

# Étude des Récifs Coralliens à l'Île de la Réunion par Télédétection Multibande

The citation for this paper:

Despinoy, M., Naim, O., 1998. Etude des récifs coralliens à l'île de la Réunion par télédétection multibande. Septièmes journées scientifiques du réseau de télédétection de l'AUPELF-UREF. "La réalité de terrain en télédétection : Principes et Méthodes". Ste Foy (Québec). Universités francophones, Actualités scientifiques, p.29-36.

**Mots Clés** : télédétection, CASI, récif corallien, cartographie thématique.

Marc Despinoy<sup>1</sup> et Odile Naim<sup>2</sup>

(1) ORSTOM-SEAS station de réception NOAA et Surveillance de l'Environnement Assistée par Satellite, B.P. 172 - 97492 Sainte-Clotilde Cedex - Ile de la Réunion. Téléphone : (0)(262) 29-56-29 ; télécopieur : (0)(262) 28-48-79 ; CE : [despinoy@univ-reunion.fr](mailto:despinoy@univ-reunion.fr).

(2) Laboratoire d'Ecologie Marine, Université de la Réunion, B.P. 7151, 97715 Saint-Denis Cedex MESSAG 9 - Île de la Réunion. Téléphone : (0)(262) 93-82-42 ; CE : [naim@univ-reunion.fr](mailto:naim@univ-reunion.fr).

## RÉSUMÉ

Ce travail a pour but d'étudier l'intérêt de l'utilisation de la télédétection aéroportée, soit des images CASI (Compact Airborne Spectral Imager) à haute résolution spatiale et spectrale, pour l'amélioration des connaissances sur les récifs coralliens de la Réunion.

En raison du faible développement des structures coralliennes de l'île, nous avons étudié le récif corallien de la Saline. Nous avons choisi une méthode d'échantillonnage non aléatoire sur une base de 118 points d'échantillonnage pour une zone d'étude de 342,2 ha (12 classes). Nous avons reconnu sur le terrain les communautés à dominance corallienne en chacun des points échantillons. Puis, l'analyse de l'image multibande du platier récifal a permis d'élaborer, dans un SIG (Système d'Information Géographique), une carte thématique. Cette carte a permis d'identifier la répartition des communautés et leur dégradation sur le platier récifal de la Saline ainsi que de quantifier leur superficie. L'analyse met en évidence l'importance en surface du bioconstruit (84 %) par rapport au biodétritique (16 %) et la superficie en pourcentage des coraux vivants ou en voie de dégradation (75,5 %) par rapport aux coraux morts anciennement nécrosés (24,5 %). Cette étude permet également d'identifier certaines unités jusqu'alors peu connues. Les classifications et les calculs de superficies ont donc permis d'élaborer une cartographie fiable qui constitue un outil nécessaire à la gestion de ce milieu naturel.

## 1. INTRODUCTION

Au cours d'une expérimentation baptisée ICARE (Interorganisme CASI Réunion Expérimentation), en mai 1996, des données multibandes ont été acquises à l'aide d'un radiomètre aéroporté de type CASI au-dessus de l'île de la Réunion (sud-ouest de l'océan Indien). Dans ICARE, on concentre plusieurs thématiques liées au milieu tropical et insulaire volcanique.

Il convient de noter que ICARE est née d'une collaboration scientifique et financière entre la station ORSTOM-SEAS et les sept partenaires suivants :

Bureau de recherche géologique et minière (BRGM - Réunion),

- Laboratoire d'écologie marine (Université de la Réunion),
- Laboratoire de biologie végétale (Université de la Réunion),
- Laboratoire de géophysique d'Orléans (Observatoire du volcan/IPGP Réunion),
- Laboratoire des sciences de la terre (Université de la Réunion)
- Office national des forêts (ONF - Réunion),
- ORSTOM/CEREGE (Unité mixte CNRS/ORSTOM - Marseille)

L'étude présentée ici concerne les données acquises au-dessus des récifs coralliens de la côte ouest de l'île et plus particulièrement le platier récifal de la Saline ([Figure 1](#)). En effet, ce récif corallien est étudié depuis les années 1970 et une cartographie sommaire avait déjà été élaborée à l'aide de photographies aériennes (CUET et al., 1988). A la suite d'une réalité de terrain, nous avons établi une carte thématique du platier récifal à l'aide des classifications obtenues.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 2.1. Données CASI

Le CASI est de la génération DAEDELUS (Airborne Thematic Mapper). Ce radiomètre canadien est équipé d'une matrice de capteurs « à barrettes de détecteurs » qui couvre un spectre de 421 nm à 946 nm. Il peut opérer en mode imageur (ligne de 512 pixels) avec 15 canaux au maximum, au choix, ou avec 288 canaux en mode spectral (sur 39 pixels) le long de l'axe de vol. L'angle de visée est de 35°.

