement dynamiques avec, par endroits, une régénération abondante de jeunes *Rhizophora mangle* (2-5 individus/m<sup>2</sup>). Sur la bordure nord de l'étang quelques individus de *Laguncularia racemosa* ont également été observés. Des discussions avec les chasseurs de la Société de Chasse de la Trinité ont mis en avant qu'une partie de l'entretien de l'étang consistait à « enlever » la régénération lorsque celle-ci devenait trop importante. Par ailleurs, la bibliographie indique qu'en 1951 l'étang de chasse était entièrement une mangrove (Impact Mer, 2011). Ceci montre bien le côté artificiel de cet étang, entretenu pour les activités de chasse, et dont la dynamique naturelle serait à l'établissement d'une mangrove.

Ces surfaces défrichées par les chasseurs ne constituant, aujourd'hui, pas « un massif boisé supérieur à 0,5 ha d'un seul tenant » il ne semble pas que ces défrichements nécessitent des demandes d'autorisation de défrichement (Circulaire DGPAAT/SDFB/C2013-3060 du 28 mai 2013).

## 4.4 Caractérisation faunistique

Les méthodes utilisées permettent d'avoir une bonne vision des différents enjeux patrimoniaux liés à la faune, principalement l'avifaune, et pourront servir à définir des mesures conservatoires.

### 4.4.1 Les espèces et les différentes communautés d'oiseaux

Le tableau ci-dessous liste toutes les espèces d'oiseaux relevées dans la bibliographie ou qui ont été contactées lors de cette étude.

- ❖ Quatre communautés sont présentes : les oiseaux marins, les oiseaux d'eau et des milieux humides, les oiseaux terrestres et pour finir, les espèces aériennes.
  - Les oiseaux marins fréquentent principalement le milieu marin et pour quelques uns, la Mouette atricille par exemple, le miroir de chasse appelé aussi « zone F ».
  - Les oiseaux d'eau et ceux de milieux humides sont surtout présents au niveau du miroir de chasse. Quelques uns comme le Héron vert, l'Aigrette neigeuse, le Bihoreau violacé, la Gallinule d'Amérique ou encore le Petit chevalier se rencontrent aussi dans les mangroves arbustives et arborées ainsi que dans la forêt marécageuse.
  - Les oiseaux terrestres. Ils sont présents dans tous les milieux possédant de la végétation. Il y a les espèces forestières comme le Tyran janeau et celles des milieux ouverts, la Colombe à queue noire par exemple, et semi-ouverts : le Sporophile rouge-gorge entre autres.
  - Les espèces aériennes occupent principalement le milieu aérien pour se nourrir : il s'agit des martinets et des hirondelles.

Tableau 33 : Liste des espèces d'oiseaux contactées lors de cette étude et dans la littérature (noir) et potentielles (rouge) dans les forêts côtières inondables du Galion. Leur statut (M : migrateur, MH : migrateur hivernant, MN : migrateur nicheur, S : sédentaire), leur communauté (OH : oiseau d'eau et des milieux humide, OM : oiseau marin, OT : oiseau terrestre, OA : oiseau aérien) et leur appartenance à la liste des espèces protégées par l'arrêté ministériel du 17/02/1989 sont indiqués

Famille	Espèce	Nom vernaculaire	Statut	Communauté	Protégée
Anatidae	<i>Anas discors</i>	Sarcelle à ailes bleues	M	OH	
Fregatidae	<i>Fregata magnificens</i>	Frégate magnifique	S	OM	✓
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Héron garde-bœufs	S	OH	✓
	<i>Egretta thula</i>	Aigrette neigeuse	S	OH	✓
	<i>Egretta caerulea</i>	Aigrette bleue	M?	OH	✓
	<i>Ardea alba</i>	Grande aigrette	M?	OH	✓
	<i>Ardea herodias</i>	Grand héron	MH	OH	✓
	<i>Butorides virescens</i>	Héron vert	S	OH	✓
	<i>Nyctanassa violacea</i>	Bihoreau violacé	S	OH	✓
Accipitridae	<i>Buteo platypterus</i>	Petite buse	S	OT	✓
	<i>Pandion haliaetus</i>	Balbuzard pêcheur	MH	OH	✓
Rallidae	<i>Gallinula galeata</i>	Gallinule d'Amérique	S	OH	✓
	<i>Porzana carolina</i>	Marouette de Caroline	M?	OH	✓
Sternidae	<i>Thalasseus maximus</i>	Sterne royale	MH	OM	✓
	<i>Thalasseus acuflavida</i>	Sterne de cabot	MH	OM	✓
	<i>Onychoprion anaethetus</i>	Sterne bridée	MN	OM	✓
	<i>Sterna dougallii</i>	Sterne de Dougall	MN	OM	✓
Laridae	<i>Larus atricilla</i>	Mouette atricille	MH	OM	✓
Scolopacidae	<i>Tringa solitaria</i>	Chevalier solitaire	M	OH	✓
	<i>Tringa flavipes</i>	Petit chevalier	M	OH	
	<i>Tringa melanoleuca</i>	Grand chevalier	M	OH	
	<i>Actitis macularia</i>	Chevalier grivelé	MH	OH	✓
	<i>Calidris pusilla</i>	Bécasseau semipalmé	M	OH	✓
	<i>Calidris alba</i>	Bécasseau sanderling	M	OH	✓
	<i>Arenaria interpres</i>	Tournepièrre à collier	MH	OH	
	<i>Limnodromus griseus</i>	Bécassin à bec court	M	OH	
Charadriidae	<i>Charadrius semipalmatus</i>	Pluvier semipalmé	M	OH	✓
	<i>Pluvialis squatarola</i>	Pluvier argenté	M	OH	

Colombidae	<i>Zenaidura macroura</i>	Tourterelle à queue carrée	S	OT	
	<i>Columba passerina</i>	Colombe à queue noire	S	OT	
	<i>Streptopelia decaocto</i>	Tourterelle turque	S	OT	
	<i>Geotrygon montana</i>	Colombe rouviolette	S	OT	✓
Cuculidae	<i>Coccyzus minor</i>	Coulicou manioc	S	OT	✓
Trochilidae	<i>Eulampis holosericeus</i>	Colibri falle-vert	S	OT	✓
	<i>Eulampis jugularis</i>	Colibri madère	S	OT	✓
	<i>Orthorhynchus cristatus</i>	Colibri huppé	S	OT	✓
Apodidae	<i>Cypseloides niger</i>	Martinet sombre	MN	OA	✓
Alcedinidae	<i>Megaceryle alcyon</i>	Martin-pêcheur d'Amérique	MH	OH	✓
Tyrannidae	<i>Tyrannus dominicensis</i>	Tyran gris	S	OT	✓
	<i>Elaenia martinica</i>	Elénie siffleuse	S	OT	✓
	<i>Myiarchus oberi</i>	Tyran janeau	S	OT	✓
Hirundinidae	<i>Progne dominicensis</i>	Hirondelle à ventre blanc	MN	OA	✓
	<i>Hirundo rustica</i>	Hirondelle rustique	M	OA	✓
Mimidae	<i>Alenia fusca</i>	Moqueur grivotte	S	OT	
	<i>Mimus gilvus</i>	Moqueur des savanes	S	OT	✓
Turdidae	<i>Turdus nudigenis</i>	Merle à lunette	S	OT	
Vireonidae	<i>Vireo altiloquus</i>	Viréo à moustache	S	OT	✓
Parulidae	<i>Setophaga petechia</i>	Paruline jaune	S	OT	✓
	<i>Setophaga striata</i>	Paruline rayée	M	OT	✓
	<i>Protonotaria citrea</i>	Paruline orangée	M	OT	✓
Coerebidae	<i>Coereba flaveola</i>	Sucrier à ventre jaune	S	OT	
Icteridae	<i>Quiscalus lugubris</i>	Quiscale merle	S	OT	✓
	<i>Molothrus bonariensis</i>	Vacher luisant	S	OT	
Emberizidae	<i>Tiaris bicolor</i>	Sporophile ceci	S	OT	✓
	<i>Loxigilla noctis</i>	Sporophile rouge-gorge	S	OT	✓
Cardinalidae	<i>Saltator albicollis</i>	Saltator gros-bec	S	OT	✓
Thraupidae	<i>Oryzoborus angolensis</i>	Sporophile curio	S	OT	
Estrildae	<i>Lonchura maja</i>	Capucin à tête blanche	S	OT	
	<i>Lonchura atricapilla</i>	Capucin à tête noire	S	OT	
	<i>Estrilda troglodytes</i>	Astrild ondulé	S	OT	
Ploceidae	<i>Euplectes franciscanus</i>	Euplecte franciscain	S	OT	

Dans chaque groupe taxonomique certains oiseaux sont migrateurs et peuvent être de passage à la Martinique (M), hivernant (MH) ou bien nicheurs (MN) ou encore sédentaires (S). Ces derniers peuvent s'alimenter et/ou y nicher dans les différentes zones.

#### 4.4.2 Approche de la structure et de la répartition des populations d'oiseaux

Trois grands habitats ont été identifiés :

- ❖ La forêt marécageuse du Galion (FM) caractérisée par la présence de mangles médaille
- ❖ La mangrove et les zones boisées (zones A, B, C, D, E) occupées principalement par des palétuviers
- ❖ Le miroir de chasse (improprement appelé étang bois sec), appelé dans cette partie « zone F », qui est une aire artificiellement entretenue pour attirer les limicoles et les canards pour la chasse

La Figure 66 montre qu'il y a des différences d'organisation selon les zones. Quelques espèces sont dominantes au regard de leurs fréquences : le Sucrier à ventre jaune, le Quiscale merle, le Tyran gris, l'Aigrette neigeuse, le Pluvier semipalmé, etc.

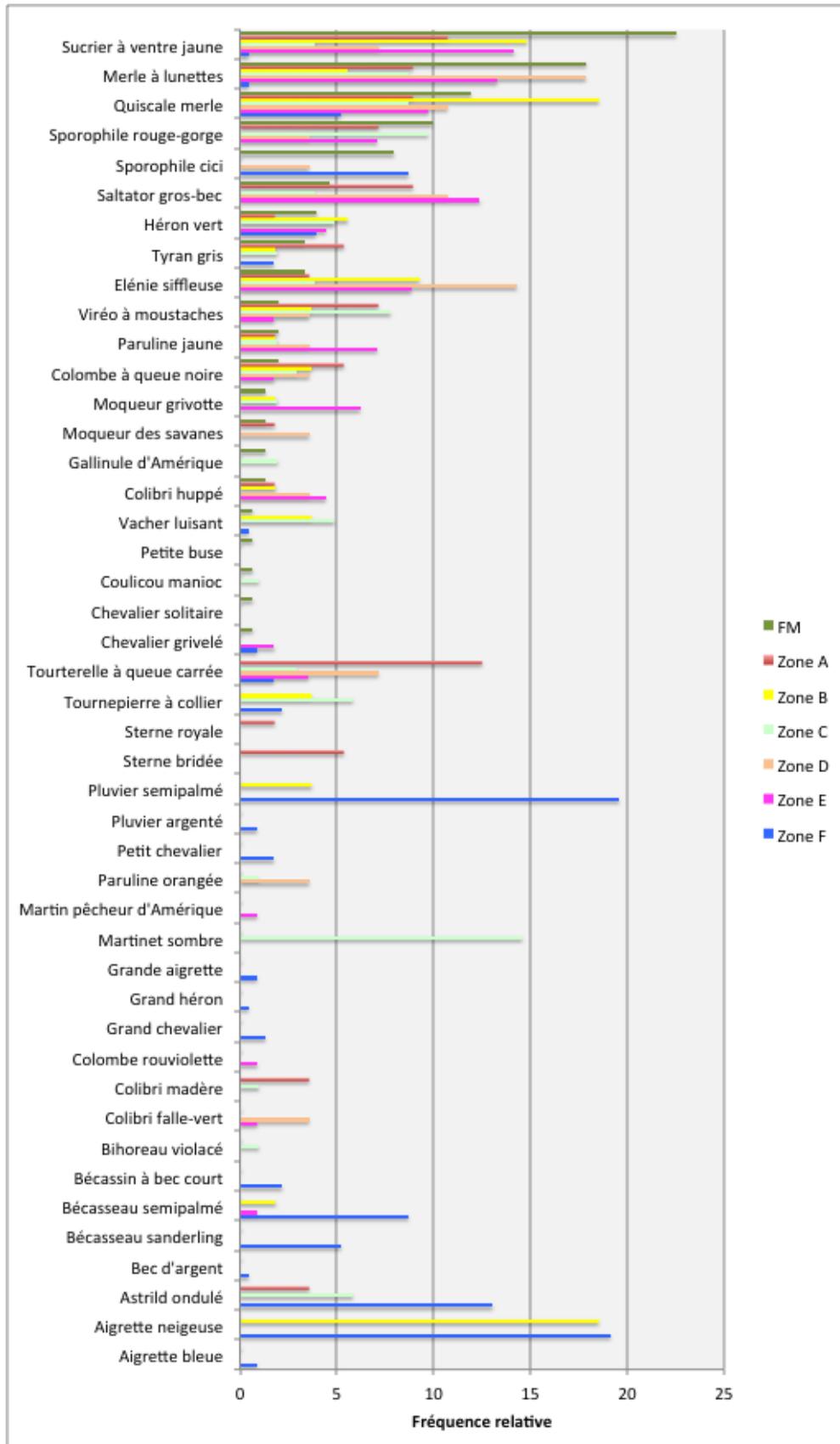


Figure 66 : Approche des structures de population d'oiseaux selon les différents habitats, (BIOS)

Tableau 34 : Matrice d'abondance : répartition de l'avifaune détectée pendant les prospections dans les différentes zones. \* : espèce protégée. Présence détectée : 1 ; présence non détectée : 0. FM : forêt marécageuse, MANG : mangrove

