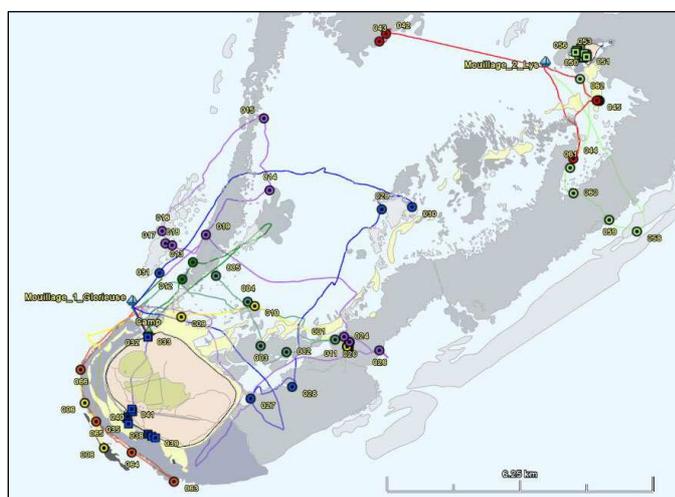
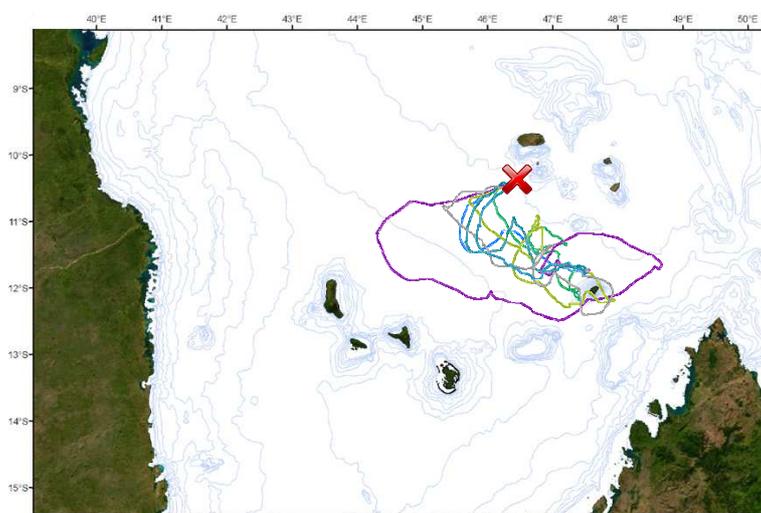

RAPPORT DE MISSION

Du 23 mai au 5 juin 2009

Mission IFREMER/ KELONIA / CNRS / ARVAM / AAMP



GLORIEUSES 2009

MISSION PLURIDISCIPLINAIRE TORTUES / AIRES MARINES PROTEGEES

Coordonnateur de la mission : J. Bourjea/Ifremer
Jerome.Bourjea@ifremer.fr

Auteurs
J. Bourjea
S. Benhamou
P. Mouquet
J.P. Quod



MEMBRE DE LA MISSION

EQUIPE SCIENTIFIQUE : 9 personnes

- **Simon BEHAMOU** (Chercheur, CNRS de Montpellier) – Nationalité Française
- **Romain BOCHARD** (éco-volontaire Kelonia)
- **Jérôme BOURJEA** (Cadre de recherche, **Classe 1B**, Ifremer La Réunion) – Nationalité Française
- **Mayeul DALLEAU** (éco-volontaire Kelonia) – Nationalité Française
- **Hugues EVANO** (Technicien **Classe 1B** - Ifremer La Réunion) – Nationalité Française
- **George JANEAU** (Ingénieur INRA) – Nationalité Française
- **Pascal MOUQUET** (Ingénieur, AAMP/ARVAM/IFREMER) – Nationalité Française
- **Jean Pascal QUOD** (**Classe 1B**, Directeur de l'ARVAM) – Nationalité Française
- **Hendrick SAUVIGNET** (Océan'obs/Kélonia, **Classe 2B**) – Nationalité Française

L'EQUIPAGE DE ANTSIVA : 4 personnes

- **Nicolas Tisne** (Capitaine) – Nationalité Française
- **Anne Tisne** (Cuisinière) – Nationalité Française
- **Rafael Tisne** (Matelot) – Nationalité Française
- **Tombo Raymond** (Matelot) – Nationalité Malgache

MOYEN NAVIGANT UTILISE

Goélette de 28 mètres, « ANTSIVA » au départ de Nosy Bé (Madagascar)

RAPPEL DES OBJECTIF DE LA MISSION

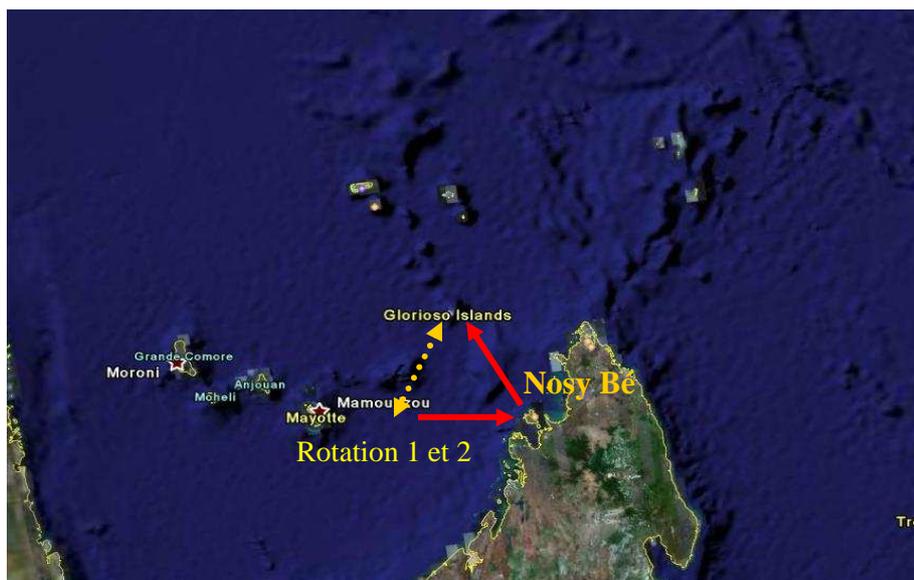
Composante 1 « Tortue » : cette composante est divisée en deux volets : (i) **Etude des Processus de navigation des tortues vertes dans le sud ouest de l'océan Indien**. Sur la base de 12 tortues déplacées à 100 milles de leur plage de ponte, en direction du sud ouest, afin de disposer d'un point de lâcher éloigné des principales îles de la région (Comores, Mayotte, Madagascar, Seychelles), les processus de navigation et d'orientation en fonction du champs magnétique terrestre et des courants seront étudiées grâce à des balises Argos. Cette composante est très semblable au travail qui a été menée lors de la *mission Glorieuses 2008*. (ii) **Importance des îles du Sud Ouest de l'océan Indien en tant qu'habitat de développement pour les tortues marines**. Dans la continuité des missions réalisées ces 3 dernières années dans les îles Eparses, une campagne de marquage / relecture sera réalisée dans le lagon de Glorieuses afin d'étudier les taux de résidence et de croissance des immatures de tortue verte et imbriquée.

Composante 2 « Aires Marines protégées » : Cette seconde composante se focalise sur (i) la finalisation de l'échantillonnage de trois espèces de poisson de récifs (*L. kasmira* ; *E. merra* et *M. berndti*) pour permettre d'évaluer les échanges entre les AMPs du Sud Ouest de l'océan Indien (voir *mission Glorieuses 2008*) et sur (ii) les levés de terrains dans le cadre de l'acquisition d'informations par télédétection aéroportée lors de la campagne 2009 Littho3D/AAMP.