L'image CASI du platier récifal possède 10 canaux répartis sur une fenêtre spectrale allant de 421 nm à 799 nm. Le choix de ces canaux a été établi grâce à l'expérience de M. Borstad de son matériel sur ce milieu et a été renforcée par une précédente utilisation de ce radiomètre sur les lagons de l'île Maurice. Avec une résolution de 2m x 2m, la masse des données à exploiter est importante.

Les corrections de tangage, roulis et lacets ont été réalisées par la compagnie Borstad (Canada) alors fournisseur de ces données. De plus, les influences atmosphériques sont considérées comme nulles en raison de la faible altitude de vol de l'appareil (environ 1 500 m). Une rectification géométrique et géographique a été réalisée afin de permettre une superposition de l'image CASI aux cartes IGN (type « TOP 25 », édition de 1992) locales. La méthode du plus proche voisin avec trois amers (polynôme de degré 1) a été choisie afin d'éviter l'altération de la classification.

Afin de réaliser la correction géométrique, une série de mesures a été effectuée à la suite de l'obtention des données de terrain.

La haute résolution de ces images rendrait possible une cartographie extrêmement précise du milieu observé si la localisation géographique des points d'échantillonnage ne devenait pas, dans ce cas précis, un problème et ne détériorerait pas la précision. L'utilisation d'un GPS de navigation simple de type Garmin 45 a ramené la précision absolue de la classification à ses limites de positionnement (20 à 30 m près). La précision relative du GPS a été évaluée en mesurant la position sur un même point fixe pendant une demi-heure. La fréquence de mesure était en moyenne de 1 min 14 sec et l'écart type de 1.49. La précision relative est de l'ordre de 8,0 m en latitude et de 6,5 m en longitude.

## 2.2. Données de terrain

Les sites de réalité de terrain, appelés « échantillons », sont répartis suivant des radiales perpendiculaires au rivage et sont espacés d'environ 100 m chacun. Nous avons choisi des sites échantillons suffisamment grands pour réduire l'effet des erreurs de positionnement. Afin d'éviter une surcharge d'information sur la figure 1, ces radiales ne sont pas représentées sur cette dernière. Ensuite, sur chacun des sites, nous avons relevé les communautés caractéristiques, les espèces dominantes, le taux de recouvrement corallien approximatif, son taux de dégradation, le type de dégradation observé, ainsi que la hauteur d'eau.

Un certain nombre de radiales, dont les communautés biologiques sont connues par le Laboratoire d'écologie marine de l'Université de la Réunion ont été utilisées pour compléter cette étude. Par souci d'uniformité le même système de prise d'échantillon sur les radiales a été adopté.

La répartition des points est donc non aléatoire et le nombre de points par radiale varie. Cette base de données de 118 points a été intégrée dans le logiciel MapInfo afin de coupler les informations biologiques à leurs coordonnées géographiques.

Sur le plan statistique, nous avons donc des expériences (observations biologiques) répétées  $n$  fois et ces expériences sont indépendantes les unes des autres avec deux issues possibles d'appartenance à la classe considérée. Nous sommes donc dans les conditions d'une loi binomiale. Le nombre d'échantillons est supérieur à 50. Ce nombre est selon HAY (1979) et BUCKLAND et ELSTON (1994) la limite minimum pour un bon échantillonnage.