Espèces	Communautés	FM	MANG	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D	Zone E	Zone F
Colibri huppé*	OT	1	1	1	1	0	1	1	0
Colombe à queue noire	OT	1	1	1	1	1	1	1	0
Coulicou manioc	OT	1	1	0	0	1	0	0	0
Elénie siffleuse*	OT	1	1	1	1	1	1	1	0
Merle à lunettes	OT	1	1	1	1	1	1	1	0
Moqueur des savanes*	OT	1	1	1	0	0	1	0	0
Moqueur grivotte	OT	1	1	0	1	1	0	1	0
Paruline jaune*	OT	1	1	1	1	1	1	1	0
Petite buse*	OT	1	1	0	0	0	1	0	0
Quiscale merle*	OT	1	1	1	1	1	1	1	1
Saltator gros-bec*	OT	1	1	1	0	1	1	1	0
Sporophile cici*	OT	1	1	0	0	0	1	0	1
Sporophile rouge-gorge*	OT	1	1	1	0	1	1	1	0
Sucrier à ventre jaune	OT	1	1	1	1	1	1	1	1
Tyran gris*	OT	1	1	1	1	1	0	0	1
Vacher luisant	OT	1	1	0	1	1	0	0	1
Viréo à moustaches*	OT	1	1	1	1	1	1	1	0
Astrild ondulé	OT	0	1	1	0	1	0	0	1
Sporophile Curio	OT	0	1	0	0	0	0	0	1
Colibri falle-vert*	OT	0	1	0	0	0	1	1	0
Colibri madère*	OT	0	1	1	0	1	0	0	0
Colombe rouviolette*	OT	0	1	0	0	0	0	1	0
Paruline orange*	OT	0	1	0	0	1	1	0	0
Tourneperre à collier	OT	0	1	0	1	1	0	0	1
Tourterelle à queue carrée	OT	0	1	1	0	1	1	1	1
Sterne bride*	OM	0	1	1	0	0	0	0	0
Sterne royale*	OM	0	1	1	0	0	0	0	0
Chevalier grivelé*	OH	1	1	0	0	0	0	1	1
Chevalier solitaire*	OH	1	1	0	0	0	0	0	0
Gallinule d'Amérique*	OH	1	1	0	0	1	0	0	0
Héron vert*	OH	1	1	1	1	1	0	1	1
Aigrette bleue*	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Aigrette neigeuse*	OH	0	1	0	1	0	0	0	1
Bécasseau sanderling*	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Bécasseau semipalmé*	OH	0	1	0	1	0	0	1	1
Bécassin à bec court	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Bihoreau violacé*	OH	0	1	0	0	1	0	0	0
Grand chevalier*	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Grand heron*	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Grande aigrette*	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Martin pêcheur d'Amérique*	OH	0	1	0	0	0	0	1	0
Petit chevalier	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Pluvier argenté	OH	0	1	0	0	0	0	0	1
Pluvier semipalmé*	OH	0	1	0	1	0	0	0	1
Martinet sombre	OA	0	1	0	0	1	0	0	0
<b>Richesse spécifique</b>		<b>21</b>	<b>44</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>22</b>
<b>Nb espèces protégées</b>		<b>15</b>	<b>30</b>	<b>13</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>12</b>

Les oiseaux se répartissent selon leurs affinités. Quelques oiseaux terrestres sont présents au niveau du miroir de chasse. Ce sont soit des espèces de milieux ouverts qui fréquentent les vasières exondées ou les digues (Quiscale merle, Tourterelle à queue carrée, etc.), soit des oiseaux qui sont présents en périphérie ou sur les quelques palétuviers de cette zone.

Les captures ont permis d'attraper deux espèces plus forestières : le Tyran janeau (zone C) et la Colombe rouviolette (Zone E).

Le Martin pêcheur migrateur a été observé dans la mangrove de la zone E.

Un classement hiérarchique (construit avec la matrice des abondances relatives : Tableau 34) des différentes zones en fonction des structures de population de l'avifaune permet de regrouper les différentes zones du site (Figure 67).

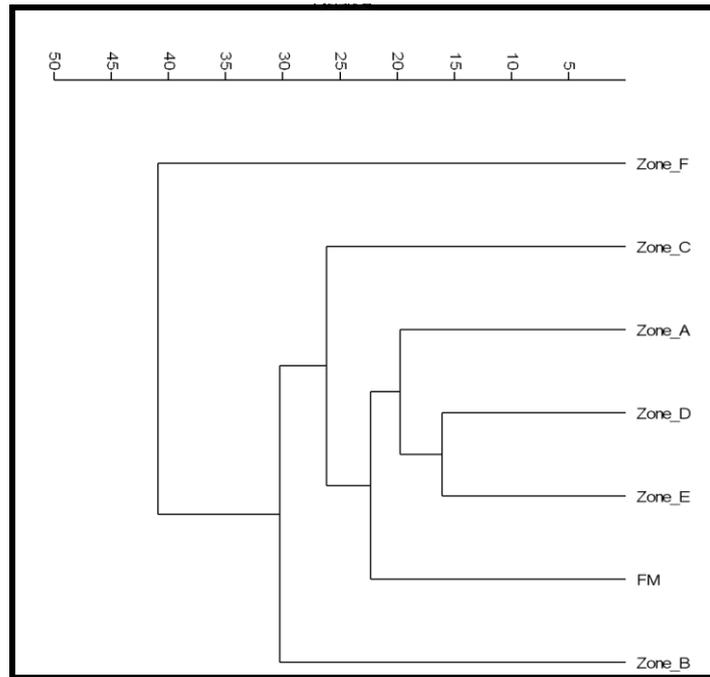


Figure 67 : Groupement hiérarchique des différentes zones à partir de la distance euclidienne. Légende : zones de A à E sont les zones de mangrove définies par le CCTP; zone F = miroir de chasse ; FM = forêt marécageuse, (BIOS)

Le miroir de chasse (zone F) est à l'une des extrémités du dendrogramme. Il est caractérisé par des espèces de milieux humides : limicoles, hérons, etc. A l'autre bout, il y a la zone B, très littorale. Bien que boisée, elle est étroite et subit des contraintes environnementales importantes de la part du milieu marin (vent, salinité) ce qui est peu favorable à l'avifaune terrestre. Il est possible d'y observer aussi des espèces marines comme les *Laridae* (mouettes, sternes). Les zones de mangrove A, D et E sont proches, probablement en raison de l'aspect plus boisé de ces habitats. Leurs compositions avifaunistiques ne sont pas éloignées de celle de la forêt marécageuse (FM). La zone C est transitoire entre le miroir de chasse et ces milieux plus forestiers.

#### 4.4.3 Les autres taxons

Pour les autres classes de vertébrés, peu d'espèces ont été observées lors des prospections :

- ❖ Pour les mammifères terrestres, citons le Manicou ou Opossum commun (*Didelphis marsupialis*).
- ❖ Pour les chiroptères, des *Molossidae* (Molosse commun ou Tadaride du Brésil), le Grand noctilion (*Noctilio leporinus*) sur le miroir de chasse et des *Phyllostomidae* (Fer de lance commun et Brachyphylle des cavernes) au niveau des vergers situés en lisière des zones D et E.
- ❖ Pour les reptiles, citons l'Anolis de la Martinique (*Anolis roquet*) très présent dans les arbres et en sous bois.

#### 4.4.4 Les enjeux patrimoniaux

##### **Les habitats**

###### ◆ **Le cas du miroir de chasse**

Ce milieu artificiel soulève plusieurs contradictions :

- ❖ Il est favorable aux oiseaux des milieux ouverts humides : limicoles, hérons, canards, etc
- ❖ Cet atout sert directement à la chasse ce qui signifie que l'on crée de la biodiversité pour en partie la détruire
- ❖ Naturellement il évoluerait vers un habitat forestier, probablement moins riche en oiseaux mais plus intéressant pour les espèces sédentaires

Aussi la valeur patrimonial de cet habitat est aujourd'hui plus lié à un intérêt anthropique qu'écologique.

###### ◆ **Les zones boisées**

Elles sont les refuges et les aires de nidification des oiseaux sédentaires du site, pour la plupart communs, et de quelques espèces aquatiques comme la Poule d'eau. Relativement riches, les mangroves forment avec les mornes encore boisés une trame forestière encore intéressante, notamment pour des espèces sensibles et territoriales comme le Tyran janeau et la Colombe rouviolette. En association avec les milieux cultivés, ces milieux boisés sont aussi favorables à la Petite buse qui a été contactée. Ils semblent avoir été épargnés en partie par le cyclone Dean et la tempête Chantal, mise à part la forêt marécageuse. Les boisements doivent être considérés comme les milieux sensibles de ce secteur avec un enjeu patrimonial fort et ainsi susciter des mesures de conservation et de restauration.

##### **Les espèces**

La plupart des espèces sont communes et ubiquistes, ou alors relatives aux milieux agricoles ou humides. A l'échelle régionale aucune des espèces observées ne figure sur la liste rouge de l'UICN (toutes les espèces sont LC « Least Concern »). Cependant quelques espèces peuvent être considérées comme d'intérêt patrimonial au vu de leurs sensibilités ou de leurs endémismes.

◆ **Le Tyran janeau (*Myiarchus oberi sclateri*)**

L'espèce est endémique des Petites Antilles et la sous-espèce, *M.o.sclateri*, de Martinique (Clements Checklist 2013). Plutôt forestier, il fréquente la mangrove et niche dans les cavités des arbres. Il est sensible à la disparition des milieux forestiers ou à leur fragmentation.



Figure 68 : Photographie de Tyran janeau (BIOS, G. Leblond)

◆ **La Paruline jaune (*Setophaga petechia ruficapilla*)**

Si l'espèce est présente en Amérique et dans les Caraïbes, cette sous-espèce est endémique de la Martinique. Elle est présente dans les milieux arbustifs et les boisements clairs, notamment la mangrove. Elle est concurrencée par le Vacher luisant.



Figure 69 : Photographie de mâle de Paruline jaune prise sur le Galion (BIOS, G. Leblond)

◆ **La Colombe rouviolette (*Geotrygon montana martinica*)**

Relativement commun, ce colombidé est caractéristique des milieux boisés dont il exploite la litière. Cette sous-espèce est endémique des Petites Antilles.



Figure 70 : Photographie de Colombe rouviolette (K. Hansen, Wikipedia, 2010)

◆ **Le Balbuzard pêcheur (*Pandion haliaetus carolinensis*)**

Ce rapace est un migrateur hivernant présent en Martinique de juillet à avril voire toute l'année lorsqu'il s'agit d'immaturation. Il niche en Amérique du nord. Il est localisé au littoral et aux étendues d'eau. Le Balbuzard pêcheur est très sensible à la bioaccumulation des pesticides et des métaux lourds.



Figure 71 : Photographie de Balbuzard pêcheur (J.F. Magne)

◆ **Le Martin pêcheur d'Amérique (*Megasceryle alcyon*)**

Migrateur hivernant, il exploite le littoral, les cours d'eau et les étendues d'eau. Relativement courant dans ces milieux il est aussi sensible à la bioaccumulation des pesticides et métaux lourds.



Figure 72 : Photographie de Martin pêcheur d'Amérique mâle (BIOS, G. Leblond)

◆ **Le Chevalier solitaire (*Tringa solitaria*)**

Cet oiseau limicole fréquente plutôt les milieux d'eau douce : arrière mangrove et bord de forêt marécageuse. Ses populations sont considérées comme déclinantes (Leblond in Etudes globales des étangs de Saint Martin, Impact mer 2011)



Figure 73 : Photographie de Chevalier solitaire (BIOS, G. Leblond)

## 4.5 Menaces et contraintes sur les forêts humides du Galion

Les milieux récepteurs du Galion sont soumis à différentes contraintes pouvant, à plus ou moins long terme, **affecter la biodiversité, la durabilité des écosystèmes** mais aussi le **cadre de vie** que ces milieux constituent pour les populations riveraines.

De façon générale, les contraintes liées aux activités humaines (élevage, coupes diverses, remblais) freinent la progression écologique naturelle, la maintiennent à un niveau de faible maturité ou induisent une régression écologique. Certains aménagements (la route, le petit complexe commercial) sont également à prendre en compte du fait d'impacts sur les écosystèmes non encore stabilisées aujourd'hui. Certains aspects de ces aménagements comme le rejet des eaux issus des bâtiments alentours (eau de climatisation, autres non définis) sont contraire aux règles précisées dans l'arrêté de protection de biotope (Article 3).

D'une manière globale, les différentes zones de la mangrove du Galion semblent moins sévèrement impactées que la forêt marécageuse du Galion.

### ***La route : principale menace de la durabilité du dernier massif de forêt marécageuse de Martinique***

La route qui traverse la forêt marécageuse du Galion crée une modification majeure du fonctionnement de l'écosystème en perturbant l'écoulement de l'eau, élément matrice de ce type de végétation. Outre la fragmentation écologique entre les deux parties du massif, la route détermine une réduction non négligeable de la surface globale de la forêt. Dans les photographies aériennes, la largeur des houppiers masque la véritable largeur d'emprise de cette route. Cette largeur peut atteindre environ 20 mètres entre les deux bas de talus de l'infrastructure routière.

Cette route constitue également une brèche dans la continuité de la canopée et crée des perturbations aérodynamiques qui participent à fragiliser les houppiers lors de tempêtes.

La contrainte que constitue la route pour le fonctionnement des forêts humides du Galion apparaît comme la contrainte la plus importante de cette étude. Il est urgent de repenser l'ouvrage hydraulique afin de garantir la durabilité de cet ultime massif forestier, patrimoine unique de la biodiversité martiniquaise.

### ***Le morcellement de la trame verte : limite de la biodiversité potentielle du Galion***

Les oiseaux forestiers se déplacent très mal en milieux ouverts. Lorsque la matrice paysagère est constituée essentiellement de cultures et d'habitations, l'absence de corridors boisés empêche des flux réguliers d'espèces forestières et freine considérablement la colonisation de nouveaux sites. D'un point de vue faunistique, une trame verte est composée de massifs sources qui accueillent des populations suffisamment dynamiques pour essaimer, de zones nodales qui correspondent à des habitats remarquables ou évolutifs, dont l'organisation et la surface permettront le développement de populations sources, et de corridors qui sont des structures linéaires arborées plus ou moins larges reliant les zones nodales : ils favorisent la circulation de l'avifaune et donc sa dispersion mais peuvent aussi constituer des habitats sources s'ils sont suffisamment larges. A rajouter à ce dispositif, les éléments relais qui sont de petits massifs ; ils peuvent servir d'escale pour une partie de la faune.

Sur l'aire d'étude, il n'y a pas de massif source à proprement parler qui soit à proximité des boisements du Galion. Ceux-ci semblent être isolés depuis le XVIII<sup>ème</sup> siècle comme l'indique la carte établie par Moreau du Temple. Cet état n'est pas favorable aux espèces forestières sténoèces (spécialistes d'un milieu), mais plutôt à des espèces tolérantes qui sont présentes dans les zones nodales. Ces dernières se distinguent (Figure 74) en 4 massifs boisés :

- ❖ La forêt marécageuse, largement isolée
- ❖ Un premier complexe boisé formé des zones C et D et de 2 reliefs (mornes) en partie boisés
- ❖ Un deuxième complexe boisé constitué de la zone E et de la Pointe Jean-Claude. Il est connecté au premier par une mangrove littorale (flèche orange)
- ❖ Un morne boisé situé au sud de la Pointe Jean-Claude

Les connectivités entre ces différentes zones nodales semblent assez minces, voire discontinues (flèches en pointillé), et donc peu fonctionnelles. Le léger cap de l'estuaire de la rivière du Galion, (en pointillé sur la carte) pourrait constituer une zone relais entre les formations boisées de la Pointe Jean-Claude et la forêt marécageuse, mais l'absence de Tyran janeau dans la forêt marécageuse, alors qu'il est présent en zone C, suggère qu'il n'y a pas de connexion.



