



## Rapport technique Cartographie de la mangrove de la baie de Fort-de-France

### Action 5



RT\_Cartomang\_A5  
M. CLADEN, A. BEGUE, D. IMBERT,  
D. GUIRAL, B. DE GAULEJAC  
2011

# SOMMAIRE

1	Contexte de l'étude .....	3
1.1	Présentation de l'Action 5 .....	3
1.2	Les partenaires du projet.....	3
1.3	La zone d'étude.....	4
1.4	Résultats attendus.....	4
2	Les données .....	5
2.1	Synthèse bibliographique.....	5
2.2	Choix des images pour l'étude.....	5
2.2.1	Images SPOT.....	5
2.2.2	Images THRS.....	6
2.3	Autres données disponibles.....	6
2.4	Terrain.....	7
3	Le traitement des données.....	8
3.1	Préparation des données .....	8
3.2	Carte de la végétation ante-Dean.....	9
3.2.1	Classification par pixel .....	9
3.2.2	Classification orientée objet.....	10
3.3	Carte d'impact.....	11
3.3.1	Classification par pixel .....	11
3.4	Carte post-Dean .....	12
3.4.1	Classification par pixel .....	12
4	Résultats cartographiques.....	13
4.1	Carte ante-dean.....	13
4.1.1	Classification par pixel .....	13
4.1.2	Classification par objet.....	14
4.1.3	Croisement des classifications.....	15
4.1.4	Nomenclature de la carte de végétation ante Dean.....	15
4.1.5	Végétation stressée avant le cyclone .....	19
4.2	Carte d'impact.....	20
4.2.1	Classification par pixel .....	20
4.2.2	Nomenclature de la carte des dégâts .....	21
4.3	Carte post-Dean .....	21
4.3.1	Classification par pixel .....	21
4.3.2	Nomenclature de la carte post-Dean .....	22
4.4	Précision des cartes.....	24
4.4.1	Carte ante-Dean .....	25
4.4.2	Carte des dégâts.....	27
4.4.3	Carte post-Dean.....	28
4.5	Calcul d'indicateurs.....	29
4.5.1	Indicateurs de dégâts des faciès .....	29
4.5.2	Indicateurs de changement des faciès.....	30
4.5.3	Synthèse des surfaces des faciès de la mangrove.....	31
	Conclusion.....	33
	Annexes .....	34

# 1 Contexte de l'étude

## 1.1 Présentation de l'Action 5

Cette action s'inscrit dans le cadre du projet Caribsats (2010-2012) et de l'étude préalable au classement de la mangrove de Génipa en réserve naturelle régionale de Martinique.

Milieu naturel remarquable, la mangrove de la baie de Fort-de-France occupait en 2006 une surface d'environ 1100 ha sur un total de 1800 ha de mangrove en Martinique. Cette mangrove est soumise à de nombreuses pressions anthropiques et climatiques dont l'impact sur son fonctionnement et son état est non négligeable. Son classement en réserve naturelle régionale est une étape décisive pour sa préservation. Le 17 août 2007, le cyclone DEAN a fortement frappé cet écosystème fragile.

L'action 5 du projet Caribsats (programmée sur la période 2010-2011) propose dans ce double contexte d'utiliser les images de télédétection pour cartographier l'état de la mangrove (emprise, cartographie des différents types d'habitat, état de santé des peuplements) avant et après le passage du cyclone DEAN. Les résultats viendront compléter l'état des lieux en cours de réalisation par le PNRM (Parc Naturel Régional de la Martinique) et devraient être intégrés à court terme dans un outil de suivi de la restauration de la forêt littorale.

Les îles de l'OECS présentant de nombreuses similitudes avec la Martinique, notamment en termes d'enjeux environnementaux, des retombées régionales de cette étude sont attendues.

## 1.2 Les partenaires du projet

Cette action est coordonnée par Impact-Mer Martinique qui est également impliqué dans le projet de classement de la mangrove de Génipa en réserve naturelle régionale.

- Les autres partenaires sont :
  - ✓ le Parc Naturel Régional de Martinique (PNRM) ;
  - ✓ le CIRAD, UMR TETIS (Territoire Environnement, Télédétection et Information Spatiale) à Montpellier ;
  - ✓ l'Université Antilles Guyane, UR Dynecar (Dynamique des écosystèmes caraïbes) à Pointe-à-Pitre ;
  - ✓ l'IRD, IMEP (Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie) à Marseille ;

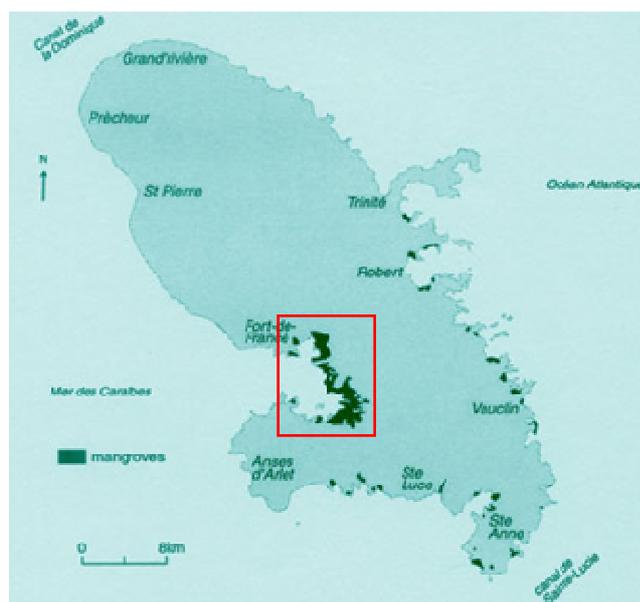
### 1.3 La zone d'étude

- Martinique, côte sous le vent (ouest), Baie de Genipa, comprise entre Fort-de-France, Lamentin, Ducos et Les Trois-Îlets.
- Coordonnées géographiques de la boîte englobante (Figure 1) :

61°02'00" – 60°58'10" Ouest

14°37'30" – 14°31'30" Nord

**Figure 1 : Localisation de la zone d'étude**



- La frange littorale (environ 1 kilomètre), de part et d'autre de l'aéroport de Fort-de-France, est occupée essentiellement par la mangrove.
- Les principales espèces de palétuviers sont arborescentes ou arbustives :
  - ✓ *Rhizophora mangle* (palétuvier rouge)
  - ✓ *Avicennia germinans* (palétuvier noir)
  - ✓ *Laguncularia racemosa* (palétuvier blanc)

### 1.4 Résultats attendus

- Une revue des connaissances et des acteurs de la cartographie des mangroves de la Caraïbe par satellite.
- Une cartographie et une nomenclature de références pour le suivi de la mangrove dans les petites Antilles.
- La réalisation de 2 cartes de végétation de la mangrove de Génipa :
  - ✓ Une carte ante Dean (2006-2007).
  - ✓ Une carte de la végétation en 2010.
- La réalisation d'une carte « impact » liée au cyclone Dean.
- Le développement d'indicateurs du fonctionnement biologique de l'écosystème de mangrove (DCE-masses d'eau de transition).
- Les résultats de cette étude seront valorisés par :
  - ✓ Intégration des cartes dans la base de données du Parc Régional sur l'inventaire des zones humides et rédaction d'un document de prospective sur l'utilisation des images satellitaires pour le suivi de l'état de la mangrove.
  - ✓ Intégration des cartes dans le SIG *Ecosystèmes* qui sera établi dans le cadre du projet Caribsats.
  - ✓ Présentation des outils utilisés, de leurs potentialités et de leurs limites aux gestionnaires du territoire.

## 2 Les données

### 2.1 Synthèse bibliographique

En début de projet un état de l'art sur l'utilisation des images satellites pour la cartographie des mangroves a été réalisé (Impact-Mer, 2010)<sup>1</sup> et déposé sur le site Caribsat. Ce dernier a permis d'orienter la méthode de cartographie et notamment d'identifier les sources d'images utilisables pour la cartographie de la mangrove.

### 2.2 Choix des images pour l'étude

#### 2.2.1 Images SPOT

Dans le cadre des accords entre le projet CARIBSAT et la station SEAS Guyane, il a été possible d'obtenir des images SPOT5 pour le suivi diachronique de la dynamique de la mangrove (Tableau 1). Les images d'archive ante et post Dean ont été choisies en fonction de leur taux d'ennuagement, qui est une contrainte majeure sous les tropiques, et en fonction de la saison pour avoir des phénologies comparables d'une date à l'autre (Figure 2). Pour l'état de la mangrove en 2010 les images ont été prises aux dates les plus proches de l'investigation de terrain (mai). Les images ont été acquises au niveau 1A (pas de correction géométriquement), 2A (images géoréférencée) ou 3 (orthorectifiées).

**Tableau 1 : Liste des images satellitaires acquises dans le cadre de l'Action5 (les images sur fond vert correspondent aux images acquises ante Dean ; celles sur fond neutre sont des images acquises post Dean) :**

Satellite	Date	Mode	Résolution spatiale	Niveau pré-traitement
SPOT5	14 nov. 2006	Multispectral	10 m	1A
		Panchromatique	2,5 m	1A
IKONOS	5 août 2006	Multispectral	4 m	Geo
		Panchromatique	1 m	Geo
SPOT5	29 nov. 2007	Multispectral	10 m	3 (ortho)
		Panchromatique	2,5 m	3 (ortho)
SPOT5	26 mars 2010	Multispectral	10 m	2A
		Panchromatique	2,5 m	2A
SPOT5	31 mars 2010	Multispectral	10 m	2A
		Panchromatique	2,5 m	2A
IKONOS	16 février 2008	Multispectral	4 m	Geo
		Panchromatique	1 m	Geo

<sup>1</sup> Impact Mer, 2010. La cartographie des mangroves de la Caraïbe par satellite - Synthèse bibliographique ; revue des acteurs Programme Interreg , 22 pp.

### 2.2.2 Images THRS

Au vu des besoins thématiques de cette étude, des images à très haute résolution spatiale (THRS) ont été acquises pour essayer d'affiner la discrimination des différentes formations végétales et d'évaluer les potentialités de ce type d'imagerie sur la mangrove (Tableau 1). Ces acquisitions ont été faites dans le cadre du programme PLEIADES-ORFEO du CNES.

- Images d'archives ante et post Dean : seul un couple d'image Quickbird et un couple IKONOS ante et post-DEAN se sont révélés exploitables. Une analyse de ces images en comparant les conditions et les dates d'acquisition ainsi que le positionnement de la couverture nuageuse a orienté les choix vers le couple d'image IKONOS (cf. annexe 1), malgré un décalage dans la saison (une image acquise en saison des pluies, l'autre en saison sèche, Figure 2). Les images ont été commandées avec une correction géométrique standard (Geo).
- La programmation d'une image THRS (image WorldView) a été faite pour 1. la cartographie de la mangrove en 2010, et 2. interpréter et positionner les observations de terrain (mai 2010).

Concernant l'image THRS, en programmation depuis le mois de juin 2010, il n'y a toujours pas eu à ce jour (janvier 2010) d'acquisition correspondant à nos critères de nébulosité.

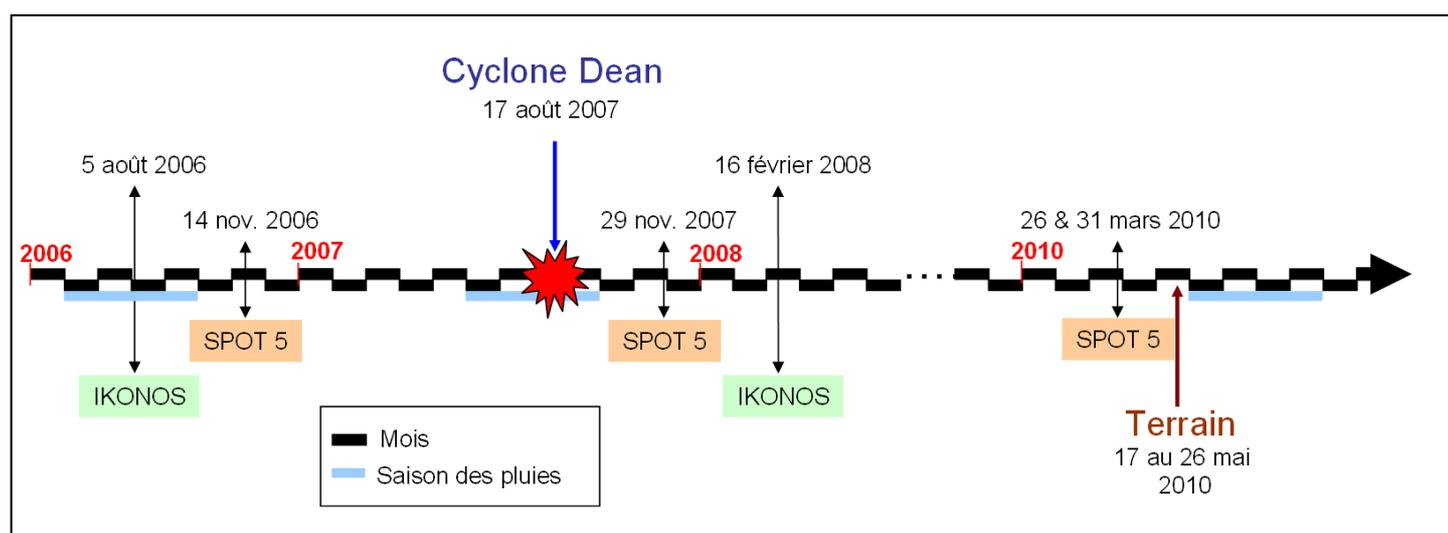


Figure 2 : Chronogramme des images acquises dans le cadre de l'Action 5.