## 2.3. Précision de classification et de quantification

L'étalonnage du CASI n'ayant pas été effectué, nous pouvons donc nous permettre d'utiliser les valeurs de réflectance seulement en relatif et non en absolu. L'utilisation du radiomètre de terrain, Cimel à quatre bandes ( $\lambda_1=0,55\mu\text{m}$ ,  $\lambda_2=0,65\mu\text{m}$ ,  $\lambda_3=0,85\mu\text{m}$  et  $\lambda_4=1,65\mu\text{m}$ ), a donc été nécessaire pour la reconnaissance de la signature spectrale des micro-communautés d'une superficie d'environ 4 m<sup>2</sup>. Cependant seulement deux ( $\lambda_1$  et  $\lambda_2$ ) des quatre canaux du radiomètre portable sont en commun avec les fenêtres spectrales des images du CASI. Le radiomètre a donc été utilisé sur des sites tests bien connus et représentatifs de communautés benthiques les plus fréquentes sur le platier récifal étudié. Le Cimel nous a donc aidé dans la vérification des espèces par comparaison de leur signature spectrale relevée sur le terrain et celle des deux premiers canaux utilisés dans la classification. Le troisième canal nous a permis quant à lui, une meilleure séparation des classes entre elles. Grâce à ces données, la classification par distance euclidienne (classification paramétrique) est présentée sur la [figure 1](#). Cette méthode de classification est couramment utilisée dans les méthodes de regroupement

en classes et est une simple mesure de distance dans un espace multibande (ici pour un espace à trois dimensions,  $N=3$ ) définie par (SWAIN and DAVIS, 1978) :

$$L1 =$$

où  $x_1$  et  $x_2$  sont les pixels à séparer,  $L_1$  est la distance entre les deux points et  $N$  est le nombre de canaux. Afin d'optimiser la classification, le choix des canaux a été effectué en fonction des graphes de corrélations des 10 canaux CASI utilisés. Ces graphes, réalisés à partir des histogrammes de fréquences, ainsi que les longueurs d'onde du réflectancemètre ont permis de sélectionner les canaux 1 (421 nm  $\lambda$  450 nm), 4 (526 nm  $\lambda$  550 nm) et 7 (639 nm  $\lambda$  650 nm) de l'image CASI.

La précision des classifications a été mesurée par matrice de confusion (tableau 1). Le nombre de points échantillons de 118 a été réduit à 91 car certains points ne servent qu'à la localisation d'amers et pour l'étalonnage du radiomètre sur la plage. Le taux de précision de 66 % indique le degré de précision de la classification.

Etant donné que le nombre de pixels en lui-même engendre des erreurs dans l'estimation de la superficie, la méthode directe, basée sur les matrices de proportions (tableau 1), est utilisée. Celle-ci est appropriée pour la méthode de terrain utilisée ici (non aléatoire) et quand les lignes et les colonnes de la matrice de confusion représentent des entités différentes comme dans le cas présent (HAY, 1979). La méthode directe utilise la matrice de confusion pour calculer la probabilité de chaque classe-terrain d'appartenir aux classes de la classification dirigée (DAVID and JUPP 1989).

Sur le tableau 2, on détaille l'importance relative des classes ainsi que leur superficie en hectares. La classification nous a permis d'estimer à 84 % le compartiment à dominance bioconstruit (platier sensu stricto formé de coraux morts et de coraux vivants) et à 16 % le compartiment à dominance biodétritique.

Par ailleurs les valeurs des superficies présentées sur le tableau 3 font apparaître 75 % de coraux vivants ou en voie de dégradation (c'est-à-dire en concurrence avec des compétiteurs indiquant un degré de perturbation plus ou moins important) et 24,5 % de coraux anciennement nécrosés. Dans cette phase préliminaire de traitement des données, nous n'avons pas encore tenu compte du degré de dégradation des coraux. Cette deuxième phase d'analyse sera abordée ultérieurement.

### 3. RÉSULTATS

Les résultats obtenus sont intéressants car aucune donnée aussi précise n'avait été obtenue jusqu'alors.

Dans le cas de cette étude, l'apport de la télédétection se concentre surtout dans la précision de la localisation spatiale des espèces benthiques et dans l'étude statistique. Cette dernière permet une évaluation du taux de recouvrement des espèces dans le lagon. L'intérêt important de cet outil réside aussi dans « l'automatisation » de la cartographie après la mise au point de

cette méthodologie. L'objectif étant donc de réaliser une cartographie de tous les lagons de la côte ouest de l'île. Ceci représente environ une superficie globale de 600 ha.

L'utilisation de cette technologie permet aussi d'obtenir des données sur des zones parfois difficiles d'accès. Par rapport aux méthodes traditionnelles de traitement des données, un gain conséquent de temps et de précision est à observer.