PLAN DE ROUTE DE LA MISSION

-
- 22 mai 2009 : Départ : Réunion – Nosy bé (Madagascar)
-
- 22 mai 2008 : Départ Nosy bé – Glorieuses
 - 23 mai : Arrivée aux Glorieuses (14h)
 - 25 mai : première rotation Glorieuses – 100 des Glorieuses vers le Geysier
 - 27 mai : retour de la première rotation

- 28 – 30 mai : Glorieuse
 - 31 mai : Ile du Lys
 - 1 juin : Départ seconde rotation Glorieuses – 100 des Glorieuses vers le Geysier
 - du 2 au 4 juin : Geysier
 - 4 juin : départ Geysier – Glorieuses
 - 5 juin départ Glorieuses – Nosy-bé (16h)
-
- 6 juin : Départ Nosy bé – La Réunion
-



BILAN DE LA MISSION

COMPOSANTE 1 « TORTUE »

Sous - composante 1 : Processus de navigation pélagique des tortues vertes dans le sud ouest de l'océan Indien (Financement ANR, programme *Écologie Spatiale des Tortues Vertes de l'océan Indien*, mis en œuvre par KELONIA, IFREMER la Réunion et le CNRS Montpellier)

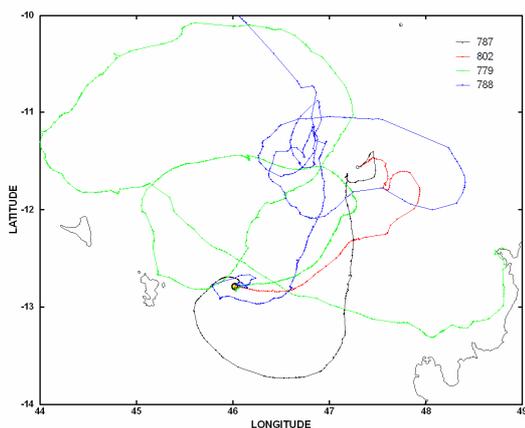
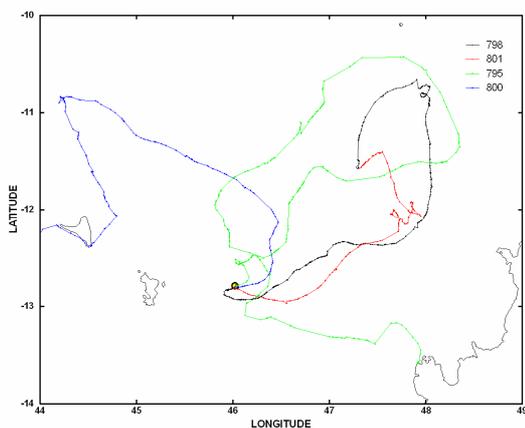
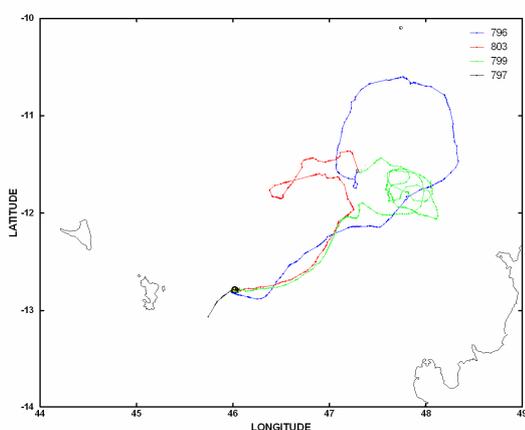
Contact: Simon BEHAMOU: simon.benhamou@cefe.cnrs.fr

Pour des questions de validités statistiques, cette partie de la mission a été un répliqua de la mission aux Glorieuses en 2008.

Cette mission 2009 complète utilement celle réalisée en mai 2008 avec le même protocole expérimental. En effet, les expériences que nous avons démarrées l'année dernière sur des tortues vertes pondant sur les Iles Glorieuses visent à préciser le rôle des informations géomagnétiques dans la phase de navigation pélagique des migrations que les tortues vertes effectuent entre leurs sites d'alimentation et de reproduction. Alors que les expériences précédentes étaient basées sur l'utilisation de balises Argos classiques, ces nouvelles expériences reposent sur des balises Fast-loc GPS/Argos de dernière génération, permettant d'enregistrer les trajets de retour des tortues avec une bien plus grande précision (quelques mètres vs. quelques centaines de mètres) et une plus grande fréquence (toutes les 30-60 minutes vs. toutes les 2-3 heures). Il devient ainsi possible, grâce à des analyses fines de ces trajets, de mieux estimer l'efficacité navigationnelle des tortues dans différentes conditions expérimentales, et de mettre en évidence la manière dont les informations disponibles sont utilisées. L'effectif utilisé (12 tortues) lors de la campagne 2008, s'est cependant révélé trop faible pour permettre de bien discriminer les tortues ayant ou n'ayant pas subi de perturbation de la perception du

champ géomagnétique. C'est pourquoi il est nécessaire de répliquer cette expérience en 2009 avec 12 tortues supplémentaires, en recourant au même protocole expérimental, à savoir:

- Un groupe contrôle (CO), formé de 4 tortues ne subissant aucune perturbation magnétique, servant de groupe témoin pour l'analyse des 2 autres groupes.
- Un deuxième groupe (MH: magnetic homing), formé de 4 tortues équipées d'aimants de très faible intensité posés juste avant de les relâcher en mer. Ces aimants ne sont pas assez puissants pour masquer le champ magnétique terrestre, mais suffisent à le modifier, et donc à perturber les informations géomagnétiques captées par les tortues.
- Un troisième groupe (MB: magnetic beach) formé de 4 tortues soumises sur la plage à une perturbation magnétique (en utilisant les aimants de forte puissance), les aimants étant enlevés dès que les tortues sont hissées à bord du bateau qui sert à les déplacer au large. Leur navigation pélagique n'était donc pas soumise à un masquage ou une déformation du champ géomagnétique, mais aucune information géomagnétique n'était disponible pour ces tortues au moment où elles ont été prélevées sur la plage.



Ces 12 tortues ont été déplacées en deux fois (le 25 mai et le 1 juin) à 100 miles nautiques au sud-est des Glorieuses (point de lâcher : 46.0E, 12.8S), avec 2 tortues de chaque groupe à chaque fois. Lors de cette seconde mission, nous n'avons cependant pas pu bénéficier, comme l'année dernière, de la présence d'un stagiaire sur place, dont le rôle était de marquer les tortues femelles venant pondre sur Grande Glorieuse et de suivre ainsi le nombre de pontes. Ce suivi nous avait permis de ne prendre, pour notre expérience, que des tortues qui étaient en début de phase de reproduction, et donc très motivées pour revenir sur les Glorieuses après en avoir été expérimentalement éloignées. Cette année, en l'absence de suivi des phases de ponte, nous n'avons pas pu sélectionner les tortues sur cette base motivationnelle, et nous avons donc simplement constitué notre échantillon en prenant les premières tortues accessibles. De ce fait, nous avons utilisé certaines tortues qui se sont avérées finalement peu ou pas motivées pour revenir pondre sur les Iles Glorieuses, selon le moment de leur cycle de reproduction où elles ont été prélevées. Ainsi, une tortue du groupe CO, et une autre du groupe MH, qui devaient déjà avoir fini leur cycle de ponte, n'ont pas du tout cherché à revenir aux Iles Glorieuses, mais ont entamé directement leur migration post-reproduction vers la côte africaine aussitôt après avoir été relâchées. Trois autres tortues, une du groupe MH et deux du groupe MB, pour lesquelles il devait rester une ponte à effectuer, ont visiblement cherché pendant un moment à rejoindre leur plage de départ, mais ont finalement abandonné ce projet en cours de route, pour rejoindre leurs sites d'alimentation sur la côte est-africaine ou malgache.