### 2.3 Autres données disponibles

- Carte des sols et des formations végétales inondables de la baie de Fort de France, 1987 (M. Brossard et D. Imbert), papier en format A0.
- BD ORTHO® 2006 à 50 cm.
- Clichés photos post-Dean pris par hélicoptère sur la baie de Génipa, acquisition DIREN, 2007.
- Clichés photos pris par hélicoptère sur la baie de Fort-de-France en février 2011

## 2.4 Terrain

Deux missions de terrain ont été réalisées dans secteur de Génipa, du 17 au 26 mai et du 27 octobre au 7 novembre 2010. Elles ont mobilisé l'ensemble des partenaires de l'action ainsi qu'un agent du Parc Naturel Régional de la Martinique. Cette mission a permis de faire une évaluation de l'état actuel de la mangrove, une estimation de l'impact mécanique du cyclone Dean et de faire une lecture paysagère des faciès ante-Dean avec l'aide des spécialistes de l'UAG. Un ensemble de 190 points GPS (Magellan MobileMapper 6 et Trimble GeoXM) a été obtenu à la suite des observations de terrain. Des stations d'observation ont été choisies en fonction des premiers résultats issus du traitement des images satellitaires. Ces stations géolocalisées sont cataloguées dans un tableau de données disponible sur le site internet du projet Caribsat.

- Les paramètres relevés sur les stations d'observation sont les suivants:
  - ✓ Évaluation de la structure de la végétation ante-Dean :
    - . Evaluation de la hauteur et de la densité de la végétation initiale
    - . Identification taxonomique et appréciation de la dominance des espèces présentes
  - ✓ Estimation de l'impact du cyclone
    - . Estimation visuelle de la réduction de biomasse végétale au moyen d'une échelle à 3 niveaux
    - . Appréciation du type de dommage : arbres vivants/morts cassés, déracinés, peu endommagés
  - ✓ Structure de la végétation post-Dean :
    - . Espèce(s) dominante(s)
    - . Hauteur dominante
    - . Cortège spécifique
    - . Contribution des espèces au peuplement
    - . Taux de recouvrement
    - . Niveau de la nappe par rapport à la surface du sol

*Remarque : La totalité de ces paramètres n'est pas renseigné pour toutes les stations.*

## 3 Le traitement des données

### 3.1 Préparation des données

- Pré-traitements géométriques des images (WGS 84, UTM zone 20 N)

Les images SPOT5 au niveau 1A ont été orthorectifiées (logiciel ERDAS) à l'aide du MNT IGN BD ALTI® à 50 m et de points d'amer pris sur l'ortho-image SPOT5 à 2,5 m de 2007. Les images SPOT5 acquises au niveau 2A n'ont pas nécessité de corrections géométriques car elles se superposent bien à l'ortho-image SPOT5 de 2007 (région sans relief).

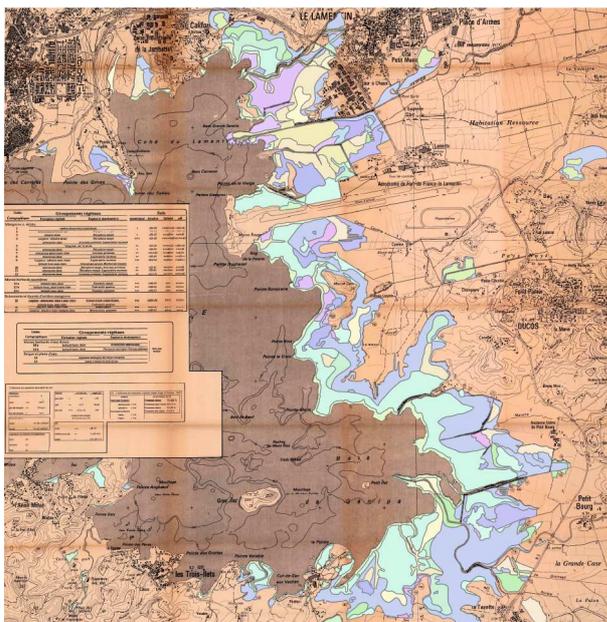
Les images IKONOS ont été acquises en correction géométrique standard (Geo), c'est à dire non orthorectifiées. Ces images ne se superposant pas correctement aux autres images satellites, une correction géométrique avec un polynôme d'ordre deux a été appliquée. Cette correction géométrique sans utilisation d'un MNT est possible car la mangrove s'étend dans un espace dépourvu de relief. Les points de référence pour le calage des images ont été pris sur l'ortho-image SPOT5 à 2,5 m de 2007.

- La fusion de résolution

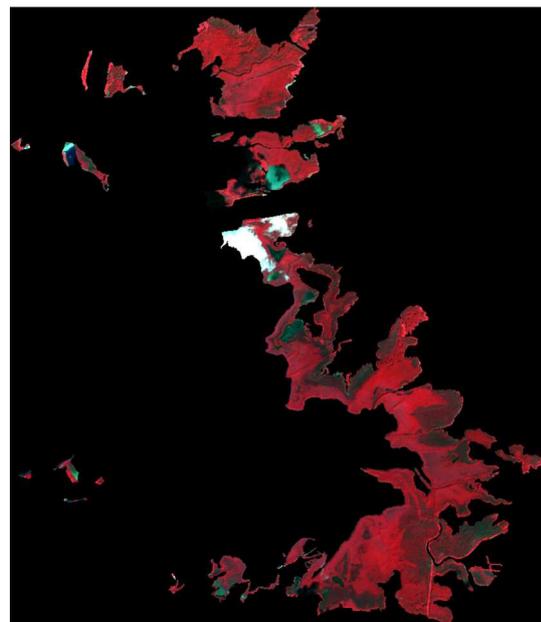
Deux méthodes de fusion de résolution ont été testées sur les images SPOT5 et IKONOS (on rappelle ici que la fusion de résolution consiste à obtenir des images couleur ayant la résolution de l'image panchromatique) : 1. la méthode IHS Resolution Merge d'Erdas et 2. la « fusion panchromatique mou » à partir d'un modèle développé sous Erdas par SPOT. Cette dernière méthode a donné les résultats les plus satisfaisants en matière de conservation de l'information spectrale.

- La numérisation de la carte des sols et des formations végétales

La carte papier (format A0) des sols et des formations végétales inondables de la baie de Fort de France de 1987 a été numérisée puis géoréférencée. Les formations végétales ont été digitalisées à partir de cette carte (Figure 3). Les évolutions depuis 1987, telles que les limites de la mangrove, ont été définies par photo-interprétation assisté par ordinateur (ArcGis) à partir de la BD ORTHO® de 2004. Toutes les images ont été découpées suivant ces limites afin de ne garder que l'information spectrale de la mangrove (Figure 4).



**Figure 3 : Digitalisation des formations végétales à partir de la carte numérisée de 1987**



**Figure 4 : Masque de l'image SPOT 5**

### 3.2 Carte de la végétation ante-Dean

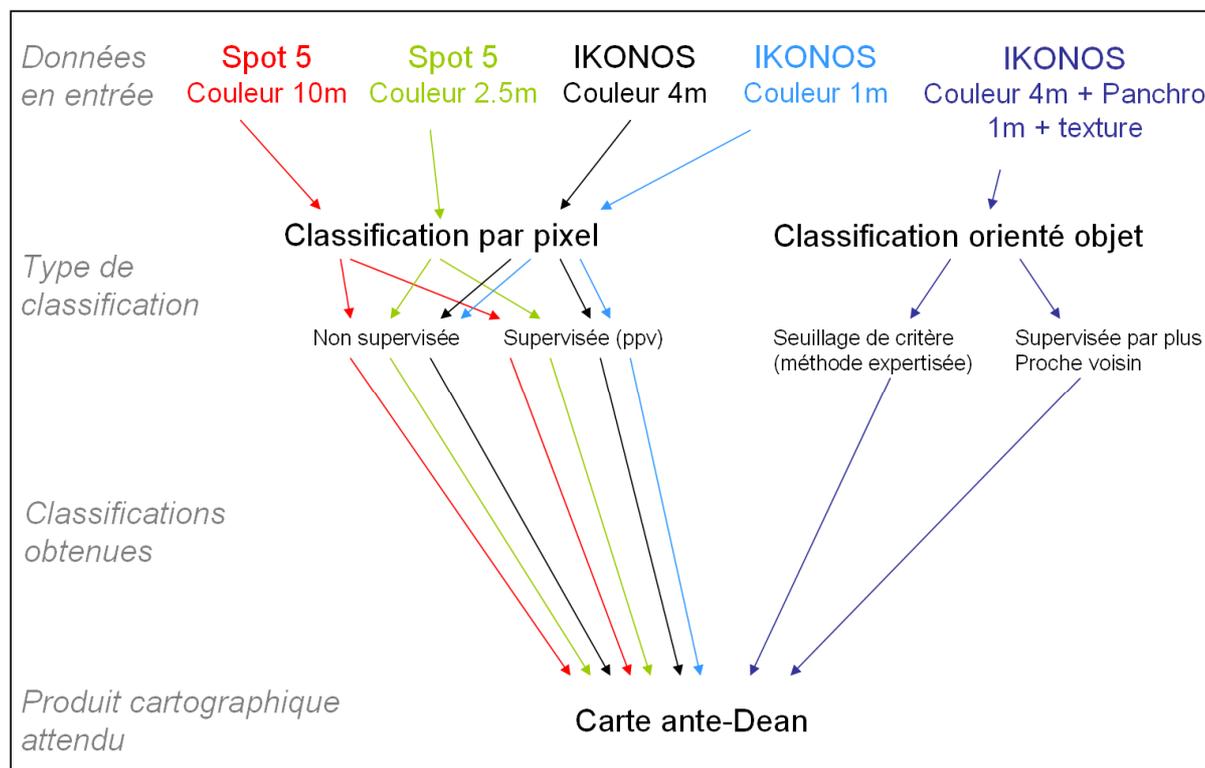


Figure 5 : Graphe de synthèse présentant l'ensemble des traitements testés pour l'obtention de la carte de végétation ante-Dean.

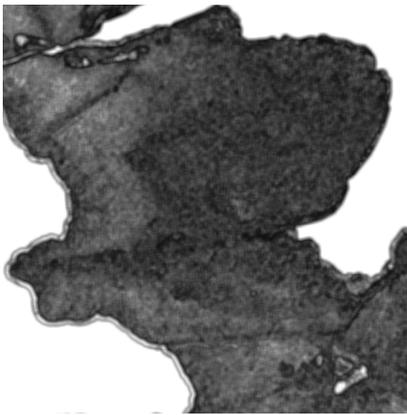
#### 3.2.1 Classification par pixel

-Image SPOT 5 du 14 novembre 2006

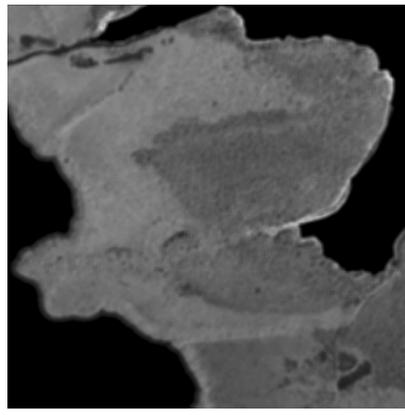
Des classifications supervisées ont été réalisées sur les données SPOT 5 sur l'image couleur à 10 m et l'image fusionnée à 2.5 m. Des zones d'apprentissage (de 10 à 15 échantillons par classification) ont été prises en fonction des faciès de la carte de végétation de 1987, des observations de terrain et des variations de couleurs observées sur les images

-Image IKONOS du 5 août 2006

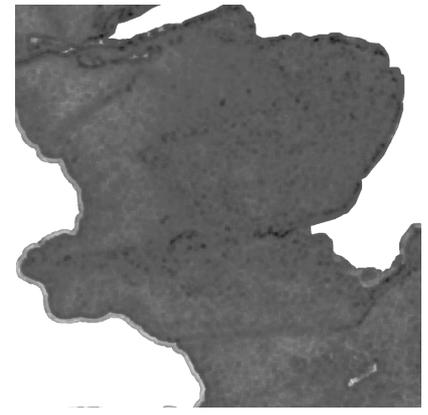
De la même manière des classifications supervisées ont été faites sur l'image couleur IKONOS à 4 m. Des textures ont été calculées (Envi 4.7) avec différentes tailles de fenêtre sur l'image panchromatique d'IKONOS à 1 m. En effet les indices de textures (occurrence ou cooccurrence) peuvent faire ressortir une structure particulière correspondant à un peuplement végétal de mangrove. Sur le secteur de Génipa la mangrove se caractérise par un peuplement de type arbustif et un peuplement de type arborescent. De cette manière différents indices de texture (moyenne, variance, écart-type, second moment...) avec des taille de fenêtre allant de 3\*3 à 15\*15 ont été calculés sur des portions d'images. A la visualisation, trois indices ont semblé particulièrement pertinents pour faire ressortir la structure arbustive et arborescente (exemples en Figure 6): variance (15\*15), second moment (15\*15) et corrélation (15\*15).



Second moment 15\*15



Moyenne 15\*15



Corrélacion 15\*15

**Figures 6 : Extraits d'images d'indice de texture calculées avec un filtre 15x15 sur l'image panchromatique IKONOS.**

Ces trois indices de texture ont été compilés à l'image couleur à 4 m pour les classifications ultérieures.

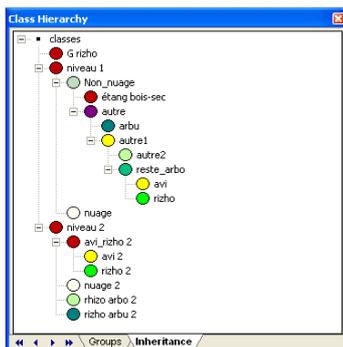
### 3.2.2 Classification orientée objet

-Image IKONOS du 5 août 2006

La classification orientée objet a été réalisée avec le logiciel eCognition Developer de Definiens. L'approche par la méthode dite expertisée utilisant les fonctions d'appartenance a été testée. Une première étape consiste à segmenter l'image suivant un niveau de segmentation (taille des segments) en ayant la possibilité de mettre un poids plus ou moins important sur la forme ou la radiométrie des objets que l'on veut faire ressortir.