Figure 74 : Trame verte existante sur le site (BIOS)

Cependant en restaurant ou en créant des connexions efficaces entre les différents boisements, il sera possible d'obtenir une surface forestière suffisante pour que les populations des espèces comme le Tyran janeau ou la Colombe rouviolette puissent s'exprimer.

**Le miroir de chasse : un espace artificiel**

La création du miroir de chasse dans la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle a engendré la perte de 12 ha de mangrove, soit près de la moitié du secteur d'étude ; depuis 2004 l'étang s'est légèrement refermé et la régénération de *Rhizophora* est importante le long de ses lisières. Cette zone déboisée est attractive pour l'avifaune aquatique des milieux ouverts : les limicoles, les hérons et les canards. Cependant cette augmentation de la biodiversité est contrebalancée par une perte générée en période de chasse créant ainsi un paradoxe : la destruction d'une biodiversité favorisée.

L'étang de chasse provoque deux types de fragmentation :

- ❖ Une fragmentation physique due au déboisement entretenu annuellement. Sans entretien le miroir retournerait à l'état de mangrove en quelques dizaines d'années.
- ❖ Une fragmentation issue de la pratique de la chasse, directement par des prélèvements et la fréquentation du miroir de chasse et, indirectement, par les nuisances sonores qui stressent une partie de l'avifaune environnante et dressent une « barrière » phonique.

Ces fragmentations pourraient être atténuées grâce à une meilleure gestion de l'espace et des pratiques.



Figure 75 : Miroir de chasse et abris de chasseurs (BIOS, Impact Mer)

**Les macros déchets : sources de pollutions impactant la biodiversité et dégradant le cadre de vie**

De nombreux macros déchets ont été observés dans les frontières des forêts humides du Galion. En forêt marécageuse, les macro déchets sont nombreux et l'on ne connaît pas la quantité de déchets divers qui peuvent être invisibles, enfouis dans le substrat vaseux.

La bordure aval nord-est est de très loin la plus polluée par ce type de déchets qui sont retrouvés jusque dans l'intérieur de la forêt. Dans la partie amont, la pollution par les macro déchets est beaucoup moins importante. Cette partie est, en revanche, plus directement en contact avec les résidus des produits agricoles, autre forme de pollution.



Figure 76 : Macro déchets visibles en lisière de forêt marécageuse, à proximité de la ZAC du Bac (BIOS, Impact Mer)

Globalement moins fréquente que dans la partie aval de la forêt marécageuse, la pollution par les macro déchets reste cependant régulièrement observée sur le pourtour de la mangrove.



Figure 77 : Exemples de macro déchets rencontrés le long des lisières de la mangrove du Galion (BIOS, Impact Mer)

### **La fabrication de charbon de bois, responsable de prélèvements sur les milieux**



Figure 78 : Préparation du charbon de bois (BIOS)

Un four à charbon en préparation a été observé (Figure 78) dans la zone C de mangrove. Les bûches sont issues de la coupe très récente d'un pois doux blanc (*Inga laurina* photo à droite) et la photo du milieu montre à côté du tas de bûches un tronc coupé probablement plus d'un mois auparavant. En forêt marécageuse, quelques coupes de tiges diverses ont été observées çà et là, témoignant de prélèvements sur le milieu, mais aucune activité de charbonnage n'a été observée.

En plus de l'impact direct du prélèvement, le charbonnage induit une sélection progressive des essences les plus intéressantes, celles dont les bois sont les plus denses. Ces essences arborées sont précisément les plus importantes sur le plan de la continuation de la dynamique végétale et les plus résistantes par rapport aux cyclones et tempêtes. Au terme d'une exploitation régulière, les boisements perdent leur diversité initiale et deviennent pauvres en édificateurs écosystémiques résistants. A la Martinique, certains mornes de basse altitude majoritairement composés de gommiers rouges (*Bursera simarouba*) montrent le terme de ce processus de sélection : une formation boisée mais peu favorable à une dynamique progressive forte. Outre le manque d'espèces utile à la progression végétale, le sol n'est plus protégé d'un ensoleillement direct pendant la saison sèche lorsque les arbres perdent leurs feuillages condition globalement beaucoup moins favorable à la dynamique végétale qu'un sous-bois fermé

### **Des petites cultures intégrées à l'écosystème et des élevages empêchant la restauration écologique**

Quelques petites aires en bordure de la forêt sont plantées en madères, bananiers ou autres plantes habituellement cultivées dans les lisières de forêts inondées. Ces superficies sont très petites comparativement aux pentes alentour complètement plantées en canne à sucre, mais elles impactent directement la forêt marécageuse car elles sont intégrées dans les lisières.



Figure 79 : Cultures de madères et enclos d'élevage en lisière de forêt marécageuse (BIOS)

D'une manière générale, les boisements d'arrière littoral sont régulièrement utilisés comme pâturages de saison sèche (pâturages de carême) et la zone du Galion n'y fait pas exception. Des enclos pour l'élevage ont été récemment montés sous les *Pterocarpus* dans la frange la moins inondée de la forêt. Cette contrainte est très préoccupante dans la partie amont sud où la richesse de la forêt est particulièrement élevée. Outre le broutage des plantes par les bovins, on peut noter une pédoturbation importante qui empêche toute régénération y compris celle des *Pterocarpus*. Sous cette contrainte, cette partie de la forêt ne peut pas se renouveler et est condamnée à disparaître. A proximité de la mangrove, au niveau de la Pointe Bateau, une petite structure en béton a été aménagée pour l'élevage de porcs (capacité faible : 1 à 3 animaux). Ces pratiques sont incompatibles avec une gestion visant l'amélioration écologique des sites.

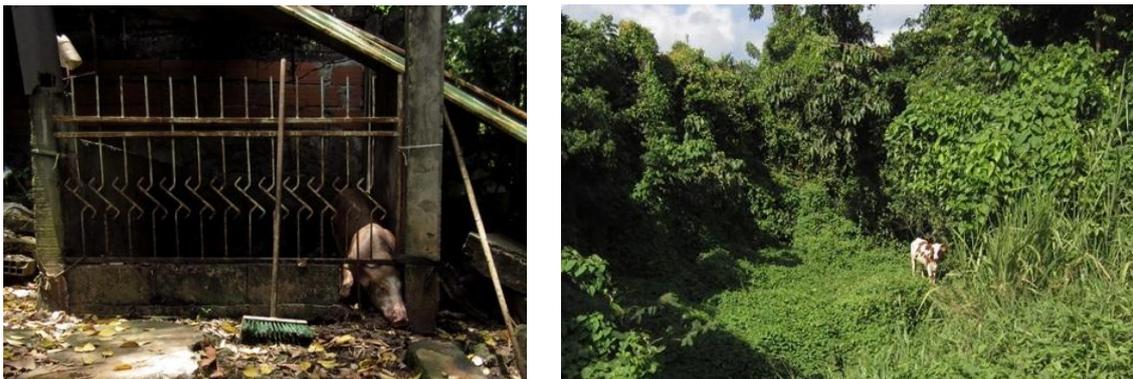


Figure 80 : Petits élevages observés en arrière mangrove (BIOS)

### **Quelques remblais, traces des perturbations passées sur les milieux**

Les petits remblais localisés de terre ou autres matériaux, participent à un effondrement de la qualité et de la résistance de l'interface écologique que représentent les lisières actuelles.



Figure 81 : Remblais de terre (au premier plan) en lisière de forêt marécageuse (BIOS)

### **L'absence d'espèces exotiques envahissantes, cadre favorable à la restauration des milieux**

Que cela soit en forêt marécageuse ou en mangrove, aucune population d'espèces allochtones (ou exotiques) dont l'organisation correspondrait au développement typique d'espèces envahissantes n'a été observée.

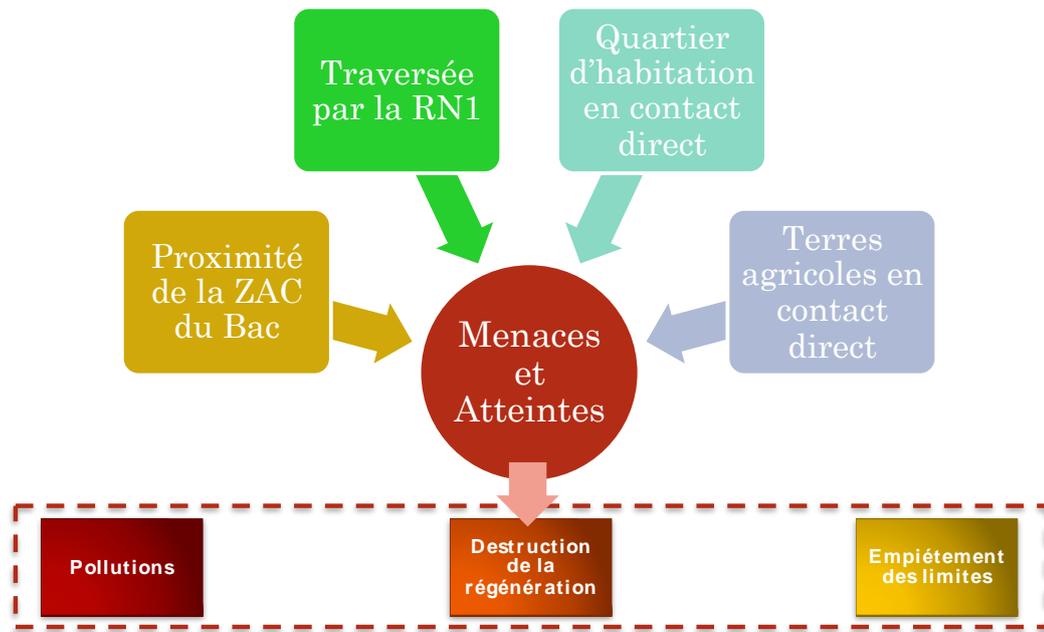


Figure 82 : Schéma synthèse des pressions sur la forêt marécageuse du Galion.

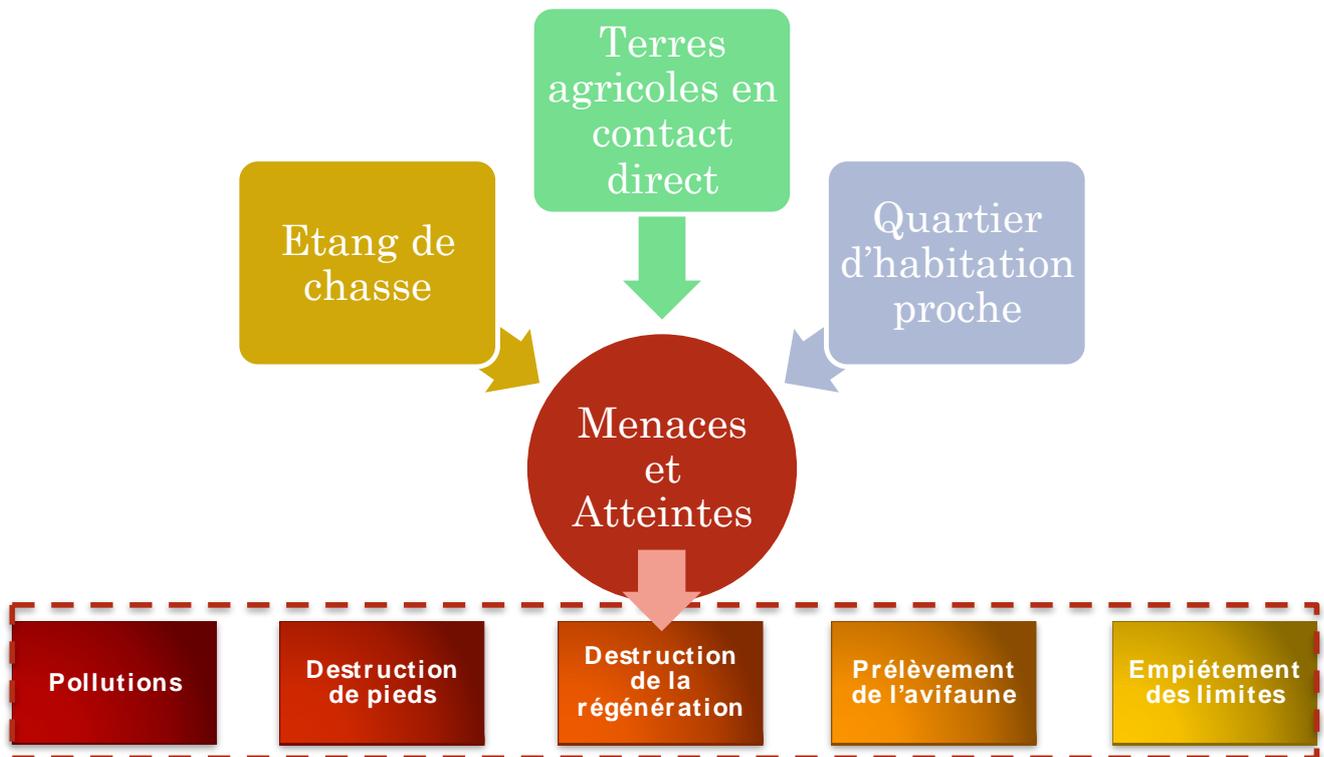


Figure 83 : Schéma synthèse des pressions sur la mangrove du Galion.

## 5 Conclusion du diagnostic de la phase 2

Les forêts humides du Galion se caractérisent par un **fort intérêt patrimonial** et présentent une **grande diversité de faciès de végétation**. Sur une petite surface on retrouve presque la totalité des faciès de forêt côtière inondable des Antilles : forêt marécageuse à *P. officinalis*, mangrove de bord de mer, faciès de mangrove monospécifiques à *R. mangle* arbustif, à *A. germinans* en zone sur-salée, à *L. racemosa* dans la continuité d'écoulements d'eau douce, peuplements plurispécifiques de palétuviers etc. Ces massifs sont connectés avec des petites formations de type forêt sempervirente qui ajoute à la diversité des habitats et compose un embryon de trame verte intéressant. La diversité de ces habitats est particulièrement favorable à l'avifaune avec 61 (45) espèces recensées dont 42 sont protégées par arrêté préfectoral.

L'état des milieux est assez hétérogène. Globalement la forêt marécageuse, est dans une situation beaucoup plus vulnérable que les mangroves de la baie du Galion.

La **forêt marécageuse porte une valeur patrimoniale particulièrement élevée** en tant que vestige de ce type d'écosystème en Martinique. C'est également la seule station de l'île dans laquelle *P. officinalis*, espèce en danger critique d'extinction (UICN, 2013), est retrouvée. On retrouve également une dizaine d'espèces patrimoniales dont une fougère épiphyte en danger d'extinction ainsi qu'une liane décrite comme ayant un statut vulnérable. L'avifaune y est également riche avec plus de 20 espèces d'oiseaux rencontrées.