Figure 1 : trajets des tortues relâchées ; en haut CO ; Milieu MH ; Bas MB

En première analyse, les résultats obtenus en 2009 confirment et complètent ceux obtenus l'année dernière. On voit ainsi déjà que, par comparaison aux tortues du groupe contrôle (CO; Fig.1, haut) qui ont eu accès aux informations géomagnétiques à tout moment, les tortues privées de ce type d'informations durant le trajet retour (groupe MH; Fig.1, milieu) sont aussi capables de revenir à leur plage de ponte après en avoir été éloignées à grande distance, mais avec des performances navigationnelles moindres. De leur côté, les tortues ayant subi un bref mais intense masquage du champ géomagnétique lors de leur séjour sur la plage de ponte avant d'être déplacées sont également capables d'y revenir, et présentent apparemment des performances navigationnelles intermédiaires (Fig.1, bas). Une composante importante des déplacements pélagiques des tortues marines est cependant due aux courants marins, qui tendent à dévier les tortues de la trajectoire choisie, et qu'il faut donc soustraire des déplacements enregistrés par GPS pour déterminer la composante proprement motrice des trajets de retour. Cette opération a été réalisée pour les trajets enregistrés en 2008, mais pas encore pour ceux enregistrés en 2009 (les données océanologiques pour cette dernière période ne seront disponibles qu'en septembre). Elle permettra une analyse approfondie de ces trajets, prenant en compte les courants marins. Il faut également noter que les tortues ayant retournés sur les Iles Glorieuses ont ensuite effectué leur migration post reproduction vers la côte est-africaine. Ces trajets migratoires serviront également à documenter leurs capacités de navigation pélagique.

Sous - composante 2 : Importance des îles du Sud Ouest de l'océan Indien en tant qu'habitat de développement pour les tortues marines (contribution au programme *Caractérisation génétique des différentes colonies de tortues vertes (Chelonia mydas) nidifiant et se nourrissant dans le sud ouest de l'océan Indien*, mis en œuvre par KELONIA et IFREMER la Réunion, Financement FEDER/Kelonia)

Contact: Jérôme Bourjea jerome.bourjea@ifremer.fr

Rappel du contexte et des objectifs

Il est admis depuis maintenant plus de 20 ans que les îles Eparses françaises sont des sites de ponte majeurs pour les tortues vertes du sud ouest de l'océan Indien. Les récentes missions sur ces îles (*Glorieuses 2005, 2008, Europa 2006, Juan de nova 2007, Marion Dufresne 2009*) ont mis en évidence également que ces sites étaient des habitats de développement important non seulement pour les immatures de tortues vertes (*Chelonia mydas*), mais également d'imbriquées (*Eretmochelys imbricata*). Cette mission visait donc à (1) compléter les connaissances sur les habitats de développement des immatures de tortues marines dans les îles éparses et (2) prélever des échantillons génétiques d'imbriquées dans le cadre de la caractérisation génétique du stock de cette espèce dans le sud ouest de l'océan Indien.

Résultats

La même technique utilisée lors de la mission aux *Glorieuses (2005, 2008), Europa (2006), Juan de nova (2007)* et *Marion Dufresne (2009)* a été utilisée lors de cette mission. A marée durant la journée, 37 tortues vertes et 2 imbriquées ont été repérées à l'aide d'une annexe motorisée, et capturées par 'boat jumping'. Chaque tortue capturée a été mesurée (longueur curviligne de la carapace) et identifiée (pose d'une bague métallique numérotée sur la nageoire antérieure gauche, photo-identification) ou relue si celle-ci a été déjà marquée lors d'une mission précédente. Dans le cadre de la détermination de l'origine de ces immatures, un prélèvement génétique a été réalisé au niveau de la nageoire postérieure droite à l'aide d'un emporte-pièce stérilisé. Les tortues ont ensuite été relâchées sur le site de capture. Le tableau 1 résume le bilan des captures.

Date	espèce	Taille LCC	Poids	M/R/RM	N°bagues G	N°Ge netique
26/05/2009	CM	60	22.5	R	RUN0628	129
26/05/2009	CM	63	29.7	M	GLO0012	130
26/05/2009	CM	70	39.8	M	GLO0013	131
26/05/2009	CM	65	29.6	M	GLO0014	132
26/05/2009	CM	56	20.9	M	GLO0015	
26/05/2009	CM	52	18.3	R	GLO0003	
26/05/2009	CM	55	20.3	R	RUN0065	133
26/05/2009	CM	74	47.3	R	RUN0062	134
27/05/2009	CM	100		M	GLO0016	135
27/05/2009	CM	45	10.4	M	GLO0017	136
27/05/2009	CM	43	15.9	M	GLO0018	
27/05/2009	CM	58	21.7	R	GLO0006	137
27/05/2009	CM	46	10.8	M	GLO0019	138
27/05/2009	CM	63	27.3	M	GLO0020	
27/05/2009	CM	56	20.0	R	RUN0055	
27/05/2009	CM	52	15.8	R	GLO0004	
28/05/2009	CM	52	14.8	R	RUN00630	
28/05/2009	CM	59	20.8	R	RUN0643	139
28/05/2009	CM	62	25.8	M	GLO0021	140
28/05/2009	CM	50	13.9	M	GLO0022	141
28/05/2009	CM	47	12.9	M	GLO0023	142
28/05/2009	CM	48	12.6	M	GLO0024	143
28/05/2009	CM	52	14.9	M	GLO0025	144
28/05/2009	CM	55	17.5	M	GLO0026	
28/05/2009	CM	NA	NA	R	RUN0055	145
28/05/2009	CM	61	24.8	M	GLO0027	
28/05/2009	CM	NA	NA	R	GLO0012	
28/05/2009	CM	46	10.5	R	RUN0627	146
28/05/2009	CM	64	30.8	M	GLO0028	147
28/05/2009	EI	51	13.8	M	GLO0029	148
30/05/2009	CM	61	24.5	RM	GLO0030	149
30/05/2009	CM	40	8.3	M	GLO0031	150
30/05/2009	CM	47	11.9	M	GLO0032	
31/05/2009	CM		17.7	R	RUN0048	
31/05/2009	CM	NA	NA	R	RUN0065	
31/05/2009	CM	NA	NA	R	GLO0006	
31/05/2009	CM	56	21.2	R	RUN0060	151
31/05/2009	CM	76	50.9	M	GLO0033	153
03/06/2009	EI	44	9.5	M	GLO0035	

Tableau 1 : bilan des captures d'immatures de *Chelonia mydas* et *Eretmochelys imbricata* dans le lagon de Glorieuses lors de la mission 2009.