Un projet eCognition a été créé combinant les 4 images multispectrales, l'image panchromatique et les trois images d'indices de texture (variance 15\*15, second moment 15\*15 et corrélation 15\*15). Deux niveaux de segmentation ont été réalisés (Figure 7) :

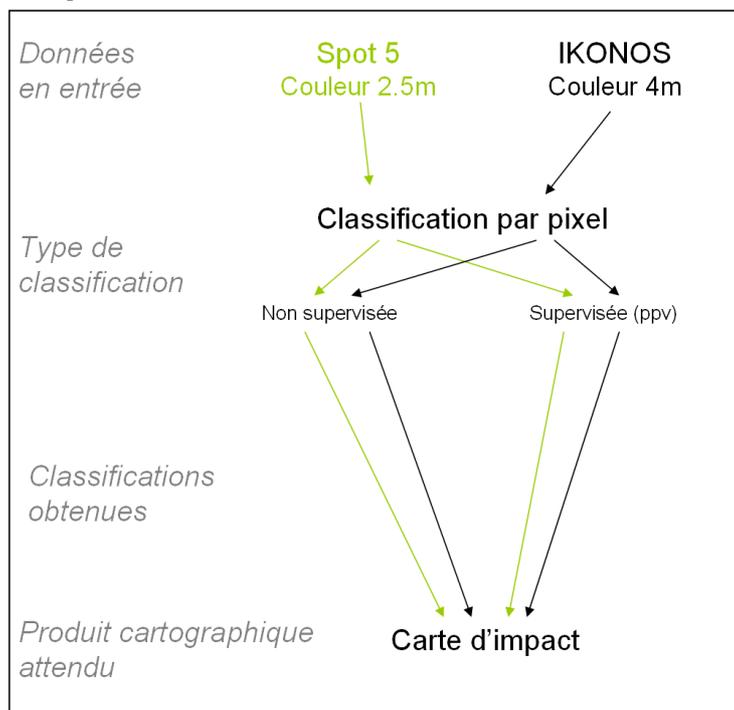
1. Un premier niveau de segmentation assez grossier combinant les canaux de la couleur, du mode panchromatique et les textures avec des poids respectifs de 1, 2 et 0.5. Ce niveau a été utilisé afin de faire une classe de végétation arbustive et une autre classe de végétation arborescente. La séparation entre ces deux classes se fait à partir de seuillages réalisés sur des critères radiométriques, de forme, de voisinage et d'indices combinant différents canaux. Ici ce sont principalement des seuillages sur les indices de texture qui ont permis de créer ces deux classes.
2. A l'aide de l'option « class related feature » il est possible de récupérer la classe d'un niveau donnée pour lui appliquer de nouveaux traitements. Cette opération a été réalisée sur la classe de végétation arborescente sur laquelle un niveau de segmentation plus fin a été appliqué. De nouveaux seuillages ont été appliqués sur cette classe de manière à faire ressortir des sous-classes de végétation arborescentes (Figure 7).



**Figure 7 : Classification hiérarchisée sur eCognition utilisant différents niveaux de segmentation**

En vu d'une comparaison avec la méthode expertisée, la classe de végétation arborescente récupérée du niveau 1 a aussi été classée de façon supervisée par la méthode dite « du plus proche voisin ». Les parcelles d'entraînement sont alors des segments. Cette phase d'entraînement est rapide ce qui permet d'affiner rapidement le choix des parcelles d'entraînement.

### 3.3 Carte d'impact



**Figure 8 : Graphe de synthèse présentant l'ensemble des traitements testés pour l'obtention de la carte d'impact.**

#### 3.3.1 Classification par pixel

L'image IKONOS présente l'avantage de ne comporter aucun nuage. Toutefois une petite partie sud de la mangrove n'est pas sur la scène. Sur les 55 points GPS pris sur le terrain, l'évaluation de l'impact mécanique a été faite de manière qualitative sur une échelle allant de 0 à 3 (0 : nul ,1 : faible, 2 : moyen, 3 : fort).

- A partir de ces données de terrain, les quatre niveaux d'impact ont été classés de manière supervisée sur l'image IKONOS couleur et SPOT 5 couleur 2,5 m.
- Une classification non supervisée avec 10 classes rassemblées en 4 classes de niveau d'impact à partir des données de terrain a aussi été réalisée.

En plus des données de terrain, des photographies prises par hélicoptère après le cyclone permettent d'évaluer les classifications.

## **3.4 Carte post-Dean**

### **3.4.1 Classification par pixel**

-Image SPOT 26 mars 2010

Des classifications supervisées et non supervisée ont été réalisées sur les données SPOT 5 sur l'image couleur à 10 m et l'image fusionnée à 2.5 m. Des zones d'apprentissage (de 10 à 15 échantillons par classification) ont été prises en fonction des observations de terrain et des variations de couleurs observées sur les images.

La carte post-Dean a été effectuée à partir de l'image SPOT du 26 mars 2010 à 10 m. Il faut préciser qu'à ce niveau les données SPOT 5 du 26 et 31 mars 2006 sont les seules identifiées à ce jour pour la cartographie de l'état actuel de la mangrove, elles présentent toutes deux une très forte saturation du signal dans la bande Proche Infrarouge. La donnée SPOT 5 du 26 mars a été retenue car elle comporte la couverture nuageuse la moins importante. Cette saturation, totale pour les zones de végétation, a conduit à n'utiliser que les trois bandes - Vert, Rouge et Moyen Infrarouge - pour la classification. Dans ces conditions, les classifications supervisées ne donnant pas de résultat satisfaisant une classification non supervisée avec un nombre de 30 classes, pour forcer l'image à discriminer le maximum d'information, rassemblées de manière expertisé a donné le meilleur résultat.

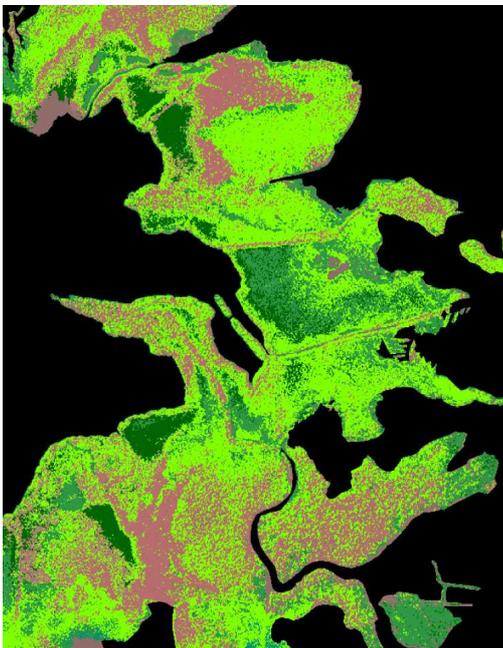
## 4 Résultats cartographiques

### 4.1 Carte ante-dean

#### 4.1.1 Classification par pixel

-Image IKONOS du 5 août 2006

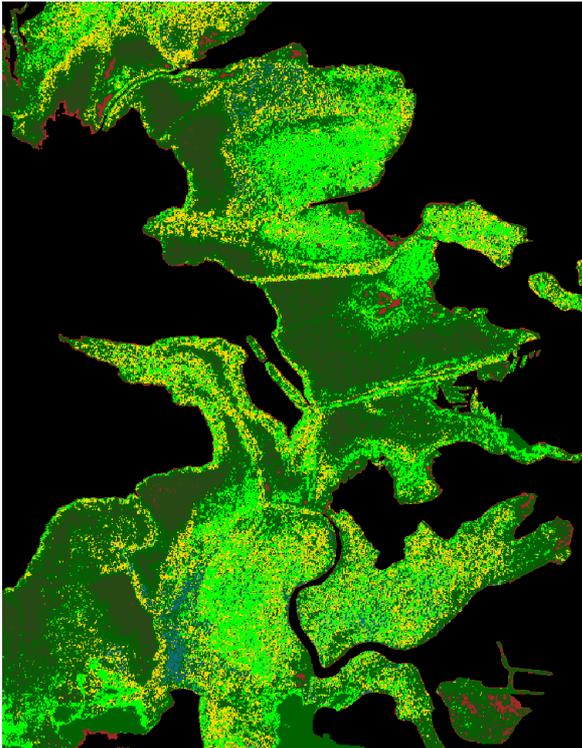
A partir de l'image couleur d'IKONOS à 4 m il a été possible d'échantillonner 7 classes de mangrove. Au-delà de 7 classes, la confusion entre classes est trop importante. La classification supervisée ainsi réalisée a un aspect très pixélisé (Figure 9). Seules les classes pouvant correspondre à des *Rhizophora arbustifs* sont suffisamment homogènes mais sont sous-estimées. Les autres peuplements connus sont représentés par des mélanges de classes. Le même échantillonnage appliqué à l'image fusionnée ne donne pas de meilleurs résultats que l'image couleur.



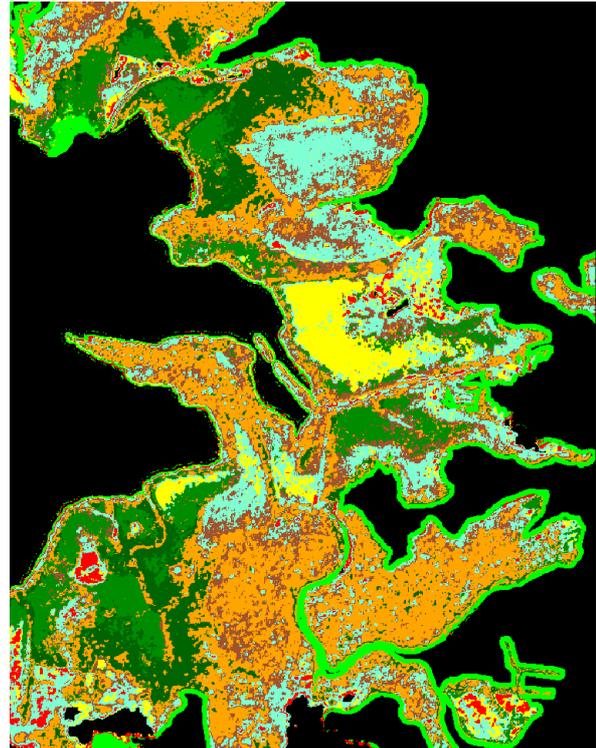
**Figures 9 : Extrait d'une classification supervisée réalisée sur l'image IKONOS multispectrale du 5 août 2006.**

Cet échantillonnage a été appliqué aux images compilées avec les indices de texture. Les classifications obtenues sur les images contenant les indices calculés avec une taille de fenêtre 15\*15 permet de mieux délimiter les faciès arborescents et donne un aspect plus lisse à la classification (Figure 10b). En revanche les classifications réalisées sur les images contenant des textures calculées avec des tailles de fenêtre inférieures à 15\*15 donnent de très fortes hétérogénéités sur les classes arborescentes mais une meilleure discrimination des classes arbustives (Figure 10a). Il existe une grande confusion entre les *Rhizophora* et les *Avicennia* arborescents et il n'est pas possible avec cette méthode de classification de les différencier correctement.

**Figure 10 : Extraits de classifications sur :**



**a) une image comprenant un indice de texture calculé avec une fenêtre 3\*3**



**b) une image comprenant un indice de texture calculé avec une fenêtre 15\*15**

-Image SPOT 5 du 14 novembre 2006

Sur l'image SPOT couleur à 10 m une classification supervisée à 7 classes a été réalisée. La résolution spatiale étant grossière, certains faciès tels que les *Rhizophora* en bord de mer distribués en franges étroites, sont difficilement identifiés. La même méthode de classification appliquée à l'image fusionnée à 2.5 m de résolution permet de mieux faire ressortir les *Rhizophora* de bord de mer et les limites entre les classes sont plus nettes. Les principaux résultats sont :

1. Il existe une confusion importante entre les *Rhizophora* arbustifs et les *Rhizophora* arborescents.
2. La distinction entre ces classes de *Rhizophora* et les autres classes est bonne.
3. En comparant avec la carte de 1987 on voit apparaître sur la classification une classe supplémentaire au niveau des peuplements d'*Avicennia*. Il semblerait qu'il soit possible de détecter différentes structures du couvert au niveau du peuplement d'*Avicennia* : d'après les connaissances de terrain un peuplement bas ouvert et un peuplement haut fermé.

#### **4.1.2 Classification par objet**

-Image IKONOS du 5 août 2006

La première démarche de classification par seuillage de critères (démarche expertisée) permet de définir 4 classes sur la mangrove. D'une manière générale la classification orientée objet permet d'obtenir des résultats plus lisibles en s'affranchissant du fort effet de pixellisation que l'on observait sur les classifications par pixel. Il est plus commode d'utiliser les textures sous eCognition car elles sont moyennées sur les objets (segment) ce qui permet de lisser la forte hétérogénéité que peut présenter certaines textures. A partir de

seuillage sur les textures et sur les canaux couleur la végétation arbustive représentée par les *Rhizophora* nains a été isolée. En partant de la classe mère arborescente et en re-segmentant à un niveau plus fin, 3 classes filles de végétation arborescente ont pu être définies. Toutefois ces trois classes présentent des erreurs importantes comme par exemple la bande de *Rhizophora* de front mer qui ressort dans les trois classes.

La seconde démarche par classification supervisée des objets par la méthode des plus proches voisins montre que l'on obtient des résultats proches de la méthode expertisée avec la possibilité de distinguer 3 classes de végétation arborescente. De la même manière les *Rhizophora* de front de mer sont confondus avec des *Avicennia* et des *Rhizophora* arborescents.

#### 4.1.3 Croisement des classifications

Un croisement de la meilleure information contenue dans chaque classification a permis de réaliser le produit cartographique. De cette manière la végétation arbustive représentant les *Rhizophora* nains est tirée de la classification orientée objet à partir des données IKONOS et la végétation arborescente provient de la classification supervisée par plus proche voisin faite sur l'image SPOT5 fusionnée à 2.5 m (Figure 11). Les croisements entre classifications ont été réalisés avec le logiciel Erdas (fonction Matrix).