Malgré cette forte valeur, cet écosystème est soumis à **d'importants facteurs de risques**. Dans la partie amont du massif de forêt marécageuse, la régénération de la forêt est significativement impactée par les modifications hydrologiques dues à la route RN1. La partie aval du massif de forêt marécageuse est quant à elle fortement soumise aux pressions liées à la ZAC du Bac (remblais, déchets).

La forêt marécageuse du Galion peut donc être considérée comme étant une zone **très vulnérable**.

La mangrove de la baie du Galion abrite essentiellement des palétuviers qui, sans être des espèces protégées par arrêté préfectoral, restent des **espèces « à protéger »** au titre de la convention de Carthagène et du Protocole SPAW. Cette mangrove abrite également de nombreuses espèces d'oiseaux dont la plupart sont protégées par arrêté préfectoral. L'étang de chasse porte une dimension paradoxale favorisant l'avifaune (migratrice notamment) par son action de miroir mais ayant un impact négatif direct lié aux prélèvements et dérangement.

Quelques impacts sont observés sur la lisière de la mangrove mais leur ampleur n'est, pour l'instant, pas préoccupante. Les zones à proximité de l'embouchure de la rivière du Galion et de l'étang de chasse ont connu de forts remaniement par le passé ayant dégradé la qualité du milieu et des pollutions continuent d'exercer une pression sur ces milieux.

Même si dans une **situation moins préoccupante** que la forêt marécageuse, les mangroves du Galion sont globalement dans une situation de **vulnérabilité élevée**.

Bien qu'isolées depuis longtemps des autres massifs forestiers, les forêts du Galion abritent plusieurs espèces d'oiseaux liées à la diversité des milieux. En continuité avec des mornes boisés qui abritent une espèce d'arbre protégée par arrêté ministériel, ces boisements pourraient constituer une aire intéressante pour la dynamique des populations de quelques espèces patrimoniales comme le Tyran janneau. Ce potentiel est élimé par la fragmentation importante du secteur qui est à l'origine de l'érosion de la biodiversité.

Plusieurs axes d'intervention nous semblent importants à réaliser pour améliorer la qualité des milieux récepteurs du bassin versant :

- ❖ Favoriser la biodiversité
- ❖ Assurer la durabilité des écosystèmes
- ❖ Améliorer le cadre de vie

Différentes actions sont proposées ci-dessous pour chacun de ces axes d'intervention.

D'une manière générale, assurer la protection des espèces patrimoniales par la restauration de leurs habitats, les forêts humides, milieux récepteurs du bassin versant du Galion, apparaît comme une action phare à entreprendre.

# E. Proposition d'actions et de restauration

## 1 Recommandations

Les recommandations générales proposées s'organisent autour de 4 axes visant à l'amélioration :

- ❖ De la biodiversité
- ❖ De la durabilité des écosystèmes
- ❖ Du cadre de vie
- ❖ Des connaissances sur les écosystèmes

Ces recommandations s'inscrivent dans les volets A (réduction des pollutions et restauration de la qualité des eaux) et B1 (restauration de la gestion physique des milieux aquatiques et protection des espèces piscicoles) du rapport d'analyse pour l'élaboration du contrat de rivière du Galion, phase 1.

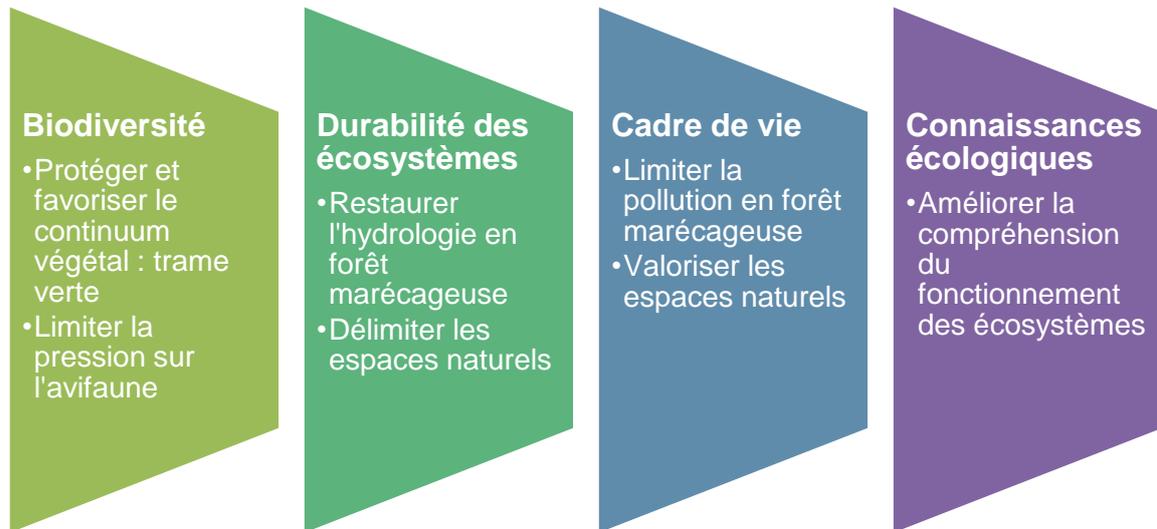


Figure 84 : Axes de recommandation d'action, déclinés en objectifs stratégiques

Les 2 objectifs les plus prioritaires sont de

- ❖ Restaurer l'hydrologie en forêt marécageuse
- ❖ Restaurer le continuum entre les différentes zones forestières : la trame verte

Des fiches actions sont proposées pour chacun des objectifs stratégiques dans les paragraphes ci dessous.

Il s'agira notamment de favoriser la biodiversité en limitant la pression sur une avifaune remarquable d'un point de vue patrimonial, en délimitant clairement les espaces naturels. L'extension d'une zone en APB est également proposée.

Le cadre de vie des populations riveraines peut également doit être améliorer en ramassant les déchets présents et en raisonnant la gestion des déchets et des sources de pollution. Une fois assainis, les espaces naturels du Galion mériteront d'être valorisés.

Enfin, ce secteur d'étude peut être riche d'enseignement en terme d'écologie et sa gestion optimale nécessite encore quelques études complémentaires qui sont proposées.

# Fiche Action n°1 : Restauration de l'hydrologie de la forêt marécageuse du Galion



## AXE PRIORITAIRE :

Durabilité des écosystèmes

## OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Restaurer l'hydrologie en forêt marécageuse

## OBJECTIFS OPÉRATIONNELS :

Repenser la connexion hydrologique entre les parties amont (est) et aval (ouest) du massif du Galion

## PRIORITE DE L'ACTION :

Très urgente, court terme

## Contexte

Les parties est et ouest du massif de la forêt marécageuse du Galion sont séparées par la RN1, la connexion hydrologique ne se faisant que par 2 buses (de 60 cm de diamètre) au nord du massif, sans entretien de prévu. Le niveau d'eau est très important dans la partie amont et limite la régénération naturelle (établissement des plantules) ce qui à long terme menace la pérennité du massif.

## Zone ciblée

Forêt marécageuse

## Type d'action

Etudes, Travaux

## Description

Il s'agit ici d'améliorer et de restaurer la circulation hydrologique entre les deux massifs forestiers. Pour cela, différents types de travaux seront nécessaire.

Il est nécessaire de réaliser un étude hydraulique pour la réalisation d'un nouvel ouvrage afin d'optimiser la connexion hydrologique entre l'amont et l'aval. Par exemple, le remplacement du remblais de la RN1 par un pont, ou par l'installer de deux ponts courts au nord et au sud, ou encore installer des buses supplémentaires, de diamètre plus important, positionnées au sud du massif et au milieu).

En attendant la fin de cette réalisation, il est impératif de réaliser un entretien des buses existantes régulièrement et fréquemment est impératives.

## Résultats attendus

- ❖ Environnemental :
  - Facilitation des écoulements entre les parties amont et aval du massif.
  - Diminution du niveau d'inondation dans la partie amont
  - Augmentation de la régénération de plantules en amont

## Indicateurs d'évaluation

- ❖ Répartition et débit des écoulements entre l'amont et l'aval
- ❖ Suivi du niveau d'eau des deux cotés du massif
- ❖ Suivi de la densité de plantules dans les parties amont et aval.

## Acteur / Porteur

CAP NORD MARTINIQUE, CELRL, Ville de Trinité, PNRM, DEAL, ONF, Région...

## Étapes méthodologiques

1. Entretien des buses existantes pour restaurer la faible connexion hydraulique actuelle
2. Etude du dimensionnement d'un ouvrage hydraulique plus adapté
  - Différents types d'ouvrage seraient à même de restaurer la continuité hydraulique entre les deux parties du massif. Un pont tout le long du segment de la RN1 traversant le massif serait la

meilleure option d'un point de vue hydrologie. La mise en place de 3 x 2 buses réparties régulièrement sur le segment de la RN1 pourrait également constituer une option. Leur diamètre devra être suffisamment important (> 1 m) pour ne pas être bouché trop facilement par les débris végétaux issus de la forêt.



■ Pont

■ Buse de grand diamètre

3. Réalisation de l'ouvrage
4. Suivi des indicateurs

## Action 2 prioritaire: Restauration de la trame verte à l'échelle des forêts humides du Galion

### AXE PRIORITAIRE :

Biodiversité

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Restaurer le continuum végétal entre les différents massifs

### OBJECTIFS OPÉRATIONNELS :

Favoriser la régénération en lisière, planter des arbres, inciter au boisement des terrains privés

### PRIORITE :

Long terme

### Contexte

Les différents massifs forestiers du Galion sont relativement isolés les uns des autres, les corridors écologiques entre n'apparaissant pas comme étant fonctionnels du à leur faible épaisseur, ou aux distances séparant les différents massifs.

### Trame verte objectif

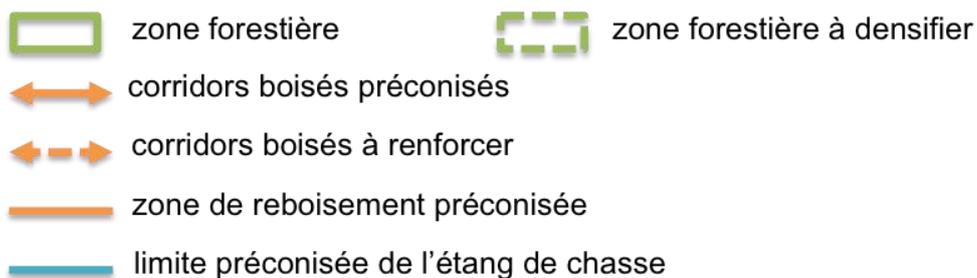


Figure 85 : Objectif de trame verte à atteindre sur le secteur (BIOS)

## Description

Il s'agit ici d'améliorer et de restaurer la trame verte, la continuité végétale, entre les différents massifs forestiers. Pour cela, différentes actions décrites ci après au travers de fiches actions seront nécessaires.

- ❖ Elargir le cordon de mangrove littoral (zone B) et le cordon de mangrove à l'ouest de l'étang de chasse qui relie la zone A aux autres zones de mangrove.
- ❖ Participer à l'épaississement des lisières
- ❖ Densifier la zone A pour en constituer une zone nodale
- ❖ Favoriser les boisements entre la zone A et la forêt marécageuse

## Zone ciblée

Forêt marécageuse et mangrove

## Type d'action

Concertation, plantation, mise en défens

## Résultats attendus

- ❖ Permettre la circulation de la faune entre les différentes parties boisées

## Indicateurs d'évaluation

- ❖ Surface boisée continue

## Acteur / Porteur

CAP NORD MARTINIQUE, PNRM, DEAL, ONF, Région

## Étapes méthodologiques

- ❖ Etude et délimitation des zones à revégétaliser / mettre en défens
- ❖ Réalisation des plantations, enclos de végétation
- ❖ Suivi des indicateurs

## Fiches actions

Quelques fiches présentées ci dessous donne des actions à réaliser pour restaurer la trame verte du secteur d'étude

## Fiche Action n°2 : Gestion aidée des lisières



### AXE PRIORITAIRE :

Biodiversité

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Favoriser le développement du continuum végétal : trame verte

### OBJECTIF OPÉRATIONNEL :

Mise en défens et plantation

### PRIORITE :

Moyen terme

### Contexte

Il s'agit de restaurer, développer et de protéger les lisières terrestres aux abords de la forêt marécageuse et des mangroves situées dans la Baie du Galion. Les lisières sont des écosystèmes de transition dont le rôle fonctionnel est très important. Elles sont la niche écologique de nombreuses espèces et permettent la protection des systèmes qu'elles entourent. Elles pourront servir aussi de trame verte pour relier les différentes zones et ainsi améliorer la circulation de la faune.

### Zone ciblée

Lisières de mangrove, étang de chasse et lisières de forêt marécageuse

### Type d'action

Travaux

### Description

Pour les parties les plus anthropisées (ex. bordures de parcelles agricoles) : plantation d'essences d'arbres adaptée.

Pour les parties les moins anthropisées : mise en défens pour favoriser colonisation naturelle (Régénération Naturelle Assistée).

### Résultats attendus

Favoriser des espaces d'intérêt patrimoniales dans les lisières

Assurer des transitions « douces » entre les zones pour favoriser l'avifaune

Elargir les zones tampons formées par les lisières pour protéger les forêts humides du Galion

### Indicateurs d'évaluation

Nombre de sites restaurés

Taux de couverture de chaque site

Nombre d'espèces

Densité d'individus par espèce

Etat phytosanitaire

### Acteur / porteur

CAP NORD MARTINIQUE, DAF, ONF, CELRL

Ville de Trinité

## Étapes méthodologiques

1. Identification des zones en précisant si le type d'action (mise en défend ou une plantation)
2. Identification des espèces végétales à planter ou à renforcer
3. Action de concertation avec différents acteurs, propriétaires, agriculteur.
4. Prévoir aménagements tel que le déplacement des chemins pour favoriser l'existence de haies entre les parcelles agricoles et les espaces naturels.
5. Etude pour estimation des coûts

## Résultats attendus

### ❖ Environnemental :

- Gain de niche écologique
- Protection des espaces naturels
- Corridor de circulation pour la faune
- Amélioration des écoulements pluviaux

## Financements

Possibilité de financement Europe pour l'entretien de haies et de bosquets sur les parcelles agricoles environnantes (Mesures Agro-Environnementale MAE 214, Linea 1 (1 €/m/an pour une haie) et 2 (17 €/an par arbre)).

## Fiche Action n°3 : Remodeler le miroir de chasse



### AXE PRIORITAIRE :

Biodiversité / Durabilité des écosystèmes

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Protéger le cordon de mangrove et l'étang de chasse

### OBJECTIF OPÉRATIONNEL :

Plantations, mise en défens d'une bordure de l'étang de chasse

### PRIORITE :

Moyen terme

### Contexte

Tel qu'il a été conçu, le miroir de chasse constitue un obstacle à la circulation de la faune terrestre. De plus, la zone de mangrove B est un étroit cordon de palétuviers entre la bordure de l'étang de chasse et le cordon littoral sableux. Des signes manifestes d'érosion du bourrelet littoral ont été observés et à long terme entraîneront une modification hydrologique plus importante dans l'étang de chasse. Un cordon arboré plus large ralentira l'érosion, favorisera des nichages et aura un effet coupe vent au niveau de l'étang. Des actions de remodelages et de replantation d'espèces végétales peuvent alors être envisagées à plusieurs endroits.