Le nombre de points échantillons sur le terrain est suffisant et la classification est suffisamment précise (taux de 66%) pour permettre d'élaborer une cartographie thématique du platier récifal de la Saline qui servira, par extrapolation, à cartographier de la même manière les autres platiers récifaux de la Réunion.

Il est évident que la localisation géographique des points d'échantillonnages par rapport à la résolution des images CASI est insuffisante. En effet l'exactitude de la cartographie est limitée aux possibilités du GPS utilisé (Garmin 45). Ceci a pour effet de ramener la précision absolue de la cartographie à une fourchette de valeurs de 20 à 30 m et de 6 à 8 m en relatif.

Aussi, dans un souci d'amélioration, l'utilisation d'un GPS différentiel et d'un spectromètre est prévu. Ceci nous permettra, dans un premier temps, une meilleure localisation géographique et, dans un deuxième temps, une rectification géométrique meilleure. L'utilisation d'un spectromètre à main analysant sur 288 canaux (correspondant aux longueurs spectrales des images CASI) les points échantillons visités permettra une analyse fine des réponses et ainsi établir des courbes spectrales en fonction des espèces. Ceci nous servira à la vérification du choix des bandes spectrales du CASI utilisées pour cette cartographie des lagons.

Les canaux ont toutefois été choisis sur la base des données enregistrées à Maurice. En effet les lagons mauriciens et réunionnais ont beaucoup d'espèces en communs. Aussi la répartition des 10 canaux sur la fenêtre spectrale du visible est relativement bonne dans le sens où ceux-ci couvrent une grande partie de cette fenêtre.

#### **4. CONCLUSION**

La cartographie thématique d'une région est, de façon générale, en elle-même un apport considérable d'information. De même, pouvoir mesurer les superficies des classes reconnues avec une exactitude relative, est un atout que nous offre la télédétection. Afin d'optimiser les hautes résolutions spatiale et spectrale des images CASI, il serait souhaitable d'utiliser un matériel plus sophistiqué que celui qui a été utilisé dans cette étude. Il s'agirait d'utiliser un GPS différentiel permettant une rectification des images et une localisation des données de terrain beaucoup plus précises et surtout correspondant mieux à la résolution métrique des images CASI.

Il faut souligner l'intérêt de l'utilisation de l'image CASI : à partir de 91 points échantillons 225,8 hectares de platier récifal (donc hors pente externe) ont pu être cartographiés avec précision, particulièrement certaines zones difficiles d'accès, jusqu'alors peu connues.

L'analyse d'images CASI, répétées à intervalles temporels réguliers, pourrait se révéler être un outil de premier ordre pour une surveillance de la dégradation ou de la régénération des récifs coralliens, à l'île de la Réunion, mais également dans toute la zone sud-ouest de l'Océan Indien où les platiers récifaux sont souvent vastes et difficilement accessibles.

## RÉFÉRENCES

Borstad, G.A., Kerr, R.C., Zacharias, M., 1994, Monitoring near shore water quality and mapping of coastal areas with a small airborne system and GIS, in the Proceedings of the Second Thematic Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments, New Orleans, Louisiana, Vol. II, p. 51- 56.

Buckland, S. T. and Elston, D. A., 1994. Use of groundtruth data to correct land cover area estimates from remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, vol.15, n°6, p. 1273-1282.

Cuet, P., Naim, O., Faure, G. and Conan, J.-Y., 1988. Nutrient-rich groundwater impact on benthic communities of La Saline fringing reef (Reunion island, Indian Ocean) : preliminary results. *Proc. 6th Intern., Coral Reef Symp., Townsville, Australia*, vol. 2, p. 207-212.

David, L. and Jupp, D. L., 1989. The stability of global estimates from confusion matrix, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 9, p. 1563-1569.

Hay, A. M., 1979. Sampling designs to test land-use map accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, vol. 45, p. 529-533.

Swain, P. H. and Davis, S. M., 1978. *Remote Sensing : the quantitative approach*. Mc Graw-Hill, 180 p.

Tableau 1: Matrice de confusion et matrice de proportion.