Lors des précédentes missions aux Glorieuses en 2005 et 2008, 40 immatures de tortues avaient déjà été marquées; sur les 39 captures réalisées lors de cette mission (2 imbriquées et 37 vertes), 11 tortues vertes étaient déjà marquées. Ces données ont pu être comparées avec les précédentes. Le tableau 2 fait le bilan des marquages recaptures effectués sur Glorieuses depuis le début du programme en 2005.

année		Nombre					
		Marquée	recapturée	re-marquée	mesurée	pesée	
Glorieuse	2005	CM	29	0	0	29	0
		EI	0	0	0	0	
	2008	CM	11	4	0	15	0
		EI	0	0	0	0	0
	2009	CM	29	19	2	48	32
		EI	2	0	0	2	2
Total			71	23	2	94	34

Tableau 2 : bilan des marquages relectures effectués à glorieuses depuis 2005

Leur taux de croissance annuel moyen calculé sur 4 ans est de 0.23 +/- 0.07 cm par mois sur la période (Tableau 2) avec, sur les 11 recaptures, 6 qui avaient été marquées en 2005 (Tableau 3). Cette première approche confirme que le temps de séjour des immatures de tortue verte est relativement long dans leur habitat de développement (au moins 3 ans pour certaines). Cependant aucune donnée ne nous permet d'estimer s'il existe une disparité individuelle dans les taux de croissance. Une première estimation du taux de croissance individuelle aux Glorieuses pour des individus de taille identique semble être du même ordre que celui validé en Floride, mais moins important que ceux constatés à Hawaii, en Australie et aux Galapagos. Cependant, les taux de croissance restent fonction de la disponibilité en nourriture qui varie d'un site à l'autre et nécessite des données sur l'ensemble les îles éparses avec un nombre de recapture plus important, associées à l'étude du milieu (habitat).

date	taille	poids	M/R/RM	N°Marque	intervalle (en mois)
31/05/2009	55	17,7	R	RUN0048	
01/08/2005	45	NA	M	RUN0048	34
27/05/2009	56	20	R	RUN0055	
01/08/2005	47,5	NA	M	RUN0055	34
01/08/2005	49,5	NA	M	RUN0059	
01/05/2008	59	NA	R	RUN0059	22
01/08/2005	45	NA	M	RUN0060	
01/05/2008	52	NA	R	RUN0060	22
31/05/2009	56	21,2	R	RUN0060	34
01/08/2005	55	NA	M	RUN0061	
01/05/2008	62	NA	R	RUN0061	22
26/05/2009	74	47,3	R	RUN0062	
01/08/2005	63	NA	M	RUN0062	34
01/08/2005	45	NA	M	RUN0065	
01/05/2008	51	NA	R	RUN0065	22
26/05/2009	55	20,3	R	RUN0065	34
05/05/2009	63	NA	RM	RUN0081	
01/08/2005	51	NA	M	RUN0081	34
28/05/2009	46	10,5	R	RUN0627	
01/05/2008	42	NA	M	RUN0627	12
26/05/2009	60	22,5	R	RUN0628	
01/05/2008	56	NA	M	RUN0628	12
28/05/2009	59	20,8	R	RUN0643	
01/05/2008	58	NA	M	RUN0643	12

Tableau 3 : intervalle de temps entre les recaptures d'immatures de Chelonia mydas depuis le début du programme en 2005

Enfin, pour la première fois, nous avons pesé les tortues capturées afin d'établir une relation poids/taille pour les immatures de tortues vertes des glorieuses (Figure 2). Avec un coefficient de corrélation de $R^2=0.91$, l'équation établie est :

$$\text{Poids (Kg)} = 1.11113 (\text{Taille CCL(cm)}) - 40.752$$

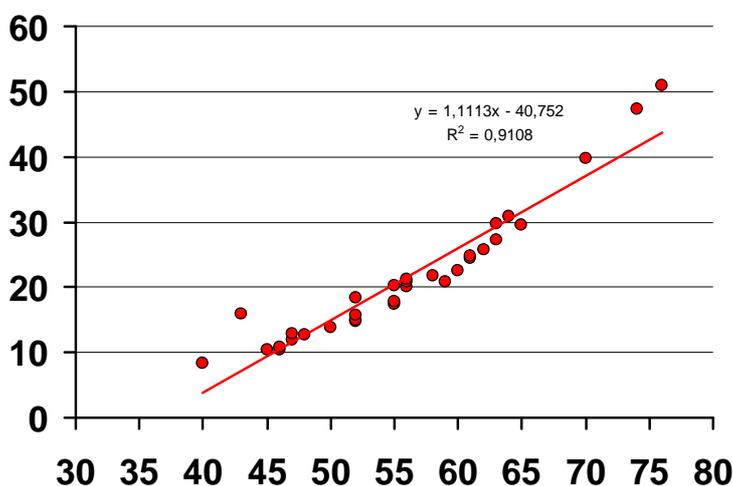


Figure 2 : Relation poids/taille (longueur courbe de la carapace) pour les immatures de tortues vertes de Glorieuses.

COMPOSANTE 2 « Aires Marines Protégées »

Sous composante 1 : Levés de terrain dans le cadre de l'acquisition des informations par télédétection aéroportée au Glorieuses, mis en œuvre par L'AAMP, IFREMER et l'ARVAM

Contact : Pascal Mouquet pascal.mouquet@ifremer.fr

Rappel du contexte et des objectifs

Dans le cadre des projets Litto3D et SPECTRHABENT-OI, il est prévu d'acquérir des informations par télédétection aéroportée dans les secteurs suivants :

- La Réunion,
- Mayotte,
- îles Eparses,
- Le banc de Geysier-Zélée.

Pour être exploitables, les données acquises par télédétection multispectrale et hyperspectrale doivent faire l'objet de *vérités-terrains* (VT) dont l'objectif est de renseigner ponctuellement mais précisément la typologie des habitats au sens développé dans le cadre du TIT IFRECOR (géomorphologie + substrat + biocénoses), en lien avec les signatures spectrales acquises par l'outil de télédétection embarqué. Les VT permettent :

- D'établir **un catalogue de signatures spectrales** in situ aussi complet et exhaustif que possible pour ce type de récif corallien grâce à l'utilisation d'un spectroradiomètre de terrain immergé.

- De définir, après analyse des différentes signatures spectrales, **une procédure de traitement** des images aériennes hyperspectrales.
- **De valider les résultats** issus du traitement.

Concernant le site atelier des Glorieuses, des données générales sur les habitats marins, acquises au cours de programmes scientifiques menés entre 2002 et 2005 ont permis de cibler les zones d'intérêt pour les VT 2009.

Localisation de la zone d'étude & Plan d'échantillonnage

La mission de terrain s'est déroulée du 22 mai au 6 juin 2009 sur deux secteurs géographiques distants d'environ 120 km : Glorieuses et le banc du Geyser (Figure 3, Tableau 4).

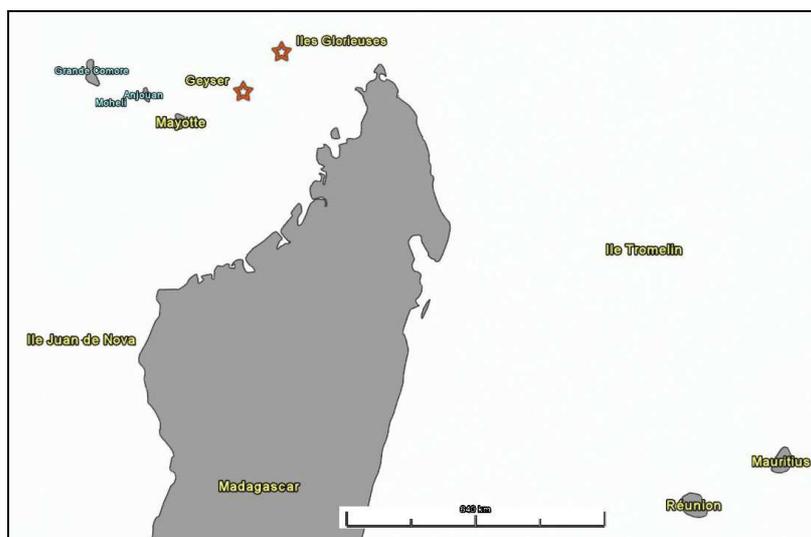


Figure 3. Localisation des sites de mesures : les Iles Glorieuses et le banc du Geyser, situés au nord-est de Madagascar (étoiles oranges).