#### ❖ Renforcement du cordon littoral :

- Renforcement du boisement de la partie nord-ouest du miroir pour constituer un boisement plus conséquent
- Remodelage de la partie sud-est
- Renforcement de la lisière ouest (voir action FA1) par une haie de palétuvier de 6m de large.

### Zone ciblée

Cordon littoral de la mangrove

### Type d'action

Travaux

### Description

Il s'agit de densifier la végétation déjà existante. Des plantations d'espèces littorales (*Thespesia*, *Conocarpus*, *Cocoloba*, *Mancenillier*) et de la mise en défens peuvent être réalisées sur les parties sableuses. Des plantations de palétuviers ou de la mise en défens pour favoriser la régénération naturelle peuvent être réalisées dans la zone inondée.

### Résultats attendus

Ralentir l'érosion

Favoriser les nichages

Diminuer la vitesse du vent au niveau de l'étang pour favoriser l'avifaune

### Indicateurs d'évaluation

- Suivi de la surface de la canopée (outils pressenti : photo aérienne)
- Etude de la structure et composition de la végétation
- Densité de la régénération naturelle

### Acteur / Porteur :

CAP NORD MARTINIQUE, Association de chasse de Trinité, Fédération de Chasse ONF, CELRL

### Étapes méthodologiques

1. Concertation : association de chasse de la Trinité, Fédération de la Chasse, Association environnementale, CELRL et CAP NORD MARTINIQUE.
2. Définition des zones et réaménagement
3. Sélections des essences à planter

#### 4. Réalisation, plantation, et mise en défens

### Carte du remodelage proposé

La carte qui suit a été pensée afin de redonner une géométrie plus naturelle à l'étang de chasse (éviter les angles droits) tout en permettant un maintien de l'activité de chasse.

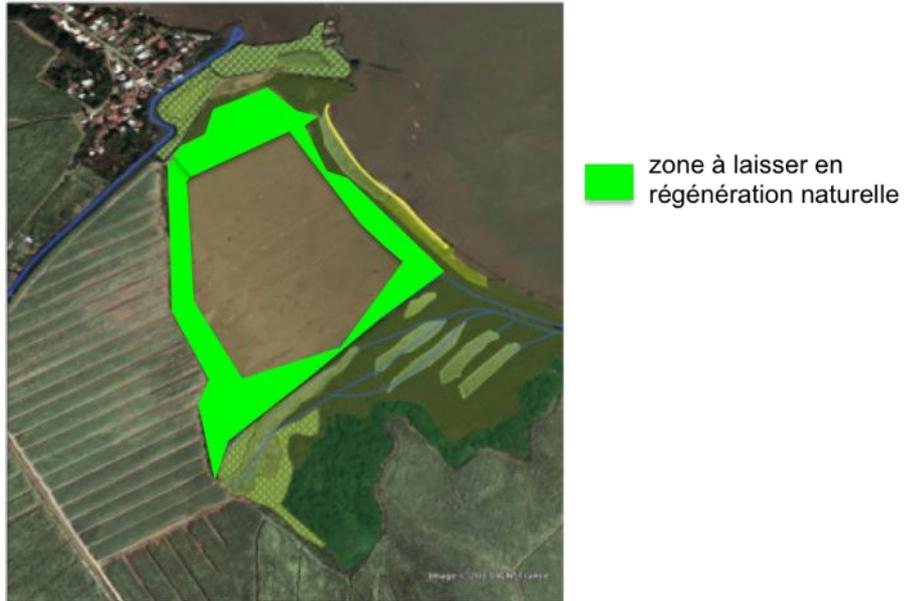
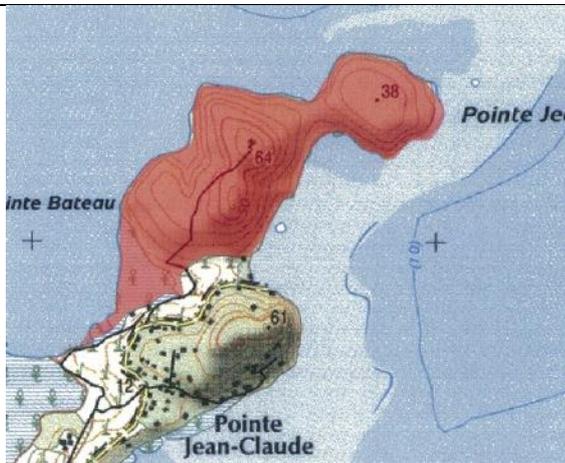


Figure 86 : Zones dans lesquelles favoriser/assister la régénération naturelle de la mangrove (BIOS, Impact Mer)

## Fiche Action n°4 : Proposition d'extension de l'APB de la Pointe Jean-Claude



### AXE PRIORITAIRE :

Biodiversité

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Protéger le continuum d'écosystème entre mangrove et forêt sèche et le volume forestier vital pour les oiseaux forestiers.

### OBJECTIF OPÉRATIONNEL :

Extension de l'arrêté de protection de Biotope.

### PRIORITE :

Moyen terme

### Contexte

Une zone d'APB est déjà existante au niveau de la Pointe Jean-Claude. Cette zone d'APB comprend également une partie de la mangrove (appelée zone E dans l'étude). Il serait intéressant d'étendre cette protection aux zones de mangrove C et D en prenant en compte les lisières. En effet, la présence de l'acomat franc (*Sideroxylon foetidissimum*) qui est une espèce protégée justifie une telle extension de zone APB. L'ensemble (mangrove + morne) offre un habitat varié et est d'une grande richesse pour la faune.

### Zone ciblée

Mangrove

### Type d'action

Extension de l'Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope

### Description

Il s'agit de protéger l'actuelle continuité de la végétation entre la zone de mangrove et un petit morne adjacent. Préserver une continuité entre des écosystèmes variés permet de préserver la richesse biologique du site, notamment l'avifaune.

### Résultats attendus

#### ❖ Environnemental :

- Protection de continuité écologique, protection des espaces naturels, extension d'une aire protégée de type IV (IUCN).

#### ❖ Indicateurs d'évaluation

- ❖ - Suivi de l'évolution de la végétation (photo aérienne, étude terrain)
- ❖ - Suivi de l'avifaune

### Acteur / Porteur :

CAP NORD MARTINIQUE, CA, ONF, Préfecture

### Étapes méthodologiques

1. Solliciter le conseil municipal de la Trinité, les propriétaires, les associations, les services de l'état
2. Demander l'avis de la Commission départementale des sites (protection de la nature), la Chambre d'Agriculture de l'ONF.

## Carte de l'extension proposée pour l'APB de la Pointe Jean Claude

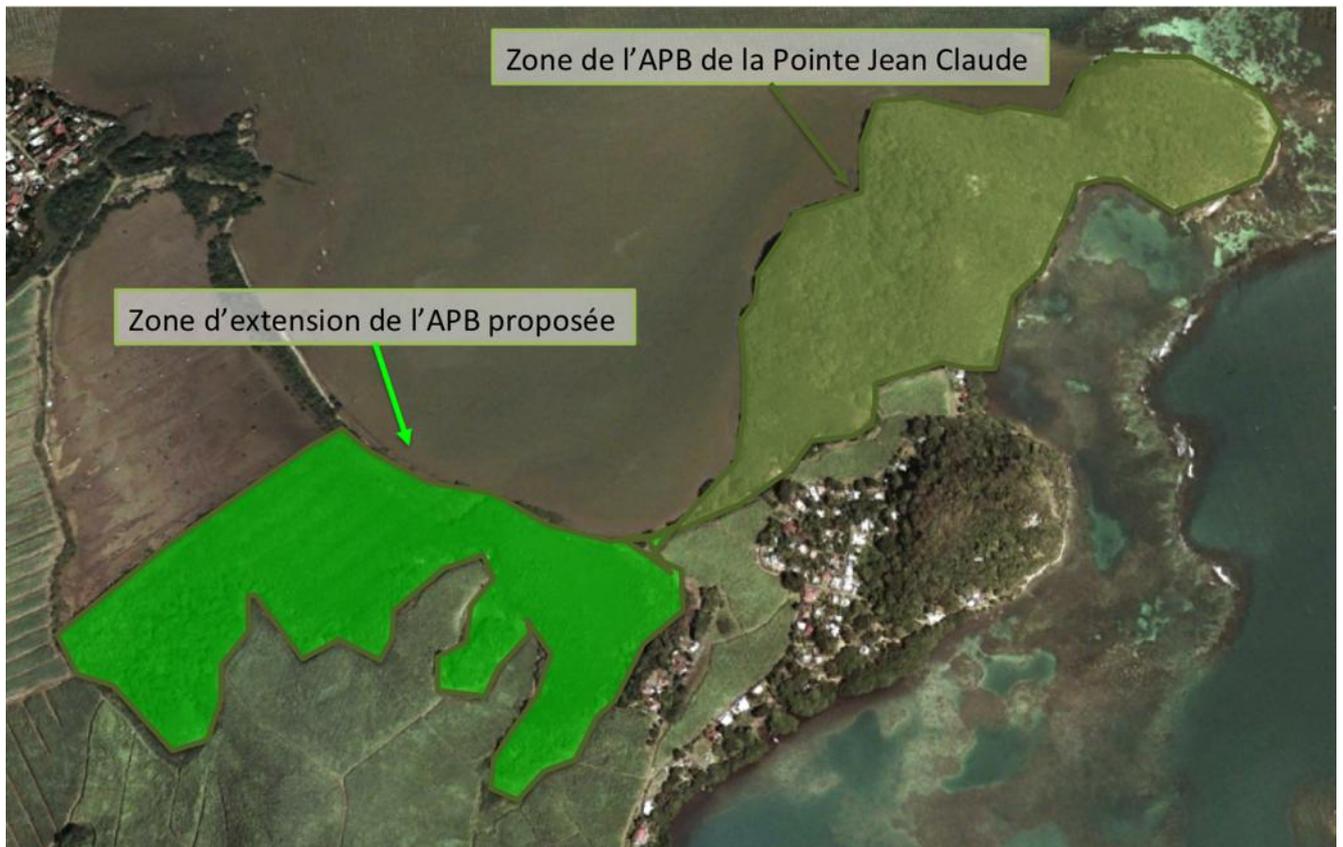


Figure 87 : Carte d'extension proposée pour l'APB de la pointe Jean-Claude

## Fiche Action n°5 : Délimitation des espaces naturels du Galion



### AXE PRIORITAIRE :

Biodiversité / Durabilité des écosystèmes

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Délimiter les espaces naturels du Galion

### OBJECTIF OPÉRATIONNEL :

Matérialiser cette délimitation sur le terrain

### PRIORITE :

Court terme

### Contexte

Les espaces naturels du Galion sont en proches d'espaces d'activité de loisir (chasse), agricole (canne), commerciale (ZAC du Galion), industrielle (usine du Galion). Ces différentes activités impactent directement (défrichage) ou indirectement (déchets, pollution) les espaces naturels du Galion

### Zone ciblée

Forêt marécageuse et mangrove

### Type d'action

Travaux

### Description

Il s'agit de délimiter, soit par une clôture continue, soit par des pancartes d'indication suffisamment proches les uns des autres (piquet ou sur les arbres de la lisière), la limite des espaces naturels du Galion pour informer, les usagers du territoire.

### Résultats attendus

- ❖ Limitation des nuisances : dépôts de déchet sauvage, coupe de bois, remblais...
- ❖ Action qui poserait les bases vers le début d'une information grand public

### Indicateurs d'évaluation

Observation de la diminution des impacts anthropique : dépôts de déchets sauvage, zone de coupe de bois, remblais

### Acteur / Porteur

PNRM, CAP NORD MARTINIQUE, CELRL, ONF

### Étapes méthodologiques

1. Hiérarchiser les zones prioritaires pour la protection
2. Définir le type de délimitation
3. Installer des clôtures et/ou des panneaux d'information

## Fiche Action n°6 : Valorisation des espaces naturels du Galion



### AXE PRIORITAIRE :

Cadre de vie

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Valoriser les espaces naturels du Galion

### OBJECTIFS OPÉRATIONNELS :

Mettre à jour, repositionner et ajouter des panneaux présentant les écosystèmes du Galion - Créer un parcours sportif

### PRIORITE :

Moyen terme

### Contexte

La forêt marécageuse du Galion est la seule représentation de l'écosystème forêt marécageuse à *Pterocarpus officinalis* en Martinique.

Des chemins agricoles ceinturent les espaces naturels du Galion. Se promener sur ces chemins pourrait permettre de découvrir les espaces naturels locaux. Le secteur est légèrement vallonné avec une vue sur la Baie du Galion et la Caravelle et pourrait constituer un cadre favorable à un parcours sportif.

### Zone ciblée :

Forêt marécageuse, mangrove

### Type d'action

Communication - Travaux

### Description

La ZAC du Bac pourrait servir de lieu de communication autour de la forêt marécageuse afin de la valoriser sans la dégrader. *Pterocarpus officinalis* aux contreforts majestueux pourrait être une « mascotte » pour la ZAC du Bac. Des panneaux d'informations détaillant la flore et la faune pourraient être placés en évidence dans la ZAC.

Un parcours sportif/pédagogique pourrait être aménagé entre les parcelles agricoles et la mangrove du Galion

### Acteur / Porteur :

CAP NORD MARTINIQUE, PNRM

### Étapes méthodologiques

1. Concertation auprès des riverains, commerçants et usager de la ZAC pour la valorisation de la forêt marécageuse
2. Concertations avec les propriétaires des chemins agricoles en bordure de mangrove
3. Définition d'une boucle de parcours sportif
4. Installation de panneaux pédagogiques
5. Travaux de mise en place d'installation

### Indicateurs d'évaluation

Taux de satisfactions des usagers et commerçants de la ZAC (enquête), volonté d'adhésion des commerçants de la ZAC à une valorisation de la forêt marécageuse, fréquentation du parcours sportif.

## Fiche Action n°7 : Nettoyage des macros déchets du Galion



### AXE PRIORITAIRE :

Cadre de vie

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Valoriser les espaces naturels du Galion – Limiter la pollution

### OBJECTIFS OPÉRATIONNELS :

Organiser un ramassage annuel des déchets

### PRIORITE :

Court terme

### Contexte

Les forêts côtières inondables du Galion et les mangroves sont à proximité de zones d'activité et de la mer apportant un grand nombre de macro déchets dans ces habitats. Les macros déchets ont un impact négatif sur le paysage et sont sources de pollution pour la faune et la flore

### Zone ciblée :

Forêt marécageuse, mangrove

### Type d'action

Travaux

### Description

Une ou plusieurs journées de ramassage des déchets devra être organisées en impliquant les associations, riverains, les professionnels du secteur du Galion et les jeunes. Ces journées pourraient être intégrées à la Semaine Européenne de la Réduction des Déchets, ou dans le cadre de Journée Régionale des Fonds sous marins, du littoral et des rivières comme c'est le cas en Guadeloupe.