Classification dirigée (avec correction des positions)												TOTAL	Exactitude de la classification par classe (%)	
Terrain	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			12
1	1												1	100.0
2		11		2					1		1		15	73.3
3			5	6									11	45.5
4				9						2			11	81.8
5				2	6			1		1	1		11	54.5
6				1		5							6	83.3
7		1		1			6			1			9	66.7
8								1					1	100.0
9			1						3	1			5	60.0
10			1				3		1	6			11	54.5
11								3				5	8	62.5
12												2	2	100.0
TOTAL	1	12	7	21	6	5	9	5	5	11	7	2	91	
Nb Pixel	253410	58386	36225	89289	40984	24118	66428	24091	32443	99101	27540	76550		Exactitude de l'ensemble de la classification (%)
Superficie directe	104.7	24.1	15.0	36.9	16.9	10.0	27.4	9.9	13.4	40.9	11.4	31.6		<b>65.93</b>

Matrice de proportion														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	0	0.91667	0	0.0952	0	0	0	0	0.2	0	0.1429	0		
3	0	0	0.7143	0.2857	0	0	0	0	0	0	0	0		
4	0	0	0	0.4286	0	0	0	0	0	0.1818	0	0		
5	0	0	0	0.0952	1	0	0	0.2	0	0.0909	0.1429	0		
6	0	0	0	0.0476	0	1	0	0	0	0	0	0		
7	0	0.08333	0	0.0476	0	0	0.6667	0	0	0.0909	0	0		
8	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0		
9	0	0	0.1429	0	0	0	0	0	0.6	0.0909	0	0		
10	0	0	0.1429	0	0	0	0.3333	0	0.2	0.5455	0	0		
11	0	0	0	0	0	0	0	0.6	0	0	0.7143	0		
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
Nb Pix	253410	72426.9	51380	56277	67227	28369	62409	4818.2	33850	87861	34126	76550	Total	
Superficie Proportionnelle (ha)	104.7	29.9	21.2	23.2	27.8	11.7	25.8	2.0	13.9	36.3	14.1	31.6	828,505 Pix	342.2

Tableau 2: Superficies en hectares des classes.

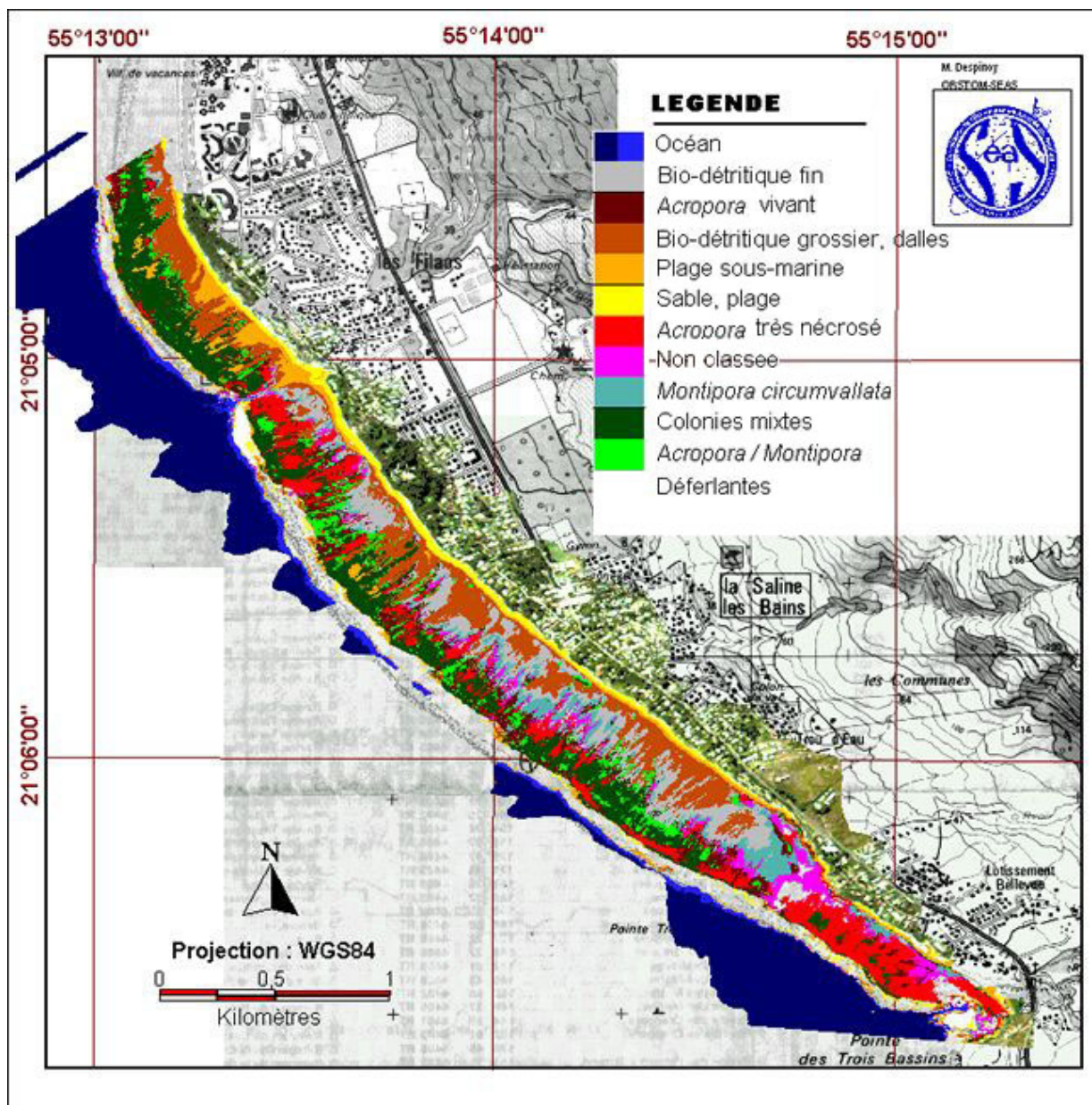
Numéro de classe	Légende	Superficie (ha)
1	Océan	104.7
2	Bio-détritique fin	29.9
3	<i>Acropora</i> vivant	21.2
4	Bio-détritique grossier, dalles	23.2
5	Plage sous-marine	27.8
6	Sable, plage	11.7
7	<i>Acropora</i> très nécrosé	25.8
8	Non classée	2.0
9	<i>Montipora circumvallata</i>	13.9
10	Colonies mixtes	36.3
11	<i>Acropora / Montipora</i>	14.1
12	Déferlantes	31.6
<b>Total</b>		<b>342.2</b>