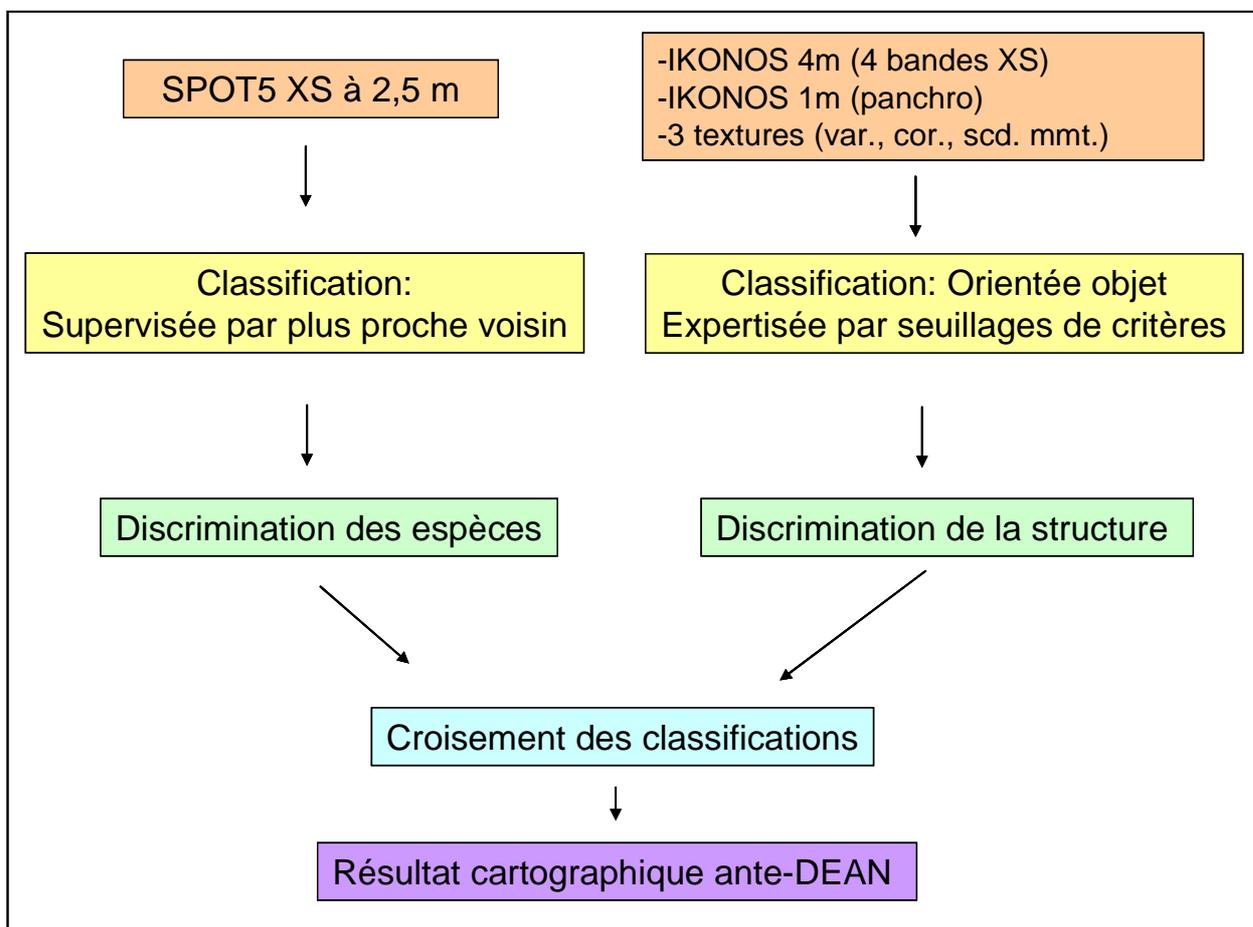
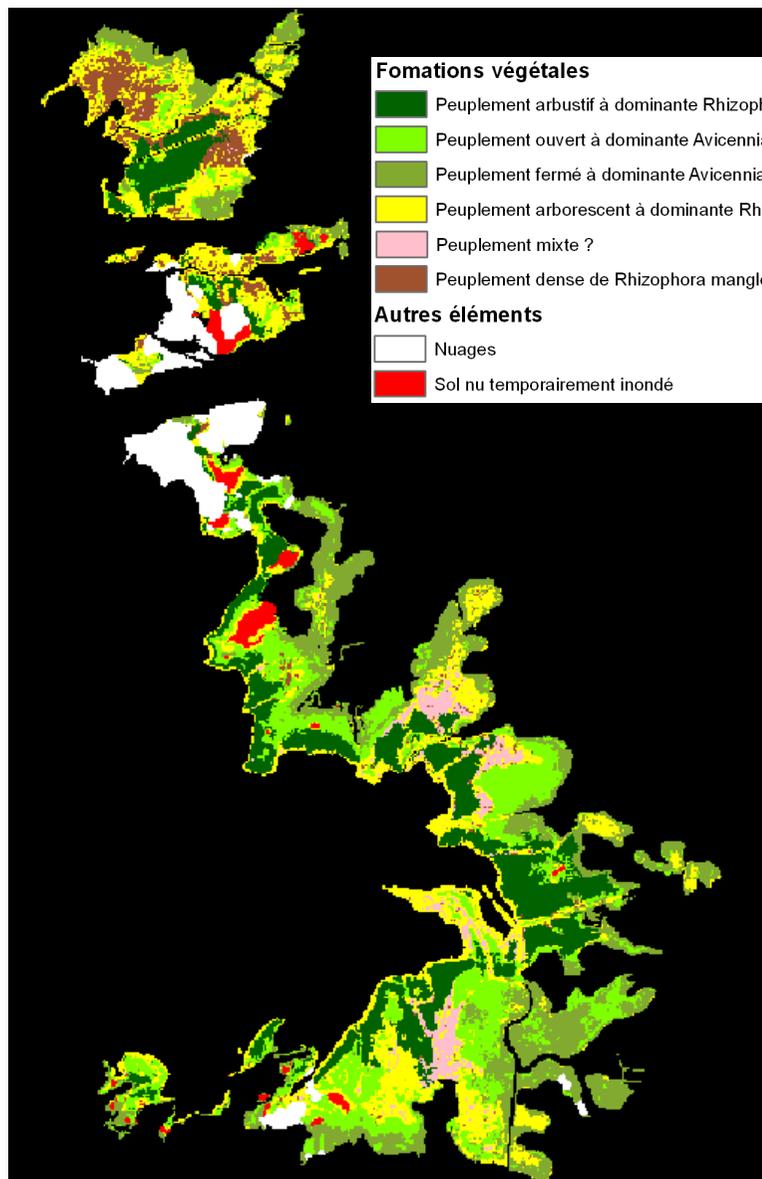
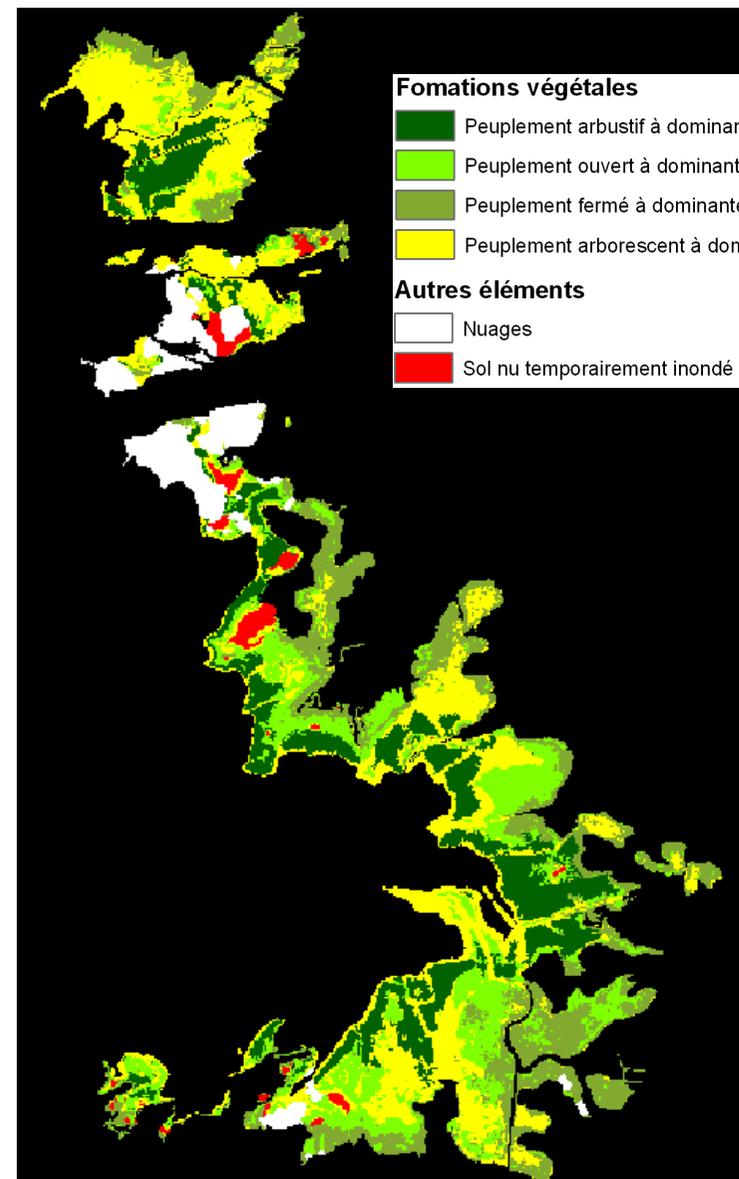


Figure 11 : Traitements retenus pour l'obtention de la carte ante-Dean de la végétation.



a) 6 classes de formation végétale de mangrove



b) 4 classes de formation végétale de mangrove

**Figure 12 : Typologies et classifications de la végétation ante-Dean sur l'ensemble de la baie de Fort-de-France.**

Les traitements ont permis de faire ressortir 6 classes de formation végétale de mangrove. Pour les classes rose et brun (figure 12 a), il n'a pas été possible de faire une bonne description en raison de leur accessibilité difficile et de la forte dégradation de ces faciès. Les connaissances et les observations de terrain montrent qu'il pourrait s'agir pour la classe rose d'un peuplement mixte composé des trois espèces de palétuviers et pour la classe brune d'un peuplement très dense de *Rhizophora mangle* arborescent. Ces deux faciès étant principalement composés de *Rhizophora mangle* arborescent, il a été décidé pour le rendu cartographique de rassembler ces classes pour garder une typologie à 4 classes de formation végétale de mangrove.

#### 4.1.4 Nomenclature de la carte de végétation ante Dean

Légende	
Formations végétales	Autres éléments
 Peuplements arbustifs dominés par <i>Rhizophora mangle</i>	 Sol nu temporairement inondé
 Peuplements arborés fermés dominés par <i>Rhizophora mangle</i>	 Eau maritime
 Peuplements arborés fermés dominés par <i>Avicennia germinans</i>	 Réseau fluvial
 Peuplements arborés ouverts dominés par <i>Avicennia germinans</i>	 Nuages

Figure 13 : Légende tirée de la carte ante-Dean

#### - vert bouteille : Peuplements arbustifs dominés par *Rhizophora mangle*

Ces peuplements arbustifs sont constitués majoritairement par une strate basse (moins de 2 m) et assez dense d'individus « nains » de *R. mangle*. Leur port tortueux et leur croissance lente (entre-nœuds très courts) atteste de conditions édaphiques très contraignantes. Une strate plus élevée (4 à 8 m) mais souvent clairsemée, est dominée par *A. germinans* (associé parfois à *L. racemosa*). Ces arbres sont généralement dépérissants. Le sol est tourbeux, très compact. La salinité de l'eau interstitielle est le plus souvent très supérieure à celle de l'eau de mer (jusqu'à 60 g/l).

#### - jaune : Peuplements arborés fermés dominés par *Rhizophora mangle*

##### a. Ceinture côtière

En bordure de mer et de l'embouchure des canaux et rivières, *Rhizophora mangle* forme des peuplements quasiment monospécifiques qui s'étirent le long du rivage et ne dépassent guère une 20ne de mètres de largeur. La voûte, qui atteint une dizaine de mètres de hauteur, s'abaisse brusquement vers le plan d'eau grâce au support des racines aériennes. Les arbres sont relativement vigoureux, mais d'aspect tortueux, développant une architecture en « éventail » ou en « chandelier » en raison de réitérations précoces des axes. Le sous-bois est occupé par une strate de régénération constituée de jeunes individus de la même espèce et par un entrelacs très dense de racines en arceaux et de racines aériennes qui pendent comme des cordages. Le sol est tourbeux, relativement compact, sauf dans les estuaires où il est constitué des vases argilo-organiques moins consolidées. La salinité de l'eau interstitielle est proche de celle de la mer (40 g/l en moyenne).

#### b. Peuplements de l'intérieur

Dans les secteurs dépressionnaires de l'intérieur de la forêt et le long des chenaux qui sillonnent la mangrove, *R. mangle* domine des peuplements vigoureux atteignant 16 à 18 mètres de hauteur. Les houppiers forment un couvert homogène relativement dense, alors que le sous-bois est dégagé : il est essentiellement occupé par les fûts non ramifiés, par les racines aériennes, et par une strate basse de plantules en attente. Dans ces situations, *R. mangle* peut être accompagné par *Avicennia germinans* et/ou *Laguncularia racemosa*. Le sol est souvent argileux en profondeur et tourbeux en surface. La salinité moyenne de l'eau interstitielle est très variable, selon le lieu et la saison (de 10 à 50 g/l).

#### **- vert kaki : Peuplement arborés fermés dominés par *Avicennia germinans***

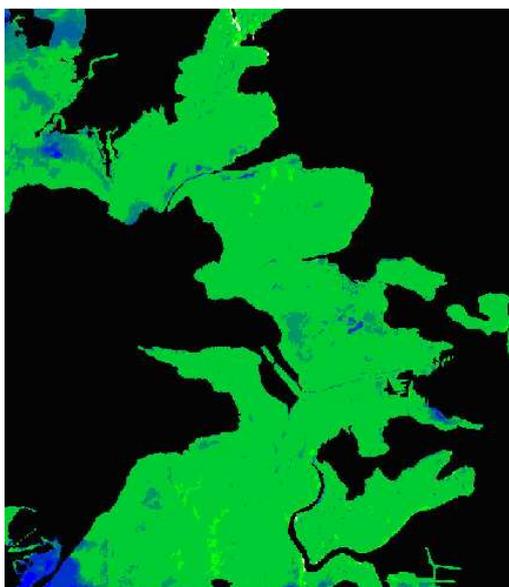
Ces peuplements dominés par *A. germinans* peuvent atteindre 18 m de hauteur. Ils forment un couvert relativement dense où peut également se rencontrer *L. racemosa*. Le sous-bois est très dégagé, occupé par une strate de régénération très clairsemée. Le sol est argileux ou argilo-tourbeux, assez ferme. La salinité moyenne varie entre 40 et 50 g/l.