### Résultats attendus

- ❖ Sensibilisation et intérêt accru de la population à leur environnement proche
- ❖ Limitation des pressions sur l'espace naturel

### Indicateurs d'évaluation

- ❖ Nombre de participants à la journée
- ❖ Volume de déchets ramassés.

### Acteur / Porteur :

CAP NORD MARTINIQUE, PNRM, DEAL, IFRECOR, ONF, ODE, Chasseurs, Jeunes

### Étapes méthodologiques

1. Concertation avec les différents acteurs de l'environnement pour l'organisation de la journée
2. Programmation des journées dans l'agenda environnemental 2014 (privilégier la fin de l'année).

## Fiche Action n°8 : Traitement des eaux de ruissellement de la ZAC du Bac



### AXE PRIORITAIRE :

Cadre de vie et durabilité des écosystèmes

### OBJECTIF STRATÉGIQUE :

Limiter la pollution en forêt marécageuse

### OBJECTIFS OPÉRATIONNELS :

Installer une station de d'épuration des eaux de ruissellement de la ZAC avant leur rejet en forêt

### PRIORITE :

Moyen terme

### Contexte

Les eaux de pluies entraînent un ruissellement de la ZAC vers la partie aval de la forêt marécageuse et participe à la pollution des eaux de la forêt marécageuse en entraînant hydrocarbures et métaux lourds. La pratique de la chasse dans l'étang peut également entraîner une pollution liée aux concentrations en métaux. Ces pollutions sont néfastes pour le développement des plantules et pour la faune. De plus, une partie le populations consomme les crabes et les palourdes de mangrove (observation de pièges et de pêche). L'impact de la pollution des eaux peut donc aussi avoir un effet sur la santé.

### Zone ciblée :

Forêt marécageuse et mangrove

### Type d'action

Etudes, travaux

### Description

Réaliser une étude de système d'assainissement des eaux de ruissellement de la ZAC du Bac (installer une centrale adaptée aux contaminants et au volume d'eau, ou mettre en place un système de collecte lié au système d'assainissement de la commune)

### Résultats attendus

- ❖ Environnemental : Diminution de la pollution dans la forêt marécageuse
- ❖ Social/Santé : Amélioration sanitaire des pratiques locales

### Indicateurs d'évaluation

Suivi des pollutions et taux en contaminants avant et après l'installation du système d'assainissement

### Acteur / Porteur :

CAP NORD MARTINIQUE, PNRM, DEAL, ONF, OE, Région, ARS

### Étapes méthodologiques

1. Evaluer la pollution dans les eaux de ruissellement de la ZAC du Bac
2. Réaliser une étude pour dimensionner l'installation (collecte / assainissement)
3. Mettre en place d'installations de traitement des eaux adaptées aux contaminants et au volume d'eau à traiter

## F. Bibliographie

- Aloupi M. and Angelidis M.O., 2001, Normalization to lithium for the assessment of metal contamination on coastal sediment cores from the Aegean Sea, Greece. *Marine Environmental Research*, 52: 1-12.
- Aminot, A., Kérouel, R., 2004. *Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses*. Editions IFREMER, Plouzané (France), 336 p.
- Bertrand, J.A., Abarnou, A., Bocquené, G., Chiffolleau, J.F., Reynal, L. 2009. Diagnostic de la contamination chimique de la faune halieutique des littoraux des Antilles françaises. Ifremer, 123 pp.
- Bricker S. B., Clement C. G., Pirhalla D. E., Orlando S. P., Farrow D. R. G. 1999. National Estuarine Eutrophication Assessment. Effects of Nutrient Enrichment in the Nation's Estuaries. NOAA, National Ocean Service, Special Projects Office and the National Centers for Coastal Ocean Science. Silver Spring, MD., 71 p.
- Chiffolleau, J-F., Auger, D., Averty, B., Bocquené, G., Rozuel, E. 2011. Evaluation des valeurs de fonds géochimiques dans l'eau de mer des 4 métaux de l'état chimique DCE. Cas des Départements d'Outre-Mer. Rapport final. 38pp.
- Claisse, D. 2009. Adaptation de la surveillance chimique pour la DCE conformément à la directive fille 2008/105/CE. Ifremer. 28pp.
- Contrat de rivière du bassin versant de la rivière du Galion. Dossier sommaire, 2007. 89 pp.
- Créocéan, 2013. Suivi des eaux littorales de Martinique (Réseau d'observation – ex RNO) et suivi des sédiments des ports maritimes de Martinique (REPOM). Année 2012. Rapport final pour la DEAL. 91 pp.
- Daniel, A., and Soudant, D. 2010. Evaluation DCE mai 2010. Elément de qualité : nutriments. Ifremer. 99 pp.
- Edberg, S.C., Rice, E.W., Karlin, R.J., and Allen, M.J. (2000) *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology* 88 106S-116S.
- Egis Eau. 2011. Mission d'assistance à maîtrise d'ouvrage pour l'élaboration du Contrat de Rivière du bassin versant du Galion. Rapport d'analyse de phase 1, version finale. Rapport pour CCNM. 162 pp.
- Etat des lieux du district hydrographique de la Martinique, 2005
- Fewtrell, L., Bartram, J. (2001). *Water Quality: Guidelines, Standards and Health*. World Health Organization Water Series IWA Publishing, London, UK.
- Fournet J., 2002. Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique., 2e édition. Montpellier, Cirad et Gondwana Éditions, 2538 p.e édition)
- Gailhard-Rocher, I., Artigas, L.-F., Daniel, A. 2012 : Traitement des données phytoplanctoniques et pigmentaires disponibles dans les DOMs. Analyse complémentaire des nouvelles données acquises et proposition de nouvelles acquisitions et approches complémentaires. Rapport final.
- Gonzalez, J-L., Guyomarch, J., Tapie, N., Budzinski, H. 2013. Projet PEPS Martinique. Evaluation de la contamination chimique des eaux martiniquaises par les techniques d'échantillonnage passif – Application et soutien à la mise en place de la Directive européenne Cadre sur l'Eau. Campagne mai-juillet 2012. Ifremer. Rapport final.
- Heirut, B., and Sandler, A. 2006. Normalization methods for pollutants in marine sediments : review and recommendations for the Mediterranean. IORL Report. UNEP/MAP. 23pp.
- Imbert, D. et G. Leblond, 2003. Diagnostic écologique de la forêt marécageuse du Galion, PNRM, UAG, BIOS.
- Imbert D., Rousteau A., Scherrer P., 2000. Ecology of mangrove growth and recovery in the Lesser Antilles: State of knowledge and basis for restoration projects. *Restoration ecology*, 8(3) 230-236.
- Impact Mer, 2009. Potentiel écologique des mangroves de Martinique : caractérisation morphologique et biologique de la frange littorale. Rapport pour : DIREN Martinique, 77 (+ annexes) pp.
- Impact Mer, Pareto, 2009. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Définition de l'état de référence pour les Masses d'eau de Transition de la Martinique. Années 2007-2008. Rapport final, rapport pour : DIREN Martinique, 154 pp.
- Impact Mer, Pareto, 2010. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des stations des réseaux de référence et de surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2009. Volet Biologie. Rapports de synthèse : réseau de référence. Rapport pour : DIREN Martinique, 166 (annexes incluses).
- Impact Mer et Pareto, 2010. Directive Européenne Cadre sur l'Eau. Suivi des stations des réseaux de référence et de surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2009. Volet biologie. Rapport de synthèse : réseau de surveillance. Rapport pour : DIREN Martinique, 147 (annexes incluses) pp.
- Impact Mer, 2011. Evolution spatiale des mangroves de Martinique depuis 1951. Rapport pour : DEAL Martinique, 55 (+ annexes) pp.

- Impact Mer, Pareto, Equilibre, 2012. Directive cadre sur l'eau : suivi des stations des réseaux de référence et surveillance des masses d'eau côtières et de transition au titre de l'année 2011. - Volet Biologie. Rapport pour : DEAL Martinique, 228 (annexes incluses) pp.
- Impact Mer, Pareto, Equilibre, 2013. Directive Cadre européenne sur l'Eau. Suivi des Stations des Réseaux de Référence et de Surveillance des Masses d'Eau côtières et de transition au titre de l'année 2013. Volet biologie. Rapport de synthèse. Rapport pour : DEAL & ODE Martinique, 122 pp (annexes incluses).
- Lacaze, J.-C., 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales. Éditions Ellipse, Paris, 191 p. Lapointe et al., 1993
- Lapointe, B.E., Littler, M.M., Littler, D.S., 1993. Modification of benthic community structure by natural eutrophication: the Belize barrier reef. In: Richmond, R.H. (Ed.), Proceeding of the 7th International Coral Reef Symposium Vol. 1, 22-27 June 1992, Guam, Micronesia. University of Guam Press, UOG Station: 323-333.
- Legrand, H., 2010. Cartographie des biocénoses benthiques du littoral martiniquais et eutrophisation en zone récifale en relation avec les sources de pression d'origine anthropique. Thèse, Ecole Pratique des Hautes Etudes, 256 p.
- Migeot, J., 2010. Phénologie et variations spatiales de la croissance des peuplements à *Pterocarpus officinalis* Jacq. dans la forêt marécageuse de Guadeloupe (Antilles Françaises). Pointe à Pitre, Université des Antilles et de la Guyane: 261.
- Migeot, J. and D. Imbert, 2012. "Phenology and production of litter in a *Pterocarpus officinalis* (Jacq.) swamp forest of Guadeloupe (Lesser Antilles)." *Aquatic Botany* 101: 18-27.
- Pascal, 2003 : Notions sur les structures et dynamiques des forêts tropicales humides. Revue Forestière Française. LV.
- Pellouin-Grouhel, A. and Romana, A., 2006. Mise en œuvre de la DCE dans les zones littorales : préconisations pour le contrôle de surveillance et éléments pour le contrôle opérationnel. Colloque DCE - Paris, 19 janvier 2006.
- Proctor G.R., 1977, Pteridophyta, In : Flora of the lesser Antilles, R.A; Howard (ed.). Arnold
- Robert, S. 2012. Historique de la contamination des sédiments littoraux des Antilles françaises par la chlrodécone. ChloSed. Rapport final. Ifremer, 93 pp.
- Souchu & Aminot, dans Ménesguen et al., 2001. L'eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France. Rapport Ifremer pour la Commission européenne. 59 pp.
- UICN, 2013. La liste rouge des espèces menacées en France - Premiers résultats pour la Flore vasculaire de Martinique. UICN, Conservatoire botanique de la Martinique, Fédération des Conservatoires Botaniques Nationaux, MNHN, 8 pp.

# Annexes

---

## Annexe 1 : Liste des paramètres analysés dans le sédiment par le laboratoire de Rouen

Paramètres à analyser	Unités	Seuils de quantification	Méthodes d'analyse	Accréditations COFRAC
<b>Paramètres généraux</b>				
Carbone organique	% m/m	0,1	NF ISO 14235	Oui
Azote Kjeldahl	% m/m	0,05	NF ISO 11261	Oui
Phosphore total	mg/kg	100	NF EN ISO 6878 mod	Oui
Hydrocarbures totaux	mg/kg	10	ISO 16703	Oui
Matières sèches (105°C)	% m/m	0,01	NF ISO 11465	Oui
Densité	Rapport		Mesure apparente	
Granulométrie Laser			NF ISO 13320-1	Oui
<b>Métaux</b>				
Aluminium	%	0,005	NF EN ISO 11885	Oui
Arsenic	mg/kg	2	NF EN ISO 11885	Oui
Cadmium	mg/kg	0,1	NF EN ISO 11885	Oui
Chrome	mg/kg	2	NF EN ISO 11885	Oui
Cuivre	mg/kg	3	NF EN ISO 11885	Oui
Etain	mg/kg	0,2	NF EN ISO 15586	
Lithium	mg/kg	10	NF EN ISO 11885	Oui
Mercure	mg/kg	0,02	NF EN ISO 17852	Oui
Nickel	mg/kg	2	NF EN ISO 11885	Oui
Plomb	mg/kg	1	NF EN ISO 11885	Oui
Zinc	mg/kg	5	NF EN ISO 11885	Oui
<b>Polychlorobiphényles</b>				
PCB 28	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
PCB 52	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
PCB 101	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
PCB 118	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
PCB 153	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
PCB 138	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
PCB 180	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
<b>Organoétains</b>				
MBT	µg Sn / kg / sec	2	XP T 90-250 mod.	Oui
DBT	µg Sn / kg / sec	2	XP T 90-250 mod.	Oui
TBT	µg Sn / kg / sec	2	XP T 90-250 mod.	Oui
TPhT	µg Sn / kg / sec	2	XP T 90-250 mod.	
<b>Phtalates</b>				
DEHP ou DOP	µg / kg / sec	100	GC/MS	
<b>Polybromodiphényléthers</b>				
Pentabromodiphényléther	µg / kg / sec	10	GC/MS Cinégative	
octabromodiphényléther	µg / kg / sec	10	GC/MS Cinégative	
<b>Carbamates</b>				
Asulame	µg / kg / sec	25	LC/MS/MS	
Oxamyl	µg / kg / sec	25	LC/MS/MS	

Paramètres à analyser	Unités	Seuils de quantification	Méthodes d'analyse	Accréditations COFRAC
<b>Organochlorés et apparentés</b>				
alpha-HCH	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
béta-HCH	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
gama-HCH	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
delta-HCH	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Hexachlorobenzène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Dicofol	µg / kg / sec	10	XP X 33-012	
Aldrine	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Isodrine	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
DDE op'	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
DDE pp'	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
DDD op'	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
DDD pp'	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Endosulfan alpha	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Dieldrine	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Endrine	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Endosulfan béta	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
DDT op'	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Endosulfan sulfate	µg / kg / sec	5	XP X 33-012	
Endosulfan total	µg / kg / sec	7	XP X 33-012	
DDT pp'	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Chlordécone	µg / kg / sec	50	XP X 33-012	
Chlordécone 5b hydro	µg / kg / sec	50	XP X 33-012	
Métolachlore	µg / kg / sec	10	XP X 33-012	
<b>HAP</b>				
Naphtalène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	
Phénanthrène	µg / kg / sec	5	XP X 33-012	Oui
Anthracène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Fluoranthène	µg / kg / sec	2	XP X 33-012	Oui
Pyrène	µg / kg / sec	2	XP X 33-012	Oui
Benzo(a)anthracène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Chrysène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Benzo(b) fluoranthène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Benzo ( k) fluoranthène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Benzo (a) pyrène	µg / kg / sec	2	XP X 33-012	Oui
Benzo (g,h,i) périlène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	µg / kg / sec	1	XP X 33-012	Oui
<b>Alkylphénols</b>				
Bisphénol A	µg / kg / sec	50	GC/MS	
Pentachlorophénol	µg / kg / sec	10	XP X 33-012	
Nonyphénol	µg / kg / sec	100	GC/MS	
4-tert-octylphénol	µg / kg / sec	10	GC/MS	
4-n-octylphénol	µg / kg / sec	10	GC/MS	
4-para-nonylphénol	µg / kg / sec	100	GC/MS	
4-n-nonylphénol	µg / kg / sec	10	GC/MS	

Paramètres à analyser	Unités	Seuils de quantification	Méthodes d'analyse	Accréditations COFRAC
<b>Pesticides azotés phosphorés et apparentés</b>				
Terbutylazine	µg / kg / sec	20	XP X 33-012	
Amétryne	µg / kg / sec	20	XP X 33-012	
Propiconazole	µg / kg / sec	100	XP X 33-012	
Hexazinone	µg / kg / sec	100	XP X 33-012	
Fenitrothion	µg / kg / sec	20	XP X 33-012	
Ethyl chlorpyrifos	µg / kg / sec	20	XP X 33-012	
Triluraline	µg / kg / sec	50	XP X 33-012	
<b>Autres</b>				
Musc Xylène	µg / kg / sec	100	GC/MS	
SPFO	µg / kg / sec	20	LC/MS/MS	
Quinoxyfène	µg / kg / sec	50	GC/MS	
Thiabendazole	µg / kg	30	Méth. MESTRES	
Bitertanol	µg / kg / sec	100	GC/MS	
Imazalil	µg / kg / sec	100	GC/MS	

## Annexe 2 Couche MangEvol\_2004\_2013

### 1.1 Description générale

◆ **Définition :**

Couche d'information géographique (polygones) présentant une analyse de l'évolution des surfaces de mangrove entre 2004 et 2013.