ID	Date	Localisation	N° WPT	Nb spectres
01	24/05/2009	Glorieuse	001-005	92
02	25/05/2009	Glorieuse	006-010	122
03	26/05/2009	Glorieuse	012-013	48
04	27/05/2009	Glorieuse	014-026	167
05	28/05/2009	Glorieuse	027-031	276
06	29/05/2009	Glorieuse	042-047	77
07	30/05/2009	Glorieuse	048-062	228
08	31/05/2009	Glorieuse	063-066	59
Glorieuse				1069
09	03/06/2009	Geyser	068-070	119
10	04/06/2009	Geyser	071-075	132
Geyser				251
TOTAL				1320

Tableau 4. Synthèse des journées d'acquisition, date, localisation, points GPS et nombre de spectres.

Sur Glorieuses, les mesures ont été principalement réalisées entre les îles de Grande Glorieuse et du Lys, à l'abri des deux arcs coralliens nord et nord-est. Lorsque les conditions météo le permettaient (faibles vent & houle), des VT ont pu être effectuées en dehors du platier jusqu'aux limites du tombant

au sud et à l'est. La carte Figure 4 ci-dessous présente la localisation des points de mesure ainsi que les différents trajets suivis.

Les profondeurs de travail se sont échelonnées entre 0 m (sur le platier) et -16 m (herbier à *Thalassodendron ciliatum* au nord, waypoints 042 & 043). En complément des mesures sous-marines, des mesures aériennes sur cibles invariantes (substrats minéraux secs), ont été réalisées sur Grande Glorieuse, l'îlot des Roches Vertes, l'île du Lys et ses bancs de sable, ainsi que les deux îlots sableux de Geysier. Ces mesures serviront à la calibration radiométrique des images aériennes.

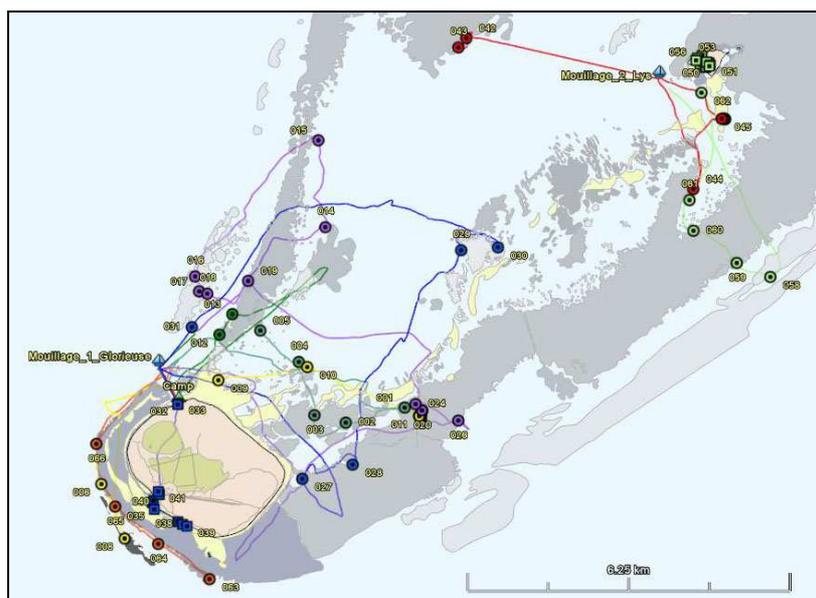


Figure 4. Localisation des mesures réalisées autour des Iles Glorieuses. Les cercles représentent les points où ont été réalisées les mesures radiométriques, les traits représentent les traces GPS de cheminement et prospection. Une couleur par journée d'acquisition. Les deux mouillages du voilier Antsiva sont représentés à proximité de Grande Glorieuse (en face du débarcadère) et l'île du Lys.

Sur le banc du Geysier les deux journées de mesures ont été réalisées autour des deux bancs de sable affleurant à basse mer (Figure 5).



Figure 5. Carte de localisation des mesures réalisées sur le banc du Geysier. Les cercles représentent les points où ont été réalisées les mesures radiométriques, les traits représentent les traces GPS de cheminement et prospection. Journée du 3 juin en violet sur la partie sud-ouest. Journée du 4 juin sur l'arc nord-est en orangé.



Les deux mouillages du voilier Antsiva sont représentés à proximité des bancs de sables (icônes bleues). Fond de carte : Image courtesy of the Image Science & Analysis Laboratory, NASA Johnson Space Center - ISS011-E-8554 - <http://eol.jsc.nasa.gov/>.

Méthodologie d'intervention.

Ont participé à la phase d'acquisition des données de terrain Jean Pascal QUOD (Classe 1B) Pascal MOUQUET, Hugues EVANO (Classe 1B), Hendrick SAUVIGNET (Classe 2B), Jérôme BOURJEA (Classe 1B).

La réalisation du catalogue de signatures spectrales s'est découpée en plusieurs phases :

La phase 1 dite de « pré-cartographie », réalisée en bureau a visé à pré-identifier les stations d'acquisition d'informations spectrales et environnementales sur la base des connaissances acquises sur le terrain croisée avec l'approche « habitats » coralliens. Un travail de photo-interprétation et de numérisation a permis la création de cartes numériques simplifiées précisant la localisation des principales structures et limites coralliennes. Ces données, entrées dans un GPS cartographique ont été utilisées pour une meilleure navigation et le repérage précis des stations sur le terrain.

La phase 2 dite de « vérité-terrain » a été conduite sur ces stations par une équipe de plongeurs professionnels tous titulaires du Classe 1B (cf. détail de l'équipe de terrain ci-dessus). La tranche bathymétrique qui a été explorée est celle des 0-20m.

Durant toute la mission, l'équipe a disposé d'une embarcation autonome et de moyens de contact radio permanents avec la base (navire ANTSIVA et base terrestre).

Sur chaque point de mesure, correspondant à une signature spectrale aussi « pure » que possible, l'intervention consiste en plusieurs activités :

- L'enregistrement au moyen du spectroradiomètre de la signature spectrale de l'objet cible. Cette opération est réalisée en deux temps. Une première mesure est réalisée au dessus d'une surface blanche de référence (Spectralon), puis une seconde mesure est prise au dessus de la cible à échantillonner (Figure 7). Le rapport de ces deux mesures donne un spectre de réflectance, caractéristique de l'objet analysé. Cette opération répétée entre 3 et 5 fois par cible, permet de prendre en compte l'hétérogénéité spatiale de l'objet et la variabilité temporelle (fortes variations de luminosité dues à l'état de surface de la mer). (Figure 6).
- La prise de photographies sous-marines de chaque cible permet de garder une trace visuelle de chaque objet. Elles seront incorporées à la base de données et utilisées lors de l'analyse de la librairie spectrale (précision taxonomique, coloration, état physiologique, etc.).
- Le relevé de paramètres océanographiques et biologiques rattachés à ce point.
 - Pour les paramètres océanographiques, les données suivantes ont été collectées : point GPS, profondeur, marée.
 - Identification de l'espèce ou du type de cible
 - Pour les paramètres écologiques, la méthode MSA (*Medium Scale Approach*) sera développée afin de caractériser le peuplement benthique. La prise de vue verticale de la station (Figure 8) permet de bancariser l'information et le traitement selon la méthode CPCe.