#### **- vert clair : Peuplements arborés ouverts dominés par *Avicennia germinans***

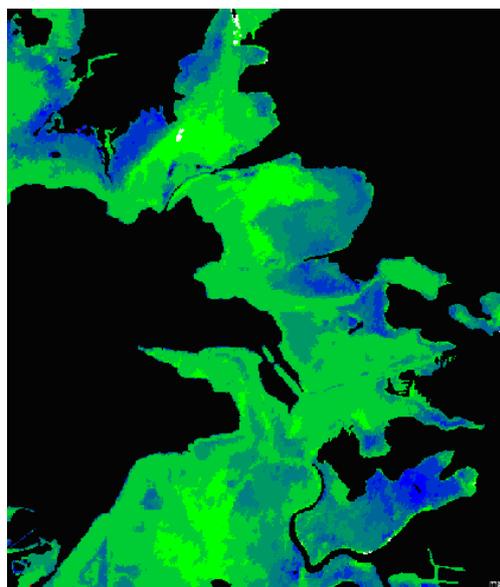
Les sols les plus salés de la mangrove portent des peuplements bas (moins de 12 m) et assez ouverts constitués quasi-exclusivement d'individus fortement réitérés d'*A. germinans*. Les souches portent souvent au moins un axe dépérissant ou mort. Le sol est argileux, compact et très salé (plus de 60 g/l durant la saison sèche).

#### 4.1.5 Végétation stressée avant le cyclone

Au cours des traitements, le calcul de différents indices tels que le NDVI (Indice de végétation normalisé) a mis en évidence des zones où l'on peut observer une baisse assez brutale de l'activité chlorophyllienne entre les images ante-Dean du 05/09/2006 (IKONOS) et du 14/11/2006 (SPOT5) (Figure 13). Ces zones se localisent au niveau des formes hautes d'*Avicennia* ce qui est paradoxal car cette période correspond à la croissance cambiale maximale et de perte minimale de feuilles pour cette espèce de palétuvier.



a) NDVI du 05/09/2006 (IKONOS)



b) NDVI du 14/11/2006 (SPOT5)

**Figure 14 : Images de NDVI codé du bleu sombre au vert clair (valeurs de NDVI croissantes). Les zones en bleu sombre sont les zones présentant une faible activité chlorophyllienne.**

La consultation des données météorologiques (précipitations annuelles et normales saisonnières) montre effectivement un déficit important des pluies entre septembre et novembre 2006.

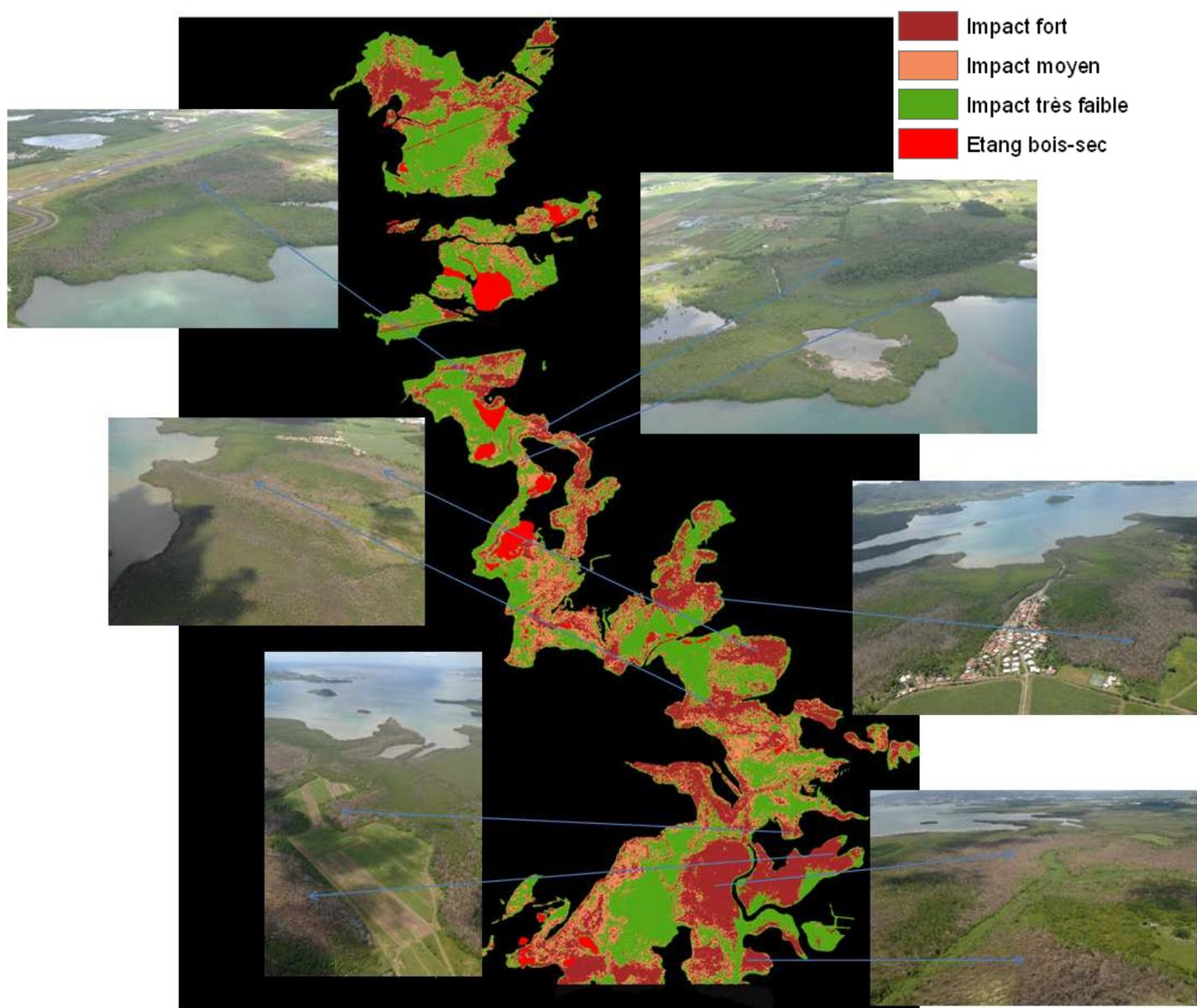
Ces formations arborescentes d'*Avicennia* stressées ont été extraites par seuillage des valeurs de NDVI calculé sur l'image SPOT fusionnée, afin de rester en cohérence avec la méthode d'extraction de la végétation arborescente. Toutefois ce phénomène, bien qu'intéressant, ne fait pas l'objet de cette étude et n'a pas été représenté sur la carte.

## 4.2 Carte d'impact

### 4.2.1 Classification par pixel

-Image IKONOS du 16 février 2008

La classification supervisée réalisée à partir des données de terrain suivant quatre niveaux d'impact mécanique n'offre pas un résultat satisfaisant. Le nombre de niveaux d'impact a donc été réduit à trois : réduction de la biomasse végétale faible ( $<1/3$ ), moyenne ( $1/3-2/3$ ), forte ( $\geq 2/3$ ). Avec une typologie à trois niveaux d'impact, la classification non supervisée de l'image IKONOS calculée avec 10 classes puis rassemblées en 3 classes donne de bons résultats au vu des connaissances de terrain et en comparaison des photographies prises par hélicoptère après le cyclone (Figure 14).



**Figure 15 : Carte des impacts réalisée à partir de l'image IKONOS du 16 février 2008 et comparaison de la carte avec les photographies aériennes (DIREN) prises par hélicoptère après le cyclone.**

## **4.2.2 Nomenclature de la carte des dégâts**

A partir des relevés de terrain et du résultat de la classification de l'image IKONOS, il a été possible de distinguer trois niveaux d'impact sur la mangrove :

- Très faible : La structure du couvert végétal initial a été globalement préservée.
- Moyen : Certains arbres sont écimés, beaucoup de grosses branches ont été cassées, et les chablis sont fréquents.
- Fort : La destruction du couvert forestier est presque totale

## **4.3 Carte post-Dean**

### **4.3.1 Classification par pixel**

-Image SPOT 26 mars 2010

La carte post-Dean a été effectuée à partir de l'image SPOT du 26 mars 2010 à 10 m. Il faut préciser qu'à ce niveau les données SPOT 5 du 26 et 31 mars 2010 sont les seules identifiées à ce jour pour la cartographie de l'état actuel de la mangrove, elles présentent toutes deux une très forte saturation du signal dans la bande Proche Infrarouge. La donnée SPOT 5 du 26 mars a été retenue car elle comporte la couverture nuageuse la moins importante. Cette saturation, totale pour les zones de végétation, a conduit à n'utiliser que les trois bandes - Vert, Rouge et Moyen Infrarouge - pour la classification. Dans ces conditions, la donnée SPOT à 10 m a été conservée de manière à préserver au mieux le signal radiométrique. Les classifications supervisées ne donnant pas de résultats satisfaisants, une classification non supervisée avec un nombre de 30 classes, pour forcer l'image à discriminer le maximum d'information, rassemblées de manière expertisée a donné le meilleur résultat. Il a été possible de faire 6 classes de formation végétales.

### 4.3.2 Nomenclature de la carte post-Dean

Légende	
<b>Formations végétales</b>	<b>Autres éléments</b>
 Peuplements arbustifs dominés par <i>Rhizophora mangle</i>	 Sol nu temporairement inondé
 Peuplements arborés en voie de cicatrisation dominés par <i>Rhizophora mangle</i>	 Etendues d'eau libre
 Peuplements arborés en voie de cicatrisation dominés par <i>Avicennia germinans</i>	 Eau maritime
 Gaulis très denses dominés par <i>Rhizophora mangle</i> et <i>Laguncularia racemosa</i>	 Réseau fluvial
 Formations denses d'hydrophytes herbacées	 Nuages
 Végétation éparse	

Figure 16 : Légende tirée de la carte post-Dean

#### - vert bouteille : Peuplements arbustifs dominé par *Rhizophora mangle*

Ces peuplement dominés par la forme arbustive de *Rhizophora mangle* ont été peu impactés ; le sol est une tourbe fibreuse à salinité très élevée (supérieure à 50 g/l) et pH acide (égal à 5,0)

#### - orange : Peuplements arborés en voie de cicatrisation dominés par *Rhizophora mangle*

Ces peuplements arborescents à *Rhizophora mangle* sont ceux qui ont été le moins affectés par le cyclone. Certains houppiers sont déséquilibrés et présentent des cicatrices de destruction mécanique. En sous bois, on observe le recrutement de *Rhizophora* et de *Laguncularia*. Le sol est tourbeux, à faible salinité en saison humide (inférieure à 10 g/l en surface), et pH faiblement acide (égal à 6,0).

#### - vert kaki : Peuplements arborés dominés par *Avicennia germinans*

La voûte de ces peuplements d'*Avicennia*, peu ou moyennement impactés par le cyclone, est pratiquement reconstituée grâce à la réitération des axes traumatisés. Par endroits, on note la présence de jeunes *Laguncularia* manifestement implantés après le cyclone. Le sol est argileux, salé même durant la saison humide (30 à 40 g/l) et pH acide (inférieur à 5,0)

#### - violet : Gaulis très dense dominés par *Rhizophora mangle* et *Laguncularia germinans*.

Ces jeunes peuplements se développent sur les chablis provoqués par le cyclone dans d'anciennes futaies dominées par *Rhizophora* (et localement par *Laguncularia*). Le processus de cicatrisation est assuré par des semis et des réitérations de souche pour *Laguncularia* et par la croissance des plantules pré-existantes de *Rhizophora* qui forment des îlots quasi monospécifique en peuplement très dense, équié. Le sol à faible salinité en surface durant la saison humide (inférieure à 5 g/l) et un pH acide (supérieur à 5,0)

### **- vert clair : Formation denses d'hydrophytes herbacées**

Le couvert végétal est dominé par des hydrophytes partiellement flottantes comme *Hymenachne amplexicaulis*, *Nymphaea sp.* et *Ludwigia sp.* La liane *Mikania micrantha* est également très abondante. La végétation ligneuse est constituée de touffes éparses de *Mimosa pigra* et de quelques jeunes *Laguncularia*. Les rares palétuviers survivants sont des *Avicennia*. Le sol est organique, très peu salé en surface, submergé en permanence par de l'eau douce (souvent plus de 30 cm en saison humide).

### **- rose : Végétation épars**

Il s'agit de peuplements clairsemés d'*Avicennia*, constitués d'individus peu élevés, fortement réitérés, avec des axes dépérissants. Le sol est argileux, salé, et le pH acide (supérieur à 5,0). Dans les cuvettes, l'eau de submersion est parfois riche en sulfures avec en surface des voiles de précipitation d'oxyde de fer.

## 4.4 Précision des cartes

### **Petits rappels sur les indicateurs de qualité d'une classification :**

L'indicateur le plus utilisé pour qualifier une classification est le pourcentage de pixels bien classés, toutes classes confondues.

Pour qualifier une classe individuelle, on calcule la précision de l'utilisateur (user accuracy) et la précision du producteur (producer accuracy).

- La précision du producteur donne la probabilité pour qu'un point d'observation au sol soit correctement classé sur la carte ; elle mesure les erreurs d'omission (1 - précision du producteur).
- La précision de l'utilisateur donne la probabilité pour qu'un point sur la carte corresponde effectivement à la bonne classe au sol ; elle mesure les erreurs de commission (1-précision de l'utilisateur).

Suivant la finalité de la carte, on cherchera à diminuer l'erreur d'omission ou de commission. Pour une utilisation générale de la carte, on cherche à optimiser les deux précisions (calcul du F-score, moyenne harmonique des deux précisions).

### **La Mangrove de Génipa :**

Surface de mangrove cartographiée : 1236 ha\* (cette surface correspond a la surface utile de l'image, c'est à dire sans nuage et sans ombre)

\* Etangs bois sec compris.