◆ **Méthode de production :**

Création d'un quadrillage de cellules (10m\*10m) et calcul des changements de surface de mangrove (classe Palétuvier) à l'intérieur de chaque cellule.

### 1.2 Caractéristiques des données sources

◆ **Données source :**

Couches Mang2004 et Mang2013

◆ **Système de projection :**

Ellipsoïde de référence : WGS84

Projection cartographique : UTM zone 20N

### 1.3 Caractéristiques de la couche

◆ **Précision planimétrique :**

±10m

◆ **Echelle de restitution conseillée :**

1/5000ème

◆ **Champs attributaires :**

Nom du champ	Description	Format/Longueur	Exemple
FID	Clef d'identification unique de l'objet	Interne logiciel	« 13 »
Shape*	Géométrie de l'objet	Interne logiciel	« Polygone »
Surf2004	Surface de mangrove (m <sup>2</sup> ) à l'intérieur de la cellule en 2004	Réel simple	« 3.9 »
Area2013	Surface de mangrove (m <sup>2</sup> ) à l'intérieur de la cellule en 2013	Réel simple	« 2.5 »
SurfEvol	Différence arithmétique entre Area2004 et Area2013 en m <sup>2</sup>	Réel simple	« -1.4 »

◆ **Date de référence de la couche :**

2013

◆ **Format de restitution :**

Polygone Shapefile (ArcGIS)

◆ **Producteur de la donnée :**

Romain WALCKER

ECOLAB – Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement -

UMR 5245 CNRS-UPS-INPT

<http://www.ecolab.ups-tlse.fr>

Université Paul Sabatier

Bât. 4R1, Bureau 336

118, route de Narbonne

31062 TOULOUSE CEDEX 9, France

## 1.4 Exemple de la couche

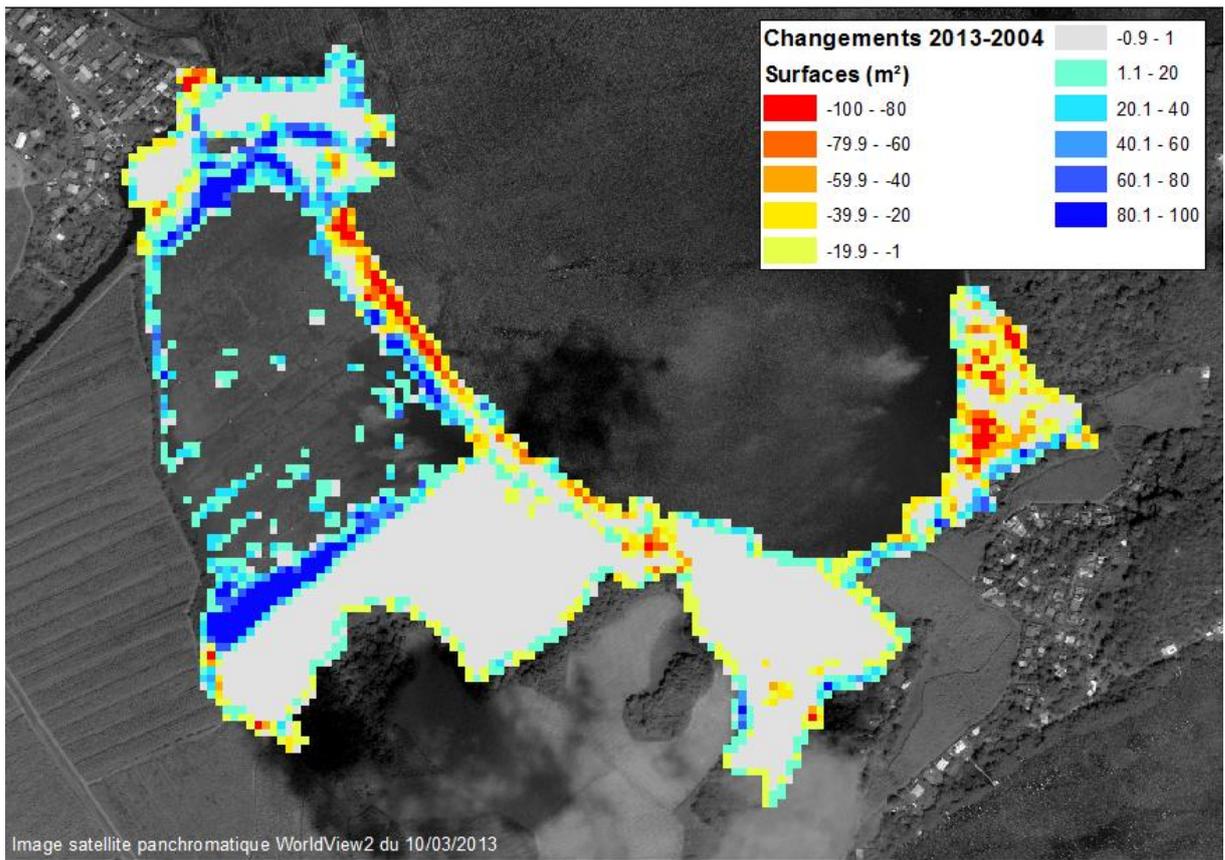


Figure 88 : Couche MangEvol\_2004\_2013

## Annexe 3 Couche MANGROVES 2013

### 1 Description générale

◆ **Définition :**

Couche d'information géographique (polygones) délimitant les surfaces de mangrove à partir de l'interprétation d'une image satellite de 2013.

◆ **Méthode de production :**

Photo-interprétation de l'image satellite WorldView-2 du 10 mars 2013 et digitalisation manuelle interactive. L'interprétation s'appuie sur la couche Mang2004.

### 2 Caractéristiques des données sources

◆ **Données source :**

Image satellite WorldView-2 DIGITALGLOBE© PRODUCT Licence commerciale

◆ **Résolution spectrale :**

Bande 1 : Bleu

Bande 2 : Vert

Bande 3 : Rouge

Bande 4 : Proche Infra Rouge

+ Bande Panchromatique

◆ **Résolution spatiale :**

1 pixel = 1m\*1m (0.5m\*0.5m sur la Bande Panchromatique)

◆ **Niveau de traitement :**

Géoréférencée par le fournisseur des données (MapMart).

◆ **Système de projection :**

Ellipsoïde de référence : WGS84

Projection cartographique : UTM zone 20N

### 3 Caractéristiques de la couche

◆ **Définition physique de l'objet :**

Les surfaces de mangrove ici considérées sont délimitées par le contour des houppiers repérées sur L'image satellite.

◆ **Précision planimétrique :**

≤ 3m

◆ **Echelle de restitution conseillée :**

1/2000ème

◆ **Champs attributaires :**

Nom du champ	Description	Format/Longueur	Exemple
FID	Clef d'identification unique de l'objet	Interne logiciel	« 13 »
Shape*	Géométrie de l'objet	Interne logiciel	« Polygone »
Id_2013	Identifiant	Entier court	« 3 »
Occup2013	Occupation du sol en 2013	Texte	« Palétuvier »
Surface	Surface de l'objet en ha	Réel simple	« 13.1 »

◆ **Date de référence de la couche :**

2013

◆ **Format de restitution :**

Polygone Shapefile (ArcGIS)

◆ **Producteur de la donnée :**

Romain WALCKER

ECOLAB – Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement -

UMR 5245 CNRS-UPS-INPT

<http://www.ecolab.ups-tlse.fr>  
Université Paul Sabatier  
Bât. 4R1, Bureau 336  
118, route de Narbonne  
31062 TOULOUSE CEDEX 9, France

#### 4 Exemple de la couche

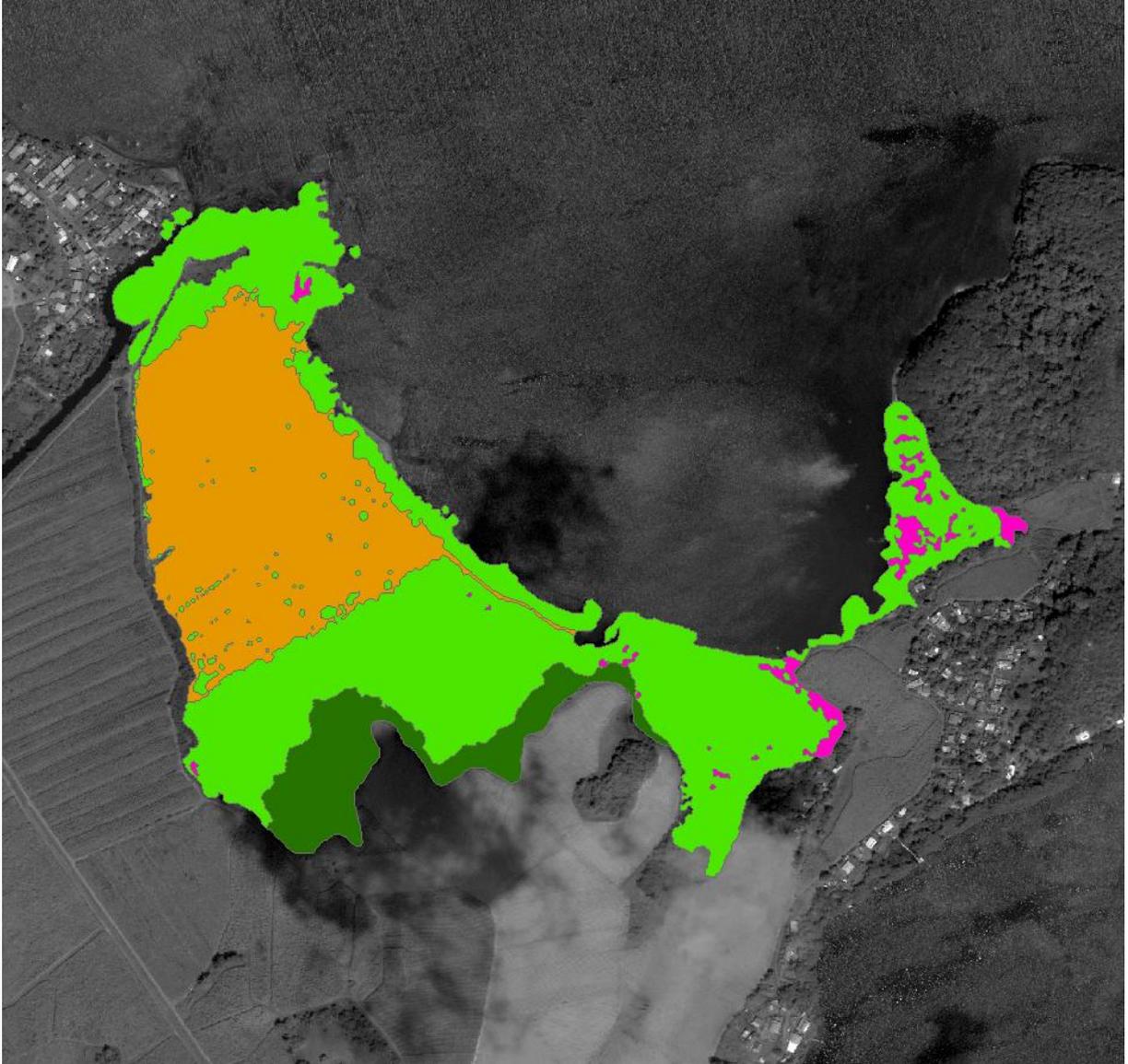


Figure 89 : Couche Mangrove 2013

## Annexe 4 Couche MANGROVES 2004

### 1 Description générale

◆ **Définition :**

Couche d'information géographique (polygones) délimitant les surfaces de mangrove à partir de l'interprétation d'images aériennes verticales.

◆ **Méthode de production :**

Modification manuelle de la couche d'information géographique source fournie par Impact Mer. La couche a été recalée dans un nouveau système de coordonnées. Des modifications de la géométrie ont été menées sur la base de la photo-interprétation de l'ortho-photographie IGN de 2004.

### 2 Caractéristiques des données sources

◆ **Données source :**

Fichier SIG Esri Shape nommé « Impact-Mer\_2011\_Mangrove\_Martinique\_2004\_20110905.shp »

◆ **Système de projection : Fort\_Desaix\_UTM\_20N**

Ellipsoïde de référence : International\_1924

Projection cartographique : UTM 20 N

### 3 Caractéristiques de la couche

◆ **Définition physique de l'objet :**

Les surfaces de mangrove ici considérées sont délimitées par le contour des houpiers repérées sur les l'orthophotographie de l'IGN 2004.