Afin de calibrer ultérieurement les données par une « correction de la colonne d'eau », l'ARVAM a mis en place un enregistreur de marée tout au long de la mission.

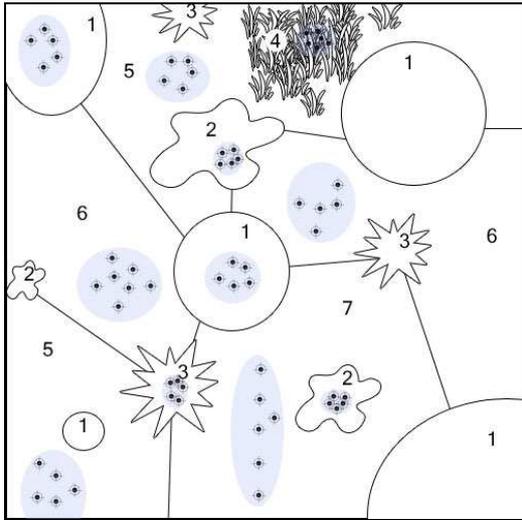


Figure 6. Protocole d'échantillonnage du fond sous-marin. De mesures (points noirs) sont réalisées sur chacune des principales cibles identifiées (numéros 1 à 7). La prise de plusieurs mesures successives sur une même cible (à l'intérieur des surfaces bleues) permet de réaliser une moyenne spatiale (hétérogénéité due à la structure tridimensionnelle des objets) et temporelle (variations de luminosité dans la masse d'eau dues principalement à l'état de surface de la mer).



Figure 7. Exemples de mesures réalisées à l'aide du spectroradiomètre. De gauche à droite, en haut : calibration de l'appareil à l'aide du Spectralon (surface de référence revoyant 99% de l'énergie lumineuse incidente) avant mesures sur le fond sableux (Profondeur : 10 m), mesures sur un acropore branchu par 2 m de fond. En bas, mesures sur acropores digités par 3,5 m de fond, et dans un herbier de *Thalassodendron ciliatum* devant l'île du Lys (1,5 m de profondeur).

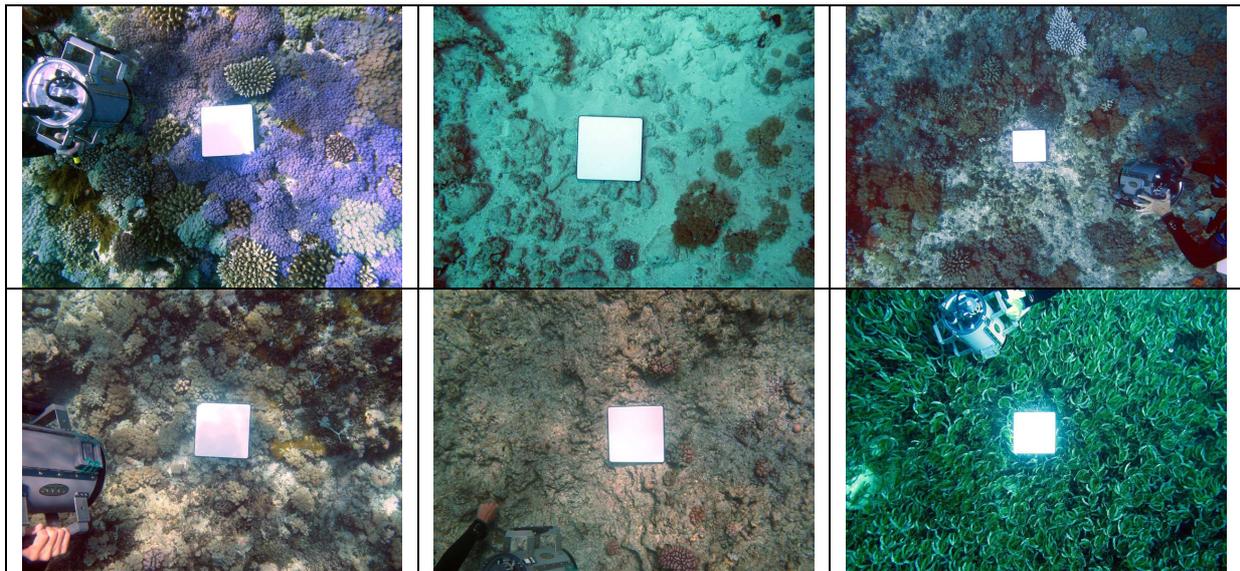


Figure 8. Photographies verticales de différents peuplements rencontrés aux Glorieuses et Geysier. Le carré blanc (Spectralon) posé sur le fond permet de donner l'échelle (25 cm x 25 cm).

Résultats

Après mise en forme (filtrage des valeurs aberrantes et moyenne des mesures), les spectres de terrain sont stockés dans une base de données avec les métadonnées associées. L'analyse de cette base de données (croisement intra et inter spécifiques, influence de la localisation géographique, de la profondeur, etc.) permettra de vérifier la cohérence avec la bibliographie et de définir les algorithmes de traitement des images hyperspectrales.

Les Figure 9 et Figure 10 présentent quelques spectres acquis les 25 et 27 mai 2009 sur le site des îles Glorieuses.

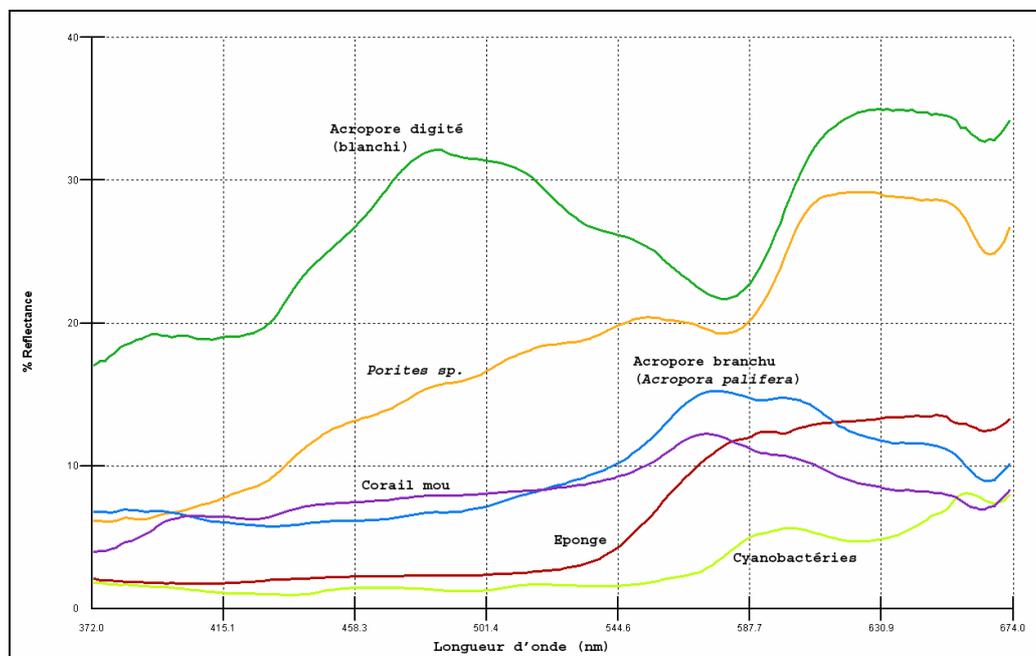


Figure 9. Exemples de spectres enregistrés le 27 mai 2009 entre 8 et 10 mètres de fond au nord de Grande Glorieuse (WPT014, Figure). Les coraux présentés ici correspondent à aux deux types de profil définis dans la littérature comme « Corail brun » (l'acropore branchu et le corail mou) et « Corail bleu » (Porites sp.). L'acropore digité blanchi présente un profil de « Corail bleu », avec un fort pic de réflectance dans le bleu, vers 475nm.