**Tableau 3:** Compartiments bioconstruits et biodétritiques sur le platier récifal de la Saline.

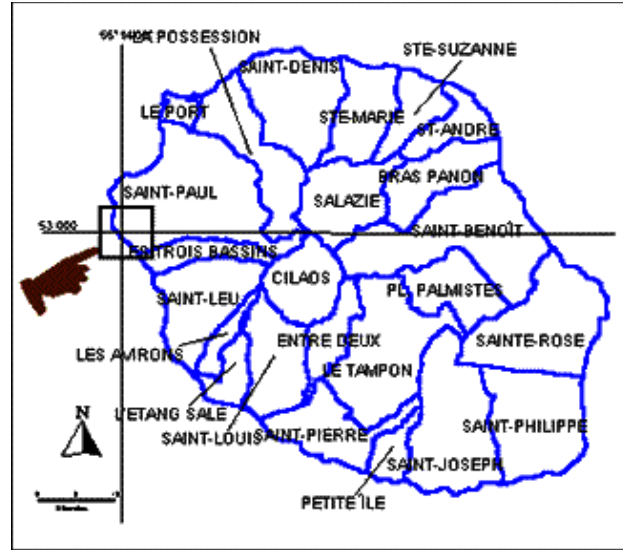
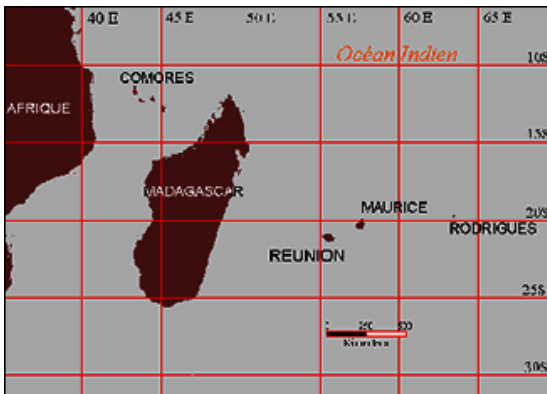
Corail vivant	Corail mort	Biodétritique	Total
85,5 ha	27,8 ha	21,6 ha	134,9 ha
63,40%	20,60%	16,00%	100%

113,3 ha

Coraux vivants = 75,5 %  
Coraux morts = 24,5 %







**Figure 1:** Cartographie du lagon de la Saline par image aéroportée de type CASI (Compact Airborne Spectral Imager)