◆ **Système de projection :**

WGS84 UTM 20 N

Ellipsoïde de référence : GRS\_80

Projection cartographique : UTM 20 N

◆ **Précision planimétrique :**

≤ 3m

◆ **Echelle de restitution conseillée :**

1/2000ème

◆ **Champs attributaires :**

Nom du champ	Description	Format/Longueur	Exemple
FID	Clef d'identification unique de l'objet	Interne logiciel	« 1 »
Shape*	Géométrie de l'objet	Interne logiciel	« Polygone »
Id2004	Identifiant	Entier court	« 1 »
Occup2004	Occupation du sol 2004	Texte	« Palétuvier »
Surface2004	Surface de l'objet en ha	Réel Simple	« 20.6 »

◆ **Date de référence de la couche :**

2004

◆ **Format de restitution :**

Polygone Shapefile (ArcGIS)

◆ **Producteur de la donnée :**

Modifications de la couche source faites par :

Romain WALCKER

ECOLAB – Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement -

UMR 5245 CNRS-UPS-INPT

<http://www.ecolab.ups-tlse.fr>

Université Paul Sabatier

Bât. 4R1, Bureau 336

118, route de Narbonne  
31062 TOULOUSE CEDEX 9, France

#### 4 Exemple de la couche

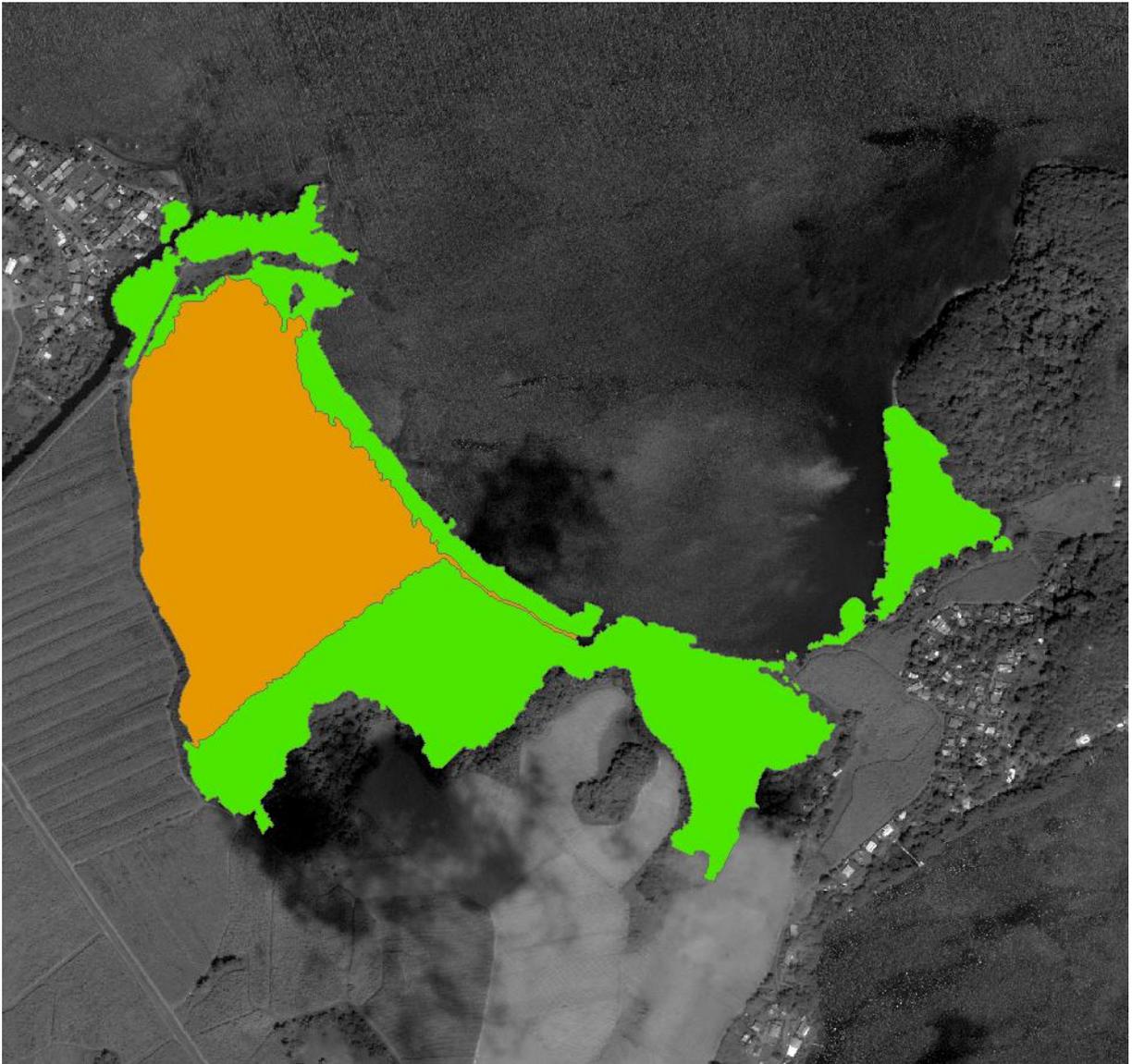


Figure 90 : Couche Mangrove 2004

## Annexe 5 Couche *Pterocarpus*\_1951

### 1 Description générale

◆ **Définition :**

Couche d'information géographique (polygones) délimitant les surfaces de forêt à *Pterocarpus officinalis* à partir de l'interprétation d'images aériennes verticales de 1951.

◆ **Méthode de production :**

Photo-interprétation et digitalisation interactive manuelle. Le mode continu de dessin fut utilisé afin d'avoir 1 nœud tous les 2 mètres.

### 2 Caractéristiques des données sources

◆ **Données source :**

Ortho-photographie BD ORTHO 1951 de l'IGN.

◆ **Système de projection : U20NWGS84**

Ellipsoïde de référence : GRS80

Projection cartographique : UTM 20 N

### 3 Caractéristiques de la couche

◆ **Définition physique de l'objet :**

Les surfaces de forêt ici considérées sont délimitées par le contour des houppiers repérées sur les l'orthophotographie de l'IGN 1951.

◆ **Précision planimétrique :**

≤ 3m

◆ **Echelle de restitution conseillée :**

1/2000ème

◆ **Champs attributaires :**

Nom du champ	Description	Format/Longueur	Exemple
FID	Clef d'identification unique de l'objet	Interne logiciel	« 1 »
Shape*	Géométrie de l'objet	Interne logiciel	« Polygone »
Id	Identifiant	Entier court	« 4 »
Occupation1951	Occupation du sol 1951	Texte	« <i>Pterocarpus</i> »
Surface_ha	Surface de l'objet en ha	Réel Simple	« 16.1 »

◆ **Date de référence de la couche :**

1951

◆ **Format de restitution :**

Polygone Shapefile (ArcGIS)

◆ **Producteur de la donnée :**

Romain WALCKER

ECOLAB – Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement -

UMR 5245 CNRS-UPS-INPT

<http://www.ecolab.ups-tlse.fr>

Université Paul Sabatier

Bât. 4R1, Bureau 336

118, route de Narbonne

31062 TOULOUSE CEDEX 9, France

## 4 Exemple de la couche

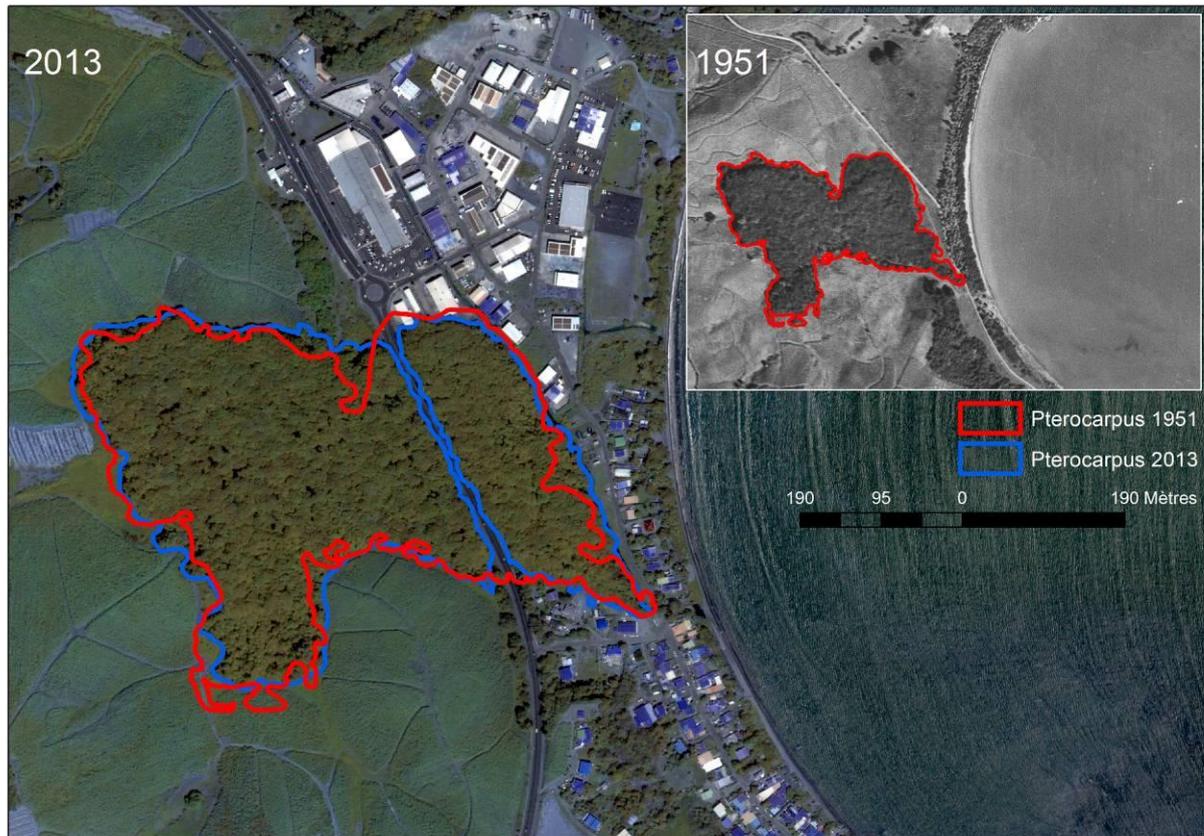


Figure 91 : Couche *Pterocarpus* 1951-2013

## Annexe 6 Couche *Pterocarpus*\_2013

### 1 Description générale

◆ **Définition :**

Couche d'information géographique (polygones) délimitant les surfaces de forêt à *Pterocarpus officinalis* à partir de l'interprétation de l'image satellite de 2013.

◆ **Méthode de production :**

Photo-interprétation et digitalisation interactive manuelle. Le mode continu de dessin fut utilisé afin d'avoir 1 nœud tous les 2 mètres.

### 2 Caractéristiques des données sources

◆ **Données source :**

1. Image satellite WorldView-2 DIGITALGLOBE© PRODUCT Licence commerciale

◆ **Système de projection : U20NWGS84**

Ellipsoïde de référence : GRS80

Projection cartographique : UTM 20 N

### 3 Caractéristiques de la couche

◆ **Définition physique de l'objet :**

Les surfaces de forêt ici considérées sont délimitées par le contour des houppiers repérées sur l'image satellite WW2.

◆ **Précision planimétrique :**

≤ 3m

◆ **Echelle de restitution conseillée :**

1/2000ème

◆ **Champs attributaires :**

Nom du champ	Description	Format/Longueur	Exemple
FID	Clef d'identification unique de l'objet	Interne logiciel	« 1 »
Shape*	Géométrie de l'objet	Interne logiciel	« Polygone »
Id	Identifiant	Entier court	« 4 »
Occupation2013	Occupation du sol 1951	Texte	« <i>Pterocarpus</i> »
Surface_ha	Surface de l'objet en ha	Réel Simple	« 16.6 »

◆ **Date de référence de la couche :**

2013

◆ **Format de restitution :**

Polygone Shapefile (ArcGIS)

◆ **Producteur de la donnée :**

Romain WALCKER

ECOLAB – Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement -

UMR 5245 CNRS-UPS-INPT

<http://www.ecolab.ups-tlse.fr>

Université Paul Sabatier

Bât. 4R1, Bureau 336

118, route de Narbonne

31062 TOULOUSE CEDEX 9, France

## 4 Exemple de la couche

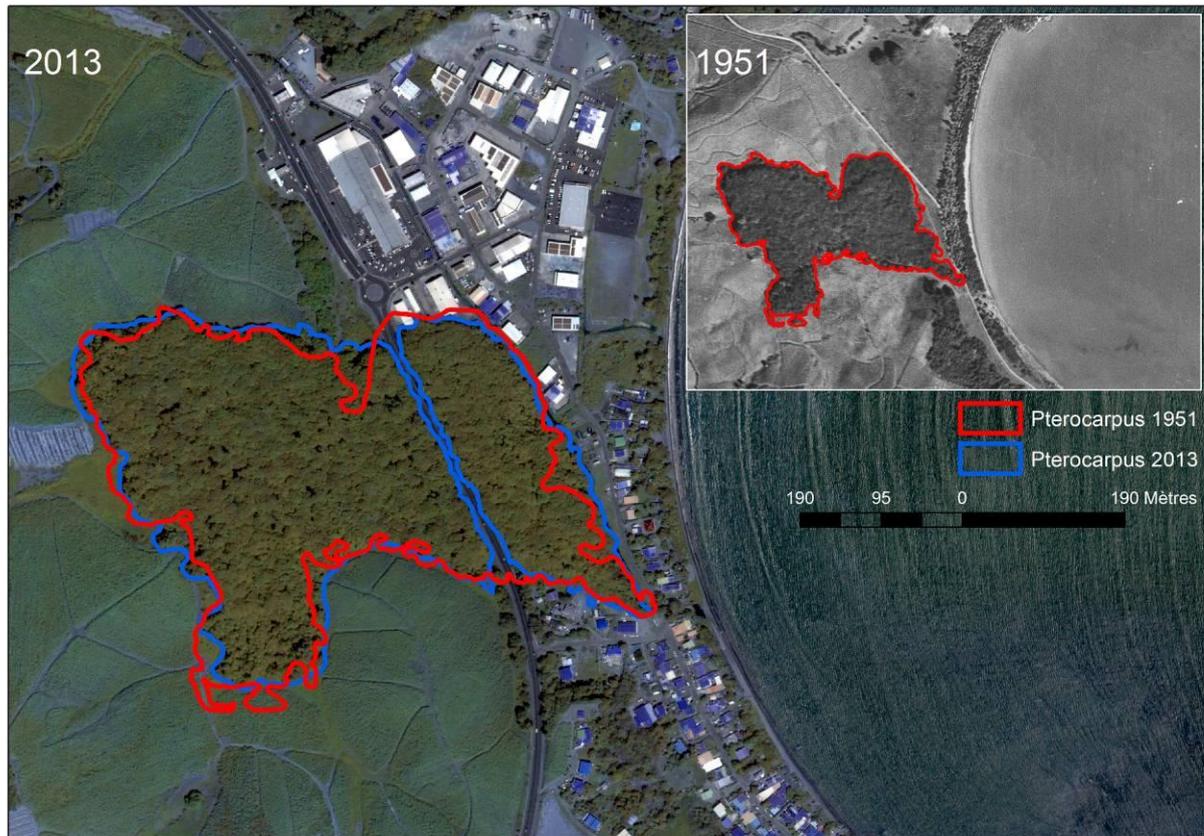


Figure 92 : Couche *Pterocarpus* 1951-2013