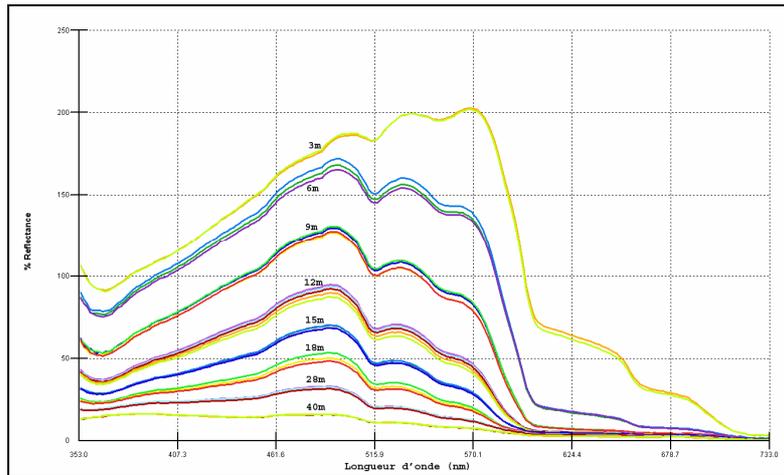


Figure 10. Evolution de la réflectance (relative) du fond en fonction de la hauteur d'eau sur un substrat sableux. Mesures réalisées le 25 mai entre 3 et 40m de profondeur.

En parallèle à l'intervention d'acquisition de données hyperspectrales, il a été possible de collecter des données océanographiques de base comme (i) la marée et (ii) la température de l'océan. En matière de température, il a été noté lors de la mission tant à Glorieuses qu'au Geysier un phénomène de blanchissement corallien assez important qui affectait l'ensemble de l'écosystème récifal, à l'exception de la pente externe (Figure 11 ci-dessous). Il fait suite à un réchauffement de l'océan dans cette région. L'ARVAM ayant installé depuis 2004 un enregistreur au droit du débarcadère, cette sonde a fait l'objet d'un remplacement. Les données collectées in situ au cours de la période 2008-2009 sont actuellement en cours de traitement pour expliquer le phénomène observé.

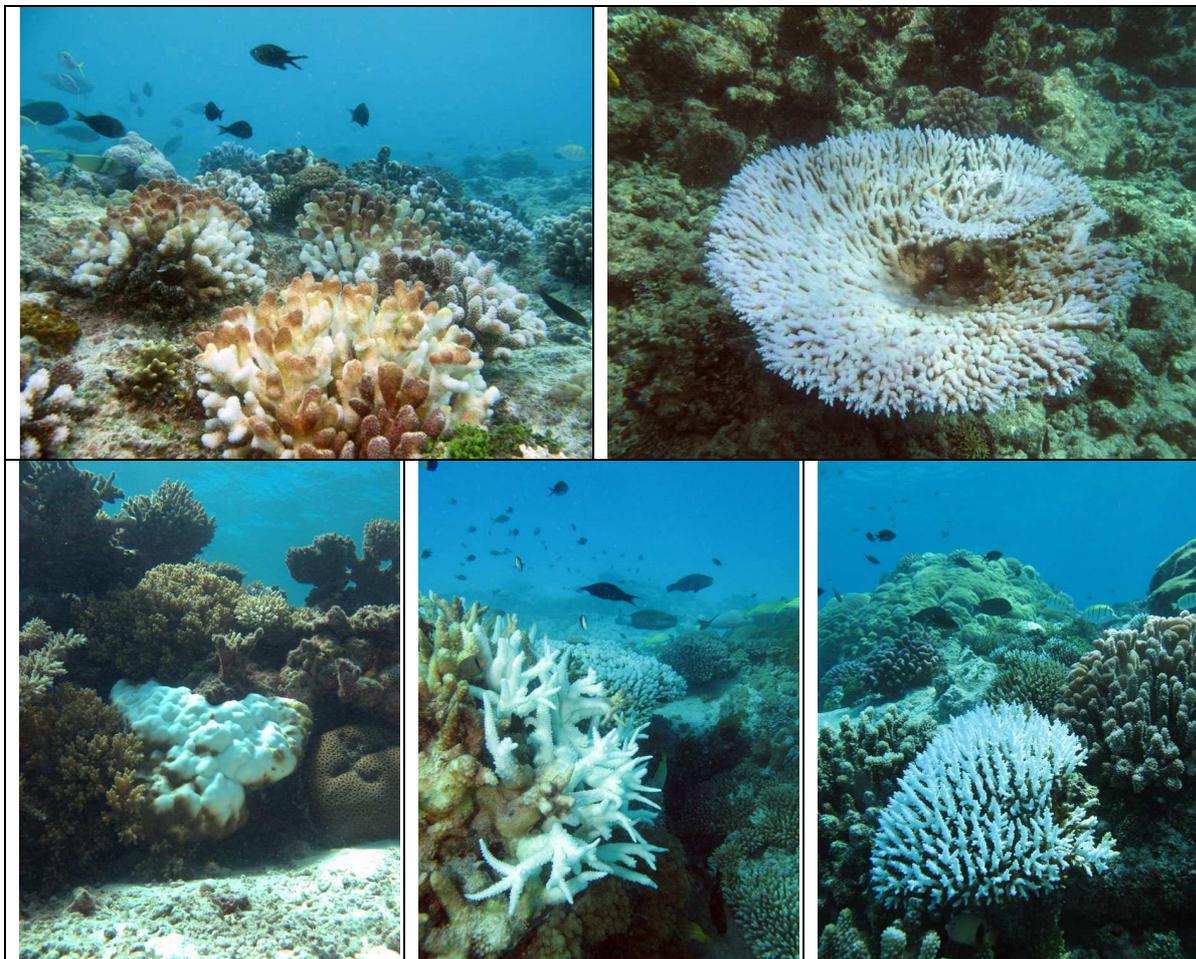


Figure 11. Blanchissement corallien observé tant à Glorieuses qu'au Geysier, fin mai – début juin 2009.

Composante 2 : Connectivité des Aires Marines protégées (CAMP), menée par IFREMER et la Réserve Naturelle Marine de La Réunion, et soutenue par l'AAMP

Contact: Jérôme Bourjea jerome.bourjea@ifremer.fr

Rappel du contexte et des objectifs

Les aires marines protégées (AMP) sont mises en place pour aider à la préservation de la biodiversité marine, à une échelle supposée supérieure aux limites de la réserve. S'il existe un consensus sur les effets positifs des réserves marines sur la taille et l'abondance des espèces au sein des limites de la zone protégée, une efficacité réelle en terme de protection de la biodiversité nécessite que les AMP soient intégrées en un réseau dense. Dans un objectif commun de protection de la diversité marine et de gestion efficace des espèces dans le Sud Ouest de l'Océan Indien (SOOI), un réseau d'AMP est en cours de montage par la Commission de l'Océan Indien (COI) et devrait être connecté aux autres AMPs de la zone (côte Africaine).