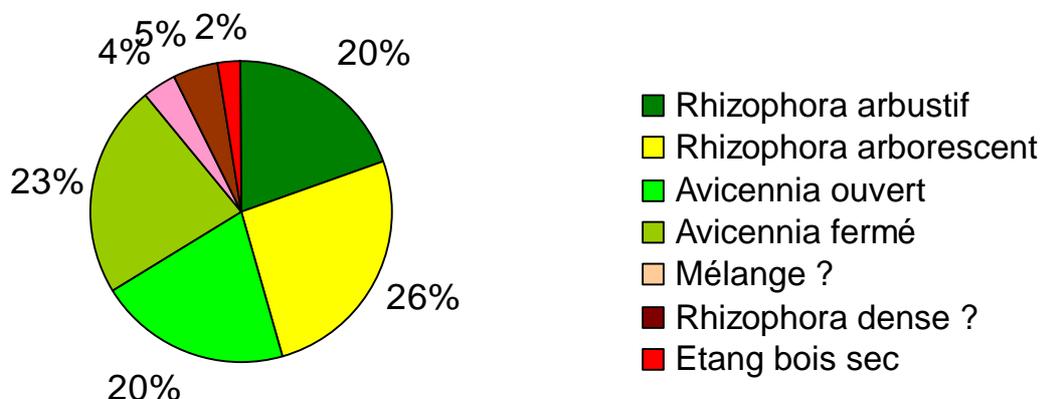
### **Tableau récapitulatif de la précision des cartes :**

<b>Nom de la carte</b>	<b>Année image</b>	<b>Nombre de classes</b>	<b>Nbre points terrain</b>	<b>% pixels bien classés</b>	<b>Kappa</b>
<b>Ante Dean</b>	2006	4	105	74.0	0.63
<b>Ante Dean</b>	2006	6	105	63.8	0.52
<b>Dégâts</b>	2008	3	65	71.0	0.50
<b>Post Dean</b>	2010	8	138	62.0	0.54

#### 4.4.1 Carte ante-Dean

##### Carte ante-Dean à 6 classes de palétuviers

- Composition floristique de la mangrove de Génipa (92% de la zone d'étude a été classé en raison des nuages/ombres sur image) :



- Principaux indices de qualité de la classification (image SPOT + Ikonos, 2006) :

Nom	Totaux	Totaux	Nombre	Précision	Précision	
classe	référence	classés	bien classés	producteur	utilisateur	F-score
Rhizophora arbustif	6	7	5	83.33%	71.43%	<b>0.77</b>
Rhizo arborescent	20	18	11	55.00%	61.11%	0.58
Avicennia ouvert	28	30	18	64.29%	60.00%	0.62
Avicennia fermé	36	38	27	75.00%	71.05%	<b>0.73</b>
Mélange	6	7	2	33.33%	28.57%	0.31
Rhizophora dense ?	9	5	4	44.44%	80.00%	0.57
Total	105	105	67			

**Précision globale : 63.81%**

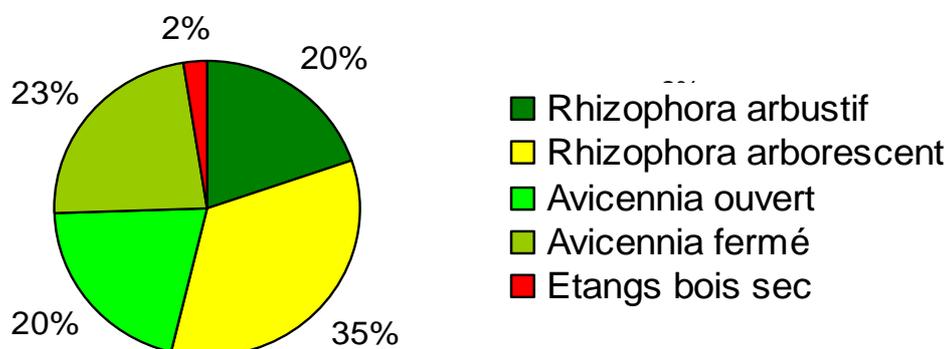
La précision globale de la carte ante-Dean en 6 faciès de palétuviers (+ une classe minoritaire *Etang bois sec*) est de 64% (Kappa = 0.52).

- Globalement les classes *Rhizophora arbustifs* et *Avicennia fermé* sont les mieux classées avec une erreur moyenne inférieure à 30% (17% d'erreur d'omission pour *Rhizophora arbustif*).
- La classe *Mélange* qui, comme son nom l'indique, est une classe mal définie, a la plus faible précision de classification (environ 70% d'erreur). La classe *Rhizophora dense* a une forte erreur d'omission, due pour l'essentiel à des confusions avec la classe *Rhizophora arborescent*.

Pour ces raisons, la classe *Mélange* ainsi que la classe *Rhizophora dense* ont été rassemblées à la classe de *Rhizophora arborescent* afin d'obtenir une nouvelle classification en 4 classes des faciès (cf. Carte ante Dean à 4 classes de palétuviers).

### Cartes ante-Dean à 4 classes de palétuviers

- Composition floristique de la mangrove de Fort-de-France (92% de la zone d'étude a été classé en raison des nuages/ombres sur image) :



- Principaux indices de qualité de la classification (image SPOT + Ikonos, 2006) :

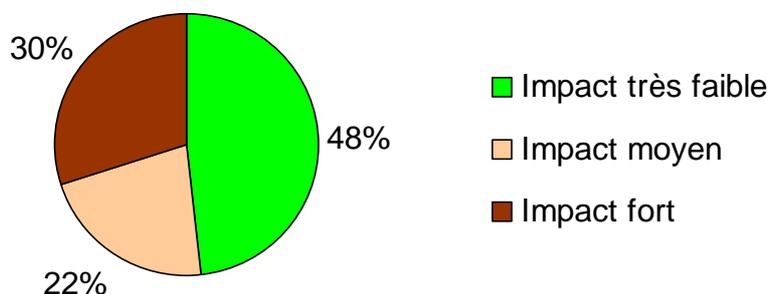
Nom classe	Totaux référence	Totaux classés	Nombre bien classés	Précision producteur	Précision utilisateur	F-score
Rhizophora arbustif	6	7	5	83.33%	71.43%	0.77
Rhizophora arborescent	35	30	28	80.00%	93.33%	<b>0.86</b>
Avicennia ouvert	28	30	18	64.29%	60.00%	0.62
Avicennia fermé	36	38	27	75.00%	71.05%	0.73
<b>Total</b>	<b>105</b>	<b>105</b>	<b>78</b>			
<b>Précision globale : 74.29%</b>						

La précision globale de la carte ante-Dean en 4 classes de palétuviers (+ une classe minoritaire *Etang bois sec*) est de 74% (Kappa = 0.63), ce qui est tout à fait correct.

- La classe *Rhizophora arborescent* a le meilleur F-score, avec plus de 80% de précision moyenne, suivie par les classes *Rhizophora arbustif* et *Avicennia fermé* (entre 15% et 30% d'erreur).
- La classe *Avicennia ouvert* est la moins bien cartographiée avec 40% d'erreur moyenne.

#### 4.4.2 Carte des dégâts

- Résultats surfaciques des niveaux de dégâts dus au cyclone Dean (98% de la zone d'étude a été classé en raison des nuages/ombres sur image de la zone étudiée) :



- Principaux indices de qualité de la classification (image Ikonos de 2008) :

Nom classe	Totaux référence	Totaux classés	Nombre bien classés	Précision producteur	Précision utilisateur	F-score
Impact nul à faible	18	18	13	72.2%	72.2%	0.72
Impact moyen	9	13	5	55.6%	38.5%	0.45
Impact fort	38	34	28	73.7%	82.4%	0.78
Total	65	65	46			

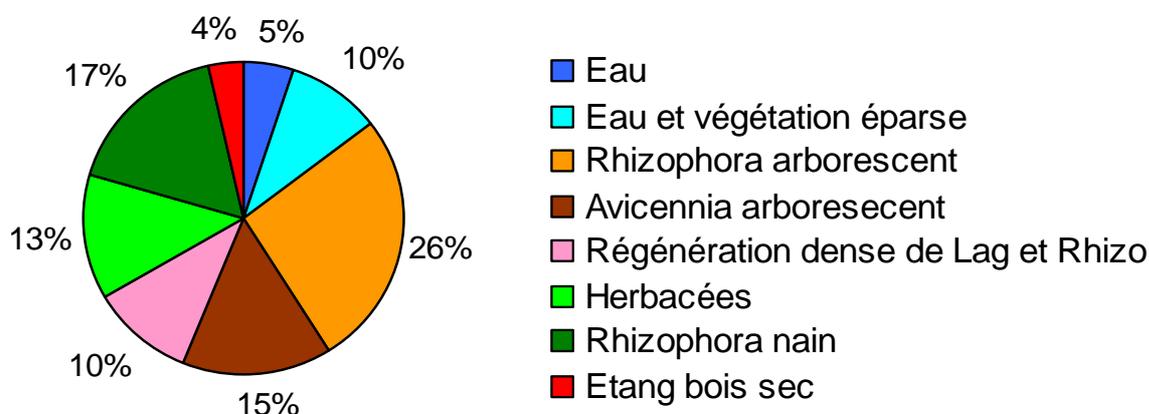
**Précision globale : 70.77%**

La précision globale de la carte des dégâts est bonne, environ 71%. C'est une précision tout à fait convenable, compte-tenu que les observations de terrain ont été faites 3 ans après le passage du cyclone.

- Les classes *Impact nul à faible* et *Impact fort* ont de bons scores de classification (> 72%).
- La classe *Impact moyen* est la classe présentant le moins bon score (44% d'erreur d'omission, et 62% d'erreur de commission due pour l'essentiel à des confusions avec la classe *Impact fort*) ; l'identification de cette classe *Impact moyen* est particulièrement difficile sur le terrain (quelle réalité pour cette classe 3 ans après l'événement cyclonique...) et le nombre de points d'observation de terrain pour cette classe est faible (9 points contre 18 et 38 points pour les deux autres classes).

#### 4.4.3 Carte post-Dean

- Composition floristique de la mangrove de Génipa (84% de la zone d'étude a été classé en raison des nuages/ombres sur image) :



- Principaux indices de qualité de la classification (image SPOT 2010) :

Nom classe	Totaux référence	Totaux classés	Nombre bien class.	Précision producteur	Précision utilisateur	F-score
Eau	8	13	7	87.50%	53.85%	<b>0.67</b>
Eau et vgt éparse	12	15	7	58.33%	46.67%	0.52
Rhizo arborescent	20	26	15	75.00%	57.69%	<b>0.65</b>
Avicennia arborescent	40	34	28	70.00%	82.35%	<b>0.76</b>
Régéner Lagun/ Rhizo	37	19	16	43.24%	84.21%	0.57
Herbacées	15	21	8	53.33%	38.10%	0.44
Rhizophora nain	6	6	4	66.67%	66.67%	<b>0.67</b>
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>134</b>	<b>85</b>			
<b>Précision globale :</b>	<b>61.87%</b>					

La précision globale de la carte post-Dean en 7 classes est de 62% (Kappa = 0.54).

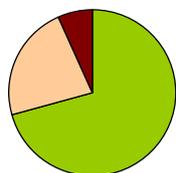
- Les faciès les mieux classés sont les *Avicennia arborescent* (> 70% précision), suivis des deux classes de *Rhizophora* (*arborescent* et *nain*).
- Les classes *Eau*, *Eau et végétation éparse* et *Herbacées* ont beaucoup de confusion entre elles ; ces confusions peuvent être dues à la proximité écologique et géographique de ces trois faciès, les *Herbacées* venant coloniser certaines zones en eau. A ce niveau de détail, la résolution spatiale de l'image à 10 m semble insuffisante pour faire la différence entre ces classes.
- Beaucoup de points *Régénération* sont classés en *Herbacées*, ce qui explique la faible précision de l'utilisateur de la première classe, et la faible précision du producteur de la deuxième. Ces deux faciès présentent une végétation très couvrante. En l'absence du canal PIR, la discrimination entre ces deux classes est difficile et apporte de la confusion dans la classification. Toutefois il apparaît pertinent de garder cette information car elle semble importante en terme de dynamique de mangrove.

## 4.5 Calcul d'indicateurs

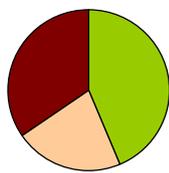
### 4.5.1 Indicateurs de dégâts des faciès

Niveau des dégâts par faciès (en % de la surface) :