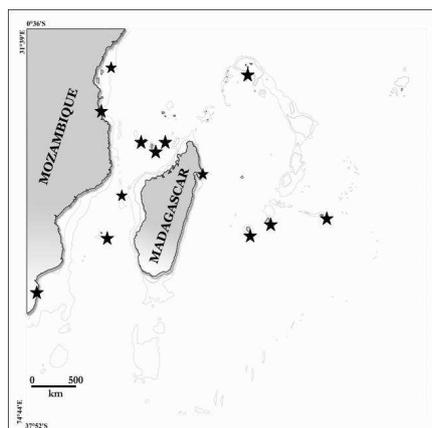
Le but du **projet CAMP** est d'estimer la connectivité effective entre les AMP du SOOI afin de contribuer significativement au dessin du réseau. Est-ce que les populations existant au sein de chaque AMP fonctionnent démographiquement de façon indépendante ? Quelles sont les AMP connectées et qu'elles sont celles qui sont isolées ? Est-ce que toutes les AMP sont aussi productives en terme de migrants ? Ces estimations de connectivité entre populations sont effectuées grâce à la génétique des populations : examiner la diversité et la structure génétiques existant entre populations permet d'estimer le taux de transfert d'individus et ainsi d'évaluer la connectivité entre zones et de différencier des populations « sources » des populations « puits ».

L'étude de faisabilité, réalisée de septembre 2007 à septembre 2008, à la demande du GIP-Réserve naturelle Marine de la Réunion, a permis d'identifier trois espèces cibles (espèces choisies selon l'intérêt économique local et l'existence de marqueurs génétiques), puis de valider les protocoles d'échantillonnage et d'analyse. Les trois espèces retenues sont: *Epinephelus merra* (Serranidae), *Lutjanus kasmira* (Lutjanidae) et *Myripristis berndti* (Holocentridae). Trois sites étaient identifiés pour cette première phase: La Réunion, Glorieuses et Mayotte. Les résultats obtenus avec le séquençage du gène mitochondrial cytochrome b permettent d'esquisser l'histoire de colonisation du SOOI, avec une phase d'expansion récente importante pour *L. kasmira* tandis que les deux autres espèces semblent avoir une histoire plus ancienne dans la zone. D'autre part, ces trois espèces montrent des similarités dans les patrons d'échanges actuels avec un isolement beaucoup plus marqué entre la Réunion et les Glorieuses alors que les populations de poissons de ces deux sites ne semblent pas être isolées de celles de Mayotte. Si des résultats basés sur trois sites doivent être considérés avec parcimonie, ils permettent néanmoins de visualiser l'intérêt que peut présenter la génétique des populations.

Sur la base de trois espèces retenues (*Epinephelus merra* (Serranidae), *Lutjanus kasmira* (Lutjanidae) et *Myripristis berndti* (Holocentridae)), l'objectif du projet CAMP est d'élaborer une stratégie régionale d'échantillonnage pour appliquer l'outil de génétique des populations sur des espèces identifiées et qui permettra de préciser l'histoire des colonisations des îles du SOOI et comprendre les échanges actuels entre populations. En plus du marqueur mitochondrial, l'utilisation d'un second marqueur génétique (de type nucléaire, tels les microsatellites) sur l'ensemble des espèces permettra de mieux quantifier les échanges actuels entre les différentes localités.

La réalisation d'un tel projet, à l'échelle régionale, ne peut se réaliser que grâce à une coopération forte entre les différents pays partenaires. **L'intégration de l'ensemble de ces résultats (3 espèces, 12 sites, 2 marqueurs génétiques) permettra de cartographier les échanges et de statuer sur l'isolement ou la connectivité de chacun des sites, et donc d'apporter des éléments de réflexion quant au dessin du réseau d'AMP.**

Localisation des différentes zones d'échantillonnage prospectées durant le projet CAMP



Dans le cadre de cette mission, l'objectif était de finaliser l'échantillonnage commencé lors de la mission Glorieuses 2008 (**autorisation TAAF : Arrêté n°2008-29 du 18 avril 2008**) par un nouvelle phase de collecte (**autorisation TAAF : Arrêté n°2009-37 du 20 mai 2009**)

Resultats

Comme en 2008, les trois espèces visées sont dans le cas de ce projet ont été: *Epinephelus merra* (macabit blanc), *Lutjanus kasmira* (vivaneau jaune) et *Myripristis berndti* (cardinal) :

Grande Glorieuse :

Myripristis berndti : 25 individus

Epinephilus merra : 28 individus + 4 *E. Faciatus* + 2 *E. macrospilos*

Ludjanus kasmira : 24 individus

Geyser :

Myripristis berndti : 35 individus

Epinephilus merra : 41 individus

Ludjanus kasmira : 39 individus

Nous avons également saisi l'opportunité sur place pour réaliser une partie de l'échantillonnage très spécifique de notre partenaire sud Africain SAIAB (fonds WIOSMA-MASMA), à savoir : 5 individus de *A. Kallopterus*, 5 de *A. vaigiensis*, 5 *D. trimaculatus*, 10 *S. rubroviolaceus*. Tous ces individus ont été prélevés aux Glorieuses.

La demande de prélèvement pour ces 25 poissons n'a pu être faite en temps et en heure au TAAF, la demande de notre partenaire ayant été faite peu avant le départ en mission.

Les résultats des analyses seront fournis au TAAF à la fin du programme CAMP en 2011.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tout particulièrement Monsieur le Préfet des TAAF et M. Thierry Perillo Directeur de cabinet et chef du district des îles Eparses pour avoir autorisé cette mission aux Glorieuses en 2009.

Nous remercions également les FAZSOI, pour leur soutien dans la préparation de la mission, le retour du matériel via le Transal, leur accueil chaleureux sur place et leur soutien logistique sur l'île.

Nous adressons toute notre gratitude Adjudant Chef Guerrero et à toute son équipe pour nous avoir aidé à patrouiller la nuit et à transporter les tortues sur l'annexe. Cette aide physique nous a été précieuse. Nous remercions chaleureusement Gendarme Bob pour son sérieux, sa bonne humeur et



l'excellent travail qu'il a effectué sur le volet Tortue Marine. Nous tenons à souligner l'importance du travail de suivi des montées en ponte des tortues marines, réalisé par le personnel de la gendarmerie sur Grande Glorieuse, travail sans lequel nous ne pourrions avoir un suivi de la population de tortues marines nidifiantes qui est indispensable pour les plans de conservation.

Nous déplorons par contre qu'une partie de football n'ait pu se faire par manque de temps !!

Enfin, nous remercions l'équipage de Antsiva pour la logistique maritime et pour sa constante bonne humeur tout au long de la mission.

Cette mission a été réalisée grâce au support financier de

- Agence Nationale de la Recherche (ANR)
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
- Région Réunion
- WIOMSA
- Les fonds Européen POCT OI
- L'Agence des Aires Marines Protégées

Liste des destinataires :

- Monsieur le Préfet des Terres australes et antarctiques françaises et chargé de l'administration des Iles Eparses de l'océan Indien (x 2)
- Le général commandant supérieur des forces armées dans l'océan Indien (FAZSOI) (x 1)
- Colonel commandant la Gendarmerie (x 1)
- Le Président du Centre d'étude et de découverte des tortues marines (x 1)
- Le Délégué Régional Ifremer de La Réunion (x 1)
- Le directeur de l'Agence des Aires Marines Protégées (x 1)