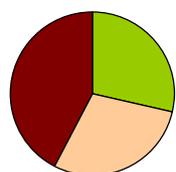
*Rhizophora arbustif*



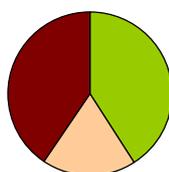
*Rhizophora arborescent*



*Avicennia ouvert*



*Avicennia fermé*



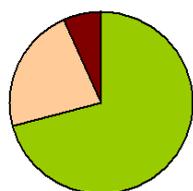
### 4 classes

■ Impact nul à faible

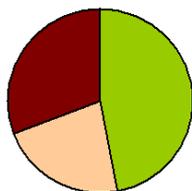
■ Impact moyen

■ Impact fort

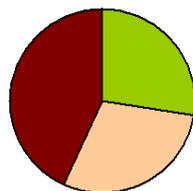
*Rhizophora arbustif*



*Rhizophora arborescent*



*Avicennia ouvert*



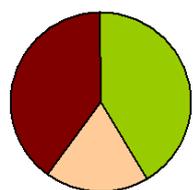
### 6 classes

■ Impact nul à faible

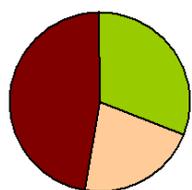
■ Impact moyen

■ Impact fort

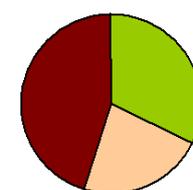
*Avicennia fermé*



*Mélange ?*



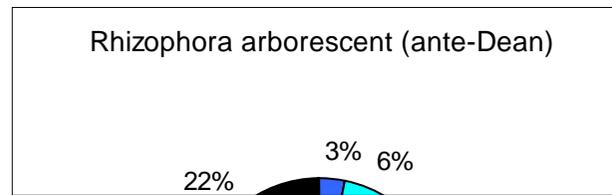
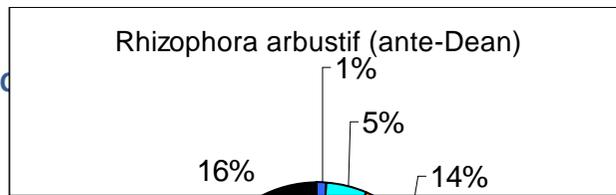
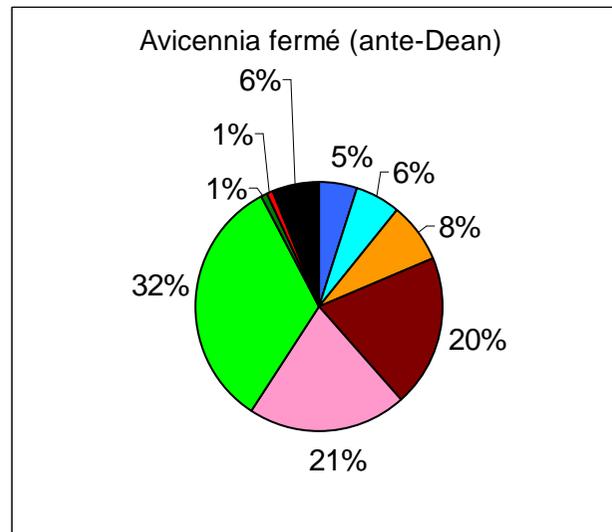
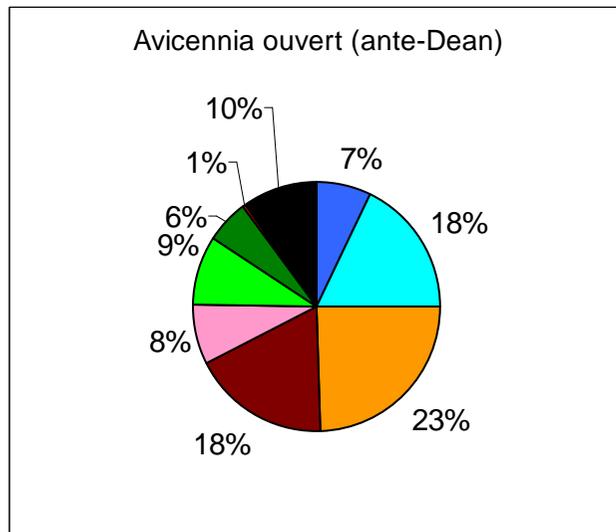
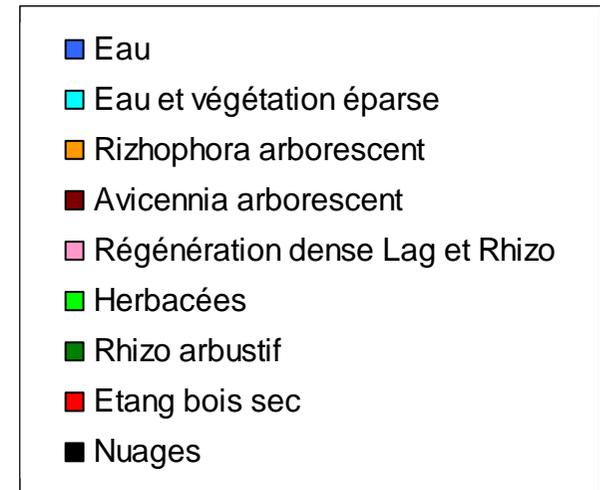
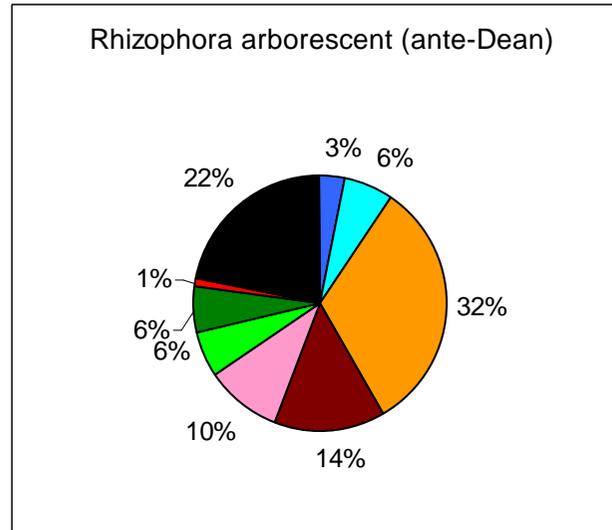
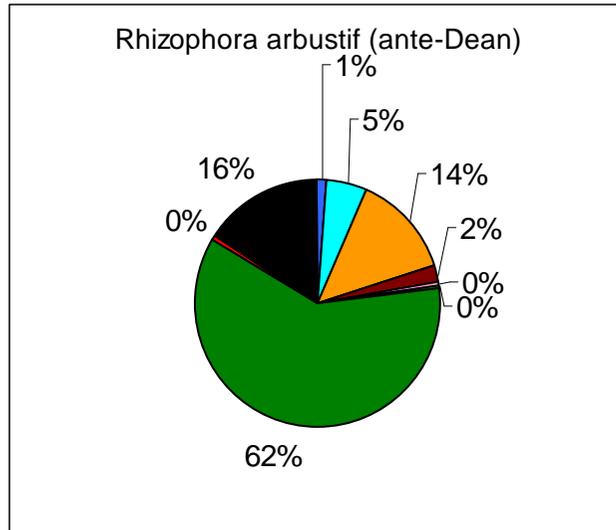
*Rhizophora dense ?*



Commentaires :

- L'*Avicennia* est l'espèce la plus touchée avec 50% (peuplements fermés) à 75% (peuplements ouverts) de la surface abimée ;
- L'impact du cyclone sur les *Rhizophora* est moindre avec 25% à 50% de peuplement abimé ;
- Les peuplements à *Rhizophora arbustifs* constituent le faciès qui a le mieux résisté.

#### 4.5.2 Indicateurs de changement des faciès



Cette étude permet d'analyser les changements de faciès ante et post-Dean. Les classifications ante-Dean (4 classes) et post-Dean ont été croisées de manière à obtenir pour les 4 classes ante-Dean les superficies en pourcentage des classes cartographiées en 2010. Ces graphiques permettent de voir en quoi ont changées les anciens faciès ante-Dean.

Commentaires :

En raison des difficultés pour obtenir la classification 2010, ces chiffres présentent des erreurs importantes qu'il est nécessaire de relever et on prendra note dans cette analyse des grandes tendances d'évolution des faciès. La classe de végétation arbustive comprend 14% de *Rhizophora arborescent* en 2010. Ce chiffre semble peut cohérent car d'après les connaissances du terrain, ce faciès n'aurait pas tendance à évoluer vers une végétation arborescente. De la même manière on trouve 14 % d'*Avicennia* dans l'ancienne classe de *Rhizophora arborescent* ou encore 24 % de *Rhizophora* dans l'ancienne le classe d'*Avicennia* ouvert, ce qui ne semble pas cohérent. Ces chiffres sont sans doute dû à de la confusion forte entre ces classes lors du processus de classification.

En revanche nous pouvons voir ressortir les grandes tendances qui correspondent relativement bien avec ce qui a été observé sur le terrain. Les faciès d'*Avicennia* arborescent présentent des étendues importantes en eau et végétation épars signalant une régénération en 2010 encore très faible avec d'importantes surfaces de marais recouvertes d'herbacées. Le faciès de *Rhizophora arborescent* quant à lui présente une régénération assez forte.

#### 4.5.3 Synthèse des surfaces des faciès de la mangrove

o Carte ante-Dean (6 classes) :

Nom Classe	4 classes	6 classes
1 Rhizophora arbustif	222	222
2 Rhizophora arborescent	379	293
3 Avicennia ouvert	228	232
4 Avicennia fermé	253	262
5 Mélange ?		40
6 Rhizophora dense ?		55
<i>Etang bois sec</i>	28	28
TOTAL (ha) <sup>1</sup>	1083	1131

○ **Carte actuelle post-Dean (7 classes) :**

Nom classe	8 classes
1 Eau	52
2 Eau et végétation épars	101
3 Rhizophora arborescent	272
4 Avicennia arborescent	156
5 Régénération dense de Lag et Rhizo	108
6 Herbacées	132
7 Rhizophora nain	174
<i>Etang bois sec</i>	39
<b>TOTAL (ha)<sup>1</sup></b>	<b>1034</b>

○ **Carte des dégâts (3 classes) :**

Nom classe	ha	Avec étang bois sec dans 1
1 Impact très faible	543	585
2 Impact moyen	262	262
3 Impact fort	362	362
<i>Etang bois sec</i>	42	
<b>TOTAL (ha)<sup>1</sup></b>	<b>1210</b>	<b>1210</b>

---

<sup>1</sup> Nous rappelons que cette surface correspond à la partie de l'image qui a été traitée et non à la surface de la mangrove.

## Conclusion

Les principaux produits de ce travail sont :

- la cartographie des faciès de mangrove ante-Dean (2006) ;
- la cartographie des impacts mécaniques du cyclone Dean sur la végétation ;
- la cartographie des faciès de mangrove post-Dean (2010).

Note au sujet de la cartographie des faciès post-Dean :

D'une manière générale la complexité du terrain en 2010, avec des faciès de mangrove préservés, des faciès de mangrove en régénération, de faciès en transformation recolonisés par de nouvelles espèces (non mangrove) montre la difficulté d'obtenir une carte de la végétation actuelle ; à cette complexité naturelle, s'ajoute la mauvaise qualité radiométrique de l'image SPOT utilisée pour la classification. La bande proche infrarouge (saturée), indispensable pour discriminer différentes densités du couvert végétal, n'a pas pu être utilisée dans ce travail, limitant ainsi la précision de la classification obtenue.

A ce niveau une nouvelle acquisition SPOT 5 et une image THRS (en programmation) serait indispensable pour tenter une cartographie plus précise de l'état de la mangrove en 2010 et apporterait une réelle information sur la dynamique de régénération actuelle.

# **Annexes**

## Annexe 1 : Comparatif des images THRS

### -2 images IKONOS :

#### Angles :

Images Ikonos	Sensor Azimuth Angle	Sensor Elevation Angle	Sun Azimuth Angle	Sun Elevation Angle	différence azimutale
05-Aug-2006	337,88	61,82	80,17	71,38	102,29
16-Feb-2008	316,87	70,04	140,34	55,64	176,53

#### Surface de mangrove visible :

En pixel (14m)	IKO 5 aout2006	IKO 16 fev 2008	
Nuage mangrove	2909	779	
Ombre mangrove	4204	1943	<b>aout-&gt;fev</b>
mangrove visible	37154	58092	40881
<b>mangrove visible en ha</b>	<b>728,2</b>	<b>1138,6</b>	<b>801,3</b>

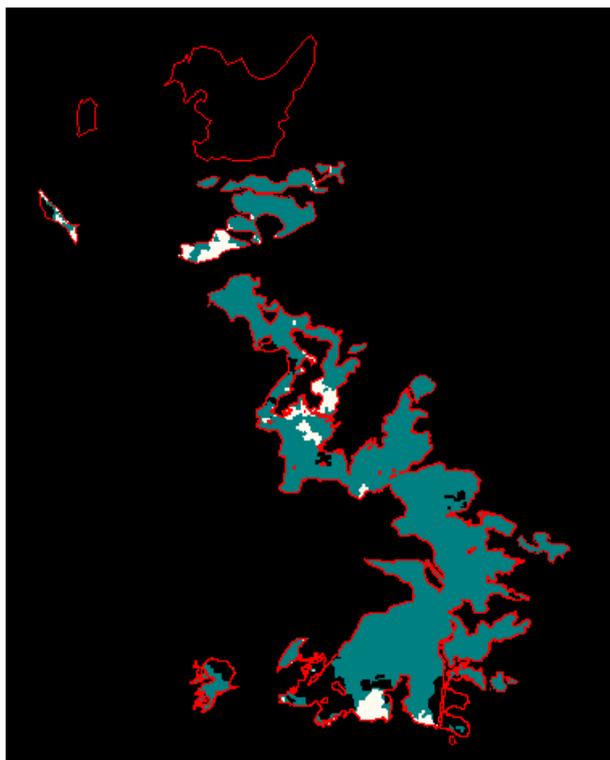
### -3 images QuickBird :

#### Angles :

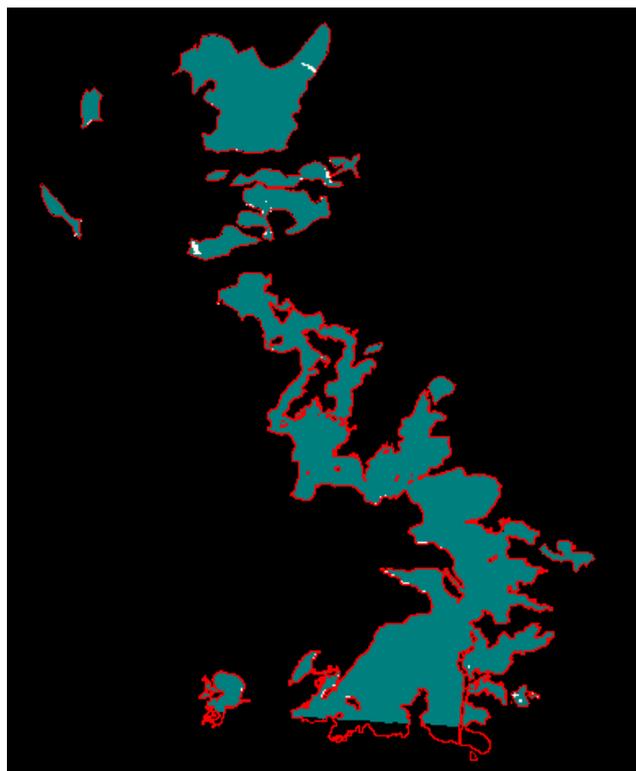
Images Quickbird	Avg Target Azimuth	Area Min Sun Elevation	Avg Off Nadir Angle	Sun Azimuth	Différence azimutale
24/04/2007	291	74.71	8	270	21
12/05/2007	255	75.02	7	280	25
28/08/2007	44	73.81	2	263	141

#### Surface de mangrove visible :

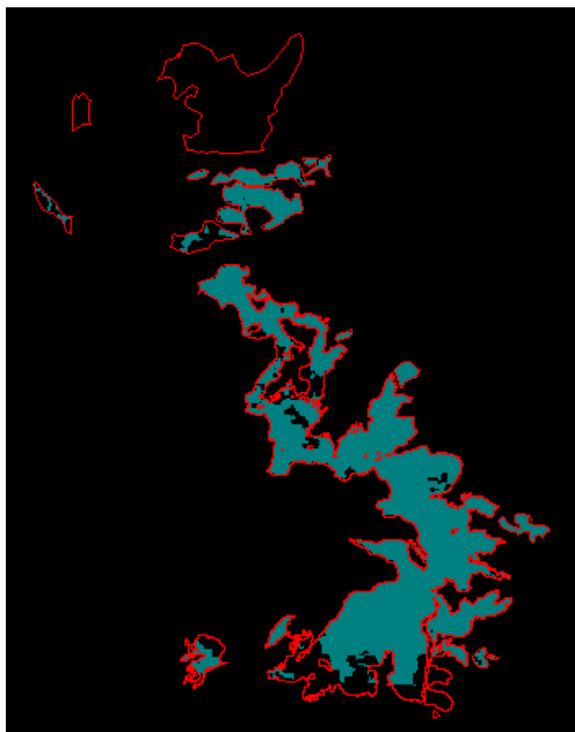
En pixel (16m)	QB 24avril2007	QB 12mai2007	QB 28aout2007		
Nuage mangrove	6509	7445	8522		
Ombre mangrove	3134	1630	3588	<b>avril-&gt;aout</b>	<b>mai-&gt;aout</b>
mangrove visible	36988	37814	34804	26165	27674
<b>mangrove visible en ha</b>	<b>946,9</b>	<b>968,0</b>	<b>891,0</b>	<b>669,8</b>	<b>708,5</b>



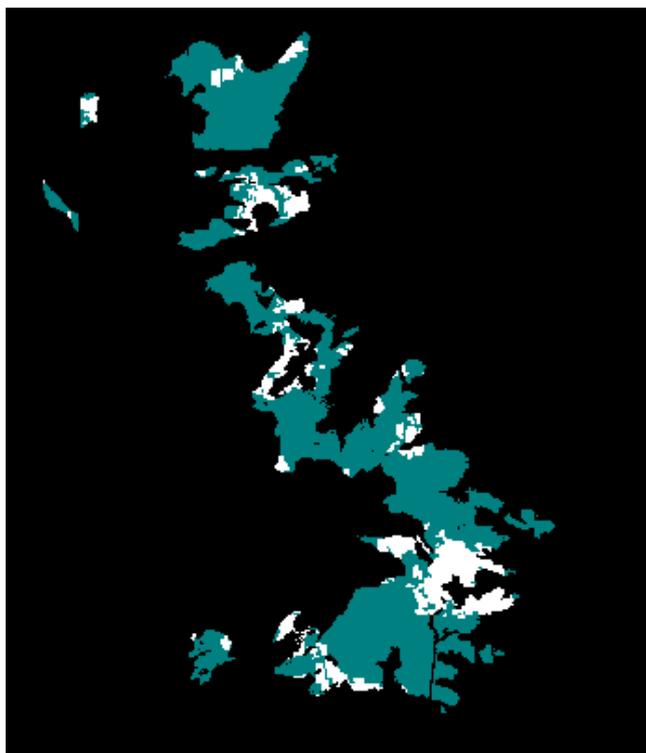
IKONOS 5 aout 2006



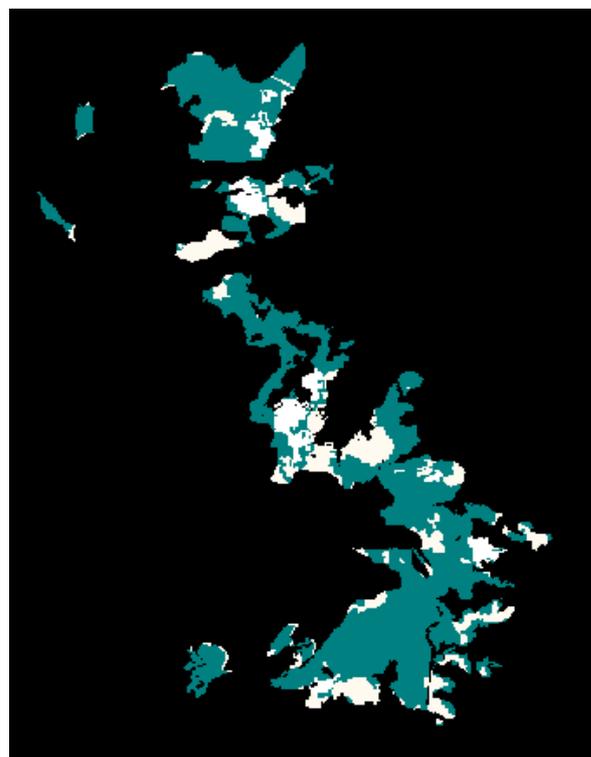
IKONOS 16 février 2008



IKONOS : 5 aout 06->16 févr. 08



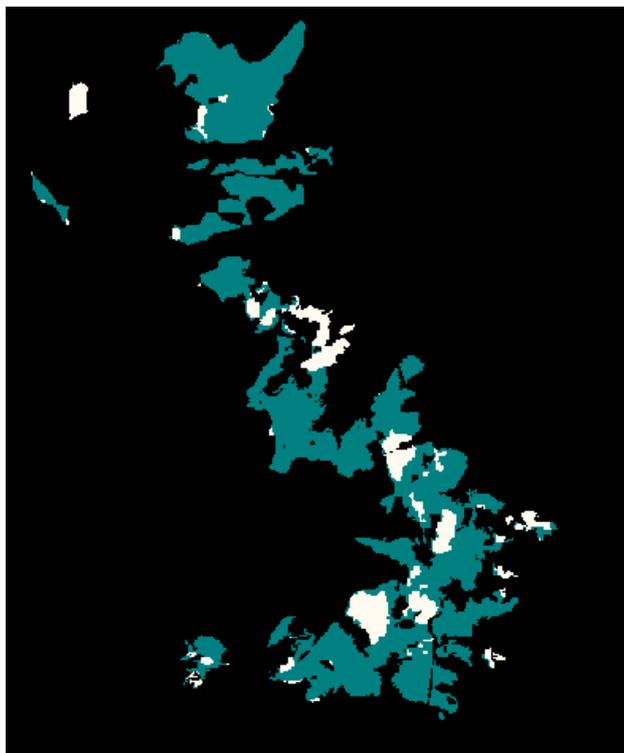
QB 12 mai 2007



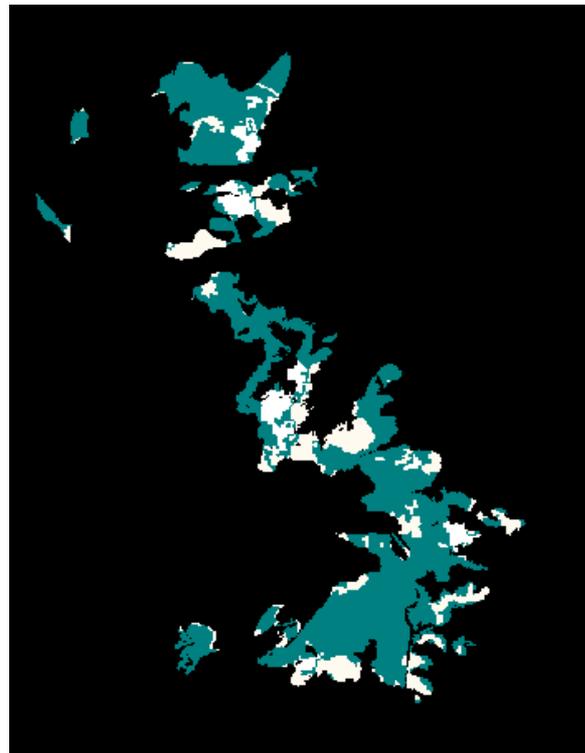
QB 28 aout 2007



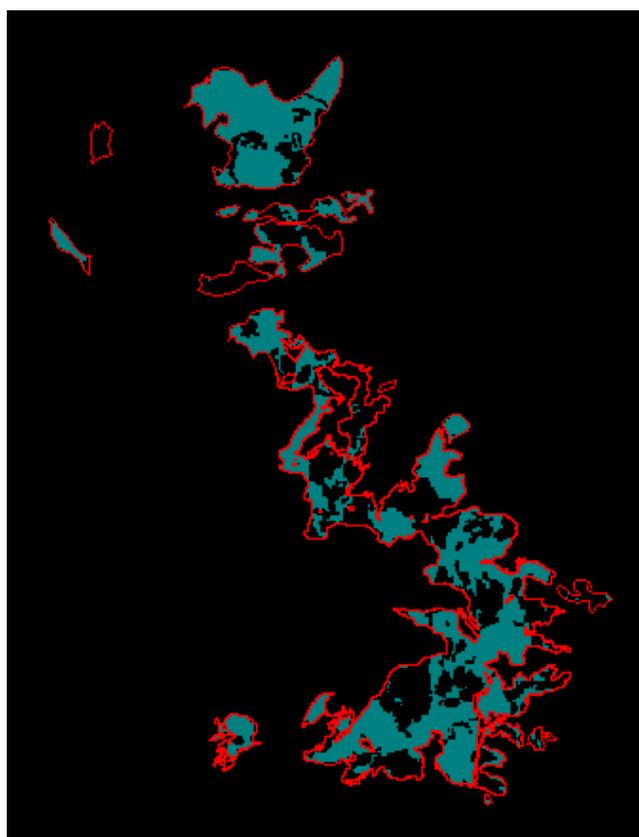
QB : 12 mai 07->28 aout 07



QB 24 avril 2007

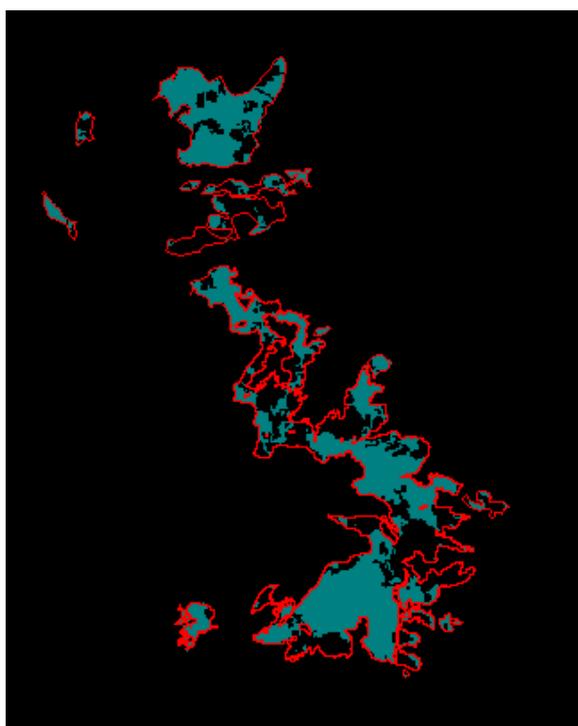


QB 28 aout 2007

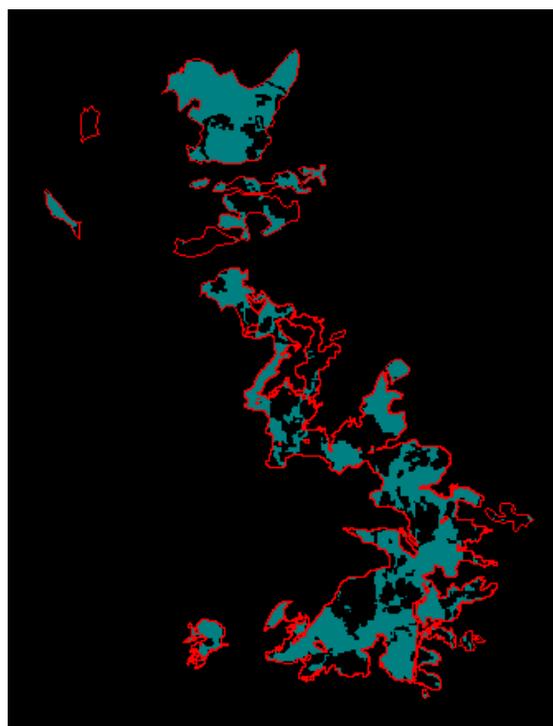


QB : 24 avril 07 -> 28 aout 07

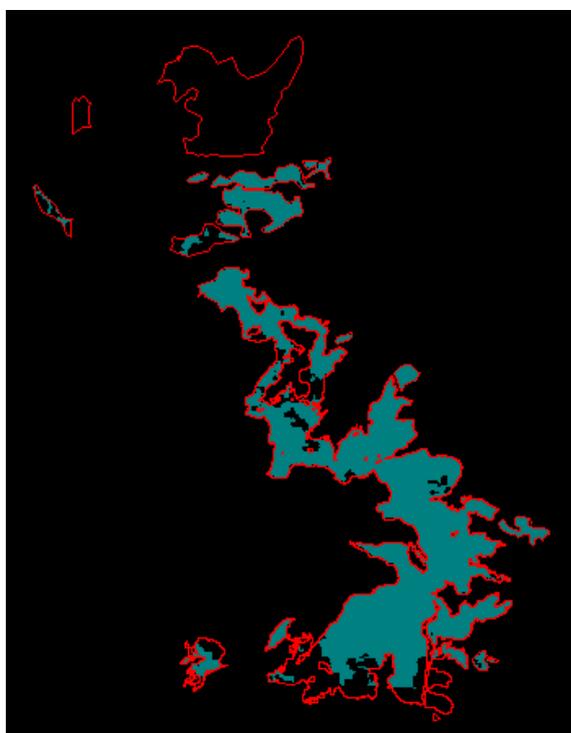
En résumé...



QB : mai07->aout07 (708,5 ha)



QB : avril07 -> aout07 (669,8 ha)



IKONOS : aout06->fevr08 (801,3 ha)